

**TRAMMIJUHI
OPIK
I**

~~1~~



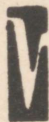
A-33050

Tallinna Trammide ja Trollibusside Valitsus

U. Heinvere, O. Särgava

TRAMMIJUHI ÕPIK

I osa



«VALGUS» · TALLINN 1973

Kaane kujundanud T. Aru

2

Tartu Riikliku Ülikooli
Raamatukogu

• 81526

1. SISSEJUHATAV OSA

1. 1. Õpiku ülesanne

Õpik sisaldab trammijuhile vajalikke teoreetilisi teadmisi, mis on tarvilikud trammi ja selle üksikseadmete heaperemehelikuks käsitsemiseks ja hooldamiseks, liiklusgraafiku ja ohutu liikluse nõuete täitmiseks ning elektrienergia säästlikuks kasutamiseks. Ka on teoreetilised teadmised vajalikud trammirikete kiireks avastamiseks ja pisirikete iseseisvaks kõrvaldamiseks. Õpik aitab süvendada I liigi trammijuhi teadmisi, et nad võiksid neid rakendada II ja III liigi trammijuhtide õpetamisel. Õpikus antud teoreetilised teadmised on aluseks järgnevale praktilisele väljaõppele.

Raamat on trammide, kontaktvõrgu, alajaamade ja rööbastee ehitust, samuti trammiliiklust ja remondi organiseerimist käsitlev esimene eestikeelne väljaanne. Seega on ta vajalikuks õppevahendiks kõigile trammimajandi töötajatele.

Õpik on NSV Liidus seni ainsaks teoseks, kus tarviliku põhjalikkusega käsitletakse kõiki Saksa DV-s valmistatud ja NSV Liidus kasutatavaid vagunitüüpe.

Õpiku materjali omandamiseks on tarvilik vähemalt 7-klassiline algharidus.

Õpik on koostatud I, II ja III liigi trammijuhtide üleliiduliste õppeprogrammide alusel. Õpik sisaldab täielikult I liigi trammijuhile vajaliku teadmiste hulga. II ja III liigi omandamiseks tuleb kasutada õpiku materjale vastavalt vähendatud mahus. Lisaks sellele on õpiku koostamisel kasutatud pikaajalisi trammijuhtide ettevalmistamise ja Saksa DV vagunite ekspluateerimise kogemusi Tallinna Trammide ja Trollibusside Valitsuses.

1.2. Linnatranspordi üldiseloomustus

Linnasiseseks reisijate veoks kasutatakse elektertranspordivahendeid (trammid, trollibussid, elektrirongid, metroovagunid, mono-relssveokid) ja autosid (autobussid, taksod, individuaalsõidukid).

Kaalukam osa NSV Liidu linnaelanikke kasutab elektertransporti. 1969. a. jaotus linnasisene elektertransport järgnevalt:

Transpordiliik	Linnade arv	Vagunite arv	Veeti reisijaid miljonit
Tramm	111	22055	7832
Trollibuss	99	14655	5689
Metroo	5	2325	2176

Ka Tallinnas on tramm 71,5 miljoni reisijaga 1970. a. enamkasutatav linnasisene liiklusvahend. Reisijaist veeti sel aastal 41,3% trammidega, 47,1% auto- ja 11,6% trollibussidega.

Lähemas linnatranspordi perspektiiviski jääb tramm NSV Liidus kõige levinumaks ja kasutatavamaks liiklusvahendiks. Lähematel aastatel peab trammivagunite arv kasvama 30 000-ni ja reisijatevedu 1,5-kordseks. Ka Tallinnas peab trammiliinide võrk laienema uutesse elamurajoonidesse.

Trammi laialdase kasutamise põhjuseks on tema eelised linnatranspordis. Kui kõrvale jätta metroo, siis on trammil suurim veovõime. Tramm võimaldab vedada ühes suunas kuni 12 000, trollibuss 7200 ja autobuss 6500 reisijat tunnis. Ka ühekordne mahutavus on trammil suurim, järgneb trollibuss ja siis autobuss. Liikluse regulaarsuse ja sageduse poolest on tramm vaieldamatult kindlaim pealmaatranspordivahend. Rahvamajanduse seisukohalt on tramm ökonoomsem hulgitranspordivahend, samuti on ta reisijale odavam liiklusvahend. Kaasaegsed trammid ei jää reisijatele loodud mugavustelt maha trollibussidest ja autobussidest: need on pehmeistmelised, köetavad, hea ventilatsiooniga ja radiofitseeritud. Trammide tehniliseks eeliseks on nende suur kiirendus, mis autobussiga võrreldes mõnevõrra väiksema maksimaalse kiiruse juures tagab ikkagi sama keskmise reisikiiruse. Kuid selles osas jääb tramm maha trollibussist. Trammi eeliseks on veel tema suhteliselt suur ilmastikukindlus: trammi ei sega pakane ega jäide, mis auto- ja trollibussiliiklusele tekitavad tõsiseid häireid. Võrreldes autobussidega on elektertransporti suureks eeliseks mürgiste heitgaaside puudumine. Trammi puuduseks on suhteliselt suur müra liikumisel, mida konstruktorid uute vagunitüüpide loomisel püüavad kõige mitmekesisemate vahenditega vähendada. Trammi-liinide rajamine, võrreldes trollibussi-, eriti aga autobussiliinidega, on kulukas. See nõuab suuri kapitaal mahutusi rööbasteede ja depoode rajamiseks ning vagunite soetamiseks.

1.3. Trammiliikluse ajaloost

Tramm on vanim hulgitranspordivahend nii Venemaal kui ka Eestis. Revolutsiooniajale Venemaal oli tramm ainukeseks hulgitranspordivahendiks. Esimene elektritrammiliin avati 1892. a. Kiievis. Edasi rajati trammiliinid Nižni-Novgorodis, Kaasanis, Orjolis, Kurskis, Taškendis ja mujal. Moskvas alustas elektritramm tööd 1899. a., Peterburis 1907. a. 1917. a. oli tramme 35 Venemaa linnas. Võrdluseks nimetame, et NSV Liidu esimene autobussiliin avati 1924. a., esimene trollibussiliin 1933. a. ja esimene metrooliin 1935. a. (kõik Moskvas).

Enne elektritrampi ilmumist kasutati mitmeid muid rööbasteel liikuvaid linnatranspordivahendeid. Nii rajati esimene hoburaudtee (nn. konka) 1860. a. Peterburis. Auruvedurite massilise leviku aastail rakendati mitmes linnas ka aurutramme, näiteks Peterburis 1882. a.

Tallinn on üheks vanemaks trammiliiklusega Nõukogude Liidu linnaks. 1888. a. alustasid Tallinnas liiklust hobuveokiga tänavaraudteevagunid. 1915. a. kasutati Koplis vedurist ja kolmest vagunist koosnevat aurutrammi. 1921. a. ehitati ümber esimesed hoburaudteevagunid ja monteeriti neile bensiinimootorid. Säärased trammid olid Kopli liinil käigus kuni 1953. aastani. Esimesed elektritrammid ehitati tehases «Dvigatel» 1925. a., kusjuures esimene trammiliin elektrifitseeriti 1927. a. Sama tüüpi vaguneid ehitati kuni 1954. aastani Riigi Sadamatehastes, tehases «Ilmarine» ja Tallinna Tramm-Trollibussi Trustis. Need kohalikku tüüpi vagunid vedasid reisijaid kuni 1967. aastani. Alates 1955. a. on Tallinna trammipark täienenud ja koosneb praegu täielikult Saksa DV-s Gotha vagunitehases valmistatud moodsatest trammidest.

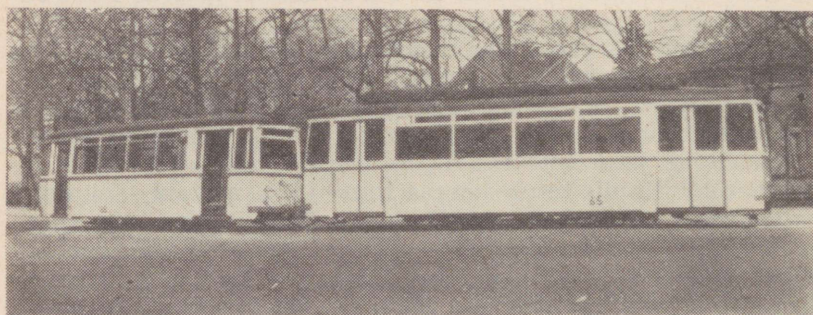
1.4. Trammide võrdlus

Tallinnas on kasutusel 5 trammitüüpi. Neist vanimaks on 1955. a. saabunud mootorvagunid T-54 ja järelvagunid B-54 (joon. 1), mis on kaheteljelised täismetalse kerega kõvaistmelised vagunid. Mootorvagun on uste käsitsemiseks varustatud suruõhusüsteemiga. Tramm on varustatud ka madalpingelise elektrisüsteemiga mitmesuguste abiseadmete toiteks. 1957. a. saabunud trammid (mootorvagun T-57 ja järelvagun B-57) on mõnevõrra täiustatud konstruktsiooniga: suruõhusüsteem on ära jäetud ja kõigil ustel on elektriajamid, istmed on varustatud vahtkummist polstriga, järelvagunil on iseseisev alusvanker ning täiustatud amortisatsioon. 1959. a. mootorvagun T59E ja järelvagun B59E ei erine oluliselt vaguneist T-57 ja B-57. Suurima muudatusena on neil vaguneil juhikabiin vaid esiotsas ja ukсед ainult paremal küljel. Varasemad trammivagunitüübid T-54 ja T-57 olid varustatud juhikabiiniga vaguni mõlemas otsas, lisaks sellele olid kõigil vaguneil ukсед

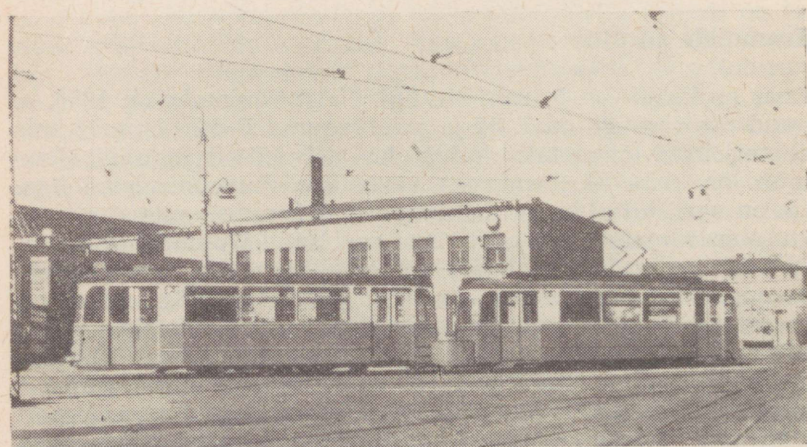
mõlemal küljel. Kapitaalremontidega on ühtlasi trammid ümber ehitatud ühesuunaliseks sõiduks, kusjuures mootorvaguneil kõrvaldati tagumise otsa juhikabiin ja kõigil vaguneil likvideeriti vasaku külje ukсед.

Mootorvagunid T2-62 ja järelvagunid B2-62 (joon. 2), mis saabusid aastail 1962—1964, on väliselt identsed vagunitega T59E ja B59E, täiustatud on kontrollereid ja juhtimisskeemi, ukseajameid ja madalpingesüsteemi. Uusimaiks on 1965.—1967. a. saanud neljateljelised liigendtrammid G-4 (joon. 3), kus endine mootor- ja järelvagun on kahe liigendi ja lõõtsühenduse abil omavahel üheks tervikuks kokku ühendatud.

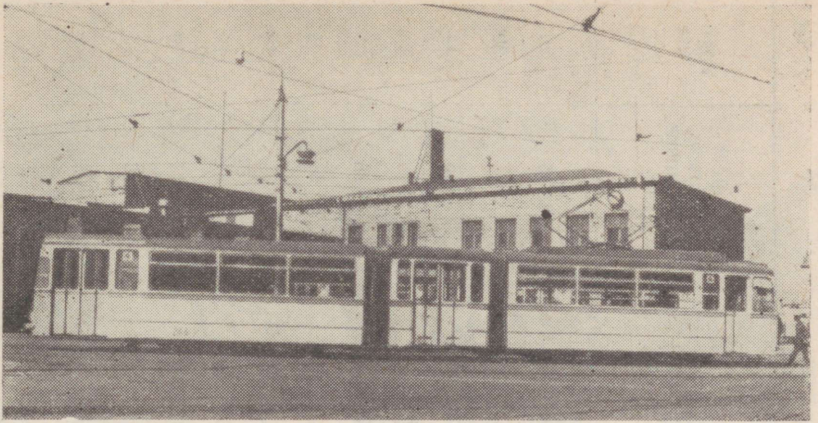
NSV Liidus on kodumaistest vagunitest levinum ja tehniliselt õnnestunud laiarööpmeline Riia vagunitehase mootorvagun PB3-6, mis tagab reisijatele ja trammijuhile küllaldasi mugavusi.



Joon. 1. Mootorvagun T-54 ja järelvagun B-54



Joon. 2. Mootorvagun T2-62 ja järelvagun B2-62



Joon. 3. Liigendtramm G-4

Kõrvuti kodumaiste trammidega on NSV Liidus rohkesti kasutusel kaasaegse konstruktsiooniga Tšehhoslovakkia Tatra tehaste tramme. Nendest on Tallinna tingimustele huvipakkuvaim kitsarööpmeline neljateljeline pöördvankritega mootorvagun T4-SU, mis on varustatud poolautomaatse juhtimissüsteemiga, võimsate veomootoritega ja omab müra vähendamiseks rattail kummamortisatsiooni. Kõigi loetletud trammide kohta on põhiandmed antud tabelis 1.

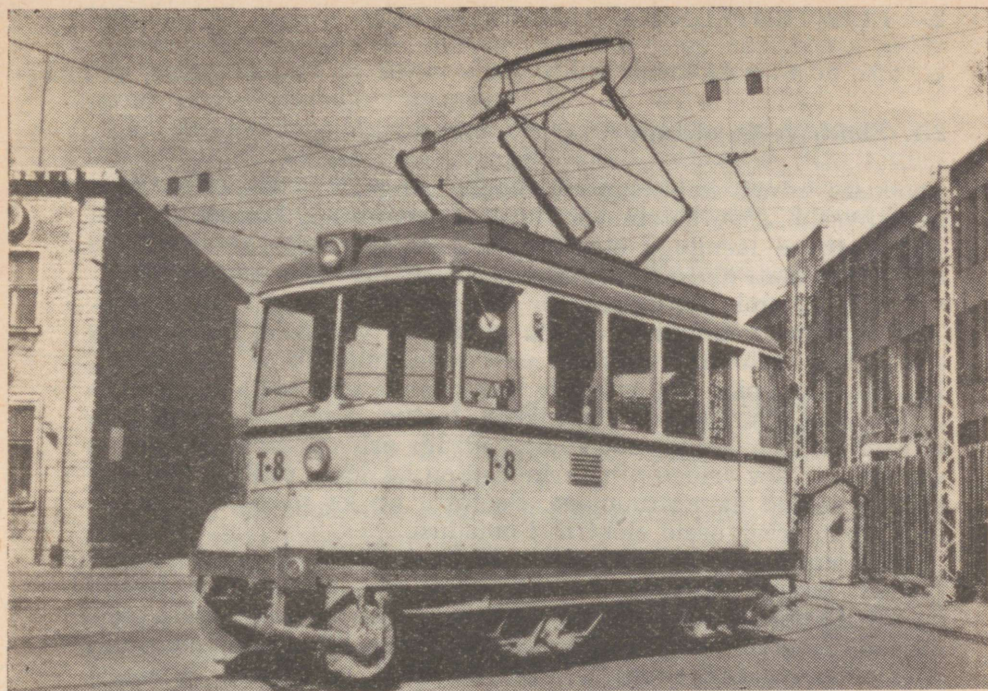
Peale nende trammide on Tallinnas kasutusel 22 eriotstarbelist trammi, mis on ümber ehitatud vanadest bensiinimootorvagunitest, kohalikku tüüpi mootor- ja järelvaguneist või on spetsiaalselt selleks ehitatud. Nii on meil 5 lumesahka, millest mõned on kasutatavad ka rööbastee lihvimisvaguneina (joon. 4), 2 bensiinimootorajamiga kontaktvõrgu remondi vagunit, 3 õppevagunit, 3 manöövervedurit, 4 kaubaveovagunit jt. (joon. 5).

Huvitava iseärasusena tuleb nimetada, et võrreldes teiste NSV Liidu linnadega on Tallinnas ainukesena rööpme laiuseks 1067 mm. Rõhuvas enamikus NSV Liidu linnades võrdub see (nagu laiarööpmelisel raudteel) 1534 mm. Üksikutes linnades esineb veel rööpme laiust 1000 mm.

Tabel 1

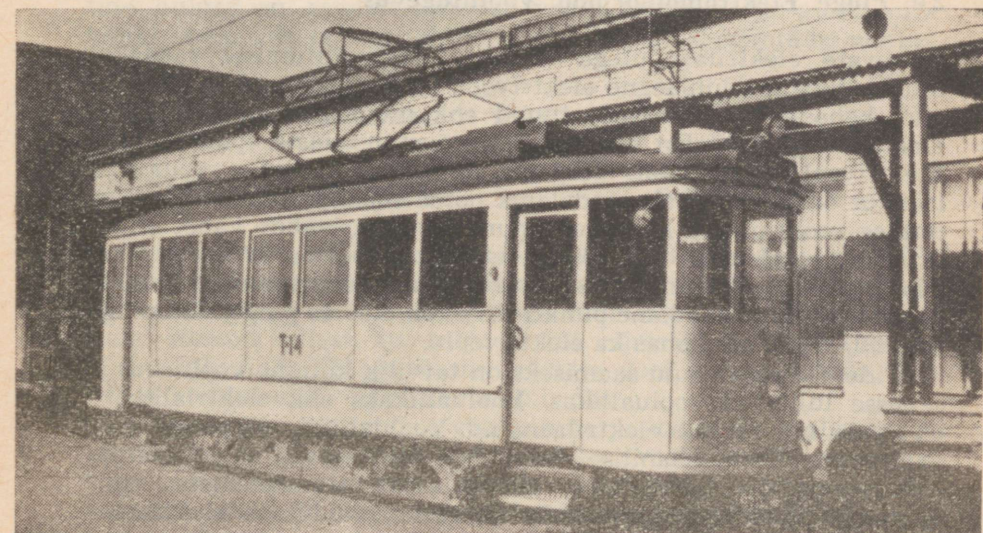
Tüüp	Vagunite numbrid	Pikkus koos puhvritega mm	Laius mm	Baas mm	Tühi-kaal t	Kohti			Maksimaalne kiirus m/s (km/h)	Kõigi elektriseadmete koguvõimsus kw	Vagunite arv
						Iste-	Sei-	Kok-			
						su-	ku				
T-54	51-70	11150	2200	3000	13,9	22	79	101	12,5(45)	123,75	20
B-54	151-170	11150	2200	3000	8,4	22	91	113	12,5(45)	2,6	20
T-57	71-81	12020	2200	3200	12,95	22	83	105	12,5(45)	125,25	11
B-57	171-181	12020	2200	3200	8,0	22	83	105	12,5(45)	2,6	11
T-59E	82-86	11620	2200	3200	12,4	22	83	105	14 (50)	125,25	5
B-59E	182-186	11620	2200	3200	8,15	22	95	117	14 (50)	2,6	5
T2-62	87-11	11620	2200	3200	12,5	20	77	97	14 (50)	127,05	14
B2-62	187-111	11620	2200	3200	8,12	22	80	102	14 (50)	4,8	14
G-4	200-249	21705	2200	3200	21,7	33	184	217	14 (50)	129,04	50
PB3-6	—	14080	2600	1940*	18,4	37	82	119	+	(160,0)*	—
T4-SU	—	15104	2200	1900*	16,0	34	91	125	18 (65)	(176,0)	—

* Antud on ühe pöördvankri baas, sulgudes on vaid veomootorite koguvõimsus.



Joon. 4. Rööbastee lumesahk-lihvimisvagon

Joon. 5. Tehniline vagon



2. ELEKTROTEHNIKA ALGTEADMISED

2.1. Elektrivoolu olemus

Looduses esineb kahesuguseid elektrilaenguid — positiivseid ja negatiivseid. Aine aatomid koosnevad positiivselt laetud tuumast ja negatiivse laenguga elektronidest. Kõigi ainete aatomitel on elektronid alati ühesuguse massi ja negatiivse laenguga. Normaalselt on aatomi positiivsed ja negatiivsed laengud tasakaalus. Aatomilt on võimalik eraldada elektrone või neid talle juurde anda. Kui aatomilt eraldada elektrone, muutub ta positiivselt laetuks. Vastupidi, kui aatomile elektrone juurde anda, muutub ta negatiivselt laetuks. Erinimeliselt laetud aineosad tõmbuvad, samanimeliselt laetud osad tõukuvad. Iga erineva aine aatomil on elektronide arv erinev ning erinevad on ka jõud, millega elektronid on seotud aatomituumaga. Seetõttu on ka mõistetav, et iga aine omab erisuguseid elektrilisi omadusi.

Kui omavahel viia kokkupuutesse üks positiivselt ja teine negatiivselt laetud keha, hakkavad elektronid negatiivselt laetud kehalt liikuma positiivselt laetud kehale, kus on elektronide puudujääk. Tulemuseks on **elektronide suunatud liikumine kehas**, mis ongi **elektrivool**. Elektronid liiguvad alati negatiivse laenguga kehalt positiivselt laetud kehale. Elektrotehnika algkursuses võetakse aga **kokkuleppeliselt voolu suund** positiivselt laengult (plussilt) negatiivsele (miinusele).

2.2. Pinge. Elektromotoorjõud. Voolutugevus

Erinevate elektrilaengutega kehade kokkupuutumisel saadakse kindlasuunaline lühiaegne elektrivool, mis kestab seni, kuni laengud kehadel on tasakaalustunud ehk muutunud nulliks. Keha elektrilaengu suhtelist suurust iseloomustab mõiste «potentsiaal». Elektrivool kulgeb alati kõrgema potentsiaaliga, s. o. suuremat laengut omavalt kehalt madalama potentsiaaliga kehale. Ükskõik millise voolujuhtiva keha kahe punkti potentsiaalide vahet nimetatakse **pingeks**. Nii võib öelda, et elektrivool on võimalik vaid siis, kui keha kaks punkti omavad erinevaid potentsiaale, või teiste sõnadega, kui nende kahe punkti vahel on olemas pinge. Kui pinge on null, siis ei ole kehas ka elektrivoolu.

Pideva elektrivoolu saamiseks on tarvilik kinnine vooluring ja sellesse lülitatud vooluallikas. **Vooluallikaks** ehk elektriallikaks on seade, mis tekitab elektrilaenguid. Vooluallikas ei loo energiat, vaid muundab mehaanilise, keemilise, soojus- või valgusenergia elektrienergiaks (generaator, akumulaator, termoelement, fotoelement). Vooluallikas ei tooda elektrone, vaid loob **elektromo-**

toorjõu, mis sunnib elektrone liikuma. Vooluallikas tekitab elektromotoorjõu sõltumatult sellest, kas vooluringi elektrivool läbib või mitte, samuti ei sõltu vooluallika elektromotoorjõu suurus tarbitava elektrivoolu tugevusest.

Pideva elektrivoolu saamise teiseks eelduseks on kinnine vooluring. Vool kulgeb vooluringis mööda **juhtmeid**. Kui juhe, millesse on lülitatud vooluallikas, ei moodusta suletud ringi, tekib selle juhtme kahe otsa vahel vaid pinge, elektronide pidevat ühesuunalist liikumist aga tekkida ei saa.

Elektromotoorjõu E ja pinge U mõõtühikuks on volt (V).

$1000 \text{ V} = 1 \text{ kilovolt (1 kV)}$

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

Elektrivoolu tugevust I iseloomustab elektrilaengute hulk, mis voolab teatud aja jooksul läbi juhtme. Elektrivoolu tugevuse mõõtühikuks on amper (A). Üheampriilise voolu korral läbib juhet ligikaudu $6 \cdot 10^{18}$ elektroni sekundis.

Praegu defineeritakse amprit jõu abil, mis tekib voolu all olevate juhtmete vahel järgmiselt.

Kui kahte sirgjoonelist, teineteisest 1 m kaugusel tühjuses asetsevat kaduv-väikese ringikujulise ristlõikega lõpmatu pikka rööbiti asetsevat juhet läbiv muutmata elektrivool põhjustab nende juhtmete vahel juhtmete pikkuse iga meetri kohta jõu $2 \cdot 10^{-7}$ njuutonit, siis on selle voolu tugevus 1 amper.

Njuuton on jõud, mis annab massile 1 kg kiirenduse 1 m/s^2 .

Praktiliselt võiks amprit määratleda ka järgmiselt: üks amper on voolutugevus, mis eraldab ühe sekundi vältel hõbesoola lahusest 1,118 mg hõbedat. Nimelt elektrivoolu juhtimisel läbi lahuste lagunevad need komponentideks, kusjuures eralduvad komponentide hulgas on rangelt sõltuvad voolutugevusest ja ajast, mille vältel voolu läbi lahuse juhitakse. See on nn. elektrolüüsi nähtus.

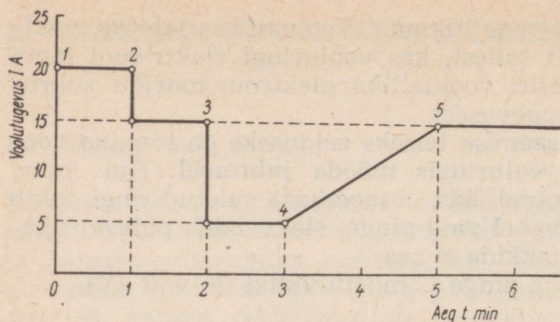
$1000 \text{ A} = 1 \text{ kiloamper (1 kA)}$

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

2.3. Alalis- ja vahelduvvool

Elektrivõrkudes on pinge enam-vähem püsiva suurusega, mille tagavad võimsad vooluallikad oma elektromotoorjõuga. Samal ajal on voolutugevus elektrivõrgus väga suurtes piirides muutuv, sõltudes otseselt sellest, kui palju ja kui võimsaid voolutarbijaid on võrku lülitatud. Ka iga üksiku tarbija vool võib muutuda, olenedes koormusest, väga suurtes piirides.

Elektrivoolu liigitatakse voolusuuna ja -tugevuse ajalise muutumise järgi. **Alalisvooluks** nimetatakse voolu, mille suund ja tugevus ajaliselt ei muutu. Alalisvoolu suund juhtmes on pidevalt ühesugune ja, nagu eelpool kokku lepitud, plussilt miinusele.

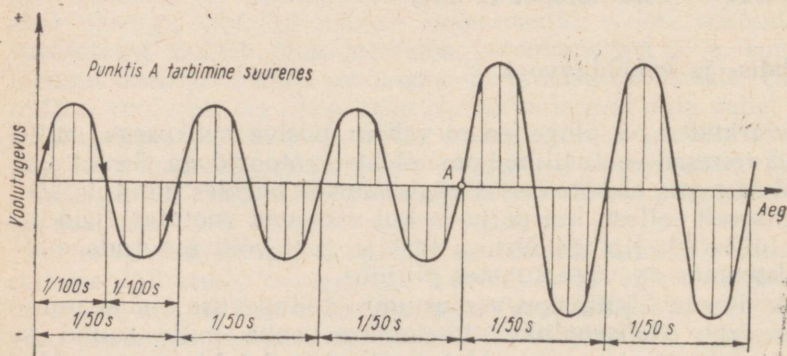


Joon. 6. Voolutugevuse ajaline muutumine alalisvooluahelas

Alalisvoolu tugevus muutub vaid siis, kui muudetakse tarbijate koormust vooluahelas. Diagrammil (joon. 6) on näidatud alalisvoolu ahelas voolutugevuse ajalist muutumist.

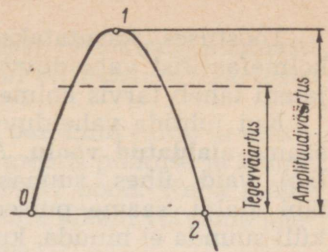
Vaatlusperioodi algul (p. 1) on ahelasse lülitatud tarbijad summaarse voolutugevusega 20 A. Ühe minuti möödudes lülitatakse välja üks tarbija, mis võttis 5 A voolu (p. 2). Seega järgmise minuti vältel on voolutugevus ahelas 15 A. Teise minuti lõpul (p. 3) lülitatakse välja veel üks tarbija voolutugevusega 10 A, ning vool ahelas jääb kolmanda minuti lõpuni püsima tugevusele 5 A. Kolmanda minuti lõppedes (p. 4) hakatakse ühe tarbija koormust ühtlaselt suurendama; voolutugevus ahelas kasvab kahe järgneva minuti jooksul 10 A võrra, jäädes alates kuuendast minutist (p. 5) püsima 15 amprile. Nagu diagrammist näha, muutub voolutugevus vaid ahela koormuse muutmisel, voolusuund aga ei muutu.

Vahelduvvooluks nimetatakse perioodiliselt suunda ja tugevust muutvat voolu. Vahelduvvoolu ajalise muutmise pilt on toodud diagrammil (joon. 7). Diagrammilt näeme, et vahelduvvoolu suund, sõltumatult koormusest, muutub igas sekundis 100 korda.



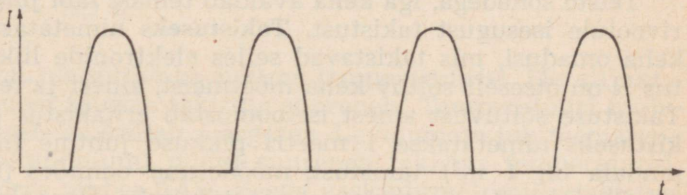
Joon. 7. Vahelduvvoolu tugevuse muutumiskõver

Joon. 8. Vahelduvvoolu amplituud

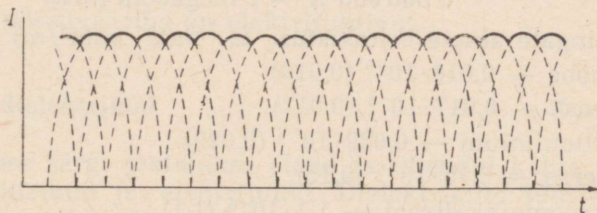


Säärasel juhul on tegemist tehnilise vahelduvvooluga, mille sagedus (f) on 50 perioodi sekundis ehk 50 hertsi (Hz). Eeltoodud diagrammil oli toodud nn. ühefaasilise vahelduvvoolu perioodiline muutumine.

Tuleb vahet teha vahelduvvoolu amplituudväärtuse (punktis 1, joon. 8) ja tegeväärtuse vahel. Vahelduvvoolu tegeväärtus on arvuliselt võrdne sellise alalisvoolu tugevusega, mis tekitab samades tingimustes, sama aja vältel niisama suure hulga soojust kui see vahelduvvoolgi. Tegeväärtus moodustab $\sim 70\%$ (täpsemalt 0,707) voolu maksimaalväärtusest. Praktikas omab tähtsust vaid vahelduvvoolu tegeväärtus ehk efektiivväärtus. Elektrimõõteriistad näitavad tavaliselt voolu tegeväärtust. Samuti nagu voolutugevus, muutub ka voolu põhjustava vahelduvvoolu pinge suurus ja suund. Seetõttu, kui mõõteriist näitab vahelduvvoolu pinget tegeväärtust 220 V, siis pinget amplituudväärtuseks on $220:0,707 = 316 \text{ V}$.



Joon. 9. Ühefaasiline alaldatud (pulseeriv) vool



Joon. 10. Alaldatud vool

Tööstuses kasutatakse suuremate võimsuste ülekandmiseks kolme faasilist vahelduvvoolu, mille viimiseks vooluallikast tarbijateni läheb tarvis kolme või isegi nelja juhet.

Kui juhtida vahelduvvoolu läbi spetsiaalse seadme, nn. alaldi, saame **alaldatud voolu**. Alaldi on seade, mis laseb enesest voolu läbi vaid ühes suunas. Juhtides ühefaasilist vahelduvvoolu läbi alaldi, saame pulseeriva alalisvoolu (joon. 9), mis ajaliselt küll suunda ei muuda, kuid mille tugevus 50% ajast on null. Tehniliseks otstarbeks, eriti võimsate seadmete jaoks, on säärane vool vähe sobiv. Trammivagunite elektriseadmete toitmiseks tarviliku alaldatud voolu saamiseks suunatakse alaldisse kuuefaasiline vahelduvvool. Nii saavutatakse suhteliselt väike alaldatud voolu pulseerimine — 6—8% (joon. 10).

2.4. Takistus ja eritakistus

Igal ainel ja ühendil on suur hulk elektrilisi omadusi. Üheks olulisemaks on nendest elektrijuhtivus. See on keha omadus endast elektrivoolu läbi lasta. Elektrijuhtivus sõltub aine ehitusest. Mida tugevamad on sidemed aine aatomi osade — tuuma ja elektronide vahel, seda vähemal määral juhib see aine elektrivoolu. Säärases aines on vaja suuri jõudusid elektronide liikumapanemiseks ehk, teiste sõnadega, ka väikese tugevusega elektrivoolu tekitamiseks on vaja väga kõrget pinget. Sääraseid aineid või ühendeid, mis üldse elektrit ei juhi, praktiliselt ei ole.

Teiste sõnadega, iga keha avaldab temast läbi juhitavale elektrivoolule isesugust takistust. **Takistuseks** nimetatakse kõiki neid keha omadusi, mis takistavad selles elektronide liikumist. Takistus R on otseselt sõltuv keha mõõtmeist, ainest ja temperatuurist. Takistuse sõltuvust ainest iseloomustab eritakistus ρ . Aine **eritakistuseks** nimetatakse 1 meetri pikkuse juhtme (mille ristlõike pindala on 1 m²) takistust, mõõdetuna oomides (temperatuuril 20° C). Oom (Ω) on takistuse mõõtühikuks. Üheoomiline takistus on juhtmel, mida läbib 1 A vool, sellel juhul, kui pinge juhtme otste vahel on 1 V.

Pea meeles, et 1000 Ω = 1 kilo-oom (k Ω).

$$1\ 000\ 000\ \Omega = 1\ \text{megaoom (M}\Omega\text{)}$$

Mõningate ainete eritakistusi, $\rho \cdot m(\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m})$:

hõbe — $0,016 \cdot 10^{-6}$ (0,016)

vask — $0,017 \cdot 10^{-6}$ (0,017)

alumiinium — $0,029 \cdot 10^{-6}$ (0,029)

teras — $0,15 \cdot 10^{-6}$ (0,15)

kroomnikkeltraat — $1,1 \cdot 10^{-6}$ (1,1)

süsi — $7,5\text{—}12 \cdot 10^{-6}$ (7,5—12)

Praegu kasutatavas kirjanduses antakse eritakistus enamasti ühikuis $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$, sellepärast on siin antud eritakistuse väärtused sulgudes nendes ühikutes.

Mida väiksem on aine eritakistus, seda paremini juhib ta elektrivoolu. Vase eritakistus 0,017 näitab, et 1 meetri pikkuse ja 1 mm^2 ristlõikepinnaga vaskjuhtme takistus on 0,017 oomi. Keha mõõtmeist sõltub takistuse suurus järgmiselt: mida pikem või mida peenem on juhe, seda suurem on tema takistus.

Kokkuvõttes saame arvutada iga juhtme takistuse R valemi põhjal

$$R = \varrho \frac{L}{S} \Omega.$$

Valemis: L — juhtme pikkus meetrites, S — juhtme ristlõike pindala mm^2 ja ϱ — eritakistus $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$.

Näiteks arvutame 1 km pikkuse juhtme (mille ristlõike pindala on 60 mm^2) takistuse.

1. Juhtme materjaliks on vask. Sel juhul $\varrho = 0,017 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$ ja

$$R = \varrho \frac{L}{S} = 0,017 \frac{1000}{60} = 0,3 \Omega.$$

Paneme tähele, et juhtme pikkus tuleb valemis võtta meetrites.

2. Juhtme materjaliks on kroomnikli sulam. $\varrho = 1,1$, siis

$$R = 1,1 \frac{1000}{60} = 18,3 \Omega.$$

Takistuse suurus sõltub ka juhtme temperatuurist. Metalljuhtmeil temperatuuri tõustes takistus suureneb. Temperatuuri mõju juhtme takistusele on küllalt märgatav. Levinumate juhtmematerjalide (vask, alumiinium) puhul suureneb takistus temperatuuri tõustes 1°C võrra umbes 0,4%. Seega vaskjuhtmel, mille takistus 0°C juures on 1 oom, suureneb see 100°C temperatuuri juures 1,4 oomini. Üksikute ainete, näiteks söe takistus temperatuuri tõustes pisut väheneb. Mõningate metalliühendite puhul on takistuse sõltuvus temperatuurist ligilähedane nullile (kroomnikkelsulamid).

Takistuse pöördväärtus on elektrijuhtivus.

2.5. Juhid ja dielektrikud

Elektrijuhtivuse järgi jaotatakse ained ja ühendid kahte suurde gruppi: dielektrikud ja elektrijuhid. Dielektrikute juhtivus on elektrijuhtide omast miljardeid kordi väiksem. **Elektrijuhte** kasutatakse juhtmetena vooluahelate koostamiseks ja elektriseadmete

voolujuhtivate detailide valmistamiseks. **Dielektrikuid** — vastupidi — kasutatakse isoleermaterjalidena mitmesuguste juhtmete ja pingestatud detailide üksteisest eraldamiseks või nende isoleerimiseks maaga ühenduses olevaist esemeist, samuti inimestest.

Headeks isoleermaterjalideks on enamik plastmasse, mitmesugused vaigud ja puhtad õlid, mitmed gaasid (sealhulgas õhk) jne.

Head elektrijuhid on kõik metallid, igasuguste soolade ja hapete vesilahused (ka vesi), mitmed hõrendatud gaasid, maapind.

Trammivagunite elektriseadmetes kasutatakse suurt hulka mitmesuguseid isoleermaterjale: porselani, mikaniiti, tekstiilmaterjale (isoleerpael, lakkriie, puuvill, siid), asbestpappi ja -riiet, plastmasse (tekstoliit, getinaks, polükloorvinüül jm.), klaasi, kummit, elektrotehnilist kartongi, puitu, mitmesuguseid bituumeneid, isoleerlakke jne.

Elektrijuhtidest on trammivagunis kasutusel vask, teras, alumiinium, grafiit, kroomnikkelühendid jne.

Elektrijuhtivuse poolest asuvad juhtide ja dielektrikute vahel pooljuhid.

Sellistest pooljuhtmaterjalidest, nagu räni, germaanium, seleen jt. valmistatakse ühesuunalise elektrijuhtivusega ventiile.

2.6. Ohmi seadus

Ühesuguse pinge juures oleneb voolutugevus vooluringi takistuse suuruselt. Takistust suurendades voolutugevus väheneb püsiva pinge puhul, ja vastupidi. Kui vooluringi püsiva takistuse puhul pinget suurendada, suureneb ka voolutugevus. Mainitud kolme elektrilise põhisuuruse pinge, voolutugevuse ja takistuse vahel valitseb kindel seos, mis on väljendatud Ohmi seadusega: **voolutugevus on võrdeline pingega ja pöördvõrdeline vooluahela takistusega**

$$I = \frac{U}{R}, \text{ kus}$$

I — voolutugevus, A; U — pinge, V; R — takistus Ω .
Pinge ja takistuse leidmiseks võib Ohmi seadust teisendada:

$$U = I \cdot R \text{ ja } R = \frac{U}{I}.$$

Kui voolutugevus $I = 1$ A ja takistus $R = 1 \Omega$, siis pinge $U = I \cdot R = 1 \cdot 1 = 1$ V.

Praegu defineeritakse volti järgmiselt.

Üks volt on pinge elektrivälja kahe punkti vahel, kui elektrihulga 1 kulon üleviimiseks ühest punktist teise kulub 1 džaul tööd.

Džaul on töö ühik. Tööd, suurusega üks džaul, teeb jõud 1 njuuton, kui ta tõstab keha 1 m kõrgusele.

Kui vooluallika pinge on püsiv, siis on voolutugevus vooluringis Ohmi seaduse põhjal samuti püsiv suurus seni, kuni vooluringi takistust ei muudeta. Pinge vooluringi üksikute punktide vahel kujuneb sõltuvalt takistusest nende punktide vahel. Korrutist $I \cdot R$, kus R on vooluringi kahe punkti vaheline takistus, nimetatakse ka **pingelanguks**. Pingelangu võime arvutada vooluringi üksikõik millise kahe punkti vahel, kui on teada voolutugevus selles vooluringis ja takistuse suurus nende kahe punkti vahel. Seega sõltub pingelang voolutugevusest ehk liini koormusest ja takistusest, s. t. liini pikkusest, juhtme ristlõike pindalast ja selle materjalist.

Arvutusnäiteid:

1. Vooluallika pinge on 600 V, ahela takistus on 600 Ω , leida voolutugevus $I = \frac{U}{R} = \frac{600}{600} = 1$ A.
2. Pinge lambi klemmidel on 24 V, lamp tarbib voolu tugevusega 0,6 A, leida lambi takistus $R = \frac{U}{I} = \frac{24}{0,6} = 40$ Ω .
3. Leida kontaktvõrgu pinge Tondil, kui trammiliini toidetakse Keskväljaku toitepunktist pingega 600 V. Liini koormuseks on 400 A. Liini pikkus Keskväljakult Tondile on 3,2 km ja 1 km pikkuse liini takistus on 0,1 Ω .
Liini kogutakistus $R = 0,1 \cdot 3,2 = 0,32$ Ω .
Pingelang Keskväljaku ja Tondi vahelises kontaktvõrgus
 $U = I \cdot R = 400 \cdot 0,32 = 128$ V.
Pinge Tondil $U_{TONDI} = U_{KESKVÄLJAK} - U = 600 - 128 = 472$ V.

2.7. Elektrivoolu soojuslik toime

Voolu läbiminekul juhtmest juhe soojeneb. See on seletatav elektronide liikumisega juhtme materjalis. Elektron kohtab oma teel takistusi. Põrkudes aine osakeste vastu muutub osa elektroni liikumisenergiast soojusenergiaks. Siit järgneb ka, et tekkiv soojushulk on seda suurem, mida suurem on juhtmes voolutugevus ja mida suurem on juhtme takistus. Samuti sõltub tekkiv soojushulk ajast, mille vältel juhitakse voolu läbi juhtme.

Tekkivat soojushulka Q džaulides (J) on võimalik arvutada Joule-Lenzi seaduse järgi:

$$Q = I^2 \cdot R \cdot t \text{ J.}$$

Arvutades soojushulka Q kalorites, on valemiks:

$$Q = 0,24 \cdot I^2 \cdot R \cdot t \text{ cal.}$$

Kuna $I \cdot R = U$ ja $I = \frac{U}{R}$, saab valemite kirjutada ka teisiti:

$$Q = U \cdot I \cdot t \text{ J või } Q = \frac{U^2}{R} \cdot t \text{ J.}$$

Valemities I on voolutugevus, A ;

U — pingeline, V ;

R — takistus, Ω ;

t — aeg, s .

Tuletame meelde, et soojushulk 1 džaul tõstab 1 grammi vee temperatuuri $0,24^\circ C$ võrra. $1000 \text{ J} = 1 \text{ kJ}$ (kilodžaul).

$1\,000\,000 \text{ J} = 1 \text{ MJ}$ (megadžaul). $1 \text{ J} = 0,24 \text{ cal}$.

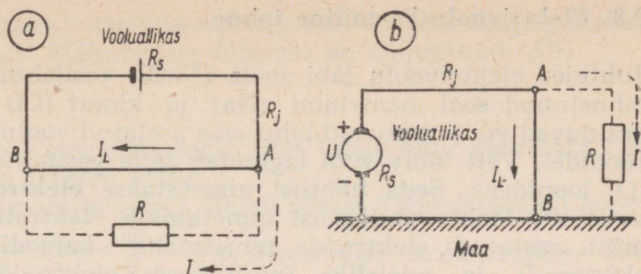
Juhtmeis ja elektriseadmes tekivad soojus siirdub ümbruskonda. Seejuures juhtme või seadme temperatuur saavutab sõltuvalt voolutugevusest ja jahtumistingimustest mingi kindla taseme ja püsib sellel. Mida suurem vool läbib juhet, seda kõrgem on see tase. Voolutugevust võib suurendada niivõrd, et juhe hakkab heledalt hõõguma. Seda nähtust kasutatakse elektrilistes valgustusseadmetes.

Ka trammivagunites kasutatakse elektrivoolu toimele saadavat soojust mitmetes seadmetes: elektriahjudes, lampides, aknasoojendites. Samaaegselt võib nimetada terve rea elektriseadmeid, kus elektrivoolu mõjul tekivad soojus on kahjulikuks nähtuseks (mitmesugused mootorid, elektromagnetid, juhtmestik jne.). Nendes elementides on tekivad soojus kaotatud energiaks, mida püütakse võimalikult vähendada.

Lühiseks nimetatakse igasugust ebanormaalselt ühendust vooluringis, mille tagajärjel vooluringi takistus järsult väheneb ning vool suureneb. Lühise tagajärjel tekivad nn. lühisvool. Joonisel 11 (a) on kujutatud lühis tarbija klemmidel, kus vooluringi takistuse moodustab vaid vooluallika omataktistus, nn. vooluallika sisetaktistus R_s ja juhtme takistus R_j vooluallika ning vooluringi lühistunud punkti vahel. Sel juhul lühisvool $I_L = \frac{U}{R_s + R_j}$ on niisama palju suurem vooluringi normaalsest töövoolest $I = \frac{U}{R + R_j}$,

kuipalju takistus ($R + R_j$) on suurem summast $R_s + R_j$. Mõnikord ühendatakse vooluallika üks poolus maaga (näiteks trammiliinide rööbastega). Sel puhul on lühiseks igasugune ebanormaalne vooluringi ühendus maaga (joon. 11, b).

Lühise tagajärjel suureneb vooluringi juhtmeis ja tarbijais eralduv soojushulk tunduvalt, sest vool võib kasvada tuhandete kordseks, võrreldes normaalse töövooluga. Isolatsiooni temperatuur tõuseb. Lühise tagajärjel võib tekkida vooluringi osade kah-



Joon. 11. Lühisvooluringis

justusi nii temperatuuri kui ka mehaaniliste jõudude tagajärjel. Seega on lühis kahjulik ja lühisvoolu piiratakse mitmesugusel viisil.

Suurenev vool võib tekitada sellise juhtme temperatuuri tõusu, et see hakkab sulama. Taolist nähtust kasutatakse sulavkaitsmetes. Kaitsme sulavpanuseks on peenike traat, mis kindlal voolutugevusel sulab ära ja katkestab vooluringi. Lühise korral, kus voolutugevus järsult kasvab, sulab traat peaaegu hetkeliselt. Kui aga on tegemist vooluringi väiksema ülekoormusega, sulab traat teatud aja jooksul, katkestades seejärel vooluringi. Trammivagunites on kasutusel sulavkaitsmed nimivooluga alates 0,16 A kuni 100 A.

Arvutusnäiteid:

1. Leida soojushulk, mis tekib trammivaguni ahjus ühe tunni vältel. Ahju pinge on 600 V ja voolutugevus 1 A.

$$t = 1 \text{ tund} = 3600 \text{ s.}$$

$$Q = U \cdot I \cdot t = 600 \cdot 1 \cdot 3600 = 2160000 \text{ J} = 2,16 \text{ MJ.}$$

Võrdlusena: 1 kg kivisöe täielikul ärapõlemisel tekib ~ 30 MJ soojust.

2. Leida 12-voldise akumulaatori lühisvool, kui aku sisetakistus on 0,12 Ω .

Juhtmete takistus $R_j = 0$.

$$I = \frac{U}{R_s + R_j} = \frac{12}{0,12} = 100 \text{ A.}$$

3. Leida lühisvool trammi kontaktvõrgus Tondil, kui rööbastee takistus Keskväljakult Tondini on 0,08 Ω (vt. ka näide 3, p. 2.6). Lihtsustatult võttes me ei arvesta vooluallika sisetakistust, lugedes pinge toitepunktis muutumatuks — 600 V.

$$U = 600 \text{ V, } R_j = 0,32 + 0,08 = 0,4 \Omega, R_s = 0;$$

$$I = \frac{U}{R_j + R_s} = \frac{600}{0,4} = 1500 \text{ A.}$$

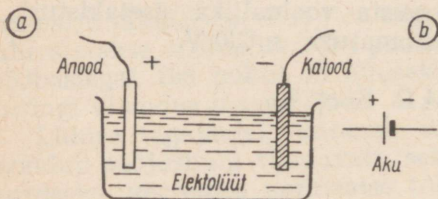
2.8. Elektrivoolu keemiline toime

Juhtides elektrivoolu läbi soola (NaCl) vesilahuse, laguneb vees lahustunud sool naatriumi (Na) ja kloori (Cl) osakesteks, mis eralduvad või sadestuvad lahusesse asetatud voolujuhtivatel elektrootodidel. Vett läbiv vool lagundab selle vesiniku (H) ja hapniku (O) ioonideks. Seda nähtust nimetatakse **elektrolüüsiks**. Happe, soola või leelise vesilahust nimetatakse **elektrolüüdiks**. Elektrolüüti asetatud elektroode nimetatakse **katoodiks** (negatiivsem elektrootod) ja **anoodiks** (positiivsem elektrootod). Elektrolüüsil sadestuvad metallide ja vesiniku elektrilaengut kandvad osakesed — ioonid — alati katoodile. Elektrolüüsil eralduvate aineosakeste hulk sõltub voolutugevusest ja elektrolüüsi kestusest. Elektrolüüsi nähtust kasutatakse galvaanilistel protsessidel: detaili pinna katmiseks metalliga, metallipindade puhastamiseks jne.

Elektrivoolu keemilisel toimel põhineb ka keemiliste vooluallikate — akumulaatorite ehk akude töö. Asetades elektrolüüdi sisse kaks erinevast materjalist elektrootodi, tekib nende vahel elektromotoorjõud E (joon. 12). Kui elektrootodidega ühendada mingi tarbija, tekib kinnine vooluring ja tarbijat läbib vool. Aku on pöörduv keemiline vooluallikas. Aku laadimisel muundub elektrienergia keemilise protsessi toimel keemiliseks energiaks, mida aku salvestab. Aku tühjendamisel tekib vastupidine keemiline protsess ning salvestunud keemiline energia muundub uuesti elektrienergiaks.

Akudel võib elektrolüüdiks olla kas happe või leelise vesilahus. Trammivagunites on kasutusel nn. **leelisakud**, kus elektrolüüdiks on kaaliumaluse KOH vesilahus liitiumaluse LiOH lisandiga. Aku katoodiks on kaadmium Cd ja anoodiks nikkelhüdrosüüd $\text{Ni}(\text{OH})_3$. Tühjenemise käigus muutub kaadmium elektrivoolu toimel kaadmiumhüdrosüüdiks $\text{Cd}(\text{OH})_2$ ja $\text{Ni}(\text{OH})_3$ muutub $\text{Ni}(\text{OH})_2$ -ks. Laadimise käigus on voolu suund ja ka keemiline protsess vastupidised. Säärast akut nimetatakse **kaadmiumnikkelakuks**.

Leelisaku nimipingeaks U_N loetakse 1,25 V. Akumulaatori pingest sõltub seejuures pingelangust sisetakistusel, s. t. koormusest ja sisetakistuse R_A suurusel: $U = E - IR_A$. Kaadmiumnikkelaku sisetakistus on 0,05 Ω .



Joon. 12. Akumulaator:
a — skemaatiline kujutis; b —
tingmärk

Akut iseloomustab **mahutavus** Q_A , mis on aku tühjendamisel saadav elektriühik. Mahutavuse ühikuks on ampertund (Ah).

$$Q_A = I \cdot t \text{ Ah.}$$

Üks **ampertund** on aku mahutavus, mis lubab akut koormata 1 A tugevuse vooluga 1 tunni vältel.

Näiteks akut mahutavusega 70 Ah võime 8 tunni jooksul koormata vooluga $I = \frac{Q_A}{t} = \frac{70}{8} \approx 9 \text{ A}$. 8-tunnilist voolu loetakse aku normaalseks tühjenemisvooluks. Suurem vool kahjustab akut. Aku tühjenemisel tema pinge järk-järgult väheneb. Et aku ei kahjustuks, lubatakse kaadmiumnikkelakut koormata seni, kuni pinge on langenud 1 voldile.

Aku laadimiseks kasutatakse kõrgemat pinget. Aku nimipingel 1,25 V on laadimispingeks 1,8–1,9 V. Normaalseks laadimisvooluks loetakse 25% mahutavusest: näiteks akul mahutavusega 60 Ah on laadimisvool 15 A.

2.9. Tarbijate ja vooluallikate võrku ühendamise viisid

Üksikuid tarbijaid võib ühendada vooluringi jadamisi ehk järjestikku, rööbiti ehk paralleelselt või sega- ehk jadarööplülitusse.

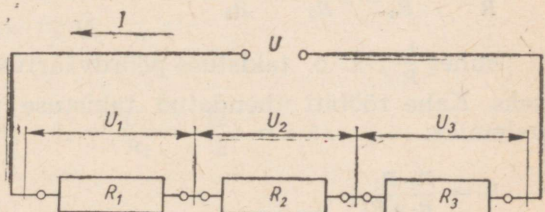
Tarbijate **jada- ehk järjestiklülitus** (joon. 13) ühendatakse kokku ühe tarbija lõpp järgmise tarbija algusega jne.

Jadalülituses vooluringi kogutakistus R on võrdne kõigi vooluringi lülitatud üksikute takistuste summaga:

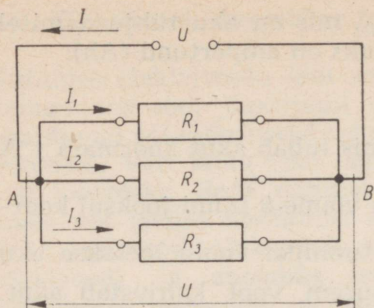
$$R = R_1 + R_2 + R_3.$$

Kuna ahelas mingit voolu hargnemist ei toimu, on vool I kõigis tarbijais võrdne. Pinge jaguneb üksikute tarbijate vahel võrdeliselt nende takistuste suurusele vastavalt Ohmi seadusele. Seega pingelang esimesel tarbijal on $U_1 = I \cdot R_1$, pingelang teisel tarbijal on $U_2 = I \cdot R_2$ ja kolmandal tarbijal $U_3 = I \cdot R_3$. Seesjuures üksikute pingelangude summa võrdub vooluallika kogupingega U :

$$U_1 + U_2 + U_3 = U.$$



Joon. 13. Takistite jadalülitus



Joon. 14. Takistite rööplülitus

Tarbijate **rööp- ehk paralleellülitusel** ühendatakse kokku kõigi üksikute tarbijate algused ja samuti ühendatakse kokku nende lõpud (joon. 14).

Joonisel 14 toodud skeemis jaguneb vooluringi koguvool I punktis A kolmeks haruvooluks I_1 , I_2 ja I_3 . Haruvoolude summa võrdub koguvooluga:

$$I_1 + I_2 + I_3 = I.$$

Seda seost nimetatakse ka Kirchhoffi I seaduseks.

Kuna pinge hargnemispunktide A ja B vahel on võrdne vooluallika pingega U ja kõik takistid on ühendatud samuti punktide A ja B vahele, siis järelikult pingelangud üksikutel takistitel on võrdsed pingega U :

$$U_1 = U_2 = U_3 = U$$

Ohmi seaduse põhjal saab arvutada üksikud haruvoolud:

$$I_1 = \frac{U}{R_1}; \quad I_2 = \frac{U}{R_2}; \quad I_3 = \frac{U}{R_3}.$$

Kirchhoffi I seaduse põhjal $I = I_1 + I_2 + I_3$ ehk, asendades:

$$\frac{U}{R} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + \frac{U}{R_3},$$

kus R — ahela kogutakistus.

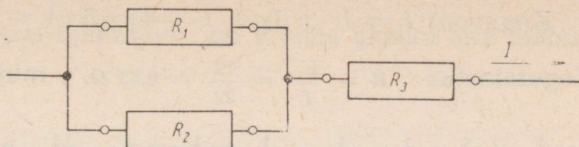
Taandades saame kogutakistuse arvutamise valemiks rööplülituse korral:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}.$$

Suhet $\frac{1}{R}$, s. o. takistuse pöördväärtust, nimetatakse **juhtivuseks**. Kahe rööbiti ühendatud takistuse puhul on kogutakistuse valemiks:

$$R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}.$$

Joon. 15. Takistite segalülitus



Kui rööbiti on lülitatud kaks võrdse takistusega tarbijat $R_1 = R_2$, siis nende kogutakistus $R = 0,5R_1 = 0,5R_2$.

Võib meeles pidada, et takistite rööplülituses on ahela kogutakistus alati väiksem kui ükskõik millise haru takistus eraldi.

Takistuste **sega- ehk jadarööplülituses** on vooluringi ühendatud osa tarbijaid jadamisi, osa rööbiti. Näiteks joonisel 15 toodud skeemis on tarbijad R_1 ja R_2 omavahel rööbiti, kuid grupp $R_1 + R_2$ on omakorda jadamisi tarbijaga R_3 . Antud juhul kogutakistus

$$R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} + R_3.$$

Arvutusnäide:

Vooluringi on lülitatud 3 tarbijat takistustega: $R_1 = 1\Omega$, $R_2 = 2\Omega$, $R_3 = 3\Omega$

a) jadamisi (joon. 13), b) rööbiti (joon. 14),

c) segalülituses (joon. 15). Vooluallika pinge $U = 12\text{ V}$.

Leida kogutakistus R , koguvool I , haruvoolud I_1 , I_2 ja I_3 ning pingelangud U_1 , U_2 ja U_3 .

A. Jadalülitus.

Kogutakistus $R = R_1 + R_2 + R_3 = 1 + 2 + 3 = 6\Omega$.

Koguvool $I = \frac{U}{R} = \frac{12}{6} = 2\text{ A}$.

Pingelangud takistele: $U_1 = I \cdot R_1 = 2 \cdot 1 = 2\text{ V}$,

$U_2 = I \cdot R_2 = 2 \cdot 2 = 4\text{ V}$,

$U_3 = I \cdot R_3 = 2 \cdot 3 = 6\text{ V}$. Pingelangude summa

$U_1 + U_2 + U_3 = 2 + 4 + 6 = 12\text{ V} = U$, annab vooluallika kogupinge.

B. Rööplülitus.

Pingelangud üksiktakistele on võrdsed kogupingega:

$U_1 = U_2 = U_3 = U = 12\text{ V}$.

Haruvoolud:

$$I_1 = \frac{U}{R_1} = \frac{12}{1} = 12\text{ A}; \quad I_2 = \frac{U}{R_2} = \frac{12}{2} = 6\text{ A};$$

$$I_3 = \frac{U}{R_3} = \frac{12}{3} = 4\text{ A}.$$

$$\text{Koguvool } I = I_1 + I_2 + I_3 = 12 + 6 + 4 = 22 \text{ A.}$$

$$\text{Kogutakistus } R = \frac{U}{I} = \frac{12}{22} = 0,55 \Omega, \text{ mida saame kontrollida:}$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{1} + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} = \frac{11}{6}, \quad R = \frac{6}{11} = 0,55 \Omega.$$

C. Segalülitus.

$$\text{Kogutakistus } R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} + R_3 = \frac{1 \cdot 2}{1 + 2} + 3 = 3,67 \Omega.$$

$$\text{Koguvool } I = \frac{U}{R} = \frac{12}{3,67} = 3,27 \text{ A.}$$

$$\text{Pingelangud } U_3 = I \cdot R_3 = 3,27 \cdot 3 = 9,81 \text{ V.}$$

$$U_1 = U_2 = U - U_3 = 12 - 9,81 = 2,19 \text{ V.}$$

Haruvoolud

$$I_1 = \frac{2,19}{1} = 2,19 \text{ A ja } I_2 = \frac{2,19}{2} = 1,09 \text{ A.}$$

Ka vooluallikaid on võimalik omavahel kokku ühendada. Akude puhul on võimalik kokku ühendada ühesuguse mahutavuse ja nimipingega akusid kas jadamisi, rööbiti või jadarööplülitusse. Säärast kokkuühendatud akude gruppi nimetatakse **akupatareiks**.

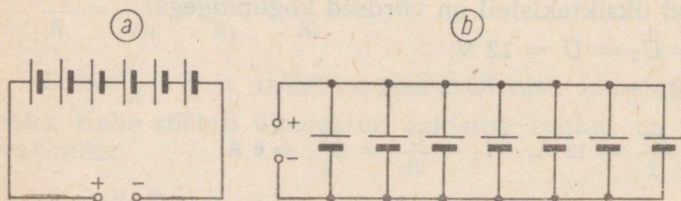
Akude jadalülituses ühendatakse kokku ühe aku plussklemm teise aku miinusklommiga jne. (joon. 16, a).

Jadalülituses akupatarei elektromotoorjõud E_p võrdub üksikute akude elektromotoorjõudude summaga:

$$E_p = n \cdot E_a,$$

kus n on järjestikku lülitatud akude arv. Ka patarei sisetakistus R_p on akude sisetakistuse summaga võrdne:

$$R_p = n \cdot R_a.$$



Joon. 16. Akumulaatorite jada- ja rööplülitus

Jadalülituses patarei mahutavus on võrdne üksiku aku mahutavusega:

$$Q_p = Q_a.$$

Akude rööplülituses ühendatakse kokku akude plussklemmid omavahel ja miinusklemmid omavahel (joon. 16, b).

Rööplülituses akupatarei elektromotoorjõud võrdub ühe aku elektromotoorjõuga: $E_p = E_a$.

Patarei sisetakistus avaldub valemiga:

$$R_p = \frac{R_{aku}}{n}.$$

Patarei mahutavus on võrdeline rööbiti ühendatud akude arvuga:

$$Q_p = n \cdot Q_{aku}.$$

Kokkuvõttes: akupatareilt saame suuremat pinget, kui me selles akud ühendame jadamisi; suurema mahutavuse saavutamiseks peame akud ühendama patareisse rööbiti.

2.10. Elektrivoolu võimsus ja töö

Elektrivooluga kaasneb töö. Seejuures voolu poolt tehtav töö ja elektriseadme võimsus on mõlemad võrdelised voolutugevuse ja pingega. Elektriseadme või tarbija võimsus on alalisvoolu puhul arvatav valemi järgi: $P = U \cdot I$,

kus U — pinge voltides, I — voolutugevus amprites ja võimsus P — vattides.

Võimsuse mõõtühik on vatt (W). Üks vatt on võimsus, mille annab vool tugevusega üks amper pinge puhul üks volt.

Seejuures: 1000 W = 1 kilovatt (kW),

736 W = 1 hobujõud (HJ).

Trammivagunite elektriseadmed on mitmesuguse võimsusega. Näiteks signaallampidel on see 1,2 W, veomootoreil aga 60 kW.

Kasutades elektriseadet teatud aja vältel, saame mingi koguse tööd. Elektriline töö on arvatav võimsuse ja aja korrutisena:

$$A = P \cdot t.$$

Loomulikult arvatatakse sama valemi järgi ka töö tegemiseks kulunud elektrienergia hulka. Kui võimsus P võtta vattides ja aeg t sekundites, saame töö mõõtühikuks vattsekundi: 1 W. s = 1 džaul (J). Džaul on elektertranspordi praktikas liiga väike mõõtühik. Suuremad on 1 kJ = 1000 J; 1 MJ = 1 000 000 J. Praegu kasutatakse veel kilovatt-tundi (kWh). Üks kilovatt-tund on töö, mille teeb tarbija võimsusega 1 kW ühe tunni jooksul.

$$1 \text{ kWh} = 1000 \cdot 60 \cdot 60 = 3\,600\,000 \text{ J} = 3,6 \text{ MJ}$$

Arvutusnäiteid:

1. Leida trammivaguni ahju võimsus, kui pinge $U = 600 \text{ V}$ ja voolutugevus ahjus $I = 1 \text{ A}$.

$$P = U \cdot I = 600 \cdot 1 = 600 \text{ W} = 0,6 \text{ kW}.$$

2. Kui suur on elektrienergia kulu vaguni kütteks 15-tunnise tööpäeva vältel, kui vagunis on 8 ahju, igaüks võimsusega 600 W.

Ahjude koguvõimsus:

$$P = 8 \cdot 600 = 4800 \text{ W} = 4,8 \text{ kW}.$$

Energiakulu:

$$A = P \cdot t = 4,8 \cdot 15 = 72 \text{ kWt}.$$

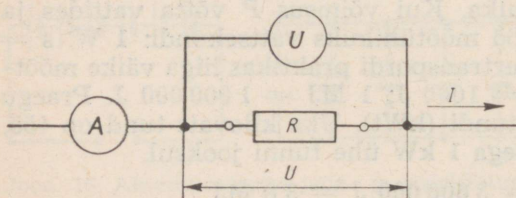
2.11. Elektriliste suuruste mõõtmine

Kõiki seni käsitletud elektrilisi suurusi on võimalik vastavate mõõteriistadega mõõta. Voolutugevuse mõõtmiseks kasutatakse **ampermeetrit**, mis tuleb vooluringi lülitada järjestikku tarbijaga, mille voolu mõõdetakse (joon. 17). Pinge mõõtmiseks kasutatakse **voltmeetrit**. Voltmeeter tuleb alati lülitada paralleelselt tarbija või vooluallikaga. Takistust on võimalik mõõta otseselt oommeetriga, mida alaliselt vooluringi ei ühendata. Suurte, kilo- ja megaoomides väljenduvate takistuste mõõtmiseks kasutatakse megaoommeetrit ehk megerit. Võimsust on võimalik mõõta vattmeetriga. Elektrienergia kulu või töö mõõtmiseks on kasutusel elektrienergia arvestid.

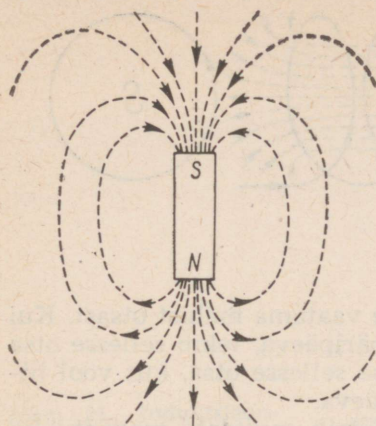
Igal mõõteriistal on kindel mõõtepiirkond. Näiteks trammivaguneis kasutatavate ampermeetrite mõõtepiirkonnaks on 0 kuni 60 A. Kui see ampermeeter lülitada vooluringi, mille voolutugevus ületab 60 A, siis mõõteriist läheb rikki.

2.12. Põhimõisteid magnetismist

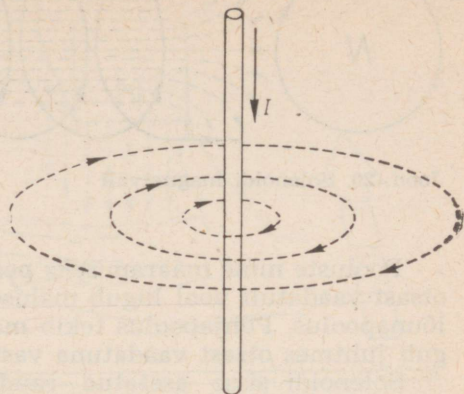
Terasetükki, mis tõmbab enda külge lähedalasuvaid teisi terase- või rauatükikesi, nimetatakse magnetiks. Antud juhul on tegu loomuliku ehk püsिमagnetiga. Magnetilised jõud on kõige tugevamad magnetpulga otstes ehk nn. poolustes. Magnetil on põhjapoolus (N) ja lõunapoolus (S) (joon. 18). Magneti isenimelised poolused tõmbuvad, samanimelised poolused aga tõukuvad.



Joon. 17. Ampermeetri ja voltmeetri lülitusskeem



Joon. 18. Magneti poolused ja jõujooned



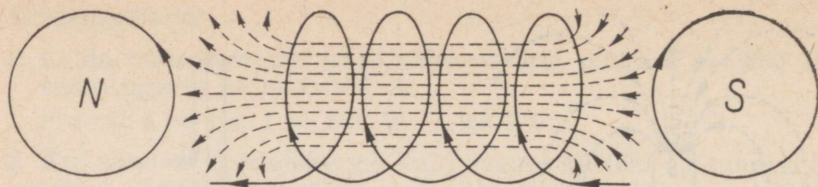
Joon. 19. Magnetväli sirge juhtme ümber

Katsed näitavad, et magnetilised jõud mõjuvad ruumis ümber magneti piki-, nn. **jõujooni**. Jõujoonte suunda saab määrata kompassinõela abil, mis asetub alati jõujoonte sihis. Ruumi ümber magneti, kus mõjuvad magnetilised jõud, s. o. ruumi, mis on haaratud jõujoontest, nimetatakse **magnetväljaks**. Magnetväljas asuvad jõujooned moodustavad alati kinniseid ringe, mis sulguvad läbi magneti. Mida tihedamalt on magnetväljas jõujooni, seda tugevam on magnetväli. Magnetvälja tugevus väheneb järsult magnetist eemaldudes. Kokkuleppeliselt loetakse jõujoonte suunda põhjapooluselt lõunapoolusele.

