



BULLETIN
DES USINES ÉLECTRIQUES

GANZ

VILLAMOSSÁGI KÖZLEMÉNYEK

14. SZÁM



GANZ

VILLAMOSSÁGI
KÖZLEMÉNYEK

14. SZÁM

BUDAPEST, 1975

GANZ VILLAMOSSÁGI KÖZLEMÉNYEK

14. szám, 1975

TARTALOM

JÁSZAI István - KOROKNAI László: Korszerúsítések a MÁV 3000 LE-s szilícium egyenirányítós mozdonyain.....4

JÁSZAI István - KOROKNAI László: A vezérlőkocsis üzem 3000 LE-s szilícium egyenirányítós mozdonyokkal..... 11

PANDULA József - RÁCZ Mátyás: A GANZ Villamossági Művek új 5000 LE-s tirisztoros villamosmozdonyai.....20

FODOR Ferenc: A 2700 LE-s diesel-villamosmozdonv villamos berendezése és kísérleti eredményei.....33

MERGL István - FEKETE Ernő: Nagyteljesítményű fékellenállás a 2100 LE-s diesel-villamosmozdonyhoz 53

PÁSZTORY István - MIKLÓS József - Dr. KÖVESSI Ferenc: Villamos segédüzemi és fűtőberendezés 1800 LE-s diesel-hidraulikus mozdonyhoz 59

GÁBOR Péter: A budapesti Millenniumi Földalatti Vasút háromrészes új motorkocsijai..... 72

BORBÁNDY László - HALMAI Géza: Félautomatikus vezérkontroller közúti villamoskocsikhoz 93

Dr. MOLNÁR István: Munkavezetékéről táplált közúti és nagyvasúti vontatójárművek áramszedő csúszóanyagának megválasztása 100

KECSKÉS Gábor: Árammegszakítási kísérletek 120

RÖVID KÖZLEMÉNYEK

Vontatómotorok a calcuttai városi villamosvasút részére (KINCSESY Tibor) 127

Gázturbinás erőművek Törökország részére (MÁRTON Lóránd)..... 127

150 MW-s turbógenerátor Lahti részére (Dr. ASZTALOS Péter) 130

H Í R E K..... 132

Címlapképünkön:

5000 LE-s villamosmozdony

Utánnymás és a képanyag felhasználása a szerkesztőbizottságtól nyert engedély alapján, a forrás megadásával lehetséges.

JÁSZAI ISTVÁN - KOROKNAI LÁSZLÓ

Korszerűsítések a MAV 3000 LE-s szilícium egyenirányítós mozdonyain

A 3000 LE-s szilícium egyenirányítós mozdonyokat 1964 óta gyártjuk és szállítjuk a MÁV-nak. 1974. év végéig 224 mozdonyt szállítottunk, 1975. és 1976. években pedig még további 42 mozdonyt adunk át.

Gyárunk több mint 90 esztendő történetében is egyedülállóan mondható ennek a mozdonytípusnak a gyártása. Ilyen nagy objektumnak ilyen nagy sorozatban és ilyen hosszú ideig történő szállítása még alig fordult elő gyárunkban.

A GANZ Villamossági Közlemények 2. számában a „Szilícium egyenirányítós villamosmozdony a MÁV részére” címen rövidebben, majd a 4. számában „A MÁV 3000 LE-s szilícium egyenirányítós villamosmozdonya” címen megjelent cikkekből részletesebben ismerhettük meg ezt a mozdonyt. Az utóbbi cikkben főleg a mozdony villamos berendezéséről kaptunk részletes tájékoztatást.

Ismeretes, hogy ezt a mozdonytípust a Siemens AG irányításával létrejött „Arbeitsgemeinschaft für

Planung und Durchführung von 50 Hz - Bahnelektrifizierungen” nyugat-európai munkaközöségtől vásárolt licencia alapján gyártjuk. Ismeretes az is, hogy ezzel a licencia vásárlással kívánta államunk - és természetesen gyárunk is - behozni azt a lemaradást, amelyet a II. világháború, majd az azt követő évek szűkre szabott anyagi lehetőségei okoztak a Kandó Kálmán által megalapozott villamosmozdony gyártásban.

Az említett cikkekből a licencia alapján készült első mozdonyokat ismerhettük meg. A gyártás 10 éve alatt azonban több változtatást, módosítást, vagy talán helyesebben kiegészítést hajtottunk végre a mozdonyokon. Mindezeket részben az egyre gyorsuló technikai fejlődés, részben a vasúti üzemmél szemben is egyre növekvő követelmények kielégítésére, rendelők kívánságára vezettük be.

A következőkben - minden részletre való kitérés nélkül - a lényegesebbekről kívánunk tájékoztatást adni az említett cikkekben tárgyalt sorrendben.

1. Járműszerkezet

A mozdony járműszerkezeti részén az alábbi lényegesebb módosítások történtek

1.1. Központi vonó- és ütköző készülékek későbbi beépítéséhez a feltételek biztosítása

Mind a mozdonyoknál, mind a kocsiknál a jelenleg alkalmazott vonó- és ütköző készülékek már korszerűtlenné váltak. Ennek oka a kapcsolásoknál a rendkívül nagy balesetveszély, továbbá a nagy munkaigényesség és nem utolsósorban az egyre növekvő vonatsúlyokból eredő fokozódó vonókészülék igénybevétel.

Ezek miatt már régóta folyik az európai vasúttársaságoknál a megoldásra az útkeresés. Célszerűnek

látszik Európában és így hazánkban is mielőbb áttérni a tengerentúli országokban és a szovjet vasutaknál is már régebbi idő óta alkalmazott és jól bevált központi vonó- és ütközőkészülékek használatára, amelyekkel az említett hátrányok mind kiküszöbölhetők.

Az útkeresés során több megoldás adódott. Van ugyanis az eddig alkalmazott és ismert központi vonó- és ütközőkészülékek között a kézi működtetésűtől a teljesen automatizáltig több megoldás.

A kiválasztásnál több szempontot kellett figyelembe venni. Többek között azt is, hogy az átmeneti időben olyan megoldást kell alkalmazni, amellyel egyrészt legegyszerűbb módon biztosítható már előre a gyors áttérés a végleges megoldásra, más-

részt amellet addig is használni kell a hagyományos vonó- és ütközőkészülékeket.

A mozdonyainkhoz választott megoldásnál ezek voltak a fő szempontok. A központi vonó- és ütközőkészülékek későbbi beépítésének lehetőségét a licenc adó Krupp cég tervei alapján biztosítottuk. A főkeretben a később alkalmazandó készülékek elhelyezésére 350*290*825mm méretű szekrényrészt alakított ki a Ganz-MÁVAG. Jelenleg ebbe a szekrényrészbe épül be az a munkaemésztés rugós szerkezet, amely magában foglalja a jelenlegi vonószerkezetet is. Természetesen az áttérésig megmaradnak az ütközők is. Az áttéréskor a jelenlegi vonószerkezetet kell kicserélni a végleges központi vonó- és ütköző készülékekre, és le kell szerelni az ütközőket.

Röviden szólnunk kell még az áttérésről. Az áttérést igen sok munkának és igen gondos előkészítésnek kell megelőznie. Az áttérést csak az érdekelt; szomszédos országok vasúttársaságaival egyidőben és mondhatni egyik napról a másikra kell végrehajtani a teljes járműpark (vonó- és vontatott járműveknél egyaránt) nagy részénél, hogy az áttérés ne okozzon zavart a közlekedésben. Mozdonyaink már így készülnek a V43-1146 psz. mozdonytól kezdve.

1.2. Korszerűsített fékberendezés alkalmazása

Mozdonyaink egészen a V43-1145 psz. mozdonyig egyszerű működésű, kormány szeleppel vezérelt, 3 állású vonatnem állító szerkezettel felszerelt fékberendezéssel készültek. Ez a fékberendezés a vonatnem állító szerkezet állásának (G tehervonati, P személyvonati és R gyorsvonati állások) megfelelő fékhengernyomással fékezte a mozdonyt.

A vontatással szemben támasztott követelmények növekedése, és a biztonság fokozása az említettnél biztonságosabb, korszerűbb fék alkalmazását tette szükségessé.

A korszerűsített fékberendezés csökkentett féktuskóerő kifejtésére is képes gyorsvasúti fékberendezés, amely az előzőtől eltérő, módosított kormány szeleppel és 4 állású vonatnem állító szerkezettel ellátott fékberendezés. A korszerűsített fékberendezésnek az eddigi egy tehervonati G állása mellett még egy tehervonati GG állása is van, amely azonos fékhengertöltési idő mellett a szerelvény teljes befékezésekor a mozdonyon a vonatnem állító GG állásában egyharmaddal kisebb - 3,8 kp/cm² nyomás helyett 2,5 kp/cm² - fékhengernyomást biztosít. Erre a hosszú, nagysúlyú tehervonatok vontatásánál van szükség. A vonatnem állító G és P állásaiban az elérhető fékhengernyomás változatlanul 3,8 kp/cm², az R állásban, nagy sebességnél pedig 8 kp/cm².

Ezen felül a korszerűsített fékberendezésnél nyomástartó kiegészítő fékező szelep is föl van szerelve, amely a nyomásmódosítót vezérelve fejt ki - szükség esetén - a kívánt fékező erőt.

A korszerűsített fékberendezésre természetesen új fékutakat kellett megállapítani.

Mozdonyainkat az 1971. évben szállított 4. vagyis a V43-1146 psz. mozdonytól kezdve látja el ezzel a korszerűsített fékberendezéssel a Ganz-MÁVAG.

1.3. STA jelű áramlásjelző (szignalizátor) beépítése a fékrendszerbe

Az áramlásjelző az átmenő fékvezetékben a sűrített levegő áramlásának megnövekedését jelzi, amely esetleges tömlőkapcsolat szakadásakor, vagy a fékvezeték nagyobb mérvű tömítetlenségénél, illetve üzemszerűen a töltés-oldás folyamata során következik be.

Az áramlásjelző működésekor a vezetőállásban piros jelzőlámpa gyullad ki és a berendezés hangjelzést is ad, amely figyelmezteti a mozdonyvezetőt az esetleges rendellenességre. A mozdonyok fékberendezését a V43-1118 psz. mozdonytól kezdve egészíti ki áramlásjelzővel a Ganz-MÁVAG.

2. Villamos rész

A mozdony villamos részén végrehajtott módosítások közül a lényegesebbek a következők

2.1. Áttérés egy feszültségről (25 kV-ról) való üzemeltetésre

A mozdonyok kezdetben két feszültségről, 16 és 25 kV-os felsővezeték feszültségről való üzemeltetésre alkalmas kivitelben készültek.

A feszültség kiválasztás a mozdonyon a főtranszformátorra szerelt feszültségátkapcsolóval történt. A mozdony vezetőasztalán külön-külön jelzőlámpa jelezte, hogy a mozdony 16, vagy 25 kV feszültséggel üzemel-e. A két feszültségről való üzemeltetésnek megfelelően volt felépítve a főtranszformátor tekercselése is.

Időközben a MÁV részben gazdaságosabb energiaszállítás, részben a Csehszlovákiával megvalósítandó közvetlen villamos vasúti közlekedés megteremtése céljából a Budapest-Hegyeshalom közötti vonalon is áttért a 25 kV-os felsővezeték feszültségre. (A Budapest-Miskolc közötti vonal kezdetől fogva 25 kV-os felsővezeték feszültségű volt és természetesen ilyenek a később villamosított vonalak is.)

E ténynek természetes következménye volt, hogy a MÁV a mozdonyokat is csak 25 kV-os felsővezeték feszültségről való üzemeltetésre alkalmas kivitelben kérte szállítani.

Mozdonyainkat tehát a V43-1114 psz.-től kezdve csak 25 kV-os felsővezeték feszültségről való üzemeltetésre alkalmas kivitelben szállítjuk. Ennek megfelelően megváltozott a főtranszformátor tekercselése, elmaradt a feszültségátkapcsoló és a téves feszültségválasztás elleni védelem.

2.2. A főtranszformátor védelmének kiegészítése Buchholz relés védelemmel

A főtranszformátor védelmét a V43-1114 psz. mozdonytól kezdve kiegészítettük Buchholz relés védelemmel.

A Buchholz relét a főtranszformátor olajterét a konzervátorral összekötő csővezetékbe építettük be.

A Buchholz relé kétúszós szerkezetű. A felső úszó olajvesztés, vagy az olajtérben keletkező és fel-

szálló gáz hatására megbillenve zárja egy jelzőlámpa áramkörét, amely kigyulladva jelzi a mozdonyvezetőnek a rendellenességet.

Nagymértékű olajvesztés esetén az alsó úszó is megbillen és egy relé áramkörét zárja. A relé a főmegszakítót kikapcsolja, és ezzel elejét lehet venni a főtranszformátor súlyosabb meghibásodásának.

2.3. Indító vonóerő növelése kiegyenlítő transzformátorral

Különösen nehéz tehervonatok indításához nagy indító vonóerőre van szükség. Az indító vonóerő nagyságának sok tényező mellett határt szab az is, hogy indításkor a mozdony hátsó forgóvázának tengelyei jobban leterhelődnek, mint az elsőé, tengelynyomásuk nagyobb lesz.

Ennek következtében, ha nincs tengelynyomás kiegyenlítés, az első forgóváz kerekei hamarabb felpörögnek, ami károsan befolyásolja az indítást.

Az indító vonóerő növelését célzó hosszadalmas kísérletek során több megoldást próbáltunk ki. Ezek közül az úgynevezett kiegyenlítő transzformátoros megoldást ítéltük a legmegfelelőbbnek és ezt valósítottuk meg a V43-1114 psz. mozdonytól kezdve. A kiegyenlítő transzformátor három tekercses transzformátor, egy gerjesztő (primer) és két szekunder tekercsel.

A gerjesztő tekercset a főtranszformátor 250 V-os segédüzemi tekercséről tápláljuk úgy, hogy a menetiránynak megfelelő polaritású feszültség keletkezzék a szekunder tekercsekben. A szekunder tekercsek közül az egyik az egyik, a másik a másik vontatómotor áramkörének váltakozóáramú részébe van kapcsolva és így a menetirány szerinti első forgóváz motoráramát csökkenti, a hátsóét pedig növeli. Lényegében tehát a kiegyenlítő transzformátorral villamos tengelynyomás kiegyenlítést valósítottunk meg.

A mérések és az üzemi tapasztalatok szerint így mintegy 5%-os indító vonóerő növelést értünk el.

2.4. A villamos rész kiegészítése toltvonati üzem megvalósítására alkalmas berendezéssel

Részben a toltvonati üzemben közlekedő szerelvények számának növekedése, részben pedig ezen szerelvények hosszának és menetsebességének növelése kívánta meg azt, hogy a mozdony ennek az újabb követelménynek is megfeleljen. A mozdony eddigi vezérlésével csak két mozdony szinkron üzemeltetésére volt alkalmas. Az alábbi átalakításokkal a mozdony a szerelvény elején levő vezérlőkocsiból is teljes biztonsággal irányítható. A mozdonyok a V43-1156 psz.-től kezdve alkalmasak toltvonati üzemre is.

2.4.1. Önműködő tolóerőkorlátozás

Beépítése a mozdony előtti kocsi nyomkarimáján ébredő terelőerő behatárolása miatt szükséges. A berendezés a tolóerőt a vontatómotorok áramának korlátozásával tartja a megengedhető értéken. Az önműködő tolóerőkorlátozó áramváltói a vontatómotorok áramkörében levő áramváltók szekunder oldalára kapcsolódnak.

Az áramváltók körében változtatható ellenállások vannak. Az ellenállásokon fellépő feszültségeket diódás „vagy” kapcsolás hasonlítja össze. A feszültségek közül a nagyobbik két sorbakötött Zener diódán keresztül működteti a tolóerőkorlátozó relét. Ez a relé a fokozatkapcsoló segédérintkezője és egy segédrelé révén minden egyes fokozatváltás után ellenőrzi a motoráram nagyságát és újabb fokozatváltást csak a motoráram meghatározott érték alá csökkenése esetén tesz lehetővé. A tolóerő nagysága a berendezés áramváltóira kapcsolt változtatható ellenállások segítségével állítható be.

A berendezést a toltvonati átkapcsoló „normál üzem” állásban kiiktatja.

2.4.2. Önműködő köszörülésátlás

A MÁV által eddig használt tolómozdonyokon toltvonati üzemben is kellett személyzetnek tartózkodnia. Ennél a mozdohnál az az igény merült fel, hogy toltvonati üzemben a mozdonyon senki se tartózkodjék. Emiatt vált szükségessé a kerekek köszörülésének önműködő megakadályozása.

A berendezés a vontatómotorok áramkülönbségét érzékeli. Az áramkülönbség meghatározott érték fölé emelkedése esetén a fokozatkapcsoló működését leállítja és egyben működteti csökkentett nyomással a mozdony fékberendezését. Ennek a két beavatkozásnak az eredményeképpen a köszörülés 0,5-1 másodperc alatt megszűnik.

A berendezés a toltvonati átkapcsolóval normál üzemben kiiktatható, és ezzel egyben a kiegyenlítő transzformátor működése visszaállítható. Utóbbinak kiiktatása ugyanis toltvonati üzemben - a vontatómotorok áramának különbségét előidéző hatása miatt - feltétlenül szükséges.

Arra az esetre, ha minden kerék, vagyis mindkét vontatómotor közel azonos fordulatszámmal pörögne fel, másik védelem szolgál. Ez a kapcsolás a tolóerőkorlátozó berendezésből a „vagy” kapcsolás utáni összehasonlított feszültséget a vezérlőkocsira vezet át. Az ott elhelyezett műszer mindkét motor együttes köszörülése esetén jelzi a mozdonyvezetőnek a fennálló tény.

2.4.3. Önműködő motorselejtezés

A mozdonyon nem tartózkodik senki, ezért ha valamelyik vontatómotor túláramreléje kikapcsolja a főmegszakítót, a mozdonyvezetőnek hátra kellene mennie a mozdonyra visszaállítani a túláramrelét. A berendezés - a vontatómotor testzárlat esetét kivéve - ezt kiküszöböli azáltal, hogy a vontatómotor túláramrelé által kikapcsolt főmegszakító mellett selejtezőrelét is működtet, mely elvégzi a hibás vontatómotor leselejtezését. A főmegszakító újbóli bekapcsolása után a vontatás egy vontatómotorral folytatható.

2.4.4. Vonali feszültség kimaradás jelzése

A mozdonyvezető a vezérlőkocsin - vonali feszültség mérőműszer nem lévén - a vonali feszültség kimaradását csak a főkapcsoló kikapcsolódásából észleli. Ez viszont mástól is bekövetkezhet. Ezt a bizonytalanságot küszöböli ki a mozdonyon levő nullfeszültségérzékelő relé kikapcsolt helyzetében a vezérlőkocsin kigyulladó lámpa.