2.13. Elektrivoolu magnetiline toime

Elektrivool ja magnetväli on omavahel tihedalt seotud. Elektrivooluga kaasneb alati magnetväli. Näiteks juhtme ümber, mida läbib vool, tekib magnetväli, kusjuures jõujooned moodustuvad ümber juhtme kontsentriselise ringe (joon. 19). Magnetväli on tugevam juhtme lähedal, kus on ka jõujooni kõige tihedamalt. Magnetvälja jõujoonte suund ümber juhtme määratakse **kruvireegli** abil: kui vool liigub kruvi sisenemise suunas, siis kruvi pööramise suund ühtib jõujoonte suunaga. Nähtust, et voolu ümber tekib magnetväli, kasutatakse ära mitmesuguste elektromagnetiliste seadmete valmistamisel.

Silindrilise mähisena ehk **solenoidina** mähitud juhe muutub voolu läbijuhtimisel tugevaks magnetiks. Mähise otstes tekivad magnetpoolused (joon. 20).



Joon. 20. Solenoidi magnetväli

Pooluste nime määramiseks peame vaatama mähist otsast. Kui otsast vaadatult vool liigub mähises päripäeva, tekib sellesse otsa lõunapoolus. Põhjapoolus tekib mähise sellesse otsa, kus vool liigub juhtmes otsast vaadatuna vastupäeva.

Solenoidi sisse asetatud raudsüdamik muudab magnetvälja tugevuse tunduvalt suuremaks, sest raua magnetiline läbitavus on sadu kordi suurem kui õhul. Säärast solenoidi, mille sisse on asetatud raudsüdamik, nimetatakse **elektromagnetiks**. Elektromagneti magnetvälja tugevus on seda suurem, mida suurem on voolutugevus mähises ja mida suurem on mähise keerdude arv. Kokkuvõttes võib öelda, et elektromagneti magnetvälja tugevus sõltub **amperkeerdude** arvust (s. o. voolutugevus amprites korrutatuna mähise keerdude arvuga). Elektromagneti magnetilised omadused kaovad, kui vool mähises katkestada. Seejuures magneti südamik säilitab õige nõrga magnetvälja. Seda nähtust nimetatakse **jääkmagnetismiks**.

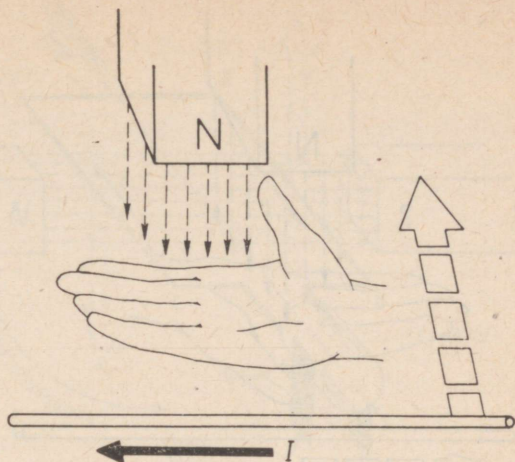
2.14. Elektromagnetiline induksioon

Nagu eelpool selgus, tekib elektrivoolu mõjul alati magnetväli. On täheldatud ka vastupidist nähtust, nimelt tekib magnetväljas liikuvus juhtmes elektromotoorjõud. Kui juhtme otsad sulgeda vooluringiks, siis läbib juhet vool.

Seda nähtust nimetatakse **elektromagnetiliseks induksiooniks**. Magnetvälja mõjul tekkivat voolu nimetatakse **induksioonvooluks**. Induksiooni eelduseks on see, et juhe peab liikuma magnetväljas magnetvälja suhtes või magnetväli peab liikuma paigalpäisiva juhtme suhtes. Kokkuvõttes peab toimuma juhtme ja magnetvälja jõujoonte lõikumine. Nii indutseeritakse elektromotoorjõud magnetväljas paigalpäisivas juhtmes ka siis, kui muudame magnetvälja tugevust, s. o. muudame jõujoonte tihedust ruumis. Kuna juhtme ümber, millest juhatakse läbi vool, on alati magnetväli, siis tekib induksioonvool ka juhtmes, mida liigutatakse voolust läbitud juhtme suhtes.

Tekkiva elektromotoorjõu ja induksioonvoolu suurus sõltub paljudest asjaoludest. Indutseeritav elektromotoorjõud on seda suurem, mida suurem on:

Joon. 21. Induktsioonvoolu suuna määramine



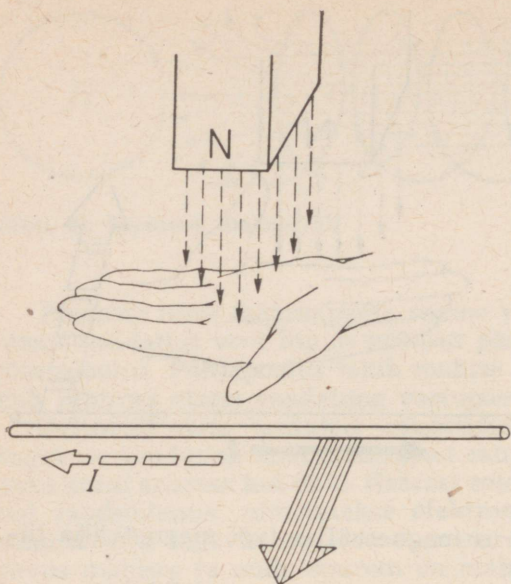
- 1) juhtme liikumise kiirus magnetväljas (või magnetvälja liikumiskiirus juhtme suhtes);
- 2) magnetvälja tugevus, s. o. jõujoonte arv ruumiühikus;
- 3) magnetväljas liikuva juhtme pikkus;
- 4) nurk juhtme ja magnetvälja jõujoonte vahel: kui see nurk on 0° , siis juhe liigub piki jõujoont ja voolu temas ei teki, kui juhe liigub risti jõujoontega (nurk on 90°), on tekkinud elektromotoorjõud kõige suurem.

Induktsioonvoolu suuna määramiseks kasutatakse **parema-käejuhist**: kui magnetvälja jõujooned langevad parema käe peopesa — s. t. põhjapoolus on peopesa kohal ja väljasirutatud põial näitab juhtme liikumise suunda —, siis sõrmed näitavad tekkiva induktsioonvoolu suunda (joon. 21).

Induktsioonvoolu eriliigiks on **pöörivool**. See tekib massiivsetes terassüdames ja elektriseadmete teistes osades. Pöörivool, nagu iga teine voolgi, soojendab metalli, kus ta tekib. Samuti avaldavad tekkivad pöörivoolud keha liikumisele pidurdavat mõju. Seetõttu loetakse pöörivoole elektriseadmete puhul kahjulikuks nähtuseks, kuna need põhjustavad elektrienergia kadu ja vähendavad tarbija kasutegurit.

2.15. Elektrivoolu ja magnetvälja vastastikune toime

Kui asetada juhe, mida läbib vool, magnetvälja, siis mõjutab magnetväli seda juhet nagu teist magnetit teatud jõuga. Magnetväljas asetsev juhe püüab pöörduda magnetvälja jõujoonte sihis või liikuda magnetväljast välja. Selle nähtuse alusel toimubki elektrienergia muutmine mehaaniliseks energiaks. Nähtus on elektrimasinate töö aluseks.



Joon. 22. Juhtme liikumisuuna määramine magnetväljas

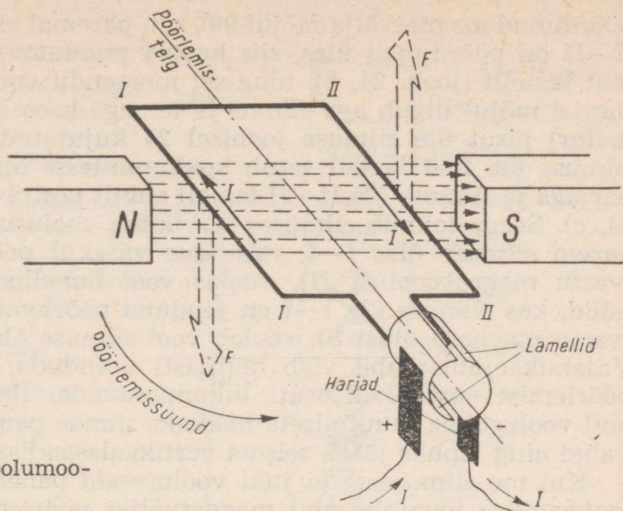
Juhtme liikumise suuna täpsemaks kindlaksmääramiseks kasutatakse **vasakukäejuhist**: kui magnetvälja jõujooned langevad vasaku käe peopessa (s. t. põhjapoolus on peopesa kohal) ja väljasirutatud sõrmed näitavad voolu suunda juhtmes, siis juhe püüab liikuda väljasirutatud pöidla sihis (joon. 22).

Tekkiva mehaanilise jõu suurus, mis mõjutab magnetväljas olevat juhet, sõltub otseselt magnetvälja tugevusest ja juhet läbiva voolu suuruselt.

2.16. Alalisvoolu masina tööpõhimõte

Elektriline ja mehaaniline energia on kaks energialiiki, mida on võimalik muundada ühest teiseks elektrimasinate abil. Elektrimasinas, mida nimetatakse **generaatoriks**, tekib elektrienergia mehaanilise töö arvel. Suunates samasse masinasse elektrivoolu, saab elektrienergiat muuta mehaaniliseks tööks; siis nimetatakse masinat **mootoriks**. Alalisvoolu puhul on tavaliselt võimalik üht ja sama elektrimasinat kasutada kas generaatorina või mootorina, vahelduvvoolu puhul ei ole see enamasti võimalik.

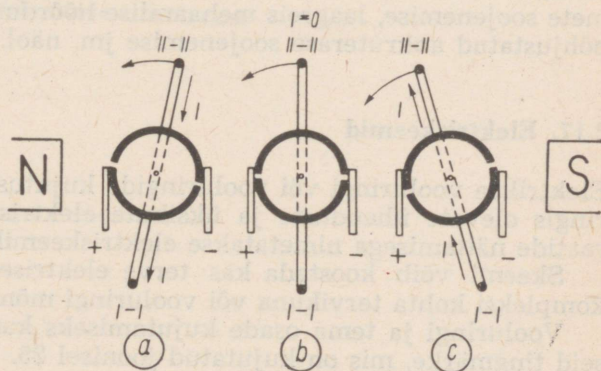
Mootori tööpõhimõte seisneb selles, et magnetväli avaldab (vastavalt vasakukäejuhisele) juhtmele, milles voolab vool I , mehaanilist jõudu F (joon. 23). Juhe on keeratud silmuseks I—I—II—II, millesse vool juhitakse kahe harja abil poolsilindriliste silmuse otstele kinntatud lamellide kaudu. Voolu kulg silmuses: positiivse potsentsiaaliga harjalt läbi vasakpoolse lamelli silmuse õlga I—I; selles vool liigub lamellist eemale; tagasi läbi



Joon. 23. Alalisvoolumootori tööpõhimõte

silmuse lauba I—II silmuse parempoolsesse õlga II—II, kus vool liigub parempoolse lamelli suunas; parempoolselt lamellilt läheb vool läbi negatiivse potentsiaaliga harja tagasi vooluallikasse.

Vasakukäejuhise kohaselt püüab silmuse õlg I—I liikuda alla, silmuse õlg II—II aga üles. Kui silmus on kinnitatud seda poolitavale teljele, hakkab silmus pöörlema vastu kellaosuti liikumissuunda. Et saada pidevat pöörlevat liikumist, on silmus tarvis ühendada vooluallikaga **kommutaatori** abil. Antud juhul koosneb kommutaator kahest lamelist, mis teineteisest on isoleeritud. Kommutaatori tööd selgitab joon. 24, kus lamellidest ja harjadest koosnev kommutaator on kujutatud vaadatuna silmuse pöörlemistelje suunas. Kui juhtmesilmus on joonisel 23 kujutatud asendist



Joon. 24. Alalisvoolumasina kommutaatori tööpõhimõte

pöördunud magnetvälja mõjul 90° , s. t. paremal asunud silmuse õlg II—II on pöördunud üles, siis harjad puudutavad korraga mõlemat lamelli (joon. 24, b), ning sel momendil vool silmusest kaob. Inertsil mõjul liigub aga silmus ja temaga koos lamellid (kommutaator) pisut üle silmuse joonisel 24 kujutatud asendi b, nii et silmuse õla I—I lamell satub kokkupuutesse ainuüksi negatiivse harjaga ja silmuse õla II—II lamell ainult positiivse harjaga (joon. 24, c). Seega toimub silmuses tervikuna voolusuuna muutus. Kui varem silmuse õlas I—I, mis asus vasakul pool pöörlemistelge (vastu magnetpoolust N), voolas vool lamellist silmusesse, siis nüüd, kus silmuse õlg I—I on jõudnud pöörlemistelgest paremale (vastu magnetpoolust S), voolab vool silmuse õlast I—I lamellile. Vasakukäejuhise abil võib hõlpsasti veenduda, et silmus jätkab pöörlemist vastu kellaosuti liikumissuunda. Ilma kommutaatori abil voolusuuna muutmiseta hakkaks silmus pendeldama pooluste vahel ning lõpuks jääks seisma vertikaalasendisse (joon. 24, b).

Kui me silmusesse ei juhi voolu, vaid paneme silmuse mingi mehaanilise jõuallika abil magnetväljas pöörlema, siis tekib silmuses elektromagnetilise induktsiooni nähtuse põhjal vool, mille suuna saame määrata paremakäejuhise abil. Näeme, et selle voolu suund on vastupidine voolu suunale, mida juhtsime silmusesse, kui masin töötas mootorina. Antud juhul saame mehaanilist energiat, mida rakendatakse juhtmesilmuse pöörlemapanemiseks, muuta elektrienergiaks silmuses indutseeritava elektrivoolu näol. Masin töötab sel juhul **alalisvoolugeneraatorina**.

Magnetvälja loomiseks kasutatakse elektrimasinate juures elektromagneteid, mida nimetatakse poolusteks. Poolused on kinnitatud elektrimasina kere ehk külge. Elektrimasina pöörlev osa koosneb paljudest üksikutest juhtmesilmustest, mis koos kommutaatoriga moodustavad silindrikujulise **ankru**.

Pooluse elektromagnetit läbivat voolu nimetatakse ergutusvooluks ja pooluse elektromagneti mähist **ergutusmähiseks**. Elektrimasina ankrut läbivat voolu nimetatakse **ankruvooluks**.

Elektrimasinast ei saa me kunagi kätte kogu energiat, mis me temale anname. Igas masinas esinevad energiakaod peamiselt juhtmete soojenemise, laagreis mehaanilise hõõrdumise, pöörivoolude põhjustatud ankruterase soojenemise jm. näol.

2.17. Elektriskeemid

Elektrilise vooluringi või vooluringide kujutust koos kõigi vooluringis olevate ühenduste ja üksikute elektriseadmete ning aparaatide näitamiseks nimetatakse elektriskeemiks.

Skeemi võib koostada kas terve elektriseadme või seadmete kompleksi kohta tervikuna või vooluringi mõne üksikosa kohta.

Vooluringi ja tema osade kujutamiseks kasutatakse standardseid tingimärke, mis on kujutatud joonisel 25.

	Juhte lahendatava ühendusklemmiga
	Juhtmete ühenduspunkt
	Juhtmete ühenduspunkt ühendusklemmiga
	Juhtmete ühenduseta ristumine
	Takisti
	Muudetav takisti
	Mähis
	Solenoid, elektromagnet
	Akumulaator
	Akupatarei
	Lüliti (sulguv kontakt)
	Lüliti (avanev kontakt)
	Ümberlüliti
	Lõpplüliti (sulguv kontakt)
	Lõpplüliti (avanev kontakt)
	Kontaktori kontakt
	Kontrolleri kontakt
	Automaatlüliti
	Nupplüliti (sulguv kontakt)

	Nupplüliti (avanev kontakt)
	Kondensaator
	Kereühendus
	Maaühendus
	Voltmeeter
	Ampermeeter
	Valgustuslamp
	Signaallamp
	Prožektor
	Sulavkaitse
	Elektrimasina ankur
	Vooluvõttur
	Sarvpiksekaitse
	Ülepinge lahendi
	Releemahis
	Ventiil
	Transformaator
	Pistikühendus
	Valjuhaäldi

Joon. 25. Elektriskeemide tingmärgid

3. TRAMMI KÕRGEPINGESEADMED

3.1. Trammi elektriseadmete töötingimused

Trammi elektriseadmed töötavad suhteliselt rasketes tingimustes.

Trammi tööd liinil iseloomustab tarbijate suur sisse- ja väljalülitamise sagedus, kontaktvõrgu pinge tunduv kõikumine ja veomootorite poolt tarbitava voolu muutumine suurtes piirides. Seejuures alluvad trammi elektriseadmed mehaanilistele, eriti dünaamilise iseloomuga koormustele (tõuked pöörmete, rööpmelukkude ja -ristide ületamisel). Otsest mõju avaldavad ka välised kliimatilised tingimused (järsud temperatuuri muutused, niiskus, sademed jt.).

Kõigi elektrimasinate ja -aparaatide töötamisel eraldub neis suuremal või vähemal määral neid läbiva voolu toimet soojust. Eriti intensiivselt soojenevad lülitusseadmed seoses vooluahela sagedase katkestamisega tekkiva kaare toimet.

Lähtudes raskendatud töötingimustest, peavad trammi elektriseadmed vastama erinõuetele, et oleks tagatud nende häireteta töö. Esmajoones peavad trammi elektriseadmed olema töökindla ja tugeva konstruktsiooniga, peavad võimaldama kulunud või vigastatud detailide kiiret vahetamist. Erilist tähtsust omab seadmete kompaktsus, s. o. võimalikult väiksemad mõõtmed ja kaal, sest elektriseadmete paigaldamisruum on piiratud. Veoseadmed peavad omama palju suuremat tugevuse varu kui tavalised elektriajamid. Lahtivõetavad klemmühendused peavad olema varustatud kontreerimise võimalusega, mis hoiab ära ühenduskohtade lõtvumise. Montaažühendused peavad olema teostatud nii, et voolujuhtivad osad ei oleks allutatud mehaanilistele pingetele. Seadmete kuumenemine ei tohi ületada normidega määratud piire. Ülekuumenemine põhjustab isolatsiooni kiiret lagunemist, kontaktpindade intensiivse oksüdeerumise tõttu kontaktide juhtivuse halvenemist ja lõpptulemusena nende põlemist. Kasutatavad isoleermaterjalid peavad omama suurt elektrilist tugevust, kuumus- ja niiskuskindlust. Elektriseadmete häireteta töötamise peamiseks eeltingimuseks on seadmete kaitsmine niiskumise ja mustumise eest.

3.2. Trammi elektriseadmete jaotus ja otstarve

Trammi elektriseadmed jagunevad vastavalt tööpingele kõrge- ja madalpingeseadmeteks. Trammi kõrgepingeseadmed on arvestatud töötamiseks 600-voldisel pingel ning saavad toite vahetult trammi kontaktvõrgust. Madalpinge seadmete tööpinge, olenevalt

trammi tüübist, on 12 või 24 volti ning nende toiteks on trammid varustatud akupatareidega.

Trammi elektriseade koosneb mitmest üksteisest sõltumatuks, kuid paljudel juhtudel funktsionaalselt seostatud vooluringist.

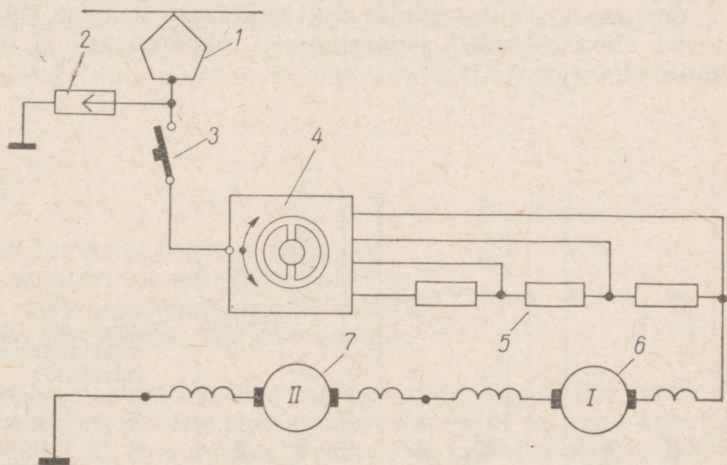
Kõrgepingelised on jõuseadme, valgustuse, kütte, kõrgepingelise rööapiduri ja abimootorite vooluringid. Madalpingeliste vooluringide arv trammis oleneb selle tüübist ja on ajakohase konstruktsiooniga trammil suurem. Siia kuuluvad akupatarei, generaatori, madalpingelise rööapiduri, uksemootorite ja uksejuhtimise, avariivalgustuse, signalisatsiooni, kontrollseadiste jne. vooluringid.

3.3. Jõuseade

Kõik trammi jõuvooluringi kuuluvad elektrimasinad ja -seadmed moodustavad kokku trammi jõuseadme.

Siia kuuluvad (joon. 26):

- 1) **vooluvõttur**, mis on asetatud trammi katusele ja mille ülesandeks on voolu võtmine kontaktjuhtmest;
- 2) **veomootorid**, mis veorežiimil muundavad elektrienergia mehaaniliseks energiaks ja panevad pöörlema trammi rattapaarid või elektrilisel pidurdamisel muundavad trammi liikumisenergia elektrienergiaks, on monteeritud mootorvaguni alusvankrile;



Joon. 26. Trammi mootorvaguni jõuseadme põhimõtteskeem:
1 — vooluvõttur; 2 — lahendi; 3 — automaatlüliti; 4 — kontroll-
roller; 5 — kiirendustakisti; 6 ja 7 — veomootorid

- 3) **automaatlüliti**, mis asub juhirusvahelae peal, on ette nähtud veomootorite kaitseks ülekoormuste eest, aga samuti kogu jõuvooluringi kaitseks lühisvoolu eest;
- 4) **kontroller**, millega trammijuht teostab kõik veomootorite töö juhtimiseks vajalikud lülitusoperatsioonid, on paigaldatud juhirusruumi või trammi põranda alla;
- 5) **juhtimistakistid** on vajalikud veomootorite käivitusvoolu ja elektrilisel pidurdusel genereeritava voolu piiramiseks; parema jahutamise eesmärgil on need asetatud trammi katusele (osa dubleerivaid seksioone on monteeritud vagunisse ning nendes eralduvat soojust kasutatakse külmal aastaajal trammi kütteks);
- 6) **pidurisolenoid** on vajalik järelvaguni (või seksiooni) pidurdamiseks üheaegselt mootorvaguni elektrilise pidurdamisega ning on monteeritud järelvaguni (seksiooni) alusraamile.

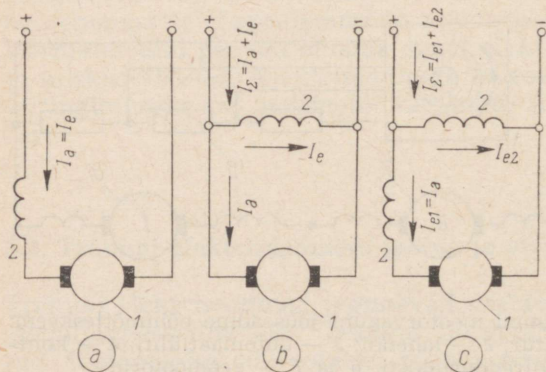
3.4. Ülevaade veomootoreist

Trammidel kasutatakse ainult alalisvoolu-elektrimasinaid. Neid võib rakendada tööle nii mootorina kui ka generaatorina.

Elektrimootori töö põhineb teoorias tuntud vasakukäejuhisel, generaatori töötamine — paremakäejuhisel. Elektrimootori töötamiseks vajalikud magnetväljad tekitatakse ankrumähise ja ergutusmähise vahel. Magnetväljas liikuv juhe on keritud mähisena masina pöörlevale osale — ankrule.

Ankruvoolu tugevus sõltub mootori koormusest; koormuse suurenemine nõuab selle ületamiseks suuremat jõudu, mistõttu vool suureneb.

Olenevalt ergutusmähise lülitusest ankrumähise suhtes, jagunevad elektrimasinad jadaergutus-, rööpergutus- ja liitergutusmasinaiks (joon. 27).



Joon. 27. Ergutus- ja ankrumähise ühendamisviisid:

a — jadaergutusmasin;
b — rööpergutusmasin;
c — liitergutusmasin;
 1 — ankrumähis; 2 — ergutusmähis; J_a — ankruvool; J_e — ergutusvool

Kirjanduses nimetatakse jadaergutusmasinat ka peavoolumasinaks, rööpergutumasinat haruvoolumasinaks ja liitergutumasinat kompoundmasinaks.

Joonisel 27 näeme, et jadaergutusmasinal on ergutusvool I_e ja ankruvool I_a ühine, sest ergutusmähis on lülitatud ankrumähisega järjestikku. Rööpergutumasinal aga on ergutus- ja ankruvoolud erinevad ega sõltu teineteisest, sest ergutusmähis on lülitatud ankrumähisega rööbiti. Liitergutumasinas tekitatakse magnetvoog kahe ergutusmähisega, kusjuures üks neist on ankrumähisega jadamisi, teine rööbiti.

Sõltuvalt ergutusmähiste lülituse erinevusest on antud elektrimasinatele ka veomadused erinevad. Kuna rööpergutumasina ergutusvool ning seega ka ergutuse magnetvoog ei sõltu ankruvoolust, s. o. koormuse muutusest völlil, siis seda tüüpi mootori ankru pöörlemiskiirus sõltub koormusest vähe. Rööpergutusmootori ankru pöörlemiskiirust on kergesti võimalik muuta ergutusvoolu muutmisega. Väikesel pöörlemiskiirusel on rööpergutusmootori ankruvool liiga suur ja sellepärast ei ole seda sobiv rakendada veomootorina. Trammi veomootorina kasutatakse kas jada- või liitergutumasinaid, sest et nende omadused vastavad kõige enam veomootorile esitatavatele nõuetele. Peale selle võimaldab liitergutumasin teostada elektrilisel pidurdusel rekuperatsiooni, s. o. anda mehaaniline pidurdusenergia indutseeritud elektrienergia näol tagasi kontaktvõrku.

Generaatori või mootori ankru pöörlemisel magnetväljas indutseeritakse tema mähises elektromotoorjõud E . Mootori juures on E suunatud võrgupingele U vastu. Sellepärast nimetatakse seda **vastuelektromotoorjõuks**. Vastuelektromotoorjõu suurus oleneb mootori erguti magnetvoost ja ankru pöörlemiskiirusest ning on nendega võrdeline. Seega ankru pöörlemiskiiruse või magnetvoo suurenemisega suureneb ka vastuelektromotoorjõud.

Rakendades Ohmi seadust, saame ankruvoolu tugevuse leida valemiga:

$$I_a = \frac{U - E}{R_a} \quad (1)$$

kus I_a on ankruvoolu tugevus amprites;

U — mootori klemmipingele voltides;

E — vastuelektromotoorjõud voltides;

R_a — ankrumähise takistus oomides.

Jadaergutusmootori käivitamise momendil, kui ankur veel ei pöörle, vastuelektromotoorjõud puudub ($E = 0$) ja kuna ankrumähise takistus R_a on suhteliselt väike, siis läbiks mootorit vahetult võrkülülitusel nimivoolust tunduvalt suurem vool. See rikuks mootori. Sellepärast ühendatakse mootoriga jadamisi spetsiaalne juhtimistakisti (reostaat).

Sel juhul võib käivitusvoolu arvutada valemiga:

$$I_h = \frac{U}{R_a + R_h}, \quad (2)$$

kus I_h on käivitusvoolu tugevus amprites;
 U — klemmipinge voltides;
 R_a — ankrumähise takistus oomides;
 R_h — juhtimistakisti takistus oomides.

Jadaergutusmootori ankru pöörlemisel indutseeritakse ankrumähises vastuelektromotoorjõud, mis suureneb pöörlemiskiiruse kasvades. See põhjustab voolu nõrgenemise. Vajaliku veojõu tagamiseks on vaja küllaldast voolutugevust säilitada. Selleks tuleb käivitustakisti takistust pidevalt vähendada selle täieliku väljalülitamiseni hetkeks, mil ankur on saavutanud peaaegu nimipöörlemiskiiruse. Seejuures on ankrumähises indutseeritud vastuelektromotoorjõud saavutanud pingele lähedase väärtuse.

Peavoolumootori ankru pöörlemiskiirus on võrdeline klemmipingega ja pöördvõrdeline pooluste magnetvooga ning arvutatav valemiga:

$$n = \frac{U - I_a(R_a + R_h)}{\Phi}, \quad (3)$$

kus U on mootori klemmipinge;
 I_a — mootori ankruvool;
 R_a — ankrumähise takistus;
 R_h — juhtimisreostaadi takistus;
 Φ — erguti magnetvoog.

Mootori pöördemoment, mis paneb või püüab panna ankrut pöörlema, on võrdeline ankru vooluga ja erguti magnetvooga.

Mootori tööprotsess kulgeb järgmiselt. Mootori koormuse suurenemine kutsub esile võrgust tarbitava voolu suurenemise. Vool suureneb seni, kuni mootori pöördemoment tasakaalustab koormuse takistusmomendi. Seega koormuse suurenemisel suureneb nii mootori ankru- kui ka ergutusvool. Mõlemad muutused aga kutsuvad esile ankru pöörlemiskiiruse vähenemise.

Väikese koormuse korral peab jadaergutusmootori pöördemoment tasakaalustama väikese takistusmomendi, ja seega on tarbitav vool väike. Järelikult on väike ka mootori magnetvoog ning ankruvoolu põhjustatud pingelang ($I_a R_a$), Seega ankru pöörlemiskiirus suureneb. Koormuse täielikul puudumisel võib mootori ankru pöörlemiskiirus tõusta sedavõrd, et sellele järgneb ankru purunemine. Sellepärast ei lubata jadaergutusmootorit ilma koormuseta käivitada.

Jadaergutusmootori pöörlemiskiirust on võimalik reguleerida ka klemmipinge muutmisega. Seda saavutatakse trammi mootorite jadamisi või rööbiti lülitamisega. Teiseks ankru pöörlemiskiiruse

reguleerimise viisiks on mootori magnetvoo muutmine. Seda on võimalik teha ergutusmähise šunteerimisega vastava takisti abil. Kuna seejuures mootori magnetvoog nõrgeneb, siis ankrü pöörlemiskiirus kasvab. Need mõlemad meetodid leiavad praktilist rakendamist trammiviimootori ankrü pöörlemiskiiruse reguleerimisel.

Nagu eelmainitud järeldub, arendab jadaergutusmootor suurel koormusel ning väikesel ankrü pöörlemiskiirusel suurt pöördemomenti, ning väikesel koormusel, suure ankrü pöörlemiskiiruse juures väikest pöördemomenti. See omadus annabki nimetatud mootorile suuremad eelised veomootorina töötamiseks.

Trammiviimootorid peavad arendama järgmisi nõudeid:

- 1) Käivitamisel peavad arendama suurt pöördemomenti;
- 2) taluma ülekoormusi; 3) võimaldama suurtes piirides ankrü pöörlemiskiiruse reguleerimist; 4) võimaldama pöörlemissuuna muutmist (reverseerimist); 5) töötama generaatorina elektrilisel pidurdusel; 6) tagama kindlat kommuteerimist üleminekurežiimidel nii koormuse kui ka kontaktvõrgu pingele järskude muutuste puhul.

Veomootor varustatakse tehase poolt sildiga, millele on kantud peale masina tüübi ja numbri ka kõik tema kasutamiseks vajalikud andmed. Kodumaiste trammide veomootorid valmistatakse tööpingetele 275 ja 550 volti, võimsusega 30 kuni 60 kilovatti. Importvagunite veomootorid (Tšehhoslovakkia SV ja Saksa DV) on arvestatud tööpingetele 300 ja 600 volti. Tabelis 2 on toodud põhilised andmed veomootori EM 60/600 kohta.

Tabel 2

Veomootori EM 60/600 tehnilised näitajad

Näitaja	Mõõtühik	Suurus
Nimipinge	V	600
Voolutugevus	A	113; kestevreežiimis 80
Võimsus	kW	60; kestevreežiimis 47
Pöörlemiskiirus	p/min	880; kestevreežiimis 1020
Kasutegur	—	0,885
Mootori kaal (ilma reduktorita)	kg	1000
Reduktori ülekanade arv	—	5,75
Maksimaalselt lubatav ankrü pöörlemiskiirus	p/min	2000

3.5. Veomootori võimsus

Veomootori töö seisneb elektrienergia muundamises mehaaniliseks tööks. Mootori võllilt saadav kasulik mehaaniline võimsus P_m on alati väiksem temale antavast elektrilisest võimsusest P_e mootoris esinevate kadude võrra. Seda mootorile antava võimsuse

osa või protsenti, mille saame tagasi mootori võllilt kasuliku energiana, näitab meile **mootori kasutegur** η (eeta)

$$\eta = \frac{P_m}{P_e}. \quad (4)$$

Kuna mootori töötamisel alati osa temale antavast elektrilisest võimsusest muundub otseselt soojuseks, osa kulub hõõrdumistakistuste ületamiseks ja ventilatsiooni tekitamiseks mootoris, siis kasutegur on alati väiksem kui 1 (väiksem kui 100%). Veomootori poolt arendatav võimsus oleneb täiel määral koormusest ja on sellepärast väga muutuv suurus. Mootori võimsus on piiratud tema konstruktsiooni mehaanilise tugevusega ning maksimaalselt lubatava voolu suurusega, mille juures ei teki veel ohtlikku sädelemist kommutaatoril ega mähiste ülekuumenemist. Lähtudes sellest, et suurema koormusega töötava mootori mähiste temperatuur tõuseb suhteliselt kiiremini lubatud piirini, iseloomustatakse veomootori võimsust kolme näitajaga (kolmes töörežiimis):

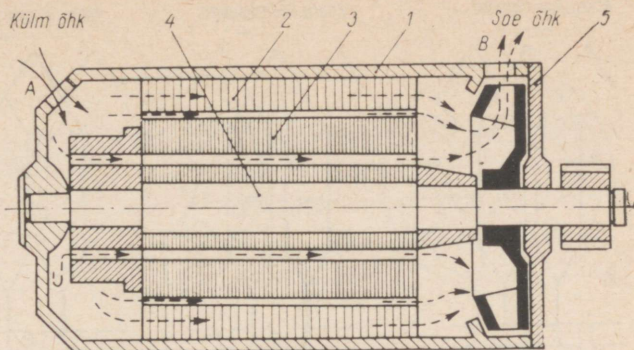
- 1) **kestevvõimsus** — suurim võimsus, mida mootor suudab arendada (suletud luukide ja ventilatsiooniseadmete normaalse talitluse puhul) pideval töötamisel (mitte alla 10 tunni), kusjuures mootori osade temperatuur ei ületa lubatud piire;
- 2) **tunnivõimsus** — suurim võimsus, mida mootor suudab arendada võllil ühe tunni vältel samadel tingimustel;
- 3) **maksimaalvõimsus** — suurim võimsus, mida mootor suudab arendada võllil ühe minuti jooksul, kusjuures ei esine mootori mehaaniliste ja elektriliste osade tugevuse vähenemist või deformatsioone, samuti kommutaatori ohtlikku sädelemist.

Kehtivate normide kohaselt peab veomootorite maksimaalvõimsus vastama kahekordsele tunnivõimsusele

$$P_{maks} = 2 P_t.$$

Kuna veomootori võimsus normaalsetel töörežiimidel on piiratud peamiselt mähistele lubatud temperatuuriga, siis on mähiste isoleermaterjalil ja jahtumistingimustel (ventilatsioonil) suur tähtsus. Olenevalt maksimaalselt lubatud kestvast töötemperatuurist on isoleermaterjalid jaotatud klassidesse. Trammi veomootorite juures kasutatakse üldreeglina E, B ja F klassi kuuluvaid isoleermaterjale, maksimaalselt lubatavate töötemperatuuridega vastavalt 120, 130 ja 155°C.

Mootori kuumenemist põhjustab töötamisel eralduv soojus. Koos mootori ja ümbruskonna temperatuuride vahe suurenemisega suureneb soojuse siire ümbruskonda. Temperatuur tõuseb algul kiiresti, kuid edaspidi ikka aeglasemalt, sest temperatuuri kasvuga järjest suurem osa soojust siirdub ümbruskonda. Temperatuuri tõus lakkab, kui saabub mootoris kadudest tekkiva soojuse ja samal ajal ümbruskonda siirduva soojuse tasakaal. Mootoris



Joon. 28. Veomootori endaventilatsiooni põhimõte:
 1 — mootori kere; 2 — magnetpoolused; 3 — ankur;
 4 — ankru võll; 5 — ventilaator; A ja B — ventilatsiooniavad

tekkiva soojuse ärajuhtimise tõhustamiseks kasutatakse ventileerimist. Trammi veomootoris on selleks otstarbeks ventilaator, mis on kinnitatud järgalt ankru võlli kommutaatoripoolsele otsale ja pöörleb koos ankruga (joon. 28).

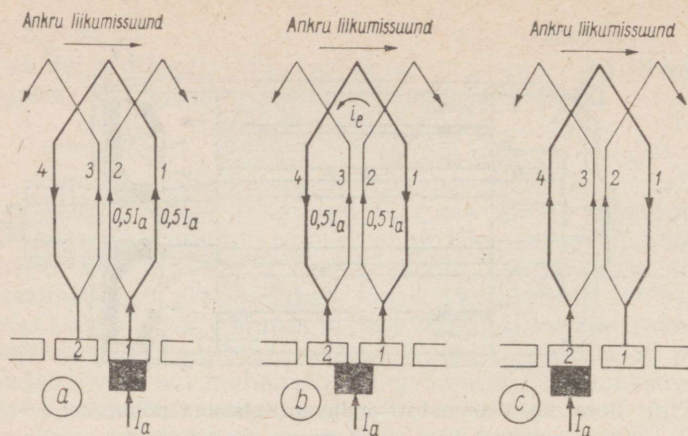
Ventilaator imeb välisõhu läbi ühes mootori otsas olevate ventilatsiooniavade mootorisse ning edasi läbi mähistevaheliste pilude ja läbi ankru südamikujahutuskanalite teise otsa, kus soojenenud õhk surutakse läbi vastavate avade mootorist välja. Sellist jahutusmoodust nimetatakse endaventilatsiooniks. Mõne veomootori tüübi juures kasutatakse ka sundventilatsiooni, kus läbipuhumist teostatakse eriajajamiga ventilaatori abil.

Endaventilatsioon võimaldab suurendada veomootori poolt arendatavat võimsust kestevreežiimis 100—120%, tunnirežiimis 10—20%. Veomootoril EM 60/600 on endaventilatsioon.

3.6. Kommuteerimine

Alalisvoolu masina kommuteerimiseks nimetatakse voolu suuna muutumise protsessi harjaga lühistatud ankrumähise sektsioonis harja üheaegsel puutel vastu kahte kommutaatori naaberlamelli. Põhimõttelt ei erine veomootorite kommuteerimine teiste alalisvoolumasinate kommuteerimisprotsessist, kuid samal ajal veomootorite töö eritingimused halvendavad kommuteerimist ja põhjustavad sädelemist nii harja ja lamellide kui ka kommutaatori lamellide endi vahel.

Kommuteerimisprotsessi füüsikaliste nähtuste lähemaks selgitamiseks vaatleme ankrumähise sektsiooni liikumist harjade all lihtsustatult (joon. 29).



Joon. 29. Kommuteerimisprotsess:

a — sektsiooni asend enne kommuteerimist; *b* — sektsiooni asend kommuteerimisperioodi kestel; *c* — sektsiooni asend pärast kommuteerimist

Joonisel 29, *a* on näidatud juhtmeist 1 ja 4 moodustatud sektsioon, mis liigub vasakult paremale. Välisahela vool I_a , läbinud harja ja kommutaatori lamelli 1, hargneb kaheks. Osa voolust ($0,5 I_a$) suundub sektsiooni alumisse harusse (juhe 1), teine osa ($0,5 I_a$) naabersektsiooni ülemisse harusse (juhe 2).

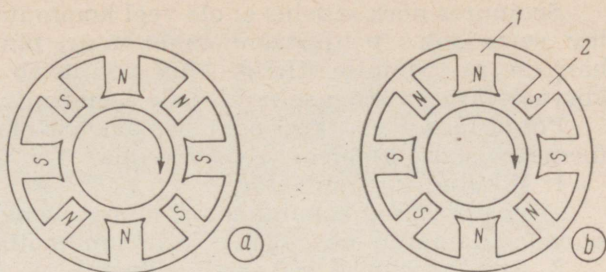
Kommuteerimisprotsess algab momendist, mil kommutaatori lamell 2 puudutab harja. Seejuures sektsioon 1—4 lühistub harja kaudu (joon. 29, *b*). Kommuteerimisaja vältel jäävad voolud juhtmeis 2 ja 3 konstantseiks ja võrdseiks, sest juhe 2 on paigutatud ülemisse, juhe 3 aga alumisse rööpharusse. Sektsiooni 1—4 vool hakkab harja puutehetkel mõlema lamelliga (1 ja 2) vähenema, sest hari lühistab sektsiooni. Vool muutub nulliks, kui harja keskjoon ühtib kahe naaberlamelli vahelise isoleerkihiga. Mähise edasiliikumisel vool sektsioonis 4—1 muudab suunda ja hakkab uuesti tugevnema. Kui hari lahkub lamellilt 1, saavutab vool sektsioonis uuesti väärtuse $0,5 I_a$. Sellega lõpeb kommuteerimisprotsess mähisesektsioonis. Protsessi kestel on sektsioon 1—4 liikunud vasakpoolsest asendist parempoolsesse ja sattunud masina ühe pooluse alt teise alla. Seega muutub vool kommuteerimisaja jooksul väärtuselt $+0,5 I_a$ väärtuseni $-0,5 I_a$.

Vaadeldud juhul jääb voolutihedus harja all konstantseks, mistõttu on tagatud harja ühtlane soojenemine ja sädelemiseta kommuteerimine. Selline olukord oleks võimalik juhul, kui ankru pöörlemiskiirus oleks väike ja vool muutuks sektsioonis väga aeglaselt.

Praktikas esineva ankru suure pöörlemiskiiruse korral aga kutsub voolu muutus lühistatud sektsioonis esile magnetvoo kiire muutumise ning sellega seoses lühistatud sektsioonis endainduktsi-

Joon. 30. Pea- ja lisapooluste asetust:

a — mootoril; *b* — generaatoril; 1 — peapoolus; 2 — lisapoolus



ooni elektromotoorjõu tekkimise. Seda elektromotoorjõudu nimetatakse **kommutsiooni-elektromotoorjõuks**. Tema suund ühtib kommuteerimisprotsessi esimesel poolel sektsiooni läbiva voolu suunaga. Kommutsiooni-elektromotoorjõu poolt esilekutsutud lisavool i_c põhjustab harja mahajooksva serva all voolutiheduse suurenemise, mille tõttu hari lahkub lamellilt sädelemisega (joon. 29, b).

Kommuteerimistingimuste parandamiseks kasutatakse mootrites lisapooluseid. Need paigutatakse peapooluste vahele magnetvälja geomeetrilisele neutraaljoonele. Lisapooluste abil saab tekitada kommuteerivas sektsioonis kommutsiooni-elektromotoorjõule vastassuunalise elektromotoorjõu.

Kommutsiooni-elektromotoorjõud on võrdeline ankruga vooluga. Lisapoolused lülitatakse ankrumähisega järjestikku. Sellepärast indutseerib lisapooluse magnetvoog kommuteerivas sektsioonis elektromotoorjõud, mis on samuti võrdeline ankruvooluga. Selleks et saada kommutsiooni-elektromotoorjõule vastassuunalist elektromotoorjõudu, peab peapoolusele mootori pöörlemissuunas järgnev lisapoolus omama esimesega samaugust polaarsust (joon. 30).

Kui mootor töötab generaatori režiimil, siis ankruga endise pöörlemissuuna juures muudab ankruvool oma suunda. Seega muutub voolu suund ka lisapoolustes. See aga ongi vastassuunalise elektromotoorjõu tekitamiseks, mis nagu näeme, toimub ka generaatori režiimile minekul automaatselt.

Sädelemise intensiivsuse järgi harjade all võib otsustada mootori töö üle. Eristatakse mitmesugust sädelemisastet:

Sädelemise iseloom	Sädelemisaste
Sädelemine puudub	1
Nõrk täppsädelus	1¼
Nõrk sädelus (harja pinna suure osa all)	1½
Servsädelus (kogu harja ääre all)	2
Heitsädelus (harja all lendavad suured sädemed)	3

Seejuures nõrk sädelus ei ole veel kommutaatorile ohtlik. Kestev servsädelus põhjustab kommutaatori pinna tumenemise ja harjade rübustumise. Heitsädelus põhjustab kollektori raskesti kõrvaldatava mustumise ja harjade lagunemise.

Põhjusteks, mis kutsuvad veomootori kommutaatoril esile ülemäära suure sädelemise, võivad olla:

1. Rikutud kommutaator:

— ebatasasused kommutaatori pinnal, lamellidevahelise isolatsiooni väljaulatumine, mustus ja kommutaatori ekstsentrilisus.

2. Rikutud harjad ja harjahoidikud:

— harjade loksumine või pesadesse kiilumine, liialt nõrk harja surve või halb sobitus kommutaatoriga, harja hoidikute halb kinnitus, ebaõigete harjasortide kasutamine.

3. Mootori laagrite või reduktori hammasrataste ülemäärane kulumine.

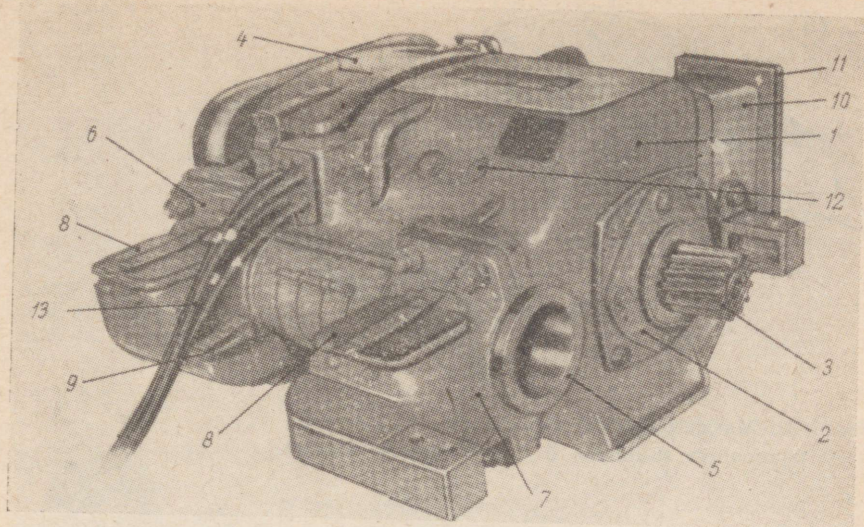
Normaalselt töötava mootori kommutaator omab läikiva tumepruuni värvusega peegelpinna.

3.7. Veomootorite ehitus

Trammi veomootorid jagunevad, olenevalt nende asetusest vaguni alusvankril ning jõuülekanne konstruktsioonist, kahte peamisse rühma. Esimese rühma moodustavad **teljemootorid** — suhteliselt aeglasemakäigulised, kuid suurema võimsusega ja kaalult raske-
mad. Neid kasutatakse peamiselt kaheteljelistel mootorvagunitel. Teise rühma kuuluvad kaalult ja gabariitidelt väiksemad, kuid kiiremakäigulised **sõltumatu riputusega mootorid**. Nende rakendamine nõuab mitmeastmelist jõuülekannet ja sellepärast on need sobivad ainult neljateljelistele mootorvagunitele.

Teljemootor toetub ühe küljega kápplaagrite kaudu vaguni teljele. Teine külg on tõukeleevendi abil kinnitatud alusvankri raamile.

Veomootori peamisteks osadeks on kere, magnetpoolused, ankur, harjad koos harjahoidikutega ja laagrid. **Mootori kere** täidab kahte ülesannet: 1) kaitseb kõiki mootori osi ja võimaldab nende kinnitamist; 2) toimib pooluste vahelise magnetjuhina. Teljemootori kere valmistatakse hea maganetilise juhtivusega valuterasest. Seinte paksus magnetpooluste kohal on 20—30 mm, mujal 10—12 mm. Kaheksatahulisesse keresse, ringi ümber seinte on asetatud magnetpoolused. Pooluste metallsüdamikud kinnitatakse läbi kere seinte poltidega (joon. 31). Kere otstes on avad ankru ja pooluste monteerimiseks. Avad suletakse otsakilpidega. Otsakilbi tsentrites, laagripesades, asuvad laagrid. Laager on väljast kaanega kaetud, mis hoiab ära sellesse tolmu ja vee sattumise. Laagrist mootorisse määrdeaine valgumist tõkestab labürinttihend. Nii otsakilp kui ka laagri kaas kinnitatakse poltidega. Kuna ankur toetub kogu oma raskusega laagrite kaudu otsakilpi-



Joon. 31. Veomootor EM 60/600:

1 — mootori kere; 2 — otsakilp; 3 — hammasratas; 4 — kommutaatori ülemine luuk; 5 — käpplaager; 6 ja 7 — käpad; 8 — käpplaagrite õlitusavad; 9 — õli tasapinna kontrollava; 10 — ventilatsiooniava filter; 11 — ventilatsiooniava kate; 12 — pooluste kinnituspoldid; 13 — ühendusjuhtmed

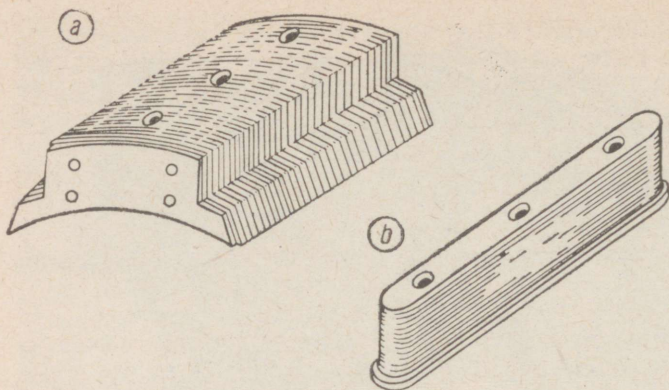
dele, siis on viimastel sissepoole ulatuvad äärikud. Need on täpselt sobitatud kere otstes olevate avadega. Selline konstruktsioon võimaldab ka ankru täpset tsentreerimist.

Veomootori EM 60/600 (joon. 31) ventilatsiooniavad on vee ja pori sissesattumise vältimiseks varustatud imemispoolel õhupuhastusfiltriga, õhu väljumise poolel — kattega. Kommutaatoripoolsel otsal, mootori peal ja all asuvad kommutaatori luugid, mis võimaldavad kommutaatorile ja harjahoidikuile juurdepääsu. Ülemine luuk on varustatud vedrusulguriga, alumine suletakse poltidega. Mootori ühendusjuhtmed on toodud välja läbi mootori kereavade. Juhtmeisolatsiooni vigastuse vältimiseks ja läbiviikude tihendamiseks on avadesse pressitud kummipuksid.

Magnetpoolused jagunevad pea- ja lisapoolusteks. Peapooluse ülesandeks on pea- ehk töömagnetvoo tekitamine. Lisapooluse ülesandeks on lisamagnetvoo tekitamine, kommuteerimisprotsessi kergendamiseks ja harjade sädelemise vältimiseks. Veomootoris EM 60/600 on lisapoolused asetatud horisontaal- ja vertikaaljoontele, peapoolused diagonaaljoontele (joon. 34).

Magnetpoolus koosneb südamikust (pooluskingast) ja mähisest.

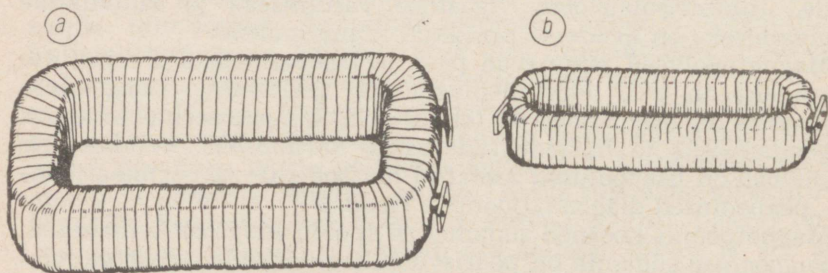
Peapooluse südamik on pöörisvoolukao vähendamiseks valmistatud elektrotehnilisest lehtterasest. Lisapooluse südamik, mis on oma mõõtmetelt palju väiksem ja selles tekkivad pöörisvoolukaod tähtsusetud, valmistatakse massiivsena (joon. 32).



Joon. 32. Magnetpooluste südamikud:
a — peapooluse südamik; *b* — lisapooluse südamik

Pooluse mähis (joon. 33) valmistatakse šabloonil. Juhtmena kasutatakse vasklinti, isoleermaterjalina mikaniiti, klaas-lakkriiet jm. Valmis mähised kaetakse pealt mitmekordse isolatsiooniga ning immutatakse isoleerlaki või -kompaundiga. Mähise algused ja lõpud varustatakse klemmidega, mis mähiste kohalemonteerimisel ühendatakse vastavalt skeemile. Valmis mähis asetatakse tihedalt pooluse südamikule ning monteeritakse koos südamikuga kohale.

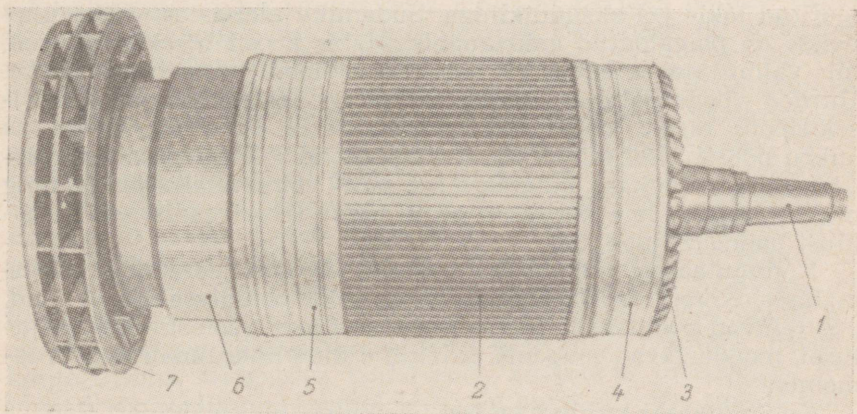
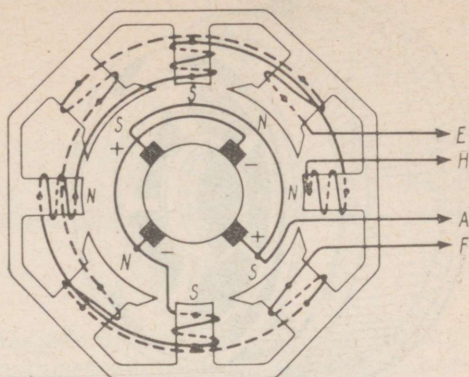
Veomootori EM 60/600 mähiste ühendusskeem on antud joonisel 34. Nagu sellelt näeme, on kõik neli peapooluse mähist ühendatud omavahel jadamisi. Mähise algus tähistatakse tähega *E*, lõpp tähega *F*. Samal viisil on ühendatud omavahel ka lisapooluste mähised, kuid nende algust mootorist välja ei tooda, vaid ühendatakse harjahoidiku kaudu ankrumähisega. Seega lisapoolused kuuluvad ankrumähisele, mis kannab tähiseid *A* ja *H*.



Joon. 33. Pooluste mähised:
a — peapooluse mähis; *b* — lisapooluse mähis

Joon. 34. Veomootori EM 60/600 mähiste ühendusskeem:

A-H — ankrü vooluring;
E-F — ergutuse vooluring

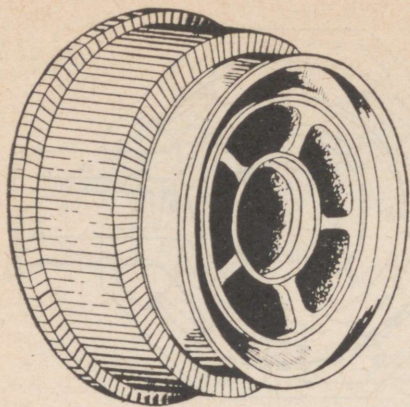


Joon. 35. Veomootori EM 60/600 ankrü:

1 — ankrü völli; 2 — südamik; 3 — mähis; 4 ja 5 — traatbandaazid; 6 — kommutaator; 7 — ventilaator

Ankrüks nimetatakse alalisvoolumootori pöörlevat osa. Ankrü koosneb völli, terassüdamikust, mähisest, kommutaatorist ja ventilaatorist. Völli kaudu antakse mootori pöördemoment üle reduktoirile. Samuti kinnituvad völli kaudu kõik ankrü ülejäänud detailid. Sellepärast valmistatakse völli heade mehaaniliste omadustega terasest. Völli otsale, kere otsakilpide kohale, on pressitud veerlaagrite sisevöru (välisvöru koos rullidega asuvad otsakilpide pesades). Mootorist väljaulatuva völli koonilisele otsale kinnitatakse kiilu ja mutri abil hammasratas.

Ankrü südamik on koostatud õhukestest elektrotehnilise terase lehtedest, mis on üksteisest pöörivoolukadude vähendamiseks iso-



Joon. 36. Mootori kommutaator

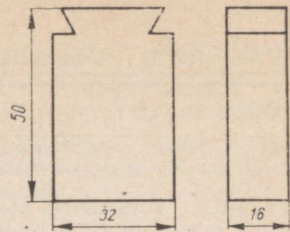
leeritud laki- või oksüüdikihiga. Südramiku pinnas asuvaisse uurdeisse on paigaldatud ankrumähis. Mähis koosneb sektsioonidest, mis valmistatakse eelnevalt vastaval šabloonil ning isoleeritakse. Urded vooderdatakse samuti eelnevalt isolatsiooniga. Mähise-sektsiooni otsad joodetakse kommutaatori lamellide külge. Et ankru pöörlemisel mõjuv tsentrifugaaljõud mähisesektsiooni urdest välja ei tõukaks, suletakse see puit- või getinakskiiluga, ning mähise lauposadele keritakse peale tugev terastraadist või klaas-kiust bandaaž (joon. 35).

Kommutaatori ülesandeks on elektrivoolu jaotamine ankrumähises. Kommutaator suunab voolu sektsioonidesse nii, et jõud, mis tekivad pooluste ja ankru magnetväljade vastastikusel mõjutusel, moodustavad jõupaari ja tekib üldine ühesuunaline pöörde-moment.

Kommutaator kujutab endast üksikutest vaskplaatidest (lamel-lidest) koostatud silindrit (joon. 36). Lamellide völli-poolsed servad on kalasabakujulised. See võimaldab nende kinnitamist kahe vas-tavakujulise surveseibi vahele ja ühtse tervikuna kooshoidmist. Lamellid on üksteisest ja surveseibidest isoleeritud mikaniitlehte-dega. Kommutaator kinnitub tagumise surveseibi abil völli-le. Esi-mese (välimise) surveseibi ääriku külge kinnitatakse poltide abil ventilaator.

Kommutaatori lamellid moodustavad koos mootori harja-dega liugkontakti. Et voolu üleandmine toimuks rahuldavalt, peab kommutaatori pind olema hästi sile, ebatasasusteta. Kommutaatori ekstsentrilisus üle 0,06 mm ei ole lubatud. Lamellidevaheline iso-latsioon peab olema eemaldatud 0,5—1,5 mm sügavuselt, et see ei segaks harjade puudet lamellidega.

Endaventilatsiooniga veomootoris kasutatakse **tsentrifugaal-ventilaatorit**. Veomootori EM 60/600 ventilaator (joon. 35) on kahesektsiooniline ja valatud tervikuna alumiiniumist.



Joon. 37. Mootori EM 60/600 harja profiil

Harjad ja harjahoidikud. Harjade ülesandeks on voolu kommutaatorile ja selle kaudu ankrumähisesse juhtimine. Harjade ja harjahoidikute seisukorrast oleneb suurel määral veomootori korralik töötamine. Harjahoidik peab kindlustama harja radiaalasendi kommutaatori pinna suhtes, ühtlase surve harjale, olenemata selle pikikulumisest, ning võimaldama kulunud harjade hõlpsat vahetamist. Harjahoidik kinnitatakse mootori kere sisse, nii et harjad asetseksid mootori ristlõike diagonaaljoontel (joon. 34). See võimaldab harjadele parema juurdepääsu remondiks ja vahetamiseks.

Veomootoril EM 60/600 on neli harjahoidikut. Samanimelise polaarsusega hoidikud on ühendatud omavahel rööbiti. Igas harjahoidikus on kaks harja kõrvuti. Hari (joon. 37) on valmistatud elektrografiidist, mõõtmetega $16 \times 32 \times 50$ mm, ilma armatuurita. Harja survevedru tagab harja surve vastu kommutaatori pinda piires 1,65 kuni 1,95 kgf. Harja minimaalselt lubatud pikkus on 26 mm. Harja ülemäära suur surve põhjustab nii harja kui ka kommutaatori intensiivse kulumise, liialt nõrga surve puhul aga esineb suurenenud sädelemist. Hari peab harjahoidikus liikuma kergelt, ilma märgatava takistuseta, kusjuures summaarne lõtk harjade ja hoidikupesa vahel võib olla harja paksuse suunas mitte üle 0,75 mm, harja laiuse suunas mitte üle 1,5 mm. Normaalselt töötava harja kontaktpinnal on poleeritud välimus. Ebatasase kontaktpinnaga või purunenud (ka osaliselt) äärtega hari on töötamiseks kõlbmatu.

Laagrid on mootori ankrule toetuspunktideks ning võimaldavad ühtlasi tema pöörlemist. Veomootori laagritena kasutatakse nii kuul- kui ka rull-laagreid. Viimased taluvad suuremat radiaalsuunalist koormust. Veomootoreil EM 60/600 on üherealised rull-laagrid. Ankrute teljesuunalise asetuse fikseerib kommutaatoripoolne laager, mis on varustatud tõkkesebiga.

Laagreid määratakse konsistentsete määretega, nagu määre УТВ-1-13, ЦИАТИМ-201 ja 202, millel on küllaltki suur temperatuurikindlus. Määret vahetatakse mootori remondi ajal. Määrde hulk ühe laagri kohta moodustab 250—300 g.

Veomootorile iseloomulikud rikked

Rikke tunnus	Rikke põhjus	Operatiivne tegutsemine
1	2	3
Vaguni automaatlüliti rakendub (võib esineda ka alajaama kiirlüliti samaaegne rakendumine). Vigastatud koht põleb välja	Mootori voolujuhtivate osade — ankrumähise, pea- või lisapooluse mähise, kommutaatori lamellide või harjahoidikute lühis mootori kerega	Lülitada automaatlüliti välja. Vajaduse korral likvideerida tulekolle mootoris tulekustuti või liivaga. Kontrollida teise mootori korrasolekut. Sõita depoosse korrasoleva mootoriga. Mõlema mootori rikke puhul lasta vagun pukseerida
Automaatlüliti rakendub, ankur kuumeneb üle, suurenenud kommutaatori sädelemine, põletusjälgede tekkimine lamellidele	Ankrumähise keerduvaheline lühis	Lülitada vigane mootor välja ja sõita depoosse korrasoleva mootoriga
Automaatlüliti sage rakendumine, mittekorras mootori ülekuumenemine, kommutaatori suurenenud sädelemine	Pea- või lisapooluse mähise keerduvaheline lühis	Sama
Ebanormaalne (undav) heli töötavas mootoris. Automaatlüliti rakendumine	Ankruvõlli murdumine, ventilaatori purunemine ning selle tagajärjel isolatsiooni vigastumine	Sama
Rattapaari kinnikiilumine, automaatlüliti rakendumine	Hammaste murdumine või mootori hammasratta purunemine	Liigutada vagunit nii palju, et teljed pöörduksid $\frac{1}{4}$ ringi võrra. Tõmmata vooluvõttur alla, lülitada automaatlüliti välja, avada hammasrattakasti kaas ja püüda pöörmeraua abil eemaldada murdunud tükid hammaste vahelt. Vajaduse korral kutsuda avariivalve brigaad
Ebatavaline tume heli mootoris, otsakilbi kuumenemine (eraldub suitsu- ja kõrbelõhna), automaatlüliti rakendub, rattapaar kiilub kinni	Mootori laagri purunemine	Lülitada vigane mootor välja ja sõita depoosse korrasoleva mootoriga. Rattapaari kinnikiilumise korral kutsuda välja avariivalve brigaad

1	2	3
Automaatlüliti sage rakendumine, kahel või enamal diameetraalselt vastassuunas asuval kommutaatori lamellil tugevad põletusjäljed. Töötamisel tekivad harjade all tulesähvatused	Katkestus mootori ankrumähises	Lülitada vigane mootor välja ja sõita depoosse korrasoleva mootoriga
Vagun ei liigu paigast, mootorist eraldub isolatsiooni kõrbelõhna	Katkestus pea- või lisapooluse mähises	Sama
Automaatlüliti rakendub sageli, suurenenud sädelemine ja ülelöögi jäljed kommutaatoril	Ülemäära kulunud harjad	Sõita lähema lõpp-peatuse tagavarateele (või depoosse) ja kutsuda välja liinilukksepp harjade vahetamiseks

3.8. Elektriaparatuuri elemendid

Kontaktid. Elektriline ühendus on konstruktiivsõlm, mille kaudu kaks või enam elektrijuhet omavahel ühendatakse. Oma teostuselt on elektrilised ühendused väga mitmesugused.

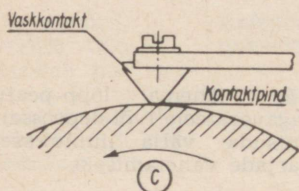
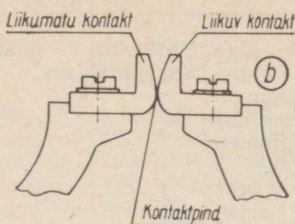
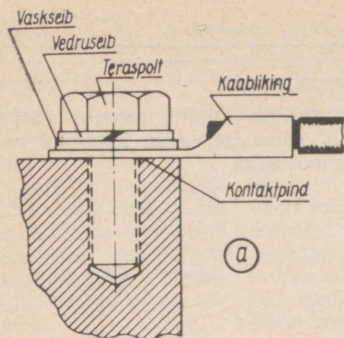
Kontaktiks nimetatakse neid elektrilise ühenduse voolujuhtivaid detaile, mille abil elektriline ühendus vahetult teostub. Kontaktide omavahelisi puutepindasid nimetatakse kontaktpindadeks.

Olenevalt talitluse iseloomust jagunevad elektrilised ühendused kontaktühendusteks ja kontaktideks. **Kontaktühendused**, mis seadme tööprotsessis ei lahutu, teostatakse kruvide, poltide, neetide või spetsiaalsete klemmide abil. Kasutatakse ka jootmist ning keevitamist.

Kontaktid, mis aparadi talitlusel sulguvad ja lahutuvad, on lülitite, kontaktorite, kontrolleriite, releede jt. peamisteks elementideks. Näiteks koosneb joonpuutekontakt kahest kontaktist, milledest üks on liikuv, teine liikumatu. Liikuva kontakti eemaldumisel liikumatust kontaktist vooluring lahutub, vastupidisel juhul sulgub.

Liugkontakt võimaldab voolu juhtida ühelt kontaktilt teisele, esimese suhtes liikuvale kontaktile. Seejuures üks kontakt libiseb mööda teise pinda. Sellel põhimõttel töötab vaguni vooluvõttur kontaktvõrgul, mootori harjad kommutaatoril jt.

Joonisel 38 on toodud mõnede tüüpilisemate kontaktide konstruktsioonid.



Joon. 38. Kontaktide konstruktsioone:
 a — kontaktühendus; b — joonpuutekontakt; c — liugkontakt

Kontaktid moodustavad elektrivoolule teatava üleminekutakistuse. Selle vähendamiseks ja hea elektrilise ühenduse tagamiseks on vajalik kontaktide vahel küllaldane surve. See saadakse tavaliselt vedru abil.

Suurt tähtsust omab kontakti materjal. Eriti tähtis on see nende liikuvühenduste juures, kus vooluringi lahutamisel või sulgumisel tekib säde või kaarleek, mis põhjustab kontaktpinna põlemist ja oksüdeerumist.

Peamiseks kontakti materjaliks on vask. Vask omab head elektrilist juhtivust ja on mehaaniliselt küllaltki tugev. Erandjuhtumeil kasutatakse ka süsi-, grafiit- (elektrografiit-) ja kõvametallkontakte. Eriti vastutusrikka elektriaparaadi kontaktide valmistamiseks kasutatakse ka väärismetalle või nende sulameid, peamiselt hõbedat. Viimaste kasutamine on aga piiratud suhteliselt kõrge hinna tõttu.

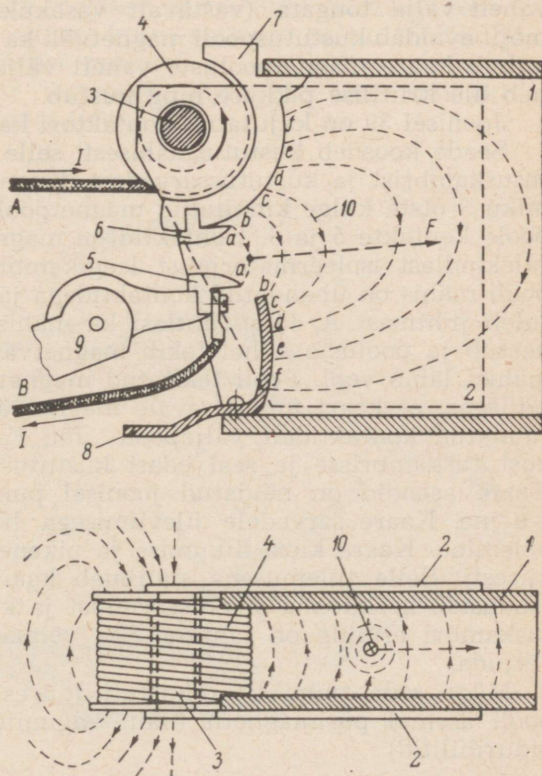
Liugkontaktides leiavad laialdast kasutamist süsi ja grafiit. Need materjalid tagavad hea libisemise ja kontaktpindade väikese kulumise isegi suure libisemiskiiruse juures (näit. elektrimootori harjad).

Nii liikuv- kui ka liugkontaktid kuluvad töötamisel. Kulumise tagajärjel tekivad kontaktpinnal ebatasasused, mis seadme edasisel talitlusel põhjustavad kontakti sädelemist ja ülekuumenemist. Sellepärast tuleb kontakte regulaarselt puhastada ja tasandada (viilida). Liialt kulunud kontaktid tuleb asendada uutega.

3.9. Kaarekustutid

Kõrge pinge ja suure vooluga vooluringide lahutamisel tekib kontaktide vahel elektrikaar. Kaare tekkimine seletub sellega, et kontaktide lahutamisel areneb nende vahel tugev pinge, mis ioniseerib, s. t. muudab õhu neutraalsed aatomid elektrilist laengut kandvaiks aatomeiks ehk ioonideks. Ioonid moodustavadki kontaktide vahelise voolu.

Kaart iseloomustab suur voolutihedus ja kõrge temperatuur, mis kaare keskel võib tõusta kuni 10000°C . Kõrge temperatuuri mõjul võivad lülite kontaktid ära sulada ja ümbritseva keskkonna ionisatsiooni tagajärjel tekkida aparaadis elektrilised üllöögid. Sellepärast on tarvis kaar võimalikult kiiresti kustutada.



Joon. 39. Elektromagnetiline kaarekustuti:

1 — kustutuskamber; 2 — magnetpoolused; 3 — kustutuspooli raudsüdamik; 4 — kustutuspool; 5 ja 6 — kontaktid; 7 ja 8 — kustutussarved; 9 — liikuva kontakti hoidik; 10 — kaare liikumine kustutamisel; A ja B — voolujuhtmed

Kõige lihtsamaks kaarekustutuse viisiks on lüliti kontaktide kiire üksteisest eemaldamine. Kui kontakti lahutusvahemik ületab kriitilise pikkuse, kustub kaarleek iseenesest. Kuna aga kaare kriitilise pikkuse (pikkus, mille juures kaar kustub loomuliku deionisatsiooni tagajärjel) määravad pinge ja lahutatav võimsus, siis selline moodus on kasutatav ainult suhteliselt väikese võimsusega tarbija lülitusseadmes (vaguni valgustus- ja kütteseadmed, kompressorimootor jt.).

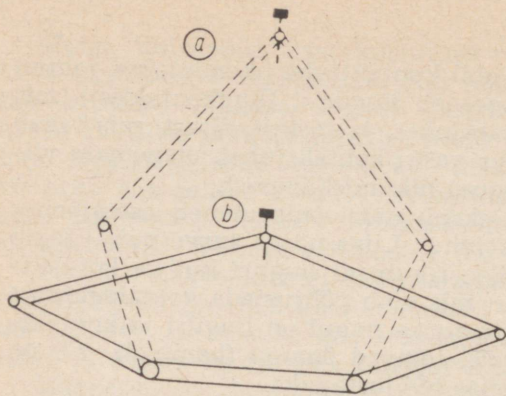
Trammi peavooluringi lülitusaparatuuris kasutatakse eranditult elektromagnetilisi kaarekustuteid. **Elektromagnetiline kustutus** põhineb spetsiaalse kustutusmähise poolt tekitatud magnetvälja ja kaart ümbritseva magnetvälja vastastikusel mõjutusel.

Magnetväljas asuvat kaart võib võrrelda magnetväljas asuva elektrijuhiga, mida läbib elektrivool. Nagu teame, mõjub elektrijuhile sel juhul teatav jõud, mis püüab teda magnetpooluste vahelt välja tõugata (vastavalt vasakukäejuhisele). Samasugust mõju avaldab kustutuspooli magnetväli ka elektriikaarele: see nagu puhub kaare magnetpooluste vahelt välja. Seejuures kaar pikeneb üle kriitilise pikkuse ning kustub.

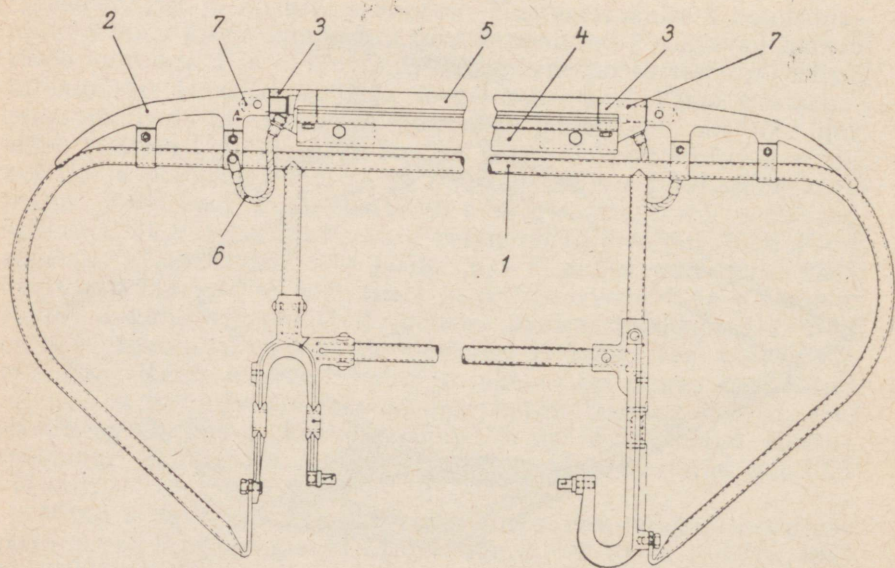
Joonisel 39 on kujutatud kontaktori kaarekustuti tööpõhimõte.

Seade koosneb kustutusmähisest, selle magnetpoolustest, kustutuskambri ja kustutussarvedest. Kustutusmähise 4 raudsüdamiku 3 otste külge kinnitatud magnetpoolused 2 ulatuvad kahele poole kontakte 5 ja 6. Kontaktid on magnetpoolustest isoleeritud tulekindlast isoleermaterjalist leegikambriga 1. Kuna kustutuspooli mähis on ühendatud kontaktidega järjestikku, siis vool, mis tuleb juhtmest A, läbib ühtlasi ka mähise. Pooli südamik magnetub ja pooluste vahel tekib magnetväli, mis püsib seni, kuni mähis läbib vool. Pooli tekitatud magnetvälja suund on valitud sellisena, et kaart ümbritsevale magnetväljale mõjuv jõud F on suunatud kontaktidelt väljapoole. Jõu F mõjul puhutakse kaar kustutuskambrisse ja seal edasi kustutussarvede 7 ja 8 vahele. Kaare asendid on näidatud joonisel punktiirjoontega a-a, b-b, c-c jne. Kaare sarvedele üleviimisega hoitakse ära kontaktide põlemine. Kaare kiire liikumise ja pikenemise juures see jahtub kiiresti. Selle tulemusena suureneb kaare takistus järsult, mis soodustab keskkonna deioniseerumist ja kaare kustumist. Kustutuskambri esiküljel on lahtine. See võimaldab kambri gaasidel väljuda.

Mõne seda tüüpi kaarekustuti juures kasutatakse kustutuspooli asemel püsomagnetit (näit. vagunite T-54 ja T-57 rööpapidurilülidid).



Joon. 41. Pantograafi äärmised asendid:
a — ülemine; *b* — alumine

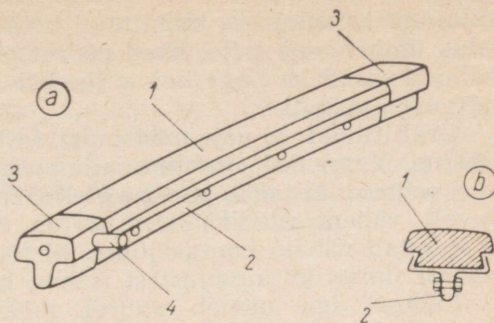


Joon. 42. Liugurihoidik:

1 — terastorust raam; 2 — alumiiniumpikendid; 3 — alumiiniumotsikud;
 4 — liuguri alus; 5 — liugur; 6 — voolusillad; 7 — šarniirpolt

Joon. 43. Liugur:

a — kokkumonteeritult;
 b — ristlõikes; 1 — elekt-
 rografiidist liugur; 2 —
 plekist alus; 3 — alumii-
 niumotsikud; 4 — pan-
 tograafi tapp



Vooluvõturi profiilterasest alusraam on kinnitatud vaguni katusele tugiisolaatorite abil. Tõsteseadis on valmistatud õhukese-seinalisest terastorst. Selle mõlemad pooled toetuvad horisontaalitorude otstes olevate kuullaagrite kaudu alusraamile, nii et horisontaalitorud võivad pöörduda ümber oma telje. Nende pöördeulatus on piiratud tõsteseadise kõige ülemise ja alumise asendiga (joon. 41). Tõsteseadise mõlema poole sünkroonse liikumise tagab neid omavahel ühendav rööpvarras. Tõstevedru mõjul püüab tõsteseadis alati liikuda võimalikult ülemisse asendisse. Tegelikult töökõrguse dikteerib kontaktjuhtme riputus kõrgus. Seega on liugur tõstevedru mõjul surutud alati vastu kontaktjuhet. Surve suurus on reguleeritav tõstevedru pingsuse muutmisega. Vaguni suurema liikumiskiiruse juures ei suuda aga tõsteseadis oma suure inertsit tõttu järgida kõrguse järsemaid muutusi (kontaktjuhtme kinnituspunktid, rööbastee lohud jne.). Selle puuduse vältimiseks on liugurihoidik erilise konstruktsiooniga (joon. 42).

Liugurihoidik toetub mõlemast otsast tõsteseadise ülemistele liigenditele. Hoidikut sunnivad vertikaalasendisse spiraalvedrud, mille mõju on vastassuunaline ja võrdne. Tõsteseadise surve mõjul kaldub liugurihoidik tahapoole (olenevalt sõidusuunast) viltu. Kontaktjuhtme kõrguse järsu muutuse puhul hoidiku kalle vastavalt kas suureneb või väheneb, tagades seega pideva elektrilise ühenduse ja vajaliku kontakti surve. Liugurihoidiku kiire reageerimine kõrguse järskudele muutustele on võimalik tema suhteliselt väikese massi ja seega ka väikese inertsit tõttu.

Vooluvõturi ESS-48 liugur on valmistatud elektrografiidist ja kujutab endast ristkülikukujulise ristlõikega kaarjat liistu, mille pikkus on 1050 mm, laius 50 mm ja paksus 35 mm. Kuna grafiit on kergesti purunev, siis paigutatakse see terasplekist aluse sisse (joon. 43).

Rahuldavaks voolu ülekandmiseks peab grafiitliugur kogu kontaktpinna laiuselt puutuma vastu kontaktjuhet, olenemata liugurihoidiku kaldenurga suurusest. Selleks on liugur koos alu-

miiniumist otsikutega kinnitatud hoidiku vahele nii, et võib pöörelda ümber oma telje. Kuid pööret piirab parallelogrammseadis, mille ülesandeks ongi hoida liuguri kontaktpind alati kontaktjuhtmega rööbiti.

Grafiitliugur ei vaja määrimist, sest hõõrdetegur on niigi minimaalne. Võrreldes alumiiniumliuguriga omab grafiitliugur järgmisi eeliseid: 1) tagab parema elektrilise ühenduse; 2) tekitab tunduvalt vähem raadiohäireid; 3) on tunduvalt pikema tööeaga; 4) kulutab vähem kontaktjuhet; 5) töökindlus ei sõltu nii suurel määral ilmastikutingimustest (vihm, härmatis jne.).

Liuguri iga oleneb suurel määral tõsteseadise tekitatud survest. Normaalseks surveks loetakse grafiitliugurile 5 kuni 8 kgf.

Kontaktjuhtmest tulev vool läbib vooluvõturi. Trammi minev ühendusjuhe on kinnitatud tõsteseadise alumise horisontaalatoru külge. Seega on tööasendis olev vooluvõttur pingestatud. Sellepärast on vooluvõturi nõör, mille abil vooluvõttur alla tõmmatakse, ühendatud tõsteseadise külge pannalisolaatori kaudu. Tõsteseadise kõik liigendid on sillatud vasest paindühendustega, mis hoiab ära elektrivoolu kahjuliku toime laagritele.

Vooluvõttur on küllaltki rasketes tingimustes töötav elektri-seade ja nõuab seetõttu järjekindlat ja tähelepanelikku hoolda-

Tabel 4

Vooluvõturi iseloomulikke rikkeid

Rikke tunnus	Rikke põhjus	Operatiivne tegutsemine
Kontaktjuhtme ebanormaalne kõikumine liikuva vaguni ees	Mõranenud või hambuline liugur; liuguri parallelogrammsüsteemi varda murdumine (liugur on pöördunud alusplekiga vastu kontaktjuhet)	Mõranenud või hambulise liuguri puhul sõita ettevaatlikult ja aeglaselt lähimasse lõppjaama. Murdunud parallelogrammsüsteemi varda puhul lasta pukseerida. Kutsuda lõppjaamas välja tehnilise kiirabi lukksepp
Liugur sädeleb, tramm liigub tõukelisel	Vooluvõturi nõör jääb kinni. Liuguri surve vastu kontaktjuhet on liiga väike	Vabastada vooluvõturi nõör takistusest. Liialt nõrga surve korral sõita aeglaselt lõppjaama või depoosse ja lukksepa abiga reguleerida surve normaalseks
Vagun ei liigu paigast	a) vaguni seiskamisel jäi liugur kontaktvõrgu pingestamata lõigule; b) tõsteseadise rööpvarda murdumine ja selle tagajärjel vooluvõturi viltuvajumine	a) korduvalt tõmmata vooluvõttur alla ja lasta üles; kui see tulemusi ei anna, lasta vagun järelsõitva trammi poolt isoleeritud liinilõigu alt välja tõugata; b) kutsuda välja tehnilise kiirabi brigaad, kes rakendab vajalikud ettevaatusabinõud vaguni pukseerimiseks

mist. Trammijuht peab eriti jälgima seda, et liuguril ei tekiks õnaraid (hambaid). Hambuline liugur võib põhjustada vooluvõturi purunemise või kontaktjuhtme katkemise. Sama võib põhjustada ka ülemäära kulunud liuguri murdumine. Grafiitliuguri paksus ei tohi olla alla 17 mm ühtlasel kulumisel ja alla 14 mm ebahühtlasel kulumisel kõige õhemas kohas.

Grafiitliuguriga vooluvõturi üleslaskmine peab toimuma ilma järsu löögita vastu kontaktjuhet. Iga järsk löök võib põhjustada liuguri mõranemise ja seega eelduse sissesööbimiseks.

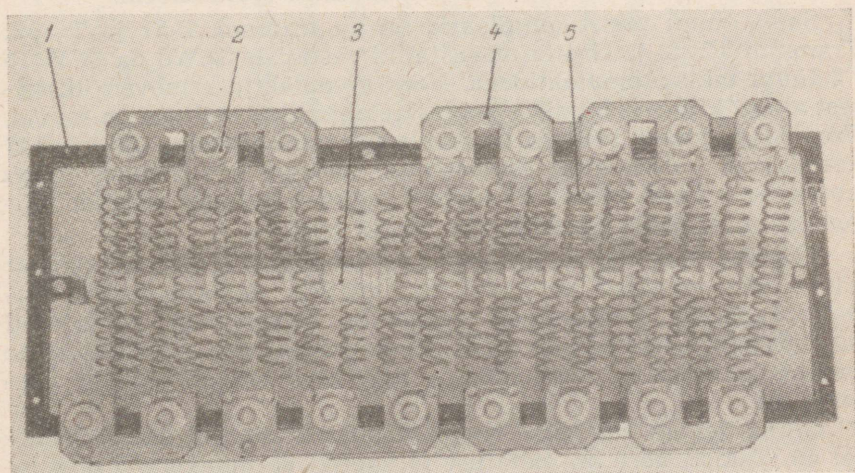
3.11. Kiirendustakistid

Seadiseid, mis on ette nähtud vooluringi lülitamiseks voolutugevuse reguleerimise või piiramise eesmärgil, nimetatakse takisteiks (resitoreiks).

Trammidel kasutatakse takisteid veomootorite käivitamiseks ja kiiruse reguleerimiseks, pidurdusjõu reguleerimiseks elektrilisel pidurdusel ning paljudes abiseadmete vooluringides mitmesugusel otstarbel.

Olenevalt otstarbest ja rakendusviisist jagunevad takistid käivitus-, reguleerimis-, šunt- ja eeltakistiteks. Tarbijaga jadamisi lülitatud takistit nimetatakse eeltakistiks, rööbiti lülitatud takistit — šunttakistiks (šundiks). Reguleeritava suurusega traat-takistit (või takistite komplekti) nimetatakse ka reostaadiks.

Trammi kiirendustakisti koosneb üksikutest sektsioonidest. Sektsioon omakorda on koostatud üksikutest elementidest. Ele-



Joon. 44. Traat-spiraaltakisti sektsioon:

1 — metallraam; 2 — tugisolaatorid; 3 — vaheisolaatorid; 4 — tsingitud plekist sillad; 5 — takistustraadist spiraalid

mendid valmistatakse peamiselt spiraali keeratud takistustraadist või -lindist. Takisti materjaliks on suure eritakistusega sulamid, nagu kroomnikkel, fokraal jt. (Saksa DV toodetel sulamid WN-100 ja kanthal, Tšehhoslovakkia SV toodetel sulam antaksyd).

Gotha tehase vagunitel on eranditult metallraamile paigutatud traat-spiraaltakistid. Spiraalid on kinnitatud raamil olevate iso-laatorite külge tsingitud terasplekist sildade abil. Nende kaudu toimub ühtlasi elementide omavaheline elektriline ühendus. Joonisel 44 on kujutatud traat-spiraaltakisti sektsioon.

Spiraalid monteeritakse raami mõlemale küljele. Sellise asetuse juures mahub ühele raamile 30—40 spiraali. Vaguni kogu kiirendustakistite komplekt koosneb 3 kuni 7 raamist. Spiraalid ühendatakse omavahel (olenevalt skeemist) kas jadamisi või siis kahe- ja kolmekauparööbiti. Raamid paigaldatakse mootorvaguni katusele horisontaalselt ja kaetakse plekk-kattega.

Voolu läbimisel spiraal kuumeneb. Kõrge temperatuuri juures muutub takistustraad pehmeks ja spiraal võib oma raskuse mõjul välja venida ning põhjustada lühise. Selle ärahoidmiseks on raami keskkoha, spiraalide vahele, asetatud isoleeritud tugilatid.

Tabelis 5 on toodud vaguni T-54 takistikomplekti St. Wd. 1a andmed.

Takistikomplekt St. Wd 1a koosneb 7 raamist. Sektsioonid R_1 kuni R_h moodustavad ankru vooluringi takisti, mille kogutakistus on 5,6 oomi. Peale selle on samadele raamidele monteeritud veel veomootorite šunttakistid R_{s1} ja R_{s2} , pidurisolenoidi šunttakisti R_{Br} ja mootorvaguni rööpapiduri eeltakisti R_{SchBr} . Joonisel 45 on toodud nimetatud takistikomplekti asetusskeem.

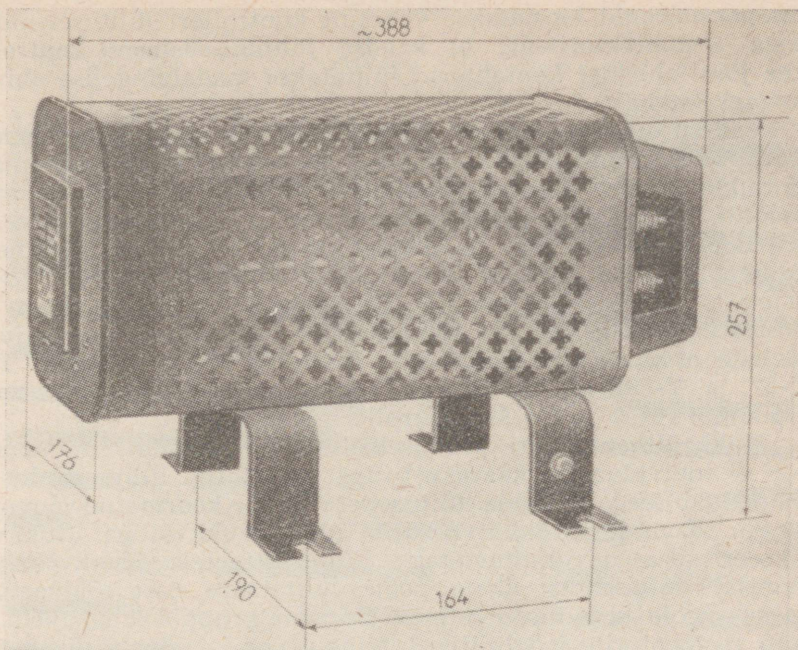
Sama tüüpi takistikomplektid on ka trammil T-57 ja T-59E. Trammid T2-62 ja G-4 on varustatud vastavalt St.Wd 6a ja Wef6 F2 tüüpi takistikomplektidega. Need komplektid erinevad üksteisest ainult kinnitusdetailide poolest, elektrilised andmed on samad. Võrreldes esimese tüübiga on nende spiraalid pikemad (36 kuni 47 keerdu) ja valmistatud jämedamast traadist (4—5 mm). Seega kuumenevad nad vähem. Komplekt koosneb kolmest raamist. Kiirendussektsioonide kogutakistus on 7,3 oomi.

Trammi elektrilisel pidurdamisel takistitel eralduvat soojust kasutatakse osaliselt mootorvaguni kütteks. Selleks on osa kiirendustakistite dubleerivaid elemente (sektsioone) paigutatud mootorvaguni istepinkide alla. Soojendustakistite sisselülitamine toimub spetsiaalse ümberlülitiga, mis asub samuti vaguni istepingi all.

Gotha tehase vagunite soojendustakisti on kujutatud joonisel 46. Takisti kere on metallist ja kaetud võreplekiga. Takistus-spiraalid on asetatud tulekindlate keraamiliste plaatide vahele. Spiraalide otsad on ühendatud klemmtahvli kontaktpoltidega. Samade kontaktpoltide kaudu ühendatakse soojendustakisti vooluringi.

Tabel 5

Takisti sektiooni tähis	Sektiooni takistus +20° C juures, Ω	Sektiooni takistuse piirväärtused +20° C juures, Ω	Takisti materjal	Takistustraadi läbimõõt mm	Keerdude arv ühes spiraalis	Ühe spiraali takistus, Ω
R_1	1,410	1,340 — 1,480	WM-100	4,0	21	0,157
R_2	0,615	0,584 — 0,646	"	3,5	21	0,205
R_3	1,173	1,114 — 1,232	"	4,0	21	0,157
R_4	0,820	0,779 — 0,861	"	3,5	21	0,205
R_5	0,478	0,454 — 0,502	"	3,5	21	0,205
R_6	0,956	0,908 — 1,004	"	3,5	21	0,205
R_7	0,157	0,149 — 0,165	"	4,0	21	0,157
R_8	0,480	0,454 — 0,502	"	3,5	21	0,205
$R_{\text{äid}}$	5,609	5,330 — 5,890	"	—	—	—
R_{s1}	0,259	0,246 — 0,272	"	3,5	27	0,259
R_{s2}	0,259	0,246 — 0,272	"	3,5	27	0,259
R_{Br}	0,625	0,594 — 0,656	"	4,0	21	0,157
R_{SchBr}	25,7	24,4 — 27,0	"	2,5	40	0,755



Joon. 46. Soojendustakisti

Kiirendustakistid on arvestatud lühiajaliseks tööks. Pidev sõit kontrolleri käivitusastmetel ei ole lubatud, kuna takistid võivad liigkuumenemise tagajärjel läbi põleda.

Spiraalide läbipõlemine või murdumine ongi kiirendustakisti iseloomulikuks rikkeks. Seejuures vooluring katkeb ja mootorid ei käivitu. Juhul kui katkestus tekib nendes sektsioonides, mis on dubleeritud soojendustakistitega, päästab olukorrast nendele ümberlülitamine. Vastasel korral tuleb vagun lasta pukseerida deposse.

3.12. Kontroller

Kontroller on seade, mille abil toimub veomootorite töö juhtimine. Kontrollereid kasutatakse elektrijamite juures, kus peale mootorite sisse- ja väljalülitamise on tarvis teostada ka kiiruse reguleerimist, elektrilist pidurdamist, mootorite ümbergrupeerimist jne. Sellisteks on peamiselt elektertranspordi ja -tõsteseadmete ajamid.

Kontrollerid jagunevad: a) **vahetu juhtimissüsteemi** kontroller, kus kõik veomootorite juhtimiseks vajalikud jõuvooluringi lüli-

tusoperatsioonid teostatakse vahetult kontrolleri lülituselementidega — kontaktoritega; b) **kaudse juhtimissüsteemi kontrolleri**, kus jõuvooluringi kontaktorid lülitatakse madalpingelise abivooluringi kaudu.

Vahetu juhtimissüsteemi kontrolleri on varustatud käsiajamiga. Lülituselementide konstruktsioonilt jagunevad need liugkontakt- ja nukkvõllkontrolleriteks. Viimastel on palju efektiivsem kaarekustuti, mis tagab suurema töökindluse.

Olenevalt käivitus- ja pidurdusastmete arvust, jagunevad vahetu juhtimissüsteemi kontrolleriid väheastmelisteks (8—12 astet) ja paljuastmelisteks (18—22 astet).

Gotha tehaste vagunid on eranditult komplekteeritud paljuastmeliste nukkvõllkontrolleritega. Varasema seeria trammid T-54, T-57 ja T-59E on varustatud kontrolleriiga St.NFB-1, uuemad trammid T2-62 ja G4-61 kontrolleriiga St.NFB-4.

Nukkvõllkontrolleri peamiseks lülituselemendiks on kontaktor — individuaalse kaarekustutiga varustatud lülitusseade, mis võimaldab seega teostada lülitusoperatsioone koormatud jõuvooluringis. Kontaktoreid käivitatakse ühise nukkvõlliga. Nukkvõlli fikseeritud asendeid nimetatakse lülitusastmeteks. Nukkvõlli pöörämisel nullasendist ühele poole lülitatakse sisse sõiduastmed, teisele poole — pidurdusastmed. Esimene grupp sõiduastmeid toimib veomootorite jadalülitusel, teine grupp — rööplülitusel. Seejuures tagavad mõlema grupi lülitusastmed (peale ühe või kahe viimase) sõidukiiruse sujuva reguleerimise otstarbel mootorite vooluringidesse teatava osa käivitustakistite jadamisi lülitamise. Mõlema grupi viimased (üks või kaks) astmed on ette nähtud pidevaks sõiduks. Ühel neist töötavad veomootorid šunditud ergutusmähisega ja seega nõrgendatud ergutusväljadega.

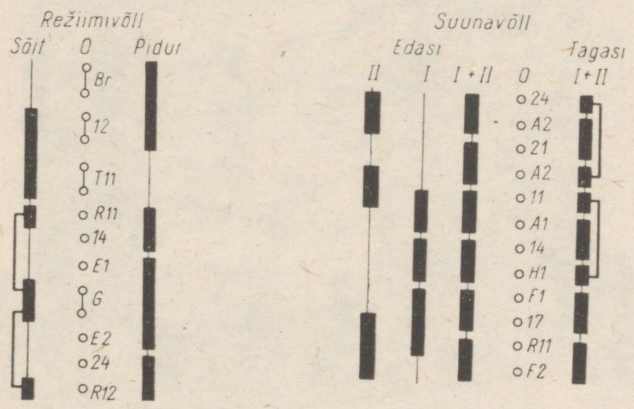
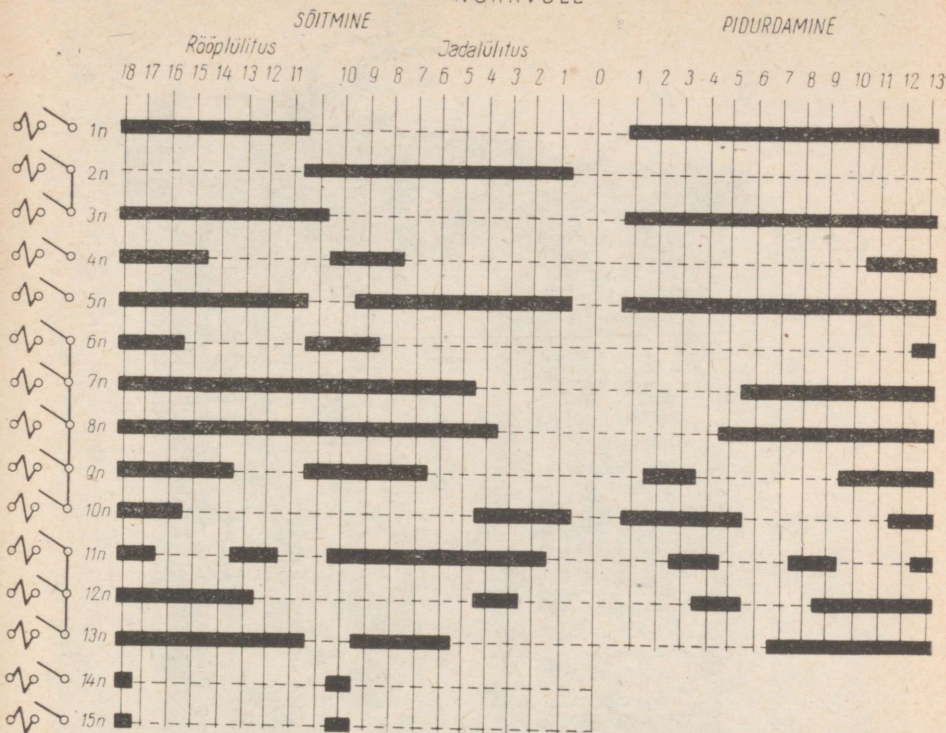
Pidurdusastmed on kõik takistusastmed. Nukkvõlli pöörämise ajal ainult muudetakse koormustakisti suurust.

Seega on nukkvõllkontrolleri ülesandeks nii käivitamisel kui ka pidurdamisel mootori jõuahela takistuse muutmine ja sellega kiirenduse või aeglustuse (negatiivse kiirenduse) tekitamine. Sellepärast võib seda kontrolleriit nimetada kiirenduskontrolleriks ja selle võlli kiirendusvõlliks.

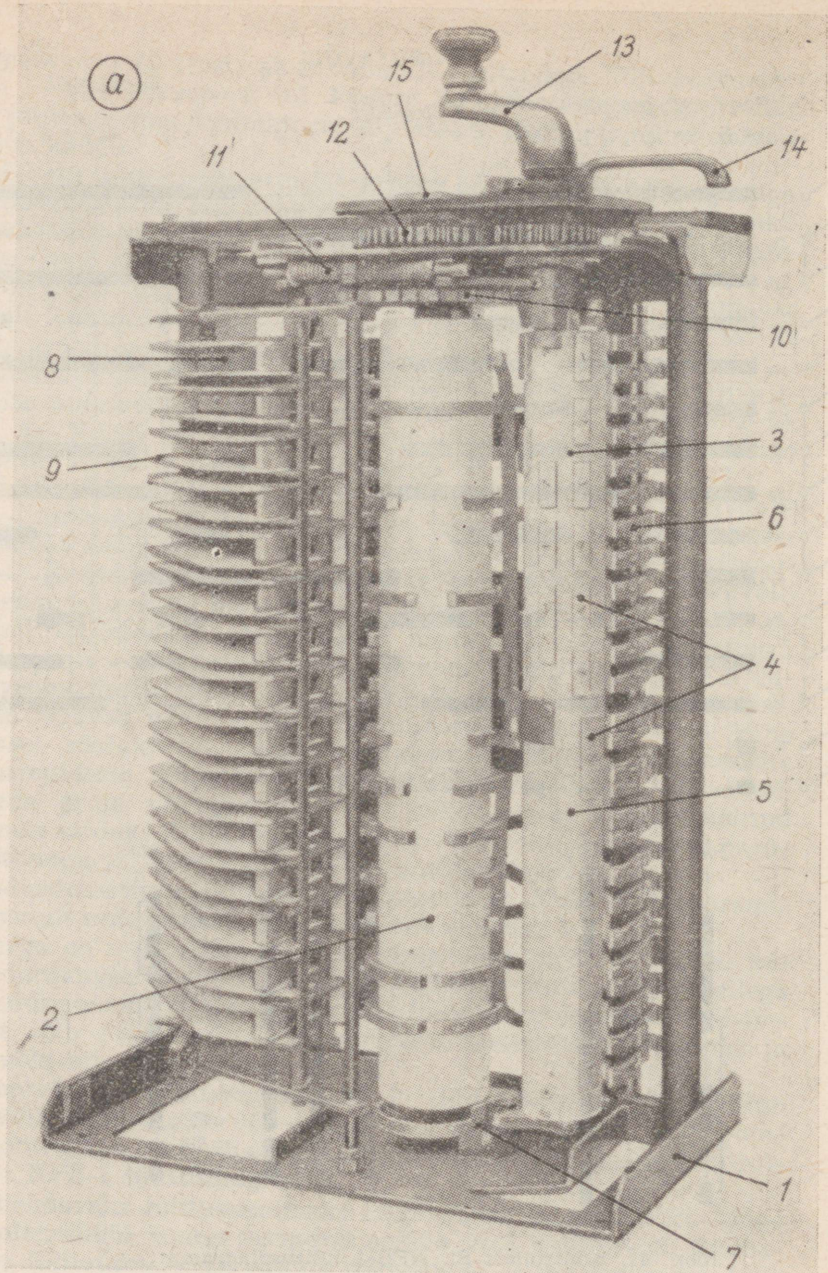
Kontaktorite lülitusmomendid ja lülitusjärjestus, mis sõltub nukkvõlli nukkringide või -ketaste konfiguratsioonist, on kujutatud kontrolleri lülitusdiagrammil. Joonisel 47 on toodud kontrolleri St.NFB-1 lülitusdiagramm.

Täiendavaks lülitusseadmeks kontrolleriis on suunavõll. Mõne kontrolleriitüübi juures lisandub sellele veel režiimivõll. Suunavõlliga lülitatakse sisse vajalik sõidusuund ja mootorite arv (ühe mootori rikke korral on võimalik see välja lülitada ja jätkata sõitu töökorras mootoriga). Režiimivõlli ülesandeks on veomootorite ümberlülitamine sõidu- või pidurirežiimi. Kontrolleriites, kus režiimivõll puudub, täidab seda funktsiooni nukkvõll. Nii suunaku kui ka režiimivõlli ümberlülitused toimuvad koormuseta, s.o. kat-

NUKKVÕLL

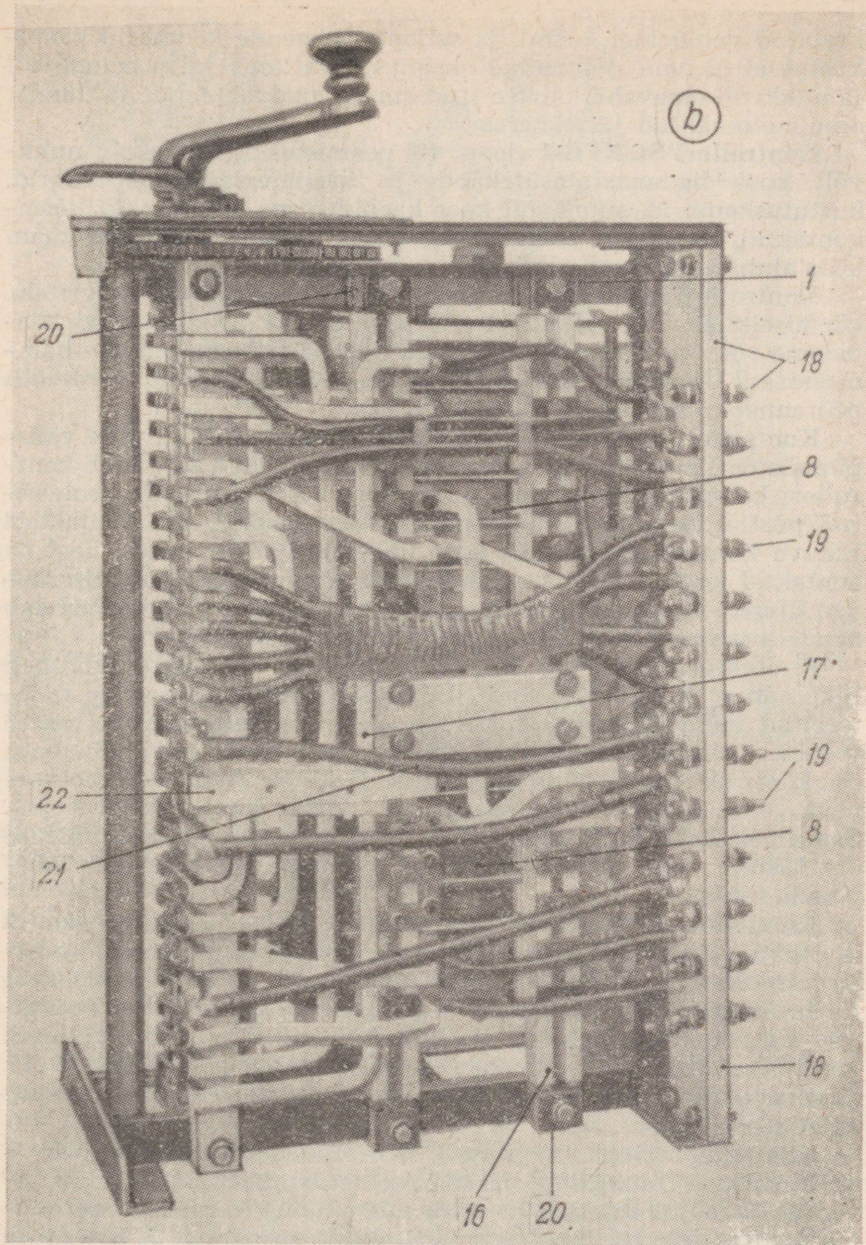


Joon. 47. Kontrolleri St. NFB-1 lülitusdiagramm



Joon. 48. Kontrolleri St. NFB-1:

a — vaade eest; *b* — vaade tagant; 1 — raam, 2 — nukkvõll, 3 — suunavõll; 4 — segmentliistud; 5 — režiimivõll; 6 — sõrmkontaktid; 7 — režiimivõlli ajam; 8 — kontaktorid; 9 — kustutuskambrid; 10 — nukkvõlli ajam; 11 — režiimivõlli ajam; 12 — režiimivõlli ajam; 13 — režiimivõlli ajam; 14 — režiimivõlli ajam; 15 — režiimivõlli ajam.



võlli fiksaator; 11 — fiksaatori vedru; 12 — nukkvõlli hammasratas-
 ajam; 13 — nukkvõlli käepide; 14 — suonavõlli käepide; 15 — positsioo-
 ninäidik; 16 — isoleeritud tugilatiid; 17 — ühendussillad; 18 — klemmitah-
 vel; 19 — kontaktpoldid; 20 — tugilati kinniti; 21 — ühendusjuhtmed; 22 —
 klamber

kestatud vooluringi korral, ja sellepärast nende kontaktid kaarekustuteid ei oma. Võimalike eksimuste vältimiseks on suunavõll ja nukkvõll omavahel blokeeritud, mis võimaldab nende lülitamist ainult ettenähtud järjekorras.

Kontrolleri St. NFB-1 (joon. 48) peamisteks osadeks on: nukkvõll koos hammasratasülekande ja käepidemega; kontaktorid, kustutuskambrid, suunavõll koos käepidemega, režiimivõll, sõrmkontaktid, fiksaator- ja blokeerseadised, klemmtahvel ning raam koos alumise ja ülemise plaadiga.

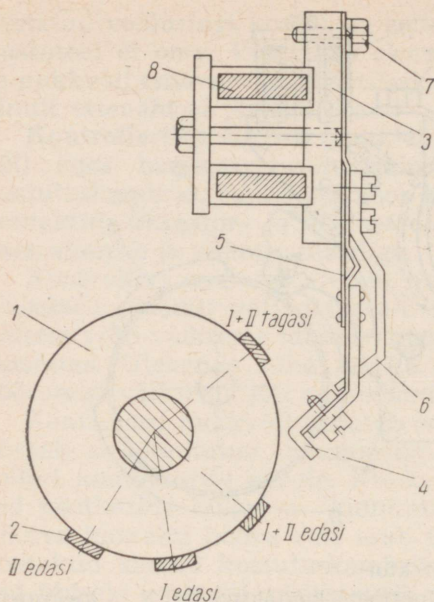
Kontrolleri keskosas asetsev nukkvõll toetub otstes laagritele. Ülemiselt plaadilt väljaulatuvale telje otsale on kinnitatud käepideme võlli väiksema läbimõõduga hammasrattaga hambuv hammasratas. Ülekande suhe on 1,6:1-le. See võimaldab nukkvõlli pööramist väiksema jõu rakendamisega.

Kontrolleri nukkvõll kujutab endast terassilindrit, mille välispinnale on kinnitatud 15 nukkringi. Nukkringide arv vastab kontrolleri kontaktorite arvule. Nukkvõllist vasakul asuvate isoleeritud püslattide külge on kinnitatud kontaktorid. Iga kontaktori liikuva kontakti hoova rull asub ühe nukkketta vastas. Eest on kontaktid kaetud kustutuskambritega. Kustutuskambrid kinnituvad ühisele hingedel pööratavale metallraamile. See kergendab nende avamist ja sulgemist kontrolleri ülevaatusel.

* Kontaktori ehitus on toodud joonisel 49. Kontaktor koosneb liikumatust ja liikuvast osast. Liikumatu osa üksikosad on monteeritud kahe kolmnurkse kujuga pehmest terasest pooluse 6 vahele. Alumiiiniumist toe 12 abil kinnitub kontaktori liikumatu osa kontrolleri isoleeritud püslattide 17 külge. Kontaktorissee sise-neva voolu juhe ühendatakse plaadi 1 külge kontaktpoldi 2 abil. Sama plaadi külge on ühendatud ka kaarekustutuspooli 3 mähise ots. Mähise teine ots kinnitub koos liikumatu kontaktiga 7 vaheplaadi 4 külge.

Kontaktori liikuva osa alumiiiniumist tugi 13 kinnitub samuti kui liikumatu osagi kontrolleri tagaseinas olevate isoleeritud püslattide külge. Toe külge kinnitub šarniirpoldi 14 abil plastmassist lülitushoob 10. Lülitushoova vasakpoolse otsa küljes on kontaktori liikuvkontakt. Painduv lintjuhe 9 ühendab kontakti väljundi kontaktpoldiga 11. Lülitushoova teises otsas on tõukerull 16. Lülitusvedru 15 mõjul on kontaktori kontaktid normaalasendis suletud.

Kontaktor töötab järgmiselt. Kui lülitushoova tõukerull 16 asub nukkvõlli nukkringi väljalõikes, on kontaktid 7 ja 8 lülitusvedru 15 mõjul suletud, ja vool, mis suubub kontaktorissee kontaktpoldi 2 kaudu, läbib plaadi 1, kustutusmähise 3, kontaktid 7 ja 8, paindujuhtme 9 ning väljub kontaktpoldi 11 kaudu. Kui nukkvõlli 18 pööramisel satub tõukerulli alla ketta nukkk 19, surutakse lülitusvedru kokku ja liikuv kontakt 8 eemaldub liikumatust kontaktist 7. Seega toimub vooluringi katkestamine. Kontaktide lahutamisel tekkiv kaar puhutakse magnetvälja mõjul kontaktori

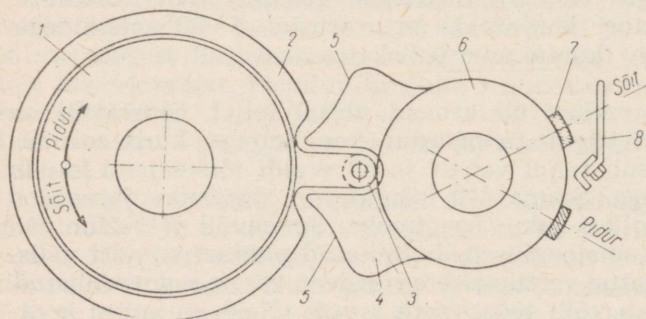


Joon. 50. Kontrolleri St. NFB-1 suunavõll ja sõrmkontakt:

1 — suunavõll; 2 — segmentliistud; 3 — sõrmkontakti alus; 4 — otsik; 5 — terasplekist vedru; 6 — piirik; 7 — voolujuhtme kontaktpolt; 8 — isoleeritud kinnituslatid

pöördub segmentliistuderida otsikute alla ning ühendab need vastavalt lülitusskeemile. Vajalik surve segmentliistu ja otsiku vahel tagatakse sõrmkontakti vedruga.

Režiimivõlli ajam asub nukkvõlli alumises otsas. Tema ehitus on selline, et nukkvõlli nullasendi puhul on režiimivõll samuti neutraalasendis (joon. 51). Nukkvõlli pööramisel sõidu- või pidurdussuunas pöördub ka režiimivõll seni, kuni tõukerull 3 väljub kahvli vahelt ja vastav segmentliistude rida 7 ühendab sõrmkon-



Joon. 51. Režiimivõlli ajami skeem:

1 — nukkvõll; 2 — libistusring; 3 — tõukerull; 4 — kahvel; 5 — libistuskaarid; 6 — režiimivõll; 7 — segmentliistud; 8 — sõrmkontakt

taktid 8 omavahel. Võlli lülitusasendi fikseerib puutekaar 5, mille kumerus ühtib nukkvõlli küljes oleva puuteringiga 2. Sellesse asendisse jääb režiimivõll seniks, kuni nukkvõlli ei pöörata tagasi nullasendisse.

Kontrolleri nuk- ja suunavõlli astmefiksaatorid ning blokeerseadis on monteeritud ülemise plaadi alla. Astmefiksaatori ülesandeks on fikseerida võlli asend igal lülitusastmel, nii et kontaktid ei jääks poolavatud või poolsuletud asendisse, kus kaarekustutid ei tööta küllalt efektiivselt. Halb kontakt suunavõlli segmentliistude ja sõrmkontaktide vahel põhjustab nende ärapõlemise. Astmefiksaator koosneb võlli kaelale kinnitatud pörkrattast ja hoova küljes asuvast rullist, mis vedru abil surutakse pörkratta hambasse. Pörkratta hammaste arv vastab lülitusastmete arvule. Võlli pööramisel hüppab rull ühest hambast teise ega võimalda võlli jätmist astmevahelisse asendisse. Nukkvõlli nullasendi ja pideva sõidu astmete hambad fiksaatori pörkrattal on sügavama väljalõikega, mis tagab nende astmete kindlama fikseerimise.

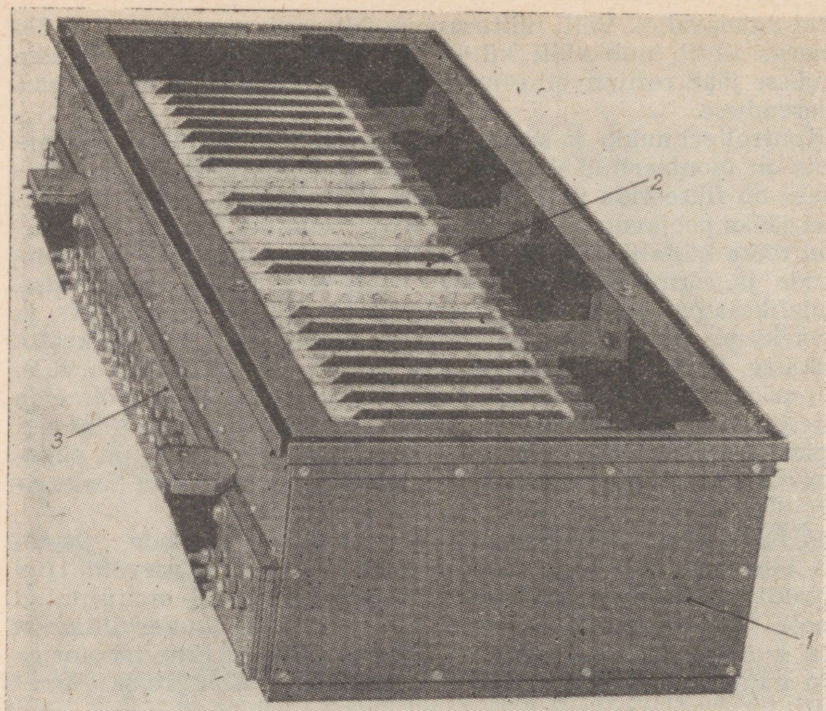
Mehaaniline blokeerseadis, mis koosneb hoobade süsteemist, blokeerib nuk- ja suunavõlli omavahel alljärgnevalt: 1) ei võimalda nukkvõlli pööramist enne, kui suunavõll on lülitatud mõnele tööastmele; 2) ei võimalda suunavõlli ümberlülitamist enne, kui nukkvõll on pööratud nullasendisse; 3) ühe mootoriga sõidu puhul ei võimalda nukkvõlli pööramist rööplülituse astmetele.

Kontrolleri raam on valmistatud keeviskonstruktsioonina. Raami vasakule küljele on kinnitatud klemmtahvel, mille külge ühendatakse kõik välisjuhtmed. Kontrolleri sisemised ühendused on teostatud kontrolleri tagaküljel.

Kontroller monteeritakse vaguni juhuruumi puitkappi, mis täidab ühtlasi katte ülesannet. Kapi peale kinnitatakse lülitusastmete skaala, millel on vastavad jaotused ja tähised. Kontrolleri St. NFB-1 nukkvõllil on 18 sõiduastet ja 13 pidurdusastet. Sõiduastmetest esimesed 10 astet on mootorite jadalülitusega, viimased 8 astet mootorite rööplülitusega. Seejuures astmed 1 kuni 8 ja 11 kuni 16 on käivitusastmed (takistusastmed). Pidevaks sõiduks on ette nähtud jadalülitusel astmed 9 ja 10, rööplülitusel 17 ja 18. 10. ja 18. astmel töötavad veomootorid nõrgendatud ergutusväljaga. Suunavõllil on neli tööastet: 1) mõlemad (I+II) mootorid edasi; 2) üks (I) mootor edasi; 3) teine (II) mootor edasi; 4) mõlemad (I+II) mootorid tagasi. Antud kontroller eraldi mootoriga tagurpidi sõitu ei võimalda.

Pidurdusastmed on kõik takistusastmed. Erandjuhtumel, kui mootorvagun on eksploatatsioonis ilma järelvagunita, toimivad mootorid piduri viimasel astmel lühistatud generaatoritena.

Kontroller St. NFB-4. Võrreldes eeltooduga kontrolleri St. NFB-4 töötamis põhimõttes põhimõttelisi erinevusi ei ole. Kuna aga see kontroller on ette nähtud paigutamiseks vaguni pööranda



Joon. 52. Kontroller St. NFB-4:

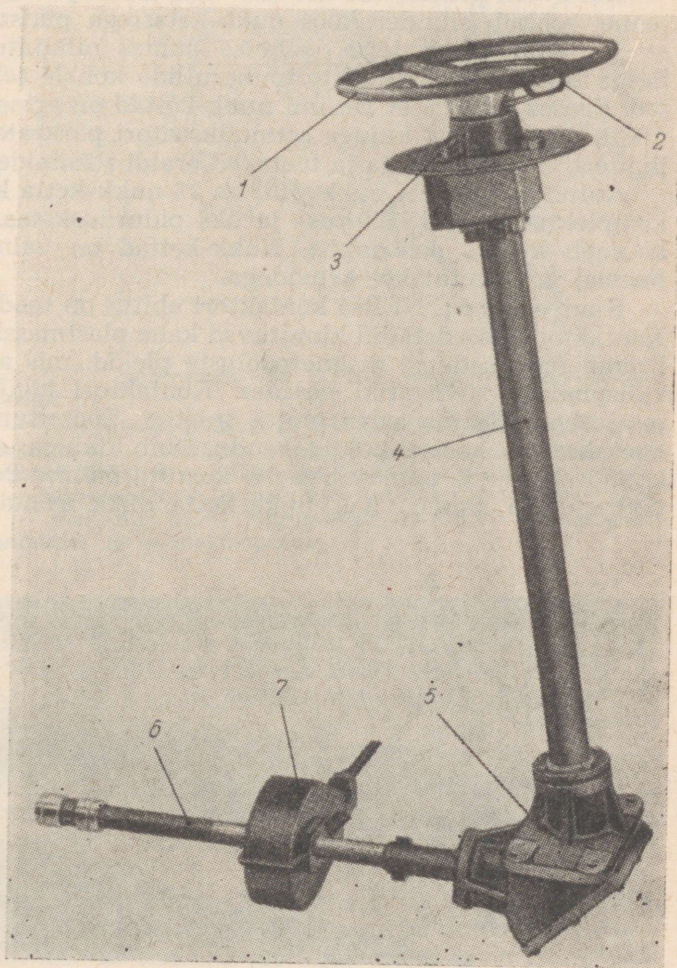
1 — terasplekist kast; 2 — kontaktorid koos kustutuskambritega; 3 — klemmitahvel

alla, siis peamine erinevus on sõlmede asetuses. Kontrolleri nukkvõll ja kontaktorid koos kustutuskambritega on paigutatud vaguni esiotsa pörandi all olevasse metallkasti (joon. 52).

Nukkvõlli käitatakse juhirusmist juhtrattaga. Juhtratta võll on kooniliste hammasrataste abil ühendatud nukkvõlliga (joon. 53). Kontrolleri suunavõll asub juhirusmist ja on seotud pörandi alt blokeerseadise abil kardaanvõlliga. Kontrolleril eraldi režiimivõlli ei ole, see-eest on nukkvõllil iga kontaktori kohta kaks erineva konfiguratsiooniga nukkketast. Ühed kettad töötavad käivitusastmetel, teised pidurdusastmetel. Üleminek ühelt režiimilt teisele toimub nukkvõlli pikiliikumisega erineva režiimi nukkketaste vahekauguse võrra. Võlli liikumine toimub üleminekul nullasendist, mil kontaktorite lülitushoobade tõukerullid ei asu nukkketastel.

Kontrolleri nukkvõll (joon. 54) koosneb teljest 1, mis toetub kuullaagritele, ja eraldi metallsilindrist, millele on kinnitatud nukkkettad ning astmefiksaatori pörkrattad.

Kontrolleri kastist väljaulatav telje ots ühendatakse ajami kardaanliigendiga. Metallsilinder toetub otstes tekstoliitpukside kaudu teljele. Pukside ist on teljel vaba. Silindril on kogu pikkuses väljalõige (lõhe), millesse on sobitatud kuulliist. Kuulliist on ühendatud teljega järgalt. Silindri väljalõike servad toetuvad kuulidele. Seega on nukkvõlli peamine osa seotud teljega kuulliistu kaudu. Kuulliistule on kinnitatud tekstoliidist juhtliist. See võimaldab nukkvõlli pööramisega üheaegset silindri pikisuunalist



Joon. 53. Kontrolleri St. NFB-4 nukkvõlli ajam:
 1 — juhtratas; 2 — hoiatuskella lülitsürõngas; 3 — positsiooninäidik; 4 — juhtratta sammas; 5 — nurkülekanne; 6 — kardaanvõll; 7 — blokeerseade

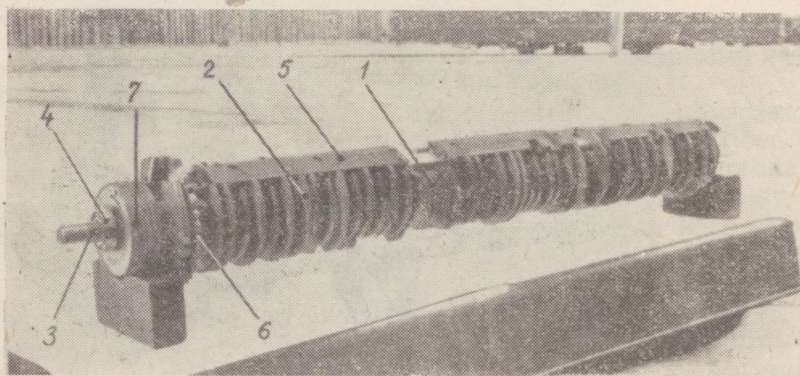
liikumist, sest kontaktorite rullid toetuvad nukkvõlli neutraalasendis tekstoliidist juhtliistule.

Pikisuunalise liikumise juhtimiseks on silindri fiksaatoripoolsele otsale tehtud kaks poolringi pikkust juhtsoont, mis on üksteise suhtes pikiliikumiseks vajaliku kauguse (18 mm) võrra nihutatud. Nullasendi kohal ühendab neid kaldsoon. Silindri pikiasendi fikseerib juhttapp, mille ots ulatub juhtsoonde. Tapp ise koos pöörlemist võimaldavate kuullaagritega on kinnitatud kontrolleri kastis oleva toe pesasse.

Nukkvõlli pöörämisel üle nullasendi, kui juhttapp läbib kaldsoone, nihkub silinder koos nukk-ketastega pikisuunas niipalju, et juhttapp satub teise, eelmise suhtes nihutatud juhtsoonde. Seega liiguvad kontaktorite tõukerullide kohale teised nukk-kettad. Seoses sellega, et režiimi nukk-kettad on erinevad, on nukkvõllil kaks erineva kujuga astmefiksaatori pörkratast, mis samuti liiguvad koos silindriga ja töötavad eraldi režiimidel.

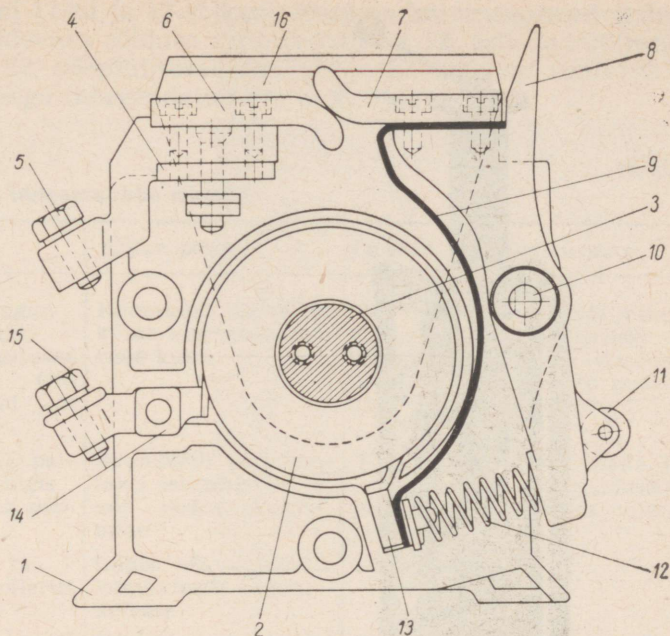
Antud kontrolleri nukkvõllil on 22 nukk-ketta komplekti. Igas komplektis on üks käivitus- ja üks pidurdusketas. Iga komplekt koosneb kahest poolringist. Nukk-kettad on valmistatud plastmassist ja kinnitatakse kruvidega.

Kontrolleri St. NFB-4 kontaktori ehitus on toodud joonisel 55. Kontaktori kõik detailid kinnituvad kahe plastmassist põse vahele. Erandi moodustavad magnetpooluste plekid, mis asuvad põskede välispindade süvistatud pesades. Kontaktori kontaktid on normaalasendis lülitusvedru mõjul suletud. Tööseisundis tuleb vool kontaktorisse kontaktpoldi 5 kaudu, läbib liikumatu kontakti toe 4, kontaktid 6 ja 7, paindjuhtme 9, kustutusmähise 2 ja väljub kontaktpoldi 15 kaudu. Kui nukk-ketta nukk rõhub vastu tõuke-



Joon. 54. Kontrolleri St. NFB-4 kiirenduse nukkvõll:

1 — metallist silinder; 2 — nukk-kettad; 3 — terasvõll; 4 — kuullaagrid; 5 — tekstoliidist juhtliist; 6 — positsioonifiksaator; 7 — juhtsoon



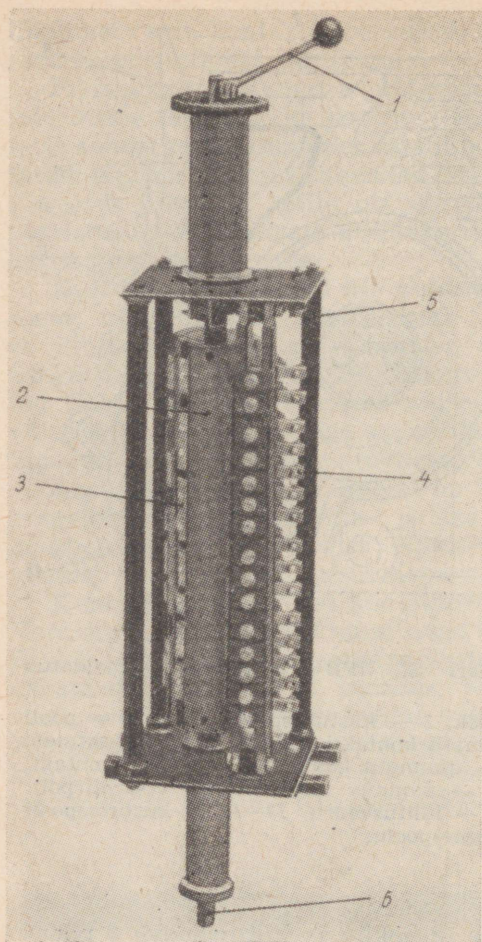
Joon. 55. Kontrolleri St. NFB-4 kontaktor (eemaldatud põsega):

1 — isoleerainest põsk; 2 — kustutuspooli mähis; 3 — pooli südamik; 4 — liikumatu kontakti tugi; 5 ja 15 — juhtmete kontaktipoldid; 6 — liikumatu kontakt; 7 — liikuv kontakt; 8 — lülitushoob; 9 — painduv lintjuhe; 10 — šarniirpolt; 11 — tõukerull; 12 — lülitusvedru; 13—14 — kustutuspooli kontaktid; 16 — magnetpoolus

rulli 11, surutakse lülitusvedru 12 kokku ja lülitushoova 8 pöördumisel ümber šarniirpoldi 10 liikuvkontakt eemaldub liikumast. Kaare kustutamine toimub eespool kirjeldatud viisil.

Kontrolleris on 22 kontaktorit. Horisontaalselt paigutatud kontrolleris asuvad kontaktid üleval. Kontaktorid on grupeeritud mitmekaupa seksioonideks; seksioonid on kaetud kustuskambritega. Kontaktor kinnitatakse põse alumiste nurkadega kontrolleri kasti põhja aluslattidele. Kontaktorid asuvad kontrolleris vertikaalselt.

Kontaktori kontaktid ei erine kontrolleri St. NFB-1 kontaktidest; need on vastastikku vahetatavad. Erandiks on 9. ja 15. kontaktori kontaktid, mis on laiemad (25 mm). Kuue kontaktori kontaktid on varustatud hõbeplaatidega. Kontaktide survejõud peab olema 18 mm laiustel kontaktidel 1,35 kuni 1,65 kgf, 25 mm laiustel kontaktidel 2,7 kuni 3,3 kgf. Kontakti kulumisnorm on sama mis eespool kirjeldatud kontrolleri juures.



Joon. 56. Kontrolleri St. NFB-4 suunavõll

1 — käepide; 2 — isoleerainest silinder; 3 — segmentliistud; 4 — sõrmkontaktid; 5 — metallraam; 6 — põranda alla ulatuv telje ots blokeerseadisega ühendamiseks

Kontrolleri kasti külgselas on klemmtahvel, mille kaudu kontaktorid ühendatakse vooluringi. Ülevaatuse ja remondi jaoks on kontrolleri kasti üla- ja alaseinas luugid.

Kontrolleri suunavõll (joon. 56), mis asub vaguni juhirusi kapis, on monteeritud omaette metallraami vahele. Raam on kinnitatud vaguni põranda külge poltidega. Läbi põranda ulatava telje ots on ühendatud ekstsentriku ja hoova abil nukkvõlli ajami blokeerseadisega. Joonisel 57 on toodud suunavõlli lülitusastmete skeem.

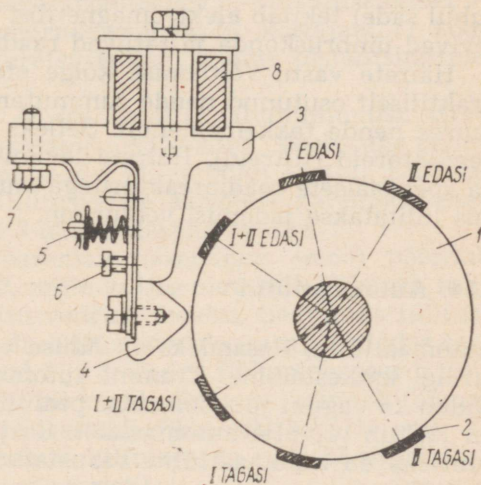
Suunavõllil on 6 tööastet, mis võimaldavad sõita edasi ja tagasi nii mõlemate kui ka eraldi mootoritega. Nukkvõllil on 22 sõidustastet, nendest 12 mootorite jadalülitusel ja 10 rööplülitusel. Ast-

med 1-st kuni 11-ni ja 13-st kuni 20-ni on käivitustasmed (takistiasmed). Pidevaks sõiduks on ette nähtud 12. aste jadalülitusel ning 21. ja 22. rööplülitusel. Seejuures 22. aste on šunteeritud ergutusmähisega (nõrgendatud ergutusväljaga).

Tabel 6

Kontrolleritele iseloomulikke rikkeid

Rikke tunnus	Rikke põhjus	Operatiivne tegutsemine
Käivitamisel vagun liigub tõukeliselt, aeg-ajalt katkestused jõuooluringis. Osa pidurdusastmeid ei tööta	Kontaktori liikuv osa kiilub kustutuskamb-risse kinni	Võimaluse korral sõita vähendatud kiirusega lähemasse lõpp-peatusse või depoosse. Vajaduse korral lasta pukseerida
Vagun ei liigu paigast, jõuooluringis katkestus (kaar suunavõllil)	Suunavõlli sõrmkontakti läbipõlemine või vedru murdumine	Tõmmata vooluvõttur alla, lülitada automaatlüliti välja ja lasta vagun depoosse pukseerida
Automaatlüliti rakendub, kontrollerist imbub suitsu	Lühis või «ülelöök» kontaktorilt vaguni keresse	Sama
Käivitusel kontaktorid «surtsuvad», elektripidur töötab eba-kindlalt	Kontaktori kontaktid ülemäära kulunud	Sõita vähendatud kiirusega depoosse või lähemasse lõpp-peatusse



Joon. 57. Kontrolleri St. NFB-4 suunavõlli ristlõige:

1 — suunavõll; 2 — segmentliistud; 3 — sõrmkontakt; 4 — otsik; 5 — vedru; 6 — reguleerimiskruvi; 7 — voolujuhtme kontaktpolt; 8 — isoleeritud kinnituslatid

3.13. Kaitseaparatuur

Veomootorite ning teiste vaguni elektriseadmete kaitseks rakendatakse spetsiaalseid kaitseadmeid. Nende ülesandeks on kaitsta vaguni elektriseadmeid liigvoolude ja -pingete eest, aga ka piirata vaguni elektriseadmete töötamisel tekkivate raadiohäirete ümbruskonda levikut.