2.4.5. A vontatómotorra kapcsolt feszültség mérése a vezérlőkocsin

A vezérlőkocsi vezetőasztalán nincs fokozatkapcsoló állásmutató műszer. E helyett a vontatómotor kapocsfeszültségével arányos mutató műszer van a vezetőasztalon.

A toltvonati átkapcsoló „normál üzem” állásában a távvezérlő szál feszültségmentes.

2.4.6. Fűtési kontaktor távműködtetése

A mozdonyon levő fűtési kapcsolókkal párhuzamosan van kapcsolva a vezérlőkocsi fűtési kapcsolója is és ezzel a mozdony fűtési kontaktora bekapcsolható. Kikapcsolni csak a főkapcsoló kikapcsolásával lehet.

2.4.7. Akkumulátor pozitív átvezetése

A mozdonyakkumulátor pozitív kapcsának átvezetésére a vezérlőkocsi akkumulátorának üzemképtelensége esetén van szükség. A vezérlőkocsin elhelyezett kapcsoló átkapcsolásával lehet átállni a mozdonyakkumulátorról való áramellátásra.

2.5. A segédüzemben végrehajtott módosítások

A több éves üzemi tapasztalat a segédüzemben is szükségessé tett bizonyos változásokat.

Ilyen változás volt az, hogy a MÁV kérésére a simítófojtó-tekercs szellőzőjének egyenáramú hajtómotorát váltakozóáramú motorral cseréltük fel a V43-1070 psz. mozdonytól kezdve.

A V43-1094 psz. mozdonytól kezdve pedig az egyenáramú segédüzemi gépek (vontatómotor szellőzők, transzformátor olajhűtő szellőző és kompresszor hajtómotorok) áramkörébe egy központi fojtótekercset építünk be a kommutáció további javítása céljából.

Ugyancsak a kommutáció javítása volt a célja azoknak a módosításoknak is, amelyeket közös elhatározással az EVIG hajtott végre a vontatómotor szellőző hajtómotorán.

A vontatómotor szellőző RASR 40+EMH 56 L4P tip. és a főtranszformátor olajhűtő szellőző Tusbon 64 M2 É4+ORH 53 V2 tip. gépcsoportjainál már évek óta gyárunkban történik mind a ventillá-

torok járókerekeinek, mind a hajtómotoroknak az egyedi finom kiegyensúlyozása, majd az összeépített gépcsoportoknak a kiegyensúlyozása is.

Míndezek eredményeképpen ma már gyakorlatilag hibamentesnek mondható a segédüzemi gépek üzeme.

2.6. A fűtési áramkör módosítása

A mozdonyok kezdetben úgy készültek, hogy a vonatfűtés történhetett 1000V vagy 1500V feszültségről is aszerint, hogy a szerelvények milyen feszültségű fűtőtestekkel voltak ellátva. A MÁV évekkel ezelőtt áttért a vonatok fűtésénél a nemzetközi gyakorlatnak megfelelően az 1500V-os vonatfűtésre. Ennek következtében a fűtés átkapcsolhatósága feleslegessé vált, ezért a V43-1146 psz.-tól kezdve a mozdonyokat már csak 1500V-os fűtésre alkalmas kivitelben szállítjuk.

2.7. Egyesített vonatbefolyásoló és éberségi berendezés alkalmazása

A mozdonyokat eredeti kialakításban Oerlikon rendszerű berendezéssel szereltük fel. A MÁV és a Telefongyár együttműködése alapján hazai gyártásban olyan berendezés készül és van a V43-1102 psz.-tól kezdve a mozdonyokban, mely az eddigi éberségi funkción kívül az arra kiépített pályán vonatbefolyásolásra is alkalmas.

A berendezés a pályakotrón elhelyezett vevőtekercekből, a vezetőállásokban levő fényjelzőkből, és a géptérben elhelyezett táp-, szűrő-, kiértékelő és éberségi egységből áll.

A berendezés működése a kétféle feladat szerint különválasztva a következő:

Éberségi berendezés

A berendezéssel útarányos éberségellenőrzés történik. A bekapcsolt berendezés a sebességmérő órától kapott parancs alapján 15km/ó-nál nagyobb sebesség esetén lép működésbe. Ezután a mozdonyvezetőnek az éberségi pedált, vagy nyomógombot állandóan lenyomott helyzetben kell tartania és 1600 m-nél kisebb távolságonként rövid időre felengednie. Ha ezt elmulasztja, akkor kb. 1600 m út megtétele után kürt szólal meg, és további kb. 125 m út után a berendezés a főmegsza-

kítót kikapcsolja és a vészféket működteti. Ha a kürt megszólalása után a mozdonyvezető felengedi és újra lenyomja az éberségi pedált vagy nyomógombot, akkor a vészleállítás nem következik be, hanem a berendezés újból kezdi mérni az 1600 m-t. Felengedett pedál vagy nyomógomb esetén a fentiek már 50 m út megtétele után megkezdődnek.

Vonatbefolyásoló berendezés

A berendezésnek ez a része csak azokon a pályarészekon működik, melyeken a megfelelő kapcsolódó berendezéseket kiépítették. Ilyen pályán a vezetőállásban levő fényjelzőn mindig olyan jelzési kép jelenik meg, mely arra utal, hogy a mozdony a következő jelzőt milyen sebességgel haladhatja meg.

A berendezés működése nem szorítkozik csak az egyszerű jelzésre, hanem összehasonlítja a fényjelző által megengedett sebességet és a mozdony tényleges sebességét és abban az esetben, ha a mozdony sebessége meghaladja a fényjelző által mutatott sebességet, akkor kb. 50 m út megtétele után megszólal a kürt, amelyet a pedál vagy nyomógomb felengedésével és újbóli lenyomásával kell nyugtázni. Ez a kürtjelzés 175 méterenként megismétlődik mindaddig, míg a sebesség az előírt alá nem csökkent. A nyugtázás elmulasztásával bekövetkezik a vészleállítás.

Amennyiben a mozdony „Megállj” állású jelzőt 15km/ó-nál nagyobb sebességgel haladja meg, akkor a vészleállítás azonnal bekövetkezik.

A jelzési kép által előírt sebességnél kisebb sebességgel való közlekedés esetén - a berendezés útarányos éberségi berendezésként működik és - a mozdonyvezetőnek eszerint kell feladatát ellátnia.

Ha a mozdony vonatbefolyásolásra ki nem épített pályarészre ér, a berendezésnek csak az éberségi része marad működésben.

2.8. Rádió adó-vevő berendezés beépítése

A jobb, biztonságosabb közlekedést segíti a mozdony rádió adó-vevő berendezése, melyet a V43-1118 psz. mozdonytól kezdve építünk be.

A rádió adó-vevő berendezés Storno gyártmányú 8 csatornás készülék (később 12 csatornás lesz), amely a mozdony 1. vezetőfülkéjének hátfalán levő szekrényrészben van elhelyezve. A berendezés részei: adó-vevő készülék, kézibeszélő, hangszóró,

stabilizátor, irányváltó kapcsoló, kezelő egység, csatlakozó doboz és URH antenna. A berendezés 24V-os tápfeszültségét a stabilizátoron keresztül az akkumulátorról kapja. A stabilizátor a felsővezeték feszültséggel arányosan változó 72V névleges akkumulátor feszültséget alakítja át stabilizált 24V-ra. Mozdonyonként 1 adó-vevő berendezés van, melyet mindkét vezetőfülkében levő kezelőegységgel lehet működtetni. A 2. vezetőfülkéből való rádiózás megkezdése előtt az 1. vezetőfülkében levő irányváltó kapcsoló dobozon keresztül üzembe kell helyezni a 2. vezetőfülke kezelő egységét. Az URH antenna az 1. vezetőfülke felett a mozdonytetőn van. Rádiókapcsolatot a különböző menetirányítókkal a kezelőegységen beállított megfelelő csatorna beállítása után lehet létesíteni. A megfelelő csatorna száma a kezelőegység beállító gombja felett látható. A hívás a kézibeszélő beszédváltójának lenyomásával és a közleménynek a kézibeszélő mikrofonjába való bemondásával történik.

Adás alatt a kezelő egység vörös jelzőlámpája világít. A rádió adó-vevő a kézibeszélő beszédváltójának felengedésével vételre kész.

2.9. Meleg levegőt fúvó ablakpárátlanító berendezés beépítése

Mozdonyainkon kezdettől fogva volt ablakpáramentesítő berendezés. Ez a berendezés azonban hideg levegőt fúj az ablakokra. A levegő mennyisége szabályozható.

Az üzemi tapasztalatok alapján a MÁV azonban télen nem tartotta kielégítőnek a berendezés működését és azzal az igénnyel lépett fel, hogy a mozdonyokat olyan berendezéssel lássuk el, amely téli időben is biztosítja a mozdony személyzetnek a homlokablakokon való jó kilátást.

A szakirodalom tanulmányozása során azonban nem találtunk olyan berendezést, amely a feladatot teljes egészében megoldaná. Így gyárunk fejlesztette ki a jelenleg is alkalmazott berendezést. A berendezés lényege az, hogy egy hármass csőrendszerbe beépített villamos csőfűtőtesttel történik a levegő felmelegítése. Az így felmelegített levegőt fújja a berendezés a homlokablakokra. Az ablakokra fűjt levegő mennyisége a korábbi hideg levegőt fúvó berendezéshez hasonlóan itt is szabályozható. A levegőszükséglet minimális.

A több hónapig tartó téli kísérletek kedvező eredményei alapján a V43-1137 psz. mozdonytól kezd-

ve 1970 őszétől minden mozdonyra ezt az ablakpáramentesítő berendezést szereljük fel, és folyamatban van a hideg levegőt fűvó ablakpáramentesítők kicserélése is erre a meleg levegőt fűvó páramentesítőre valamennyi korábban szállított mozdonynál.

2.10. Egyéb kisebb módosítások

Az előzőkben részletesebben ismertetett főbb változtatásokon, illetve módosításokon túlmenően még több kevésbé jelentős, de a mozdonyvezetés könnyítését szolgáló módosítást is végeztünk.

Ezek közül a részletekre való kitérés nélkül megemlítjük a műszerek (villamos műszerek, feszítőmérők, sebességmérők) világításának jobb összehan-

golását, új menetrendtartó alkalmazását és elhelyezésének módosítását. Megemlítjük még, hogy a biztonság fokozása céljából a vezetőfülke baloldalon is alkalmazunk jelzőkürt kapcsolót.

Ki kell térnünk még arra is, hogy közös kísérleteket folytattunk a MÁV-val az általa kifejlesztett hűtőszekrényel. Sorozatban való alkalmazására a kísérletek elhúzóda miatt még nem került sor.

*

Az előzőkben felsorolt változtatásokkal mozdonyaink jobbak, korszerűbbek lettek és így most már mondhatni maradéktalanul kielégítik rendelőknek, a MÁV-nak az igényeit.

JÁSZAI ISTVÁN - KOROKNAI LÁSZLÓ

Vezérlőkocsis üzem 3000 LE-s szilícium egyenirányítós mozdonyokkal

Bevezetés

A nagyvárosokban kialakult ipari gócpontok munkaerő szükségletének kielégítése egyre nehezebb lesz és túlnő a városok adta lehetőségeken. A munkaerő szükséglet kielégítése csak a környező kisebb városok és falvak lakóinak bevonásával lehetséges. Ez viszont együtt jár a munkásoknak a munkahelyre, illetve hazaszállításával. Ilyen sok embernek rövid idő alatt történő szállítása közúton szinte lehetetlen. Ehhez gyorsan fordulni tudó vonatok bevezetése vált szükségessé, különösen ott, ahol az egyik végállomás ún. fejpályaudvar, mint Budapesten is.

Ennek megvalósítására több mód kínálkozik. Fejlett ipari országok ipari gócpontjainak környékén ezt a forgalmat villamos motorvonatokkal bonyolítják le. Elsősorban a motorvonatok rendelkeznek olyan előnyökkel, amelyek alkalmassá teszik azokat a feladatok megoldására. Ilyen előny pl. hogy a vonatok nagysága, vagyis utasbefogadó képessége az igényeknek megfelelően gazdaságosan változtatható, továbbá, hogy a villamos motorkocsi tengelynyomása kisebb a mozdonyénál, tehát üzemeltetése a pálya szempontjából kedvezőbb. A villamos motorvonatok közlekedtetését ezekben az országokban már több évtizede bevezették.

Hazánkban korábban a kísérletnél nem jutott tovább a villamos motorvonatok közlekedtetésének bevezetése. Újabban megint folynak vizsgálatok nálunk is a villamos motorvonatok üzemeltetési feltételeinek tisztázására.

A vezérlőkocsis ún. toltvonati szerelvények közlekedtetésének bevezetése a másik megoldás. A toltvonatok olyan szerelvények, amelyeknél a mozdony egyik irányban a szerelvény mögött marad és ilyen módon a szerelvényt maga előtt tolja. A mozdonyt a szerelvény elején levő vezérlőkocsiból távvezérléssel irányítja a mozdonyvezető. A másik irányban a mozdony húzza a vonatot. Ilyen szerelvények közlekedtetésének az az igen nagy előnye - éppúgy, mint a motorvonatoknál - a csak húzott szerelvényekkel szemben, hogy a célállomásokon a mozdonyoknak nem kell átállnia a szerelvény másik végére.

A két megoldás közül a már villamos vontatással rendelkező vasúttársaságoknál az egyszerűbb és a kevesebb költséggel járó megoldás a toltvonatok közlekedtetésének bevezetése. Ehhez egyrészt a mozdonyt kell alkalmassá tenni toltvonati üzemre (ez az egyébként már távvezérlésre alkalmas mozdonyoknál egyszerű módon megoldható), másrészt a szerelvény utolsó kocsijának hátsó végét kell vezetőállássá kialakítani, továbbá vezérlési csatlást kell beépíteni a szerelvény kocsijaiba.

A MÁV a toltvonati szerelvények közlekedtetését határozta el és vezette be 1963. évtől kezdve. A MÁV a toltvonati üzemet először a 424 sorozatú gőzmozdonyokkal kezdte meg, majd toltvonati szolgálatba állította a Ward-Leonard rendszerű villamos és később az M40 sorozatú diesel-villamosmozdonyokat is.

Új igények a vezérlőkocsis üzemben

A villamosított vonalak száma évről-évre nő. Ezenkívül előtérbe került a jelenleginél nagyobb szerelvények közlekedtetésének, valamint az utazási sebesség növelésének igénye is a toltvonati üzemben. Ez utóbbiak következménye a nagyobb mozdonyteljesítmény igény. A MÁV részéről tehát

az az igény merült fel, hogy a V43 sorozatú 3000 LE-s szilícium egyenirányítós mozdonyok is legyenek alkalmasak toltvonati szerelvények közlekedtetésére. Az eredeti vezérlési kialakítással ugyanis ez a mozdony csak szinkron üzemben, vagyis két villamosan összekapcsolt mozdonyhoz az egyikről tör-

tendő üzemeltetésére alkalmas, de vezérlőkocsiról való működtetésre, vagyis toltvonati szolgálatra nem.

A MÁV-nak a nagyobb teljesítményű tolómozdonyra vonatkozó igényét indokolja az is, hogy a Ward-Leonard rendszerű villamosmozdonyok csak 8 négytengelyes kocsiból álló szerelvényvel és csak 80 km/ó max. sebességgel tudnak közlekedni. A későbbiekben pedig - de

bizonyos mértékben már ma is - ennél több kocsiból álló szerelvények nagyobb sebességgel való közlekedtetésére lesz szükség. A fejlesztéssel kapcsolatos további igény volt az is, hogy a mozdonyon toltvonati üzemben ne kelljen senkinek sem tartózkodnia, vagyis a mozdonynak közvetlen felügyelet nélkül is jól kell üzemelnie. Erre a közvetlen felügyelet nélküli üzemre a jelenleg toltvonati szolgálatot teljesítő mozdonyok nem alkalmasak..

A) Célkitűzések a feladatok megoldására

A mozdony toltvonati üzemre való alkalmassá tételének, mint fő feladatnak a megoldásához több részfeladatot kellett megoldani. E rész keretében a MÁV eredeti terveinek megfelelő igényeket és azok szükségességének indokait ismertetjük. A tervezési feladatok részleteire a B), a kísérletekre a C), a kísérletekből levont tapasztalatok alapján eszközölt módosításokra, valamint a végleges megoldásra a D) részben térünk ki részletesen.

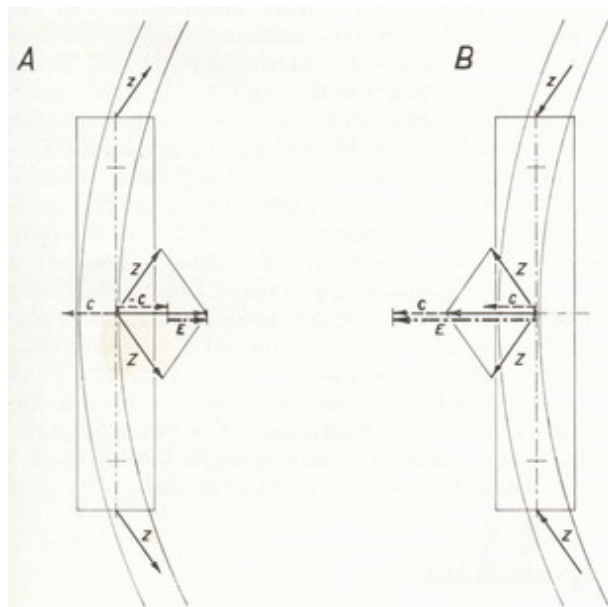
1. Önműködő tolóerőkorlátozás

A vasúti szerelvények attól függően, hogy húzva, vagy tolván közlekednek, eltérő módon viselkednek. Ez a különbség - a vasúttársaságok mérései alapján - egyenes pályán közlekedve nem számottevő, de kis görbületi sugarú pályarészekon nem hanyagolható el. A két üzemmód közti különbség azzal magyarázható (lásd 1. ábrát), hogy a vontatásból, illetve tolásból ébredő erő (Z) pályára merőleges komponense húzásnál a kocsikon ébredő centrifugális erővel (C) ellentétes, míg tolásnál azzal meg egyező irányú. A tolásnál az így összeadó erők a kerék nyomkarimáján adódnak át a sínre.

Ha ez az eredő erő (E) a határértéket túllépi, akkor a kerék a vágányra felszalad és a kocsi kisiklik.

A keréknyomkarimán ébredő erő ott lesz a legnagyobb, ahol a szerelvényen belüli tolóerő a legnagyobb. Ebből következik, hogy a mozdony előtti kocsi kerül ilyen szempontból a legkorábban kisiklási veszélybe. A toltvonati szerelvény közlekedése során az indítási periódus a legkényesebb azért, mert ekkor fejt ki a mozdony a maximális tolóerőjét. (Ez a mozdony vonóerő - tolásnál tolóerő - karakterisztikájából adódik.) A szerelvények gyak-

ran indulnak kis ívekből felépített vágányhálózatu állomásokról.