Liigvoolu tekkimist võib põhjustada mootorite ülekoormus, rike tarbijas või lühis vooluringis. Kuna kontaktvõrku toitevate alajaamade võimsus on suhteliselt suur, siis vaguni seadmetes tekkiv lühis võib põhjustada väga suure lühisvoolu, millega kaasneb intensiivne soojuse eraldumine kuni juhtmete, mähiste või mõne muu vooluringi osa läbipõlemiseni. Analoogilise, kuigi piiratud voolutugevuse suurenemise kutsub esile mootori ülekoormus, mis võib olla küllaldane mootori isolatsiooni söestamiseks. Kaitseks liigvoolude vastu kasutatakse trammi jõuvooluringis automaatlüliti, abivooluringides sulavkaitsmeid.

Liigpinge, s. o. lühiajaline pinge suurenemine (pingeimpulss) tekib kontaktvõrgus atmosfääriliste elektrilaengute tagajärjel. Äikese ajal kontaktvõrku kogunevate laengute pinge maa suhtes võib ulatuda väga kõrge väärtuseni ja osutada ohtlikuks elektriseadmete isolatsioonile. Elektriseadmete kaitseks liigpingete eest on vagunitele monteritud lahendid (spetsiaalsed liigpinge- ehk piksekaitsmed), mis juhivad kontaktvõrgus kõrgepingeimpulssi, tekitavad elektrilaengud rööbastesse ja hoiavad seega ära nende sattumise vaguni elektriseadmetesse.

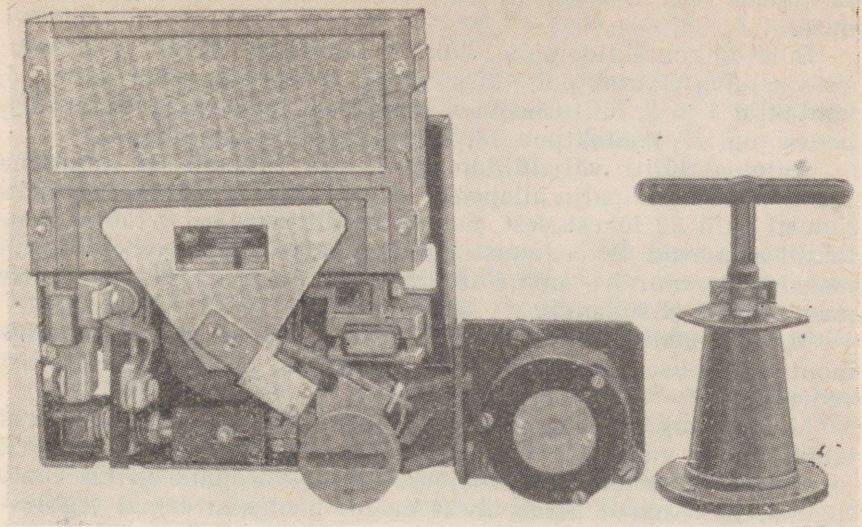
Elektriseade, mille tööga kaasneb sädelemine, põhjustab raadiohäireid. See on seletatav asjaoluga, et elektrilahendus (antud juhul säde) tekitab elektromagnetilisi laineid, mis suure kiirusega levivad ümbruskonda ja satuvad raadiovastuvõtjasse.

Häirete vastu võitlemise kõige efektiivsemaks mooduseks on praktiliselt osutunud nende summutamine vahetult elektriseadme juures nende tekkemomendil. Selleks kasutatakse summutuskondensaatoreid (filtreid). Häirete levikut kontaktvõrku võib piirata ka spetsiaalsete radioreaktoritega (suure induktiivsusega poolid), mis lülitatakse jaadamisi vooluringi.

3.14. Automaatlüliti

Automaatlüliti ülesandeks on lühise või liigkoormuse korral vooluringi katkestamine. Trammi automaatlüliti on käsiajamiga. Ta täidab ka vaguni jõuvooluringi pealüliti ülesannet. Liigvoolu korral lülitub ta välja automaatselt. Seejuures tekkiva kaare kustutamiseks on automaatlüliti varustatud elektromagnetilise kaarekustutiga.

Joonisel 58 on toodud automaatlüliti USA üldvaade ja joonisel 59 (vt. lisalehel) tema töötamise skeem.



Joon. 58. Automaatlüliti ÜSA-6

Automaatlüliti ehitus on üldjoontes sarnane kontrolleri kontaktori ehitusega. Tema peamisteks osadeks on liikumatu kontakt 1 koos alustoeaga 2, liikuv kontakt 3 ühes lülitushoovaga 4, kaare kustutuspool 5 koos magnetpoolustega 6, kustutuskamber 7, lülitusvarras 8 ühes lülitusvedrudega 9 ja 10, käsiajam 11 koos lukustiga 12, maksimaalvoolurelee ankur 13 ning distantslülituse magnetpool 14.

Automaatlüliti alusraam 27 on valatud alumiiniumist. Kõik voolujuhtivad detailid on alusraamist isoleeritud. Voolujuhe ühendatakse liikumatu kontakti alustoe 2 külge poldi 15 abil. Lülitusvedru 9 mõjul, mis surub lülitusvarda äärmissse parempoolsesse asendisse, on kontaktide 1 ja 3 normaalasend avatud.

Käepideme pööramisel paremale (asendisse «ein») pöördub koos ajami võlliga lukusti 12, mille küljes olev rull 22 surub lülitusvarda rulli 21 kaudu lülitusvedru 9 kokku. Seejuures lülitusvarras 8 surub vedru 10 kaudu lülitushoovale, mis pöördudes šarniirliigendil 19 suleb kontaktid 1 ja 3. Vedru 10 kompenseerib lülitusvarda ja lülitushoova käigu pikkuste erinevuse, mis sõltub kontaktide kulumisastmest. Lülitusasendi fikseerib lukusti rulli 22 nõngus pind, mis ühtib lõppasendis lülitusvarda rulli 21 silindrilise pinnaga (rullide 21 ja 22 teljed on risti).

Lukusti 12 koos rulliga 22 on asetatud ajami võlli neljakandilise ristlõikega osale 23, mis võimaldab tema teljesuunalist liikumist. Vedru 24 mõjul on aga lukusti surutud ülemisse asendisse,

kusjuures rull 22 tõkestab lülitusvarda algasendisse tagasiliikumise.

Suletud kontaktide puhul läbib vool automaatlüliti järgmiselt: sisestusjuhe, kontaktpolt 15, alustugi 2, kustutuspooli mähis 5, kontaktid 1 ja 3, lülitushoova 4 metall-osa, paindjuhe 16, lülitushoova tugi 17, kontaktpolt 18, kontrolleri ühendusjuhe.

Automaatlüliti väljalülitamiseks peab lukusti 12 nihutama ajami teljel 23 niipalju allapoole, et lülitusvarda rull 21 vabaneks lukusti rulli 22 tõkestusest. Seejuures lülitusvedru 9 mõjul kontaktid avanevad. Seda lukusti nihutamist teostab liigvoolu puhul maksimaalvoolurelee ankur 13, distantslülituse korral spetsiaalse magnetpooli 14 südamik.

Maksimaalvoolurelee koosneb kustutuspooli 5 südamiku külge monteeritud lisamagnetpoolustest 20, ankrust 13 ja reguleeritavast vedrust.

Magnetvoog kustutuspooli raudsüdamikus on võrdeline mähist läbiva voolu tugevusega. Seega on pooli magnetpooluste lähedal asuvale ankrule mõjuv tõmbejõud samuti võrdeline mähisevoolu tugevusega. Ankrut hoiab ühest magnetpoolusest eemal reguleeritava pingusega vedru. Vedru pingus reguleeritakse nii, et normaalvoolu puhul magneti tõmbejõud ei ületaks vedru tõmmet. Ankur küljes on tõukur, mis toetub lukusti 12 äärikule.

Liigvool põhjustab magneti tõmbejõu suurenemise, nii et ankur tõmmatakse vastu magnetpoolust. Seejuures ankru tõukur surub lukusti 12 allapoole, lukusti rull 22 vabastab lülitusvarda rulli 21 ning lülitusvedru lahutab kontaktid.

Vagunil, mille reisijateruumis on avariipiduri nupud (T2-62 ja G4-61), toimub avariipidurdus rööpmepiduritega. Vajaliku pidurdusefekti saavutamiseks tuleb veomootori vooluahel katkestada. Selleks on automaatlüliti ÜSA-6 varustatud distantslülituse magnetpooliga 14. Magnetpooli liikuv südamik 25 on kangsüsteemi 29 kaudu ühendatud tõukuriga 28, mis toetub lukusti 12 äärikule 26. Mähis ühendatakse avariipiduri nupu abikontaktide kaudu madalpinge (24 V) vooluringi. Seega vaguni avariipidurdusel, üheaegselt röömpidurite rakendamisega, läbib mähist elektrivool, ja südamik magneetub. Magnetvälja jõud tõmbab südamiku üles ning surub kangsüsteemi ja tõukuri abil automaatlüliti lukusti alla. Automaatlüliti rakendub ning katkestab veomootorite vooluahela. Seejuures automaatlüliti sisselülitamine ei ole võimalik enne, kui avariipiduri nupp on keeratud algasendisse.

Automaatlüliti käsitsi väljalülitamiseks pööratakse käepide 90° võrra vasakule (asend «aus»).

Vanemad trammid (T-54, T-57, T-59E), millel ei ole avariipidurisüsteemi, on varustatud automaatlülititega ÜSA-1. See tüüp erineb eelkirjeldatust ainult selle poolest, et tal puudub distantslülituse magnetpool.

Automaatlüliti asub trammi juhuruumi vahelae peal horisontaalasendis. Alusraam kinnitub isolaatorite kaudu katuse kande-

konstruktsiooni külge. Käepide koos asendinäidikuga on avatava luugi küljes. Ohutuse tagamiseks on käepide sidestatud ajamiga isoleermaterjalist vahetüki 30 kaudu.

Automaatlüliti reguleeritakse rakendusvoolu tugevusele 400 — 450 amprit.

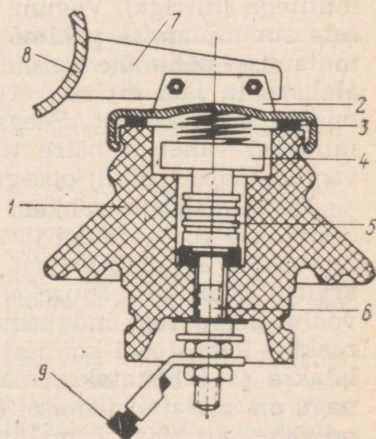
3.15. Lahendi

Nüüdisajal kasutatakse trammivagunitel piksekaitkena ventiillahendeid. Nende talitus põhineb tiriidi või viliidi omadusel muuta oma takistust olenevalt rakendatud pingest. Pinge suurenemisel nende materjalide takistus väheneb, pinge alanemisel aga vastupidi, suureneb.

Tiriitlahendi ehitus on toodud joonisel 60. Portsolanist isolaatori 1 sisse on monteeritud tiriitketas 4 ja sädevahemikud 5. Viimased kujutavad endast vilgukivist aukudega seibe, mis on asetatud vaheldumisi metallseibidega. Kõige alumine metallseib on ühendatud maandusjuhtme kinnituspoldiga, ülemine aga puutub vastu tiriitketast. Isolaator on pealt suletud metallmütsiga 2. Tiriitketta ja sädevahemiku seibe hoiab omavahel koos spiraalvedru, mis ühtlasi ühendab metallmütsi tiriitkettaga. Osoonikindlast kummist tihendid 3 tagavad hermeetilisuse.

Lahendi kinnitatakse metallmütsi äärikuga vooluvõturi alusraami 8 külge. Seega on metallmüts vooluvõturi tööasendis alati pingestatud. Maandusjuhe 9 ühendatakse maanduspoldi külge mutri abil. Lahendi lülitusskeem on toodud joonisel 61.

Lahendi töötab alljärgnevalt. Normaalse kontaktvõrgu pinge puhul läbi lahendi voolu ei lähe, sest sädevahemiku suurus on valitud sellisena, et normaalpinge (kuni 0,75 kV) ei ole suuteline neid ioniseerima. Äikese ajal tekkivate kõrgepingeliste impulsside



Joon. 60. Tiriitlahendi ehitus:

1 — portselanisolaator; 2 — metallmüts; 3 — kummitihend; 4 — tiriitketas; 5 — sädevahemikud; 6 — kontaktpolt; 7 — tugi; 8 — vooluvõturi raam; 9 — maandusjuhe



Joon. 61. Tiriitlahendi lülitusskeem;

T — tiriitlahendi; V — vooluvõttur; A — automaatlüliti

mõjul aga sädevahemikud ioniseeruvad ning tekib elektriline läbilöök. Seejuures tiriidile rakenduva kõrgepinge mõjul tema takistus väheneb, mis võimaldab liigpingeimpulsi kiire lahendumise rööpmete kaudu maasse. Samal ajal on normaalpinge küllalt kõrge selleks, et hoida alal ioniseeritud olukorda sädevahemikus ning tekitada lühisvoolu. Kuid seda tõkestab tiriitketas, mille takistus peale kõrgepinge kadumist järsult suureneb ja piirab voolu niivõrd, et sädevahemikud deioniseeruvad.

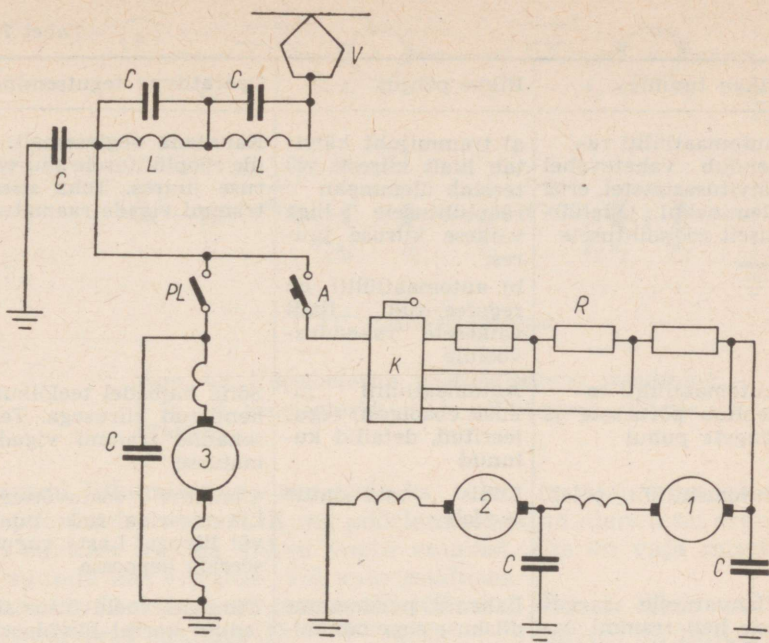
Kogu protsess toimub niivõrd kiiresti, et automaatlülitid tavaliselt ei jõua alajaamades rakenduda ja sellepärast kontaktvõrgu toide ei katke.

Peale eelkirjeldatu on trammidel kasutusel ka lahendid, milles kaar kustutatakse sädevahemikus magnetilise kaarekustutiga. Sel juhul on isolaatorisse monteeritud miniatuursed püsivmagnetid ja kustutuskambrid.

3.16. Raadiohäiresummutid

Peamisteks raadiohäirete tekitajateks trammivaguni juures on vooluvõttur, mootorid ja kontrollid, sest nende seadmete töötamisel tekivad sädemed. Vooluvõtturi poolt tekitatavaid raadiohäireid on võimalik vähendada ainult kontaktvõrku paigaldatavate summutitega (filtriga). Vaguni teiste seadmete poolt tekitatavate häirete summutamise põhimõtteskeem on toodud joonisel 62. Summutamise põhimõte seisneb selles, et elektrikondensaator, mis alalisvoolu läbi ei lase, ei avalda kõrgsagedusvooludele nimetamisväärtset takistust. Seega võimaldab kondensaator, kui ta on lülitatud vahetult häire tekkimise tsooni, juhtida kõrgsagedusvoolud (häirevoolud) otse maasse.

Et võimalikult rohkem piirata häirete kontaktvõrku levikut, asetatakse vooluvõtturi ja toitejuhtme vahele raadioreaktor. Raadioreaktor kujutab endast ilma raudsüdamikuta suure keerdu arvuga pooli, mis suure endainduktsiooni tõttu on kõrgsagedusvooludele suureks induktiivtakistuseks. Põhiliselt koosneb raadioreaktor kahest või kolmest jadaühenduses mähisest. Mähised sil-latakse ja lühistatakse maa suhtes summutuskondensaatoritega, nagu on näidatud joonisel 62. Summutuskondensaatorite tööpinge on vähemalt 2000 V, mahtuvus kuni 1 μF .



Joon. 62. Raadiohäiresummutite lülitusskeem:

1 ja 2 — veomootorid; 3 — muundur; K — kontrolleri;
 A — automaatlüliti; V — voluvõttur; C — summutus-
 kondensaatorid; L — raadioreaktor

Kaitseadmetele iseloomulikud rikked

Tabel 7

Rikke tunnus	Rikke põhjus	Operatiivne tegutsemine
Veomootorid ei käivitu	a) automaatlüliti ei ole sisse lülitatud; b) automaatlüliti mehaaniline vigastus (detailide kinnijäämine)	a) lülitada sisse automaatlüliti; b) pöörata kontrolleri nukk-võll nullasendisse ja lülitada automaatlüliti mitu korda välja ja sisse. Kui korduval proovimisel mootorid ei käivitu, lasta vagon pukseerida deposse
Sõiduastmete sisselülitamisel automaatlüliti rakendub	Lühis veomootoris või mõnes muus jõuvooluringi lõigus	Proovida lülitada üksikuid mootoreid. Ühe mootori korrasolekul sõita deposse. Vastasel korral lasta pukseerida

Rikke tunnus	Rikke põhjus	Operatiivne tegutsemine
Automaatlüliti rakendub vahetevahel käivitusastmetel, eriti üleminekul jadalülitusest rööplülitusele	a) trammijuht käivitab liialt kiiresti või teostab ülemineku rööplülitusele liiga väikese kiiruse juures; b) automaatlüliti on reguleeritud liialt väikesele rakendusvoolule	Käivitada aeglasemalt. Minna üle rööplülitusele suurema kiiruse juures. Teha sissekanne trammi vigade raamatusse
Automaatlüliti rakendub põrutuste ja tõugete puhul	Automaatlüliti lüksti ebaõigesti reguleeritud, detailid kulunud	Sõita halbadel teelõikudel vähendatud kiirusega. Teha sissekanne trammi vigade raamatusse
Automaatlüliti põleb	Lühis maandatud osadele	Tõmmata vooluvõttur alla. Likvideerida tuli tulekustuti või liivaga. Lasta vagun pukseerida depoosse
Plahvatusese sarnanev heli trammi katusel, millele kaasneb põlemine, kontaktvõrgust kaob pinge	Lahendi purunemine niiskuse sisseimbumise tagajärjel	Tõmmata vooluvõttur alla. Vajaduse korral likvideerida tulekolle. Lasta vagun pukseerida depoosse

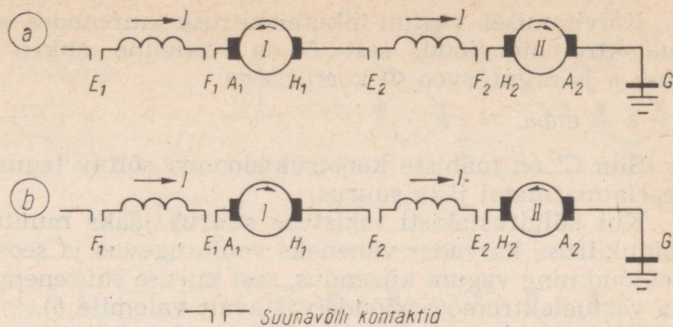
4. TRAMMIDE ELEKTRISKEEMID

4.1. Jõuskeemid

Veomootorid koos juhtimis- ja kaitseaparatuuriga ning nende omavaheliste ühendusjuhtmetega moodustavad vaguni jõuvooluringi. Jõuvooluringi graafilist kujutust nimetatakse vaguni jõuskeemiks.

Jõuskeem võimaldab: 1) jõuvooluringi ühendamist kontaktjuhtmega ja rööbastega; 2) kaheastmelist käivitamist ja kiiruse reguleerimist üleminekuga mootorite jadalülitusest rööplülitusele; 3) kiiruse reguleerimist mootori ergutusvoo nõrgendamisega; 4) mootorite pöörlemissuuna muutmist; 5) mootori rikke puhul selle väljalülitamist; 6) trammi elektrilist pidurdamist; 7) jõuvooluringi kaitsmist liigvoolude ja -pingete eest.

Jõuvooluringi tuleb vool trammi kontaktvõrgust vooluvõtturi kaudu. Peale jõuvooluringi läbimist juhatakse vool läbi mootori kere, kápplaagrite ja rataste rööbastesse.



Joon. 63. Veomootorite pöörlemissuuna muutmine:
 I ja II veomootorid; a — sõidusuund «Edasi»; b —
 «Tagasi»

Trammi liikumissuuna muutmiseks tuleb muuta veomootori ankrupöörlemise suunda. Kuna pöörlemise suund oleneb nii ergutusvoo suunast kui ka ankruvoolu suunast, siis on vaja muuta voolu suunda kas ergutus- või ankrumähises.

Jooniselt 63 näeme, et suunavõlli lülitusel «Edasi» läbib vool I ergutusmähiseid suunaga $E_1 - F_1$ ja $E_2 - F_2$ (skeem a), lülitusel «Tagasi» aga vastupidises suunas $F_1 - E_1$ ja $F_2 - E_2$ (skeem b). Voolu suund ankrumähistes jääb aga mõlemal juhul samaks. Joonisel näidatud ankrute pöörlemise suunad on omavahel vastupidised sellepärast, et mootorid asetsevad alusvankril teine teistpidi. Esimese mootori ankrumähises on voolu suund $A_1 - H_1$, teises $H_2 - A_2$.

Käivitamine ja kiiruse reguleerimine

Mootori tööpõhimõtte kirjelduses nägime, et jadaergutusmootorit ilma eeltakistita sisse lülitada ei või, sest voolutugevus sel juhul ületaks mootorile lubatud väärtuse. Praktiliselt kasutatakse trammi veomootori käivitamisel eeltakistina reguleeritava suurusega käivitustakistit, mille takistuse suurus on valitud nii, et see hoiab voolutugevuse normaalsetes piirides.

Käivitustakisti suurust arvesse võttes võime leida käivitusvoolu tugevuse I_h kahe veomootori puhul järgmise valemiga:

$$I_h = \frac{U - 2E}{2R + R_h} \quad (5)$$

kus I_h on käivitusvoolu tugevus amprites;

U — veomootorite klemmipinge völdides;

E — vastuelektromotoorjõud völdides;

R — ühe mootori takistus oomides;

R_h — käivitustakisti suurus oomides.

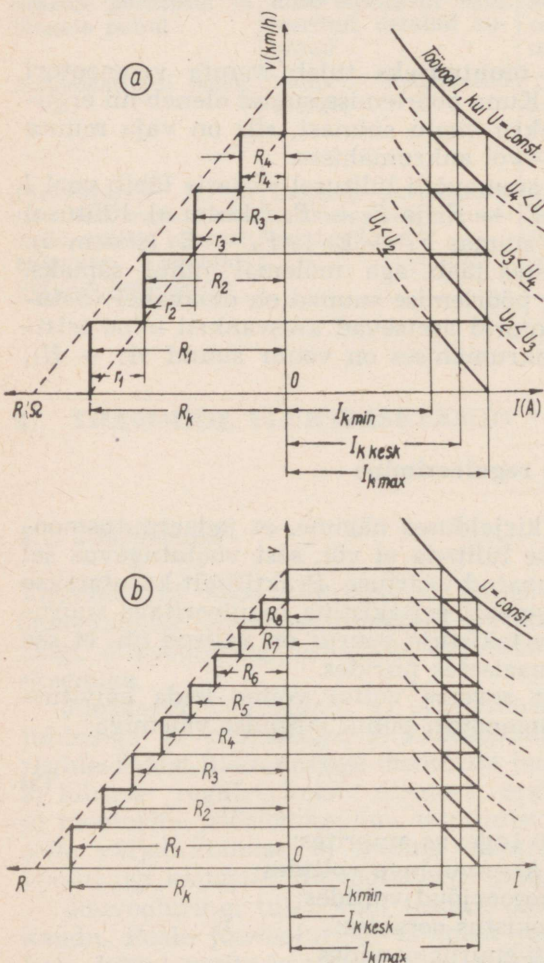
Käivitamisel vaguni liikumiskiiruse suurenedes suureneb vastuelektromotoorjõud, sest E on võrdeline ankrupöörlemiskiiruse n ja ergutusvoo Φ korrutisega:

$$E = C' \Phi n. \quad (6)$$

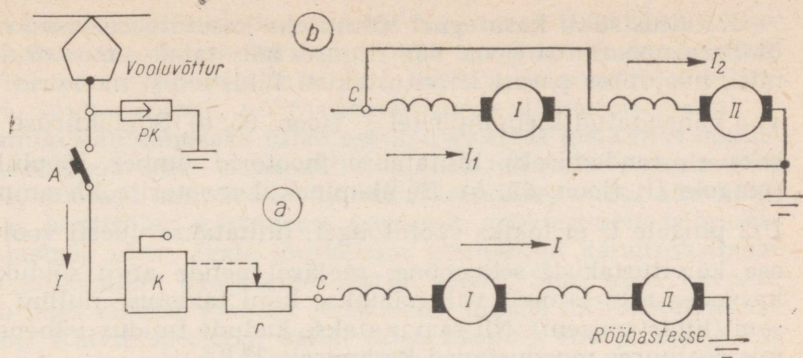
Siin C' on mähiste konstruktsioonist sõltuv tegur, mis on ühe seeria masinatel jääv suurus.

Kui käivitustakisti takistuse suurus jääks muutumatuks, siis sõidukiiruse kasvades väheneks voolutugevus ja seoses sellega ka veojõud ning vaguni kiirendus, sest kiiruse suurenemisel suureneb ka vastuelektromotoorjõud (vastavalt valemile 6).

Ühtlase kiirenduse tagamiseks tuleb käivitusvoolu tugevus hoida muutumatuna kogu käivitusperioodi vältel. Selleks tuleb



Joon. 64. Käivitusvoolu muutuse diagrammid: a — viieastmelisel käivitusel; b — üheksaastmelisel käivitusel



Joon. 65. Veomootorite ümbergrupeerimine:
 a — jadalülitis; b — rööplülitis

vastavalt liikumiskiiruse suurenemisele pidevalt vähendada käivitustakisti takistuse suurust kuni takisti vooluringist täieliku väljalülitamiseni ($R_h = 0$).

Täiesti sujuvalt reguleeritava käivitustakisti valmistamine antud võimsuse juures on seotud suurte tehniliste raskustega. Sellepärast praktiliselt kasutatakse astmeliselt muudetava takistuse suurusega takisteid. Seejuures on käivitamise sujuvus kontrolleri käivitusastmete arvust. Joonisel 64 on toodud näitlikud käivitusvoolu muutuse diagrammid viie- ja üheksaastmelise käivituse puhul.

Diagrammide võrdlemisel näeme, et käivitusvoolu kõikumine suurema käivitusastmete arvu puhul on tunduvalt väiksem. Järelikult on sel juhul käivitamine sujuvam. Siit on ka arusaadav, miks on paljuastmelised kontrollid eelistatavamad.

Peale käivitusperioodi lõppu, kui käivitustakisti on lühistatud, töötavad veomootorid automaatkarakteristikul, reguleerides ise vastavalt koormusele voolutugevust.

Eeltakistiga käivitamine on möödapääsmatult seotud võimsuskaoga käivitustakistis. Seda saab arvutada takistil tekkiva pingelangu ja teda läbiva voolu tugevuse kaudu ($P = U \cdot I$).

Veomootori sisselülitamise hetkel, kui tramm veel ei liigu, kulutatakse kogu võrgust võetav võimsus käivitustakisti ja mootori mähiste soojendamiseks, kuna trammile antav kasulik võimsus võrdub siis nulliga. Käivitusperioodi vältel, tramm liikumiskiiruse suurenemisega, suureneb kasulik võimsus ja vähenevad võimsuskad takistis. Käivitusperioodi lõppedes võimsuskadu takistis ei teki, sest viimane on lühistatud.

Kui mitte arvestada elektrilisi kadusid veomootorites, siis ainult 50% võrgust võetavast võimsusest kasutatakse käivitusperioodil veomootorites. Ülejäänud moodustavad kaod käivitustakistis.

Käivitusükli kasuteguri tõstmiseks kasutatakse veomootorite ümbergrupeerimist (joon. 65). Alguses käivitatakse mootorid jadamisi, kusjuures pärast käivitustakisti lühistamist mootorid töötavad vähendatud klemmpingel $\frac{U}{2}$ (joon. 65, a). Sõidukiiruse edasiseks suurendamiseks lülitatakse mootorid ümber rööplülitusse (pingele U) (joon. 65, b). Et üleminekul mootorite klemmpingelt $U/2$ pingele U ei tekiks voolutõuget, lülitatakse uuesti vooluringi osa käivitustakisti sektsioone; seejärel nende arvu sõidukiiruse kasvades aste-astmelt vähendatakse kuni takistuse nullini viimiseni (lühistamiseni). Nii saavutatakse kadude tunduv vähenemine, mis seejuures moodustavad keskmiselt 33,3%.

Valemist (6) nägime, et mootori ankrumähises indutseeritud elektromotoorjõud on võrdeline ankru pöörlemiskiiruse ja ergutusmähiste magnetvooga. Teisendades seda valemit, saame:

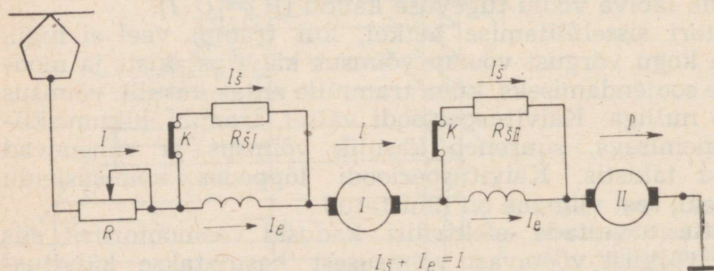
$$n = \frac{E}{C' \Phi} \quad (7)$$

Siit näeme, et ankru pöörlemiskiirus n on võrdeline elektromotoorjõuga E ja pöördvõrdeline ergutusvooga Φ .

Sellest järeldub, et ankru pöörlemiskiirust on võimalik suurendada magnetvoo nõrgendamisega. Seda praktikas kasutatavat moodust nimetatakse ergutusvälja nõrgendamiseks või sildamiseks (šuntimiseks). Sildamiseks lülitatakse veomootorite ergutusmähistele šunttakistid R_s (joon. 66), mis juhivad osa ankruvoolu ergutusmähistest mööda, ja ergutus nõrgeneb.

On arusaadav, et ka šunttakistitel esineb teatav energiakadu. Kuna aga šunte läbiv vool I_s moodustab väga väikese osa ankruvoolust I (3—5%), siis ka kaod on suhteliselt tühised.

Nõrgendatud ergutusväljaga lülitusastmeid kontrollerial nimetatakse **šunditud astmeteks** (kontrollerial NFB-1 10. ja 18. aste, kontrollerial NFB-4 22. aste). Nende astmete pidevaks sõiduks kasutamisel peab arvestama seda, et siin saavutatakse sõidukiiruse suurenemine mootorite veojõu arvel, sest mootori pöördemoment on võrdeline magnetvooga ja väheneb selle nõrgenemisel. Järeli-



Joon. 66. Veomootorite šunditud lülitus:

R_{sI} ja R_{sII} — šunttakistid; K — šuntivad kontaktorid

kult on šunditud astmete kasutamine õigustatud ainult heade teelolude puhul, siis kui mootorite koormus on väike. Vastasel juhul, raske tee korral (tõusud, lumi jm.), šuntimine positiivset efekti ei anna, vaid vastupidi, põhjustab mootorite ülekuumenemist.

Trammi käivitamiseks tuleb esmajärjekorras lasta üles vooluvõttur, lülitada sisse automaatlüliti, asetada kohale suunavõlli käepide, pöörata suunavõll vajalikku asendisse, vabastada käsi-pidur ja kontrolleri käepideme esimesele sõiduastmele pööramisega alustada sõitu. Igale jõuskeemis ettenähtud käivitusastmele vastab kontrolleri käepideme teatav asend. Seni kuni käepide asetseb ühes kindlas asendis, jõuskeemis mingit lülitusmuudatust ei toimu. Käivitusperioodi vältel tuleb käepide viia järkjärgulise pööramisega ühelt käivitusastmelt teisele kuni ühe pideva sõiduastmeni.

Jõuskeemide koostamisel leitakse kõige optimaalsem käivitusrežiim arvutuslikul teel. Praktiselt käivitamisel saavutatakse arvutuslik režiim ainult siis, kui kontrolleri ümberlülitamine ühelt käivitusastmelt teisele toimub momendil, mil käivitusvoolu tugevus on vähenenud piirini L_h min. (joon. 64). Kui aga üleminek toimub hilinemisega, s. t. kui vool on vähenenud üle arvutusliku $I_{h \text{ min.}}$, siis jääb arvutuslikust väiksemaks ka $I_{h \text{ max}}$ ning järelikult jäävad väiksemaks arvutuslikust nii keskmine käivitusvool $I_{h \text{ kesk.}}$ kui ka mootorite veojõud. Vastupidisel juhul, üleminekul järgmisele lülitusastmele kiirustades, s. o. suurema $I_{h \text{ min.}}$ juures kui arvutuslik, suurenevad ka keskmine käivitusvool ja veojõud üle arvutuslike. Niisiis, käivitusvoolu ja veojõu kõikumised käivitamisel olenevad kontrolleri hoideaegadest käivitusastmetel.

Trammi sujuvaks käivitamiseks peab trammijuht valima käivitusaja kestuse vastavalt vagunite kaalule, tee profiilile ja sidesustegurile.

Käivituse sujuvus oleneb trammijuhi kvalifikatsioonist. Lohakal või oskamatul käivitamisel on kiirendus ebaühtlane ning seetõttu tekivad tõuked. Liiga pikad hoideajad põhjustavad käivitus-takisti sektsioonide ülekuumenemise ja asjatut energiakadu. Liiga kiire käivitamine aga koormab üle veomootorid.

4.2. Jõuskeem kontrolleriiga St. NFB-1 (vagunid T-54, T-57 ja T-59E)

Kontroller St. NFB-1 on ette nähtud kahe veomootori töö juhtimiseks tööpingel kuni 600 V. Vaguni jõuskeem nimetatud kontrolleriga ja veomootoritega EM-60/600 on toodud joonisel 67. Samal joonisel on antud ka kontrolleri kontaktide lülitusjärjekord, suunavõlli ja kiirendusvõlli lülitusastmed ning käivitustakisti sektsioonide lülitus igal astmel (vt. lisalehel).

Vaatleme antud skeemilt voolu kulgu kahe mootoriga sõidul suunaga «Edasi». Selleks pööratakse suunavõll lülitusastmele

«Edasi I+II mootor» — sulguvad suunavõlli (SV) sõrmkontaktid 24-A2, 14-HI, 11-AI, 21-H2, F1-17 ja R11-F2. Kiirendusvõlli pöörämisel esimesele käivitusastmele sulguvad esmajärjekorras režiimivõlli (RV) sõrmkontaktid 12-T11, 14-E1, E2-24 ja R11-R12-G ning seejärel kiirenduskontaktid (K) 2n, 5n ja 10n, mis sulevad vooluringi. Vool kulgeb skeemis järgmiselt: vooluvõttur, automaatlüliti T1, režiimivõlli RV kontaktid T11-12, K 10n, käivitusakisti sektsioonid $r1+r2+r3+r4+r5+r6+r7$ (5,609 Ω), kiirenduskontaktid 5n, suunavõlli kontaktid 11-A1, I veomootori ankrumähis A1-H1, suunavõlli kontaktid H1-14, režiimivõlli kontaktid 14-E1, I mootori ergutusmähis E1-F1, suunavõlli kontaktid F1-17, kiirenduskontakt 2n, suunavõlli kontaktid 21-H2, teise mootori ankrumähis H2-A2, suunavõlli kontaktid A2-24, režiimivõlli kontaktid 24-E2, teise mootori ergutusmähis E2-F2, suunavõlli kontaktid F2-R11, režiimivõlli kontaktid R11-R12-G, maandusjuhe, rööpmed.

Siinjuures on veomootorid lülitatud jadamisi. Eesimesel käivitusastmel on käivitusakisti takistuse suurus maksimaalne (5,609 Ω). Igal järgneval astmel takistuse suurus väheneb. Teisel astmel sulgub eelmistele täiendavalt kontakt 11n ja lühistab osa takisti sektsioone ($r1$ ja $r2$). Kolmandal astmel sulgub kontakt 12n ja vähendab veelgi kogutakistust $r3$ võrra jne. Viimasel jadalülituse käivitusastmel, s. o. 8. astmel on takistuse suurus ainult 0,217 Ω .

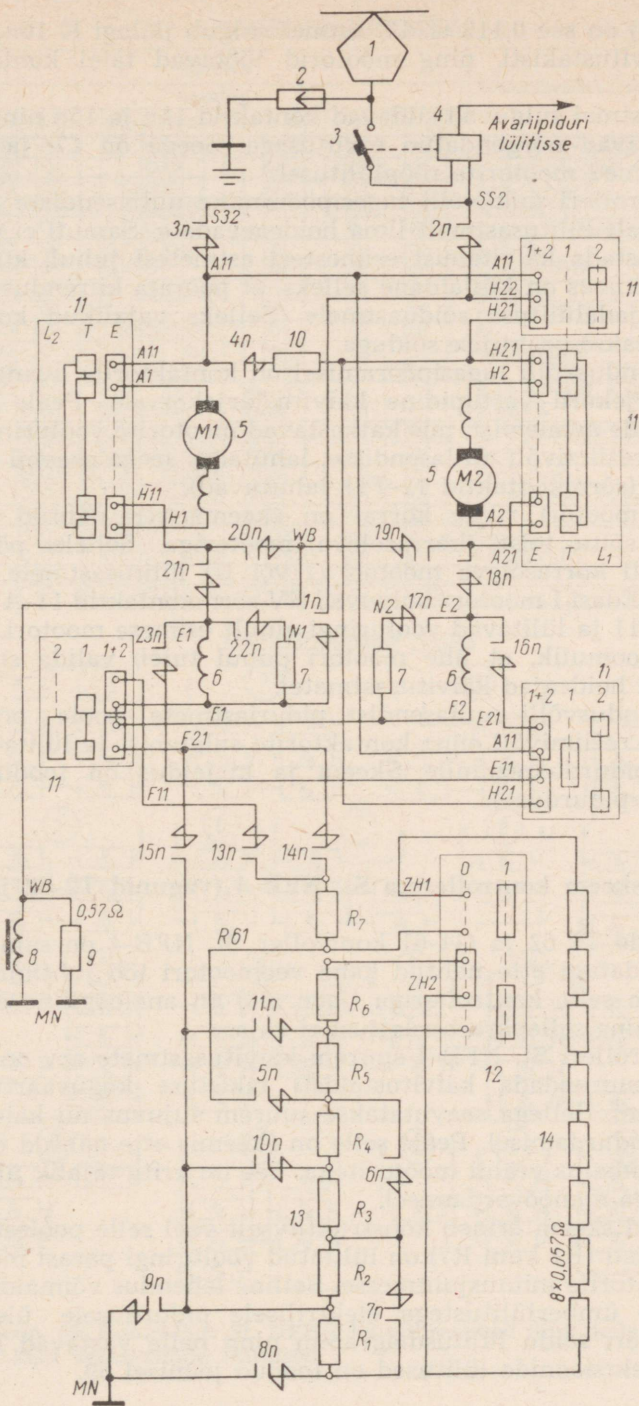
Üheksandal astmel sulgub kontakt 6n ning vool enam käivitusakistit ei läbi. Seega sellel astmel võib pidevalt sõita.

Kümnendal astmel sulguvad kontaktid 14n ja 15n ning lülitavad mootorite ergutusmähistele šunttakistid. Sõidukiirus suureneb mootorite ergutuse nõrgenemise arvel.

Pärast kümnendat astet on vahe- ehk üleminekuaste vajalikeks ümberlülitusteks mootorite rööptööle. Sellel astmel kontakt 3n sulgemisega sillatakse esimene mootor takisti sektsioonidega ($r6-r7$). Sellega esimese (ümberlülitatava) veomootori vool väheneb, kuna aga teise veomootori klemmpinge suureneb.

Esimesel rööplülituse käivitusastmel (11. aste) on suletud kontaktid 1n, 3n, 5n, 7n, 8n, 13n. Nüüd on esimene mootor lülitatud vooluringi kontaktoritega 5n ja 1n, teine mootor kontaktoriga 3n — seega rööbiti. Voolu piiramiseks on uuesti lülitatud vooluringi takisti sektsioonid kogutakistusega 0,929 Ω . Nii nagu mootorite jadalülitusel, vähendatakse ka nüüd iga järgneva astmega käivitusakisti takistuse suurust. Viimasel käivitusastmel

Joon. 68. Vaguni jõuskeem kontrolleriiga St. NFB-4 1 — vooluvõttur; 2 — lahendi; 3 — automaatlüliti; 4 — avariipiduri lülitusmagnet; 5 — veomootorid; 6 — veomootorite ergutusmähised; 7 — šunttakistid; 8 — solenoid; 9 — solenoidi rööptakisti; 10 — tasandustakisti; 11 — suunavõlli; 12 — soojendustakisti ümberlülititi; 13 — režiimitakisti sektsioonid; 14 — soojendustakistid.



(16. aste) on see 0,113 Ω . 17. astmel sulgub jällegi K 16n, lühistades käivitustakisti, ning mootorid töötavad täiel kontaktvõrgu pingel.

18. astmel sulguvad sildavad kontaktid 14n ja 15n ning mootorid töötavad nõrgendatud ergutusega. Seega on 17. ja 18. aste sõiduastmed mootorite rööplülitusel.

Kontrolleri nukkvõlli tagasipööramine nullasendisse võib toimuda igalt lülitusastmelt ilma hoideaegadeta. Samuti ei ole vajadust alustada käivitamist esimestest astmetest juhul, kui vaguni liikumiskiirus on küllaldane selleks, et pöörata kiirendusvõll peatusteta jadalülituse sõiduastmele. Selleks vajalikud kogemused omandatakse praktilise sõiduga.

Kiirendusvõlli tagasipööramisel on kontaktorite avanemis-sulgemisjärjekord vastupidine käivitusjärjekorrale. Peale viimaste kontaktide avanemist, mis katkestavad mootorite vooluringi, pöörduvad ka režiimivõll nullasendisse, lahutades seega skeemi kontaktvõrgust (sõrmkontaktid 12-T11 lahutuvad).

Ühe mootori rikke korral on skeemis ette nähtud võimalus jätkata sõitu teise (korrasoleva) mootoriga. Selleks pööratakse suunavõll korrasoleva mootori (I või II) lülitusastmele. Näiteks astmel «Edasi I mootor» sulguvad SV sõrmkontaktid 11-A1, 14-H1, F1-17-R11 ja lülitavad vooluringi ainult esimese mootori.

On loomulik, et ühe mootori puhul tuleb valida suhteliselt pikemad hoideajad käivitusastmetel.

Kiirendusvõlli nullasendist piduriastmete poole pööramisel pöörduvad režiimivõll enne kontaktorite sulgumist ja lülitab skeemi ümber pidurdusrežiimile. Skeem ja kirjeldus on toodud p. 4.4 («Elekterpidurdus»).

4.3. Jõuskeem kontrolleriga St. NFB-4 (vagunid T2-62 ja G4-61)

Trammide T2-62 ja G4-61 kontroller St. NFB-4 on samuti nagu eelkirjeldatugi ette nähtud kahe veomootori töö juhtimiseks. Ka jõuskeem selle kontrolleriga (joon. 68) on analoogiline eelkirjeldatuga ning sellepärast selgitust ei vaja.

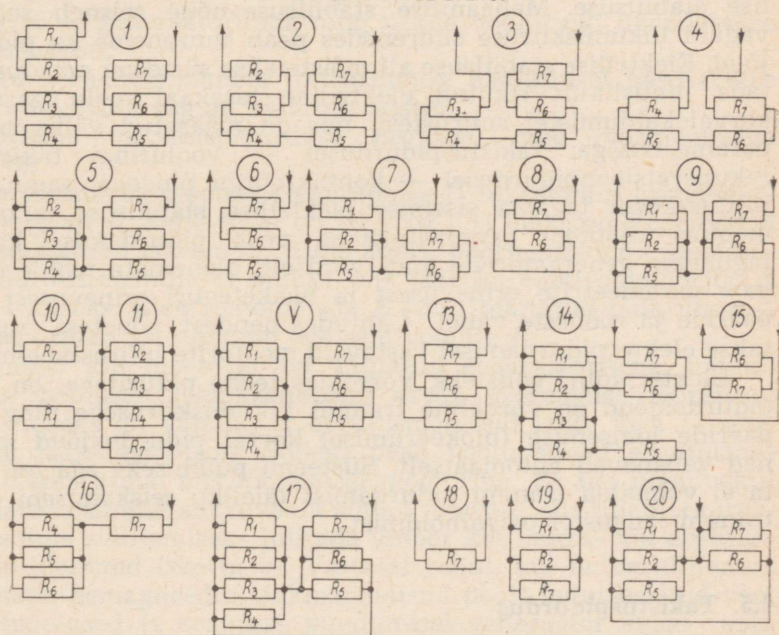
Kontrolleri St. NFB-4 suurem käivitusastmete arv on võimaldanud suurendada käivitustakisti takistuse koguväärtust kuni 7,3 oomini. Sellega saavutatakse suurem sujuvus nii käivitamisel kui ka pidurdamisel. Peale selle on skeemis ette nähtud tagurpidi sõidu võimalus eraldi mootoritega. See on eriti vajalik ühe rikkis mootoriga manööverdumisel.

Antud skeem erineb konstruktiivselt veel selle poolest, et käivitustakisti (R1 kuni R7) on lülitatud vooluringi pärast mootoreid, s. o. mootorite miinusjuhtmesse. Selline lahendus võimaldab minimaalsete ümberlülitustega elektrilisele pidurdusele ülemineku. Kontrolleri sõidu lülitusdiagramm ning neile vastavad käivitustakisti sektsioonide lülitused on toodud joonisel 69.

KONTROLLERI LÜLITUSASTMED

Lülitusaste	Sõitmine																						Astmesse sisseküllutatud takistid	Kogul-takistus Ω	
	Kontaktorid																								
	1n	2n	3n	4n	5n	6n	7n	8n	9n	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22			23
1	○	○					○																	$R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6 + R_7$	7,3
2	○	○						○					○											$R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6 + R_7$	4,3
3	○	○					○	○										○						$R_3 + R_4 + R_5 + R_6 + R_7$	3,3
4	○	○							○															$R_4 + R_5 + R_6 + R_7$	2,3
5	○	○				○		○	○					○										$R_5 + R_6 + R_7 + (R_2 \parallel R_3 \parallel R_4)$	1,8
6	○	○				○	○	○	○															$R_6 + R_7$	1,5
7	○	○								○														$R_6 + R_7 + (R_1 \parallel R_2 \parallel R_5)$	1,2
8	○	○				○	○	○	○															$R_6 + R_7$	0,82
9	○	○				○	○	○	○															$R_7 + (R_1 \parallel R_2 \parallel R_5 \parallel R_6)$	0,57
10	○	○				○	○	○	○															R_7	0,36
11	○	○				○	○	○	○					○										$R_1 \parallel R_2 \parallel R_3 \parallel R_4 \parallel R_7$	0,164
12	○	○				○	○	○	○															—	0
Vahe	○	○				○	○	○	○					○	○									$R_5 + R_6 + R_7 + (R_1 \parallel R_2 \parallel R_3 \parallel R_4)$	1,8
13		○				○	○	○	○					○										$R_5 + R_6 + R_7$	1,5
14		○				○	○	○	○					○										$R_6 + R_7 + (R_1 \parallel R_2 \parallel R_3 \parallel R_4 \parallel R_5)$	1,03
15		○				○	○	○	○					○										$R_6 + R_7$	0,82
16		○				○	○	○	○					○										$R_7 + (R_4 \parallel R_5 \parallel R_6)$	0,64
17		○				○	○	○	○					○										$R_7 + (R_1 \parallel R_2 \parallel R_3 \parallel R_4 \parallel R_5 \parallel R_6)$	0,5
18		○				○	○	○	○					○										R_7	0,36
19		○				○	○	○	○					○	○									$R_1 \parallel R_2 \parallel R_7$	0,26
20		○				○	○	○	○					○	○									$R_1 \parallel R_2 \parallel R_3 \parallel R_6 \parallel R_7$	0,134
21		○				○	○	○	○					○	○									—	0
22		○				○	○	○	○					○	○									—	0

TAKISTUSSEKTSIOONIDE LÜLITUS



Joon. 69. Kontrolleri St. NFB-4 käivitusastmed ning neile vastavad takisti sektsioonide lülitused

4.4. Elekterpidurdus

Elekterpidurdusel liikuva trammi kineetiline energia kustutatakse pidureis. Enamiku pidurite juures pidurdamisel vabanev energia kaob kasutult.

Pidurdusjõu rakendamise iseloomu järgi jaotatakse pidurid mehaanilisteks ja elektrilisteks. Mehaanilised pidurid võivad omada käsi- või elektriajami. Viimaseis kasutatakse elektrienergiat mehaanilise piduri käitamiseks (näiteks solenoidpidur, elektromagnetiline pidur jt.).

Elekterpiduri tööpõhimõte rajaneb veomootori omadusel töötada ka generaatorina. Generaator võimaldab trammi kineetilise energia muundada elektrienergiaks.

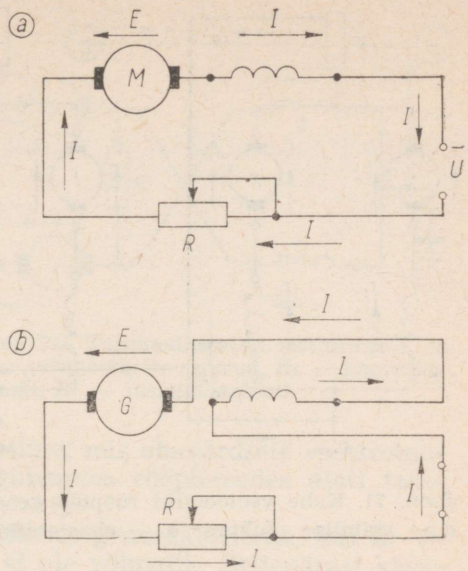
Inertsil mõjul liikuva trammi rattapaar, mis on sidestatud hammasrataste kaudu veomootori ankruvõlliga, paneb ankrud pöörlema. Veomootor, töötades seejuures generaatorina, muudab trammi liikumisenergia elektrienergiaks. Selle elektrienergia võib kustutada koormustakistitel (muuta soojusenergiaks) või anda tagasi kontaktvõrku. Esimest moodust nimetatakse takistuspidurduseks, teist rekuperatsioonpidurduseks.

Elekterpidurdus on teostatav tingimusel, kui veomootorite lülitusskeem generaatoritena tagab süsteemi mehaanilise ja elektrilise stabiilsuse. Mehaanilise stabiilsuse nõue seisneb selles, et vaguni liikumiskiiruse suurenedes peab suurenema ka pidurdusjõud. Elektrilise stabiilsuse all mõistetakse süsteemi omadust taastada juhuslikult rikunud elektriline tasakaal voolu igasugustel kõrvalekaldumistel suurustest, mis on määratud välisvooluringi parameetritega: takistuspidurdusel — vooluringi takistusega, rekuperatsioonpidurdusel — kontaktvõrgu pingega; samuti peab lülitusskeem tagama sisemise elektrilise stabiilsuse, s. o. kahe mootori rööptööl generaatoritena peab pidurdamisel koormus jagunema generaatoreile alati võrdselt, olenemata nende mõningate parameetrite erinevusest ja haaketeguri erinevusest rattapaaride ja rööbaste vahel. Lähtudes nendest nõuetest, rakendatakse elekterpidurdamisel vastavaid mootorite lülitusskeeme.

Elekterpiduri eelisteks, võrreldes teiste piduritega, on see, et pidurdusjõud on võrdeline trammi liikumiskiirusega ning rattapaaride lohisemise (blokeerumise) korral pidurdusjõud kaob ja nad vabanevad automaatselt. Süsteemi puuduseks aga on see, et ta ei võimalda trammi pidurdamist täieliku seiskamiseni ega ka trammi langustel paigalhoidmist.

4.5. Takistuspidurdus

Kõigil Gotha tehaste trammidel on kasutusel takistuspidurduse süsteem. Pidurdusrežiim lülitatakse sisse kontrolloriga — nukkvõlli pööramisega pidurdusastmetele. Seejuures veomootorid lüli-



Joon. 70. Takistuspidurduse põhimõtteskeem:
 a — veorežiim; b — pidurdusrežiim

tatakse tööle generaatoritena ning nende vooluringi ühendatakse koormustakisti.

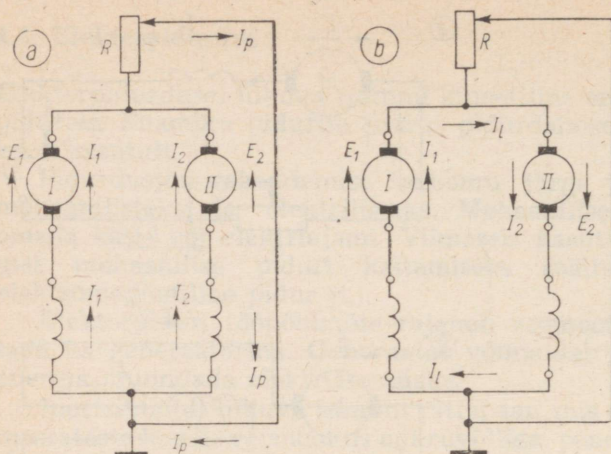
Vaguni elektriseadmete lihtsustamise kaalutlusel kasutatakse koormustakistina vaguni käivitustakistit.

Vaatleme takistuspidurduse protsessi ühe veomootoriga (joon. 70).

Veorežiimis on mootori klemmipinge U suurem kui vastuelektromotoorjõud E . Selle tõttu on ka vool I ja elektromotoorjõud E vastassuunalised (skeem a). Kuna ankrupöörlemissuund üleminekul pidurdusrežiimile ei muutu, siis jääb ka elektromotoorjõu E suund endiseks. Elektromotoorjõu E poolt tekitatud pidurdusvool I_p on aga nüüd vastupidine endisele voolule I .

Alguses, kui mootorid on lülitatud generaatoritena, toimub ergutus pooluste jääkmagnetismi arvel. Normaalse töörežiimi saavutamiseks on vajalik, et ergutusmähiseid läbiv vool I_p suurendaks jääkmagnetismi. Selleks peab voolu suund ergutusmähistes olema sama, mis töötamisel mootorina. Et aga üleminekul generaatorrežiimile ankruvoolu suund muutub, siis tuleb ergutusvoolu suuna säilitamiseks lülitada ümber kas ankru- või ergutusmähiste klemmid (skeem b). Vastasel juhul, kui ümberlülitamist ei teostata, demagneedib jääkmagnetismi poolt indutseeritud vool magnetpoolused ja ergutuse puudumisel generaator enam voolu ei anna.

Kahe mootoriga pidurdussüsteemi juures omab olulist tähtsust, nagu eespool oli öeldud, skeemi sisemine elektriline stabiilsus.



Joon. 71. Kahe veomootori rööptöö generatsioon:
 a — stabiilne olukord; b — ebastabiilne olukord

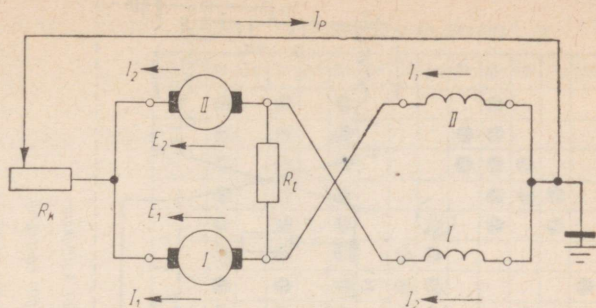
Praktiliselt kasutatakse pidurdamisel mootorite rööplülitust. Seejuures vajalik koormustakisti takistus ei ületa käivitustakisti takistust ja võimaldab kasutada ühist takistikomplekti nii käivitamisel kui ka pidurdamisel.

Kahe veomootori töötamisel generaatoritena rööplülituses (joon. 71, a) oleks rööpharusid läbivate voolude võrdsus ($I_1 = I_2$), s. o. skeemi sisemise stabiilsuse nõue tagatud ainult juhul, kui elektromotoorjõud E_1 ja E_2 oleksid võrdsed.

Tegelikult, erinevus mootorite karakteristikutes, magnetiliste takistuste ebavõrdsus, juhuslik rattapaari lohisemine jne. põhjustavad eksploatatsioonitingimustes mootorite elektromotoorjõudude ebavõrdsuse.

Igasugune ebavõrdsus elektromotoorjõudude vahel kutsub esile ebaühtlase voolude jagunemise rööpharudes. Näiteks, isegi väike jõu E_1 suurenemine esimeses mootoris põhjustab voolu I_1 suurenemise, kusjuures samaaegselt teises mootoris elektromotoorjõud E_2 ja vool I_2 vähenevad. Seega esimese mootori koormus suureneb, teise mootori koormus väheneb. Voolu I_1 suurenemisele kaasnab edasine jõu E_1 suurenemine ja vastavalt jõu E_2 ja voolu I_2 vähenemine. See protsess kestab seni, kuni teise mootori vool I_2 on muutunud nulliks. Pärast seda voolu suund selles mootoris muutub vastupidiseks ning poolused magneetuvad ümber. Lõpptulemusena osutuvad mootorid jadalülituses töötavaiks lühistatud generaatoriteks, kusjuures vool on piiratud ainult nende endi mähiste takistustega (joon. 71, b).

Tegelikult skeemi sisemise stabiilsuse nõue ei seisne elektromotoorjõudude võrdsuses. Seda ei suuda garanteerida ükski lüli-



Joon. 72. Tasakaalustatud ristlülitus I ja II — veomootorite ankrud, R_k — koormustakisti, R_t — tasandustakisti

tusskeem. Skeem peab olema selline, mis ebavõrdsete elektromootorjõudude puhul voolude jagunemise rööpharudes alati tasakaalustaks, s.o. säilitaks suhte $I_1 = I_2$.

Mootorite töötamisel rööplülituses generaatoritena, kui $E_1 \neq E_2$, suhte $I_1 = I_2$ säilitamine ei ole võimalik. Sellepärast kasutatakse erilülitusskeeme.

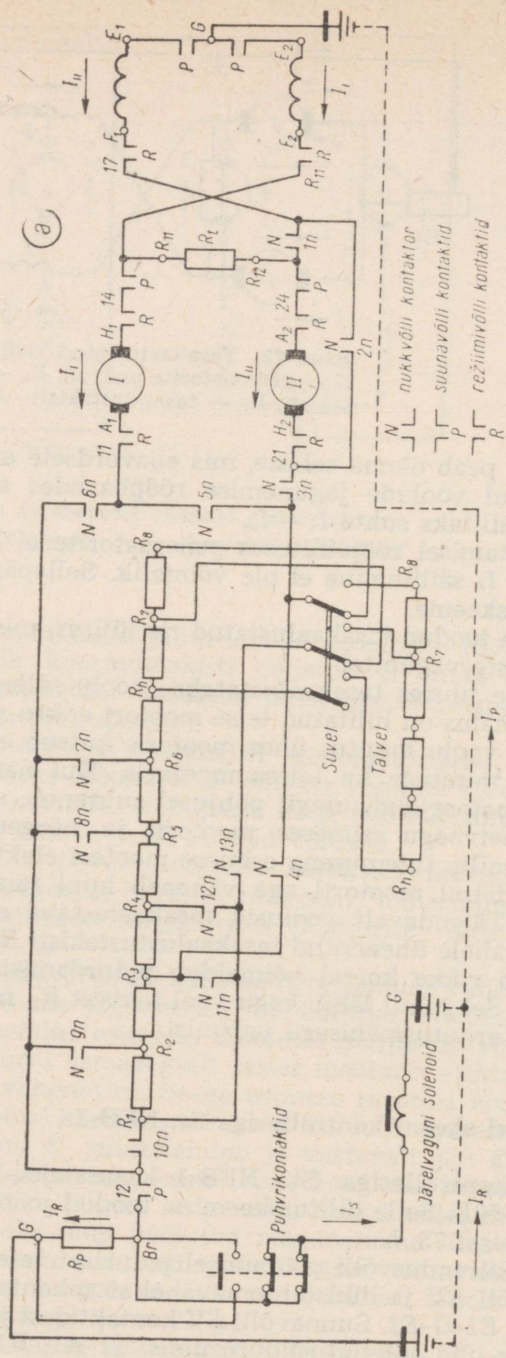
Joonisel 72 on toodud tasakaalustatud ristlülitus, mis on kasutusel Gotha tehaste vagunitel.

Antud lülituse juures tasakaalustatakse voolu sellega, et ühe mootori ergutusmähis on lülitatud teise mootori ankru vooluringi. Seega igasugune voolu muutus ühes mootoris kutsus esile sama-suunalise voolu muutuse ka teises mootoris. Kui näiteks teise mootori elektromotoorjõud mingil põhjusel suureneb, siis vool I_2 suurendab magnetvoogu esimeses mootoris ja nõrgendab seda teises mootoris, mille tulemusena esimese mootori elektromotoorjõud suureneb, teisel mootoril aga väheneb kuni täieliku tasakaalustumiseni. Täiendavalt voolusid tasakaalustava elemendina on rööpharude vahele ühendatud tasakaalustustakisti R_t , mis ühtlasi ühe mootori rikke korral võimaldab pidurdamist ka ainult teise mootoriga. Sel juhul läbib kogu vool takistit R_t , mis on lülitatud ankru- ja ergutusmähisega jadamisi.

4.6. Elekterpiduri skeem kontrolloriga St. NFB-1

Elekterpidurit kontrolloriga St. NFB-1 kasutatakse trammidel T-54, T-57 ja T-59E. Selle lülitusskeem on toodud joonisel 73, a ja lülitustabel joonisel 73, b.

Kontrolleri kiirendusvõlli pööramisel piduriastmetele pöördub esmalt režiimivõlli RV ja lühistab omavahel sõrmkontaktid Br-12, R11-14, 24R-12, E1-G-E2. Suunavõlli SV kontaktidest jäävad suletuks samad, mis olid suletud sõidurežiimis: 11-A1, H1-14, 17-F1, 21-H2, A2-24 ja R11-F2.



I_1 - esimese mootori vool I_2 - teise mootori vool I_3 - solenoidi läbiv vool I_4 - kogu pidurdusvool $I_5 + I_6 = I_p$
 $I_1 + I_2 = I_p$ $I_1 + I_2 = I_p$ $I_1 + I_2 = I_p$

Joon. 73, a. Kontrolleriiga St. NFB-1 elektriduri lülitusskeem

(b)

Lülitustabel (nukkvõlli)

kont pos	1n	2n	3n	4n	5n	6n	7n	8n	9n	10n	11n	12n	13n
1	●		●		●					●			
2	●		●		●				●	●			
3	●		●		●				●	●	●		
4	●		●		●					●	●	●	
5	●		●		●			●		●		●	
6	●		●		●		●	●					
7	●		●		●		●	●					●
8	●		●		●		●	●			●		●
9	●		●		●		●	●			●	●	●
10	●		●		●		●	●	●	●		●	●
11	●		●	●	●		●	●	●	●		●	●
12	●		●	●	●		●	●	●	●		●	●
13	●		●	●	●	●	●	●	●	●		●	●

Joon. 73, b. Kontrolleriga St. NFB-1 elekterpiduri lülitustabel

Elekterpiduri esimesel lülitusastmel sulguvad kontaktorid (K) $1n$, $3n$, $5n$ ja $10n$. Seega on skeem kontaktvõrgust lahutatud ja mootorid töötavad generaatoritena tasakaalustatud ristlülituses. Generaatoritele koormuse (elektrienergia tarbija) moodustab käivitustakisti, mis on lülitatud generaatorite vooluringi.

Režiimivõlli sõrmkontaktide $Br-12$ kaudu on skeemi lülitatud veel lisatakisti R_p , millel tekki pingelang põhjustab osa pidurdusvoolust läbi järelvaguni pidurisolenoidi mähise suunamise. Kuna solenoidi mähise takistus on ligilähedane takisti R_p suurussele, siis mõlemad rööpharusid läbivad voolud on peaaegu võrdsed $I_r \approx I_s$. Solenoidi mähisest ei juhita läbi kogu pidurdusvoolu sellepärast, et võimaliku rikke või halva ühenduse korral puhvrikontaktides katkeks vooluring ja elekterpidur lakkaks töötamast. Takisti R_p tagab aga mootorvaguni pidurdusvooluringi alalise suletuse, olenemata solenoidi toite rööpharu seisukorrast.

Juhul, kui mootorvagun sõidab ilma järelvagunita, ei ole takisti R_p vajalik. Sellepärast on mootorvaguni puhvris kontaktid K_p , mis järelvaguni lahtihaakimisel automaatselt sulguvad ja lühistavad takisti R_p .

Vaatleme antud skeemilt pidurdusvoolu kulgu. Veomootorite ankrumähistes indutseeritud elektromotoorjõud tekitavad voolud I_1 ja I_2 , mis on ühesuunalised ja läbides vastavalt suunavõlli SV kontakte $A1-11$ ja $H2-21$ ning kiirenduskontaktoreid $5n$ ja $3n$, liituvad ühiseks vooluks I_p .

Esimesel pidurdusastmel on kõik koormustakisti sektsioonid lülitatud vooluringi jadamisi. Seega kogutakistus on maksimaalne ($5,609 \Omega$). Edasi kulgeb pidurdusvool I_p läbi kontakti $10n$ ja režiimivõlli kontaktide $12-Br$. Siin hargneb vool I_p vooludeks I_r ja I_s . Nendest vooludest I_r läbib takisti R_p ja vool I_s järelvagunis

asuva solenoidi mähise. Mõlemad voolud juhatakse vaguni metallkeresse, kus nad liituvad uuesti vooluks I_p . Edasi kulgeb vool I_p mööda metallkeret ning suubub tagasi skeemi maandusjuhtme G ja režiimikontaktide $G-E1-E2$ kaudu. Siit edasi vool I_1 , läbides teise mootori ergutusmähise $E2-F2$, suunakontaktid $F2-R11$, režiimikontaktid $R11-14$ ja suunakontaktid $14-H1$, suubub tagasi esimese mootori ankrumähisesse. Samal ajal vool I_2 , läbides esimese mootori ergutusmähise $E1-F1$, suunakontaktid $F1-17$, kontakti $1n$, režiimikontaktid $R12-24$ ja suunakontaktid $24-A2$, suubub tagasi teise mootori ankrumähisesse.

Igal järgneval kontrolleri lülitusastmel koormustakisti suurus väheneb (vt. kontaktorite lülitustabelit).

Viimasel astmel sulgub kontakt $6n$ ja lühistab koormustakisti. Juhul, kui mootorvagun sõidab koos järelvaguniga, jääb viimasel (13.) pidurdusastmel vooluringi takisti R_p . Üksiku mootorvaguni puhul töötavad mootorid viimasel astmel lühistatud generaatoritena.

Külmal aastaajal kasutatakse koormustakistil eralduvat soojust osaliselt mootorvaguni kütteks. Selleks lülitatakse vagunis olev takistite ümberlülitit asendisse «Talvel» ning vagunisse monteeritud koormustakistite sektsioonid kuumenevad pidurdusvoolu läbimisel.

Ühe veomootoriga elekterpidurdusel läbib pidurdusvool tasakaalustustakisti R_t ja mootori enda ergutusmähised. Sel juhul üksik mootor töötab generaatorina endaergutuse põhimõttel. Muus osas jääb skeem muutmatuks.

4.7. Elekterpiduri skeem kontrolleri St. NFB-4

Trammides T2-62 ja G4-61 kasutatav pidurdusskeem kontrolleri St. NFB-4 ei erine põhimõttelt eelkirjeldatud skeemist, kuid omab konstruktiivseid erinevusi, mis vajavad selgitamist. Skeem on toodud joonisel 74 ning kontrolleri lülitusastmed joonisel 75.

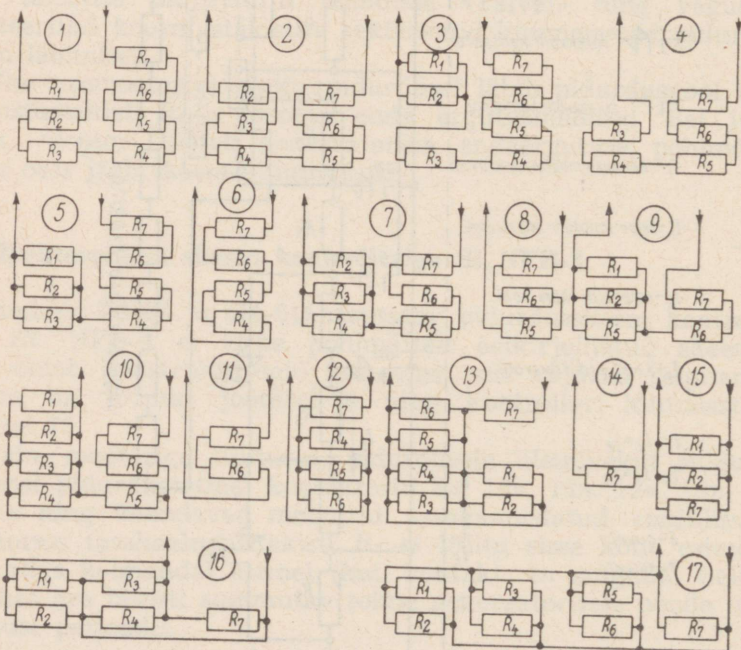
Kahe mootoriga lülituses, pidurdusele üleminekul sulguvad esimesel pidurdusastmel kontaktorid $8n$, $13n$, $14n$, $16n$, $19n$, $20n$ ja $23n$ ning ühendavad mootorid tasakaalustatud ristlülitusse. Siinjuures tasakaalustustakisti R_t ei lülitu sisse kohe esimesel, vaid alles kolmandal astmel (kui kontakt $4n$ sulgub). Sellega hoitakse ära takisti summutav toime generaatoritele nende ülesergutuse perioodil.

Esimese mootori ankrumähises indutseeritud vool I_1 läbib suunavõlli kontaktid $A1-A11$, $A11-E21$, kontakti $16n$, teise mootori ergutusmähise $E2-F2$, suunavõlli kontaktid $F2-F21$ ja kontakti $14n$ ning suundub koormustakistile. Samal ajal teise mootori vool I_2 läbib suunavõlli kontaktid $H2-H21$, $H21-E11$, kontakti $23n$, esimese mootori ergutusmähise $E1-F1$ suunavõlli kontaktid

KONTROLLERI LÜLITUSASTMED

Lülitusaste	Pidurdamine																						Astmesse sisselülitatud takistid	Kogu-takistus Ω	
	Kontaktorid																								
	1n	2n	3n	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22			23
1							○					○	○	○				○	○					$R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6 + R_7$	7,3
2							○					○	○	○				○	○					$R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6 + R_7$	4,8
3			○				○					○	○	○				○	○					$R_3 + R_4 + R_5 + R_6 + R_7 (R_1 \parallel R_2)$	4,2
4			○				○	○				○	○	○				○	○					$R_3 + R_4 + R_5 + R_6 + R_7$	3,3
5			○				○	○	○			○	○	○				○	○					$R_4 + R_5 + R_6 + R_7 (R_1 \parallel R_2 \parallel R_3)$	2,8
6			○				○	○	○			○	○	○				○	○					$R_4 + R_5 + R_6 + R_7$	2,3
7			○				○	○	○			○	○	○				○	○					$R_5 + R_6 + R_7 + (R_2 \parallel R_3 \parallel R_4)$	1,8
8			○				○	○	○			○	○	○				○	○					$R_5 + R_6 + R_7$	1,5
9			○				○	○	○			○	○	○				○	○					$R_6 + R_7 + (R_1 \parallel R_2 \parallel R_5)$	1,2
10			○				○	○	○			○	○	○				○	○					$R_6 + R_7 + (R_1 \parallel R_2 \parallel R_3 \parallel R_4 \parallel R_5)$	1,03
11			○				○	○	○			○	○	○				○	○					$R_6 + R_7$	0,82
12			○	○			○	○	○			○	○	○				○	○					$R_7 + (R_4 \parallel R_5 \parallel R_6)$	0,63
13			○	○	○		○	○	○			○	○	○				○	○					$R_7 + (R_1 \parallel R_2 \parallel R_3 \parallel R_4 \parallel R_5 \parallel R_6)$	0,5
14			○	○	○	○	○	○	○			○	○	○				○	○					R_7	0,36
15			○	○	○	○	○	○	○			○	○	○				○	○					$R_1 \parallel R_2 \parallel R_7$	0,26
16			○	○	○	○	○	○	○			○	○	○				○	○					$R_1 \parallel R_2 \parallel R_3 \parallel R_4 \parallel R_7$	0,164
17			○	○	○	○	○	○	○			○	○	○				○	○					$R_1 \parallel R_2 \parallel R_3 \parallel R_4 \parallel R_5 \parallel R_6 \parallel R_7$	0,102
18			○	○	○	○	○	○	○			○	○	○				○	○					—	0

TAKISTUSEKTSIOONIDE LÜLITUS



Joon. 75. Kontrolleri St. NFB-4 pidurdusastmed ning neile vastavad takisti seksioonide lülitused

$F1-F11$ ja kontakti $13n$ ning suundub samuti koormustakistile, kus liitub vooluga I_1 ühiseks pidurdusvooluks I_p . Vool I_p läbib koormustakisti, mille suurus esimesel pidurdusastmel on $7,3 \Omega$, ja suundub läbi kontakti $8n$ vaguni metallkeresse. Skeemi tagasi tuleb vool mööda kahte rööpharu: osa (I_s) läbi järelvaguni sole-noidi mähise ja osa (I_n) läbi rööptakisti, mis asub mootorvaguni katusel. Edasi kulgeb I_p kontaktoritele $19n$ ja $20n$. Siit edasi läheb I_1 läbi kontakti $20n$ ja suunavõlli kontaktide $H11-H1$ tagasi esimese mootori ankrumähisesse. Samuti läbib I_2 kontakti $19n$ ja suunavõlli kontaktid $A21-A2$ ning suubub tagasi teise mootori ankrumähisesse.

Üksikmootorlülituses pidurdusvool tasakaalustustakistit ei läbi. Näiteks esimese mootori pidurdamisel kulgeb pidurdusvool järgmiselt: esimese mootori ankrumähis, suunavõlli kontaktid $A1-A11$ ja $A11-E11$, kiirenduskontaktid $23n$, ergutusmähis $E1-F1$, suunavõlli kontaktid $F1-F11$, kontakt $13n$, koormustakisti. Edasi kulgeb vool samuti kui kaksikmootorlülituses. Igal järgneval lülitusastmel väheneb koormustakisti suurus (vt. kontaktorite lülitustabelit). Viimasel, s. o. 18. astmel on koormustakisti lühis-tatud.

Ka antud skeemis on ette nähtud mootorvaguni kütmine dub-leerivate koormustakisti sektsioonidega, mis on monteeritud vaguni istepinkide alla.

4.8. Solenoidpidur

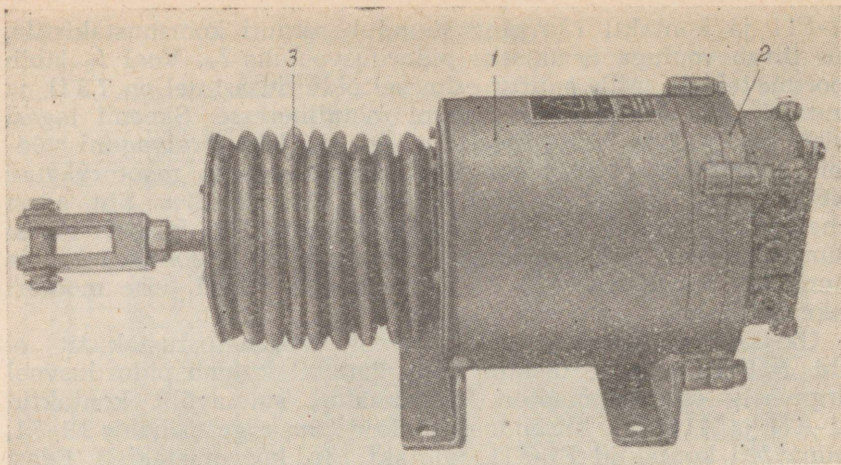
Trammi mootorvaguni elektrilisel pidurdamisel järelvagun ei pidurdu. Selle tulemusel tekib järelvaguni «pealejooks», pikeneb pidurdustee ja pidurdus on tõukeline. Nende puuduste kõr-valdamiseks kasutatakse järelvagunitel solenoidpidurit. Solenoid-pidur kujutab endast tugevajõulist elektromagnetit, mille liikuv südamik on keti ja tõmbevarda kaudu ühenduses järelvaguni tangpiduriga.

Elekterpidurdusel osa pidurdusvoolust juhitakse vagunite-vahelise juhtmestiku kaudu läbi solenoidi mähise. Voolu läbimisel solenoidi mähises tekkiv magnetväli tõmbab südamiku sisse ja viimane omakorda tõmbab ketastele piduriklotsid.

Solenoidi ehitus on toodud joonisel 77.

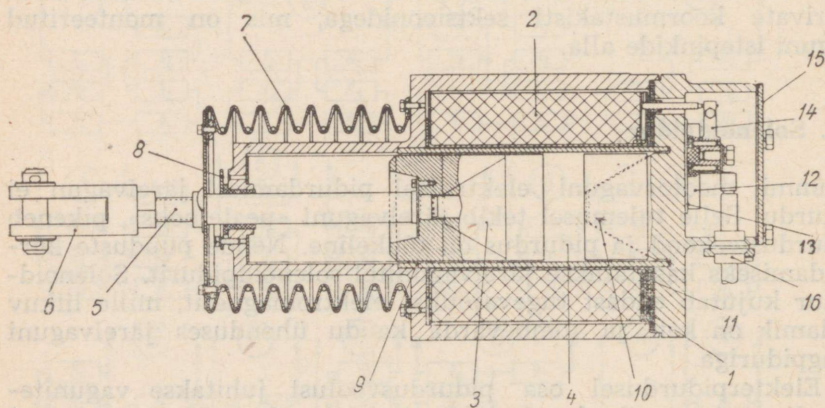
Solenoid koosneb teraskerest 1, silindrist 2, südamikust 3 koos tõmbevardaga 4, mähisest 5, tolmuksaitseõõtsast 6, klemmikar-bist 7 ja kinnitusdetailidest.

Keresse on asetatud isoleeritud vasktraadist mähis. Mähis on paigutatud pronksist või alumiiniumist silindrile, mille sees liigub vabalt pehmest terasest südamik. Hõõrdetakistuse vähendamiseks on südamikule asetatud grafiidist või kapronist vöö. Magnet-jõujoonte paremaks suunamiseks on südamiku tagumises otsas kooniline süvend, mis ühtib tagakaane küljes oleva koonusega.



Joon. 76. Solenoid S. Br. 2:

1 — teraskest; 2 — kaas; 3 — lõõts



Joon. 77. Solenoidi ehitus:

1 — teraskest; 2 — mähis; 3 — südamik; 4 — vöö; 5 — varras; 6 — ühenduskahvel; 7 — lõõts; 8 — varda puks; 9 — alumiiniumsilinder; 10 — põhjakoonus; 11 — isoleertihend; 12 — klemmitahvel; 13 — tihend; 14 — klemmid; 15 — klemmikarbi kaas; 16 — tihenduspuks

Südamiku teise otsa külge on kinnitatud tõmbevarras, mille väljaulatuv ots on varustatud ühenduskahvli ja tikkpoldiga.

Tolmukaitselõõts, mille üks ots on tõmbevarda, teine solenoidi kere küljes, hoiab ära tolmu, vee ja pori sattumise solenoidi sisemusse. Ühendusjuhtmete otsad ühendatakse klemmikarbis olevate kontaktpoltide alla. Niiskuse sisseimbumise vältimiseks

on mähise ümbrus täidetud isoleeriva kompaundiga. Solenoid kinnitatakse poltide abil järelvaguni alusraami külge.

Solenoidpidur omab järgmisi puudusi: 1) tõmbejõud sõltub südamiku asendist mähises, 2) ei vabasta iseseisvalt vaguni rataid lohisemise puhul.

Pidurisolenoidi S. Br. 2 tehnilised näitajad on järgmised:

nimipinge 65 V;

mähise takistus 0,59 Ω ;

nimivool 100 A;

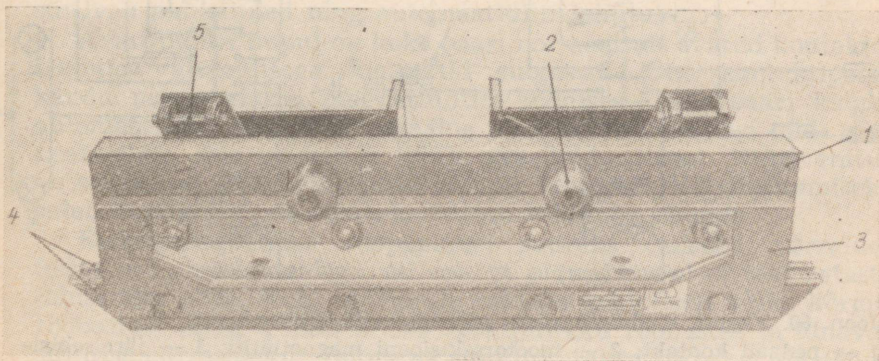
südamiku käik 60/140 mm;

tõmbejõud 5,5/3,0 kN (550/300 kgf).

4.9. Elektromagnetiline rööppidur

Elektromagnetilise rööppiduri ehitus on järgmine. Vaguni telje puksidele toetuvate kandelattide külge, 6—8 mm kõrgusele rööpmetest on tugevate spiraalvedrude abil riputatud piklikud elektromagnetid (joon. 78).

Igal vagunil on kaks rööppidurit. Elektromagnetid saavad tööte kas kontaktvõrgust (kõrgepingelised) või vaguni akupatareidest (madalpingelised). Voolu sisselülitamisel tõmbuvad magnetid tugevasti rööpmete külge, mille tulemusena tekib suur hõõrdumine ja tugev pidurdusefekt. Seejuures iga magneti poolt arendatav pidurdusjõud on võrdeline magneti tõmbejõuga ja talle ning rööpa vahelise hõõrdeteguriga. Magnetit tõmbejõud rööpa külge sõltub talle ja rööpa vahelisest õhupilust, sest jääva magnetimisergutuse puhul õhupilu suurenemisel magnetvoog nõrgeneb. See sõltuvus ongi elektromagnetilise rööppiduri põhiliseks puuduseks.



Joon. 78. Rööppiduri magnet Schr. Br. 2a:

1 — mähisekarp; 2 — läbiviikpuksid; 3 — põsk; 4 — tallad; 5 — riputuspoldid

Vagunite T-54/B-54 rööapidurite lülitusskeem on toodud joonisel 79.

Nimetatud vagunitel saavad rööapidurid toite kontaktvõrgust. Magnetid on lülitatud omavahel rööbiti. Ühe magneti tööpinge on 145 V, vool 6 A. Seegä suurem osa pingest kustutatakse eeltakistil. Mootorvaguni rööapidurite eeltakisti asub vaguni katusel, järelvagunil — istepingi all plekk-kastis. Rööapidurilüliti asub juhiruumi põranda all. Tema ehitus on analoogiline kontrolleri NFB-1 kontaktori ehitusega. Erinevuseks on see, et kaare kustutuspooli asemel kasutatakse siin selleks püsomagnetit. Lülitajam on hoova kaudu ühenduses pedaaliga.

Kõrgepingeliste rööapidurite puuduseks on see, et toitepinge puudumisel (kontaktvõrgu väljalülitumise korral) nad ei tööta.

Vagunitel G4-61 ja T2-62/B2-62 on kasutusel madalpingelised rööapidurid, mis toituvad vaguni akupatareidest. Joonisel 80 on toodud nende lülituse põhimõtteskeem.

Madalpingeliste magnetite tööpinge on 9 volti. Et nad on lülitatud omavahel jadamisi, siis kogu nende rakenduspinge on 18 volti, s.o. minimaalselt lubatav pinge 24 V nimipingega süsteemis. Magnetite töövool on 50 amprit. Rööapidurid lülitatakse sisse kahe magnetlülitiga. Üks magnetlüliti asub mootorvaguni, teine järelvaguni sektsiooni istepingi all. Juhiruumis asuvale pedaalile vajutamisel pingestatakse 24 V abivooluringi ühendatud magnetlülitite mähised ja lülitid rakenduvad. Magnetlülitite peakontaktid, mis on arvestatud suurtele voolutugevustele, sulevad magnetite vooluringid, kuna samaaegselt sulguvate abikontaktide ülesandeks on piduritulede sisselülitamine. Sama tüüpi (EMS 30) magnetlülitid kasutatakse ka kõrgepingeliste rööapidurite lülitamisel vagunitel T2-63/B2-62. Nende lülitite peakontaktid on varustatud elektromagnetiliste kaarekustutitega.

Vagunid B2-62 ja G4-61 on varustatud avariipiduri nuppudega. Nuppude vajutamisel rakenduvad rööapidurid (joon. 80), süttivad pidurituled ning automaatlüliti lahutub.

Avariipiduri nupul on kaks paari normaalselt avatud kontakte. Nupule vajutamiseiga kontaktid sulguvad. Ühe kontaktipaari kaudu pingestatakse magnetlülitite mähised, teise paari kaudu automaatlüliti eemaltlülitismähis ning antakse ühtlasi toide signaalkellale, mis teadustab juhile avariipidurdusest. Nupu ehitus on selline, et ta sisselülitatud asendis lukustub. Väljalülitamiseks tuleb nuppu pöörata vastu kellaosuti liikumise suunda.

Elektromagnetilise rööapiduri suureks eeliseks, võrreldes teiste pidurisüsteemidega, on see, et pidurdamisel ei teki rataste lohisemise ohtu. Kuid magnetite taldade suhteliselt väike kõrgus rööbastest (kuni 8 mm) nõuab eeskujulikku rööbaste ja tänava-sillutise korrasolekut. Suurema riputus kõrguse korral ei ole nende normaalne töötamine tagatud. Rööapidureid ei saa kasutada vaguni liikumisel väikese raadiusega kurvidel, sest vaguni rattapaaride vahele riputatud magnetid ei asu sel juhul rööbaste kohal.

Rööpapidurite kasutamine tööpidurina ei ole õigustatud, sest mähiste halbade jahtumistingimuste tõttu on nende lubatav suhteline töötamisaeg 25%. Peale selle põhjustavad nad rööbastee intensiivse kulumise.

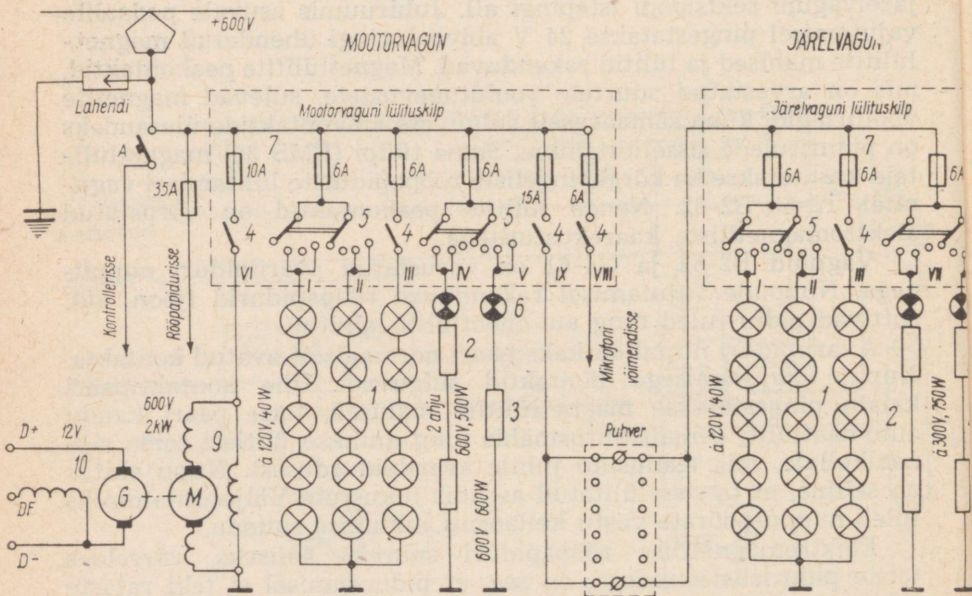
Maksimaalse pidurdusefekti saavutamiseks avariipidurdusel on soovitatav esmajärjekorras lülitada sisse rööpapidur koos liivapuisturiga (see suurendab hõõrdetegurit) ning seejärel elekterpidur. Selline järjekord välistab kõige enam rataste lohisemise.

4.10. Kõrgepingelised abivooluringid

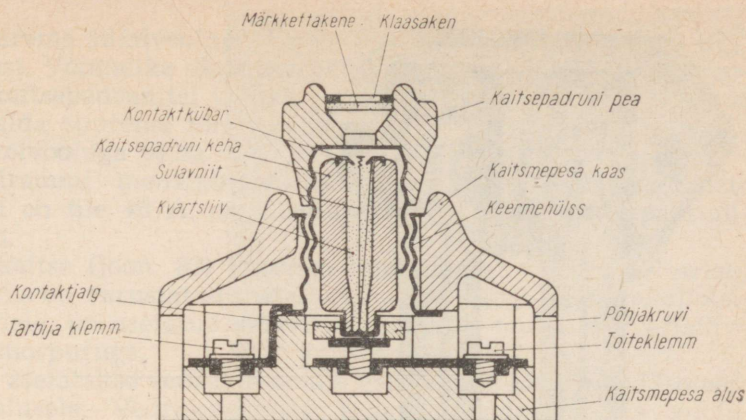
Vaguni kõrgepingeliste abivooluringide hulka kuuluvad valgustuse, kütte, kompressori või muunduri mootori ja signalisatsiooni vooluringid.

Kõik nimetatud vooluringid saavad toite kontaktvõrgust.

Abiseadmete lülitusskeemid, vaatamata trammitüüpide erinevusele, on põhiliselt analoogilised. Erinevus on ainult abiseadmete arvus ja paigutuses.



Joon. 81. Kõrgepingeliste abivooluringide skeem (tramm T-54/B-54):
 1 — reisiruumi ja liinnumbrite valgustus; 2 — elektriahjud; 3 — aknasoojendi; 4 — kahepositsiooniline pakettlülit; 5 — neljapositsiooniline pakettlülit; 6 — kütte signaallambid; 7 — lülituskilbid; 8 — vahepuhvri kontaktid; 9 — muunduri mootor; 10 — generator



Joon. 82. Padrunkaitse koos pesaga

Võimalike lühiste vastu on kõik abivooluringid varustatud sulavkaitsmetega. Tarbijate sisse- ja väljalülitamiseks on igas vooluringis pakettlülitid, mis on arvestatud tööpingele 750 V.

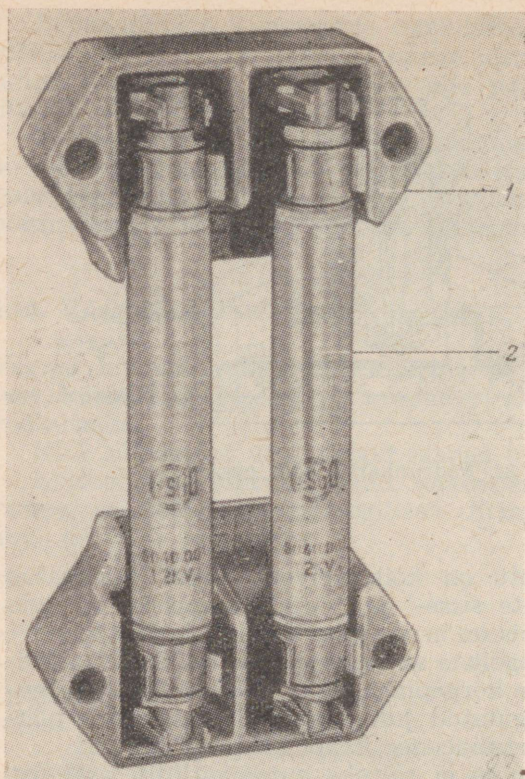
Trammi kõigi kõrgepingeliste abivooluringide kaitsmed ja lülid on monteeritud ühisele kõrgepinge lülituskilbile. Mootorvagunites on lülituskilbid paigutatud juhuruumi, järelvagunites platvormi vaheseinale või spetsiaalsesse kappi istepingi all.

Et abiseadmete töötamine ei sõltuks automaatlülitidest, ühendatakse mootorvaguni lülituskilbi toitejuhe automaatlülitidest vooluvõtturipoolse klemmi külge. Järelvaguni lülituskilp saab toite läbi mootorvaguni lülituskilbil oleva sulavkaitsme ja lülitid (joon. 81).

4.11. Sulavkaitsmed

Sulavkaitse kujutab endast vooluringi lülitatud kergesti sulavat juhtmelõiku, mis seadmeid või juhtmeid ohustava voolu korral läbi sulab ja vooluringi katkestab. Madalpingeliste kaitsmete sulavriba või -traat paigutatakse klaastorusse või asetatakse lahtiselt portselanist pulgakesele. Kõrgepingeliste kaitsmete sulavribad aga asetatakse isoleerainest kesta. Viimased jagunevad kahte põhirühma — torukaitsmed ja keermekaitsmed. Keermekaitsmed jagunevad omakorda korkkaitsmeteks ja padrunkaitsmeteks. Trammidel kasutatakse kõrgepingeliste abivooluringide kaitsmaks padrun- või torukaitsmeid.

Padrunkaitse (joon. 82) koosneb kahest osast — vahetatavast kaitsepadrunist, millesse on monteeritud sulavribad, ning kaitsmepeast koos keermesaga. Nii padruni kui ka kaitsmepea kõik iso-



Joon. 83. Torukaitsmed:
 1 — portselanpesa;
 2 — kaitse

leerivad detailid on valmistatud portselanist. Üldreeglina ühendatakse toitejuhe kaitsmepesa põhjakruvi klemmile, tarbija juhe aga keerrestatud hülsi klemmile.

Kaitsepadruni sisse on monteeritud 2 sulavpanust: üks nendest on kiiretoimeline, mis sulab alles mitmekordsel nimivoolul, teine aga inertselt toimiv. Kaitsepadruni õõnsus, milles asuvad sulavpanused, on kaare parema kustutamise sihiga täidetud peene kvartslüüvaga. Sellise konstruktsiooniga kaitsmed on eriti sobivad elektrimootorite kaitseks.

Kõrgepingelistes vooluringides on kasutusel kaitsepadrunid tööpingega 750 V, nimivooludega 6, 10, 15 ja 35 A. Nimivool ja tööpinge on märgitud kaitsepadruni otsale. Peale selle on kaitsepadrunid varustatud värviliste märkkettakestega (silmadega). Igale nimivoolule vastab erinev värv. Sulavribade läbipõlemisel märkkettake langeb välja. Selle kontrollimiseks on kaitsmepea varustatud klaasaknakesega.

Igas vooluringis peab olema sellise nimivooluga kaitse, mis sinna ette nähtud. Ettenähtust väiksema nimivooluga kaitse põleb

läbi, suurema nimivooluga kaitse aga ei kaitse vooluringi liigvoolu eest. Võimalike eksituste vältimiseks on erinevate nimivooludega kaitsepadrunitel kontaktjalgade läbimõõdud erinevad, mis ei võimalda suurema nimivooluga kaitsepadruni asetamist väiksema nimivooluga pessa.

Ka trammi madalpingelistes vooluringides; kus kaitsmete nimivool on üle 40 A, on kasutusel 500 V tööpingega padrunikaitsmed.

Torukaitse (joon. 83) koosneb isoleerainest (fiiber, portselan) torust, mis on varustatud metallotsikutega. Toru sisse, metallotsikutete vahele, on asetatud sulavriba. Toru on täidetud kvartslüüva või marmorpuruga.

Toru asetatakse vedruklemmide vahele, mis kinnituvad isoleerainest alusele. Vedruklemmide külge ühendatakse ka voolujuhtmed.

Torukaitsmed nimivooluga 35 A on kasutusel trammide T-54, T-57, T-59E ja T2-62 kõrgepingelise rööppapiduri vooluringis. Trammidel T2-62 ja G4-61 kasutatakse neid kaitsmeid teiste kõrgepingeliste abivooluringide peakaitsetena.

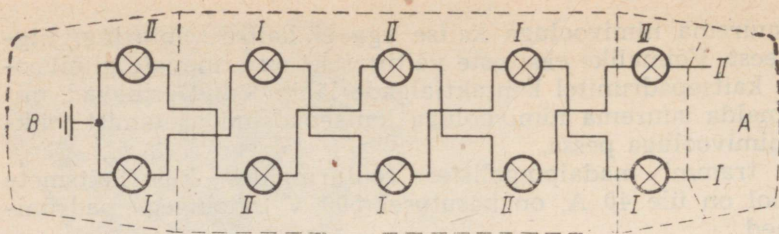
4.12. Trammi valgustus

Suur elektrienergia kulu trammi sisevalgustuseks tingib nende toite kontaktvõrgust. Kuna hõõglampe valmistatakse ainult pingetele kuni 220 V, siis 600 V toitepinge puhul lampide rööplülitust kasutada ei saa. Sellepärast ühendatakse mitu ühesuguse nimipingega lampi jadamisi ühte gruppi sellise arvestusega, et nende summaarne nimipinge vastaks kontaktvõrgu pingele. Näiteks 120 V nimipingega hõõglampide kasutamisel tuleb lülitada järjestikku 5 lampi, sest $5 \times 120 = 600$, mis vastab nimetatud tingimusele. Samuti on oluline, et kõik ühte gruppi lülitatavad lambid oleksid ühesuguse võimsusega. Vastasel juhul väiksema võimsusega lambid saavad suurema pinge ja põlevad läbi, kuna suurema võimsusega lambid samas grupis hõõguvad nõrgalt.

Jadalülituse suureks puuduseks on asjaolu, et ühe lambi läbi põlemisel vooluring katkeb ja ka kõik ülejäänud sama grupi lambid kustuvad. Sellepärast peab igas trammis olema vähemalt 2 gruppi.

Praktiliselt kasutatakse 120—127 V nimipingega, 40—60 W võimsusega hõõglampe. Igas grupis on 5 (erandjuhul 6) lampi. Olenevalt trammi tüübist, koosneb sisevalgustus 2 kuni 3 grupist. Liittrammides G4-61 on 9 gruppi. Kõigi gruppide lambid on asetatud vagunisse nii, et iga üksiku grupi valgus jaotub piki tervet vagunit (joon. 84).

Trammidel T-54/B-54 ja T-57/B-57 on sisevalgustuslambid asetatud üksikutesse valgustitesse. Teistel vagunitel on nad monteeritud ühte ritta piki vaguni lage ja kaetud läbipaistvast plastmassist



Joon. 84. Vaguni sisevalgustuse lambigruppide paigutus (T-54, B-54, T-57/B-57):

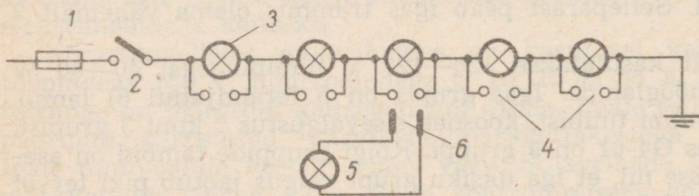
I — esimesse gruppi kuuluvad lambid; II — teise gruppi kuuluvad lambid

kattega. Kõik lambipesad on varustatud rööpproovikontaktidega, mis võimaldab proovilambi abil läbipõlenud lambi ilma lampe välja keeramata kindlaks teha (joon. 85).

Läbipõlenud lambi avastamiseks ühendatakse proovilambi pistik kordamööda antud gruppi kuuluvate lampide proovikontaktidega. Läbipõlenud lambi juures sulgub vooluring läbi proovilambi ja grupp hakkab põlema. Kuna seejuures proovilamp on lülitatud grupi teiste lampidega jadamisi, peavad proovilambi pinge ja võimsus vastama antud grupi lampidele. Samaks otstarbeks on soovitatavam kasutada spetsiaalset pingedikaatorit, mille käsitsemine on lihtsam ja ohutum. Pingedikaator näitab pinge olemasolu proovikontaktidel. Läbipõlenud lambi puhul on kõigi antud lambist maanduse pool asuvate lampide proovikontaktid pingestamata. Pingedikaator võimaldab kiiresti avastada läbipõlenud lambid ka siis, kui neid on grupis rohkem kui üks.

Peale sisevalgustuse kasutatakse trammidel T-54, B-54 ja T-57 ühte lambigruppi liininumbrite ja -siltide valgustamiseks.

Katse korras oli tehas osa tramme varustanud sisevalgustuseks luminescentslampidega. Nende lampide peamiseks eeliseks on rööplülituse kasutamise võimalus. Suureks puuduseks on aga see, et madalatel temperatuuridel süttivad nad halvasti. Seetõttu need lambid ei ole leidnud laialdasemat kasutamist.



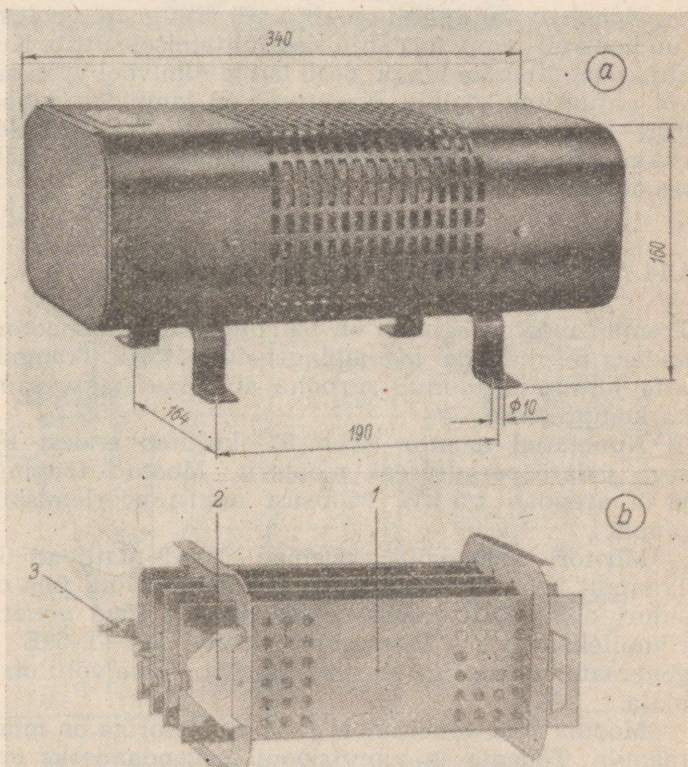
Joon. 85. Läbipõlenud lambi leidmine pingenäidiku abil:

1 — sulavkaitse; 2 — lüliti; 3 — lambid; 4 — proovikontaktid; 5 — pingenäidik; 6 — pistik

4.13. Trammi küte

Eespool oli öeldud, et trammi elektripidurdamisel koormustakistitel eralduvat soojust kasutatakse ka osaliselt mootorvaguni kütteks. Vaatamata süsteemi lihtsusele ja ökonoomsusele on selle puuduseks asjaolu, et takistitel eralduv soojuste hulk ei ole stabiilne, vaid sõltub sõidurežiimist. Pealegi ei võimalda see kütta vagunit seisu ajal. Sellepärast on suuremal osal mootorvagunitest täiendavalt 2 kuni 4 elektriahu, mis töötavad kontaktvõrgu pingel. Järelvaguneid köetakse eranditult elektriahjudega. Olenevalt vaguni tüübist on nendes 2 kuni 6 ahju. Liigendtrammi G4-61 järelvaguni sektsioonis isegi 8 ahju.

Ahjud valmistatakse pingele 300 või 600 V, võimsusega 500 kuni 750 W. 300 V pingega ahjud ühendatakse kahekaupa jadamisi.



Joon. 86. Vaguni elektriahi:

a — kokkumonteeritult; b — vahetatav kütteelement; 1 — kütteelemendi sektsioon; 2 — isolaator; 3 — kontaktpoldid

Suurema ahjude arvu puhul on nad trammis jaotatud gruppidesse, mis võimaldab nende sisselülitamist vastavalt vajadusele ja seega küttevõimsuse ratsionaalsemat kasutamist.

Ka juhuruumi kütmine toimub elektriahjudega. Selleks on sinna paigutatud 2 ahju. Neid on võimalik lülitada ka üksikult.

Juhuruumi akende jäätumise vältimiseks on need varustatud elektrisoojenditega. Aknasoojendi koosneb kolmest sektsioonist (terastorust), mis on omavahel ühendatud jadamisi. Soojendi võimsus on 650 W, nimipinge 600 V.

Aknasoojendi kütteelemendiks on kroomnikkeltraadist spiraal, mis on torust isoleeritud keraamiliste pärlite abil. Ahju kütteelemendi kroomnikkeltraat on keritud kuumuskindlast mikaniidist alustele. Elemendid on asetatud plekist kestadesse, mis kaitsevad neid mehaaniliste vigastuste eest ja väldivad inimeste juhuslikku kokkupuudet pingestatud osadega.

Ahi monteeritakse vaguni istepingi alusraami külge. Trammi ahi on toodud joonisel 86.

Mõnel trammitüübil on ahju või ahjugrupi vooluringi ühendatud kontroll-lamp, mis ahju sisselülitamisel süttib. Kuna seejuures ahju vool läbib ka lampi, peab lambi nimivool vastama antud ahju või ahjugrupi voolule. Kasutusel on lambid nimivoolu piiridega 0,58—0,95 A; 0,59—1,0 A ja 1,8—3,0 A. Trammil G4-61 on juhuruumi kütte kontroll-lambina kasutusel ahjuga rööbiti lülitatud neonlamp.

4.14. Muundur

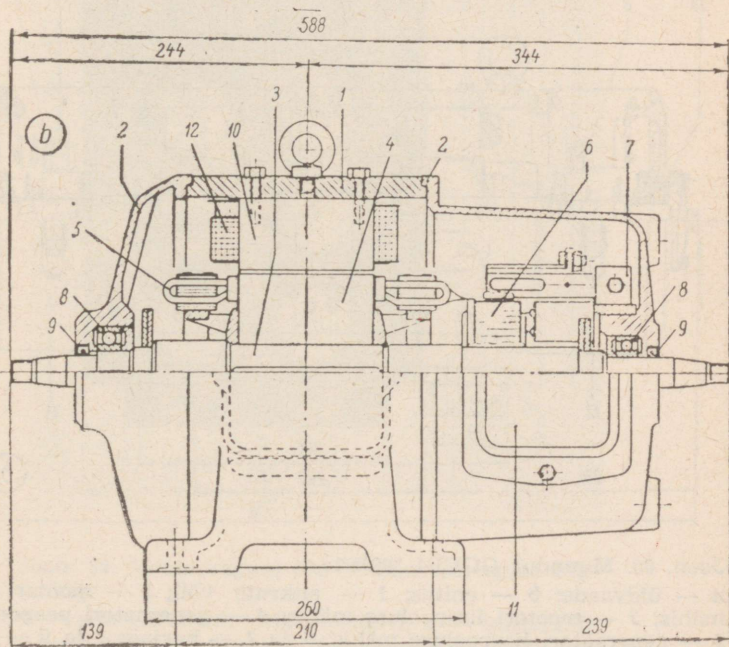
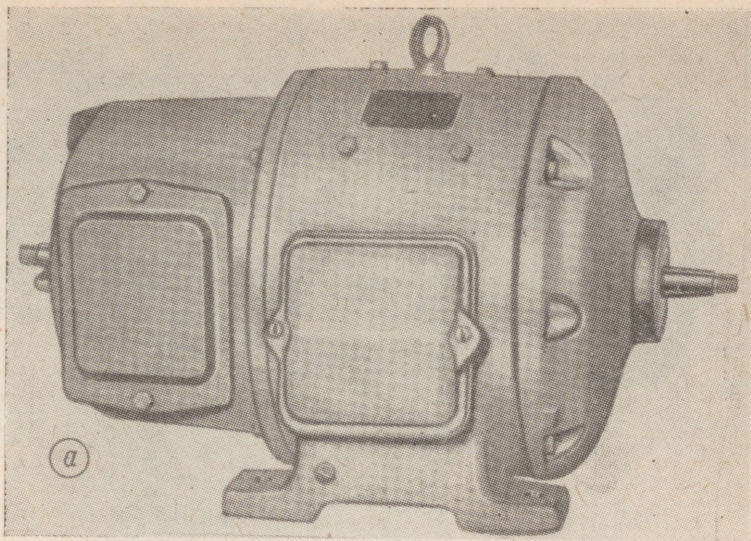
Trammi mootorvagunile on paigutatud elektrimootor, mille ülesandeks on käitada madalpingegeneraatorit. Trammil T-54, kus uste juhtimine toimub suruõhu abil, käitatakse sama mootoriga ka kompressorit.

Nimetatud mootor (joon. 87) kujutab endast kinnise ehitusega jadarööpergutusega mootorit. Mootori tööpinge on 600 V ja ta arendab 1,5 kW võimsust ankru pöörlemiskiirusega 1440 p/min.

Mootori ankruvõlli mõlemad otsad ulatuvad kerest välja. Trammil T-54 on kompressor ühendatud võlli ühe otsaga elastse siduri abil. Võlli teiselt otsalt antakse jõud generaatorile kiilrihmülekandegaga. Trammidel T-57 ja T-59E ühendatakse generaator mootoriga elastse siduriga. Teine võlli ots jääb kasutamata.

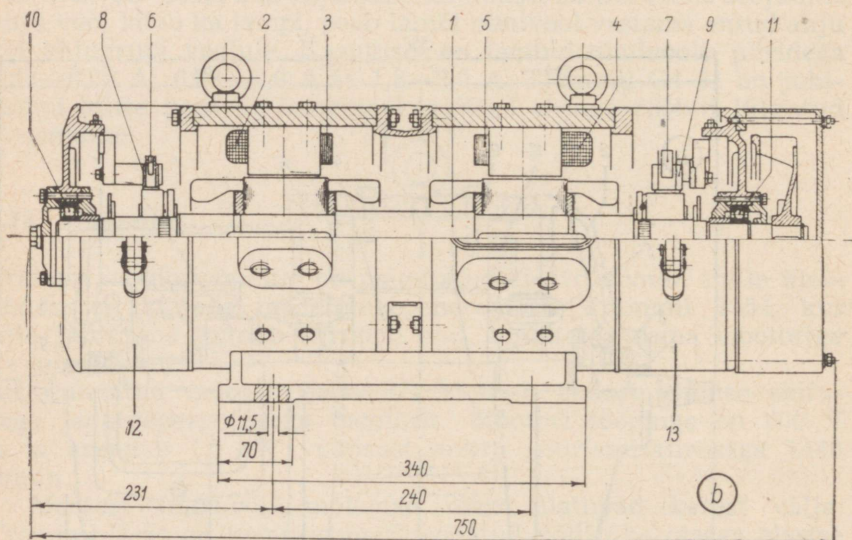
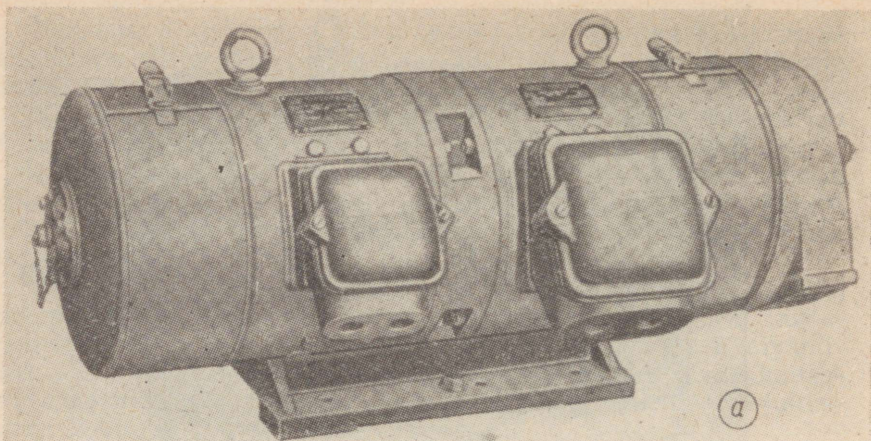
Mootor koos generaatori ja kompressoriga on monteeritud eriraamile. Tõugete ja vibratsiooni leevendamiseks on raam alusvankrile kinnitatud kummist amortisaatorite abil.

Trammid T2-62 ja G4-61 on komplekteeritud alalisvoolu pinget alandavate masinmuunduritega GGUB1-300B/1. See muundur koosneb kahest elektrimasinast, ühisesse keresse paigutatud moo-



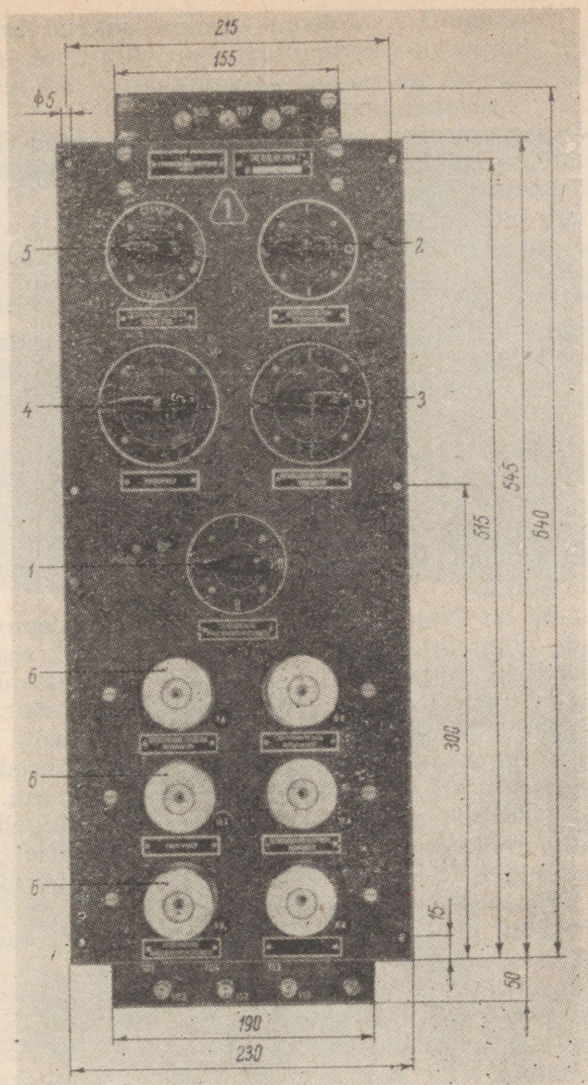
Joon. 87. Kompressori-generaatori mootor GmGb 5:

a — üldvaade; b — ehitus; 1 — kere; 2 — otsakilbid; 3 — ankrüvõll; 4 — ankur; 5 — ankrumähis; 6 — kommutaator; 7 — harjahoidik; 8 — laagrid; 9 — tihendid; 10 — magnetpoolus; 11 — kommutaatori luuk; 12 — ergutusmähis



Joon. 88. Muundur GGUB1-300B/1:

a — üldvaade; *b* — ehitus; 1 — ankrute võll; 2 — mootori peapooluse mähis; 3 — mootori lisapooluse mähis; 4 — generaatori peapooluse mähis; 5 — generaatori lisapooluse mähis; 6 ja 7 — harjad; 8 ja 9 — harjahoidikud; 10 ja 11 — laagrid; 12 ja 13 — kommutaatorite luugid



Joon. 89. Mootorvaguni 600 V abivooluringide lülituskilp:

- 1 — reisijateruumi valgustuslüli; 2 — küttelüli;
 3 — järelvaguni pealüli; 4 — muunduri lüli; 5 —
 juhuruumi kütte lüli; 6 — padrunkaitsmed

torist ja generaatorist. Mõlema masina ankrud asuvad ühisel ankruvõllil. Ühe masina kommutaator on võlli ühel, teine — võlli teisel otsal. Kere küljes on kaks klemmikarpi: üks mootori, teine generaatori võrku ühendamiseks.

Muunduri mootoriks on liitergutusega mootor GM1-U1 või GM1-U2. Mootori tööpinge on 450 kuni 600 V, võimsus 1,4 kW ja ankru pöörlemiskiirus 2700 kuni 3500 p/min.

Generaatoriks on rööpergutusgeneraator GG1-U, mis arendab nimetatud ankru pöörlemiskiirusel 22 kuni 30 V klemmipinget. Koormusvool on vastavalt 50 kuni 37 A. Muundur on esitatud joonisel 88.

Trammidel T2-62 asub muundur keskosa põranda all plekkkastis. Juurdepääsu võimaldamiseks on trammipõrandas avatav luuk. Liigendtrammidel G4-61 on muundur liituri põranda all, väljast avatavas kastis.

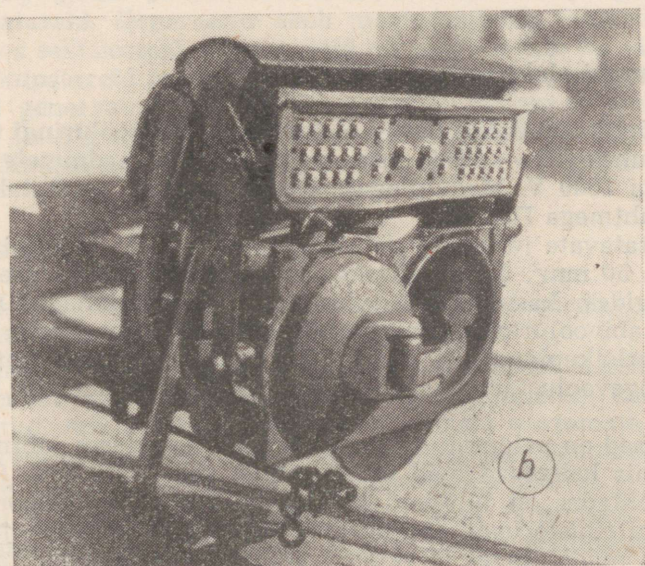
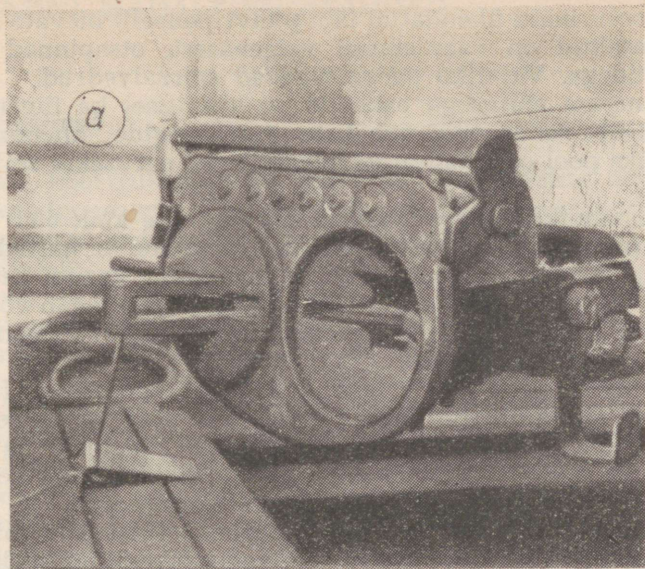
Nii generaatori mootori kui ka muunduri käivitamiseks on juhiruumi kõrgepingelülituskilbil pakettlülitid. Käitamise kestus sõltub akupatareide järellaadimise vajadusest trammijuhi äranägemisel. Trammidel T-54, kus madalpingeliste tarbijate võimsus on suhteliselt väike, sõltub mootori käitamisaeg esmajärjekorras suruõhu vajadusest.

Joonisel 81 on toodud vagunite T-54/B-54 kõrgepingeliste abivooluringide põhimõtteskeem. Skeemilt näeme, et sisevalgustuse ja kütteseadmete lülitamiseks kasutatakse kaheseksioonilisi neljaasendilisi pakettlülitid, mis võimaldavad vastavalt vajadusele lülitada üksikuid gruppe eraldi või kõiki üheaegselt. Üksiktarbijate pakettlülitid on üheseksioonilised, kaheasendilised. Kasutusel on pakettlülitid nimivooluga 2,6 ja 15 amprit. Trammis kõigi 600 V vooluringide lülitid ja kaitsmed asuvad kõrgepingelülituskilbil, välja arvatud rööpapiduri ja abivooluringi peakaitse (viimane on olemas trammidel T2-62 ja G4-61), mis on paigutatud juhiruumi vaheseina kappi või vahelae peale.

Mootorvaguni 600 V abivooluringide lülituskilp on kujutatud joonisel 89.

Toide järelvaguni lülituskilpi antakse läbi puhvrites olevate kontaktide. Puhvritel on 6 kõrgepingelist kontakti, mis töökindluse tagamiseks on ühendatud kahekaupa rööbiti. Äärmise kontaktipaari kaudu toidetakse valgustust ja kütet; keskmise kaudu saavad toite järelvaguni rööpapidurid; sisemine paar ühendab järelvaguni pidurisolenoidi mootorvaguni skeemiga.

Trammidel T-54/B-54 on puhvrikontaktid ainult kõrgepingeliste vooluringide ühendamiseks. Nad on asetatud puhvripea sisse, isoleerainest puksidesse ja sulguvad automaatselt puhvrite kokkuhaakimisel. Uuematel trammiseeriatel on puhvrikontaktide isoleerainest paneelid kinnitatud puhvrite peale, eraldi hoidjate külge. See võimaldab puhvrikontaktide lahutamist ka ilma puhvrite lahtihaakimiseta. Peale eelnimetatud kõrgepingeliste vooluringide on nendel vagunitel ka kõik vagunitevahelised madalpin-



Joon. 90. Trammipuhvrite kontaktpaneelid:
a — tramm T-54/B-54, b — tramm T2-62/B2-62

gelised vooluringid ühendatud läbi puhvripaneelil olevate kontaktide. Kontaktid on valmistatud valgevasesest, otsapinnad kaetud hõbeplaatidega. Vajaliku surve tagavad spiraalvedrud.

Samasuguse ehitusega paneelid on kasutusel ka liigendtram- mide G4-61 sektsioonidevaheliste vooluringide ühendamiseks. Paneeli üks pool on kinnitatud järgalt, teine surutakse selle vastu poltidega.

Ohutustehnika nõuete kohaselt on vagunite kõik 600 V sead- mete ja aparaatide voolu mittejuhtivad metallkered, katted ja raa- mid (välja arvatud automaatlüliti) ühendatud vaguni metallke- rega, kas vahetult või maandusjuhtmete abil. See tagab võimaliku isolatsiooni rikke või ülelöögi korral teenindavale personalile ja reisijatele vajaliku ohutuse.

Trammijuht peab olema teadlik, et 600 V pinge on eluohtlik. Sellepärast ei ole lubatud mingil tingimusel pingestatud seadmete korral avada luuke ja katteid, vahetada kaitsmeid ja lampe. Vaguni elektriseadmed loetakse pingestatuks seni, kuni vooluvõt- tur pole alla tõmmatud ja nöör kindlalt kinni seotud.

Enne vagunite lahti- või kokkuhaakimist tuleb kontrollida, et mootorvaguni lülituskilbil asuv järelvaguni pealüliti oleks välja lülitatud. Vastasel juhul võib tekkida puhvrikontaktide vahel kaar, mis põhjustab lühise.

4.15. Trammi elektrijuhtmestik

Trammidel kasutatakse 600 V elektriseadmete vooluringi ühenda- miseks juhett ПС — 1000, mis on ette nähtud seadmetele tööpin- gega kuni 1000 V. Madalpingeseadmete montaaž teostatakse pea- miselt juhtmega ПТБА.

Kasutatavate juhtmete ristlõikepinnad on 1,5; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 35 ja 50 mm². Juhe valitakse vastavalt voolutugevusele. Jõu- vooluringides kasutatakse juhtmeid ristlõikepinnaga 16 kuni 50 mm², abivooluringides ning akupatareide ja generaatori voolu- ringis ristlõikepinnaga 4 kuni 10 mm², valgustuse, kütte ning madalpingevoolu tarbijate vooluringides ristlõikepinnaga 1,5 kuni 4 mm².

Juhtmed on paigutatud vagunites spetsiaalsetesse juhtmekana- litesse, mis kaitsevad neid mehaaniliste vigastuste eest. Ohtlike- mates kohtades on juhtmed kaetud täiendava isolatsiooniga või tõmmatud rüüstorusse. Jõujuhtmed paiknevad põranda- ja seina- kanalites, madalpinge- ja valgustusjuhtmed — laekanalites.

Veomootorite, rööppapidurite, solenoidi, puhvri kontaktpaneeli jt. juhtmete ühendamiseks on vaguni põranda all ja kanalites vastavad klemmitahvlid.

Kõik juhtmeotsad, mis ühendatakse klemmitahvlite, jaotus- kilpide, armatuurlaudade või seadmete külge, on markeeritud skeemi tähistega.

5. TRAMMI MADALPINGESEADMED

5.1. Üldandmed

Ajakohase konstruktsiooniga trammidel kasutatakse mitmesuguseid abiseadmeid, mis aitavad tagada ohutut liiklust, kergendavad ja lihtsustavad vagunijuhi tööd ning loovad mugavamad tingimused reisijatele.

Selleks et elektrienergiat tarbivad abiseadmed oleksid oma ehituselt kompaktsed ja töökindlad, käsitsemisel lihtsad ning ohutud, kasutatakse nende toiteks madalpingelist elektrivoolu.

Madalpingevoolu kasutamine tingib aga selleks vajaliku madalpinge elektrienergia allika trammile paigutamise, mis on seotud teatavate lisakulutustega. Võttes arvesse madalpingevoolu laialdast rakendusvõimalust (signalisatsioon, valgustus, ukseajamid, rööpapidurid jt.), õigustavad need lisakulutused end igati.

Ka Gotha tehaste trammidel on kasutusel madalpingel töötavad elektriseadmed. Nende tööpinge trammidel T-54/B-54 on 12 V, uuematel trammiseeriatel 24 V.

Madalpingelise elektrivoolu allikatena on trammil generaator ja akupatareid. Generaator asub mootorvagunis (liigendtrammil keskmises sektsioonis), akupatareid nii mootor- kui ka järelvagunites. Akupatareid annavad elektrienergiat kõigile voolutarbijaile siis, kui generaator ei tööta. Generaatori töötamise ajal saavad tarbijad toite generaatorilt. Samaaegselt toimub ka akupatareide järellaadimine, s.o. elektrienergia salvestamine akupatareidesse.

5.2. Akupatarei

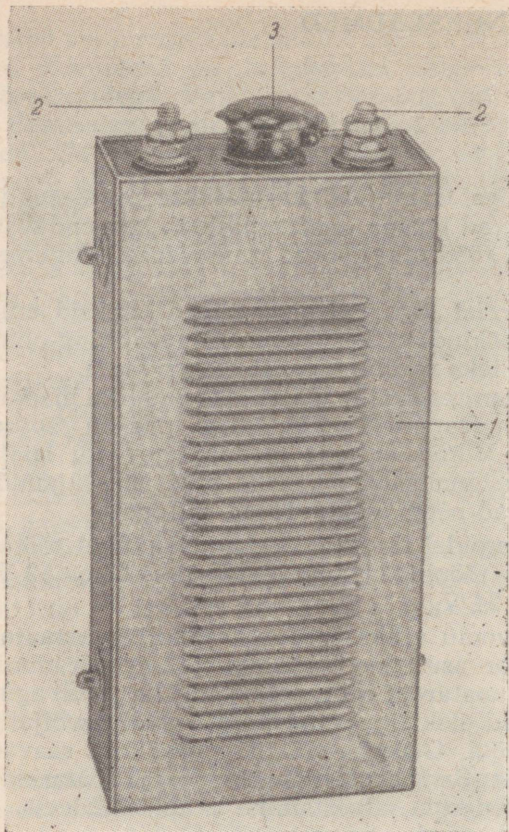
Akumulaator ehk aku on laadimisel elektrienergiat salvestav seade, mida siis võib kasutada vooluallikana.

Trammidel kasutatakse peamiselt leelisakusid. Leelisakudest kõige enam vastavad trammi kasutustingimustele kaadmium-nikkelakud, mis suhteliselt kallimale hinnale vaatamata õigustavad end hooldamise lihtsuse, suure mehaanilise tugevuse, kasutamise laia temperatuuri intervalli ja pika tööea poolest.

Nagu nägime (2.8), iseloomustavad akut järgmised näitajad: elektromootorjõud, sisetakistus, klemmipinge, mahutavus, kasutegur ja tööiga.

Elektromootorjõuks nimetatakse aku tühijooksu klemmipinget.

Aku sisetakistuse moodustavad elektrolüüdi, plaatide ja nende ühendusklemmide takistused. Laadimisel sisetakistus väheneb, tühjenemisel suureneb. Sisetakistus on seda väiksem, mida suurem on plaatide pind.



Joon. 91. Kaadmiumnikkelaku purk:

1 — kast; 2 — klemmid;
3 — ventiilkork

Aku klemmipinge on muutuv suurus, mis sõltub laetuse astmest ja ka elektrolüüdi temperatuurist. Madala temperatuuri juures langeb klemmipinge kiiremini. Seejuures vajab aku laadimiseks kõrgemat laadimispinget.

Aku mahutavus määratakse tühjenemisvoolu korrutamise teel tühjenemisajaga. Mahutavus sõltub aktiivmassi mahust ja plaatide pindalast, elektrolüüdi temperatuurist ning tühjenemisvoolu tugevusest.

Aku minimahutavuseks loetakse mahutavust, mis saadakse aku tühjendamisel 10 tunni jooksul vooluga, mille väärtus võrdub 0,1 ampertundides väljendatud mahutavusest. Näiteks on 60 Ah aku tühjenemisvool 10 tunni jooksul $60:10 = 6$ A. Tühjenemisvoolu väärtuse suurendamisel aku mahutavus väheneb.

Aku kasutegur, s. t. tühjendamisel akust saadud ja laadimisel akusse salvestatud energia suhe on ligikaudu 0,6.

Tööeaks nimetatakse laadimis-tühjendustsükli arvu, mille kestel aku mahutavus väheneb kuni 75%-ni nimimahutavusest. Tööiga oleneb suurel määral kasutamistingimustest.

Kaadmiumnikkelaku purk (joon. 91) on valmistatud nikeldatud terasplekist. Purgi sisse on asetatud vaheldumisi positiivsed ja negatiivsed plaadid. Kõik ühenimelised plaadid on ühendatud omavahel rööbiti. Purgi pealt ulatuvad välja kaks isoleeritud klemmpolti. Üks polt on ühendatud positiivsete, teine negatiivsete plaatidega. Purk on varustatud veel ventiilkorgiga, mis võimaldab aku töötamisel tekkivate gaaside purgist väljumist, kuid takistab välisõhu vaba sissevoolu. Elektrolüüdi kokkupuutel õhus leiduva süsihappegaasiga tekib potas (kaaliumkarbonaat), mis sadestub plaatidele ja vähendab aku mahutavust.

Aku plaat koosneb aktiivmassiga täidetud õhukestest võretatud terasplekist karpidest.

Positiivse plaadi aktiivmassiks on nikkelhüdrosüüd Ni(OH)_2 , millesse on segatud 20% grafiiti. Negatiivse plaadi aktiivmass koosneb kaadmiumi ja raua tolmust segatult nende samade metallide hüdrosüüdidega. Lühise vältimiseks on plaatide vahele asetatud poorsed leeliskindlast isoleerainest vahelehed (separaatorid).

Elektrolüüdiks kasutatakse kaaliumhüdrosüüdi (KOH) või naatriumhüdrosüüdi (NaOH) vesilahust, tihedusega 1,19 kuni 1,21 g/cm³. Eriti madala temperatuuri juures tuleb kasutada kaaliumelektrolüüti, kusjuures vastavalt temperatuurile suurendatakse ka elektrolüüdi tihedust kuni 1,3-ni. Temperatuuril -15°C kuni $+35^\circ\text{C}$ on soovitatav kasutada kaalium-liitiumelektrolüüti, mis saadakse elektrolüüti liitiumhüdrosüüdi (LiOH) lisamisega, koguses 15–20 g ühe liitri elektrolüüdi kohta. Liitiumhüdrosüüdi lisamisel suureneb aku vastupidavus kõrgemal temperatuuril töötamisel, paraneb kasutegur, suureneb mahutavus ja tööiga.

Aku nimimahutavus antakse elektrolüüdi temperatuuril $+25^\circ\text{C}$ ja see väheneb temperatuuri alanemisel 1°C võrra ligikaudu 0,5%. Temperatuuri tõusmisel omandab aku jällegi oma endise mahutavuse. Kui aga aku töötab elektrolüüdi temperatuuriga üle 45°C , kaotab ta osa oma mahutavusest, mis enam ei taastu. Sellepärast ei lubata akut laadida liiga tugeva vooluga, mis põhjustaks aku ülekuumenemise.

Aku klemmipinge muutub laadimis-tühjendustsükli vältel suurtes piirides. Laadimisel võib klemmipinge tõusta kuni 1,78 voldini. Tühjendamisel püsib suhteliselt pikemat aega 1,28–1,15 voldi piires. Edasisel tühjendamisel langeb suhteliselt kiiresti 0,6 voldini, kus langemine veidi aeglustub. Kui koormamist jätkata, langeb pinge nullini.

Normaalsel tühjendamisel loetakse minimaalseks klemmipingeks 1 V. Edasine tühjendamine ei ole lubatav. Keskmine tööpinge on akul 1,25 V.

Laadimisvoolu tugevus (normaalse piirini tühjendatud akule) antakse tehase poolt ja on keskmiselt 1/5 nimimahutavusest amp-rites.

Vaguni 12 V akupatarei koosneb 10-st jadamisi ühendatud akust. 24 V akupatareis on 18 purki. Seega on 24 V süsteemis keskmine tööpinge tegelikult 22 voldi piires. Vähendatud purkide arv on kasutusel sellepärast, et 20 purgi puhul võib laadimisel tõusta patarei klemmipinge üle 35 voldi, mis on ohtlik tarbijatele (peamiselt lampidele).

Trammi mootor- ja järeelvaguni akupatareid ühendatakse süsteemi rööbiti. Seega patarei kogumahutavus suureneb kahekordseks. Vagunitel on kasutusel akupatareid mahutavusega 54, 60 ja 70 Ah.

Akupatarei hooldamisel tuleb täita järgmisi nõudeid:

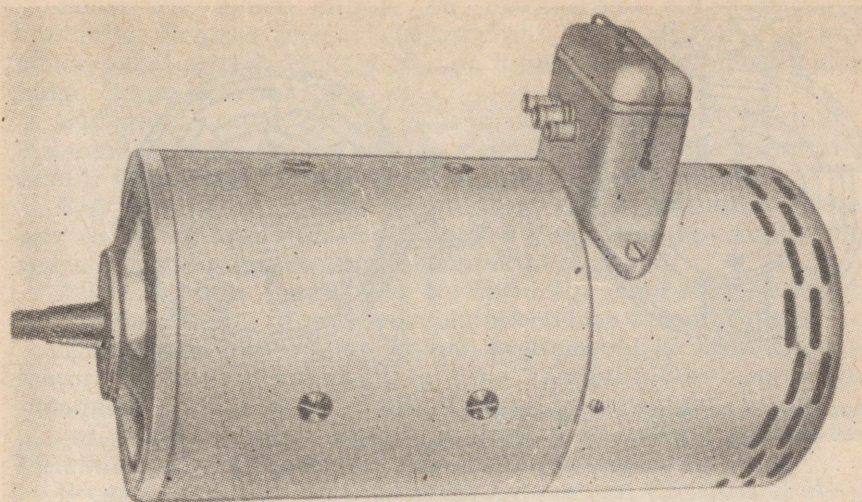
1. Akupatarei peab olema väliselt puhas. Purgid ja ühendussillad peavad olema kaetud vaseliini või mõne muu korrosioonivastase määrdega, mis kaitseb purke leelise kahjuliku mõju eest.
2. Akupatareist eraldub laadimisel plahvatuvat gaasi (paukgaasi). Sellepärast on lahtise tule kasutamine akupatareide läheduses keelatud.
3. Elektrolüüdi valmistamiseks on lubatud kasutada ainult destilleeritud vett. Patarei töötamisel vesi osaliselt aurustub ning elektrolüüdi tase langeb. Taseme taastamiseks lisatakse juurde ainult destilleeritud vett.
4. Elektrolüüdi tase peab purkides olema 10 kuni 15 mm üle plaatide ülemise serva. Samal ajal peab purkidesse jääma vaba ruum elektrolüüdi paisumise tarvis.
5. Elektrolüüdil on sööbiv toime. Elektrolüüdi sattumisel kätele või riieale tuleb see pesemisega eemaldada.

5.3. Generaator

Madalpingegeneraatorina kasutatakse vagunitel kahe- ja neljapooluselisi rööpergutusmasinaid, mis võimaldavad klemmipinge suurtes piirides reguleerimist.

Generaatori kere ja pooluste südamikud on vähese süsinikusisaldusega terasest, mis omades jääkmagnetismi on võimelised kiiresti muutma ergutusvoogu. See on nõutav pinge ja voolu reguleerimisel. Suurema võimsusega generaatoritel on pooluste südamikud koostatud elektrotehnilise terase lehtedest, mis vähendab pöörivoolukadusid. Kommutatsiooni parandamiseks on nendel ka lisapoolused.

Generaatori ankru ehitus ja üksikosad on samad mis alalisvoolumootoril.