1. ábra

- A húzás
- B tolás
- C centrifugális erő
- E eredő erő
- Z vonó-, ill. tolóerő

Ekkor a fent említett mindkét kedvezőtlen állapot (kis ív és nagy tolóerő) fennáll. A tolóerő korlátozására tehát a kerék nyomkarimáján a sínre átadódó eredő erőnek meghatározott határértéken belül való tartása céljából van szükség. Szükséges még a tolóerőkorlátozás azért is, mert a vezérlőkocsin a vontatómotorok pontos áramfelvételét mutató műszer nem lesz, tehát a mozdonyvezető nem tudja pontosan érzékelni a tolóerő nagyságát, ezenkívül azért is, hogy elkerülhető legyen induláskor a kerék esetleges felpörgése.

Toltvonati üzemben ugyanis a gyakori és lényegében ugyanazon helyről való indítások miatt a homokolás csak kivételes esetekben engedhető meg.

A Ward-Leonard mozdonyoknál tolóerőkorlátozásra azért nem volt szükség, mivel ezeknél a mozdonyoknál a már kezdettől fogva beépített teljesítményszabályozás a beállított értéknek megfelelően korlátozza a mozdony teljesítményét és ezzel természetesen a vonó-, illetve - toltvonati üzemben - a tolóerőt, másrészt a szabályozás finom fokozatokban történik. (Gyakorlatilag közel folyamatos szabályozásról beszélhetünk.)

2. Önműködő kerék köszörülésátlás

Önműködő tolóerőkorlátozás mellett is előfordulhat főképp induláskor időjárási vagy pályaokok miatt kerék köszörülés, ha a vontatómotor nyomtéréből adódó tolóerő meghaladja a tengelynyomásból és a surlódási tényezőtől adódó tapadási erőt. Ez sem a mozdony, sem a pálya szempontjából nem engedhető meg huzamosabb ideig. Figyelembe kell venni továbbá azt is, hogy a mozdonyon toltvonati üzemben nem tartózkodik senki. Így nem lesz, aki észlelje a kerék felpörgését és közbeavatkozzék ennek a káros jelenségnek a megszüntetésére. Ezért szükséges a kerékköszörülés megszüntetését is külön berendezésre bízni.

3. Önműködő motorselejtezés

A MÁV részéről egyik alapkövetelmény volt, hogy toltvonati üzemben a mozdonyon személyzet ne tartózkodjék. Ebből pedig az következik, hogy ha valamilyen hibából a mozdony valamelyik vontatómotorának túláramreléje megszólal, akkor a mozdonyvezetőnek a vezérlőkocsiból hátra kellene mennie a mozdonyra visszaállítani a túláramrelét, és leselejtezni a hibás vontatómotort. Ez meglehetősen fárasztó és hosszadalmas munka lenne, azonkívül késleltetné a vonatot is. Mindezek elkerülése céljából kell gondoskodni vontatómotorhiba esetén bekövetkező önműködő motorselejtezésről.

4. Vonali feszültség kimaradás jelzése

A vezérlőkocsi vezetőasztalán nem lesz vonali feszültséget mutató műszer. Ezért a mozdonyveze-

tő a feszültségkimaradást csak a főkapcsoló kikapcsolódásából észlelné. Ez viszont számos más rendellenesség miatt is bekövetkezhet. A mozdonyvezető ez utóbbi esetekben feleslegesen várná a hiba megszűnését. Gondoskodni kell tehát olyan jelzés megvalósításáról, amely egyértelműen mutatja a vezérlőkocsi vezetőasztalán a mozdonyvezetőnek, hogy a feszültség kimaradás oka a vonali feszültség kimaradása.

5. A vontatómotorra kapcsolt feszültség mérése a vezérlőkocsin

A vezérlőkocsin nincs beépítve a fokozatkapcsoló állását mutató műszer és felszerelése az átmenő vezérlési vezetékek korlátozott száma miatt nem is lehetséges. A fokozatkapcsoló állásával arányos vontatómotor feszültségjelet egyszerűbb átvenni és a mozdonyvezető részére ez is megfelelő tájékoztatást ad.

6. Fűtési kontaktor működtetése

A vonat fűtése és egyúttal a vezérlőkocsi energiaszükségletének ellátása a mozdony főtranszformátorának 1500 V-os fűtési tekercséről a vonatfűtési vezetéken keresztül történik. A fűtést a mozdonyon elektropneumatikus működtetésű kontaktorral lehet bekapcsolni. A mozdony eredeti vezérlésével a fűtési kontaktor csak a mozdony vezetőállásából kapcsolható be és ki. Természetesen itt olyan megoldásra van szükség, mellyel a vezérlőkocsiból is működtethető a fűtési kontaktor.

7. Az akkumulátor pozitív sarkának átvezetése a vezérlőkocsira

A vezérlőkocsinak külön akkumulátora van és erről történik a mozdony vezérlése. Az akkumulátor töltését a fűtési vezetékről a vezérlőkocsiba beépített transzformátoron és akkumulátortöltőn keresztül kapja. Abban az esetben, ha ez az áramkör valahol meghibásodik, a mozdony távvezérlése lehetlenné válik. Az ebből következő üzemképtelenség elkerülésére szolgál a mozdonyakkumulátor pozitív sarkáról vett feszültség átvezetése.

8. Telefonösszeköttetés a mozdony és a vezérlőkocsi között

Erre a mozdonyon szolgálatot teljesítő személy és vezérlőkocsiban levő mozdonyvezető közötti értekezés miatt lett volna szükség.

9. A mozdony fékberendezésének távvezérelhető oldása

Szóba került, hogy ha a mozdonyon személyzet nem tartózkodik, nem lesz aki a fékhatást megszüntesse a mozdony kerekének megcsúszása esetén. Így a kerek lapot kaphatnak.

Ezért látszott célszerűnek első lépésben gondoskodni a mozdony fékének távvezérelhető oldásáról. A felsorolt feladatok megoldása során még más probléma is felmerült. A mozdonyoknak a tolvonati üzemre való alkalmassá tétele mellett továbbra is

biztosítani kellett két mozdony szinkron üzemeltetésének lehetőségét. Ezért korlátozott volt az átmenő vezérlési csatlás szabad vezetékének száma. Az igények gondos mérlegelésével első lépésben sikerült csökkenteni a tolvonati üzem megvalósításához szükséges vezeték számát azáltal, hogy az eredeti tervekből elmaradt a telefonösszeköttetés megvalósítása a mozdony és a vezérlőkocsi között. Erre azért nincs szükség, mert a mozdonyokon - mint említettük - tolvonati üzemben nem lesz személyzet. Továbbá lemondott a MÁV arról a korábbi igényéről is, hogy a mozdony fékberendezése a vezérlőkocsiról távvezérléssel oldható legyen. Így már elegendő lett a vezérlési csatlásban rendelkezésre álló 6 vezeték a mozdonyok a vezérlőkocsiból való távvezérlésére, vagyis a tolvonati üzem megvalósítására. A 6 vezérlési vezeték közül az esetleges további igények kielégítésére a tervezéskor 1 vezetékot fenntartottunk.

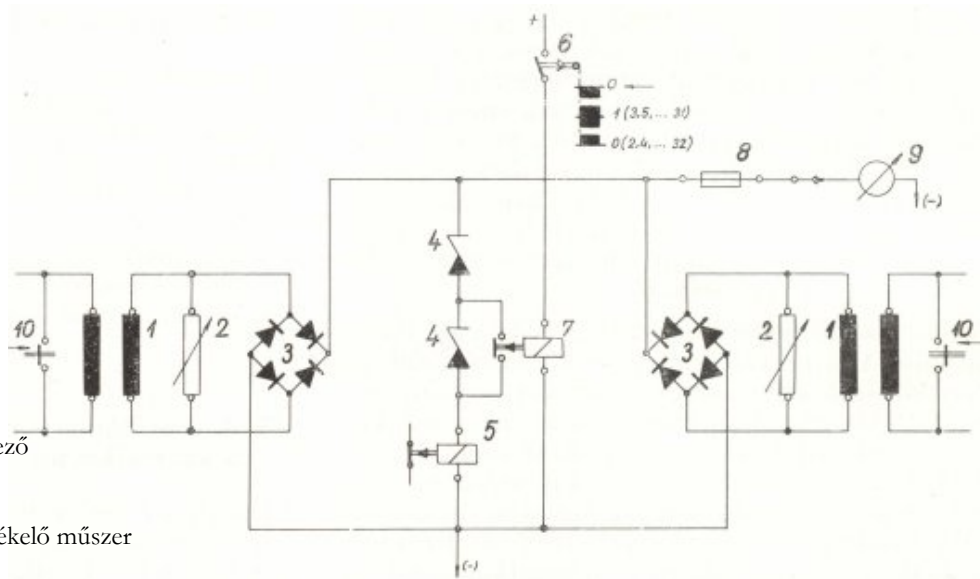
B) A célkitűzések megvalósítása

A célkitűzések ismertetésénél már említettük, hogy tolvonati üzemben a mozdonyvezető a mozdonyt a vezérlőkocsiból vezérli. Említettük azt is, hogy a mozdonyon nem tartózkodik személyzet. Ezért a

tervezésnél a tolóerő korlátozást, a köszörülésgátlást és a motorselejtezést önműködő berendezésekkel, a mozdony fékberendezésének oldását pedig távvezérléssel kellett megoldani.

2. ábra

1. Áramváltó 5/0,5 A
2. Szabályozó ellenállás
3. Egyenirányító
4. Zener dióda
5. Tolóerő korlátozó relé
6. Fokozatkapcsoló érintkező
7. Segédrelé
8. Biztosító
9. Vontatómotor áram érzékelő műszer
10. Tolvonati átkapcsoló



Lássuk tehát az egyes feladatok részletes megoldását:

1. Önműködő tolóerőkorlátozás

Az önműködő tolóerőkorlátozó berendezés hatását a vontatómotorok áramának meghatározott érték alatt való tartásával fejtí ki.

A 2. ábrán látható két áramváltó (1) mindegyike a vontatómotoráram körben levő áramváltó szekunder oldalára kapcsolódik. Az áramváltók szekunder tekercsére kapcsolt ellenállásokon (2) fellépő feszültségeket egyenirányítja és hasonlítja össze a diódás „vagy” kapcsolás (3). Mindig a nagyobb feszültség hatása érvényesül. A tolóerőkorlátozó kapcsolás érzékelője Zener diódával (4) sorbakötött egyszerű működtető relé (5). Ez a relé a fokozatkapcsoló segédérintkezője (6), és a segédrelé (7) révén minden egyes fokozatváltás után ellenőrzi a motoráram nagyságát és újabb fokozatváltást csak akkor tesz lehetővé, ha a motoráram a meghatározott érték alá csökkent.

A megengedhető legnagyobb tolóerőt, vagyis közvetve a vontatómotor maximális áramát, az áramváltókra (1) kapcsolt változtatható terhelő-ellenállásokkal (2) kell beállítani mindkét motorra külön-külön.

Nem vezérlőkocsis üzemben az önműködő tolóerőkorlátozás egyetlen áramköri elemmel, a toltvonati átkapcsoló (10) átkapcsolásával kiiktatható.

2. Önműködő kerék köszörülésátlás

Abban az esetben, ha a mozdony valamelyik forgóvázának kerekei megköszörülnek és felpörögnek, a forgóvázhoz tartozó vontatómotor árama lecsökken. Ezáltal a két vontatómotor között áramkülönbség keletkezik. Ez az áramkülönbség működteti az önműködő köszörülésátlást.

Ahhoz, hogy a berendezés a feladatát elláthassa, gondoskodni kellett a mozdonyokba beépített kiegyenlítő transzformátor vezérlőkocsis üzemben való kiiktatásáról is.

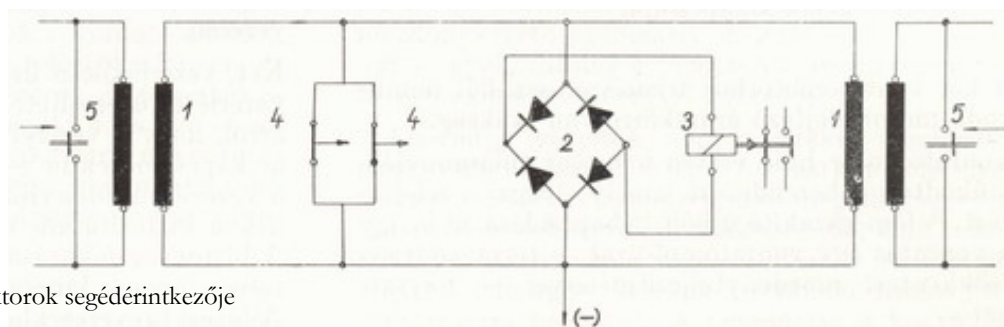
A mozdonyokba 1969. év vége óta ugyanis a vonóerő növelésére kiegyenlítő transzformátort építünk be. Ennek az a feladata, hogy a menetirány szerinti első forgóváz vontatómotorjának áramát csökkentse, a hátsóét pedig növelje. Ezáltal a vontatáskor fennálló tengelynyomáskülönbség közvetve vonóerőnövelésre használható fel. A kiegyenlítő transzformátor miatti vontatómotor áramkülönbség a köszörülésátlás érzékelése szempontjából kedvezőtlen.

Vezérlőkocsis üzemben azonban nincs is szükség tolóerő növelésre (inkább annak korlátozása szükséges). Ezért a kiegyenlítő transzformátor kiiktatható. A kiiktatás az előbbieken már említett toltvonati átkapcsolóval eszközölhető a vezérlési részben, a főáramú részben pedig egy másik, nagyobb teljesítményű kapcsolóval. A két kapcsolót villamosan úgy reteszeltük egymással, hogy a főmegszakító csak mindkét kapcsoló azonos üzemi állásában legyen bekapcsolható.

Az önműködő köszörülésátló kapcsolása a 3. ábrán látható. Az áramváltókat (1) - a tolóerőkorlátozó berendezés áramváltóihoz hasonlóan - szintén a vontatómotorok áramkörében levő áramváltókra kapcsoltuk. Ezek az áramváltók azonban az előzőkkel ellentétben differenciál kapcsolásban vannak. A differenciaáram egyenirányítón (2) keresztül működteti a köszörülésátló relét (3).

Ez a relé működése esetén leállítja a fokozatkapcsolót és működteti a csúszásvédő féket.

A kapcsolásban levő egyenirányító (2) Zener dióda-szerű szerepével az alsó küszöbérték beállítási pontosságát növeli.



3. ábra

1. Áramváltó
2. Egyenirányító
3. Köszörülésátló relé
4. Vontatómotor kontaktorok segédérintkezője
5. Toltvonati átkapcsoló

Nem vezérlőkocsis üzemben - mivel a mozdonyon tartózkodó személyzet a kerék felpörgését észlelni tudja és közvetlenül be is tud avatkozni - önműködő köszörülésgátlásra nincs szükség. Kiiktatása ekkor, az önműködő tolóerőkorlátozás kiiktatásához hasonlóan, a toltvonati átkapcsolóval történik (5).

3. Önműködő motorselejtezés

A motor-túláramrelé működése esetén a főmegszakítót kikapcsolja és azután záróérintkezőjén keresztül működteti a selejtezőrelét. Ez a relé a következő feladatokat látja el:

- a) kiiktatja a hozzátartozó vontatómotort azáltal, hogy kontaktorának működtető áramkörét megszakítja,
- b) zárja a főmegszakító áramkörét és ezzel lehetővé teszi annak újbóli bekapcsolását,
- c) közvetve kiiktatja az önműködő köszörülésgátlást úgy, hogy az általa kikapcsolt vontatómotor kontaktor segédérintkezője rövidrezárja az önműködő köszörülésgátlót.
- d) kiiktatja a megfelelő egyenirányító fedővédelmét, mely a túláramrelével gyakorlatilag egyszerre működik és a főmegszakítót annak „ki” tekercse útján kikapcsolja.

A két vontatómotorhoz természetesen két önműködő motorselejtező áramkörre van szükség. Vontatómotor hiba esetén a motor túláramreléje működteti a berendezést, amely elvégzi a selejtezést. A főmegszakító újbóli bekapcsolása után így a vontatás egy vontatómotorral - természetesen csökkentett mozdonyteljesítménnyel - folytatható.

4. Vonali feszültség kimaradás jelzése

A mozdonyon levő nullfeszültségérzékelő relé meghúzza, ha van hálózati feszültség. Ennek a relének a szabad érintkezője a hálózati feszültség kimaradása esetén egyik régi feladatától felszabadult átmenő vezetéken keresztül kigyújtja a vezérlőkocsin egy jelzőlámpát. Ez a jelzőlámpa jelzi a mozdonyvezetőnek, hogy a főmegszakító a felsővezeték feszültségének kimaradása miatt kikapcsolt ki és nem kell más hibára gyanakodnia.

5. A vontatómotorra kapcsolt feszültség mérése a vezérlőkocsin

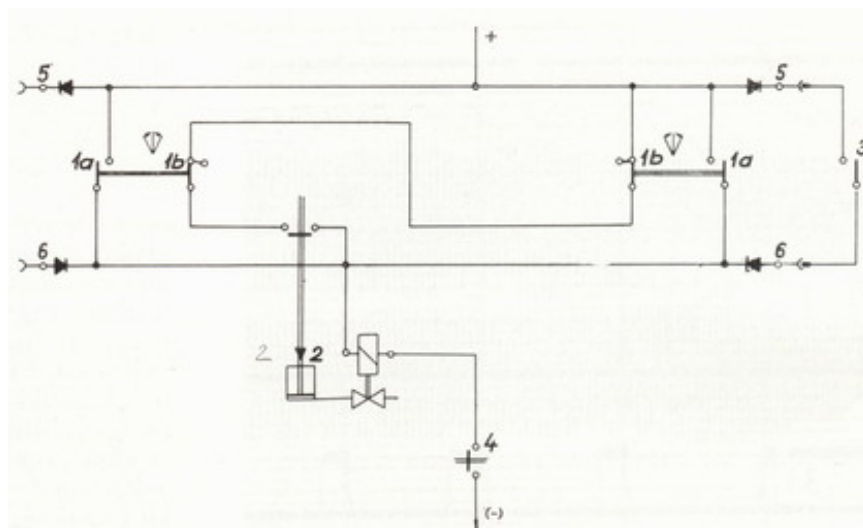
Ennek a feszültségnek a mérése a mozdonyon feszültségváltón keresztül eddig is biztosított volt. A vezérlőkocsin elhelyezett műszer a mozdonyon felszerelt műszerrel azonos típusú. Táplálása a már említett feszültségváltóról történik két szabad távvezérlő vezeték felhasználásával. Egy vezeték a testelt szekunder tekercsvég, egy pedig egy külön biztosítón és a toltvonati átkapcsolón keresztül a másik tekercsvég átvezetésére hivatott. A biztosító a feszültségváltót védi esetleges távvezérlőkábel zárlat esetén. A toltvonati átkapcsoló „normál üzem” állásában a feszültségváltót lekapcsolja az átmenő vezetékről. Ezzel védi a feszültségváltókat kétmozdonyos (szinkron) üzem esetén a két mozdony feszültségváltója között kialakuló köráramtól.