Joon. 92. Generaator LMBR

Trammidel T-54 on kasutusel generaator LMBR 12/700 (12 V, 700 W), trammidel T-57 ja T-59E LMBR 24/700 (24 V, 700 W). Generaator LMBR on toodud joonisel 92.

Trammide T2-62 ja G4-61 generaator GG1-U (joon. 88) asub mootoriga ühises keres. Generaatori võimsus on 1,1 kW, nimiping 24 V.

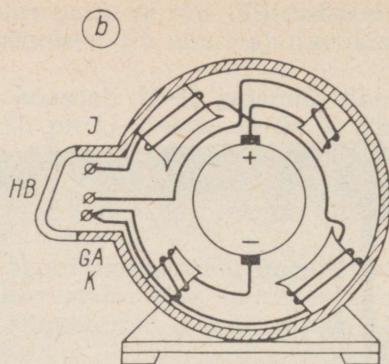
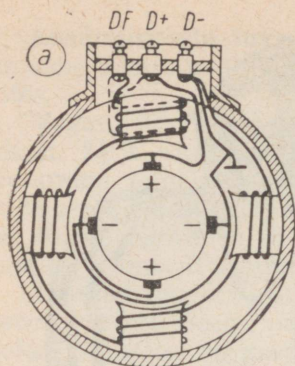
Generaatorite lülitusskeemid on toodud joonisel 93.

Generaatori LMBR ergutusmähise üks ots on ühendatud klemmi *D* alla kokku kerega ühendatud miinusharjadega. Mähise teine ots on ühendatud klemmiga *DF*. Klemm *DF* on omakorda ühendatud plussharjaga isoleeritud takistustraadist juhtme abil ($R = 30\Omega$). See on keritud ühe poolusemähise peale ja täidab ergutustakisti R_e ülesannet (joon. 94). Plussharjad on ühendatud klemmiga *D* +.

Generaator GG1-U erineb eelkirjeldatust selle poolest, et on kahepooluseline ning varustatud lisapoolustega. Ergutusvooluringi takistit generaatori sees ei ole.

Generaator töötab järgmiselt. Kui ankur panna pöörlema, löikuvad selle mähise keerud pooluste jääkmagnetismi nõrga magnetvooga. Selle tagajärjel indutseeritakse ankrumähises elektromotoorjõud, mis tekitab generaatori ergutusmähistes voolu. Tekkinud voolu tõttu suureneb pooluste magnetvoog kiiresti, mis omakorda tugevdab voolu ergutusmähistes. Selline endaergutus jätkub seni, kuni generaator hakkab töötama normaalsežiimil.

Generaatoris indutseeritud elektromotoorjõud ning järelikult ka klemmiping sõltuvad ankru pöörlemiskiirusest. Generaatorit



Joon. 93. Generaatorite lülitusskeemid:
 a — generaator LMBR; b — generaator GG1-U

käitava elektrimootori ankru pöörlemiskiirus aga on sõltuv kontaktvõrgu pingest, mis kõigub suurtes piirides. Seega generaatori ankru pöörlemiskiirus on muutlik ning klemmpinge kõigub tunduvalt.

Voolutarbija normaalseks töötamiseks ei tohi aga generaatori pinge ülemäära muutuda, vaid peab hoolimata ajami mootori ankru pöörlemiskiirusest püsima konstantsena (lubatav kõikumine mitte üle 3%). Selle nõude täitmiseks kui ka generaatori töö kooskõlastamiseks akupatareiga lülitatakse generaatori vooluringi pingeregulaator.

5.4. Relee-pingeregulaator

Trammi pingeregulaator koosneb kahest ühisele alusele paigutatud releest. Releed töötavad teineteisest sõltumatult. Tagasivoolurelee hoiab ära akupatareide tühjenemise läbi generaatori mähiste; pingeregulaator tagab generaatori klemmpinge stabiilsuse, sõltumata koormusest ja ankru pöörlemiskiirusest.

Kuna generaatori elektromotoorjõud sõltub peale ankru pöörlemiskiiruse veel ergutusmagnetvoost, siis on võimalik ergutusvoolu tugevuse reguleerimisega kompenseerida ankru pöörlemiskiiruse muutusest tulenevat klemmpinge kõikumist. See ongi pingeregulaatori ülesanne.

Elektromagnetiline pingeregulaator (joon. 94) koosneb pehmest terasest südamikust 1, millele on keritud kaks mähist: üks peenest traadist pingemähis (2), teine jämedast traadist voolumähis (3). Pingemähis on ühendatud generaatori vooluringi alaliselt. Voolumähis lülitub tarbijate vooluringi tagasivoolurelee kontaktide sulgumisel.

Südamiku ühele küljele on monteeritud pingeregulaatori kontaktid. Nendest pluss- ja miinuskontakt on kohtkindlad, kuid nende vahel asuv kontakt 4, mis on kinnitatud terasplekist ankru külge, liigub koos ankruga.

Südamiku teisel küljel asuvad tagasivoolurelee kontaktid. Sisemine kontakt on liikumatu, välimine (6) on aga kinnitatud samuti terasplekist ankru külge ja liigub koos viimasega.

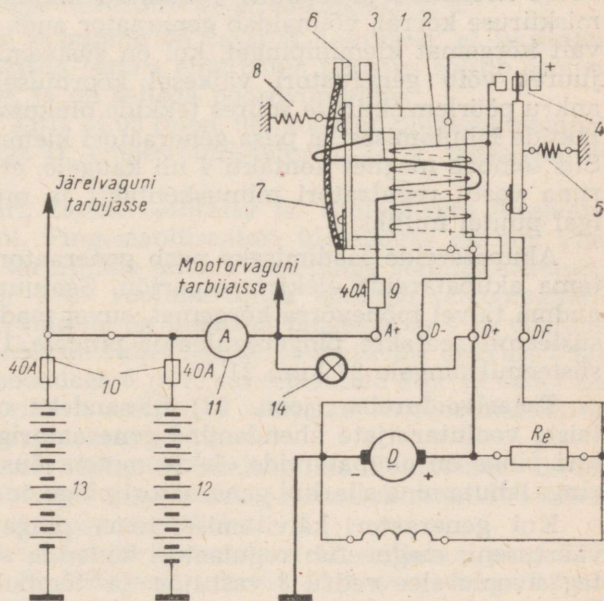
Kui generaator ei tööta või ta pinge on alla normaalse, tõmbab vedru 5 pingeregulaatori kontakti 4 vastu plusskontakti ning vedru 8 hoiab tagasivoolurelee kontaktid avatuna.

Jälgime voolu teed kahes vooluringis: generaatori ergutusmähise vooluringis ja pingeregulaatori mähise 2 vooluringis.

Generaatori käivitamisel kulgeb ergutusvool järgmiselt: generaatori plusshari, klemm $D+$, juhe klemmlilt $D+$, regulaatori südamiku 1 klemmle, pingeregulaatori plusskontakt, kontakt 4, pingeregulaatori ankur, voolujuhe regulaatori ankrult generaatori klemmle DF , ergutusmähis, generaatori miinushari.

Seega generaatori ergutusvooluringis mingit takistust ei ole ja selle klemmipingele kasvab kiiresti.

Samaaegselt kulgeb vool regulaatori mähises 2 järgmiselt: generaatori plusshari, klemm $D+$, juhe klemmlilt $D+$ regulaatori



Joon. 94. Relee-pingeregulaatori RSC-700 skeem

südamiku 1 klemmile, mähis 2, juhe regulaatori miinuskontaktilt generaatori klemmile D—, generaatori miinushari.

Voolu läbimisel regulaatori mähisest 2 selle südamik magneetub ja avaldab tõmbejõudu pingeregulaatori ankrule. Magneetumine suureneb võrdeliselt generaatori klemmipinge suurenemisega. Klemmipinge teatava väärtuse juures ületab magnetjõud vedru 5 tõmbe ja pingeregulaatori kontakt 4 eemaldub plusskontaktist, katkestades seega generaatori ergutusvooluringi läbi regulaatori kontaktide.

Kontaktide avamise hetkest muutub voolu tee generaatori ergutusvooluringis järgmiselt: generaatori plusshari, takisti R_e , ergutusmähis, generaatori miinushari.

Kuna ergutusmähise vooluringi lülitub takisti, väheneb vool ja ergutusvoog, aga samuti ka generaatori elektromotoorjõud ja pinge. Pinge vähenemisele kaasneb regulaatori mähise 2 voolu ja südamiku magnetvoo nõrgenemine ning vedru 5 tõmbab kontakti 4 uuesti vastu plusskontakti. Nii hakkab protsess korduma.

Et pingeregulaatori kontaktide avamise ja sulgumise sagedus on küllalt suur (umbes 50 korda sekundis), siis on generaatori pinge kõikumine väike.

Nagu kirjeldatust järeldub, ei lase pingeregulaator tõusta generaatori klemmipinget üle teatava piiri. See piir on seatav vedru 5 pinguse muutmisega.

Selleks et generaator arendaks küllaldast klemmipinget ka suure koormuse ja mootori võimaliku minimaalse ankrupöörlemiskiiruse korral, võimaldab generaator anda nimikiirusel tunduvalt kõrgemat klemmipinget, kui on süsteemis ette nähtud. Seejuures võib generaatori väikesel koormusel ja mootori suure ankrupöörlemiskiiruse juures tekkida olukord, et pingerelee kontaktide lahutamisest ei piisa generaatori klemmipinge piiramiseks. Siis tõmbab magnet kontakti 4 nii kaugemale, et see hakkab vibreerima vastu regulaatori miinuskontakti ja muudab ergutusvoolu igal puutel nulliks.

Akupatareide laadimiseks peab generaatori klemmipinge ületama akupatareide elektromotoorjõu. Seejuures peab generaator andma talvel mõnevõrra kõrgemat, suvel madalamat pinget. 12 V süsteemil seatakse pingeregulaator pingele 15 kuni 17 V, 24 V süsteemil pingele 27 kuni 31 V.

Tagasivoolurelee (joon. 94) ülesandeks on akupatareide ja teiste voolutarbijate ühendamine generaatoriga siis, kui generaatori pinge on akupatareide elektromotoorjõust kõrgem, ja vooluringi lahutamine siis, kui generaatori pinge on madalam.

Kui generaatori käivitamisel tema pinge tõuseb ettenähtud väärtuseni, magneetub regulaatori südamik sedavõrd, et ületab tagasivoolurelee vedru 8 vastujõu ja tõmbub vastu südamikku. Tagasivoolurelee kontaktid sulguvad. Sel juhul kulgeb laadimisvooluring järgmiselt: generaatori plusshari, klemm D+, juhe

klemmilt $D+$ regulaatori südamik klemmile, südamik, juhe 7, voolurelee kontaktid, voolumähis 3, generaatori sulavkaitse 9, regulaatori klemm $A+$, ampermeeter A , mootor- ja järelvaguni akupatareide sulavkaitsmed 10, akupatareid, akupatareide miinusjuhtmed, vagunite metallkered, generaatori miinusjuhe, generaatori miinushari.

Generaatori vool, läbides voolumähist, suurendab magnetvoogu regulaatori südamikus ning magneedib voolurelee liikuva ankru. Voolurelee kontaktid sulguvad veelgi tihedamalt.

Peale selle täidab voolumähis veel **voolupiiriku** ülesannet. Kui vool ületab generaatorile lubatava väärtuse, suureneb regulaatori südamiku magneetumine voolumähise keerdusid läbiva voolu arvel ja pingeregulaatori poolt hoitava klemmipinge suurus langeb, sest kontakt 4 satub puutesse miinuskontaktiga.

Generaatori seiskamisel (klemmipinge langemisel) muutub voolu suund voolumähises vastupidiseks, regulaatori südamik demagneetub, voolurelee kontaktid avanevad ja generaator lahutatakse patareidest.

Tagasivoolurelee kontaktidega on rööbiti lülitatud laadimise kontroll-lamp 14, mis asub juhirus armatuurilaua ja hakkab põlema siis, kui generaator ei tööta ja tarbijad saavad toite akupatareidest.

Relee-pingeregulaator RSC on kujutatud joonisel 95.

Trammidel T2-62 ja G4-61 on kasutusel süsiregulaator ERU 24.05, mis töötab koos muunduri generaatoriga GG1-U.

Süsiregulaatori töötamine on rajatud nähtusele, et üksikutest söeplaatidest koostatud samba elektriline takistus sõltub sambale rakendatud survest ja on sellega pöördvõrdeline.

Süsiregulaator ERU 24.05 (joon. 96) koosneb pingeregulaatorist koos voolupiirikuga B , pingestabilisaatorist D ja tagasivoolureleest C .

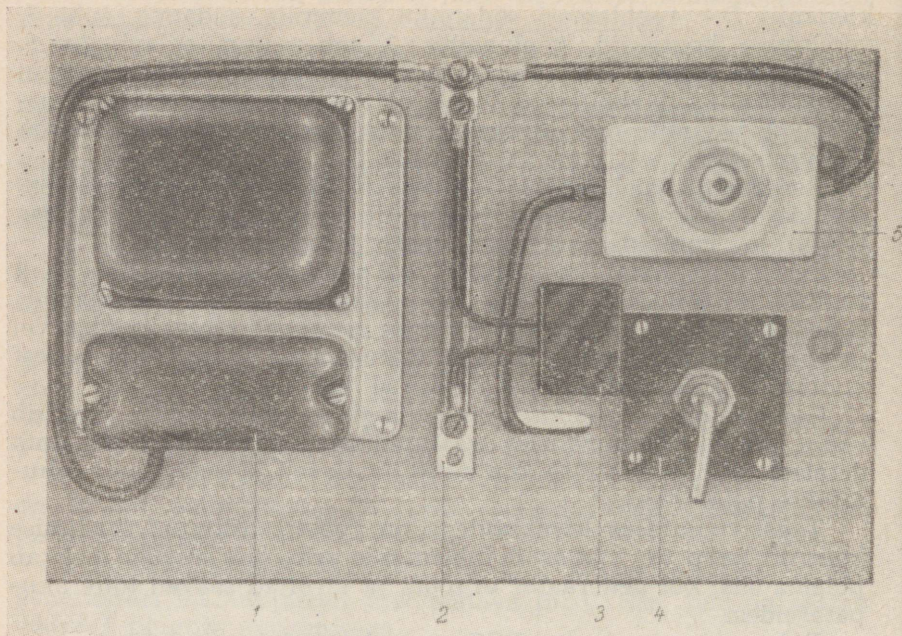
Pingeregulaatori, tagasivoolurelee ja voolupiiriku ülesandeid käsitlesime eespool. Pingestabilisaatori ülesandeks on siin pinge suhtes tundlikele tarbijatele antava toitepinge stabiliseerimine.

Pingeregulaator koos voolupiirikuga koosneb ferromagnetilisest südamikust 1, millele on mähitud pingemähis 3 ja voolumähis 4; südamiku pooluste vahel laagritele toetuvast ankrust 2 koos vedruga 5 ning hoobadega 6 ja 7; surveplaatide 8 ja 10 vahel asuvast ning ekstsentriliselt ankrule 2 toetuvast söeplaatide sambast 9 ja samba reguleerimiskruvist 11.

Pingestabilisaatori ehitus on analoogiline. Erinevuseks on söe-seibide suurem läbimõõt ning nende jaotus sektsioonideks. Sektsioonid on lülitatud vooluringi rööbiti.

Tagasivoolurelee koosneb südamikust 12, millel on pingemähis 16 ja voolumähis 17; liikuvast ankrust 13 koos vedruga 18 ning kontaktidest 14 ja 15.

Vaatleme joonisel 96 toodud skeemilt pingeregulaatori töötamist.



Joon. 95. Relee-pingeregulaatori RSC-700 asetus jaotuskilbil:

1 — relee-pingeregulaator; 2 — ampermeetri šunt; 3 — grupikaitsmete karp; 4 — akupatarei pealüliti; 5 — akupatarei kaitse

Kui generaator *A* ei tööta, on ankur 2 vedru 5 mõjul pööratud äärmisse parempoolsesse asendisse ning söesammas 9 on maksimaalse jõuga kokku surutud. Selles asendis on samba takistus minimaalne (umbes $1,5 \Omega$).

Generaatori käivitamisel kulgeb vool ergutusmähise vooluringis järgmiselt: generaatori plusshari, sulavkaitse (60 A), süsiregulaatori klemm 1, söesammas 9, ergutusvooluringi sulavkaitse 4A, regulaatori klemm 2, ergutusmähis, generaatori miinushari.

Takistuse väikese väärtuse tõttu ergutusvooluringis hakkab generaatori klemmipinge kiiresti kasvama.

Samaaegselt kulgeb vool pingeregulaatoris 3 järgmiselt: generaatori plusshari, sulavkaitse, süsiregulaatori klemm 1, mähis 3, takisti (36Ω), süsiregulaatori klemm 3, regulaatori miinusjuhe, vaguni metallkere, generaatori miinusjuhe, generaatori miinushari.

Generaatori töötamisel on voolu tugevus pingeregulaatori mähises 3 ning mähise poolt tekitatud magnetvoog regulaatori südamikus 1 võrdelised generaatori klemmipingega. Mähise 3 magnetvoo mõjul, mis ületab vedru 5 vastujõu, pöörduv regulaatori

klemmilt $D+$ regulaatori südamik klemmile, südamik, juhe 7, voolurelee kontaktid, voolumähis 3, generaatori sulavkaitse 9, regulaatori klemm $A+$, ampermeeter A , mootor- ja järelvaguni akupatareide sulavkaitsmed 10, akupatareid, akupatareide miinusjuhtmed, vagunite metallkered, generaatori miinusjuhe, generaatori miinushari.

Generaatori vool, läbides voolumähist, suurendab magnetvoogu regulaatori südamikus ning magneetib voolurelee liikuva ankru. Voolurelee kontaktid sulguvad veelgi tihedamalt.

Peale selle täidab voolumähis veel **voolupiiriku** ülesannet. Kui vool ületab generaatorile lubatava väärtuse, suureneb regulaatori südamiku magneetumine voolumähise keerdusid läbiva voolu arvel ja pingeregulaatori poolt hoitava klemmipinge suurus langeb, sest kontakt 4 satub puutesse miinuskontaktiga.

Generaatori seiskamisel (klemmipinge langemisel) muutub voolu suund voolumähises vastupidiseks, regulaatori südamik demagneetub, voolurelee kontaktid avanevad ja generaator lahutatakse patareidest.

Tagasivoolurelee kontaktidega on rööbiti lülitatud laadimise kontroll-lamp 14, mis asub juhirus armatuurilaua ja hakkab põlema siis, kui generaator ei tööta ja tarbijad saavad toite akupatareidest.

Relee-pingeregulaator RSC on kujutatud joonisel 95.

Trammidel T2-62 ja G4-61 on kasutusel süsiregulaator ERU 24.05, mis töötab koos muunduri generaatoriga GG1-U.

Süsiregulaatori töötamine on rajatud nähtusele, et üksikutest söeplaatidest koostatud samba elektriline takistus sõltub sambale rakendatud survest ja on sellega pöördvõrdeline.

Süsiregulaator ERU 24.05 (joon. 96) koosneb pingeregulaatorist koos voolupiirikuga B , pingestabilisaatorist D ja tagasivoolureleest C .

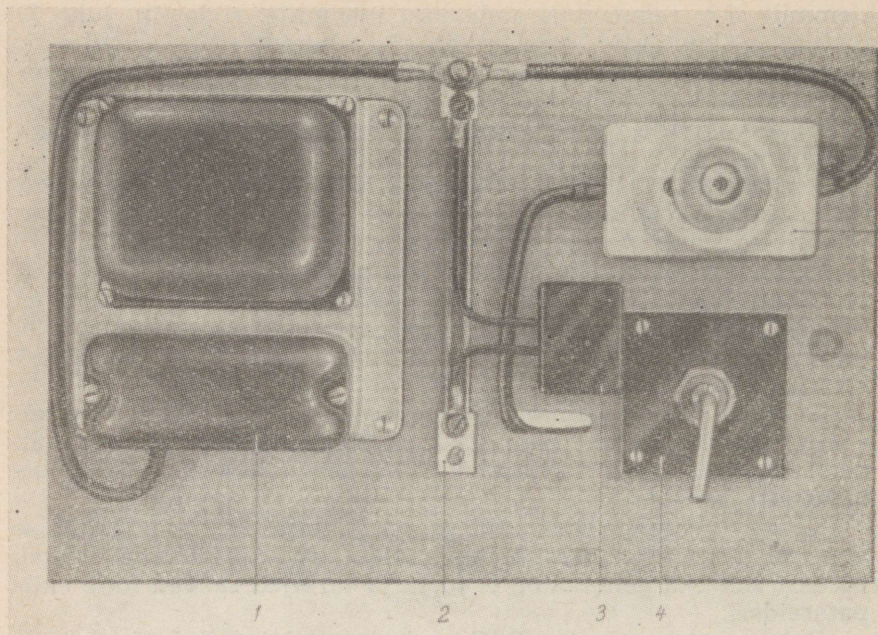
Pingeregulaatori, tagasivoolurelee ja voolupiiriku ülesandeid käsitlesime eespool. Pingestabilisaatori ülesandeks on siin pinge suhtes tundlikele tarbijatele antava toitepinge stabiliseerimine.

Pingeregulaator koos voolupiirikuga koosneb ferromagnetilisest südamikust 1, millele on mähitud pingemähis 3 ja voolumähis 4; südamiku pooluste vahel laagritele toetuvast ankrust 2 koos vedruga 5 ning hoobadega 6 ja 7; surveplaatide 8 ja 10 vahel asuvast ning ekstsentriliselt ankrule 2 toetuvast söeplaatide sambast 9 ja samba reguleerimiskruvist 11.

Pingestabilisaatori ehitus on analoogiline. Erinevuseks on söe-seibide suurem läbimõõt ning nende jaotus sektsioonideks. Sektsioonid on lülitatud vooluringi rööbiti.

Tagasivoolurelee koosneb südamikust 12, millel on pingemähis 16 ja voolumähis 17; liikuvast ankrust 13 koos vedruga 18 ning kontaktidest 14 ja 15.

Vaatleme joonisel 96 toodud skeemilt pingeregulaatori töötamist.



Joon. 95. Relee-pingeregulaatori RSC-700 asetus jaotuskilbil:

1 — relee-pingeregulaator; 2 — ampermeetri šunt; 3 — grupikaitsmete karp; 4 — akupatarei pealüliti; 5 — akupatarei kaitse

Kui generaator *A* ei tööta, on ankur 2 vedru 5 mõjul pööratud äärmisse parempoolsesse asendisse ning söesammas 9 on maksimaalse jõuga kokku surutud. Selles asendis on samba takistus minimaalne (umbes $1,5 \Omega$).

Generaatori käivitamisel kulgeb vool ergutusmähise vooluringis järgmiselt: generaatori plusshari, sulavkaitse (60 A), süsiregulaatori klemm 1, söesammas 9, ergutusvooluringi sulavkaitse 4A, regulaatori klemm 2, ergutusmähis, generaatori miinushari.

Takistuse väikese väärtuse tõttu ergutusvooluringis hakkab generaatori klemmipinge kiiresti kasvama.

Samaaegselt kulgeb vool pingeregulaatoris 3 järgmiselt: generaatori plusshari, sulavkaitse, süsiregulaatori klemm 1, mähis 3, takisti (36Ω), süsiregulaatori klemm 3, regulaatori miinusjuhe, vaguni metallkere, generaatori miinusjuhe, generaatori miinushari.

Generaatori töötamisel on voolu tugevus pingeregulaatori mähises 3 ning mähise poolt tekitatud magnetvoog regulaatori südamikus 1 võrdelised generaatori klemmipingega. Mähise 3 magnetvoo mõjul, mis ületab vedru 5 vastujõu, pöördub regulaatori

ankur 2 vasakule. Seejuures sambale 9 rakendatud surve nõrgeneb ja samba takistus suureneb. Ergutusvooluringi takistuse suurenemisel nõrgeneb ergutusvool ja generaatori klemmipinge, mis aga omakorda põhjustab mähise 3 poolt südamikus 1 tekitatava magnetvoo vähenemise.

Seega saab ankur 2 pöörduda vasakule seni, kuni magnetvoo poolt tekitatav pöördemoment ja vedru 5 vastumoment omavahel tasakaalustuvad. Ankur 2 jääb püsima teatavasse asendisse seni, kuni generaatori ankru pöörlemiskiiruse või koormuse muutus ei kutsu esile generaatori klemmipinge muutust ja seega ka magnetvoo muutust pingeregulaatori südamikus.

Pingeregulaatori poolt hoitava generaatori klemmipinge suurus seatakse vedruiga 5.

Tagasivoolurelee C töötab analoogiliselt relee-pingeregulaatori RSC 24/700 juures kirjeldatuga. Generaatori klemmipinge normaalsel väärtusel relee mähis 16, mis on ühendatud rööbiti generaatori klemmidele, magneedib relee südamiku 12 sedavõrd, et ankur 13 tõmbub vastu südamikku ja relee kontaktid 14 ja 15 sulguvad. Sel juhul kulgeb vool generaatorist tarbijasse kolme erinevat teed mööda:

1. Akupatareide laadimisvooluringis liigub vool järgmiselt: generaatori plusshari, sulavkaitse regulaatori klemm 1, tagasivoolurelee voolumähis 17, relee kontaktid 15 ja 14, relee ankur 13, pingeregulaatori voolumähis 4, süsiregulaatori klemm 4, ampermeetri šunt, mootor- ja järeelvaguni sulavkaitsmed (60 A), pealülitid, akupatareid, miinusjuhtmed, vagunite metallkered, generaatori miinusjuhe, generaatori miinushari.

Pingeregulaatori voolumähist 4 läbiv laadimisvool tekitab selle südamikus täiendava magnetvoo, mis on võrdeline mähist läbiva voolu tugevusega.

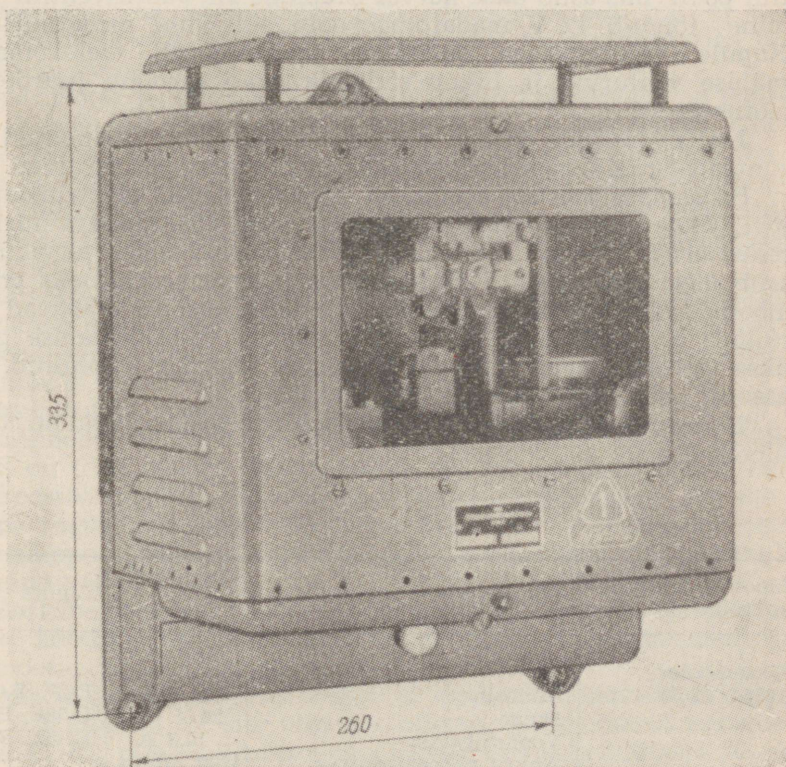
Ülemäära tühjenenud akupatareide laadimisvool võib ületada generaatorile lubatava suuruse. Laadimisvoolu suurenemisel suureneb ka pingeregulaatori ankrude 2 pöördemoment, surve söesambale nõrgeneb ning generaatori klemmipinge väheneb.

2. Uksemootorite vooluringis on voolu kulg järgmine: generaatori plusshari, sulavkaitse, süsiregulaatori klemm 1, relee voolumähis 17, relee kontaktid 15 ja 14, ankur 13, süsiregulaatori klemm 7, sulavkaitse (40 A), juhtmed mootor- ja järeelvaguni uksemootorite klemmidele (läbi mootoriahela sulavkaitsmete). Miinusjuhtmeks on samuti trammi metallkere.
3. Stabiliseeritava toitepingega tarbijatele — mootorvaguni armatuurilauda ja järeelvaguni lülituskilpi läheb vool järgmiselt: generaatori plusshari, sulavkaitse, süsiregulaatori klemm 1, relee voolumähis 17, kontaktid 15 ja 14, ankur 13, pingestabilisaatori söesammas 9, süsiregulaatori klemm 5,

sulavkaitse (40 A), juhtmed mootor- ja järelvaguni jaotus-
seadmesse.

Seejuures pingestabilisaator töötab analoogiliselt pingeregulaatoriga. Stabilisaatori südamikul olev mähis 3 on ühendatud süsiregulaatoriga stabiliseeritud pinge väljundklemmidele 5. Seega on südamiku magnetvoog ja ankrü pöördemoment võrdeline pingega klemmil 5, s. o. tarbijate toitepingega. Toitepinge iga muutus kutsub esile ankrü pöördemomendi ning stabilisaatori samba takistuse muutuse, mis vastavalt suurendab või vähendab pingelangu söesambal ja sellega hoiab pinge süsiregulaatori klemmidel 5 stabiilsena.

Kui generaator seisab, on stabilisaatori samm maksimaalselt kokku surutud ja selle takistus on suhteliselt väike ($0,07 \Omega$). Siis saavad mootorvaguni tarbijad toite akupatareidest läbi süsiregulaatori, järelvaguni tarbijad aga läbi ümberlülitusrelee *E* kontaktide.



Joon. 97. Relee-pingeregulaatori ERU 24.05

Generaatori käivitamisel ümberlülitusrelee mähis saab toite stabilisaatori klemmilt 5 ja lülitab tarbijad ümber vahetult generaatoritoitele.

Joonisel 97 on kujutatud süsiregulaator ERU 24.05.

Süsiregulaatori ERU 24.05 tehnilised andmed:

Laadimispinge	30/31,5 V \pm 3%
Laadimisvool (maksimaalne)	23 A
Reguleerimata pinge	18...31 V
Reguleerimata vool (maksimaalne)	32 A
Stabiliseeritud pinge	24 \pm 3%
Stabiliseeritud vool (maksimaalne)	32 A

5.5. Uste elektriajam

Trammidel T-54 toimub uste sulgemine-avamine suruõhu abil. Suruõhk suunatakse ukse silindrisse elektromagnetilise jaotusventiili poolt, mis asub ukse kõrval istepinge all. Jaotusventiili juhtimine toimub 12 V madalpingevoolu abil juhi armatuurlaualt. Nupule vajutamiselega suletakse jaotusventiili elektromagneti mähise vooluring ja liikuv südamik avab suruõhu juurdepääsu jaotusventiili.

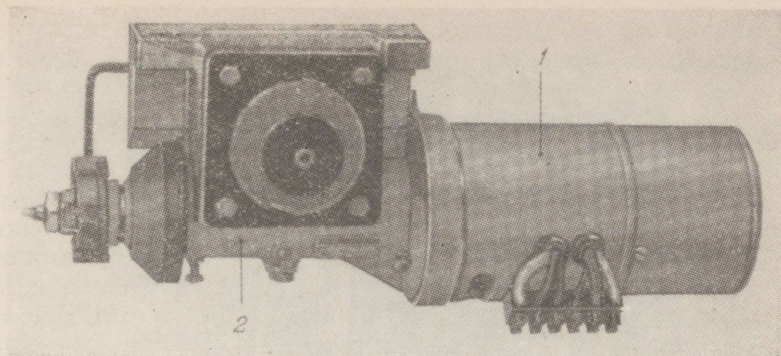
Jaotusventiilide küljes olevad kontaktid on ühendatud uste kontroll-lampidega armatuurlaual, mis uste avades süttivad.

Hilisemate seeriade vagunitel liiguvad ukсед elektrimootorite jõul. Ukse elektriajam koosneb mootorist, lülitusaparatuurist ja reduktorist. Mootor ja reduktor moodustavad ühtse terviku, mis asub ukse peal kapis. Käivitamiseks ja reverseerimiseks on igal mootoril kaks kontaktorit. Kontaktorite lülitusnupud asuvad juhiruumis armatuurlaual. Mootori õigeaegse väljalülitamise pärast ukse täielikku avanemist või sulgumist tagavad lõpplülitid. Uste asendit näitavad juhile kontroll-lambid.

Trammides kasutatavate uksemootorite põhinäitajad on toodud tabelis 8.

Tabel 8

Mootori nimetus ja tüüp	Põhinäitaja	Vaguni tüüp
Uksemootor 1035.1 87/60	Võimsus	0,14 kW
	Pinge	24 V
	Voolutugevus	10,3 A
	Ankru pööremiskiirus	4200 p/min.
Uksemootor L3A	Võimsus	0,2 kW
	Pinge	24 V
	Voolutugevus	12 A
	Ankru pööremiskiirus	900 p/min.



Joon. 98. Uksemootor 1035. 1 87/60 koos reduktoriga: 1 — mootor; 2 — reduktor

Uksemootorina kasutatakse jadaergutusmasinaid, mis ei ole ülekoormustele eriti tundlikud. Uksemootor koos reduktoriga on kujutatud joonisel 98.

Uksemootorite käivitamiseks kasutatavad kontaktorid on põhiliselt ühesugused. Erinevus on kontaktide arvus. Kontaktori põhi- listeks elementideks on liikuvad kontaktisillad ja liikumatud kontaktid, südamik, ankur ja mähis. Liikuvad sildkontaktid on ühendatud ankruga selliselt, et need ankruga südamiku vastu tõmbumisel kas sulguvad (sulguvad kontaktid) või avanevad (avanevad kontaktid).

Kontaktoritel on kahesuguse ehituse ja ülesandega kontakte: tugevamad peakontaktid on mootori vooluringi sisse- ja väljalülitamiseks ning abikontaktid juhtimis- ja signaalsüsteemidele ühendamiseks. Kontaktide materjaliks on peamiselt hõbe.

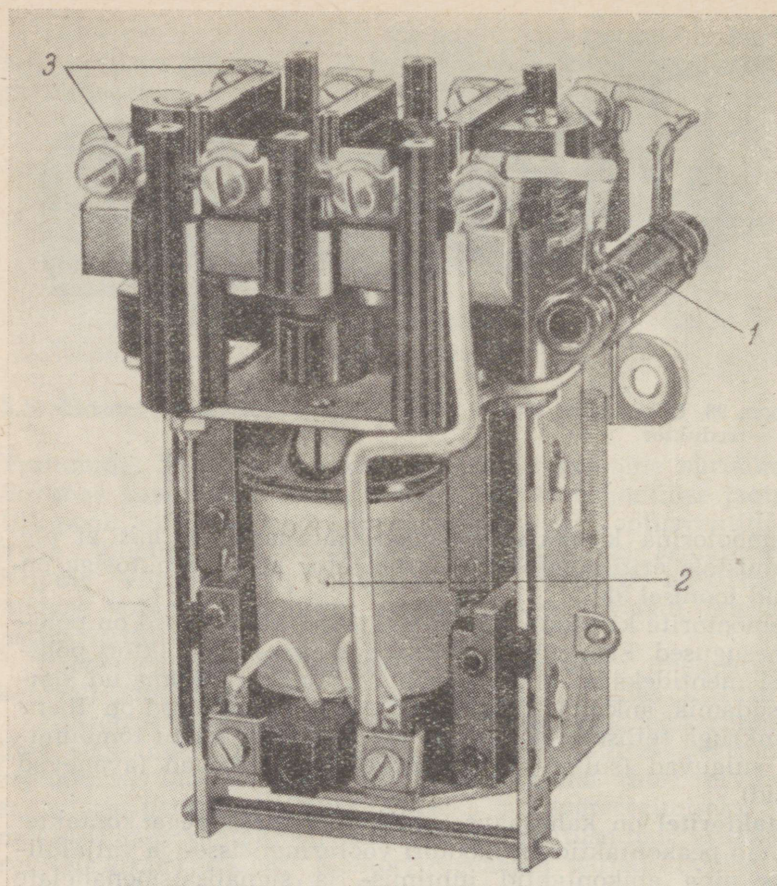
Uksemootori kontaktor on kujutatud joonisel 99.

Uksemootorite juhtimisskeemid vagunitel T-57/B-57 ja T-59E/B-59E on ühesugused. Skeem tagab mootor- ja järelvaguni esiste koostöö. Samuti töötavad koos vagunite tagauksed. See kergendab vagunijuhi tööd. Selle juhtimissüsteemi juures tuleb uste lülitusnuppe hoida allasurutuna seni, kuni ukсед on täielikult sulgunud või avanenud.

Vaatleme skeemilt (joon. 100) voolu kulgu kahes eraldi vooluringis: kontaktorite (KT) mähiste vooluringis (juhtimisahel) ja uksemootori vooluringis (peeahel).

Ukse 12 sulgemisel avab tõukur 13 lõpplüüti 6 kontaktid. Lõpplüüti 5 kontaktid on siis vedruga suletud. Uksemootori ergutusmähis E1-F1, mis saab toite akupatareist läbi sulavkaitsme 10, on pingestatud. Samuti on pingestatud kontaktorite peakontaktid F1.

Vajutades uste lülitusnupule «Avada» kulgeb vool kontaktori 4 mähise vooluringis järgmiselt: sulavkaitsme 9, lülitusnupp



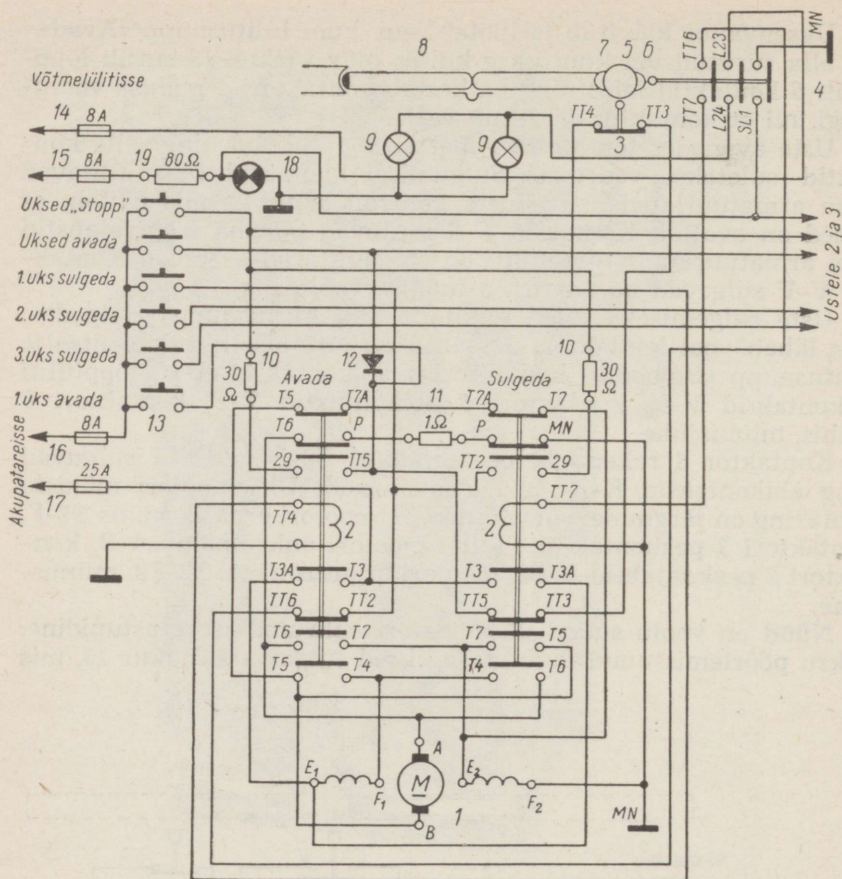
Joon. 99. Uksemootori kontaktor:

1 — mähise eeltakisti (30 Ω); 2 — mähis; 3 — kontaktid

«Avada», kontaktori 3 abikontaktid K-K, lõpplüüti 5 kontaktid, kontaktori 4 abikontaktid T-T, kontaktori 4 mähis, miinusjuhe.

Kontaktori 4 rakendub. Peakontaktid F1-B ja E2-A sulguvad, abikontaktid K-K ja T-T avanevad. Kontaktide T-T avanemisega lülitub mähise vooluringi lisatakisti (30 Ω), mis piirab mähise voolu pärast ankru tõmbumist vastu südamikku. Kontaktid K-K blokeerivad teise kontaktori (KT 3) mähise vooluringi ja ei võimalda selle samaaegset sisselülitamist.

Uksemootori vooluringis kulgeb vool järgmiselt: sulavkaitse 10, mootori ergutusmähis E1-F1, kontaktori 4 kontaktid F1-B, mootori ankrumähis B-A1, kontaktori 4 kontaktid A-E2, mootori ergutusmähis E2-F2, miinusjuhe.



Joon. 101. Trammi G4-61 uksemootori juhtimisskeem (joonisel on näidatud esimene uks)

liigub koos uksega, vabastab lõpplüti 5 (selle kontaktid sulguvad) ja surub lõpplütilile 6 (selle kontaktid avanevad). Lõpplüti 6 kontaktide avanemisega kustub uste kontroll-lamp 8 ja trepivalgustid 7.

Järelvaguni uste kontaktorid on ühendatud samade lülitusnuppudega. Samuti on kontroll-lambi juhe ühendatud ka järelvaguni ukse lõpplülititega. Seega ei kustu kontroll-lamp enne, kui mõlemad ukсед on sulgunud. Järelvaguni uksemootorid saavad toite järelvaguni akupatareilt läbi sulavkaitsmete.

Trammide T2-62/B2-62 ja G4-61 uksemootorite juhtimisskeem on põhimõttelt analoogiline eelkirjeldatuga, kuid omab rea täiususi. Uste avamiseks ja sulgemiseks ei ole tarvis hoida lülitusnuppe allasurutud asendis, vaid tuleb vastavale nupule ainult

korraks vajutada. Uste avanemisel, pärast kontaktorite väljalülitamist lõpplülititega või nupuga «Uksed stopp», toimub automaatselt uksemootorite elektripidurdus. Uste kontroll-lamp on kõigile ustele ühine (trammil T2-62 on uste kontroll-lamp monteeritud lülitusnuppude sisse). See süttib siis, kui kõik ukсед on suletud. Peale selle on uste kõrvale monteeritud nupud «Palun ukсед avada», millele vajutamisel süttib juhirusmis vastav signaallamp. Signaallamp kustub, kui vajutada armatuurlaual nupule «Ärasõidusignaal».

Trammi G4-61 uksemootori juhtimisskeem on toodud joonisel 101.

Trammi klappukse pöördteljele 5 on kinnitatud kaks ekstsentrikut 6 ja 7, mis pöörduvad koos teljega ja ukse lõppasendites lahutavad lõpplülitite 3 ja 4 kontaktid. Ukse suletud seisus on ekstsentriku 6 survel lõpplülitite 4 kontaktid lahutatud, aga lõpplülitite 3, mille ekstsentrik 7 on 90° võrra ära pööratud, on kontaktid vedru mõjul suletud.

Kui samal ajal ka 2. ja 3. uks on suletud, siis uste kontroll-lamp 18 põleb temal tekkiva pingelangu arvel (saab toite läbi sulavkaitsme 15 ja eeltakisti 19).

Vajutamisel lülitusnupule «1.2.3. avada» avanevad kõik ukсед korraga. Sel juhul kulgeb vool kontaktorite «Avada» mähistesse järgmiselt: sulavkaitsme 16, lülitusnupp «1.2.3. avada», pooljuhtdiodid 12, kontaktori abikontaktid TT5-TT3, lõpplülitite 3 kontaktorid TT 3-TT 4, kontaktori mähis TT 4, miinusjuhe MN. Samasugune on ka voolu teekond 2. ja 3. ukse kontaktorite mähistesse.

Kontaktor «Avada» rakendub ning koos peakontaktidega sulgub ka abikontakt 29-TT5. Samaaegselt blokeerkontaktid lahutuvad. Lülitusnupu vabastamisel ei lülitu kontaktor välja, sest mähis saab nüüd toite läbi lülitusnupu «Uksed stopp» järgmiselt: sulavkaitsme 16, lülitusnupp «Uksed stopp», lisatakisti 10, kontaktori abikontakt 29-TT5. Edasi kulgeb vool sama teed kui enne.

Uksemootori vooluringis liigub vool järgmiselt: sulavkaitsme 17, kontaktori kontakt T3-T3A, mootori ergutusmähis E1-F1, kontaktori kontakt T4-T5, mootori ankrumähis B-A, kontaktori kontakt T6-T7, mootori ergutusmähis E2-F2, miinusjuhe.

Uksemootor töötab seni, kuni ekstsentrik 7 surub lõpplülitite 3 kontaktid lahti ja katkestab sellega kontaktori mähise vooluringi. Samaaegselt ukse avanemisega pöörduvad ka ekstsentrik 6 ja vabastab lõpplülitite 4, mille kontaktid sulguvad. Seejuures kontaktid SL 1- MN lühistavad uste kontroll-lambi 18 ning see kustub (kogu pinge langeb nüüd takistile 19). Kontaktidega L 23-L 24 lülitatakse sisse trepivalgustid 9 (süttivad juhul, kui armatuurlaual võtmelülitite on asendis «Parktuled»). Antud skeemis teostub uste elektripidurdus ainult ankru ühe pöörlemisena puhul- s. o. juhul, kui mootorina töötamisel voolu suund ankrumähises on B-A. Kui generaatorrežiimi minek toimub vastupidise voolusuuna juures, siis jääkmagnetism hävib ja pidurdust ei toimu.

Vaatleme pidurdusvoolu kulgu skeemis. Kui ukse avanedes lõpplüliti 3 katkestab juhtimisahela ja kontaktor lülitub välja, siis sulgub automaatselt pidurdusvooluring. Uksemootori ankrumähises, mis pöörleb edasi inertsil mõjul, indutseeritakse jääkmagnetismi mõjul elektromotoorjõud. Selle tekitatav pidurdusvool kulgeb järgmiselt: ankrumähise kontakt B, kontaktori «Avada» abikontakt T5-T7A, kontaktori «Sulgeda» abikontakt T7A-T7, mootori ergutusmähis E2-F2, miinusjuhe, kontaktori «Sulgeda» abikontakt MN-P, koormustakisti 11, kontaktori «Avada» abikontakt P-T6, mootori ankrumähise kontakt A.

Seega kustutatakse elektrienergia takistil 11, mille tulemusena tekib pidurdusmoment.

Juhul kui tekib vajadus peatada uste liikumine (kas avanemisel või sulgumisel), tuleb vajutada lülitusnupule «Uksed stopp». Juhimisahel katkeb ja kõigi uste kontaktorid lülituvad välja.

Vaguni esimest ust on võimalik ka eraldi avada. Vajutades nupule «1. avada» kulgeb vool sulavkaitsmest 16 läbi lülitusnupu «1. avada» kontaktori kontaktile TT5 ja edasi sama teed kui lülitusnupule «1. 2. 3. avada» vajutamise korral. Sel juhul pooljuhtdiodid 12, mis voolu teises suunas läbi ei lase, hoiab ära voolu suundumise 2. ja 3. ukse kontaktoritele.

Uste sulgemine toimub iga ukse jaoks eraldi lülitusnupuga. Vajutamisel nupule «1. sulgeda» suundub vool kontaktori «Sulgeda» mähisesse järgmiselt: sulavkaitse 16, lülitusnupp «1. sulgeda», kontaktori kontakt TT2-TT6, LL4 lõpplüliti 4 kontaktid TT6-TT7, kontaktori mähis TT7, miinusjuhe.

Kontaktori «Sulgeda» rakendumisel sulgub ka abikontakt 29-TT2, mille kaudu saab kontaktori mähis toite pärast lülitusnupu vabastamist. Uksemootor töötab seni, kuni ekstsentrisk 6 surub lahti lõpplüliti 4 kontaktid või juhtimisahel katkestatakse lülitusnupuga «Uksed stopp».

Uksemootori vooluring siinjuures selgitamist ei vaja, kuivõrd teise kontaktori sisselülitamisel muutub ainult voolu suund ankrumähises ja seega ka ankrupöörlemissuund.

Uste liikumise reguleerimiseks on uste küljes olevad lõpplülitite tõukurid ja ekstsentriskud seatavad ja lõpplülitite kaugused reguleeritavad.

5.6. Aknapuhasti

Juhiruumi esiakna puhasti töötab elektrimootori jõul. Vagunitel T-54 on aknapuhasti mootor arvestatud töötamiseks pingel 12 V ja arendab võimsust 3,5 W.

Vagunitel T-57, T-59E ja T2-62 on samasuguse ehitusega mootorid, kuid töötavad pingel 24 V ning arendavad 4,3 W võimsust. Nendel mootoritel on hammasratasülekanne koos mehhanismiga,

mis muudab ankrü pöörleva liikumise puhastile vajalikuks pendelliikumiseks, monteeritud mootori kere. Mootor kinnitub vahetult esiakna raami külge ning raamist läbiulatuva ajami võlli otsa kinnitatakse aknapuhasti. Mootori lüliti asub armatuurlaual. Lühisvoolu katkestamiseks on voluringis sulavkaitse 8 A.

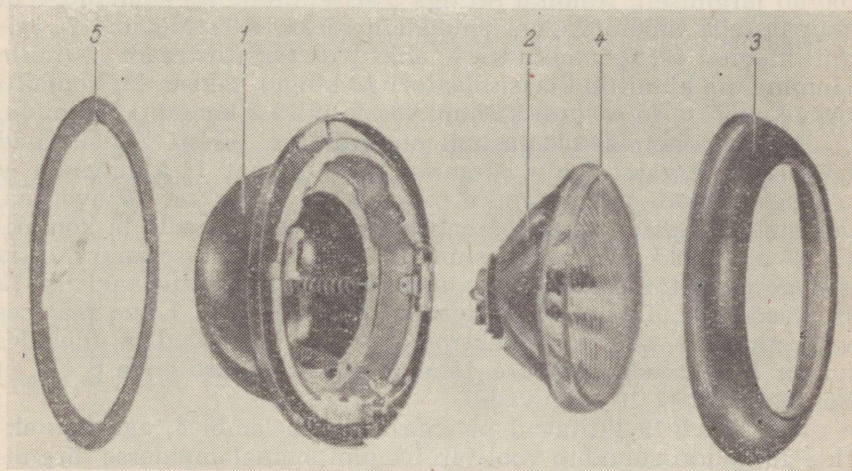
Vagunitel G4-61 on kasutusel suurema võimsusega mootor (8 W). Ankrü pöörlemiskiiruse vähendamiseks on mootori sisse ehitatud hammasratasülekanne; aknapuhasti pendelliikumine saavutatakse eriplaadile monteeritud väntmehhanismi abil.

5.7. Esilatern

Igal mootorvagunil on esilatern madalpinge voluringi lülitatava kaug-, lähi- ja parktulega.

Esilaterna optiline element (joon. 102) koosneb lambist, reflektorist ja hajutavast klaasist.

Esilaterna kaug- ja lähitulede lamp on kahe kontaktiga ja kahe hõõgniidiga. Lähitule hõõgniit on eest- ja altpoolt kaetud ekraaniga. See suunab valguse ainult reflektori ülemisele poolele, mis seal peegeldudes langeb ainult lähemale tee pinnale. Lambid on täidetud inertgaasiga — argooni ja lämmastiku seguga või puhta krüptoniga. Gaasitäitega lampides on volframist hõõgniidi iga pikem. Kaugtule hõõgniidi võimsus on 45 W, lähitule hõõgniidil 40 W.



Joon. 102. Vaguni esilatern:

1 — laterna kest; 2 — reflektor; 3 — dekoratiivrõngas; 4 — klaas; 5 — kummitihend

Parktule lamp asub samuti optilise elemendi sees, kaug- ja lähitulede lambist allpool.

Lambipesad on kinnitatud ühisele isoleerainest plaadile. Lambi vahetamiseks on plaat koos pesadega kergesti äravõetav. Parktule lambi võimsus on 5 W.

Optiline element koos lampidega kinnitub kruvidega esilaterna kesta sees oleva seadeäärise külge. Seadeääris on reguleeritav kahes tasapinnas. See võimaldab valguse suuna reguleerimist vastavalt nõuetele.

Esilaterna sisselülitamiseks tuleb armatuurlaua võtmelüliti pöörata äärmisse parempoolsesse asendisse. Lähi- ja kaugtule ümberlülitamiseks on pedaalide kõrval jalglüliti. Kaugtule sisselülitamisel süttib ka armatuurlaul signaallamp «Kaugtuli». Iga hõõgniidi voluringis on sulavkaitse.

5.8. Suunanäidik

Suunanäidik on vajalik selleks, et hoiatada teiste liiklusvahendite juhte kavatsetavast pöördest. Tähelepandavuse suurendamiseks pannakse suunanäidiku lambid vilguti abil vilkuma.

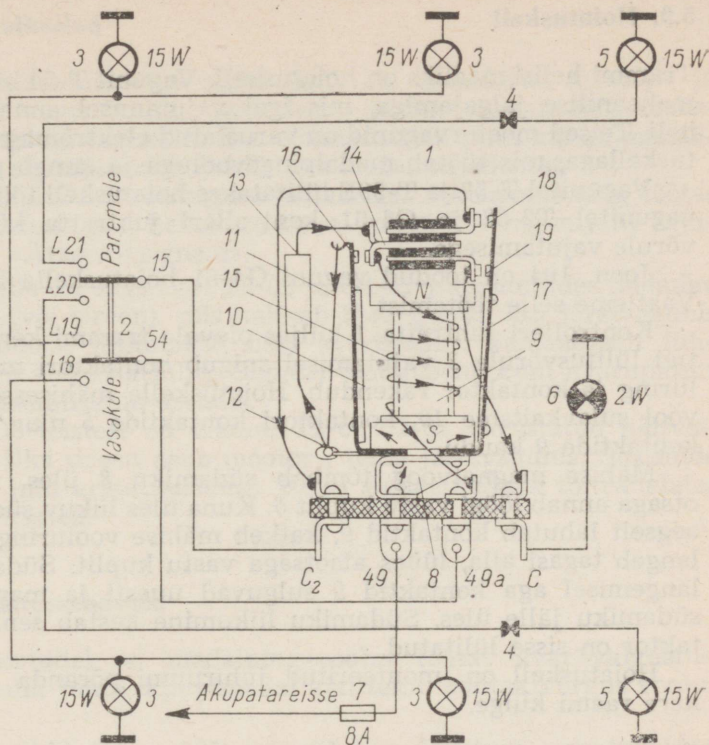
Mootorvagunitel on suunanäidiku armatuurid mõlemal küljel. Järelvagunitel on suunalambid ühistes sektsioonitud armatuurides gabariit- ja pidurituledega. Järelvagunitel B-54, B-57 ja B-59E suunalampe ei ole.

Suunanäidiku lüliti ja kontroll-lamp asetsevad armatuurlaul, vilguti on monteeritud armatuurlaua alla. Suunanäidik (joon. 103) töötab järgmiselt. Näidiku lülitiga 2 sisselülitamisel suundub vool akupatareist mootorvaguni suunalampidesse sulavkaitsme 7, vilguti klemmi 49, südamikule toe 8, ankru 10, takistustraadi 11 (mille alumine ots kinnitub klaasisolaatori 12 külge), takisti 13, kontakti toe 14, mähise 15, vilguti klemmi 49a ja lüliti 2 kontakti 54 kaudu.

Et suunalampide voluringi on lülitatud takisti 13, siis nad hõõguvad nõrgalt. Voolu läbimisel takistustraadi 11 kuumeneb ja pikeneb. Traadi pingus, mille mõjul hoiti kontaktid 16 avatuna, väheneb. Elektromagnet tõmbab ankru 10 enda poole ja kontaktid 16 sulguvad. Järgnevalt suundub vool lampidesse ankru 10 ja elektromagneti mähise 15 kaudu, möödudes lühistatud takistist 13 ja traadist 11. Lambid hakkavad põlema heledalt. Kuna mähises vool suurenes, suureneb elektromagneti 9 tõmbejõud ja, ületades ankru 17 lehtvedru pinguse, tõmbab ankru niivõrd enda poole, et kontaktid 18 ja 19 sulguvad.

Kontaktid 19 lülitavad põlema kontroll-lambi 6, aga kontaktide 18 kaudu suundub vool järelvaguni suunalampidesse järgmiselt: sulavkaitse 7, vilguti klemm 49, südamikule tugi 8, ankur 17, kontaktid 18, vilguti klemm C₂, lüliti 2 kontakt 15, vagunite vahepuhvri kontaktid 4, suunalamp 5.

Selle aja jooksul, kui traadi 11 vool ei läbi, see jahtub, lüheneb



Joon. 103. Vilgutiga suunanäidiku skeem (vagun T2-62):
 1 — vilguti; 2 — suunalüliti; 3 — mootorvaguni suunalambid; 4 — vahepuhvri kontaktid; 5 — järelvaguni suunalambid

ning lahutab kontaktid 16. Nüüd on mootorvaguni lampide vooluringi jälle lülitatud taktisti 13 ning lampide valgus nõrgeneb. Samal ajal kustuvad ka järelvaguni lambid ja kontroll-lamp, sest mähise voolu vähenemisel nõrgeneb ka elektromagneti tõmbejõud, vedru 17 tõmbab ankru südamikust eemale ja lahutab kontaktid 18 ja 19.

Kirjeldatud protsess kordub sagedusega 70... 120 korda minutis. Lüliti 2 väljalülitamisega protsess katkeb.

Elektromagnetilise vilguti puuduseks on asjaolu, et vilkumise sagedus sõltub koormusest, s. o. lampide võimsusest.

5.9. Hoiatuskell

Trammi helisignaaliiks on hoiatuskell. Vagunil T-54 on hoiatuskell mehaanilise jalgajamiga, mis igal vajutamisel annab ühekordse heli. Teised mootorvagunid on varustatud elektromagnetilise hoiatuskellaga, mis töötab madalpingevooluga ja annab pideva heli.

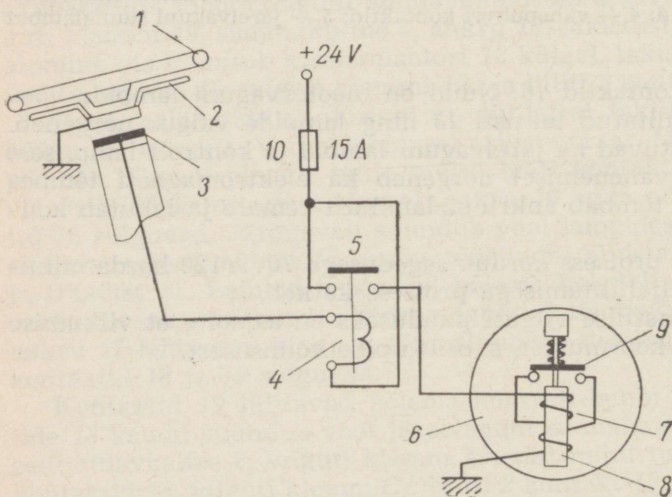
Vagunitel T-57 ja T-59E lülitatakse hoiatuskell tööle pedaaliga, vagunitel T2-62 ja G4-61 kontrolleri juhtratta küljes olevale võrrele vajutamiseaga.

Joon. 104 on toodud vaguni G4-61 hoiatuskella lülitusskeem. Vaatleme selle töötamist.

Kontrolleri juhtratta 1 küljes olevale trammi kerega ühendatud lülitusvõrrele 2 vajutamisel sulgub kontaktori mähise 4 vooluring ja kontaktor rakendub. Hoiatuskella mähisesse 7 suundub vool sulavkaitsme 10, kontaktori kontaktide 5 ning hoiatuskella kontaktide 9 kaudu.

Mähise magnetvoog tõmbab südamikku 8 üles, mis ülemise otsaga annab löögi vastu kuplit 6. Kuna üles liikuv südamik samaaegselt lahutab kontaktid 9, katkeb mähise vooluring ja südamik langeb tagasi alla, lüües alaotsaga vastu kuplit. Südamiku allalangemisel aga kontaktid 9 sulguvad uuesti ja magnet tõmbab südamiku jälle üles. Südamiku liikumine kestab seni, kuni kontaktor on sisse lülitatud.

Hoiatuskell on monteeritud juhirusi pöranda alla vaguni kere raami külge.



Joon. 104. Hoiatuskella lülitusskeem

5.10. Signaalkellad

Vaguni juhirus asub signaalkell on ühendatud mootor- ja järeelvaguni signaalkella nuppudega. Selline signalisatsioonisüsteem on kõikidel vagunitel. See võimaldab nii liinil kui ka manööverdusel signaalseerida juhile peatamise vajadusest.

Trammidel G4-61 on signaalkellad igas sektsioonis ning töötavad kahepoolset, s. t. helisevad ka sel juhul, kui vaguni juht vajutab nupule «Ärasõidusignaali».

Peale selle on vagunitel T2-62 ja G4-61 juhirusruumides täiendav signaalkell (või sireen), mis hakkab tööle juhul, kui järeelvagunis (või sektsioonis) lülitatakse sisse avariipidur. Samaaegselt lülitub ka välja automaatlüliti. Signaal töötab seni, kuni avariipiduri nupp on sisselülitatud asendis.

Erinevalt teistest on tramm T2-62/B2-62 varustatud häiresireenidega. Üks sireen asub mootor-, teine järeelvagunis. Sireenide lüliti asub juhi armatuurlaual. Kõigi signaalkellade toiteahelates on sulavkaitsmed.

5.11. Valgustusseadmed

Kõigil trammidel on madalpingevoolul töötav avariivalgustus, mis on vajalik juhul, kui pimedal ajal tekib kontaktvõrgus voolukatkestus.

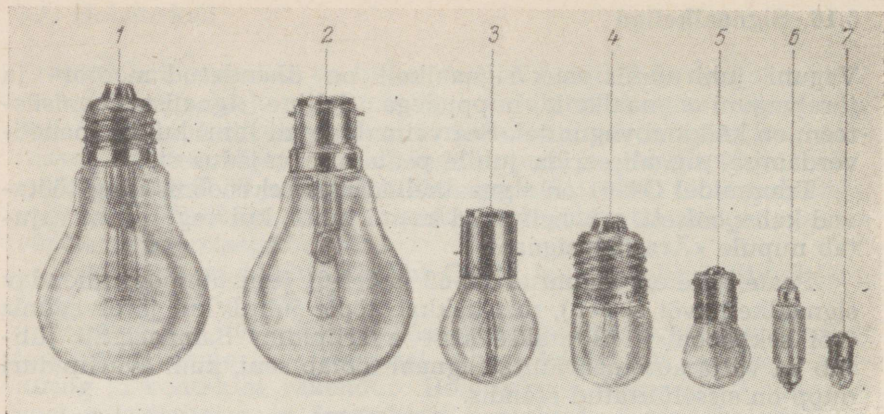
Avariilambid (joon. 105) asuvad laevalgustuse armatuurides. Vagunis on 4 kuni 10 lampi. Mootorvaguni avariivalgustuslülitid asub armatuurlaual. Samas on ka avariivalgustuse kontroll-lamp, mis süttib valgustuse sisselülitamisel. Järeelvagunis on avariivalgustuse lüliti madalpingelülitisilbil. Sulavkaitsmed on eraldi mootor- ja järeelvagunis.

Vagunite T-57/B-57, T-59E/B-59E ja T2-62/B2-62 liinumberid valgustatakse madalpingelampidega. Küljenumbrite valgustites kasutatakse 5 W võimsusega sofiitlampe. Igas valgustis on 2...4 lampi. Lambi võimsus otsanumbrite ja -siltide valgustamiseks on 25 W. Mootorvaguni valgustid lülitatakse sisse armatuurlaual võtmelülitiga, järeelvagunis eraldi lülitiga, mis asub madalpinge-lülitisilbil. Külje- ja otsavalgustitel on eraldi sulavkaitsmed.

Juhirusruumi valgustuseks on eraldi armatuur. Lambi võimsus on 25 kuni 35 W. Lüliti asub armatuurlaual.

Peale loetletud valgustite on trammil veel tagalaternad, milles asuvad gabariidi ja piduri signaallambid (vagunil G4-61 lisaks veel suunalambid).

Tagalaternad on sektsioneeritud. Sektsioonide katteklasid värvused on erinevad: gabariitlampidel punased, pidurilampidel kollased.



Joon. 105. Vagunites kasutatavaid elektrilampe:

1 — sisevalgustuse lamp 120 V, 40 W; 2 — liininumbrite valgustuse lamp 24 V, 25 W; 3 — esilaterna lamp 24 (12) V, 45/40 W; 4 — ahjude signaal-lamp 0,58—6 A; 5 — suunalamp 24 (12) V, 15 W; 6 — sofiitlamp 24 V, 5 W; 7 — armatuurlaua signaallamp 24 (12) V, 3 W

Mootorvagunitel ja vagunitel G4-61 lülitatakse gabariitlambid sisse armatuurlaua võtmelülitiga. Ka rekonstrueeritud järelvagunitel B-57 ja B-59E süttivad need koos mootorvaguni lampidega. Järelvagunil B2-62 süttib koos mootorvaguni lampidega ainult parempoolne gabariitlamp. Vasakpoolne tuleb sisse lülitada eraldi lülitiga järelvaguni lülituskilbilt.

Eraldi tuleb lülitada gabariitlambid ka järelvagunil B-54, kuid selle vaguni parempoolse tagalaterna all on veel täiendav kõrgepingeline gabariitlamp, mis kuulub samasse gruppi küljenumbrite valgustusega ja süttib selle grupi sisselülitamisel.

Pidurduslambid süttivad kõikidel trammidel elektripidurdusel, s. o. kontrolleri kiirendusvõlli pööramisel pidurdusasendisse. Peale selle süttivad pidurduslambid vagunitel T2-62/B2-62 ja G4-61 ka pidurdamisel rööpapiduritega.

Nii gabariit- kui ka pidurilampide voluringides on sulavkaitsmed.

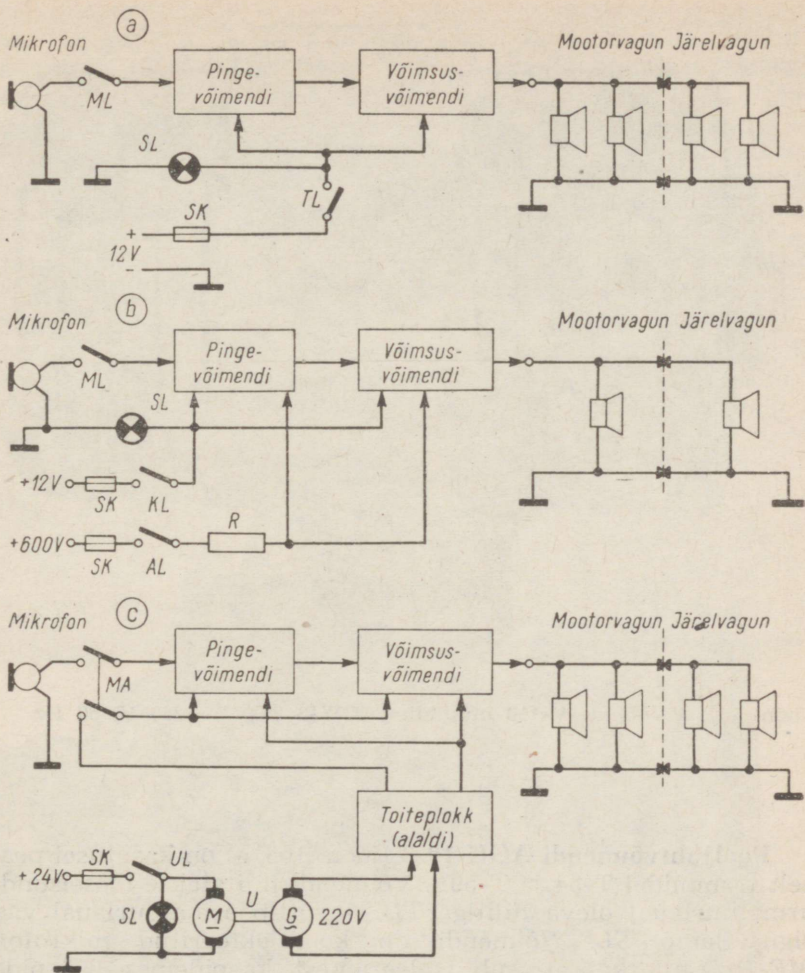
Vagunites kasutatavate madalpingelampide arvud ja võimsused on toodud tabelis 9.

5.12. Mikrofonivõimendi

Kõik trammid on radiofitseeritud. Mikrofon asetseb juhi armatuurlaual, võimendi on paigutatud juhiruumi või mootorvaguni tagumisel platvormil asuvasse kappi. Valjuhääldid asuvad nii mootor- kui ka järelvagunis.

Mikrofonivõimendite tehnilised näitajad

Näitaja	Lampvõimendid		Pooljuhtvõimendid	
	Kohalik toode	V-110 «Funkwerke Kõlledda» SDV	U-4M	AGU-10-3
Toitepinge	Anoodpinge 600 V ± 25% Lampide küte 12,5 V ± 10%	110/127/220 240 V ± 10%	12 V ± 10%	12,8 V ± 15%
Tarbitav vool või võimsus (töötamisel)	50 VA	65 VA	0,8 A	20 VA
Väljundvõimsus	8 W koormusel 2,5 Ω	10 W koormusel 1 kΩ	3,5 W koormusel 2 Ω	10 VA koormusel 1,5Ω
Sagedusala	200 kuni 6000 Hz	100 kuni 10000 Hz	300 kuni 3000 Hz	150 kuni 7000 Hz
Temperatuuri piirkond	-15°C — +30°C	-10°C — +35°C	-30°C — +50°C	-30°C — +50°C
Moosutus	5% sagedusel 200—5000 Hz	4% sagedusel 60—5000 Hz	10% sagedusel 1000 Hz	7% sagedusel 150—7000 Hz
Mikrofoni tüüp	MD-55, MD-57	MD-47, MD-44 MD-64	MD-55, MD-57 MD-44	MF-7b

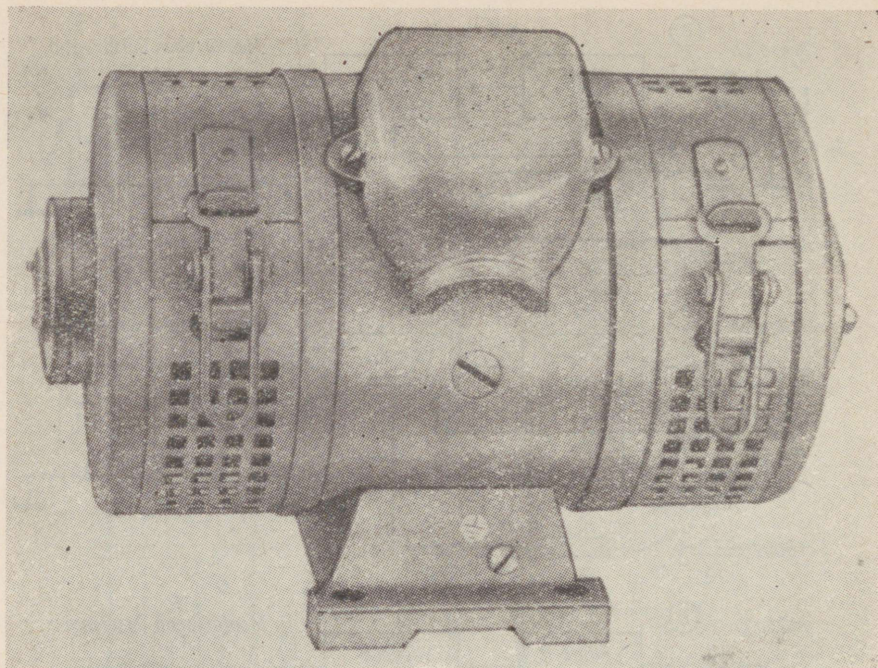


Joon. 106. Mikrofonivõimendite lahterskeemid:

- a — pooljuhtvõimendi AGU-10-3; b — kohalikku tüüpi lampvõimendi;
 c — importlampvõimendi V-110

Mikrofonivõimenditena on kasutusel nii lamp- kui ka pooljuhtvõimendid. Viimased on eelistatavamad oma kompaktsuse, suurema töökindluse ja ökonoomsuse poolest. Tabelis 10 on toodud kasutusel olevate mikrofonivõimendite tehnilised näitajad.

Mikrofonivõimendi kujutab endast suure tundlikkusega (1...5 mV) madalsagedusvõimendit. Vajalik võimendus saavutatakse 3...4 astmelise pingevõimendiga, millele järgneb üks võimsusvõimendi aste. Mõnede võimendite lahterskeemid on toodud joonisel 106.



Joon. 107. Võimendi V-110 muundur UCW-2 24V = /220 V, 50 Hz

Pooljuhtvõimendi AGU-10-3 (joon. 106, a) on kasutusel peamiselt trammidel T-54 ja T-59E. Võimendi lülitatakse tööseisundisse armatuurlaulal oleva lülitiga *TL* — süttib armatuurlaulal vastav signaallamp *SL*. Võimendi on komplekteeritud mikrofoniga *MF-7b*, mille kapsel asub isoleerainest käepidemes. Käepideme küljes on ka lülitusnupp *ML*. Rääkimiseks tuleb asetada mikrofon suust mõne sentimeetri kaugusele, vajutada lülitusnupp sisse ning rääkides hääldada sõnu selgesti, ilma kiirustamata. Vaguni deposses toomisel tuleb tingimata lülitada välja võimendi toitelüliti *TL*.

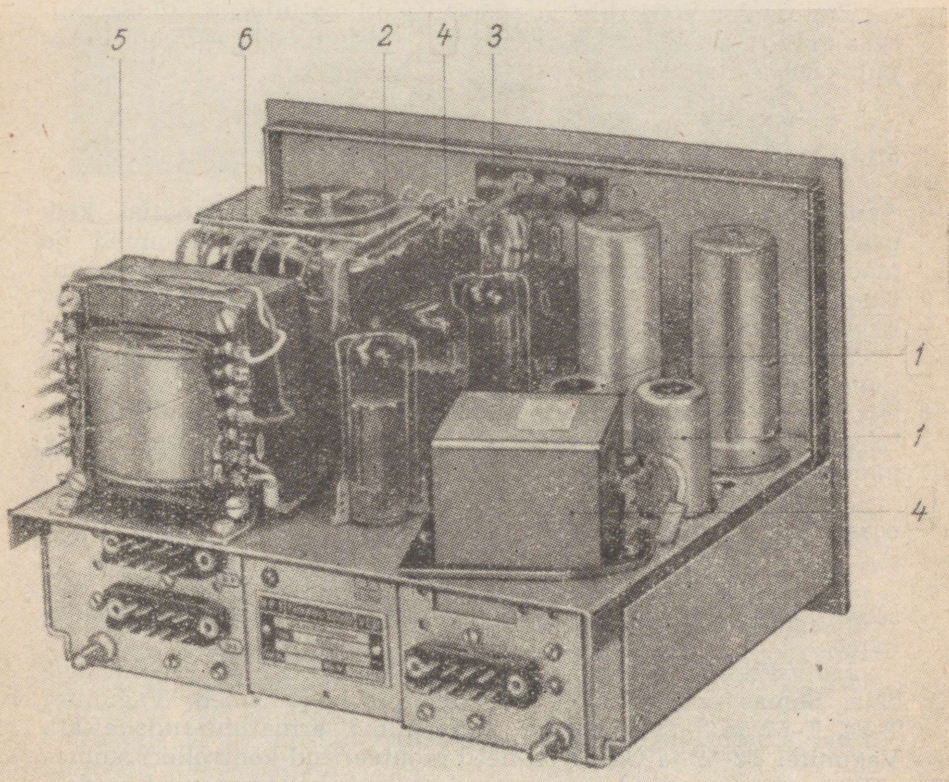
Kohalikku tüüpi lampvõimendi (joon. 106, b) saab lampide küttevoolu trammi akupatareist, anoodtoite aga kontaktvõrgust. Anoodtoite vooluringis on eeltakisti *R*, mis vähendab kontaktvõrgu pinget lampidele ettenähtud väärtuseni (250—300 V). Sellepärast tuleb selle võimendi töölerakendamisel pidada kinni kindlast lülitamise järjekorrast. Esimesena tuleb sisse lülitada kütteleüliti *KL*, mis asub võimendi esipaneelil. Seejuures süttib võimendi paneelil olev signaallamp *SL*. Pärast paariminutilist lampide soojenemist tuleb lülitada anoodpinge pakettüliti *AL*, mis

asetseb kõrgepinge lülituskilbil. Kui lampidele anda anoodpinge enne kütte lülitamist, ei teki takistil R pingelangu ja võimendi elementidele rakenduv kogupinge (600 V) võib põhjustada ülelöögi.

Rääkimise ajal tuleb vajutada alla armatuurlaulal olev mikrofonilülitusnupp ML . Pärast tööaja lõppu lülitatakse võimendi välja vastupidises järjekorras: esimesena anoodpinge lüliti, siis küttelüliti.

Juhiruumi vaheseinale paigutatud võimendi on kasutusel vagunitel T-54, T-57 ja T-59E.

Saksa DV lampvõimenditega V-110 (joon. 106, c) on varustatud vagunid T2-62 ja G4-61. Võimendi toiteks on ette nähtud 220 V vahelduvvool. Vahelduvvoolu saamiseks on vagunile paigutatud üheankrumuundur U , mis muudab 24 V alalisvoolu 220 V vahelduvvooluks.



Joon. 108. Võimendi V-110:

1, 2 ja 3 — raadiolambid; 4 — sisestustrafo; 5 — väljastustrafo; 6 — toitestrafo

Muundur kujutab endast rööpergutusmasinat, mille ankrule on täiendavalt keritud vahelduvvoolumähis. Mähise algus ja lõpp on ühendatud kontaktrõngastega, milledel libisevad harjad. Muunduri (joon. 107) võimsus on 60 VA.

Muundur on paigutatud vaguni istepingi alla. Lülitid *UL* ja signaallamp *SL* asuvad juhuruumi parempoolsel armatuurlaulal. Muundur lülitatakse tööle depoost väljumisel ja jäetakse tööle kogu vaguni liiniloleku ajaks.

Mikrofon koos metallvardaga on ühendatud armatuurlaua pistikuga ja seega eemaldatav. Armatuurlaul on ka helitugevuse regulaator ja mikrofoni-anoodtoite lülitid *MA*.

Enne liinile sõitu reguleeritakse helitugevuse regulaatoriga võimendus vajaliku tugevuseni. Juhul kui tekib akustiline tagasiside (valjuhääldi hakkab vilistama), tuleb võimendust vähendada.

Joonisel 108 on kujutatud võimendi V-110 sisevaade.

Trammidel T-54/B-54 on järelvaguni valjuhääldi ühendamiseks eraldi vahejuhe. Teistel tüüpidel ühendatakse see läbi vahepuhvrite kontaktpaneeli.

5.13. Armatuurlaud, jaotus- ja lülituskilbid

Armatuurlaud asub juhuruumis. Sellele on koondatud kõik peamiste madalpinge-vooluringide lülitid, kontroll-lambid ja mõõteriistad, välja arvatud akupatarei pealülitid, mis asub vaguni istepingi all kapis (T-54, T-57) või tagumise platvormi seinakapis (T-59E, T2-62, G4-61).

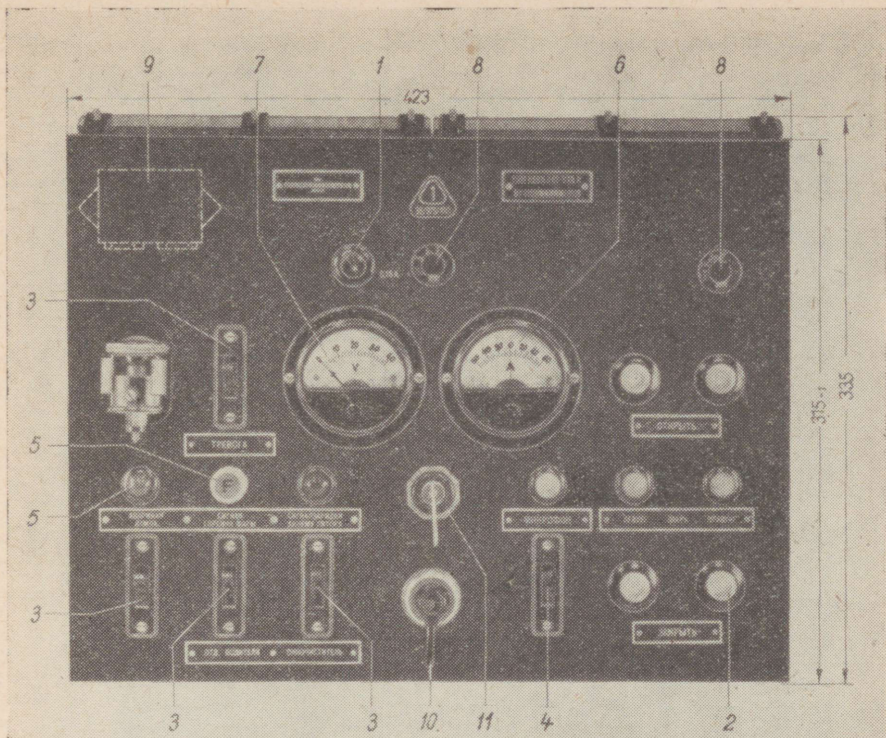
Trammide T-57 ja T-59E armatuurlaud on ühesugused (joon. 109). Trammi T-54 armatuurlaud erineb esitatust selle poolest, et omab elektrilistest mõõteriistadest ainult voltmeetril. Lisaseadmena on armatuurlaulal suruõhusüsteemi survet näitav manomeeter.

Trammidel T2-62 ja G4-61 koosneb armatuurlaud kahest osast. Üks asetseb kontrolleri juhtrattast vasakul, teine paremal.

Järelvagunis B-54 asub lülituskilp tagumise platvormi vaheseinale. Vagunitel B2-62 ja G4-61 tagumise platvormi seinakapis.

Jaotuskilpidel toimub toite hargnemine kõikidele vooluringidele. Samas asuvad ka vooluringide sulavkaitsmed. Vagunitel T-54, T-57 ja T-59E asuvad jaotuskilbid armatuurlaudade all. Vagunitel T2-62 ja G4-61 on need monteeritud kontrolleri suunavõlli kappi. Enamikul järelvagunitest asub kaitsmepaneel madalpinge-lülituskilbil. Madalpingeliste vooluringide sulavkaitsmete nimisuurused on toodud tabelis 11.

Armatuurlaual paigutatud mõõteriistadest näitab ampermeeter akupatareide laadimis- ja tühjenemisvoolu, voltmeeter aga



Joon. 109. Trammi armatuurlaud (T-57, T-59E):

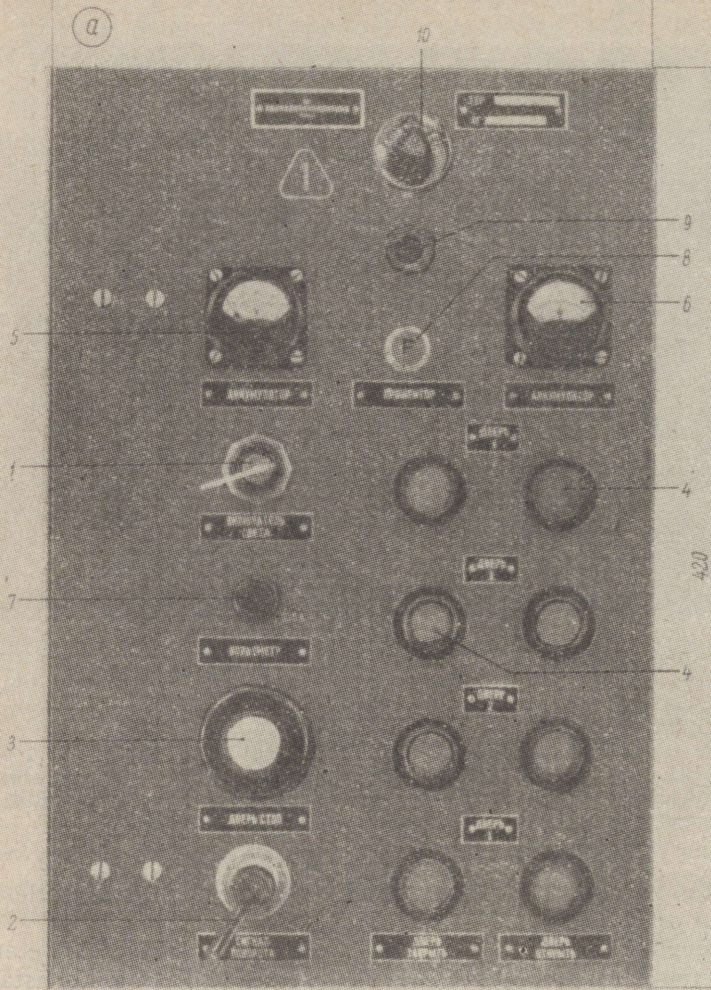
1 — voltmeetri kaitse; 2 — uksemootori lülitusnupp; 3 — kipplülitid; 4 — mikrofoni lüliti; 5 — signaallambid; 6 — ampermeeter; 7 — voltmeeter; 8 — kontaktpesa; 9 — vilguti; 10 — suunatuude lüliti; 11 — võtmelüliti

akupatareide või töötava generaatori pinget, olenevalt sellest kumb pinge on kõrgem.

Ampermeeter ühendatakse vooluringi jadamisi, voltmeeter rööbiti. Ampermeetrina kasutatakse magnetelektirilist mõõteriista, mis ühendatakse šundiga (joon. 113). Šunt on lülitatud mõõdetavasse vooluringi. Šunti läbiv vool tekitab sellel voolutugevusega võrdelise pingelangu. Osuti nullpunkt on skaala keskel. Laadimisel kaldub osuti paremale. Akupatareide tühjenemisel voolu suund muutub ja osuti kaldub vasakule. Ampermeeter on kaitstud kahe, voltmeeter ühe sulavkaitsmega.

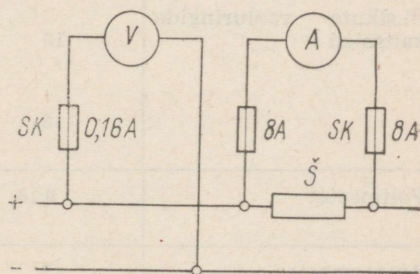
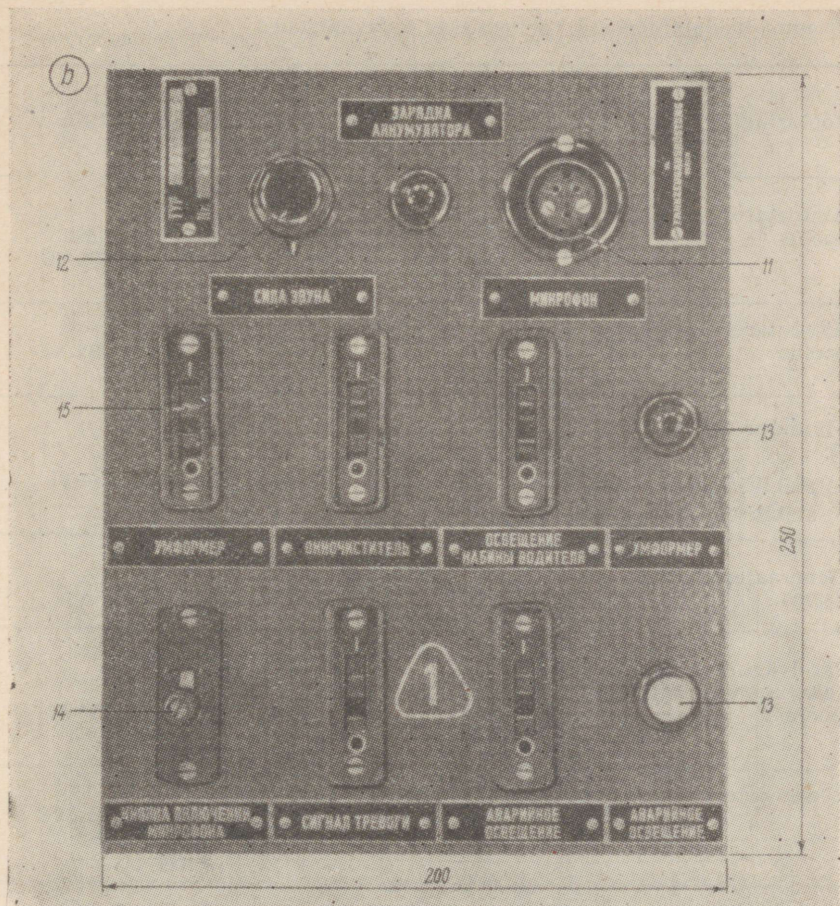
Tabelis 12 on toodud tähtsamate madalpingeseadmete juures esinevate rikete loetelu.

Vaguni G4-61 madalpingeliste vooluringide põhimõtteskeemid on toodud joonistel 112 ja 113 (vt. lisaleht).



Joon. 110. Trammi T2-62 armatuurlaud:

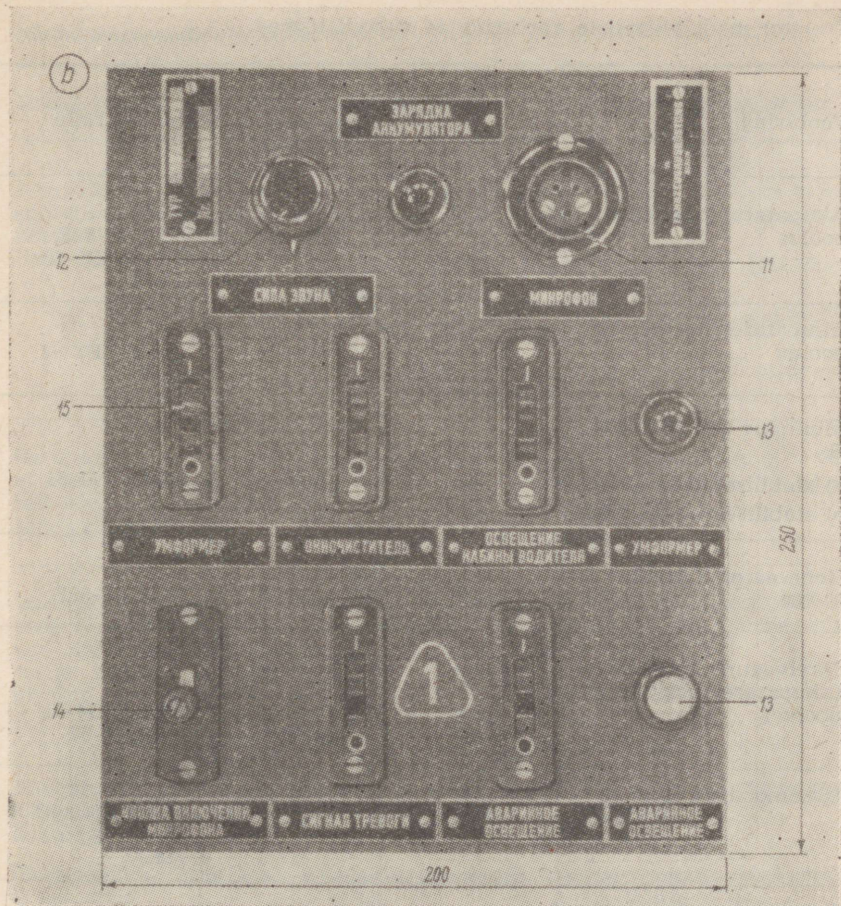
a — vasakpoolne; b — parempoolne; 1 — võtmelüliti; 2 — suunalüliti; 3 — nupp «Uksed stopp»; 4 — uste lülitusnupud; 5 — voltmeeter; 6 — ampërmeeter; 7 — voltmeetri kaitse; 8 — esilaterna kaugtule signaallamp; 9 — kontaktpesa; 10 — armatuurlaua valgusti; 11 — mikrofoni pistiku pesa; 12 — helitugevuse regulaator; 13 — signaalilambid; 14 — mikrofoni lüliti; 15 — kipplülitid



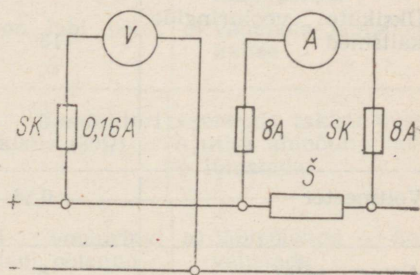
Joon. 111. Volt- ja amper-
meetri lülitusskeem

Trammi madalpingeliste vooluringide sulavkaitsmed

Vooluring	Sulavkaitsme andmed		Vaguni tüüp
	Nimivool A	Nimipinge V või mõõtmel	
Akupatarei positiivne poolus	40 60 63	500 V 500 V 500 V	T-54 T-57, T-59E, T-2-62, B2-62 G4-61
Akupatarei negatiivne poolus	80	500 V	T-2-62, B2-62 G4-61
Muundur GGUB 1-300 B:			
a) stabiliseeritud pinge	50	500 V	T2-62, G4-61
b) stabiliseerimata pinge	63	500 V	
Generaator LMBR 24/700	60	500 V	T-57, T-59E,
Järelvaguni toiteahel (akupatarei positiivne poolus)	63 40	500 V 6 × 25 mm	T2-62, G4-61 T-54, T-57
Uksemootorid	25	6 × 25 mm	T-57, B-57, T-59E, B-59E T2-62, B2-62 G4-61
Grupikaitsmed armatuurilaudades ja jaotuskilpides	40 40	7 × 17 mm 6 × 25 mm	T-54, B-54 T-57, B-57,
Üksikute vooluringide kaitsmed	15 8	6 × 25 mm 6 × 25 mm	T-54, B-54 T-57, B-57, T-59E, B-59E T2-62, B2-62 G4-61
Voltmeeter	0,16	5 × 20 mm	T-57, T-59E, T2-62, G4-61
Ampermeeter	8	6 × 25 mm	T-57, T-59E, T2-62, G4-61



Joon. 111. Volt- ja amper-
meetri lülitusskeem



Trammi madalpingeliste vooluringide sulavkaitsmed

Vooluring	Sulavkaitsme andmed		Vaguni tüüp
	Nimivool A	Nimipinge V või mõõtmed	
Akupatarei positiivne poolus	40 60 63	500 V 500 V 500 V	T-54 T-57, T-59E, T-2-62, B2-62 G4-61
Akupatarei negatiivne poolus	80	500 V	T-2-62, B2-62 G4-61
Muundur GGUB 1-300 B:			
a) stabiliseeritud pinge	50	500 V	T2-62, G4-61
b) stabiliseerimata pinge	63	500 V	
Generaator LMBR 24/700	60	500 V	T-57, T-59E,
Järelvaguni toiteahel (akupatarei positiivne poolus)	63 40	500 V 6 × 25 mm	T2-62, G4-61 T-54, T-57
Uksemootorid	25	6 × 25 mm	T-57, B-57, T-59E, B-59E T2-62, B2-62 G4-61
Grupikaitsmed armatuurlaudades ja jaotuskilpides	40 40	7 × 17 mm 6 × 25 mm	T-54, B-54 T-57, B-57,
Üksikute vooluringide kaitsmed	15 8	6 × 25 mm 6 × 25 mm	T-54, B-54 T-57, B-57, T-59E, B-59E T2-62, B2-62 G4-61
Voltmeeter	0,16	5 × 20 mm	T-57, T-59E, T2-62, G4-61
Ampermeeter	8	6 × 25 mm	T-57, T-59E, T2-62, G4-61

Madalpingeseadmete rikkeid

Rikke tunnus	Rikke põhjus	Rikke kõrvaldamine
Akupatareid tühjenevad suhteliselt kiiresti pärast normaalse laadimisvooluga järellaadimist	<p>a) ühe akupatarei pealüliti ei ole sisse lülitatud</p> <p>b) ühe akupatarei kaitse on läbi põlenud</p> <p>c) elektrolüüdi tase on purkides väga madal</p> <p>d) osal akudest on mahutuvus vähenenud</p>	<p>a) lülitada sisse mõlema akupatarei pealülid</p> <p>b) vahetada läbipõlenud kaitse</p> <p>c) taastada elektrolüüdi tase</p> <p>d) vahetada akupatarei</p>
Generaatori töötamisel ei kustu laadimise kontroll-lamp. Akupatareide pinge on madal	Pingeregulaator ei ole korras	Pingeregulaator vajab korrastamist või vahetamist
Voltmeeter näitab alapinget, seadmed töötavad halvasti. Uksemootorite talitus on normaalne	Pingestabilisaatori samba surve on nõrgenenud	Seada pingestabilisaatori samba surve suuremaks
Muunduri mootor ei käivitu. Sulavkaitse põleb läbi.	Lühis muunduri mootoris	Muunduri mootor vajab vahetamist
Uksemootori kontaktor ei rakendu	<p>a) blokeerkontaktid ei sulgu</p> <p>b) lõplüliti on kohalt nihkunud või kontaktid kinni jäänud</p> <p>c) kaitse on läbi põlenud</p>	<p>a) sobitada blokeerkontaktid</p> <p>b) reguleerida ja kinnitada lõplüliti või likvideerida kinnijäämise põhjus</p> <p>c) vahetada läbipõlenud kaitse</p>
Uksemootori kontaktor «vibreerib»	Katkestus kontaktori mahise takistis (30Ω)	Asendada takisti uuega. Ajutise abinõuna takisti lühistada
Uksemootori kontaktor rakendub, kuid mootor ei käivitu	<p>a) mootori vooluringi kaitse läbi põlenud</p> <p>b) mootori harjad kulu- nud või jäävad kinni</p>	<p>a) läbipõlenud kaitse vahetada</p> <p>b) harjad vahetada või sobitada</p>

6. TRAMMIVAGUNITE REMONT

6.1. Trammide remondisüsteem

Kõiki Tallinna trammide remondi ja hooldamisega seotud töid teeb veeremiteenistus (praegu nimetatud veerevkoosseisuteenistuseks VKT). Selleks on veeremiteenistusel kaks trammidepood ja peadepoo juures (Pärnu mnt. 89) asuvad mehaanika-, kere-, maalri-, alusvankri-, plekitööde-, sadulsepa-, raadioseadmete jm. töökojad. Peadepoo teeb kõiki trammide plaanilise ning ennetava ja plaanivälise remondi töid. Kopli depoos tehakse ainult ennetava ja nõuderemondi töid ning väiksemamahulisi vaheremonte.

Veeremiteenistuse ülesandeks on anda liiklusteenistuse käsutusse reisijate veoks küllaldaselt arvul tehniliselt korrasolevaid vaguneid ning teiste teenistuste käsutusse mitmesuguseid tehnilisi vaguneid. Trammide remondi kõrval veeremiteenistuse allüksused remondivad ja hooldavad trollibusse, valmistavad mitmesugust toodangut ja osutavad teenuseid kõigile teistele trammimajandi teenistustele ja osakondadele.

Trammiremondi tehnilisteks alusteks on vaguni ja selle üksik-sõlmede tehnilised tingimused, remondikarakteristikud ja trammide kasutamismäärustik («Trammivagunite tehnilise eksploatatsiooni määrustik», edaspidi TEM).

Trammiremondi plaanimise aluseks on 1. okt. 1969. a. kehtestatud «Tallinna Trammide ja Trollibusside Valitsuse trammide remondisüsteem». Remondisüsteemiga määratakse remontide liigitus, antakse üksikute remondiliikide karakteristikud ja remontide perioodilisus. Remondiliigi karakteristikud määrab selle remonttööde ja kontrollmõõtmiste mahu ning detailide kulumise piirnormid. Kogu süsteemi eesmärgiks on tagada trammi raketeta töö ja korralik välisilme. Üheks peamiseks näitajaks remondiperioodi määramisel on vaguni läbisõit. Trammi läbisõidu kohta peetakse pidevat arvestust. Keskmiselt sõidab tramm 120—180 km päevas ja 45 000—70 000 km aastas.

Seejuures keskmiste remontide vahet võib pikendada kuni 20 000 km või vähendada kuni 10 000 km võrra, sõltuvalt trammi tehnilisest seisundist. Kapitaalremontide vahet võib pikendada kuni 900 000 km-ni.

Kõik trammid remonditakse plaanipäraselt. Igal aastal koostatakse remondiplaan, kus määratakse järgmise aasta kapitaal-, suur- ja keskmised remondid vagunite kaupa, põhjalikud ja hari-likud ennetusremondid aga summaarselt aasta kohta. Kvartali-plaanis määratakse üksikvagunite kapitaal- ja suuremondi mahud kuude lõikes, samuti remonditavate vagunite keskmise remondi kuu. Kuu remondiplaan koostatakse kapitaal-, suur- ja keskmises remondis viibivate vagunite kohta; määratakse

Remondi liigitus ja perioodilisus

Jrk. nr.	Remondi nime-tus	Remontide vaheline läbisõit või remondi perioodili-sus
1.	Nõuderemont	Igaõiselt
2.	Ennetusre-mont (Profü-laktiline re-mont)	Keskmiselt igal viiendal päeval
3.	Põhjalik enne-tusremont	Üks kord kahe kuu vältel (keskmiselt 10 000 km lä-bisõidu järel)
4.	Vaheremont	Tehniliste rikete tekkimisel nende kõrvaldamiseks
5.	Keskmine re-mont	90 000 ± 5000 km läbisõidu järel
6.	Suurremont	Üks kord kapitaalremondi vahemikus, 360 000 — 450 000 km läbisõidu järel
7.	Kapitaalre-mont	810 000 ± 10 000 km läbisõidu järel

remondi alguse ja lõpu kuupäevad. Igakuiselt koostatakse ka hari-liku ja põhjaliku ennetusremondi graafikud, kus määratakse iga vaguni remondipäevad. Iga päeva kohta koostab ennetusremondi meister koos liicluse vanemdispetšeriga päeva ennetusremontide graafiku, kus määratakse vaguni remonti saabumise ja remondi lõpetamise kellaajad.

Õõseti teostatavat nõuderemonti, samuti juhulike tehniliste rikete või kokkupõrgete tagajärgede likvideerimiseks teostatavat vaheremonti ette ei planeerita. Sel juhul vagunite remondijärje-korra ja mahu määrab operatiivselt öise vahetuse meister või bri-gadir nõuderemondile ja depoo ülem vaheremondile.

6.2. Trammi tehnilise seisundi tähtsus

Majanduslikust seisukohast lähtudes on õige lasta detail kuluda lubatud kulumise piirnormati. Suure osa detailide ja seadmete puhul on see ka teostatav, mille hõlpsasti mõõdetavat kulumist jäl-gitakse ennetusremondis. Selline detail või seade vahetatakse või remonditakse enne ohtlikku kulumist. Paljude detailide ja agre-gaatide kulumine on aga raskesti mõõdetav. Mõningate elektri-seadmete puhul on detaili kulumise seisukohalt oluline töötatud tundide arv. On selge, et iga lambi või küttekeha kohta on tun-dide arvu võimatu registreerida. Sel juhul peab see detail töötama oma eluea lõpuni — lambi või ahju läbipõlemiseni. Sääraste detalide ootamatu riknemine ei ole tavaliselt ohtlik. Tähtsamatele agregaatidele, mille riknemine võib põhjustada tõsise liiklustakis-

tuse või ohustada liikluse julgeolekut (näiteks veomootor, kontrolleri, solenoidpidur jne.), on kindlaks määratud keskmine tööiga. Tavaliselt on see enam-vähem võrdne keskmise remondi perioodiga.

Ülemäärane detaili kulumine võib põhjustada lisaks kulunud detaili ootamatule riknemisele ka teiste detailide kõlbmatuks muutumise. Näiteks ülemäärane kulunud veomootori kápplaager toob kaasa veoülekande hammasrattaste ebanormaalse hambumise, mis võib põhjustada hammasratta hamba murde; murdunud hamba tükki võib omakorda kaasa tuua veomootori ankruvõlli kõverdumise. Kokkuvõttes suurenevad remondimaht ja kulutused tunduvalt. Suured lohud rattabandaazi jooksupinnal tekitavad tugevaid lööke ja vaguni vibratsiooni, mis omakorda võib põhjustada mitmesuguste detailide murdumisi (vedrud, ankruseksioonid, isolaatorid jne.). Murdunud vooluvõtturi libisti võib põhjustada kontaktvõrgu detailide purunemisi.

Elektrienergia kokkuhoidmiseks on väga tähtis vaguni takistusteta veeremine ja elektriseadmete isolatsiooni korrasolek.

Liikluse ohutus seisukohalt on väga oluline vaguni kõigi mehaaniliste kui ka elekterpidurdusseadmete korrasolek. Kulunud käsipiduri detailid, rikkis kontrolleri kontaktorid, kulunud roopapiduri tallad, riknenud detailid valgustus- ja signaalseadmes jmt. vähendavad tunduvalt liikluse ohutust.

Seetõttu on trammi nõutava tehnilise seisundi tagamisel eriti oluline remondisüsteemi range jälgimine, remondiplaanidest ja -graafikutest kinni pidamine. Eriti tähtis on vagunite graafikukohane ennetusremont, kuna sellest sõltub kõige rohkem vaguni igapäevane korrasolek. Samuti on tähtis vaguni jooksva tehnilise seisukorra pidev jälgimine trammijuhi poolt liinil, et iga väikse rikke või rikkekahtluse korral oleks seda võimalik õigeaegselt kõrvaldada.

6.3. Üine nõuderemont

Nõuderemonti teostatakse trammidele igaõiselt. Nõuderemondiga kõrvaldatakse väiksemad vaguni rikked vastavalt trammi vigade raamatusse tehtud sissekandeile, samuti pearevidenditeenistuse töötajate või vaguni vastuvõtjate ettekandeile. Nõuderemondiga kõrvaldatakse järgmise töömahuga rikked: esikaitsereesti; hammasrattakasti; pidurisolenoidi; generaatori muunduri; ukseajami; libisti; aknaklaasi; kütte-, valgustus- ja signaalsüsteemi elementide vahetamine; piletikassade vahetamine; pidurite reguleerimine. Nõuderemondi töömahtu ületavate remonttööde korral jäetakse vagun liinile andmata ja tööd teostatakse järgneval tööpäeval vaheremondina.

Nõuderemondiga koos puhastatakse vagunite sisemus ja pestakse vajaduse järgi ka väliselt.

Nõuderemondis kontrollitakse vaguni inventar: esmaabi- ja tulekaitsevahendid, sildid, reklaamplakatid jmt. ning komplekteeritakse vagun vajaduse korral uue inventariga. Igaõiselt kontrollitakse ja täiendatakse liivavaru liivatites.

Nõuderemonti antavad vagunid pargitakse depoo teedele võimalikult selles järjekorras, kuidas nad hommikul tööpäeva alustavad.

Nõuderemondi hea kvaliteedi tagamiseks on oluline trammijuhi poolt kõigi tema tööaja jooksul märgatud rikete täpne ja lakooniline märkimine vaguni vigade raamatusse. Seejuures tuleb märkida:

- 1) seade, kus rike esineb või kus rikke esinemist oletatakse;
- 2) täpne rikke avaldumise kirjeldus; korduva rikke korral on see eriti oluline;
- 3) kui tehnilise kiirabi brigaadil ei õnnestunud kõrvaldada riket, siis peab selle brigaadi töötaja tegema omapoolse sissekande vaguni vigade raamatusse.

6.4. Rikete liinil kõrvaldamine

Liinil võib esineda rikkeid trammide, rööbastee või kontaktvõrgu juures. Need võivad olla pisirikked (mõne lambi või kaitsme läbipõlemine jne.) või tõsisemad vigastused, mille tagajärjeks on kas üksiku tramm liikumisvõime kaotus või kogu liikluse seisak.

Rikete kõrvaldamiseks liinidel on vastavalt «Tallinna TTV tehnilise kiirabi juhendile» ja TEM-i §§ 171—173, 260 ja 365—366 organiseeritud tehniline kiirabi. Tehnilise kiirabi ülesandeks on trammiliiklust takistavate juhtumite ja liiklusõnnetuste likvideerimine sündmuskohal ning liiklust takistavate rikete kõrvaldamine vagunite, rööbastee ja kontaktvõrgu juures. Tehniline kiirabi peab trammiliikluse taastama võimalikult lühikese ajaga. Tehnilist kiirabi annab veeremiteenistuse, energiamajandi, teedeteenistuse ja abitsehhi töötajatest koostatud tehnilise kiirabi brigaad. See brigaad annab tehnilist kiirabi kogu liikluse kestel. Brigaadil on selleks eriseadmed ja spetsiaalautod: autod trammide teenindamiseks, kontaktvõrgu remontimiseks, keevitustöödeks jne. Vagunite vedamiseks kasutatakse ka manöövertramme. Sama brigaadi töötajad kõrvaldavad ka trammijuhtide poolt liiklusdispetšeritele või liiklusrevidentidele teatatud pisirikkeid. Pisirikked kõrvaldatakse reeglina lõppjaamades või tagavarateedel, erandina ka liikumise ajal trammis. Rikke kõrvaldamine tuleb registreerida vaguni vigade raamatus. Suuremate õnnetuste korral (vaguni liikumisvõime kaotus, rööbastelt mahaminek, kontaktjuhtme või kandetraadi katkemine, kokkupõrge, inimõnnetus) sõidab välja kiirabi-brigaad vastava spetsiaalautoga. Juhtumi tagajärgede kõrvaldamist juhib kohapeal tehnilise kiirabi brigaadi juht: brigadir, meister või mõni vastutav insenertehniline töötaja. Liikluse orga-

niseerimisega seoses olevaid küsimusi lahendab kohapeal ohutu liikluse revident. Juhtumi tagajärgede likvideerimisel on tehnilise kiirabi brigaadi juhtija korraldused kohustuslikud kõigile kohalviibivale Tallinna TTV töötajale. Juhtumi korral liinil on kõik kohalviibivad Tallinna TTV töötajad kohustatud kaasa aitama trammiliikluse kiirele taastamisele, vaatamata sellele, kas viibitakse tööl või mitte. Tehnilist kiirabi korraldavad liikluse vanemdispetšer ja energidispetšer.

Kui rikke korral trammijuht on veendunud, et ta ise ei ole suuteline seda kõrvaldama, on ta kohustatud välja kutsuma tehnilise kiirabi brigaadi. Kuidas toimida liiklusõnnetuse korral, on näidatud TTE-s («Trammijuhi teenistusalane eeskiri»): §120—124. Juhtumi tagajärgede likvideerimisel täidab trammijuht brigaadi juhtija korraldusi ja on esmajoones abiks liikluse korraldamisel ja korra loomisel juhtumikohal. Samuti täidab ta ülesandeid vigase vaguni manööverdamisel või pukseerimisel (vt. TTE § 87—94 ja 117—119).

Mõningaid pisirikkeid võib trammijuht ise kõrvaldada. Sellisteks riketeks on: kassapea vahetus lõppjaamas, lahtipõrunud lambi, kaitsme või muu taolise kinnitamine; vooluvõtturi kinnijäänud nõõri lahtipäästmine; rööbasteel või rööparennis lebavate esemete eemaldamine; peeglite reguleerimine jne. Trammijuht peab oskama kustutada väiksemat tulekahju trammis ja anda reisijatele esmaabi. Üldreeglina peab juht püüdma kõrvaldada omal jõul pisirikkeid vastavalt oma oskustele ja liigile, seejuures rangelt ohutustehnika nõudeid jälgides. Juht võib asuda iseseisvalt riket kõrvaldama siis, kui ta on veendunud, et ta teeb seda kiiremini kui tehnilise kiirabi väljakutsumisel.

Selleks et tööpäeva jooksul tekiks vähem ootamatuid rikkeid, on juht kohustatud vahetuse jooksul vähemalt üks kord kontrollima kõigi pidurisüsteemide, haakeseadme, vooluvõtturi ja rattapaaride korrasolekut. Rikete avastamist ja kõrvaldamist käsitlevad TEM (§ 406) ja TTE (§ 83—86 ja 106—116).

Rikete ennetamiseks tuleb trammijuhil pidevalt jälgida vaguni seadmete tööd. Tavaliselt on iga kõrvaline, varem mitte esinenud heli või müra seadmeis, samuti kõrbelõhn või suits rikke ilmseks tunnuseks.

Rattapaari tugevalt lonkav veeremine või külgsuunalised löögid liikumisel viitavad telje või kesiku murrule. Kui esinevad ühe ratta sagedased perioodilised löögid, näitab see tavaliselt lohku bandaaži jooksupinnal. Löögid vaguni all hammasrattakastis viitavad murdunud hambale. Allavajunud vaguni nurk osutab vedrulehe murdumisele. Rattapaari laagrite, veomootori käpplaagrite ja pidurite korrasolekut näitab vaguni hea veeremine vabajooksul. Nii veereb korras vagun 40-kilomeetrise tunnikiiruse korral inertsil mõjul 300—400 m enne lõplikku peatumist. Väga tähtis on pidurite õige reguleerimine: vagunite T-54 käsipiduri vända keeramine 2,5—4 ringi võrra ja vagunite T-57-G-4 käsipiduri hoova

neljakordne tõmbamine peab seisatud vaguni kindlalt pidurdama. Liiga tihedalt reguleeritud pidurit reedab piduriketaste ja isegi bandaažide tugev soojenemine. Liivati korrasolekut näitavad pedaalile vajutamisega mõlema ratta ette rööpapea peale jooksvad võrdsed liivakuhilad. Kui vaguni solenoidpidur ei ole korras, siis elekterpidurdamisel tekib mulje, nagu tõukaks järelvagun mootorvagunit. Elekterpiduri korrasolekut näitab see, kui iga kontrolleri pidurdusastme lülitamine toob kaasa vaguni kiiruse ühtlase vähenemise. Kui trammi elektriseade lülitub kohati hetkeliselt välja ja sellega kaasneb vooluvõtturi sädelemine, on enamasti kinni jäänud vooluvõtturi nõör. Tugev kontaktjuhtme rappumine viitab purunenud või kummuli pööratud libistile. Trammi elektrimasinate ebanormaalsele tööle osutab väga tugev müra või vibreerimine nende sisselülitamisel. Veomootori või jõuahela rikke avastamiseks on TTE-s XVI osas antud küllaltki põhjalik juhised.

Vaguni rööbasteelt mahaminekule viitab järsk vaguni pidurdumine või liikumise järsk raskenemine, samuti löök või löögid, mis tekivad rattapaari rööbastelt langemisel ja rööbastee kõrval veeremisel.

Oluline on trammi depoost võtmisel, samuti liinil töötamisel veenduda trammi elektriskeemi korrasolekus. Skeemi tuleb kontrollida üksikute vooluringide lülitamisega. Jõuahelat kontrollitakse kontrolleri abil: kontrolleri sõiduastmete ühtlasel sisselülitamisel peab ka vaguni kiirus ühtlaselt kasvama. Elekterpidurdamise kontrollist oli juttu eespool. Kahtluse korral tuleb kontrolleri abil proovida üksikult kõiki sõiduastmeid, samuti võib proovida tagasikäiku. Valgustuse korrasolekut proovitakse kõigi valgustusgruppide pakettlülititega lülitamisel. Muunduri tööd kontrollitakse pakettlülitite abil sisselülitamise teel mõõteriistade ja heli järgi. Küttesüsteemi kontrollitakse soojenemise järgi pärast ahjude ja aknasoojendi sisselülitamist. Madalpingelist aparatuuri kontrollitakse seadmete sisselülitamise abil samaaegse kontrolllampide jälgimisega (ukseajamid, signaal- ja hoiatuskell, aknapuhasti, mikrofoni-võimendi, prožektor, suunatud, uksevalgustid, avariivalgustus, juhikabiini valgustus, pidurituled jne.).

Defektide avastamist ja kõrvaldamist käsitlevad TEM-i III osa II, III ja V peatükk ning TTE § 106—116.

6.5. Ennetusremont

Ennetusremont (praegune profülaktiline remont) jaguneb kaheks alaliigiks: harilik ja põhjalik ennetusremont.

A. Harilik ennetusremont

Harilikku ennetusremonti teostatakse keskmiselt igal viiendal päeval. Ennetusremondi eesmärgiks on tagada vaguni korrasolek viiepäevase remondivaheaja vältel ja avastada tehniliste tingimuste nõudeile mittevastavad vigased seadmed ja detailid. Remondiga kõrvaldatakse ülevaatusega avastatud defektid, samuti trammijuhi või liiklusrevidendi poolt remondivaheaja kestel avastatud rikked. Ennetusremondi ajal toimub vaguni sisemine puhastamine ja väline pesemine (välistemperatuuril üle 0° C). Ennetusremondi kestus on keskmiselt 3 tundi ja see tehakse päevases vahetuses.

Ennetusremont toimub remondikarakteristikas toodud kindla töökirjelduse kohaselt. Remondi käigus vaadatakse üle ja kontrollitakse rattapaare, pukse, leht- ja spiraalvedrusid, hüdraulilisi amortisaatoreid, alusvankri piduriseadet, käsipiduriajamat, kõiki kette ja trosse, rööpapidureid, solenoidpidurit, veomootoreid ja nende kinnitust, hammasratasülekannet, esikaitseresti, liivatit, haakeseadmeid, uksi ja ukseajameid, lõõtsasid, liigendtrammi liigendeid ja pöördringe, välisvoodrit, aknaklaase ja -lukusteid, pörandat ja pörandaluuke, kassasid, suruõhuseadet, kontrolleri, automaatlüliti, takisteid, vooluvõtturit, puhvrite kontaktpaneeli, valgustus- ja kütteseadmeid, lüliteid ja lülituskilpe, kaitsemaandusi, akupatareid, muundurit, pingeregulaatorit, kontaktoreid ja lõpplülitid, aknapuhastit, signaaliseadmeid, mikrofon-võimendit. Remondis kontrollitakse ja täiendatakse kápplaagrite õlivaru, kinnitatakse kõik lõtvunud poldid ja muud kinnitusdetailid.

B. Põhjalik ennetusremont

Põhjalik ennetusremont teostatakse iga kahe kuu järel, s.o. keskmiselt 10 000 km läbisõidu järel. Remondi eesmärgiks on tagada trammi töö kahekuulise remondivaheaja jooksul ilma suuremate ennetatavate tehniliste rikeeta, avastada vaguni ja tema seadmete juures tekkinud suuremad defektid ning need kõrvaldada. Põhjalik ennetusremont võimaldab keskmise remondi vahemikus põhjalikult üle vaadata ja kontrollida neid vaguni seadmeid ja sõlmi, mida hariliku ennetusremondi lühikese kestuse tõttu pole võimalik kontrollida.

Põhjaliku ennetusremondiga toimub trammi seadmete põhjalik määrimine ja puhastamine, samuti vaguni täielik puhastamine ja pesemine. Remondi kestuseks on üks tööpäev. Remont toimub remondikarakteristikas esitatud tööde kirjelduse kohaselt. Lisaks

harilikus ennetusremondis teostatavatele töödele toimuvad järgmised suuremad tööd: kõigi elektrimasinate kommutaatorite ja harjade põhjalik ülevaatus, hammasratasülekande kulumise täpne kontroll, kontrolleri täielik puhastus ja ülevaatus ning kõigi muude seadmete põhjalik ülevaatus.

Ennetusremontidega kaasneb rida kontrollmõõtmisi. Nii mõõdetakse: bandaažide paksust, kammide kõrgust ja paksust, lõtku püksipalede ja juhtrööbaste vahel, piduriklotside paksust, pilu piduriklotsi ja pidurdusketta vahel, solenoidpiduri kolvi käiku, rööppidurite talla kõrgust roopapeast, hammasrataste hammaste paksusi ja hammasrataste lõtku, kápplaagrite lõtku, esikaitseresti päästiku kõrgust, pilu suurust puhvripeade vahel, pöördringi kuulliigendite lõtku, survet suruõhusüsteemis, elektrimasinate harjade kõrgust, kõigi elektriseadmete isolatsioonitakistust, automaatlüliti rakendusvoolu, akupatareide koormatavust ja elektrolüüdi tiheidust, kontrolleri kontaktivahemikke ja kontaktide paksust, kontaktorite vedrude survet, elektrimasinate harjahoidikute survet, vooluvõtturi vedrude survet ja libisti paksust.

Mõõtmiseks kasutatakse enamasti tavalisi mõõteriistu: varbirkliit, dünamomeetrit, kaliibreid, volt- ja ampermeetreid, megerit, areomeetrit, koormusvoltmeetrit, mõõtesildu; samuti ka spetsiaalseid mõõtesabloonse.

6.6. Vahe- ja avariiremont

Vaheremonti teostatakse keskmiste remontide vahelisel perioodil. Vaheremondi eesmärgiks on tagada vagunite normikohase keskmise remondi vaheaja (90000 km) läbisõit. Vaheremondi kestus on töömahust sõltuvalt 0,5—5 tööpäeva. Vaheremondi alaliigiks on avariiremont, mida tehakse kokkupõrgete tagajärjel tekkinud vigastuste kõrvaldamiseks. Avariiremondi kestus võib sõltuvalt töömahust kõikuda väga suurtes piirides — mõnest tunnist poole aastani.

Vaheremondiga teostatakse:

1. Remonttööd, mille vajadus ilmneb nõude- või ennetusremontides ja mille maht ületab nõude ja ennetusremondi mahu.
2. Ilmastikutingimustest (paduvihm, tuisk, äike) põhjustatud kahjustuste ja vigastuste kõrvaldamine.
3. Selliste trammi seadmete remont, mis ilma remondita ei sõida läbi 90000 km: rattapaari kammidele pealekeevitamine, alusvankri pööramine mõlema rattapaari ühtlase kulumise tagamiseks, rattapaari bandaažidelt lohkude kõrvaldamine jne.
4. Lühiste ja murdumiste tagajärjel riknenud järgmiste sõlmede ja detailide vahetamine ja remont: veomootor, muundur, generaator, muunduri mootor, pingeregulaator, sole-

noidpidur, kiirendustakistid, kontrollid, rööpapidur, suru-õhusüsteemi elemendid, vooluvõttur, lõõts, liigendid, teljelaagrid, puhvid, kapplaagrid, veoülekanned, automaatlüliti.

Järgmiste ennetähtaegselt riknenud sõlmede ja detailide remont trammis: kontrollid, takistid, juhtmestiku elemendid, lülituskilbid, lõõts, pidurid, istmed, põrand, kontrolleri ajam jmt.

5. Nõude- või ennetusremontidega vahetatud agregaatide seadmete ja detailide remont töökojas.

6.7. Keskmise remont

Keskmi remonti teostatakse pärast vaguni 90000 km läbisõitu. Erandjuhtudel võib remondivaheaeg sõltuvalt vaguni tehnilisest seisundist kõikuda piires 80000—110 000 km. Vagun sõidab sellise remondivaheaja läbi 17—25 kuuga.

Keskmi remondi eesmärgiks on vahetada välja või remontida kulunud seadmed, sõlmed ja detailid, mis eeldavalt ei sõida läbi järgmist remondi vaheajaga (90000 km), anda vagunile korralik välisilme ja viia vagun vastavusse tehniliste tingimustega.

Keskmi remondiks kulub depoo keskmiselt 21 päeva.

Keskmi remondiga teostatakse järgmised põhitööd vastavalt keskmi remondi karakteristikale:

I. Seadme vagunilt maha võtmine, töökodades remontimine ja vagunile monteerimine:

1) alusvanker, 2) veomootorid, 3) rattapaarid, 4) vedrud, 5) haakeseadmed, 6) käsipiduri ajam, 7) vooluvõttur, 8) hüdraulilised amortisaatorid, 9) ukseajamid, 10) 600/24 V muundur või generaator ja selle mootor, 11) automaatlüliti, 12) akupatareid, 13) kassad.

Vaguneil T-54 peale selle veel kompressor, õhupaagid, surve-regulaator, ukseilindrid ja -ventiilid.

II. Järgmiste trammiosade vagunilt maha võtmiseta remontimine:

1) vaguni välisvooder ja keresõrestik, vastavalt vajadusele, 2) põrand, põrandaluugid ja põrandakate, 3) ukсед, 4) istepingid ja istmepolstrid, 5) liivavid, 6) liigendtrammi pöörsillad, 7) kontrollid, 8) kiirendustakistid, 9) kütte- ja valgustusüsteem, lülituskilbid, 10) võimendusseade, 11) juhtmestik (kontrollimine, mõõtmine ja pisiremont), 12) suruõhutorustik (vaguneil T-54).

III. Vajaduse järgi vahetatakse või uuendatakse sõlmed ja seadmed, mis ei vaja sundvahetamist iga 90000 km järel:

1) piduripuksid ja -poldid, 2) teljehammasrattad, 3) katus, 4) liigendtrammi lõõtsad, kummlaagrid ja ühenduspoldid, 5) rööpapidurid, 6) solenoidpidur, 7) ahjud, valgustus- ja signaaliseadmed, lülitid jmt.

Keskmi remondis toimub vaguni täielik väline värvimine ning vajaduse järgi ka sisemine värvimine.

Pärast keskmi remonti toimub vaguni kontrollimine ja proovisõit.

6.8. Suurremont

Vaguni suurremont toimub üks kord kapitaalremontide vahel 360 000 või 450 000 km läbisõidu järel, s. o. iga nelja või viie keskmise remondi tagant.

Suurremondi eesmärgiks on uuendada või kapitaalselt remondida need vaguni sõlmed ja seadmed, mis eeldatavalt ei sõida läbi kapitaalremondini või mahakandmiseni.

Suurremondi kestuseks on 2—3 kuud.

Võrreldes keskmise remondiga toimuvad suurremondis järgmised lisatööd vastavalt suurremondi karakteristikale:

I. Uuendatakse teljed, vedrud, puksi rull-laagrid, mitmesugused kummiamortisaatorid, löötsad, trammiga G-4 liigendpoldid ja kummilaagrid, kuulringid, akud.

II. Vajaduse järgi uuendatakse elektriseadmeid ja juhtmeid ning puhvreid.

III. Täielikult remonditakse suruõhuseade, ukсед, aknad, põrand, kontrollid, takistid, lülituskilbid.

IV. Vastavalt vajadusele tehakse täielik remont alusraamile ja sõrestikule, välisvoodrile, piduritele, kapplaagri pesadele.

6.9. Kapitaalremont

Vagunile tehakse kapitaalremont pärast 810 000 km (erandina 900 000 km) läbi sõitmist.

Kapitaalremont taastab täielikult kõik vaguni sõlmed; seadmed ja agregaadid kas uuendamise või kapitaalse remondi abil. Kapitaalremondi eesmärgiks on saavutada vaguni läbisõit ilma põhisõlmesid ja -seadmeid asendamata kuni vaguni mahakandmiseni. Kapitaalremondi käigus teostatakse vajalikud rekonstrueerimise või ümberehituse tööd.

Kapitaalremondi kestuseks on 4—6 kuud.

Kapitaalremondis demonteeritakse ja defekteeritakse vagunite tervikuna ja kõik üksikagregaadid eraldi. Remontitööd tehakse kapitaalremondi karakteristikaga järgi. Kapitaalselt remonditakse alusraam, keresõrestik, välis- ja sisevooder, katus, põrand, pidurid. Uuendatakse rattapaarid, juhtmestik, istmepolstrid, roopapidurid, solenoidpidur, muundur, kontrolleri ajam, vooluvõttur. Täielikult uuendatakse värv- ja lakk-kate pärast vana värvi ja laki eemaldamist.

6.10. Trammide remondijärgne proovisõit ja tehniline kontroll

Lisaks remondi käigus toimuvale tehnilisele kontrollile toimub pärast trammide keskmist, suur- või kapitaalremonti põhjalik kontrollimine «Trammivagunite remondi tehniliste tingimuste, ENSV TT 75—69» nõuete järgi.

Kontrollitakse vaguni kõigi üksikseadmete tööd, kas depoos või proovisõidul, vaguni välisilmet, remondimahtu ja -kvaliteeti, töötavate detailide soojenemist ja müra, pisteliselt polt- ja kruviühenduste kinnitust. Universaalsete mõõteriistadega kontrollitakse kulumiste, lõtkude ja asendite vastavust tehnilistele tingimustele. Kontrollmõõtmistega määratakse ja fikseeritakse bandaažide paksumus, alusvankri kontrollmõõdud, hammasrataste hambapaksumus, praod telgedes, elektrimasinate harjahoidikute surve, kontrolleri kontaktisurve, isolatsioonitakistus, käivitustakistite, solenoidi ja roopapidurite mähiste takistus, kontaktorite kontaktivahemikud, akupatarei elektrolüüdi tihendus ja aku pinge, automaatlüliti rakendusvool.

Trammiga tehakse proovisõit (reisijateta), kus kontrollitakse kontrolleri ja veomootorite tööd kõigis kontrolleri lülitusastmes nii sõidu- kui ka pidurdusrežiimil. Trammiga sooritatakse avariipidurdus ning proovitakse tõusudel käsipiduriga pidurdamist. Proovisõidul määratakse vaguni liikumise eritakistus.

Remondi lõpetamise, kontrollimiste ja proovimiste kohta koostab depoo akti ja teeb sissekande vaguni tehnilisse passi. Kui ka vaguni vigaderaamatusse on tehtud märkus remondi teostamise kohta, loetakse vagun kasutamiskõlblikuks.

6.11. Trammi üleandmine

A. Trammi vastuvõtmine depoos või liinil.

Saanud teekonnalehe ja alustades tööd depoos, kontrollib trammijuht vaguni vigade raamatut. Eelmises vahetuses vigade raamatusse märgitud rikete kõrvaldamise kohta peab olema raamatus depoo sissekanne. Seejärel tuleb lasta sujuvalt üles vooluvõttur, meeles pidades, et hooga vooluvõtturi üleslaskmisel võib tekkiv löök purustada libisti. Kinnijäänud või jäätunud vooluvõtturi nõõri lahtipäästmiseks tuleb kasutada vastavat latti. Siis tuleb akude laadimiseks sisse lülitada muundur ja kontrollida aku pinget ning laadimist; sisse lülitada valgustus ning külmal aastaajal ka küte; trammil T-54 sisse lülitada kompressor. Trammi seadmeid tuleb kontrollida TTE § 18—20 järgi. TEM § 379 nõuab ka kassade ja võimendusseadmete kontrollimist. Kassadesse tuleb asetada piletid, kontrollida, kas piletiandmise mehhanism töötab ja komposter märgistab pileti. Samuti tuleb kontrollida, et kassad oleksid lukustatud, kassaalus vaguni küljes kinni ning puuduksid muukimisjäljed. Tuleb meeles pidada, et trammil liikumiskiirus depoos ja territooriumil on rangelt piiratud (vt. TTE § 21 ja 22). Depoos ja territooriumil tuleb pimedal ajal sõita sisselülitatud esiprojektori ja signaaltuledega. Depoost väljasõitmisel ei tohi unustada väravaid sulgemast.

Liinil töö alustamisel tuleb juhendada TTE § 23—27 nõuetest. Kui vahetuse jooksul trammil rikkeid ei esinenud, peab tööd lõpetav juht märkima raamatusse: «Tramm tehniliselt korras». Kassade kohta kehtivad samad nõuded, mis esitatakse depoos töö alustamise korral.

Kui vaguni ülevõtmisel avastatakse defekt, tuleb tegutseda TTE § 22 ja 27 järgi. Depoos tuleb pisirikke kõrvaldamist nõuda nõuderemondi brigaadilt (kuni kella 6-ni), tehnilise kiirabi brigaadilt (tööpäeval kella 6.00 kuni 7.45 ja 16.30 kuni 23.00) või ennetusremondi brigaadilt (tööpäeval kella 7.45 kuni 16.30). Trammi kasutuskõlblikkuse eest pärast rikke kõrvaldamist vastutab vastava brigaadi meister või brigadir.

Kui pisirike avastatakse liinil, tuleb kutsuda välja lõppjaama dispetšeri kaudu tehniline kiirabi.

Kõik avastatud rikked tuleb sisse kanda trammi vigade raamatusse ning rikke kõrvaldamise kohta võtta rikke kõrvaldajalt allkiri.

Suurema rikke korral, mida tehnilise kiirabi brigaad ei suuda kõrvaldada, tuleb tramm depoosse viia. Sel juhul tuleb lisaks sissekandele trammi vigade raamatusse ka kirjeldada rikke iseloomu vahetult depoo meistrile või brigadirile.

B. Trammi depoosse andmine. Trammi vigade raamatu täitmine.

Trammi depoo vagunivastuvõtjale üleandmine toimub TEM § 167 ja TTE § 125—129 järgi. Kassa avatakse sissetulekuosakonna inkassaatori ja kontrolöri juuresolekul. Seejuures tuleb kontrollida, kas kassa on töökorras ja vigastamata.

Trammi vigade raamatu sissekanded peavad olema loetavad, rikke kirjeldus tuleb anda lühidalt ja konkreetset, kasutades õigeid seadmete nimesid. Näiteks sissekanne: «Mootor põles sisse» on täiesti ebapiisav ja tehniliselt kirjaoskamatu. Tuleks kirjutada: «Esimeses veomootoris tekkis Tõnismäe peatusest välja sõites lühis. Esimese mootori ja mõlema mootoriga koos ei ole võimalik sõita, sest automaatlüliti lülitab välja. Tõin vaguni depoosse teise mootoriga sõites. Tehnilist kiirabi brigaadi välja ei kutsunud. Allkiri.»

Kui trammil mingeid rikkeid ei esinenud, tuleb vigade raamatusse kirjutada: «Tramm tehniliselt korras.»

Kõik see aitab depool kiiresti ja täpselt leida riket ning seda kõrvaldada.

6.12. Elektriseadmete töökindlus ja proovimine

Trammi elektriseadmete töökindlus sõltub nii kasutatavate materjalide vastupidavusest ja detailide loomulikust kulumisest, kuid suurel määral ka hooldamisest ja käsitlemisest.

Kõik vastutusrikkamad seadmed ja sõlmed kuuluvad süsteemaatilisele järelevaldusele ja kontrollmõõtmistele, mille põhjal otsustatakse nende edasine kasutuskõlblikkus.

Kõige enam avaldab elektriseadmetele kahjulikku mõju niiskus, mille toimel seadmete isolatsioonitakistus langeb alla lubatud väärtuse ja tekivad mööduvad või jäävad lühised.

Samuti avaldab isolatsioonile lagundavat mõju ülekuumemine, mille toimel isoleermaterjalide koostisse kuuluvad sideained (vaigud, lakid) lagunevad ning isolatsioon muutub kõlbmatuks.

Seadmete isolatsioonitakistust mõõdetakse megeriga, mõõtmisel 600 V seadmeis peab megeri pinge olema vähemalt 1000 V, madalpingeseadmete mõõtmisel 500 V. Isolatsioonitakistus loetakse rahuldavaks, kui see 600 V seadmel on vähemalt 1 M Ω , madalpingeseadmel vähemalt 0,2 M Ω .

Peale selle proovitakse remondi käigus veel täiendavalt veomootrite mähiste isolatsiooni elektrilist tugevust. Mähistele rakendatakse proovipinget 2200 V. Isolatsioon loetakse korrasolevaks, kui 1 minuti jooksul läbilööki ei toimu.

Mähiseid omavate elektriseadmete juures on tähtis, et mähiste takistus vastaks ettenähtud suurusele, s. t. et mähistes ei esineks katkestust ega lühiskeerdusid. Seda kontrollitakse mähiste oomtakistuste mõõtmisega. Samuti kontrollitakse ka igasuguste takistite korrasolekut.

Takistite oomtakistust mõõdetakse küllalt suure mõõtetäpsusega mõõtesillaga. Mähiste lühiskeerdude ja katkestuste leidmiseks on spetsiaalsed prooviseadmed ja võtted.

Mõnede elektriseadmete (eriti elektrimasinate) korrasoleku üle otsustamisel ei piisa üksnes mõõtmistest. Lõplikud tulemused saadakse seadme (masina) proovimisel tingimustes, mis on võimalikult ligilähedased tema kasutustingimustele. Selleks otstarbeks kasutatakse proovistende.

Veomootor katsetatakse proovistendil kõikidel töörežiimidel, kaasa arvatud generaatorrežiim ja maksimaalkoormus. Analooiliselt katsetatakse ka abielektrimasinaid ja generaatoreid.

Spetsiaalsed proovistendid on kasutusel pingeregulaatorite, automaatlülite jt. elektriseadmete proovimiseks ja reguleerimiseks enne nende trammile paigutamist.

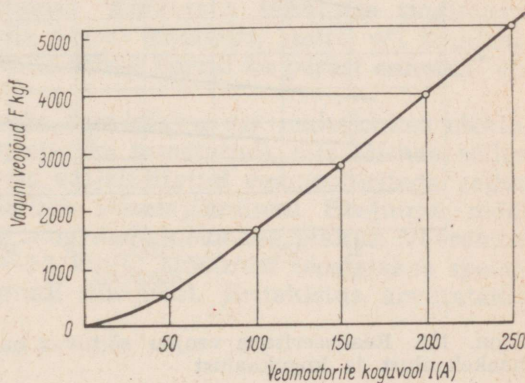
7. TRAMMI LIIKUMISE MEHAANIKA

7.1. Põhimõisteid

Selleks et tramm hakkaks paigalt liikuma, on temale tarvis rakedada **veojõudu**. Veojõud peab ületama kõigi liikumist takistavate jõudude summat. Takistavateks jõudeks on trammi veeretakistus, trammi ajamis esinevad hõõrdejõud (hõõrdumine rattapaaride ja veomootorite laagrites ning kápplaaagrites, hõõrdumine piduriklotsi ja bandaaži või piduriketta vahel, hõõrdumine hammasratasülekandeis), õhutakistus, rööbastee tõusud ja kurvide takistus. Suurem osa nendest takistustest sõltub trammi kaalust (raskusjõust) või liikumiskiirusest. Suurel määral mõjutab liikumist takistavate jõudude suurusi ka ilmastik.