6. Fűtési kontaktor távműködtetése

A kapcsolás vázolata a 4. ábrán látható. A fűtési kontaktor (2) bekapcsolása a mozdony két vezetőállásban elhelyezett, egymással párhuzamosan kapcsolt kapcsolókkal történik. A vezérlőkocsin levő kapcsoló (3) ezekkel szintén párhuzamosan van kapcsolva diódákon (5 és 6) át. Ehhez a kapcsoláshoz újabb két tartalék távvezérlési vezetékkel kellett felhasználni. A kontaktor kikapcsolása ezzel a kapcsolóval a vezérlőkocsiról nem lehetséges, mert a mozdony két fűtési kapcsolójának még egy-egy érintkezője a tartóáramkörben sorba van kapcsolva és ezek a fűtési kontaktort bekapcsolva tartják.

A kontaktor távvezérelt kikapcsolására az egyetlen egyszerű megoldás adva volt. A főmegszakító (4) kikapcsolásával együtt a fűtési kontaktor is megszakít. A főmegszakító működtetése pedig távvezérelt.

Két, vezérlőkocsis üzemre alkalmas mozdony távvezérléses üzemeltetése esetén gondoskodni kellett arról, hogy a vezérelt mozdony fűtési kontaktora ne kapcsolódjék be és a vezérelt mozdony fűtése is a vezérlő mozdonyról történjék. Ennek a feltételnek a biztosítására szolgál a két dióda (5 és 6). A biztonság fokozására a vezérelt mozdony fűtési reteszelőjének kulcsát is ki kell venni a helyéről. A fűtési távvezetékhez tehát csak úgy szabad hozzányúlni, ha az azt összerakó vagy szétszedő lakatos mindkét mozdony fűtési reteszelőjének kulcsát magánál tartja.



4. ábra

- 1a, 1b. Fűtési kapcsoló (mozdonyon)
- 2. Fűtési kontaktor
- 3. Fűtési kapcsoló (vezérlőkocsin)
- 4. Főkapcsoló segédérintkezője
- 5. Diódák
- 6. Diódák

7. Akkumulátor pozitív sarkának átvezetése

Az (A rész 7. pontjában említettük, hogy a vezérlőkocsi akkumulátorának vagy akkumulátortöltőjének meghibásodása esetén a mozdony távvezérlése lehetetlenné válik. Ennek következtében beálló üzemenkéntesség elkerülésére vezettük át a mozdony akkumulátorának pozitív sarkát a vezérlőkocsiba.

A mozdonyakkumulátor pozitív sarka biztosítón keresztül kapcsolódik párhuzamosan kapcsolt két távvezérlési vezetékhez. Szükség esetén a vezérlőkocsin levő kapcsoló átváltásával lehet átállni a mozdonyakkumulátorról való üzemre.

8. Telefonösszeköttetés a mozdony és a vezérlőkocsi között

Az összeköttetés megvalósítására nem került sor, mert végleges lett, hogy a vezérlőkocsi üzemben a mozdonyon személyzet nem tartózkodik.

9. A mozdony fékberendezésének távvezérelhető oldása

A mozdonyra felszerelt fékberendezésben levő elektropneumatikus szelep segítségével a mozdony fékhatása csökkenthető. Ez a szelep nemcsak a mozdonyról, hanem vezérlési vezeték útján a vezérlőkocsiról is működtethető. Erre a feladatra a működések részletes elemzése útján sikerült átmenő vezetékkel felszabadítani.

C) Kísérletek, mérési diagrammok

A MÁV az Északi Járműjavító Üzemben 1970. II. félévében a V43-1136 psz. mozdonyt átalakította toltvonati üzemre és átalakított hozzá egy vezérlőkocsit is az előbbieken részletezett tervek alapján. A kísérletekre 1970. november végén került sor Gödöllő-Aszód térségében. Az áramkörök üzemi kipróbálása, majd a néhány kocsiból álló szerelvénnyel való rövidebb mozgó próbák és a berendezések beállítása Gödöllőn történt. Szerelvénnyel való gyorsítási és tolási próbák, továbbá a mérések Gödöllő és Aszód között folytak le. A mérések során oszcillogrammok készültek a vontatómotorok áramáról és feszültségéről, a tolóerőkorlátozás és köszörülésgátló relék műkö-

déséről, és felvettük a mozdony tolóerő diagramját is. Az 5. és a 6. ábrán a gyorsítási periódus egy szakaszán, a vontatómotorok feszültség és áramgörbéi, valamint a tolóerőkorlátozó, illetve a köszörülésgátló relék működése láthatók.

A mérések alapján megállapítható, hogy a berendezések általában mindenben a vártak megfelelően működtek. Az önműködő tolóerőkorlátozó berendezés lehetővé teszi a mozdony teljesen önműködő gyorsítását a mozdonyvezető aktív ténykedése nélkül. A mozdonyvezető feladata mindössze abból áll, hogy az első két fokozat bekapcsolása után a vezérlőkocsit a ++-al jelölt állásba tegye. A továbbiakban a fokozatkapcsoló leállítását és to-

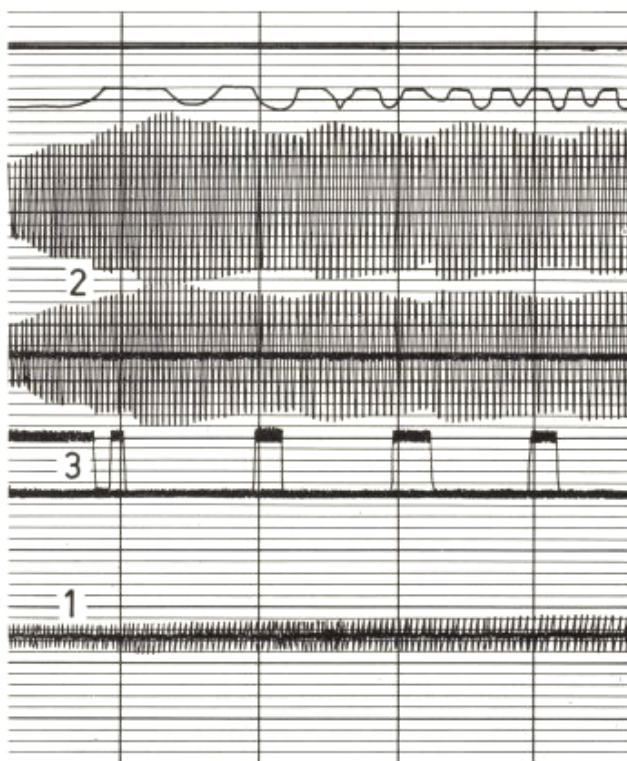
vábbkapcsolását a berendezés önműködően végzi. Ezáltal az indító áramot kb. ± 100 A eltéréssel a beállított értéken tartja. Az ilyen rendszerű indítással a mozdony a szerelvényt - a mozdonyvezető szubjektív megítélésétől függetlenül - gyakorlatilag egyenletesen, és a megengedhető maximális tolóerővel gyorsítja.

A kísérletek igazolták, hogy a kerekek megköszörülése esetén nincs szükség a fokozatkapcsoló visszszakcsolására, elegendő annak megállítása, és a csúszásvédő fék egyidejű működtetése, amit a berendezés önműködően végez el. Ezzel a kis fékezőerővel a felpörgött kerekek a többivel azonos fordulatszámra hozhatók. A berendezés a kísérletek alatt a kerékköszörülést kb. 0,5-1 másodperc alatt megszüntette.

Ennek a hiányosságnak a kiküszöbölésére a későbbiekben visszatérünk. A kísérletek alatt meggyőződhattünk arról is, hogy a távvezérlő vezeték hosszúsága és a kocsik csatlásfej-érintkezőinek üzemi tisztatlansága nem jelentett olyan mértékű feszültségesést, amely a távvezérlésben bármilyen problémát okozott volna.

A kísérletek során a Ganz-MÁVAG is végzett méréseket annak eldöntésére, hogy a mozdony alvázat nem kell-e megerősíteni az új üzemmódnak megfelelően. A mérések bebizonyították, hogy semmiféle átalakításra nincs szükség.

A mérésekből még az is kitűnik, hogy a mozdonyra nézve bizonyos szempontból még előnyösebb is a tolás, mint a vontatás. Így a vezetőállásban mért függőleges- és vízszintes irányú gyorsulások tolvonati üzemben kisebb értékűre adódtak.



5. ábra

Gyorsítás tolóerő korlátozóval.

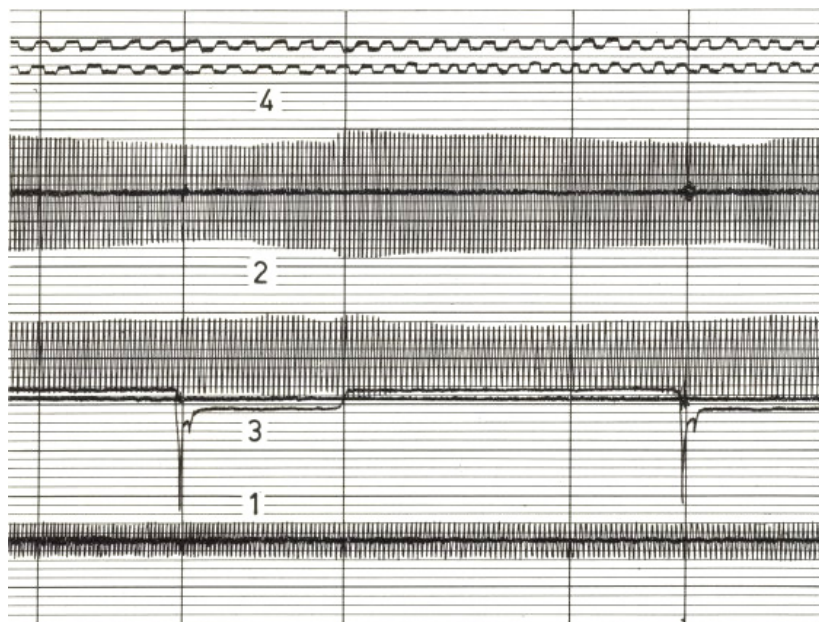
(A gyorsítási idő megnyújtása céljából a szerelvényt kis-mértékben fékeztek.)

1. Vontatómotor feszültsége

2. Vontatómotor árama

3. Jel a tolóerő korlátozó relé működéséről

Ezen kísérletek után a MÁV a mozdonyt Budapest és Hatvan között menetrendszerű forgalomba állította. Több tízezer kilométeres futás alatt a beépített új berendezésekkel hiba nem fordult elő.



6. ábra

Oscillogram a köszörülés-gátló működéséről

1. Vontatómotor feszültsége

2. Vontatómotorok árama

3. Jel a köszörülés-gátló relé működéséről

4. Kerékjel

D) A kísérletek alapján eszközölt kisebb módosítások

A (C pontban említettük, hogy a kísérletek során a berendezések általában mindenben a vártnak megfelelően működtek. Kiegészítést csak a köszörülésgátló berendezésnél kellett eszközölnünk.

Az önműködő köszörülésgátló berendezéssel kapcsolatos hiányosság kiküszöbölésére az alábbi megoldás volt kézenfekvő:

A tolóerőkorlátozó berendezésben lényegében a két vontatómotor áramával arányos feszültséggel működteti a tolóerőkorlátozó relét. Ha mindkét motorhoz tartozó forgóváz kerekei kb. azonos mértékben pörögnek fel, akkor a relére jutó feszültség hirtelen leesik. Az erre a pontra kapcsolt és a vezérlőkocsin elhelyezett műszeren ez a változás nyomonkövethető, a műszer a motorárammal arányosan tér ki. A 2. ábrán látható a biztosítón (8) és a távvezérlővezetéken keresztül bekötött műszer (9) kapcsolása. Az ehhez szükséges átmenő vezetéknek a fenntartott tartalékot használtuk fel.

Részben a kísérletek tapasztalatai, részben az azokból levont következtetések alapján tett megfontolások után kialakult végleges megoldásban

1. az önműködő tolóerőkorlátozást a tervezett formában véglegesítettük,
2. az önműködő kerékköszörülésgátlás a két forgóváz valamennyi kerekének egyidőben történő megperdülését jelző műszernek a vezérlőkocsi vezetőasztalába való beépítésével kiegészítve véglegesítettük.

3. az önműködő motorselejtezés,
4. a vonali feszültségkimaradás jelzése,
5. a vontatómotorra kapcsolt feszültség mérése a vezérlőkocsin,
6. a fűtési kontaktor távműködtetése,
7. az akkumulátor pozitív átvezetése a vezérlőkocsira szintén a tervezett megoldás szerint lettek véglegesek.

A mozdony fékberendezésének távvezérelhető oldása és a telefonösszeköttetés a mozdony és a vezérlőkocsi között elmaradt, mivel ezekre a mozdonyoknak személyzet nélküli üzemében nincs szükség.

*

Összefoglalásul elmondhatjuk tehát, hogy a kísérletek, valamint az azt követő hosszabb próbaüzem igazolta, hogy a kitűzött célt elértük és a vezérlőkocsi üzem megvalósítható a V43 sorozatú mozdonyokkal. Annak érdekében, hogy a vezérlőkocsi üzem a V43 sor. mozdonyokkal már üzemszerűen is megindítható legyen, vállalatunk a mozdonyok gyártásában megtette a szükséges intézkedéseket. Mozdonyaink a V43-1156 psz. mozdonytól kezdve alkalmasak a vezérlőkocsi üzemre. A MÁV az ezekhez szükséges vezérlőkocsikat készíttette el. Megemlíjtük még, hogy a vezérlőkocsi vezetőasztalait is vállalatunk gyártotta a MÁV tervei alapján.

PANDULA JÓZSEF – RÁCZ MÁTYÁS*

A GANZ Villamossági Művek új 5000 LE-s tirisztoros villamosmozdonyai

Bevezetés

A MÁV felmérte a magyarországi villamos vontatás távlati igényeit, a villamosítást, a mozdonypark jelenlegi helyzetét és mindezt figyelembevéve 5000 LE órás teljesítményű, hattengelyű, 120 km/ó max. sebességű villamos mozdonyokra jelentette be igényét.

Gyárunk a MÁV sorozatra vonatkozó általános, valamint a 2 prototípusra vonatkozó speciális igényeinek kielégítésére 5000 LE órás teljesítményű, Co'Co' tengelyrendezésű tirisztoros villamosmozdony kifejlesztését határozta el. Az érdemi tervezési, szerkesztési munka 1971 őszén kezdődött meg, s az egyik prototípus mozdony 1974-ben már pályára került.

E két prototípus mozdony a MÁV vontatási igényeit korszerűen kielégítő új, nagyteljesítményű V63 jelű mozdony sorozatának első két példánya, és a vonali, majd tartampróbák sikeres teljesítése

után kerül eldöntésre a sorozatmozdonyok végleges kivitele. A MÁV ebből a típusból a következő 5 éves tervben 60 mozdony beszerzését tervezi.

A prototípus mozdonyokon olyan villamos berendezés kerül alkalmazásra, mely egy tervezett mozdonycsalád részegységeinek kipróbálását teszi lehetővé és így módot ad arra, hogy esetleges exportrendelésre, vagy más hazai vontatási feladat kielégítésére gyárunk rugalmasan, újabb prototípus nélkül, rövid határidővel tudjon mozdonyt szállítani (négy- vagy hattengelyű, teher, univerzális vagy gyorsvonati kivitelben, villamos fékkel vagy anélkül stb.).

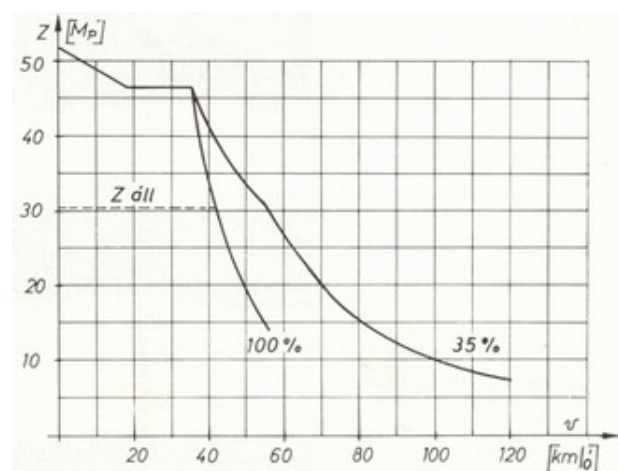
Másrészt fontos törekvés volt, hogy a mozdonyon minél több, a MÁV vonalain futó mozdonyokon már bevált alkatrész, egység kerüljön felhasználásra messzemenően figyelembevéve a cserélhetőség és tartalékképzés igen fontos szempontjait.

1. A prototípus mozdonyok fő jellemzői

A mozdonyok műszaki paramétereit a felhasználási terület határozza meg:

a) A mozdony nagy tehervonatok emelkedőben történő indítását és sík pályán nagy sebességen való vontatását, valamint gyorsvonati szerelvények max. 120 km/ó sebességgel történő pontos továbbítását kell, hogy biztosítsa.

b) A mozdony nagyteljesítményű fékmozdonyként is kell, hogy üzemeljen. E feladatra villamos ellenállásfék és a fékmozdony üzemnek megfelelő fék szabályozás kerül beépítésre. A dinamikus fék teljesítménye kerékkarimán maximálisan kb. 3500 LE.



1. ábra: Számított vonóerő-sebesség jelleggörbe

* Pandula József a 3., Rác Máttyás a Bevezetést és az 1., 2., fejezetet írta.

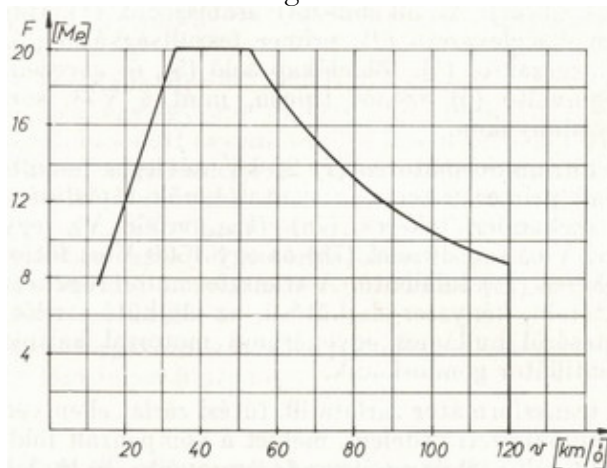
A mozdony főbb adatai a következők:

Tengelyrendezés	Co'Co'
Nyomköz	1435 mm
Szerkesztési szelvény	UIC 505
Legnagyobb tengelynyomás	20 Mp
Szolgálati súly	116 Mp
Ütközők közötti hossz	19540 mm
Maximális sebesség	120 km/ó
Névleges felsővezeték feszültség	25 kV, 50 Hz
Állandó teljesítmény (UIC)	3575 kW
Állandó vonóerő (41,8 km/ó-ig)	30,5 Mp
Gépezeti indító vonóerő	52 Mp
Max. villamos fékerő	20 Mp

A mozdony villamos berendezése a hazai villamosmozdony-gyártás [1], valamint a két tirisztoros mozdonykísérlet [2] tapasztalatai alapján került kialakításra.

A járműszerkezet prototípusának a DVM 10-1 típusú 2700 LE-s Diesel-villamosmozdony (M63 sor.) járműszerkezet tekinthető s e járműszerkezet

csupán a villamosmozdony-üzem által megkövetelt mértékben került megváltoztatásra, természetesen figyelembe véve az eddigi futás során szerzett tapasztalatokat, valamint formatervezési szempontokat is. A futómű, az alváz és a szekrény nagymérvű elvi ill. kiviteli azonosságát mutat.



2. ábra. Számított fékerő-sebesség jelleggörbe

2. A villamos berendezés felépítése, működése

2.1. Az erőátvitel lényege

A 25 kV-os felsővezeték feszültséget a rögzített áttételű főtranszformátor a vontató áramkörökhöz forgóvázanként szükséges $2 \cdot 568$ V-ra, a segédüzem és gerjesztőkör részére 284 V-ra, valamint az 1500 V fűtési feszültségre alakítja át. A váltakozó feszültséget a főtranszformátor szekunder tekercseiről táplált 2-2 sorbakapcsolt, követő vezérlésű, féligvezérelt hídkapcsolású tirisztoros berendezés egyenirányítja. Az egy forgóvázban levő 3 vegyes gerjesztésű vontatómotor táplálása az egyenirányítóról közös simító fojtótekercsen keresztül hullámos egyenárammal történik. A vontatómotorok a kerékpárokat fogaskerékkel hajtják. Fentiekből azonnal kitűnnek e mozdony alapvető újdonságai:

a) A mozdonytranszformátor tekercsei rögzített áttételűek, nincs fokozatkapcsoló, mivel a motorok feszültség szabályozása szekunder oldalon, vezérelt félvezetők segítségével történik. E megoldás nagy előnye, hogy a feszültség szabályozás folyamatos, a fokozatkapcsolós szabályozás vonóerőugrásai elmaradnak, és a mindenkorli tapadás a vonóerő szintén folyamatos beállításával messzemenően kihasználható.

b) Az egyenirányító berendezés a forgóvázak közötti villamos függetlenség (meghibásodás, selejtezettség, szabályozási beavatkozás stb.) érdekében 2 egyforma egységből áll. Kisebb zárófeszültségű félvezetők alkalmazásának, de elsősor-

ban a teljesítménytényező $\left(\frac{P_h}{S_l}\right)$ javításának lehe-

tősége adódik két egymás után kivezérelt egyenirányító híd alkalmazásából.

A féligvezérelt híd vontatási üzemben egyenértékű a teljesen vezérelt hídkapcsolással, de annál lényegesen egyszerűbb és olcsóbb.

A vontatómotorok külső gerjesztését is tirisztoros egyenirányító táplálja: így a gyújtásszög folyamatos és automatikus vezérlésével folyamatos és automatikus mezőgyengítés érhető el.

Fékküzemben a vontatómotorok külső gerjesztésű generátorként dolgoznak a fékellenállásaikra: a fékerő, a fék teljesítmény, valamint a kívánt sebesség állandó értéken tartásáról a megfelelő alapjelek beállítása után a folyamatosan változtatható fékgerjesztés automatikusan gondoskodik.

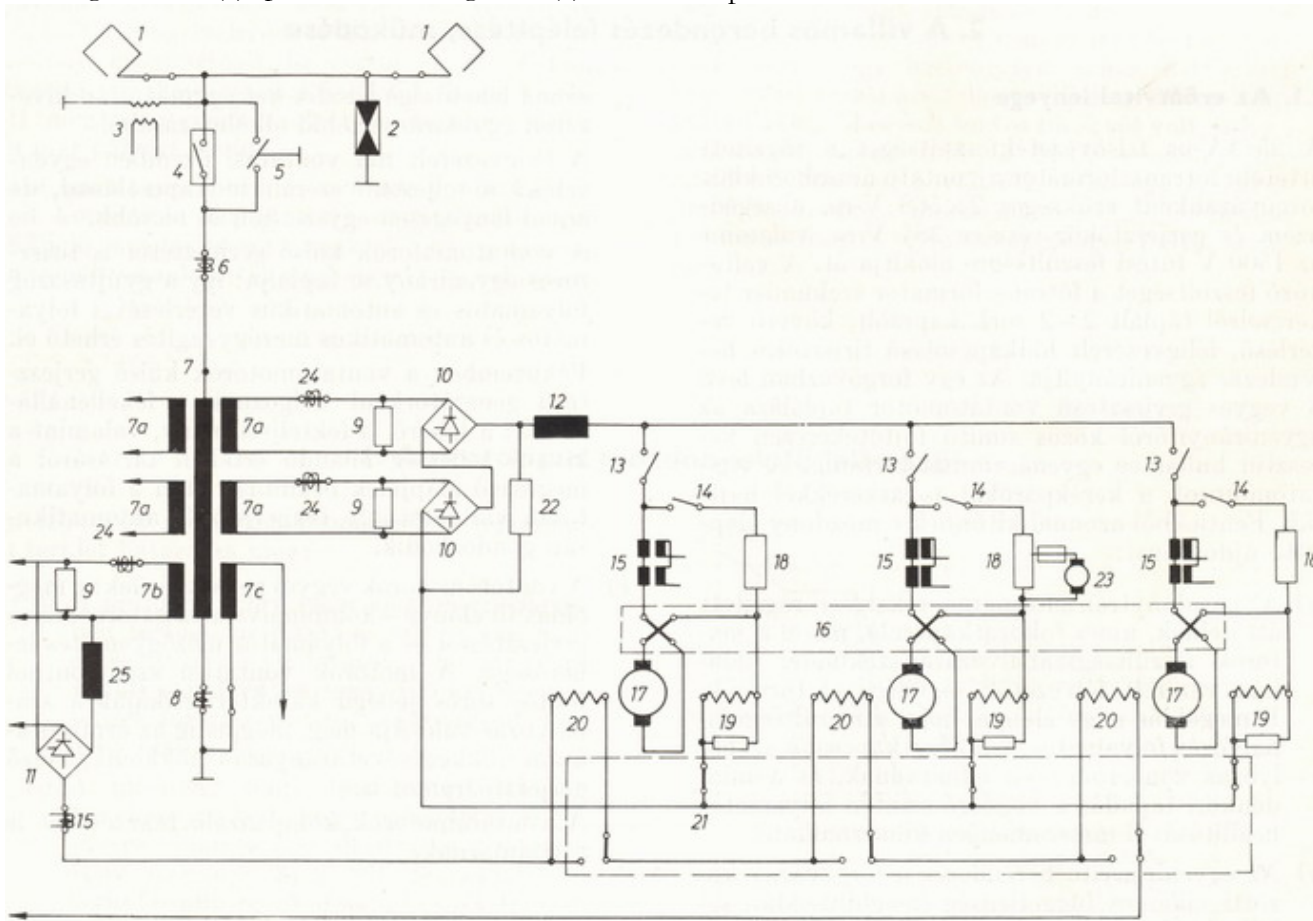
c) A vontatómotorok vegyes gerjesztésűek: e megoldás fő előnye - kombinálva a tirisztoros külső gerjesztéssel - a folyamatos mezőgyengítés lehetősége. A motorok vontatási szempontból fontos soros jellegű karakterisztikáját a szabályozás valósítja meg, mégpedig az armatúraáram csökkenésével arányosan csökkenti a külső gerjesztőáramot is. A vontatómotorok kompenzáló tekercseket is tartalmaznak.

2.2. A mozdony főáramú kapcsolása

A mozdony nagyfeszültségű villamos berendezése gyakorlatilag megegyezik a 3000 LE-s szilíciumdiódás egyenirányítós (V43 sor.) mozdonyéval (ld. a 3. ábrát). Az alkalmazott áramszedők (1), túlfeszültséglevezető (2), primer feszültségváltó (3), fő-

fő-megszakító (4), földelőkapcsoló (5), és átvezető áramváltó (6) azonos típusú, mint a V43 sor. mozdonyokon.

A főtranszformátoron (7) 25 kV névleges feszültségű primer tekercs, a vontatókörök táplálására 4 szekunder tekercs (7a) ($U_{név1}=568\text{ V}$), egy 284 V-os segédüzemi (7b) és egy 1500 V-os fűtési tekercs (7c) található. A transzformátor rögzített áttételű, kényszer-olajhűtésű, az olajhűtő szellőztetéséről hullámos egyenáramú motorral hajtott ventilátor gondoskodik. A transzformátor zárata ill. fűtési zárlat ellen véd a különbozeti védelem, melyet a kompenzált földáramváltó (8) és az átvezető áramváltó (6) táplál. A transzformátor szekunder tekercsein a primer oldalról átindukálódó túlfeszültségek ellen hatásos elektronikus túlfeszültség korlátozó került beépítésre.



3. ábra. 5000 LE-s tirisztoros mozdony egy forgóvázhoz tartozó főáramkör elvi kapcsolási rajza.

1 - áramszedő, 2 - túlfeszültséglevezető, 3 - primer feszültségváltó, 4 - főkapcsoló, 5 - földelőkapcsoló, 6 - primer áramváltó, 7 - főtranszformátor, 7a - vontatóköri szekunder tekercsek, 7b - segédüzemi tekercs, 7c - fűtési tekercs, 8 - különbozeti védelem áramváltója, 9 - túlfeszültség korlátozó, 10 - főáramköri egyenirányító, 11 - gerjesztőköri egyenirányító, 12 - simító fojtótekercs, 13 - menetkontaktor, 14 - fékkontaktor, 15 - egyenáramú áramváltó, 16 - irányváltó, 17 - vontatómotor, 18 - fékellenállás, 19 - főpólus, 20 - külső gerjesztő tekercs, 21 - selejtező, 22 - egyenfeszültségváltó, 23 - fékszellőző motor, 24 - váltóáramú áramváltók, 25 - fojtótekercs.

A próbatermi mérések során bebizonyosodott, hogy a transzformátor vontatóköri tekercseire kb. 1350 V-nál nagyobb feszültség kialakulni nem tud, mert a szelénkorlátozó ezen a feszültségen átvezet, s így az e tekercsekről táplált tirisztoros egyenirányító hidakra sem juthat magasabb feszültség. A hidakban alkalmazott félvezetők 2200V periodikus záróirányú csúcsheszültséget bírnak, így a kellő túlfeszültségvédelem biztosított.

A szelénlapok terhelhetőségét úgy választottuk meg, hogy egy transzformátortekercshez tartozó egység működésképtelensége esetén a többi túlfeszültségkorlátozó a legveszélyesebb esetben fellépő túlfeszültség energiáját is biztonságosan képesek legyenek levezetni.

A transzformátor szekunder tekercseinek túláramvédelmét a váltóáramú áramváltók (24) táplálják. Egy forgóváz 3 párhuzamosan kapcsolt vontatómotorának (17) armatúraáramkörét 2 sorbakapcsolt, féligvezérelt, egymás után kivezérelt tirisztoros hídból álló egyenirányító (10) táplálja. E követő vezérlésnek nagy előnye, hogy a teljesítménytényező már az első híd teljes kivezérlésekor kb. maximumát eléri, s bár a második híd vezérlése kezdetekor lecsökken, a legfontosabb, indítási tartományban a meddő teljesítményfelvétel kisebb, mint csak egy híd esetében.

A főegyenirányító a három motorhoz közös simítófojtó-tekercsén (12) át táplálja a motorokat. A vontatómotorokat egyenáramú, elektropneumatikus működtetésű kontaktorokkal lehet kapcsolni mind menet (13), mind féküzemre (14). A forgórészkapcsok megcserélésével történik az irányváltás, az egy forgóvázban levő 3 motoré közös irányváltó kapcsolóval, mely az M63 sor. mozdonyon alkalmazott típussal megegyezik.

Fékkapcsolásban a vontatómotor generátorként a fékellenállásra (18) dolgozik. A középső motor fékellenállásának megcsapolásáról üzemel a fékellenállás-szellőző (23). A motorkörben egyenáramú mérőváltó (15) adja az armatúraáram ellenőrző jelét. Az egyenirányító kapcsain a kimenő egyenfeszültséget az egyenfeszültségváltó (22) méri. A vegyes gerjesztésű motorok egymással sorbakötött külső gerjesztő tekercseit (20) a segédüzemi transzformátortekercsről (7b) leválasztó fojtón (25) keresztül táplált féligvezérelt hídkapcsolású gerjesztő egyenirányító látja el hullámos egyenárammal.

A kézi működtetésű selejtezőkapcsoló (21) segítségével egy-egy motort, egy teljes forgóvázat, sőt meghibásodott egyenirányítót is le lehet selejtezni.

Egyenirányító selejtezés azt biztosítja, hogy a mozdony két forgóvázának motorait sorbakapcsolva és a jó egyenirányítóról táplálva teljes vonóerővel, de fél sebességgel (fél motorfeszültséggel) tovább tudjon haladni, s még nehéz tehervonattal sem kell fekve maradnia.

A két forgóvázhoz tartozó villamos berendezés kapcsolása teljesen azonos.

2.3. A mozdony segédüzemi kapcsolása

A főtranszformátor segédüzemi tekercse táplálja a mozdony különböző segédüzemi berendezéseit (ld. a 4. ábrát). A segédüzemi tekercs körébe épített szelén túlfeszültség korlátozó (24) gondoskodik arról, hogy a körben meg nem engedett feszültségcsúcsok ne jöhessenek létre. A teljes segédüzemi kört fedővédelemként a váltakozó áramú áramváltóról (25) táplált túláramvédő relé védi, a főmegszakítóra hatva. Az egyes segédgépeket elsősorban biztosítók (9) védik, ill. az egyenirányítóról táplált berendezések esetében az áramkorlátozás és gyújtásletiltás.

A segédüzemi egyenirányítók (11), (12), az akkutöltő (14) és az egyfázisú, kondenzátoros motorok a (4-7) a mozdonyozón csatláson (2) és a segédüzemi átkapcsolón (3) keresztül külön is járathatók, felsővezeték feszültség nélkül is.

A kisebb teljesítményű szellőzők (4/1-4/8), (5) és (7) közvetlenül a segédüzemi feszültségről üzemelnek. A transzformátor olajszivattyúja (6) a V43 sor. mozdonyon alkalmazottal megegyezik. Egységsítési szempontokat figyelembevéve ugyanez vonatkozik az akkumulátorokra (22) is.

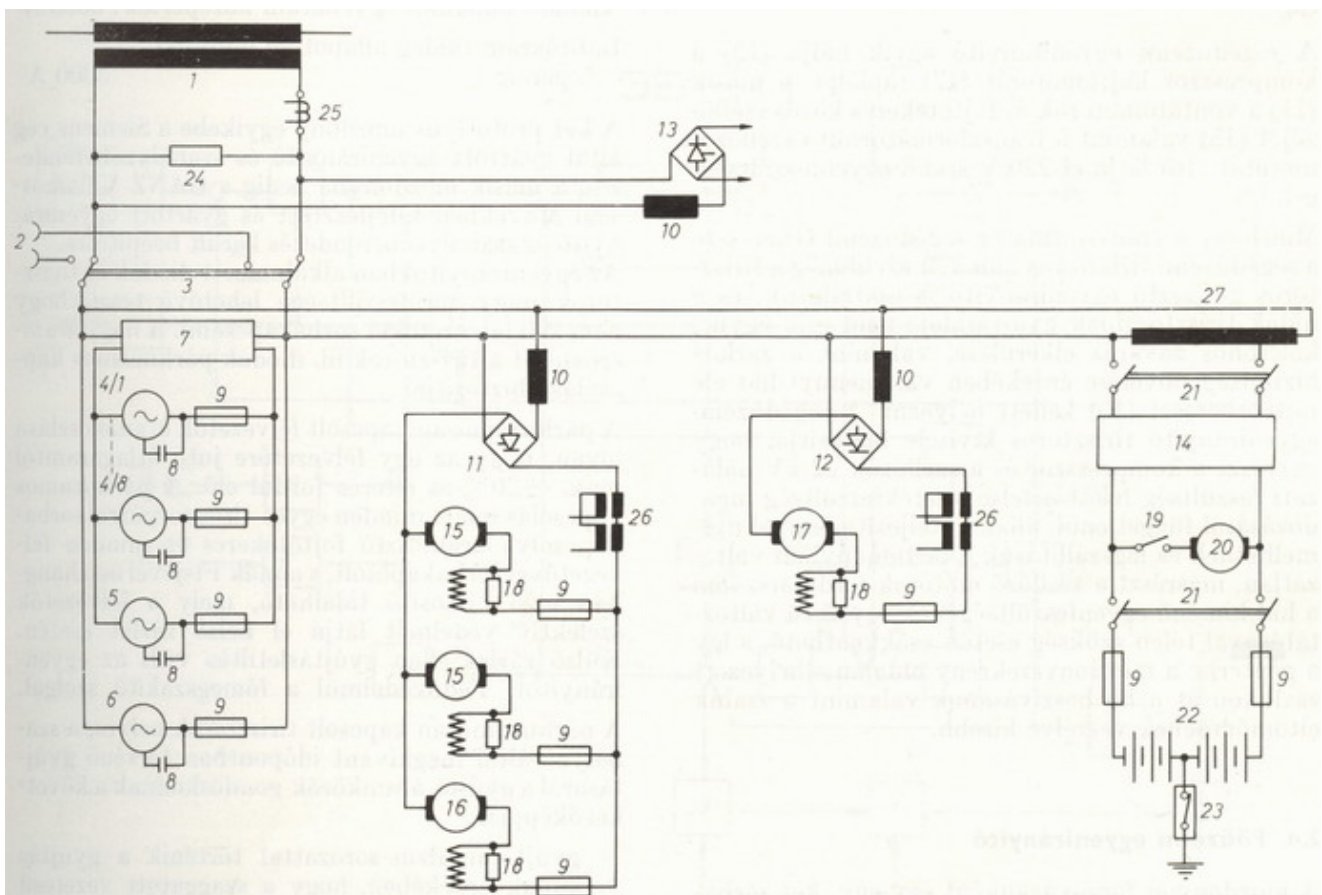
Az akkumulátortöltő bemeneti feszültsége névlegesen 250 V, ezért takaréktanszformátor (27) táplálja, mely még néhány 220 V-os fogyasztót is ellát.