Veojõud F tekitatakse trammis kahe veomootori poolt ja on trammi kohta tervikuna nende veojõudude summa. Trammi veojõud on praktiliselt ühtlaselt rakendatud mõlemale mootorvaguni rattapaarile. Veomootorite poolt arendatav veojõud sõltub otseselt voolutugevusest I veomootoreis (joon. 114). Normaalsel käivitamisel kõigub veomootorite vool 100—150 A piires. Sel juhul on vaguni veojõuks 1600—2800 kgf (16—28 kN). Käivitusprotsessi lõppedes töötavad veomootorid automaatkarakteristikul (4.1), kusjuures kiirus suureneb ja voolutugevus väheneb. Sel perioodil väheneb ka veomootorite veojõud. Näiteks trammi kiirusel 30 km/t on veojõuks vaid 1200—1300 kgf (12—13 kN).

Trammi kaal sõltub vagunitüübist ja reisijate hulgast trammis. Trammi tühikaal on piires 20,5—22,3 tf (tf = jõutonn), maksimaalse reisijate hulgaga tramm võib kaaluda kuni 39 tf. Mida suurem on trammi kaal, seda suuremat veojõudu on vaja tema liikumapanemiseks. Maksimaalse koormusega trammi kaal moo-



Joon. 114. Vaguni veojõu sõltuvus veomootorite koguvoolust

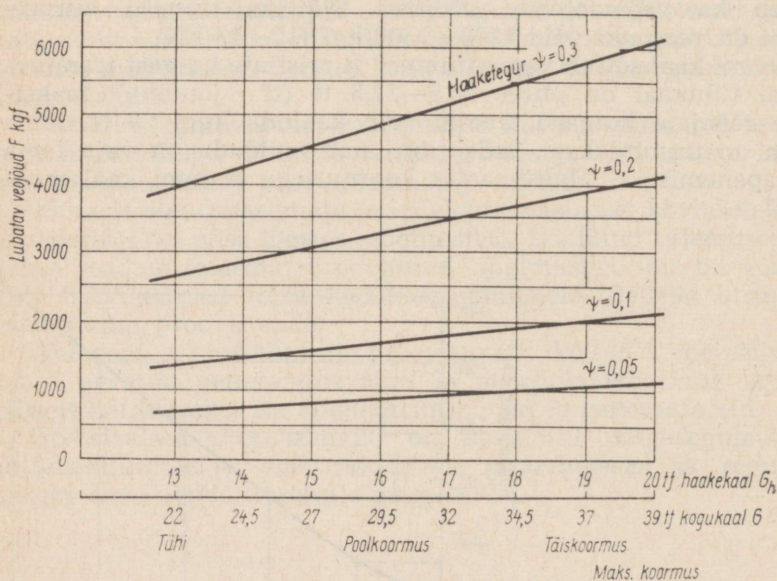
dustab trammid tühikaalust 180%. Kui veel arvestada, et talvel lumega nõuab vaguni liikumapanemine ligi kaks korda suuremat jõudu kui suvel, siis näeme, et vajalik veojõud kõigub suurtes piirides (kuni neli korda).

Veojõu suurusele avaldab olulist mõju tegur, mida nimetatakse liikumise eritaktuseks (7.2).

Maksimaalse veojõu, mida tramm võib arendada, määrab haaketegur ψ ratta ja rööpa vahel. Haaketegur näitab, kui suurt veojõudu võib tramm arendada ühe mootorvaguni kaalu ehk nn. haakekaalu G_h ühiku kohta, ilma et tekiks veeremise asemel pukimine (ratta rööpa suhtes ühel kohal libisedes veeremine ehk ratta kohapeal ringi käimine); või missugust pidurdusjõudu võib tramm ühe kaaluühiku kohta arendada, ilma et tekiks pidurdatud rataste rööbastel lohisemist. Valemina väljendatuna saab mootori veojõud olla väiksem või äärmisel juhul võrdne haaketeguri ja haakekaalu korrutisega:

$$F \leq \psi \cdot G_h.$$

Haaketeguri suurus kõigub laiades piirides (0,05—0,35), sõltudes rööbastee seisundist. Minimaalne haaketegur 0,05 esineb väga mustade, õliste või poriste rööbastete korral, maksimaalne haaketegur 0,35 esineb vaid ideaalselt puhaste ja kuivade rööbastete puhul. Keskmiseks haaketeguri suuruseks on normaalse rööbastee



Joon. 115. Realiseeritava veojõu sõltuvus haaketegurist, trammid haakekaalust ja kogukaalust

seisundi korral 0,16—0,20. Mida suurem on haaketegur, seda kiiremini on võimalik trammil käivitada või pidurdada.

Lubatava veojõu sõltuvust haaketegurist ja haakekaalust näitab joon. 115.

Nagu selgub, tuleb trammijuhil trammil sujuvaks käivitamiseks ja pidurdamiseks ning puksimise ja lohisemise vältimiseks osata valida õige veojõu või pidurdusjõu suurus. Selleks tuleb arvestada:

1) rööbastee seisundit, s. o. ratta ja rööpa vahelist haaget, 2) trammil koormust (kaalu), 3) ilmastikku, 4) vaguni tehnilist seisundit.

7.2. Liikumise eritakistus

Vaguni liikumise eritakistus w on olulisim tegur vaguni liikumapanemiseks kuuluva töö määramisel. Liikumise eritakistus näitab kõigi vaguni liikumist takistavate jõudude summat jõukilogrammides trammil kaalu ühe tonni kohta.

Liikumise eritakistus sõltub:

- a) vaguni konstruktsioonist: pidurite, veomootorite, laagrite, veoülekanne konstruktsioonist; vaguni kaalust ja vaguni takistusest tuule suhtes (voolujoonelisusest);
- b) rööbastee tehnilisest seisundist: rööbaste tüübist, korrasolekust, puhtusest (rennrööbaste puhul), samuti tee pikikaldest;
- c) ilmastikust: õhutamperatuurist, tuule kiirusest ja sademetest;
- d) vaguni tehnilisest seisukorrast: pidurite korrasolekust ja reguleeritusest, kapplaagrite ja teljerõngaste korrasolekust ja reguleeritusest, kasutatavaist laagrite ja veoülekanne määrdeist; rattapaaride asendi õigsusest;
- e) vaguni liikumiskiirusest.

Veeremiteenistuse poolt mõjutatavaist tegureist on olulisem vaguni tehniline seisund. Seetõttu kontrollitakse regulaarselt vaguni liikumise eritakistust. Kehtivate tehniliste tingimuste kohaselt tuleb seda mõõta pärast keskmist, suurt või kapitaalremonti, vajaduse järgi või kahtluse korral ka pärast ennetus- või vaheremonti.

Eritakistuse määramiseks kasutatakse nn. mahajooksu meetodit (varem vabajooksu meetodiks nimetatud), mis seisneb selles, et täiesti vabade piduritega väljalülitatud veomootoritega vagun lastakse veereda kuni täieliku seismajäämiseni. Seejuures mõõdetakse selleks kuluv aeg ning mahajooksutee pikkus. Veeremise algikiiruseks valitakse 10—13 km/h. Mõõtmist teostatakse spetsiaalsel katselõigul Leningradi maanteel. Eritakistus arvutatakse seejärel valemi järgi:

$$w = 214 \frac{s}{t^2} \pm i \text{ (kgf/tf),}$$

kus s — vabajooksul läbitud teepikkus (m),
 t — mahajooksuks (täieliku peatumiseni) kuluv aeg (s),
 i — rööbastee löigu keskmine tõus (—) või langus(+) promillides.

Eritakistuse w saame kilogrammides vaguni kaalu G ühe tonni kohta. Vaguni kogu liikumistakistus $W_0 = wG$, kgf.

Näiteks trammi, mille tühikaal on 22 tf ja liikumise eritakistus $w = 6$ kgf/tf, liikumistakistuse ületamiseks kulub $F = W_0 = wG = 6 \cdot 22 = 132$ kgf veojõudu.

Eritakistus peab vastama kindlatele normidele, mis on antud tabelis:

Trammi liikumise eritakistus, kgf/tf	Suvel	Talvel
Ennetusremondist väljumisel	5,0	6,5
Pärast vaheremonti	5,5	7,0
Pärast keskmist, suurt või kapitaalremonti	6,0	7,5

Talviseks loetakse ilma välisõhu temperatuuriga alla 0°C , tuiskamata tee korral. Erandina lubatakse eritakistuse normi ületamist pärast remonti 1 kgf/tf võrra 10 päeva vältel.

Tegelikuses kõiguvad trammide eritakistused piirides 3—19 kgf/tf. Suuruste puhul üle 10 kgf/tf on eranditult tegu liiga ratta ligi reguleeritud piduriklotside või liiga tihedate kapplaagritega. Samal ajal erinevust 3—4 kgf/tf normist ei suuda ka kogunud trammijuht vaguni vabajooksu hindamisel eristada.

Õhutemperatuuri langedes alla 0°C tõuseb eritakistus järsult. Nii on -9°C puhul tõus 4,5 kgf/tf, -16°C puhul juba 6 kgf/tf. Eritakistuse suuruse põhjal saab öelda, millisel langusel hakkab lahtiste piduritega tramm ise veerema: kui $w = 5$ kgf/tf, piisab langusest 5%, kui $w = 10$ kgf/tf on vaja langust 10% (s. o. 10 m/km).

Väikese eritakistusega (3—4 kgf/tf) vagun läbib vabajooksul algkiiruse 30 km/t juures 1000—1200 m pikkuse teelõigu kuni peatumiseni, seda sirgel, horisontaalsel teel.

Suurel määral mõjutab eritakistuse suurust rööparennide puhutus: kui ideaalselt puhta renni puhul moodustab renni takistus 1 kgf/tf, siis prahiga täitunud renni korral kasvab see kuni 15 kgf/tf.

Kogu trammiliikluseks tarvilikust elektrienergiast kulub liikumistakistuse ületamiseks 30%. Seega on selge, et iga vaguni normidekohase eritakistuse säilitamine on elektrienergia kokkuhoiuks väga tähtis. Nii suurendab vaguni liikumise eritakistuse tõusmine 1 kgf/tf võrra vajalikku veojõudu 33 kgf võrra ning annab tööpäeva jooksul elektrienergia lisakulu 10—12 kWh. Kui kogu tram-

mipark sõidab aasta jooksul 1 kgf/tf võrra väiksema eritakistusega, annab see elektrienergia kokkuhoiu üle 300 000 kWh.

Suur osa on võitluses eritakistuse vähendamise eest täita tramimijuhil. Selleks peab ta:

- 1) koheselt nõudma halva vabajooksuga vaguni liikumise eritakistuse kontrollimist;
- 2) kontrollima tööd alustades, kas vaguni pidurid on õigesti reguleeritud; rangelt on keelatud sõitmine osaliselt pealetõmmatud käsipiduriga;
- 3) läbima kurvi täiesti lahtiste piduritega;
- 4) koheselt teatama saastunud rööparennidega teelõikudest.

7.3. Kiirus ja kiirendus

Trammi liikumisrežiimi iseloomustavad mõisted: kiirus, kiirendus ja aeglustus. Seejuures viimast võib käsitleda negatiivse kiirendusena. Trammiliikluses arvestatakse kiirust peamiselt mitmesuguste keskmiste suurustena. Arvväärtuselt on suurimaks kiiruseks nn. **maksimaalne lubatav kiirus** — 50 km/h. Saksa DV vagunite puhul langeb see ühte vaguni konstruktiivse maksimaalse kiirusega, mis samuti võrdub 50 km/t. Tegelikult on trammiga võimalik saavutada soodsatel tingimustel kiirust 70 km/h ja enam, kuid säärane kiirus on ülimalt ohtlik, see toob enamasti kaasa liiklusõnnetuse või tehnilise rikke. Järgmiseks kiiruse mõisteks on **tehniline kiirus** v_t , s. o. puhta sõiduaja keskmine kiirus, millega on võimalik sõita marsruudi algpunktist lõpp-punktini:

$$v_t = \frac{\text{lõppjaamade vaheline kaugus (km)}}{\text{aeg lõppjaamade vahelise vahemaa läbimiseks ilma peatuste aegadeta (tundi)}}$$

Tallinna trammiliinidel on tehniline kiirus 18,5—21,1 km/h. Väiksemaks keskmiseks kiiruseks on nn. **ekspluatatsioonikiirus** v_e , antuna mingi marsruudi või majandi kohta tervikuna:

$$v_e = \frac{\text{marsruudi pikkus (km)}}{\text{marsruudi läbimise aeg, koos seisuaegadega peatustes ja lõppjaamades (tundi)}}$$

Peatustes kulub Tallinnas trammidel keskmiselt 25% kogu liikluses oleku ajast.

Ekspluatatsioonikiirus oli Tallinnas 1970. a. 15,0 km/h, seejuures marsruudil nr. 1 — 15,8 km/h, marsruudil nr. 2 — 17,0 km/h, marsruudil nr. 3 — 12,9 km/h ja marsruudil nr. 4 — 13,8 km/h.

Nii tehniline kui ka ekspluatatsioonikiirus sõltuvad marsruudi iseloomust: peatuste arvust ja peatuste vahekaugusest, ristteede arvust, tee profiilist ja tee tehnilisest seisundist, ilmastikust ja reisijate hulgast.

Kiirendus on trammil suuresti muutuv suurus. SDV vagunitele on ette nähtud kiirenduseks käivitusel 0,7 m/s², võimalik on saa-

vtutada kiirendust kuni 2 m/s^2 . Tuletame meelde, et kiirendus 1 m/s^2 näitab, et kiirus kasvab igas sekundis 1 m/s ehk $3,6 \text{ km/h}$ võrra. Kiirenduse suurust mõjutab tee profiil ja puhtus, vaguni koormus, kuid eelkõige trammijuhi poolt kontrolleri käivitusastmete sisselülitamise kiirus. Kiirendust üle $1,5 \text{ m/s}^2$ ei lubata kasutada, kuna sel juhul on seisvatel reisijatel vagunis raske tasakaalu säilitada. Käivitamise lõppedes, sõidul veomootorite automaatkarakteristikul (alates kiirustest $18\text{--}26 \text{ km/h}$) kiirendus kiiruse tõustes pidevalt väheneb. Kui käivitamise sooritame 10 s jooksul, saavutame kiirenduseks keskmiselt $0,7 \text{ m/s}^2$; kui kulutame selleks 7 s , kujuneb kiirenduseks 1 m/s^2 jne.

Normaalseks aeglustuseks on SDV vagunite pidurdamisel $1,4 \text{ m/s}^2$, s. t. igas sekundis trammikiirus väheneb $1,4 \text{ m/s}$ ehk 5 km/h võrra. Trammikiirenduse elektrodünaamilisel pidurdamisel veomootoritega, samuti järelvaguni pidurdamisel solenoidpiduriga on saavutatav aeglustus kuni $1,6 \text{ m/s}^2$, kasutades ainult rööpapidureid või käsipidurit — kuni $0,8 \text{ m/s}^2$. Avariipidurdusel kõiki pidurdus-seadmeid ja liivatit kasutades võib saavutada aeglustuse kuni 3 m/s^2 . Algiirusest 50 km/h pidurdades kulub normaalseks pidurdamiseks (aeglustusega $1,4 \text{ m/s}^2$) täieliku peatumiseni 10 s aega, kasutades ainult rööpapidurit (aeglustusega $0,8 \text{ m/s}^2$) $17,5 \text{ s}$, avariipidurdusel (aeglustusega 3 m/s^2) $4,7 \text{ s}$. Trammikiirenduse vabajooksu režiimil on keskmine aeglustus $0,05 \text{ m/s}^2$ sirgel horisontaalsel teel, s. t. iga $5,5 \text{ s}$ jooksul väheneb kiirus 1 km/h võrra.

Kasutades käivitamisel suurimat lubatavat kiirendust ning pidurdusel suurimat lubatavat aeglustust on võimalik saavutada suuremat tehnilist kiirust. Samaaegselt suurema kiirenduse kasutamise käivitusel vähendab elektrienergia kulu, sest aeg, mille jooksul osa elektrienergiat kulub soojuskaoks käivitustakistites, väheneb. Seda iseloomustab alljärgnev tabel, mis on antud 400 m pikkuse peatusvahe läbimise kohta erinevate kiirenduste rakendamisel käivitusel.

Kiirendus, m/s^2	Käivitus-takistid sisse lülitatud, s	Veomootorid sisse lülitatud, s	Lõigu läbimise aeg, s	V_{maks} km/h	V_t km/h	Suhteline elektrienergia kulu
0,5	13,6	24,4	60	33,2	24,0	105%
0,7	9,8	21,9	58	33,4	24,8	100%
1,0	6,8	18,2	55,4	33,6	26,0	84%

Suurte kiirenduste ja aeglustuste kasutamist piirab veomootorite võimsus, liiklusohutuse nõuded, tee profiil, vaguni koormus, rööbastee sidestustegur. Head trammijuhti iseloomustabki see, et ta valib maksimaalse võimaliku kiirenduse ja aeglustuse, samaaegselt arvestades eeltoodud nõudeid.

7.4. Trammi liikumisrežiimid

Trammi sõit kahe peatuse vahel koosneb neljast erinevast liikumisrežiimist: käivitamine, hoovõtt, vabajooks ja pidurdamine, mis kokku moodustavad ühe sõidutsükli.

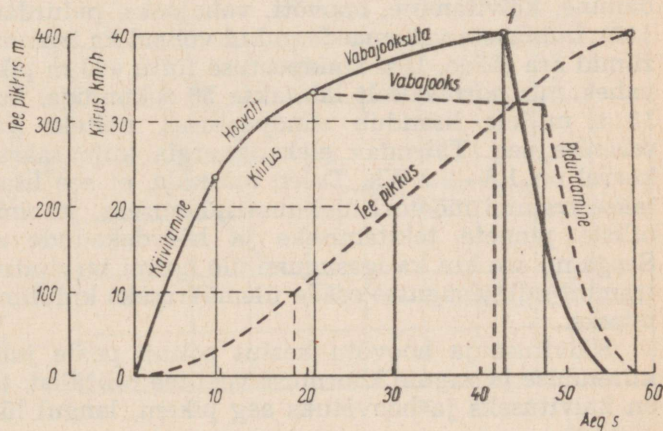
Käivitamine on suhteliselt suure kiirendusega kiirenev liikumine. Käivitamine kestab seni, kuni veomootorite ahelast on käivitustakistid täielikult välja lülitatud. Käivitamine algab trammi paigalseisust, kuid peale osalist pidurdamist võib alata ka väikese kiirusega sõidult.

Hoovõtt on liikumine veomootorite automaatkarakteristikul vahetult pärast käivituse lõpetamist. Ka hoovõtt on kiirenev liikumine, kuid märksa väiksema ja ühtlasema kiirendusega kui käivitamine. Hoovõtul saavutatakse antud sõidutsükli maksimaalne kiirus, mis on seda suurem, mida kauem kestab hoovõtt. Kui hoovõtul on saavutatud maksimaalne kiirus (näiteks 50 km/h), siis kiirendus väheneb nullini ja tramm jätkab liikumist püsiva kiirusega. Sõidu puhul pikal tõusul ei saavutata hoovõtul sellist maksimaalset kiirust, näiteks tõusul 10%^o kujuneb maksimaalseks kiiruseks 35—40 km/h.

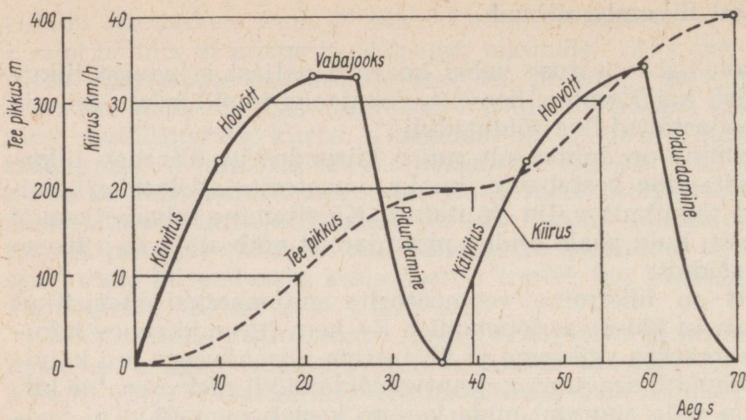
Vabajooks algab momendist, kus veomootorid lülitatakse välja ja tramm liigub inertsil. Vabajooks on suhteliselt väikese aeglustusega aeglustuv liikumine. Olenevalt tee profiilist on vabajooksul aeglustus 0,04—0,08 m/s².

Pidurdamisel toimub trammi aeglustuv liikumine suure aeglustusega. Pidurdamine kestab kuni trammi seismajäämiseni või vajaliku väiksema kiiruse saavutamiseni (enne liiklustakistust, ristteed või valgusfoori).

Üks sõidutsükkel on kujutatud joonisel 116. Sellel on kujutatud täiskoormusega trammi kiiruse muutumine 400 m pikkuse



Joon. 116. Sõidutsükkel 400 m pikkusel lõigul



Joon. 117. Vahepeatusega sõidutsüklil peatuste vahes

peatustevahe läbimise kestel. Trammi keskmine kiirendus käivitamisel on $0,7 \text{ m/s}^2$ ja aeglustus pidurdamisel $1,4 \text{ m/s}^2$. Kui selles peatustevahes vabajooksu mitte kasutada, toimub kiirenev liikumine ajahetkeni 1, sealt edasi aga järsult aeglustuvalt. Selline tsüklil annab ajasäästu 3 s, kuid täiendav elektrienergia kulu on 0,9 kWh. Lihtne sõidutsüklil — käivitamine, hoovõtt, vabajooks ja pidurdamine — esineb üksikjuhtudel, s. o. kui rööbastee asub eraldi muldkehal, kui ei esine ristumisi teedega jne. Tavaliselt on peatustevahes reguleeritud või reguleerimata risteid ja raudtee ülesõidukohti, kus tuleb teha vahepeatus või kiirust tunduvalt vähendada. Ka ristteedeta tänavalõigul võib rööbasteele sattuda mõni distsiplineerimatu jalakäija või autojuht, kes sunnib trammi pidurdama ja kiirust vähendama. Nendel puhkudel kujuneb ühe peatustevahe sõidutsüklik käivitamine, hoovõtt, vabajooks, pidurdamine, käivitamine, hoovõtt, vabajooks, pidurdamine jne. (joon. 117). Lühikeste vahemaade puhul võivad ka trammi vabajooksurežiimid ära jääda. Ühe sundpeatuse tõttu 400 m pikkuses peatustevahes, mis normaalselt läbitakse 58 sekundiga, kulub täiendavalt 13 s, millele lisandub sundpeatuses, näiteks valgusfoori taga, seismise aeg. Täiendav elektrienergia kulu säärase sundpeatuse korral on 1,8—2 kWh. Tuleb märkida, et see lisaenergia kulutatakse trammi mootori ülekuumendamiseks, trammiajamis mehaaniliste pingete tekitamiseks ja hõõrdekadude suurendamiseks. Seega nii see kui ka igasugune üle normi tarvitatud energia läheb trammi mitmesuguste osade ülemääraseks kulutamiseks ja lõhkumiseks.

Käivituse ja hoovõtu kestus sõltub peale juhi poolt valitud kiirenduse ja vaguni koormuse veel tee profiilist: tõusul või kurvil on käivituseks ja hoovõtuks aeg pikem, langul lühem.

7.5. Töö- ja avariipidurdus

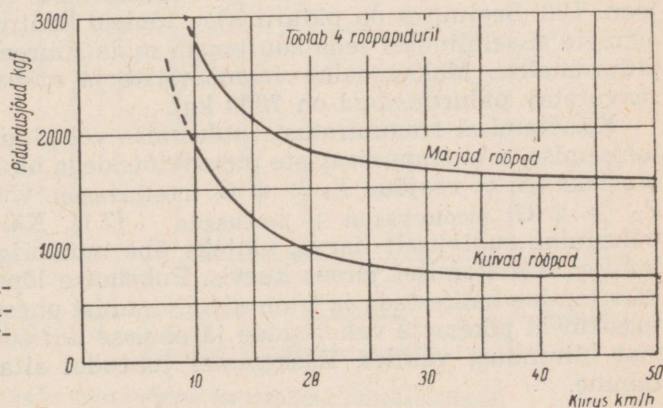
Olulisemaks liikumisrežiimiks liiklusohutuse seisukohast on pidurdamine. Tehakse vahet töö- ja avariipidurduse vahel.

Tööpidurdust kasutatakse kiiruse vähendamiseks või trammipeatamiseks normaalsel sõidul. Tööpidurdus peab toimuma sujuvalt, suurte tõugeteta, aeglustusega kuni $1,4 \text{ m/s}^2$. See teostatakse veomootorite elektrodünaamilise pidurdamisega koos solenoidpiduriga. Trammi lõplikuks pidurdamiseks kasutatakse täiendavalt mootorvaguni käsipidurit. Tööpidurduse kestus algkiirusel 40 km/h on $8\text{--}10 \text{ s}$, kiirusel 30 km/h aga $7\text{--}8 \text{ s}$.

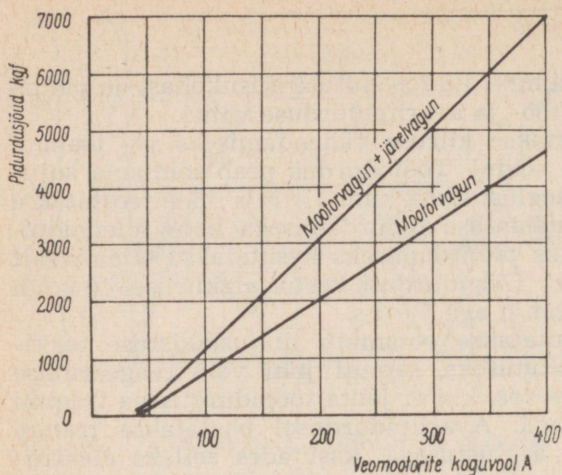
Avariipidurdust kasutatakse ootamatu liiklustakistuse tekkimisel, inimõnnetuse vältimiseks, samuti juhi vale reageerimise puhul peatuse või risttee ees, kui ei jõuta tööpidurdusega trammietenähtud kohas peatada. Avariipidurdusel peatatakse tramm maksimaalse võimaliku aeglustusega, kasutades selleks elektrodünaamilist pidurit koos solenoidpiduriga, ja neile lisaks rööppidurit ning liivatit (sidesusteguri suurendamiseks); pidurduse lõpul kasutatakse lisaks veel käsipidurit. Avariipidurdus nõuab algkiirusel 40 km/h 4 sekundit, algkiirusel 30 km/h aga $3\text{--}3,5$ sekundit. Avariipidurduse erijuhuks on ohtu märganud reisijate poolt avarii-lülitusnupu abil rööppidurite sisselülimine. Sel juhul peab trammijuht viivitamatult teostama avariipidurduse elektrodünaamilise piduriga koos liivati kasutamisega.

Käsi piduriga tekitab trammijuht piduriamani ja alusvankri piduriseadme ülekande kaudu ratastele mõjuva **pidurdusjõu**, mis püüab takistada ratta veeremist. Pidurdusjõu maksimaalseks väärtuseks on kuni 3200 kgf , ja see avaldub mootorvaguni nelja ratta ja rööbastee vahel.

Rööppiduriga luuakse pidurdusjõud, mis püüab vagunit paigal hoida, rööppiduri talla ja rööpa vahel. Maksimaalseks trammirööppidurite pidurdusjõuks (ühe rööppiduri 4000 kgf suuruse



Joon. 118. Rööppidurite poolt saavutatav pidurdusjõud



Joon. 119. Pidurdusjõu sõltuvus veomootorite koguvoolust

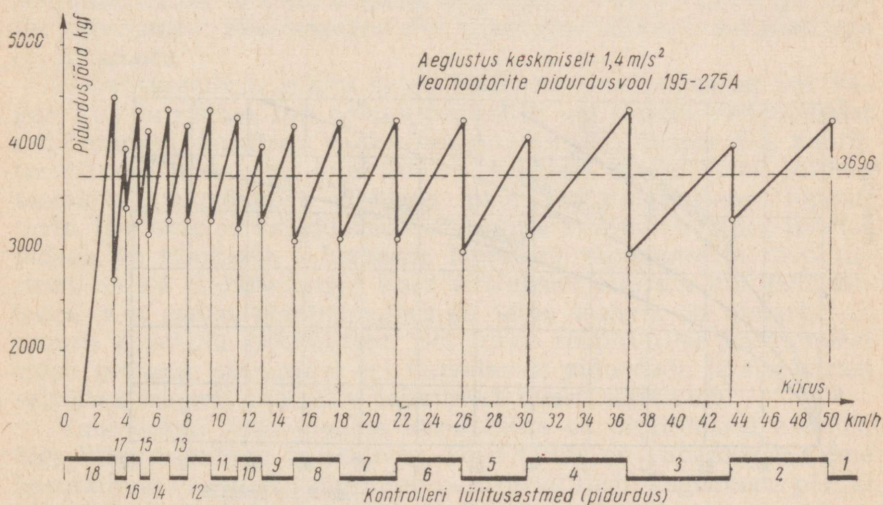
tõmbejõu korral) on kiirusel alla 15 km/h ja märgade rööbaste korral 1600 kgf; kuivade rööbaste ja suuremate kiiruste korral on pidurdusjõud vaid 700 kgf. Trammi kõigi nelja rööpapiduri summaarset pidurdusjõudu sõltuvalt trammi kiirusest ja rööbastee olukorrast kujutab graafik (joon. 118).

Generaatoreina töötavate veomootorite elektrodünaamilisel pidurdamisel tarbivad need välist mehaanilist energiat, mis on salvestatud liikuvasse trammi. Pidurdusjõud on seda suurem, mida suuremat voolu generaatoritena töötavatelt mootoritelt tarbitakse ning mida suurem on vaguni kiirus ja seega ka generaatorina töötava mootori ankrupöörlemiskiirus. Trammi elektrodünaamilisel pidurdamisel tekkiva pidurdusjõu sõltuvust veomootorite summaarsest voolust kujutab joon. 119. Tööpidurdusel keskmise aeglustusega 1,4 m/s² kujunevat pidurdusjõu sõltuvust trammi kiirusest ja kontrolleri pidurdusastmete lülitamist näitab joon. 120. Seejuures on pidurdusjõu tõuked kontrolleri pidurdusastmete sisselülitamisel seda suuremad, mida suurema aeglustusega pidurdatakse. Maksimaalne veomootorite ja solenoidpiduri poolt saavutatav pidurdusjõud on 7800 kgf.

Käivitamisel trammirataste puksimise või pidurdamisel nende lohisemise, s. o. trammirataste piduriklotsidega blokeerimise tingimusteks on, et veojõud $F_v > \psi \cdot G$ mootorvagun või pidurdusjõud $F_p > \psi \cdot G$ mootorvagun + järelvagun (7.1). Käivitamisel tekib puksimine suhteliselt harva, näiteks ühe mootoriga järsul käivitamisel, käivitamisel järsu kurvis. Puksimise lõpetamiseks tuleb käivitamine katkestada ja trammi käivitamist uuesti alustada lülitusastmeid pikemate vaheaegade järel sisse lülitades, s. o. väiksemat kiirendust valides. Raskematel juhtudel aitab liivati kasutamine.

Lohisemine võib tekkida järsul elektrodünaamilise või käsi-
piduriga pidurdamisel. Trammi lohisemine paigalseivate ratas-
tega on väga ohtlik, sest see ei võimalda trammi ettenähtud kohal
peatada. Nii võib tekkida liiklusõnnetus: pealesõit inimesele või
liiklusvahendile, ümberpaiskumine kurvis jt. Lohisemisega kaas-
neb bandaaži jooksupinnale lohkude tekkimine. Mööda rööbast
lohisedes kulub bandaaž väga kiiresti: juba üks suurel kiirusel
lohisemine tekitab bandaažile märgatava lohu. Lohisemist võib
soodustada halvasti reguleeritud pidur, kuid otsustav on sel puhul
trammijuhi ebaõige tegutsemine: 1) liiga järsk pidurdamine,
2) kiiruse ebaõige hindamine pidurdamise algul, 3) rööbastee puh-
tuse vale hindamine või libeda tee alahindamine, 4) närviline ja
paaniline tegutsemine avariipidurdamisel ootamatu ohu korral,
5) halva ratta ja rööpa vahelise sidestuse korral elektrodünaami-
lise ja käsipiduri üheaegne kasutamine suurtel ja keskmistel kii-
rustel, 6) avariipidurdusel liivati ja rööpapiduri kasutamata jät-
mine. Tuleb meeles pidada, et rööpapiduri kasutamine aitab mõne-
võrra suurendada haakekaalu, seega võimaldab realiseerida
suuremat pidurdusjõudu elektrodünaamilisel pidurdamisel.

Kui nimetatud vigu vältida, on ka lohisemine või puksimine
enamasti välditav. Kui sellegi poolest tekib pidurdamisel rataste
lohisemine, tuleb: 1) kasutada liivatit, 2) pidur hetkeks välja lüli-
tada ja kohe uuesti pidurdada (teha nn. «ümberpidurdamine»),
3) lülitada rööpapidur, kui see senini ei olnud sisse lülitatud.



Joon. 120. Pidurdusjõu muutumine kontrolleri lülitusastmetel

7.6. Pidurdustee

Pidurdusteeks nimetatakse teelõiku pidurdamise alustamise punktist kuni lõpliku peatumiseni. Oluline on liiklusohutuse seisukohalt õige pidurdustee pikkuse ettearvestamine. Pidurdustee pikkus sõltub: 1) trammi kiirusest pidurdamise alustamisel, olles seda pikem, mida suurem on algkiirus;

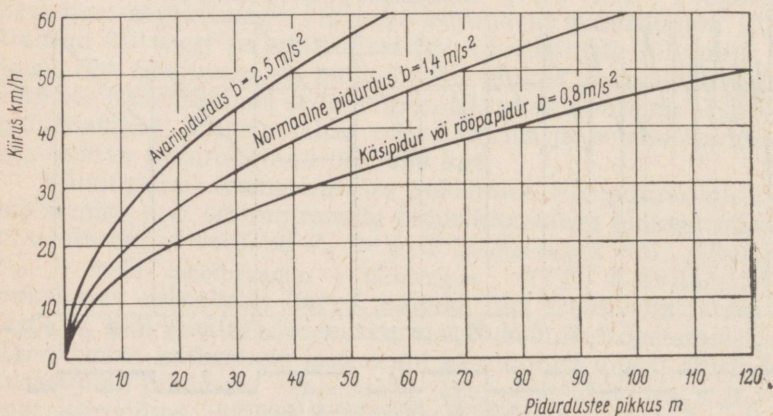
- 2) valitud aeglustusest pidurdamisel: suurema aeglustuse korral on pidurdusmaa lühem;
- 3) tee seisundist: libeda rööbastee, s. o. väikese sidestuse puhul ratta ja rööpa vahel on pidurdustee pikkus kuni kaks korda suurem;
- 4) tee kaldest: tõusul on pidurdustee lühem, langul pikem;
- 5) trammijuhi vilumusest ja reageerimiskiirusest.

Pidurdustee õige pikkuse ennustamisel tuleb arvestada kõiki eeltoodud tegureid, peale selle veel tee nähtavust.

Pidurdustee pikkuse sõltuvust kiirusest pidurduse algul (v) ja kasutatud aeglustusest (b) näitab joonis 121.

Joonist täiendab järgnev tabel. Nii joonisel kui ka tabelis toodud pidurdustee pikkused on arvutatud normaalse haaketeguri puhul horisontaalsel teel.

Tuleb meeles pidada, et 1) pidurdustee pikkus kiiruse tõustes kasvab teises astmes (pidurduse algkiirusel 40 km/h on pidurdustee pikkus neli korda suurem kui kiirusel 20 km/h); 2) avariipidurdusel saab aeglustusi 2,5 ja 3,0 m/s² kasutada vaid puhaste rööbaste, s. o. suure haaketeguri puhul.



Joon. 121. Pidurdustee pikkuse sõltuvus algkiirusest ja aeglustusest

Aeglustus m/s ²	Pidurdamise algkiirus km/h				
	60	50	40	30	20
0,8	173	120	77	43	19
1,0	138	96	61	35	15
1,4	99	69	44	25	11
1,6	87	60	39	22	10
2,0	69	48	31	18	8
2,5	56	39	25	14	6
3,0	46	32	21	12	5

7.7. Ratsionaalse liikumisrežiimi valik

Ratsionaalseks loetakse säärast liikumisrežiimi, mis võimaldab:

- 1) sõita ökonoomselt, kasutades säästlikult elektrienergiat,
- 2) saavutada maksimaalset ekspluatatsioonikiirust,
- 3) saavutada maksimaalset liiklusregulaarsust kogu marsruudi ulatuses,
- 4) tagada liikluse ohutust.

Käesolevas punktis on toodud mõned õige liikumisrežiimi valiku põhinõuded.

Üheks olulisemaks nõudeks on liiklusakistuste: ristteede ja valgusfooride, pöörmete, tõusude jmt. õige arvestamine.

Käivitusrežiimi tuleb kasutada võimalikult lühemat aega, kuid seejuures mitte ületada lubatud kiirendust. Vältida tuleb iga liigset käivitamist. Pikemaajaline sõit sisselülitatud käivitustakistitega on lubamatu.

Hoovõturrežiimis sõidul tuleb lühikeses peatustevahes või lõigus, kus on risttee, mis eeldab peatumist või kiiruse vähendamist miinimumini, kasutada vaid veomootorite jadalülitust. See kehtib teelõikudel pikkusega kuni 200 m. Vastasel korral tuleb sellises teelõigus pidurdamist alustada juba käivitusprotsessi lõpetamata, hoovõttu ja vabajooksu üldse mitte kasutades. Tuleb meeles pidada, et lühikeste vahemaade läbimisel veomootorite rööplülituses on ka elektrienergia kulu suhteliselt suurem kui jadalülituses. Kui samas peatustevahes on teine tramm, on otstarbekas samuti kasutada jadalülitust. Sel juhul rööplülituse kasutamisel tuleb peatusse saabumise eel täiendavalt pidurdada ja siis pärast eelsõitva tramm peatusest lahkumist uuesti käivitada.

Vabajooksu maksimaalne kasutamine on olulisemaid nõudeid õige liikumisrežiimi tagamiseks. Eriti tähtis on vabajooksu täpne kasutamine tõusudel. Seal tuleb puht-praktiliste kogemuste põhjal õigesti hinnata kiirust ja vabajooksu tee pikkust, et enne tõusu ületamist ei tuleks tramm täiendavalt käivitada.

Pidurirežiimis tuleb õigesti hinnata pidurdustee pikkust. Kui liiga hiline pidurdamise alustamine enne peatust võib nõuda avariipidurdust, siis liiga varane pidurdamine võib halvemal juhul nõuda täiendavat käivitust peatusse jõudmiseks. Iga täiendav käivitamine nõuab energia lisakulu 1—2 kWh.

Olulisteks liiklustakistusteks on valgusfoorid, mis võivad põhjustada ühekordse seisaku kestusega kuni 31 s. Seetõttu tuleb valgusfoori märgutulesid jälgida võimalikult kaugel, et määrata režiimi, millega sõita valgusfoorini. Kui on kindel, et valgusfoori taga tuleb peatuda ja seal lubavat märgutuld oodata, on otstarbekas sõita lühikese käivituse ja pikema vabajooksuga, hoo vähendamiseks pidurit mitte kasutades. Sama režiimi tuleb kasutada, kui eelnevas peatuses seisab teine tramm. Marsruudil Tondi-Leningradi maantee pikeneb sõiduaeg suurima arvu võimalike täiendavate peatuste tõttu valgusfooride taga kuni 3,5 min võrra. See tuleb sõidugraafikus püsimiseks tasa teha peatustevahelistes lõikudes kiirema sõiduga ja peatustes lühema seisujaga. Sellel marsruudil kulub seetõttu täiendavalt elektrienergiat lisakäivitusteks 17 kWh ja vabajooksuta sõiduks 4,5 kWh, mis kokku moodustavad 25% lisakulu.

Üleliigne seisuaaja pikendamine peatuses nõuab enamasti kiirustamist peatustevahelisel lõigul. Seega väheneb vabajooksu kasutamise võimalus ja suureneb elektrienergia kulu.

Kokkuvõttes võib öelda, et marsruudi võib nõutud ajaga ehk sama ekspluatatsioonikiirusega läbi sõita mitmel viisil. Kõik sõltub valitud kiirendustest ja aeglustustest, vabajooksul sõidu ajast, peatuste vältusest, kiiruse valikust ja juhi tähelepanelikkusest ning oskusest hinnata liiklustakistusi. Nendest paljudest teguritest kõige õigemate valimises seisnebki ratsionaalse liikumisrežiimi valik trammijuhi poolt.

SISUKORD

1. SISSEJUHATAV OSA

- 1.1. Õpiku ülesanne 3
- 1.2. Linnatranspordi üldiseloomustus 4
- 1.3. Trammiliikluse ajaloo 5
- 1.4. Trammide võrdlus 5

2. ELEKTROTEHNIKA ALGTEADMISED

- 2.1. Elektrivoolu olemus 10
- 2.2. Pinge. Elektromotoorjõud. Voolutugevus 10
- 2.3. Alalis- ja vahelduvvool 11
- 2.4. Takistus ja eritakistus 14
- 2.5. Juhid ja dielektrikud 15
- 2.6. Ohmi seadus 16
- 2.7. Elektrivoolu soojuslik toime 17
- 2.8. Elektrivoolu keemiline toime 20
- 2.9. Tarbijate ja vooluallikate võrku ühendamise viisid 21
- 2.10. Elektrivoolu võimsus ja töö 25
- 2.11. Elektriliste suuruste mõõtmine 26
- 2.12. Põhimõisted magnetismist 26
- 2.13. Elektrivoolu magnetiline toime 27
- 2.14. Elektromagnetiline induksioon 28
- 2.15. Elektrivoolu ja magnetvälja vastastikune toime 29
- 2.16. Alalisvoolu masina tööpõhimõte 30
- 2.17. Elektriskeemid 32

3. TRAMMI KÕRGEPINGESEADMED

- 3.1. Trammi elektriseadmete töötingimused 34
- 3.2. Trammi elektriseadmete jaotus ja otstarve 34
- 3.3. Jõuseade 35
- 3.4. Ülevaade veomootoreist 36
- 3.5. Veomootori võimsus 39
- 3.6. Kommuteerimine 41
- 3.7. Veomootori ehitus 44
- 3.8. Elektriaparatuuri elemendid 51
- 3.9. Kaarekustutid 53
- 3.10. Vooluvõttur 55
- 3.11. Kiirendustakistid 59
- 3.12. Kontroller 63

- 3.13. Kaitseaparatuur 78
- 3.14. Automaatlüliti 78
- 3.15. Lahendi 81
- 3.16. Raadiohäiresummutid 82

4. TRAMMIDE ELEKTRISKEEMID

- 4.1. Jõuskeemid 84
- 4.2. Jõuskeem kontrolleriiga St. NFB-1 89
- 4.3. Jõuskeem kontrolleriiga St. NFB-4 92
- 4.4. Elekterpidurdus 94
- 4.5. Takistuspidurdus 94
- 4.6. Elekterpiduri skeem kontrolleriiga St. NFB-1 97
- 4.7. Elekterpiduri skeem kontrolleriiga St. NFB-4 100
- 4.8. Solenoidpidur 103
- 4.9. Elektromagnetiline rööppidur 105
- 4.10. Kõrgepingelised abivooluringid 108
- 4.11. Sulavkaitsmed 109
- 4.12. Trammi valgustus 111
- 4.13. Trammi küte 113
- 4.14. Muundur 114
- 4.15. Trammi elektrijuhtmestik 120

5. TRAMMI MADALPINGESEADMED

- 5.1. Üldandmed 121
- 5.2. Akupatarei 121
- 5.3. Generaator 124
- 5.4. Relee-pingeregulaator 126
- 5.5. Uste elektriajam 134
- 5.6. Aknapuhasti 140
- 5.7. Esilatern 141
- 5.8. Suunanäidik 142
- 5.9. Hoiatuskell 144
- 5.10. Signaalkellad 145
- 5.11. Valgustusseadmed 145
- 5.12. Mikrofonivõimendi 146
- 5.13. Armatuurilauad, jaotus- ja lülituskilbid 152

6. TRAMMIVAGUNITE REMONT

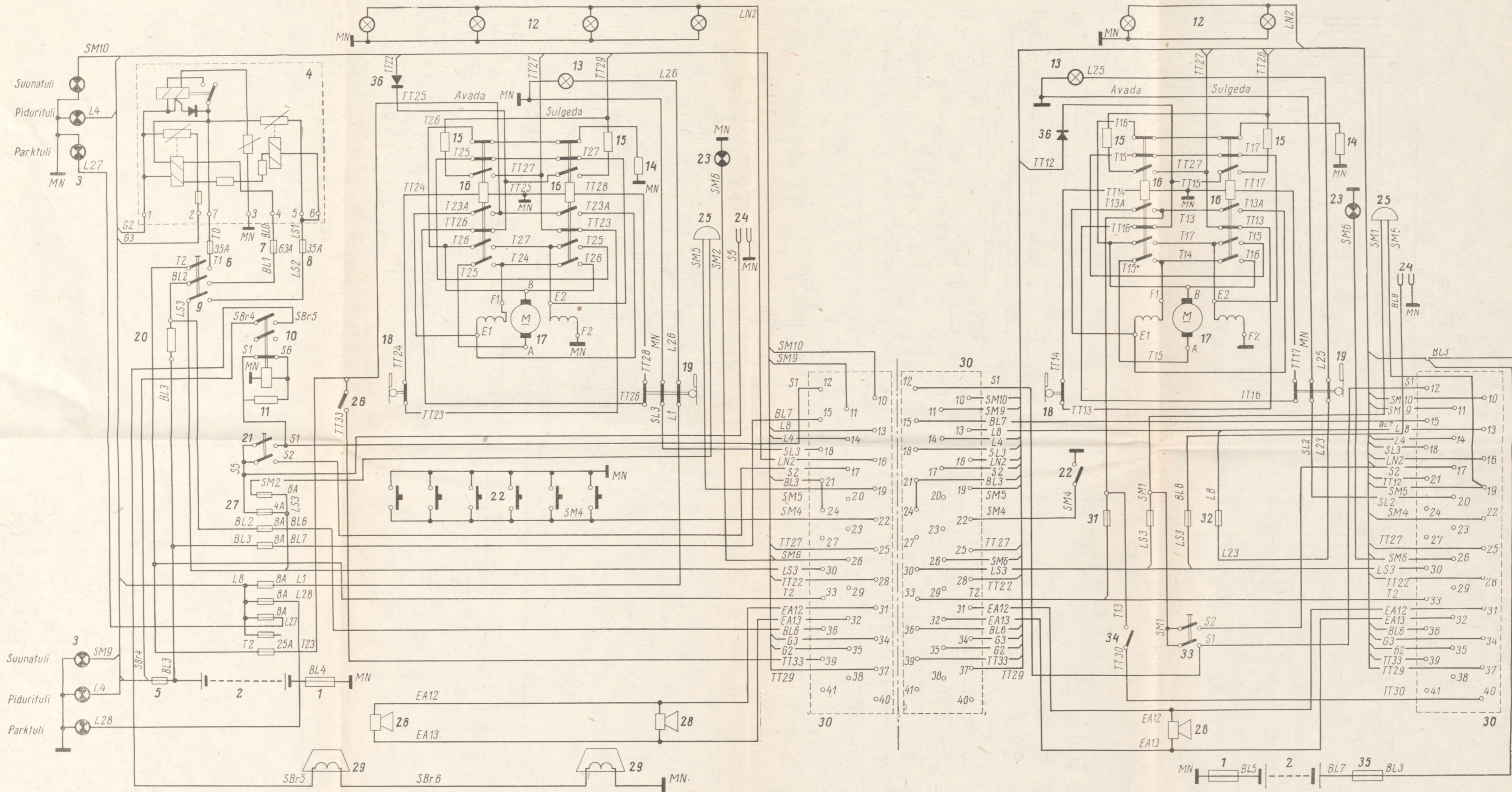
- 6.1. Trammide remondisüsteem 158
- 6.2. Trammi tehnilise seisundi tähtsus 159
- 6.3. Õine nõudremont 160
- 6.4. Rikete liinil kõrvaldamine 161

- 6.5. Ennetusremont 164
- 6.6. Vahe- ja avariiremont 165
- 6.7. Keskmise remont 166
- 6.8. Suurremont 167
- 6.9. Kapitaalremont 167
- 6.10. Trammi remondijärgne proovisõit ja tehniline kontroll 167
- 6.11. Trammi üleandmine 168
- 6.12. Elektriseadmete töökindlus ja proovimine 170

7. TRAMMI LIIKUMISE MEHAANIKA

- 7.1. Põhimõisteid 171
- 7.2. Liikumise eritakistus 173
- 7.3. Kiirus ja kiirendus 175
- 7.4. Trammi liikumisrežiimid 177
- 7.5. Töö- ja avariipidurdus 179
- 7.6. Pidurdustee 182
- 7.7. Ratsionaalse liikumisrežiimi valik 183

Уно Хейнвере, Отто Сяргав. УЧЕБНИК ВОДИТЕЛЯ ТРАМ-
ВАЯ I. На эстонском языке. Художественное оформление Т. Ару.
Издательство «Валгус», Таллин, Пярнуское шоссе, 10. Toimetajad
E. Jooser ja J. Ristoja. Kunstiline toimetaja M. Niin. Tehniline toime-
taja E. Akkermann. Korrektorid M. Sepp ja E. Kask. Laduda antud
31. VII 1972. Trükkida antud 2. II 1973. Kohila Paberivabriku trükipaber
nr. 2, 60×90/16. Trükipoognaid 11,75+0,86 (kleebised). Arvestuspoognaid
13,04. Trükiarv 1000. MB-02128. Tellimuse nr. 774. Trükikoda «Punane
Täht», Tallinn, Pikk t. 58.
HIND 59 kop.



Joon. 113. Trammi G4-61 kesk- ja järelesektsiooni madalpinge skeem
 1 — sulavkaitse akupatarei miinusjuhtmes; 2 — akupatarei (24 V, 70 Ah); 3 — tagatulede armatuurid; 4 — rele-pingeregulaator; 5 — rööapiduri sulavkaitse (80 A);
 A — peakaitse uksemootorite toiteahelas (35 A); 7 — peakaitse akupatareide laadimisahelas (63 A); 8 — peakaitse stabiliseeritud pingega vooluahelas (35 A); 9 — aku-
 patarei pealüliti; 10 — rööapiduri kontaktor; 11 — eeltakisti (10 Ω); 12 — avariivalgustuse lambid; 13 — treppivalgustid; 14 — uksemootori pidurdustakisti (1 Ω); 15 —
 uksemootori kontaktori mähise eeltakisti (30 Ω); 16 — uksemootorite kontaktorid; 17 — ukseajami mootorid L3A; 18 ja 19 — lõpplülitid; 20 — ampermeetri šunt; 21 —
 järelesektsiooni avariipiduri nupp; 22 — signaalkella nupud; 23 — ärasõidu signaallamp; 24 — pistikupesa (uksekoobas); 25 — signaalkell; 26 — nupp «Palun uks
 avada»; 27 — kaitsmepaneel; 28 — valjuhääldid; 29 — järelesektsiooni rööapiduri elektromagnetid; 30 — vahepuhvri kontaktpaneelid; 31 — sulavkaitse (25 A); 32 —
 sulavkaitse (8 A); 33 — kesksektsiooni avariipiduri nupp; 34 — nupp «Palun uks avada»; 35 — akupatarei peakaitse; 36 — pooljuhtventiil

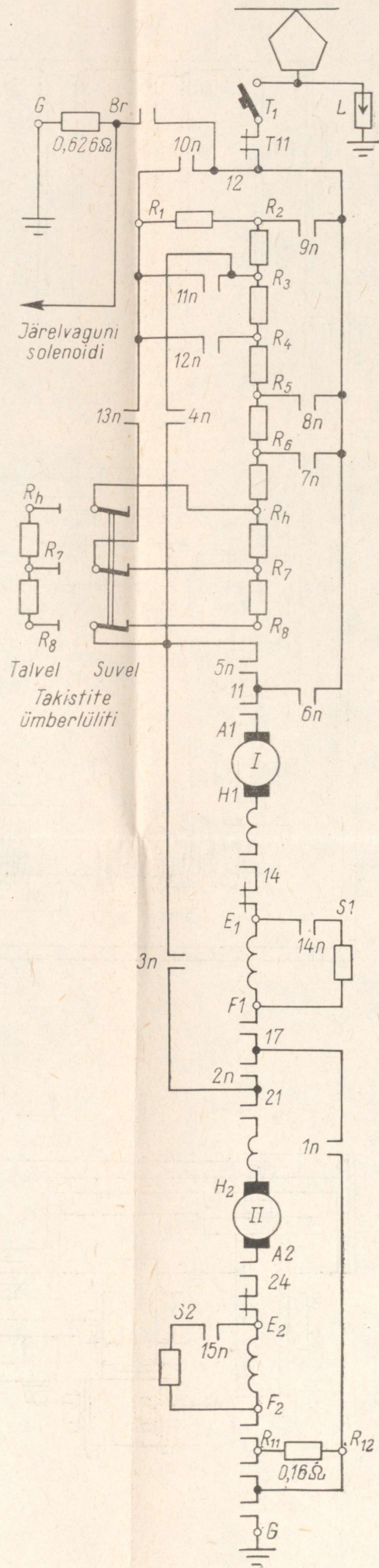
Kontrolleri lülitusastmed

Lülitusaste	SÕITMINE															Astmesse sisselülitatud takistused	Kogutakistus Ω
	Kontaktoriid																
	1n	2n	3n	4n	5n	6n	7n	8n	9n	10n	11n	12n	13n	14n	15n		
1	●				●					●						$r_1+r_2+r_3+r_4+r_5+r_6+r_7$	5,609
2	●	●			●					●	●					$r_3+r_4+r_5+r_6+r_7$	3,584
3	●		●		●					●	●	●				$r_4+r_5+r_6+r_7$	2,411
4	●	●			●			●		●	●	●				$r_5+r_6+r_7$	1,591
5	●		●		●		●	●		●						r_6+r_7	1,113
6	●				●		●	●		●				●		$[(r_3+r_4) \parallel r_6] + r_7$	0,803
7	●	●			●		●	●	●	●				●		$[r_1 \parallel r_2 \parallel (r_3+r_4) \parallel r_6] + r_7$	0,414
8	●		●		●		●	●	●	●				●		$r_1 \parallel r_2 \parallel (r_3+r_4) \parallel r_6$	0,257
9	●		●		●		●	●	●	●				●		-	0
10	●		●		●		●	●	●	●				●	●	-	0
Vahe	●	●			●		●	●	●	●						r_6+r_7	1,113
11	●		●		●		●	●						●		$[(r_1+r_2)+(r_3+r_4) \parallel r_6] + r_7$	0,929
12	●		●		●		●	●			●			●		$[(r_3+r_4) \parallel r_6] + r_7$	0,803
13	●		●		●		●	●			●	●		●		$(r_4 \parallel r_6) + r_7$	0,599
14	●	●			●		●	●			●			●		$[r_1 \parallel (r_2+r_3) \parallel r_4 \parallel r_6] + r_7$	0,437
15	●		●		●		●	●	●		●			●	●	$[(r_1 \parallel r_4 \parallel r_6) + (r_3 \parallel r_7)] \parallel r_2$	0,268
16	●		●		●		●	●	●		●			●	●	$r_2 \parallel r_3 \parallel r_7$	0,113
17	●		●		●		●	●	●		●			●	●	-	0
18	●		●		●		●	●	●		●			●	●	-	0

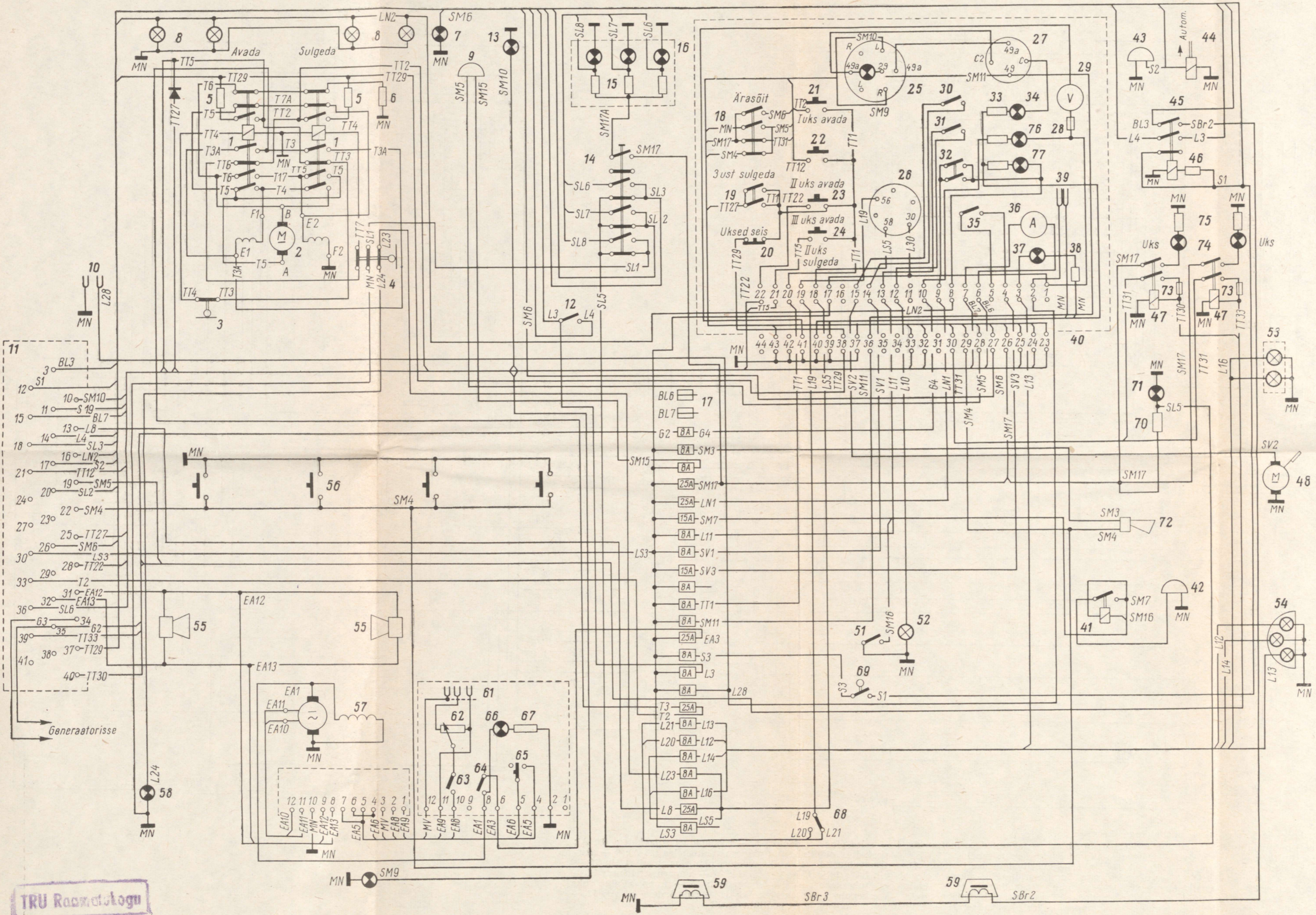
PIDURDAMINE																	
	1n	2n	3n	4n	5n	6n	7n	8n	9n	10n	11n	12n	13n	14n	15n		
1	●		●		●					●						$r_1+r_2+r_3+r_4+r_5+r_6+r_7$	5,609
2	●		●		●					●	●					$r_2+r_3+r_4+r_5+r_6+r_7$	4,119
3	●		●		●					●	●	●				$r_3+r_4+r_5+r_6+r_7$	3,584
4	●		●		●					●	●	●				$r_4+r_5+r_6+r_7$	2,411
5	●		●		●			●		●						$r_5+r_6+r_7$	1,591
6	●		●		●		●	●		●						r_6+r_7	1,113
7	●		●		●		●	●		●				●		$[(r_1+r_2+r_3+r_4) \parallel r_6] + r_7$	0,929
8	●		●		●		●	●		●				●		$[(r_3+r_4) \parallel r_6] + r_7$	0,803
9	●		●		●		●	●		●				●	●	$(r_4 \parallel r_6) + r_7$	0,599
10	●		●		●		●	●	●	●				●	●	$[(r_1 \parallel (r_2+r_3) \parallel r_4 \parallel r_6) + r_7]$	0,437
11	●		●		●		●	●	●	●				●	●	$[(r_1 \parallel r_4 \parallel r_6) + (r_3 \parallel r_7)] \parallel r_2$	0,268
12	●		●		●		●	●	●	●				●	●	$r_2 \parallel r_3 \parallel r_7$	0,113
13	●		●		●		●	●	●	●				●	●	-	0

SUUNAVÕLL	
Kontaktisõrmed kokku lülitatud	
Edasi I+II mootor	24-A ₂ 14-H ₁ 11-A ₁ 21-H ₂ F ₁ -17 R ₁₁ -F ₂
Edasi I mootor	11-A ₁ 14-H ₁ F ₁ -17-R ₁₁
Edasi II mootor	24-A ₂ H ₂ -11 17-R ₁₁ -F ₂
Tagasi I+II mootor	24-H ₂ A ₂ -21 11-H ₁ A ₁ -14 F ₁ -17 R ₁₁ -F ₂
PIDURIVÕLL	
Sõitmine	12-T ₁₁ 14-E ₁ E ₂ -24 R ₁₁ -G-R ₁₂
Pidurdamine	Br-12 R ₁₁ -14 24-R ₁₂ E ₁ -G-E ₂

Takistus-sektsioon	Suurus Ω
R ₁ -R ₂ r ₁	1,410
R ₂ -R ₃ r ₂	0,615
R ₃ -R ₄ r ₃	1,173
R ₄ -R ₅ r ₄	0,820
R ₅ -R ₆ r ₅	0,478
R ₆ -R ₇ r ₆	0,956
R _h -R ₇	0,478
R ₇ -R ₈ r ₇	0,157
F-S	0,259

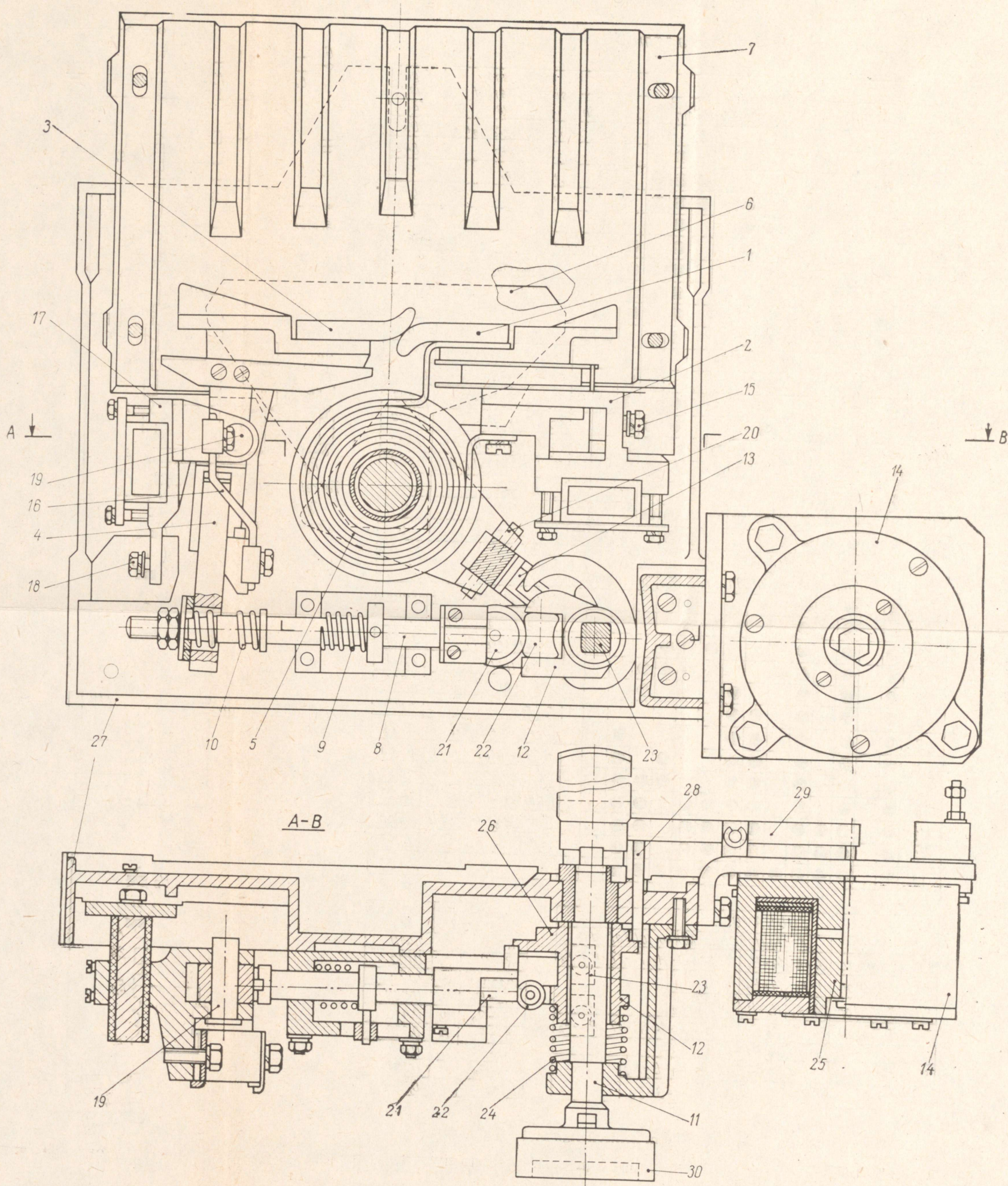


Joon. 67. Vaguni jõuskeem kontrolleriga St. NFB-1



Joon. 112. Trammi G4-61 mootorsektsiooni madalpingeskeem

1 - uksemootori kontaktor; 2 - uksemootor L3A; 3 ja 4 - lõpplülitid; 5 ja 6 - kontaktori mähise eeltakisti; 7 - ärasõidu-signaallamp; 8 - avariivalgustuse lambid; 9 - signaalkell; 10 - pistikupes; 11 - vahetuhvri kontaktpaneel; 12 - piduritulede lüliti (kontrolleris); 13 - suunatule armatuurid; 14 - nupp «Uste kontroll»; 15 - takistid (80 Ω); 16 - uste lahtiõleku kontroll-lambid (3 W); 17 - sulavkaitsmete paneel; 18 - nupp «Ärasõit»; 19, 21, 22, 23 ja 24 - uste juhtimisnupud; 20 - nupp «Uksed stopp»; 25 - suunatulede lüliti; 26 - armatuurlaua võtmelüliti; 27 - suunatulede vilguti; 28 - voltmeetri sulavkaitse (0,16 A); 29 - voltmeeter (0-40 V); 30 - aknapuhasti mootori lüliti; 31 - juhuruumi valgustuse lüliti; 32 - avariivalgustuse lüliti; 33 - kontroll-lampide eeltakistid (125 Ω); 34 - suunatulede kontroll-lamp; 35 - reserv-lüliti; 36 - ampermeeter (50-0-50 A); 37 - esilaterni kaugtule kontroll-lamp; 38 - eeltakisti (125 Ω); 39 - pistikupes; 40 - armatuurlaua klemmitahvel; 41 - hoiatuskella kontaktor; 42 - hoiatuskell; 43 - avariipidurduse signaalkell; 44 - automaatlüliti distantslülituse mähis; 45 - rööppiduri kontaktor; 46 - eeltakisti (10 Ω); 47 - uste nõudeavamise rele; 48 - aknapuhasti mootor; 51 - hoiatuskella lülitusrõnga kontakt; 52 - juhuruumi valgusti; 53 - marsruudi armatuuri valgustus; 54 - esilatern; 55 - valjuhääldid; 56 - signaalkella nupud; 57 - võimendi muundur; 58 - trepiastmete valgusti; 59 - rööppiduri elektromagnetid; 60 - mikrofonivõimendi V-110; 61 - mikrofoni pistiku pesa; 62 - helitugevuse regulaator; 63 - võimendi lüliti; 64 - võimendi muunduri lüliti; 65 - mikrofoni lüliti; 66 - muunduri kontroll-lamp; 67 - eeltakisti; 68 - esilaterni jalglüliti; 69 - rööppidurite pedaal-lüliti; 70 - eeltakisti (80 Ω); 71 - uste sulgemise kontroll-lamp; 72 - sireen; 73 - sulavkaitse; 74 - uste nõudeavamise kontroll-lamp; 75 - eeltakistid (70 Ω); 76 - akupatareide laadimise kontroll-lamp; 77 - avariivalgustuse kontroll-lamp



Joon. 59. Automaatlüliti USA-6 ehitus

59 kop.

A

33 050

81 526

TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 00454100 1