A segédüzemi és gerjesztő egyenirányító típusa TH 4F-5000. E segédüzemi egyenirányító a GANZ Villamossági Közlemények 12. számában [3] ismertetett egyenirányító továbbfejlesztése, elég sok tekintetben eltérő szabályozással ill. védelmekkel, valamint a vontatómotorok külső gerjesztését tápláló gerjesztő egyenirányítóval. (13) kiegészítve. Így egy egységben három különböző, féligvezérelt tirisztoros híd került elhelyezésre, közös szellőzéssel. A segédüzemi egyenirányító egyik hídjá (12) a kompresszor hajtómotorát (17) táplálja, a másik (11) a vontatómotorok és fojtótekercs közös szellőzőjét (15) valamint a transzformátorhűtő szellő-

zómotorát (16) látja el 220 V stabil egyenfeszültséggel.

Mínt hogy a transzformátor segédüzemi tekercsére a segédüzemi tirisztoros hidakon kívül még a tirisztoros gerjesztő egyenirányító is csatlakozik, és e hidak tirisztorainak gyújtásideje nem esik egybe, kölcsönös zavarás elkerülése, valamint a zárlatbiztonság növelése érdekében valamennyi híd elé fojtótekercset (10) kellett helyezni. A segédüzemi egyenirányító tirisztoros kivitele biztosítja, hogy

egyrészt a kompresszor és a szellőzők 22 kV hálózati feszültség felett a felsővezeték feszültség ingadozásától függetlenül, állandó teljesítménnyel üzemelhetnek és légszállításuk e tartományban változatlan, másrészt a szellőző motorok fordulatszámát a híd kimenő egyenfeszültségének egyszerű változtatásával télen szükség esetén csökkenthető, s így a géptérbe a mozdonysekrény oldalán elhelyezett zsalukon át a hó beszívásának valamint a zsaluk eltömődésének veszélye kisebb.



4. ábra: A segédüzem elvi kapcsolási rajza.

1 - transzformátor segédüzemi tekercs, 2 - mozdonyszíni dugaszoló, 3 - segédüzemi átkapcsoló, 4 - (1-4) 8 tirisztoros egyenirányító szellőző, 5 - segédüzemi és gerjesztő egyenirányító szellőző, 6 - olajszivattyú, 7 - stabilizátor, 8 - kondenzátor, 9 - biztosító, 10 - szétválasztó fojtótekercs, 11 - szellőzőkörüi tirisztoros híd, 12 - kompresszorkörüi tirisztoros híd, 13 - gerjesztőkörüi tir. híd, 14 - akkumulátortöltő, 15 - vontatómotor- és fojtószellőző, 16 - transzformátorhűtő szellőző, 17 - légsűrítő motor, 18 - simító ellenállás, 19 - motorvédő kapcsoló, 20 - segédlégsűrítő motor, 21 - akkumulátor főkapcsoló, 22 - akkumulátor, 23 - földelő automata, 24 - túlfeszültség-korlátozó, 25 - váltakozóáramú áramváltó, 26 - egyenáramú áramváltó, 27 - takarékranszformátor.

2.4. Főüzemi egyenirányító

A mozdonyon forgóvázanként egy-egy, két sorba kapcsolt, féligvezérelt tirisztoros hídból álló egyenirányító egység van. Az egyenirányító adatai:

Névleges hullámos egyenfeszültség középérték:

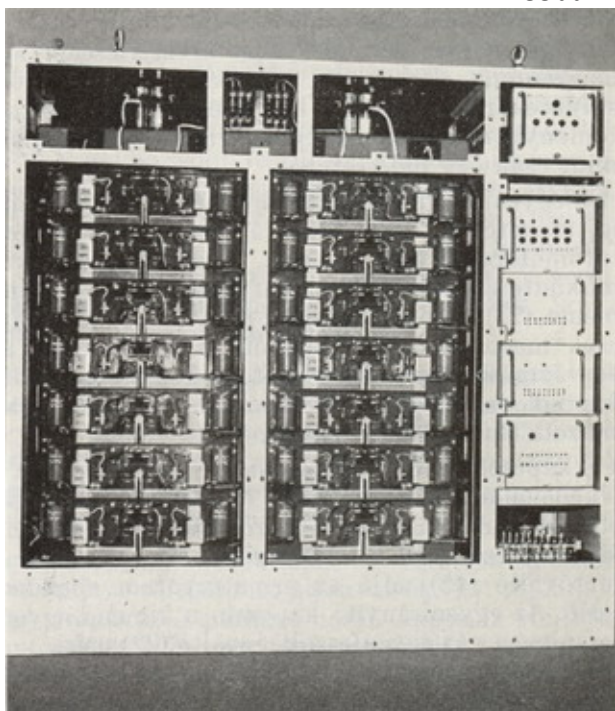
900 V

Állandó hullámos egyenáram középérték:

3000 A

Indítóáram (hideg állapotból indulva) 5 percig

3300 A



5. ábra: A GANZ Villamossági Művekben kifejlesztett TV4F 2X450/3000 típusú főüzemi egyenirányító

A két prototípus mozdony egyikébe a Siemens cég által gyártott egyenirányító és szabályzóberendezés, a másik mozdonyba pedig a GANZ Villamossági Művekben kifejlesztett és gyártott egyenirányító és szabályzó-berendezés került beépítésre. Az egyenirányítóknál alkalmazott diódák és tirisztorok nagy zárófeszültsége lehetővé teszi, hogy nem kell félvezetőket sorba kapcsolni. A nagy áramerősséget a tirisztorok ill. diódák párhuzamos kapcsolása biztosítja.

A párhuzamosan kapcsolt félvezetők árameloszlása olyan, hogy az egy félvezetőre jutó átlagáramtól max. $\pm 20\%$ -os eltérés fordul elő. A párhuzamos kapcsolás miatt minden egyes tirisztorpárral sorba kapcsolva áramosztó fojtótekercs és minden félvezetővel sorba kapcsolt, s annak i^2t -jével összhangban levő biztosító található, mely a félvezetők

szelektív védelmét látja el belső zárlat esetén. Külső zárlat ellen gyújtásletiltás védi az egyenirányítót. Fedővédelmül a főmegszakító szolgál.

A párhuzamosan kapcsolt tirisztorok helyes, a szabályzó által megkívánt időpontban történő gyújtásáról a gyújtó áramkörök gondoskodnak a következőképpen:

- gyújtóimpulzus-sorozattal történik a gyújtás annak érdekében, hogy a szaggatott vezetéssű üzemben (amikor az első impulzusok kiadása idején még a motorok ellenfeszültsége miatt a tirisztorokon zárófeszültség van) is biztosan begyűjtsanak a párhuzamosan kapcsolt tirisztorok.
- az impulzusok egy nagyobb amplitúdójú, meredek homlokú és egy kisebb amplitúdójú, hosszú hátrészből állnak.
- a másodiknak gyújtó híd impulzusai idején az első híd is a második híddal egyidőben kap impulzusokat azért, hogy a két híd együttműködése biztosított legyen.

A főüzemi egyenirányító szellőzéséről 4 db kondenzátoros 1 fázisú aszinkronmotorral hajtott ventilátor gondoskodik. Egy szellőző meghibásodása esetén, csökkentett indító árammal a berendezés tovább üzemeltethető. Szellőző meghibásodásról valamint biztosító kiolvadásról jelzés értesíti a mozdonyvezetőt.

2.5. Menetszabályozás

A szabályozás elve: sebességszabályozás alárendelt áramszabályozással. A két forgóvázhoz tartozó egyenirányítók gyújtásvezérlése külön történik, csupán a sebességszabályozás, és a külső gerjesztőkör szabályozása, valamint a tápegység közös, a szabályozás egyébként az armatúraáramkorlátozótól kezdve a két forgóvázra szétválik.

2.5.1. Sebességszabályozás

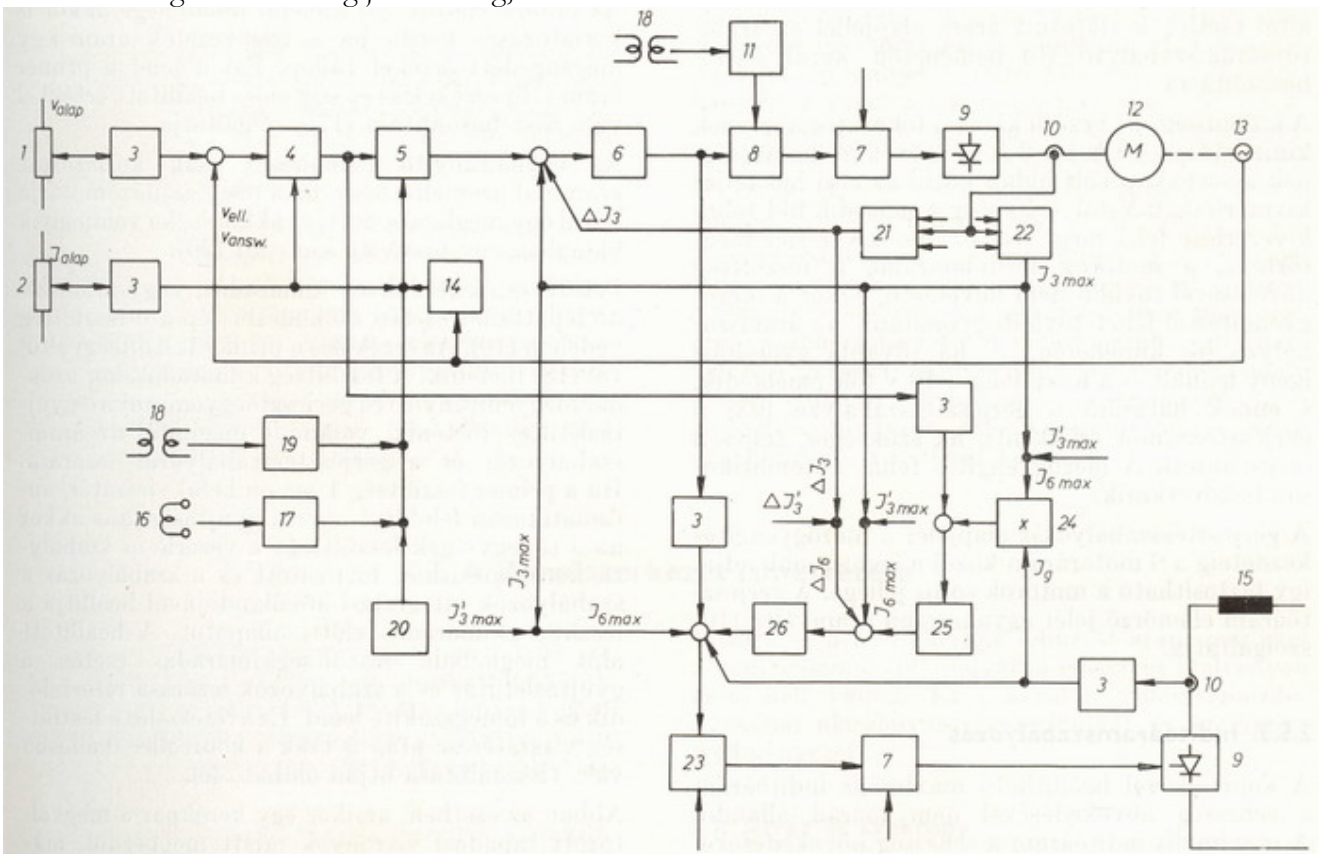
A mozdonyvezető a vezetőasztalon elhelyezett sebesség alapjeladó (1) potenciométerrel állítja be a kívánt haladási sebességet. A sebességszabályzó (4) kivezrlődik, ha a kerékpár tengelyre szerelt háromfázisú fordulatszám-mérő generátor (13) által szolgáltatott ellenőrző jel és az alapjel között különbség van. E kivezrlődés mértéke függ az alap

és ellenőrzőjel közötti különbség nagyságától, így biztosítható, hogy a kívánt sebesség elérésekor az armatúraáram ne hirtelen csökkenjék. A sebességszabályzó (4) kimenete ugyanis az armatúraáram alapjele. A sebességszabályzó mindaddig hatástalan, míg a menetvezérlő kontroller tengelyére szerelt áramalapjeladót (2) (indítóáram korlátozó) a nullhelyzetéből ki nem mozdították. Ha a sebesség alap- és ellenőrzőjel megegyezik, a mozdony elérte a beállított sebességet. Ekkor a sebességszabályzó kimenő feszültsége csökken, emiatt csökken az armatúraáram is. Az egyensúlyi állapot a menetellenállással egyenlő vonóerőnél következik be, és ekkor a mozdony a beállított sebességgel halad. A sebesség állandó értéken tartása érdekében a szabályozás az armatúraáram nagyságát az egyenirányítók teljes lezárásával akár minimálisra is csökkentheti. Ha a mozdony még így is tovább gyorsulna (pl. lejtőn lefelé halad), a sebességszabályzó kimenetén negatív feszültség jelenik meg, és a beál-

lított sebesség túllépéséről a mozdonyvezető figyelmeztető jelzést kap. Ekkor az áramkorlátozó (5) a bemenetére jutó negatív feszültség hatására lezár, a főegyenirányító tirisztorai nem kapnak gyújtást.

2.5.2. Áramszabályozás, mezőgyengítés

Az indítóáram-korlátozó potenciométer a kontrollér alaphelyzetéből 45°-kal való kiforgatása után lép működésbe, és 45° és 300° közötti elforgatási tartományban lineáris kimenőjelet ad. Az áramszabályozóra (6) jutó jelet és ezzel a vontatómotorok áramát (s így a mozdony vonóerejét) ennek a kontrollerbe épített áramkorlátozó potenciométernek kapcsain megjelenő feszültsége korlátozza egy minimális és maximális érték között folyamatosan az áramkorlátozó (5) műveleti erősítő kimenő feszültségének korlátozása útján.



6. ábra. V63-002 psz, mozdony menet- és fék-szabályozásának blokkvázlata.

1 - sebesség alapjeladó, 2 - áramalapjeladó, 3 - erősítő, 4 - sebességszabályzó, 5 - áramkorlátozó, 6 - armatúraáram szabályzó 7 - impulzusképző fokozat, 8 - motorfeszültség korlátozó, 9 - gyújtókörok és tirisztorok, 10 - egyenáramú áramváltó, 11 - kiértékelő fokozat, 12 - vontatómotor armatúraköre, 13 - sebesség ellenőrző jeladó, 14 - indítóáramkorlátozó, 15 - külső gerjesztőtekercs, 16 - primer áram érzékelő, 17 - primer áram korlátozó, 18- primer feszültség érzékelő, 19 - nullfeszültségvédelem, 20 - korlátozások, 21 - áramösszehasonlító fokozat, 22 - max. áram képzés, 23 - gerjesztőáram szabályzó, 24 - fékerő ellenőrzőjel képző, 25 - fékerőszabályzó, 26 - fékárámszabályzó.

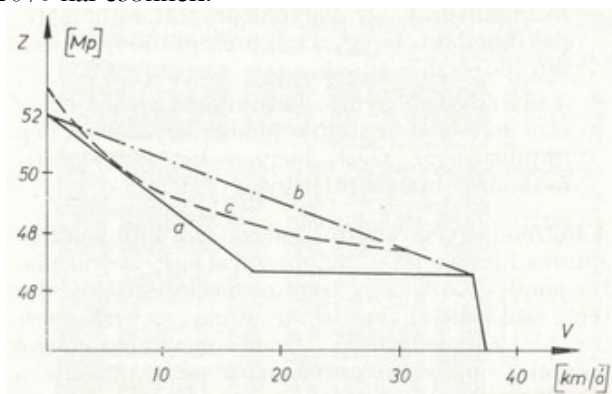
Az armatúraáramok érzékelése 6 db egyenáramú áramváltóval (10) történik. Egy-egy forgóvázhoz tartozó áramszabályozás számára az illető forgóváz 3 motorárama közül a legnagyobb áram (22) szolgál ellenőrzőjelként. Ez az ellenőrzőjel a sebesség-szabályzóhoz jövő, és a különböző áramkorlátozók által esetleg korlátozott áram alapjellel az armatúraáram-szabályzó (6) bemenetén kerül összehasonlításra.

A különbségi jel vezérli ki ezt a fokozatot, melynek kimenetén -10 V-tól 0 V-ig növekvő feszültségnek a sorbakapcsolt hidak közül az első híd teljes kivezérése, 0 V-tól +10 V-ig a második híd teljes kivezérése felel meg. Ha a teljes kivezérés megtörtént, a motorok fordulatszámja a feszültség növelésével tovább nem növelhető, ekkor a mezőgyengítéssel lehet tovább gyorsítani. Az áramszabályzó (6) kimenetén, - ha további gyorsítási igény fennáll - a feszültség + 10 V fölé emelkedik, s ennek hatására a gerjesztésszabályzó (23) a gerjesztőáramot csökkenti, ha szükséges, teljesen megszünteti. A mezőgyengítés tehát automatikusan bekövetkezik.

A gerjesztésszabályozás alapjelét a mezőgyengítés kezdetéig a 6 motoráram közül a legnagyobb adja, így biztosítható a motorok soros jellege. A gerjesztőáram ellenőrző jelét egyenáramú áramváltó (10) szolgáltatja.

2.5.3. Indítóáram szabályozás

A kontrollerrel beállítható maximális indítóáram a sebesség növekedésével nem marad állandó. A maximális indítóáram a sebesség növekedésével kb. 10%-kal csökken.



7. ábra Max. indítóáram szabályozás.

A beavatkozást a sebesség ellenőrző jellel vezérelt maximális indítóáram-korlátozó (14) végzi. A megoldás a tapadási tényező sebességfüggését ve-

szi figyelembe, másrészt lehetővé teszi, hogy a követő vezérlés miatt a 7. ábra a) esetének megfelelő csökkenés esetén a második hídban a párhuzamos tirisztorágak száma esetleg kisebbre legyen választható.

A vonóerő görbe az *a* és *b* egyenes között bárhol megvalósítható fenti indítóáram-szabályozással. A *c* görbe a V43-1076 psz. tirisztoros mozdonyal végzett tapadási vizsgálatokból adódó max. kihasználható vonóerőt mutatja. [4]

2.5.4. Korlátozások, védelmek

Az áramkorlátozó (5) kimenő feszültsége akkor is korlátozásra kerül, ha a felsővezeték áram egy megengedett értéket túllép. Ezt a jelet a primer áram (16) érzékelése és egy előre beállított értékkel való összehasonlítása (17) szolgáltatja.

Az egyenirányító berendezés csak korlátozott árammal üzemeltethető, ha a négy szellőzőmotorja közül egy meghibásodott, és akkor is, ha valamelyik hídágban egy biztosító kiolvadt (20).

Felsővezeték feszültség kimaradás, vagy áramszedő lepattanás esetén működésbe lép a nullfeszültség védelem (19). Az érzékelés a primer feszültségváltóval (18) történik. A feszültség kimaradásakor azonnal főgyenirányító és gerjesztőgyenirányító gyújtásletiltás történik, valamint megindul az áramszabályozás és a gerjesztésszabályozás lezárása. Ha a primer feszültség 1 sec-on belül visszatér, automatikusan feloldást nyer a gyújtásletiltás akkor, ha a tápegységek feszültsége a vezérlő és szabályzó körökhöz ismét biztosított és a szabályozók integrálási időállandójával beállítja a feszültségkimaradás előtti állapotot. A beállított időt meghaladó feszültségkimaradás esetén a gyújtásletiltás és a szabályozók lezárása reteszeli és a főmegszakító leold. Ez a reteszelés a feszültség visszatérése után is csak a kontroller 0 állásba való visszaállítása útján oldható fel.

Abban az esetben, amikor egy kerékpár a megváltozott tapadási viszonyok miatt megperdül, más sebességgel forog a motor mint a többi, a soros jellegű motor árama lecsökken. A forgóváz motorjainak áramában érzékelhető ΔI különbség (21) képzésével hatásos és a perdulés mértékével mindig arányos védelem került alkalmazásra. Az armatúraáram-szabályzó (6) bemenetén ugyanis az ellenőrzőjelhez ezen áramkülönbség (természet-

sen a jelszintet illesztve) hozzáadásra kerül, s így a szabályozás nagyobb ellenőrzőjelre szabályoz, vagyis ΔI fellépése esetén a gyűjtásszöveget visszaveszi, a többi motor árama is csökken mindaddig, amíg a köszörülés meg nem szűnik.

A kivezérlés korlátozása (8) segítségével biztosítható, hogy a vontatómotorokra jutó feszültség a felsővezeték feszültség névleges értéke fölé emelkedése esetén ne lépje túl a megengedett maximális motorfeszültséget. A felsővezeték feszültségét feszültségváltó (18) érzékeli. Ez a beavatkozás nem befolyásolja a mezőgyengítést, mely megkezdődhet már nem teljes kivezérlés esetén is, ha a motorok a maximális feszültségüket elérték, s így biztosítja, hogy a névlegesnél nagyobb felsővezeték feszültségen is a lehető legnagyobb vonóerővel haladjon a mozdony. Az impulzusképző (7) fokozat állítja elő a megfelelő időpontban kezdődő sorozatimpulzusokat. Ha már a második híd is kap gyűjtőimpulzusokat, az első híd gyűjtőimpulzusait is a második híd vezérlő impulzusai indítják, s ezzel biztosítható a két híd együttes üzeme.

Vontatómotor túláram, megengedettnél nagyobb áramnövekedés (di/dt), hálózati- és tápfeszültség kimaradás a tirisztorok gyűjtőimpulzusait tiltja le.

2.6. Fékszabályozás

A prototípus mozdonyokba épített fékberendezés és a hozzátartozó fékszabályozás a MÁV speciális, fékmozdonyos üzemre vonatkozó igényét elégíti ki. A fékszabályozás biztosítja az állandó sebesség melletti fékezést, valamint az állandó fékerővel történő fékezés lehetőségét is.

A fékmozdonyos üzemben tehát a legkülönbözőbb mérésekre és vizsgálatokra alkalmas a mozdony az állandó sebességgel történő fékezésre szabályozással a vizsgált mozdony egy-egy konkrét sebességen történő kimérésére, állandó fékerőre szabályozásnál egy bizonyos vontatási elegységű leképezésére, és ezáltal a vizsgált mozdony gyorsítóképességének, vonóerőkifejtésének (pl. állandó, órás, stb.) ellenőrzésére nyílik alkalom.

Fékmozdony üzemben valamennyi vontatómotor saját fékellenállására külső gerjesztésű generátorokként dolgozik. A kezelőszervek (áram és sebesség alapjelek) megfelelő és folyamatos beállításával a 2. ábrán rajzolt fékerő-sebesség jelleggörbe alatti teljes területen a mozdonyal akár állandó sebességgel, akár állandó fékerővel vizsgálatot lehet végezni.

Fékmozdony-üzemi próba esetén a mozdony nagy vonóerejét is ki lehet használni arra, hogy a megkívánt sebességre vontató mozdonyként gyorsítson, majd a sebesség elérése után egyszerű módon, a vezetőasztalon levő kapcsoló segítségével (természetesen vezérkontroller „0” állásban) át lehet térni a fékmozdony üzemre.

A menetvezérlő kontroller tengelyére szerelt (ld. a 6. ábrát) áramkorlát-jeladó (2), mely menetüzemben az indító vonóerőt állítja be, állandó sebességű féküzemben a sebességszabályzó (4) kimenőfeszültségének korlátozása révén a maximális fékerő korlátozására, állandó fékerőjű féküzemben pedig a fékerő beállítására szolgál. A fékszabályozás csak akkor hatásos, ha a vezérkontroller (és a tengelyére szerelt áramkorlát jeladó) nem „0” vagy „X” (előkészítő) helyzetben van, és a sebesség-jeladóval (1) beállított sebességnél a mozdonyt nagyobb vagy azzal éppen megegyező sebességgel vontatják. A sebességszabályzó (4) ugyanis ez esetben negatív jelet ad ki; így egyrészt az armatúrakörben nincs áram alapjel (a főüzemi egyenirányító vezérlésére nincsen szükség), másrészt egy erősítőn (3) keresztül, mint fékerő alapjel a fékerő ellenőrző jellel összehasonlítva kerül a fékerő-szabályzóba (25). A fékerő ellenőrzőjelet a 6 motor közül legnagyobb armatúraáram (I_{6max}) és a gerjesztőáram ellenőrzőjelek (I_g) szorzata adja. E szorzást a fékerő ellenőrzőjel képző (24) függvénygenerátor végzi.

A fékerő-szabályzó (25) az alapjel és ellenőrzőjel különbségétől függő fékárám alapjelet ad ki, mely a fékárám ellenőrzőjellel összehasonlítva jut a fékárám szabályzóba (26).

A fékárámszabályzó kimenetén a gerjesztőáram alapjel jelenik meg, mely a gerjesztőáram ellenőrzőjellel összehasonlítva a gerjesztésszabályzón (23) keresztül a gerjesztő-egyenirányító vezérlését végzi.

3. A járműszerkezet ismertetése

Az 5000 LE-s prototípus villamosmozdonyok járműszerkezeti részét eddigi villamosmozdonyainkhoz hasonlóan a Ganz-MÁVAG Mozdony-, Vagon és Gépgyár Mozdony Gyáregysége gyártotta. A 2 db mozdony járműszerkezeti részének Ganz-MÁVAG típusjele VM-15-1.

A mozdonyok járműszerkezeti részének kialakításánál is fontos törekvés volt, hogy minél több alkatrész legyen cserélhető már meglévő és bevált mozdonytípusok alkatrészeivel.

Fontos, eddigi villamosmozdonyainkhoz képest új követelmény az UIC 505 szerkesztési szelvény betartása - a mozdonyok lehúzott áramszedőkkel a nem villamosított pályákra érvényes szelvényen belül kell lennie. Ez a korábbi villamosmozdonyokénál alacsonyabb vezetőfülkét és szekrényt eredményezett.

3.1. Alváz és szekrény

Az alváz teljes hosszúságában és szélességében két szinten elhelyezkedő lemezből áll, melyeket függőleges bordák merevítenek. Az alvázhoz kétoldalt függőleges oszlopok csatlakoznak, melyeket az oldalfal tetején felső öv fog össze. Az oszlopok közötti mezők kívülről lemezborítást kapnak, ez biztosítja az alváz és oldalfal együtthordását.

A géptértető három részben leemelhető, az így keletkező nyílásokon keresztül a géptéri berendezések kiemelhetők.

A mozdonyra csavarkapcsos vonókészülék és oldalütközők kerülnek felszerelésre, de az alvázvégek kiképzése olyan, hogy a központi vonó- és ütközőkészülék kis mértékű utómunkával felszerelhető. A mozdonysekreány ütközőerőre történő méretezésénél ennek megfelelően 250 Mp központi nyomóerőt vettek figyelembe.

A mozdonysekreány formatervei a GANZ Villamosági Művekben készültek. A mozdony géptéri falain teljes hosszban levegőbeömlő nyílások láthatók, melyek eső, por és hó behatolás ellen védő zsalukkal vannak felszerelve. Az oldalfalak és a vezetőfülkék kialakításánál a gépi mosás szempontjait is figyelembe vették. A külső festés plasztikusan kiemeli a mozdony formai egységeit.

A vezetőfülkék belső kialakítása szintén formatervezőnk bevonásával készült az ergonómiai és biztonsági szempontok messzemenő figyelembevételével.

3.2. Futómű

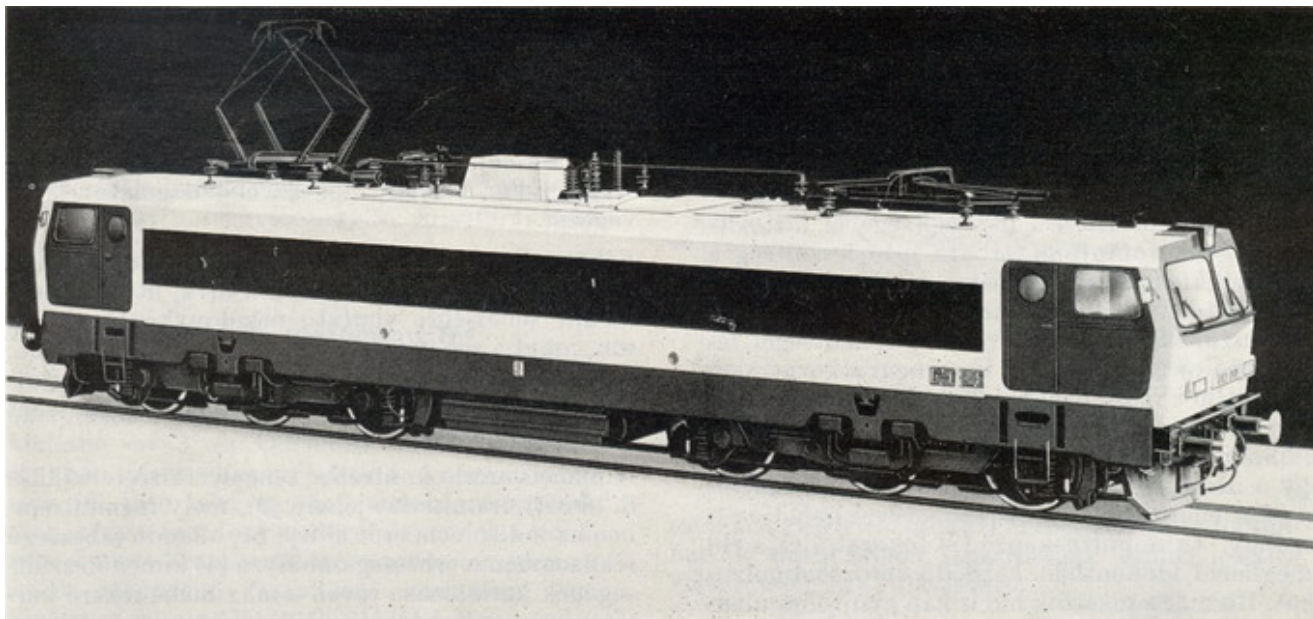
A mozdonyok futóműve messzemenő azonosságot mutat a DVM 10 típusú mozdonyokkal [5]. A forgóvázelemek nagymértékű azonosságát az tette lehetővé, hogy kifejlesztettük a nagyteljesítményű TC 700 k típusú vontatómotorokat, melyek beépíthetők ugyanolyan tengelytávú forgóvázbba, mint a DVM 10 mozdonyok TC 500 ill. TC 501 típusú vontatómotorai.

A forgóvázkereket hajlított lemezekből és acélöntvény idomdarabokból összehegesztett szekrénytartós szerkezet. Két hossztartóból és három keresztartóból áll, mely utóbbiak a vontatómotorok felfüggesztését is szolgálják.

Az alváz és a forgóvázak között a függőleges erő átadása 3-3 ponton történik. 2-2 támasztási pont a forgóváz hosszartók konzoljaira szerelt ingákon van. Egy-egy pont a forgóváz mozdonyközép felé eső keresztartóján van - ez a felfüggesztési pont egyúttal a torziós forgóvázösszekötő szerkezet beépítésére is szolgál. A torziós forgóvázösszekötő szerkezet terelőerők, s ezáltal a nyomkarima éleledés csökkenését eredményezi, a kisiklás elleni biztonságot pedig növeli.

A vízszintes erő átadása a forgóváz keretbe ágyazott forgócsapból csuklós szerkezettel történik, mely indifferens jelleggel biztosítja a forgóvázak beállítását ívben való haladáskor, a forgóváz és a szekrény közötti keresztirányú relatív elmozdulást.

A tengelyágak kapcsolata a forgóvázkerettel a következő: A háromtengelyű forgóvázak szélsőtengelyeinek csapágyházai karos kiképzésűek. A karok a forgóváz kerethez gumiperselyes csapokkal csatlakoznak. A középső csapágyházakat függőleges csúszópofák vezetik. A tengelyek a csapágyházakba épített beálló kúpos furatú lehúzóhüvelyes kétsoros hordóörgős csapágyakban futnak.



8. ábra: A formatervezett mozdony makettje
(Kiállítva 1973-ban a Budapesti Nemzetközi Vásáron)

A mozdony hordrugórendszere forgóvázanként 4 db duplex függőleges, 4 db függőleges és 4 db hosszirányú vízszintes szimplex csavarrugóból áll. A rugók részben a tengelyágyakból kiképzett karokon keresztül, részben himbákon keresztül egy-egy oldalon sorba vannak kötve, így a hordrugórendszer nagymértékben kiegyensúlyozott. A hordrugórendszer a keréknyomások pontos beállítását is lehetővé teszi.

A mozdony szekrény keresztirányú rugózását a már említett szekrényfelfüggesztő ingák biztosítják.

A vontatómotorok marokcsapágyasak, a kerékpártengelyre szerelt nagyfogaskerék hajtása rugalmas. A forgóvázak kialakítása lehetővé teszi, hogy áttétel változtatással és vagy az előbbi hajtással vagy gumirugózott csőtengelyre támaszkodó, azt merev fogaskerékkel hajtó vontatómotorral a mozdonyok végsebessége 160 km/h-ra növelhető legyen.

3.3. Fékberendezés

Önműködő gyorsvasúti átmenő fék biztosítja a vonat és a mozdony fékezését, míg a közvetlen működésű kiegészítő fék csak a mozdony fékrudazatára téve hat. Az önműködő fékszelep típusa Knorr D12.

A féklevegő víztartalmának csökkentésére a kompresszor és a főlégtartályok közé Gohin-Poulenc gyártmányú légszárító berendezés van iktatva, mely a kompresszor működésekor a rajta átmenő levegőből leválasztja a nedvességtartalmat, a komp-

resszor kikapcsolása után pedig egy 60 l-es légtartály levegőjét a légszárító készüléken ellenkező irányban átvezetve és egy elektropneumatikus szelepet nyitva, az összegyűlt vizet a szabadba fújja.

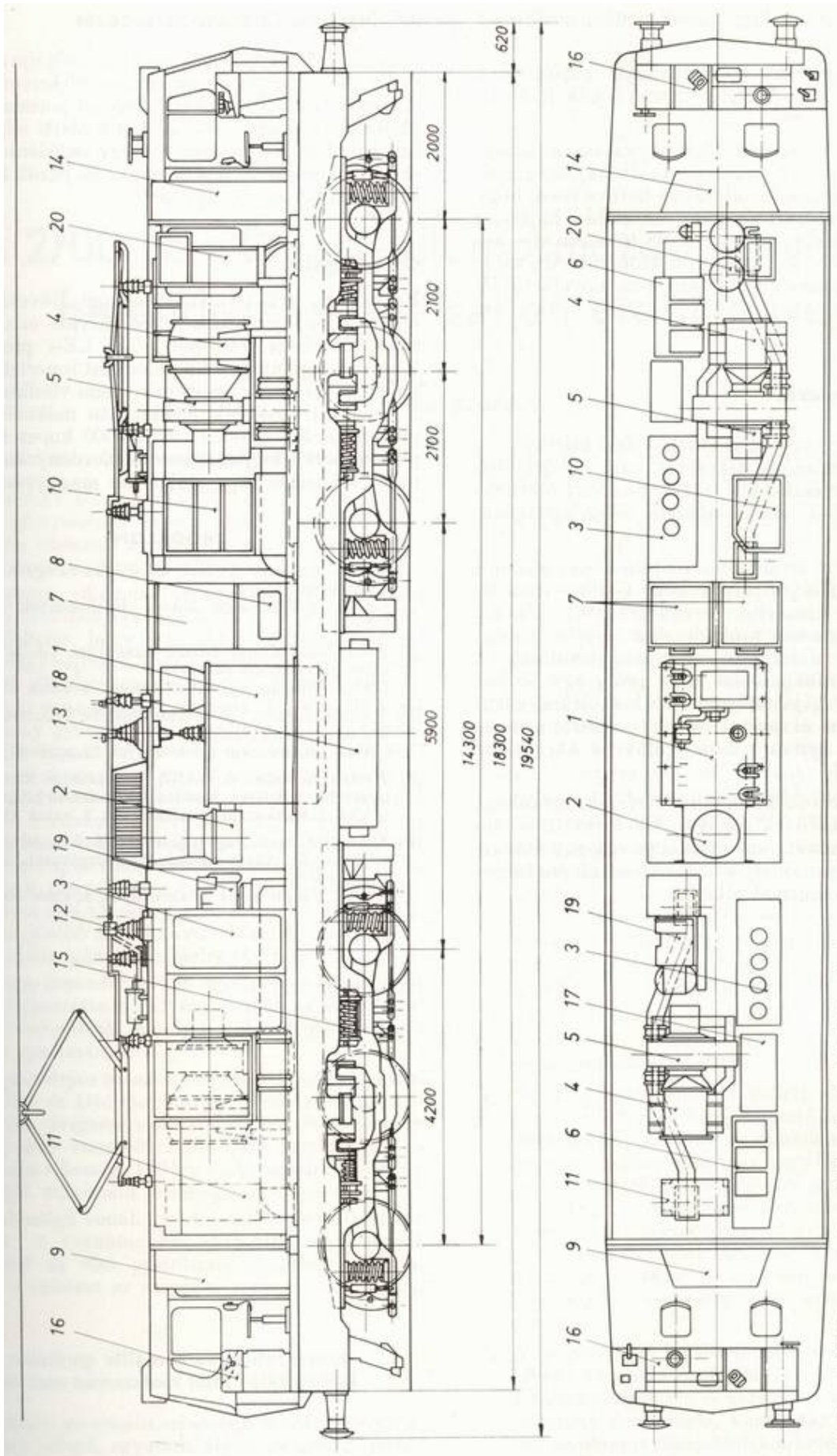
A kerekek fékezése kétoldalról történik, sarunként két-két cserélhető féktuskóval. Álló helyzetben való rögzítésre mindkét vezetőfülkében egy-egy csavarorsós kézifék van, mely a hozzá közelebb eső forgóváz középső tengelyét fékezi.

3.4. Nyomkarimakenő berendezés

A nyomkarimakopás csökkentését szolgálja a Friedmann gyártmányú nyomkarimakenő berendezés is. A berendezés állandó időközönként porlaszt kenőolajat a nyomkarimára. 15 km/h alatti sebességeken azonban a sebességmérő egy segédérintkezője ezt lekapcsolja, hogy állomások és jelzők környékén a pályát ne szennyezze.

Összefoglalás

Fentiekben a GANZ Villamossági Művekben kifejlesztett új tirisztoros egyenirányító- és szabályzóberendezéssel felszerelt 5000 LE-s prototípus mozdony leglényegesebb jellemzőit, ismertettük röviden. A mozdony egészének üzemi viselkedéséről, a beépített egységek megbízható működéséről a prototípus kísérletek és a 100000 km-es tartampróbák során fogjuk a sorozatmozdony kialakításához szükséges tapasztalatokat megszerezni.



9. ábra: A V 63 sor. mozdony jellegrajza és belső elrendezése.
 1 - főtranszformátor, 2 - transzformátorhűtő, 3 - tirisztoros főüzemi egyenirányító, 4 - simítófojtó, 5 - vontatómotor- és fojtószelellőző, 6 - főáramú készülékek, 7 - fékellenállás, 8 - fékellenállás hűtő, 9 - szabályozószekrény, 10 - relészekrény, 11 - segédüzemi készülékek, 12 - főmegszakító, 13 - átvzető áramváltó, 14 - rádió és hátfalkészülékek, 15 - vontatómotor, 16 - vezetőasztal, 17 - tirisztoros segédüzemi egyenirányító, 18 - akkumulátorszekrény, 19 - légsűrítő 20 - légszerelvény állvány.

IRODALOM

- [1] *Kovács Kálmán*: A MÁV 3000 LE-s Si egyenirányítós villamosmozdonya. GANZ Villamossági Művek Közlemények 4. szám 18-31.o.
- [2] *Fiser József - Kozma László - Szandner Vilmos*: Tirisztoros mozdonykísérleteink. GANZ Villamossági Közlemények 9. szám 15-31. o.
- [3] *Kulcsár László*: Villamosmozdonyok tirisztoros segédüzemi egyenirányítója. GANZ Villamossági Közlemények 12. szám 97-100. o.
- [4] *Kovács Kálmán*: A GANZ Villamossági Művek által gyártott villamos mozdonyok adhézió-kihasználása. GANZ Villamossági Közlemények 9. szám 32-41. o.
- [5] *Zábonyi Lóránt*: Nagyteljesítményű, 6 tengelyes diesel-villamos- ill. villamosmozdonyok forgóvázainak fejlesztési kérdései. GANZ Villamossági Közlemények 9. szám 60-72. o.

FODOR FERENC

A 2700 LE-s Diesel-villamosmozdony villamos berendezése és kísérleti eredményei

1. Bevezetés

1.1. A mozdony létrehozásának körülményei

A Ganz-MÁVAG és a GANZ Villamossági Művek közös fejlesztésének eredményeként az 1971. év folyamán elkészült az első két hazai nagyteljesítményű diesel-villamosmozdony.

A mozdony villamos berendezéseinek fejlesztési munkái 1967-ben kezdődtek. A munka megkezdését késleltette, hogy nem állt rendelkezésre megfelelő nagyteljesítményű dieselmotor. A francia Pielstick dieselmotor-család licenciájának megvásárlásával ez az akadály elhárult. A Ganz-MÁVAG a mozdony gyors kifejlesztése érdekében a dieselmotorhoz hasonlóan, a villamos berendezés külföldi licencia alapján történő gyártását javasolta. Gyárunk, bár hasonló teljesítményű és megoldású villamos berendezést még nem gyártott, a saját erőből, történő fejlesztés és gyártás mellett döntött. A két prototípus villamos berendezés gyártása 1970. III. ill. IV. negyedévben befejeződött. A mozdony elsősorban a MÁV igényeinek megfelelően készült, azonban kisebb átalakítással bármely vasúttársaság speciális igényeit is kielégítheti.

A villamos berendezés főbb egységeit gyárunk saját erőből fejlesztette ki. Kivétel csupán az akkumulátortöltő berendezés, amely a Villamosipari Kutató Intézet gyártmánya.

A két prototípus mozdony egymástól eltérő hajtási megoldása és áttétele miatt, különböző vontatási feladatok elvégzésére alkalmas. Az első mozdony nagy indító vonóerővel (40 Mp) rendelkezik és maximális sebessége 130 km/ó. A második mozdony 160 km/ó maximális sebességű, elsősorban nagysebességű vonali kísérletek végrehajtásához készült. A továbbiakban vizsgálatunk tárgyát nagyrészt az első prototípus mozdony alkotja, hiszen e változat az alapja a várható sorozatnak.

1.2. A mozdony villamos berendezésével szemben támasztott főbb célkitűzések

A 130 km/ó maximális sebességű mozdony egységmozdony jellegű, egyaránt alkalmas nehéz teher-, személy- és gyorsvonatok vontatására. A villamos berendezéssel szemben támasztott főbb követelmények a következők voltak [1]:

a) Nagy indítónóerő, nehéz tehervonatok indítása és vontatása érdekében. A maximális gépi vonóerő 40 Mp. Ez az érték 120 t mozdony súly figyelembe vételével 33 % tapadósúly kihasználásnak felel meg. A tapadási tényező értéke 0,1-0,45 között változhat, elsősorban az időjárási viszonyok, valamint a sín és kerék állapotától függően. A száraz, napos idő esetén általában mérhető tapadási tényező értéke kb. 0,3. Ennél nagyobb érték csupán szórványosan fordul elő. Ezért az indító vonóerő meghatározásánál ezt az értéket vettük alapul, annak érdekében, hogy a kifejtendő maximális vonóerőt csak a tapadás korlátozza.

b) Biztosítani kellett a mozdony tapadósúlyának jó kihasználását és megfelelő csúszásvédelmet kellett kialakítani. Biztosítani kellett, hogy egy-egy kerék megcsúszása ne okozza a többi kerék megcsúszását. Gondoskodni kellett hatásos csúszásvédelemről, mely alkalmassá teszi a mozdonyt csúszáshatáron történő üzemelésre.

c) Az erőátvitelnek alkalmasnak kellett lennie a vontatási teljesítménynek a maximális sebességig történő átvitelére.

d) Nagy állandó vonóerőt kellett elérni. Ehhez a gépi berendezést nagy állandó áramra, míg a névleges teljesítmény maximális sebességig történő átviteléhez aránylag nagy feszültségre kellett méretezni. E két jellemző szorzata a típus teljesítmény. A villamos berendezés típus teljesítménye egységmoz-

dony esetén magasabb értékre adódik, mint egy speciális - pl. csak tehervonati, vagy csak gyorsvonati - vontatási feladat végrehajtására méretezett mozdonynál.

e) A mozdonyt el kellett látni villamos ellenállás-fékező berendezéssel. Bár e mozdonytípusnál a légfékberendezés elegendő fékhatást nyújt, a mozdony üzemvitele, karbantartása megköveteli a villamos ellenállásfék alkalmazását. A villamos fékberendezés a mozdony üzemi fékezésére alkalmas. Teljesítménye jelzi, milyen hatalmas fékezési energia alakul a villamos fékellenállásban hővé, mentesítve ezáltal a mozdony és a szerelvény fékberendezését.

f) A mozdonyt el kellett látni villamos vonatfűtési berendezéssel, tekintettel a személy- és gyorsvonatok vontatására.

g) A mozdony súlyát a megengedhető maximális tengelynyomás korlátozza, ezért törekedni kellett minél kisebb súlyú berendezés kialakítására.

h) Üzembiztos kivitel, kis karbantartási igény. Az üzembiztonságnak különösen fővonalai járműveknél, a nagy forgalomsűrűség miatt van fokozott jelentősége.

Egységmozdonyok esetén a mozdonnyal szemben támasztott követelmények száma nagy, a villamos berendezés ennek megfelelően bonyolultabb, az alkalmazott elemek száma megnövekszik.

A mozdony egészének üzembiztos működését csak úgy lehet biztosítani, ha minden elem és berendezés üzembiztonsága megfelelő.

Egységmozdonyok alkalmazásának jelentősége az üzemeltető vasúttársaság részéről elsősorban az, hogy a forgalmi feladatokat aránylag kisszámú mozdonytípussal képes lebonyolítani. Kisszámú mozdonytípus esetén a fenntartási, karbantartási, tartalék készletértékesítési költségek lecsökkennek.

A mozdony fontosabb követelményeinek, főbb adatainak meghatározása a KPM Vasúti Főosztálya szakembereinek segítségével, a MÁV vontatási igényeinek figyelembe vételével történt. Az ő segítségük nemcsak a mozdony tervezése, hanem gyártása, üzembehelyezése, próbái során is nagymértékben hozzájárult a mozdony, ezen belül a villamos berendezés sikeres kifejlesztéséhez.

2. A mozdonyok főbb műszaki adatai

A villamos berendezésben alkalmazott fontosabb megoldások

Bár a jelenlegi dieselmotor 2700 LE teljesítményű, a villamos berendezés tervezésekor számítottunk arra, hogy a dieselmotor teljesítménye esetleg nö-

velhető. Ezért a villamos berendezést 3150 LE névleges teljesítményre, az átvienő trakciós teljesítményt 2800 LE-re terveztük.

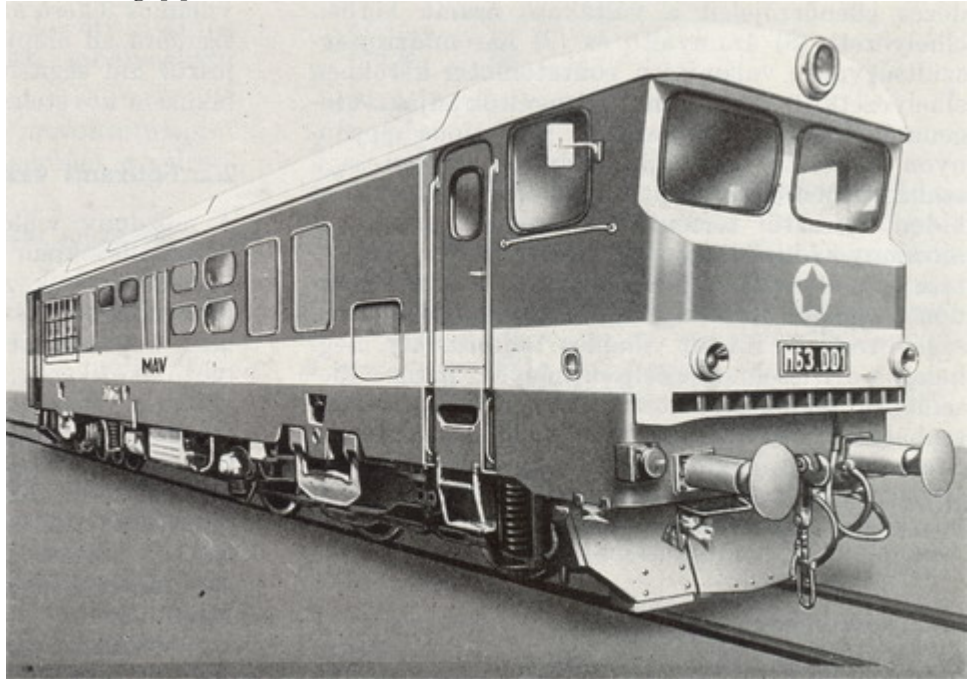
A mozdony illetve a villamos berendezés főbb adatai a következők:

	I. változat	II: változat
Nyomtáv	1435 mm	1435 mm
Tengelyrendezés	Co ² -Co ³	Co ² -Co ³
Kerékátmérő (új/teljesen kopott)	1250/1170 mm	1250/1170 mm
Tengelynyomás	20 Mp	20 Mp
Súly	120 Mp	120 Mp
Dieselmotor teljesítmény	2700 LE	2700 LE
Névleges vontatási teljesítmény (2700 LE Dieselmotor teljesítmény esetén)	2400 LE	2400 LE
Szerkezetségi szelvény	ORE B 13a	ORE B 13a
Maximális sebesség	130 km/ó	160 km/ó
Indító vonóerő	40 Mp	31,5 Mp
Állandó vonóerő	21,7 Mp	16,9 Mp
Állandó sebesség	24,3 km/ó	31,2 km/ó
Villamos fűtőberendezés	1500 vagy 1200 V 50 Hz	1500 vagy 1200 V 50 Hz
Villamos fűtőberendezés teljesítménye	435 kW	435 kW
Villamos fék teljesítmény	1,5 MW	1,5 MW
Villamos fékezési sebesség tartomány	130-30 km/ó	160-40 km/ó
Villamos segédüzemi teljesítmény	200 kW	200 kW

2.1. Főáramköri villamos berendezés kapcsolása

Mint ismeretes, 3150 LE teljesítményű mozdony erőátviteli berendezése 1500 f/p dieselmotor fordulatszám esetén, egy egyenáramú generátor alkalmazásával már nem valósítható meg [1]. A ko-

moly hátrányokkal járó két egyenáramú generátoros megoldás helyett váltakozóáramú generátor alkalmazását választottuk.



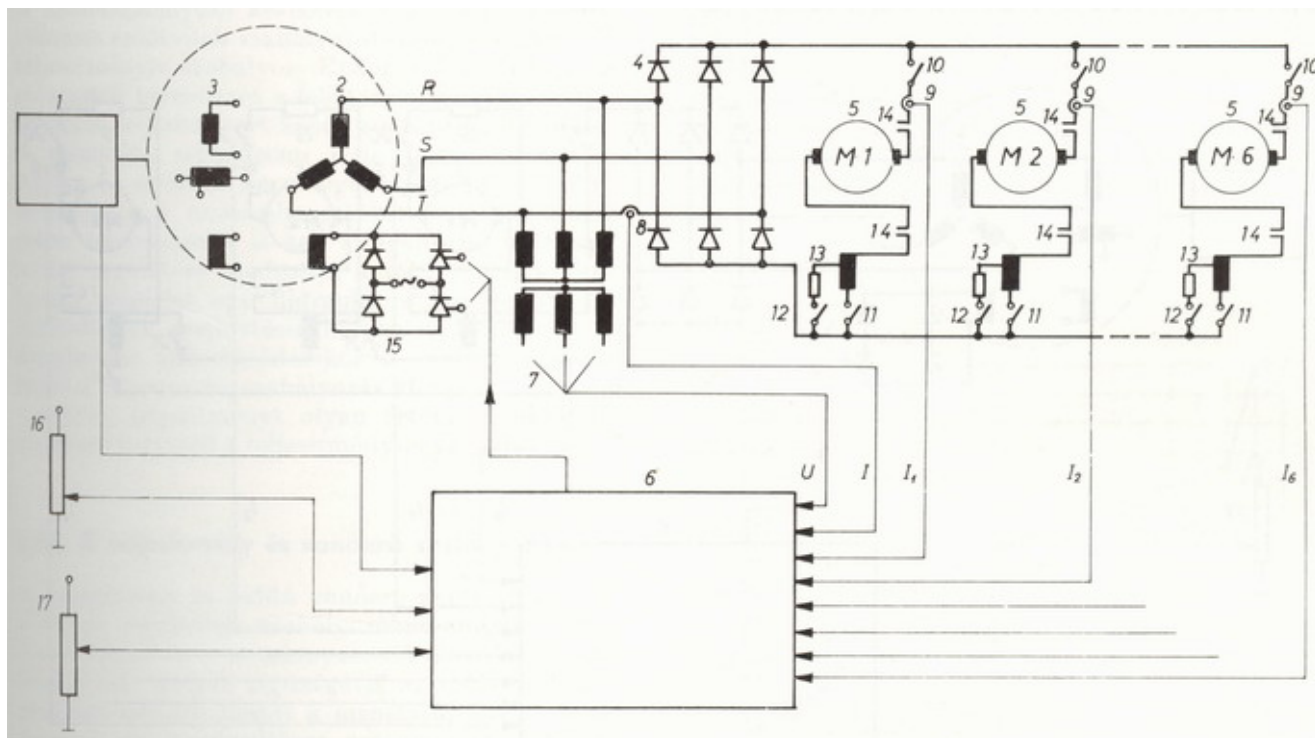
1. ábra: A 2700 LE-s diesel-villamosmozdony.

2.1.1. Menet-üzem

A mozdony erőátviteli berendezésének egyszerűsített kapcsolását menet-üzemben a 2. ábra mutatja. A (1) dieselmotor (2) háromfázisú szinkron generátort - továbbiakban főgenerátort - hajt. A főgenerátorral közös házban, szerkezetileg egy egységet alkot a (3) segédüzemi- és fűtőgenerátor. A főgenerátor kapcsai a (4) háromfázisú hídkapcsolású főgyenirányítóhoz csatlakoznak. A soros gerjesztésű egyenáramú vontatómotorok (5) a főkontaktorokon (10), az irányváltón (14) és a mezőgyengítő kontaktorokon (11, 12) keresztül kapnak táplálást a főgyenirányító kapcsairól. A (6) villamos erőátviteli szabályozóberendezés számára a mozdonyvezető által működtetett (16) teljesítmény alapjeladó és (17) indítóáram alapjeladó berendezések szolgáltatnak alapjelet. A szabályozóberendezés ellenőrzőjeleit a váltakozó áramú körben elhe-

lyezett (8) áramváltó és (7) háromfázisú feszültségváltó, valamint a vontatómotor körökben elhelyezett (9) egyenáramú áramváltók adják.

A főgenerátor gerjesztését az első prototípus mozdonyon gerjesztő gép adja, melynek gerjesztése a szabályozóberendezés által vezérelt (15) tirisztoros hídon keresztül történik. A második prototípus mozdonyon kísérletképpen a főgenerátor gerjesztése közvetlenül nagyteljesítményű tirisztoros hídon keresztül történik. Ha az összes (erőátviteli, segédüzemi és fűtési) villamos teljesítmény meghaladja a dieselmotor teljesítményét, akkor a dieselmotor regulátora által működtetett gerjesztésszabályozó, beavatkozva az erőátviteli szabályozó berendezés alapjelkörébe, biztosítja a teljesítményegyensúlyt. A főgenerátor gerjesztőhíd a segédüzemi generátorról kap táplálást.



2. ábra: A mozdony erőátviteli berendezésének egyszerűsített kapcsolása menet üzemben.

1. Dieselmotor, 2. Főgenerátor, 3. Segédüzemi és fűtőgenerátor, 4. Főegyenirányító, 5. Vontatómotorok, 6. Szabályozó berendezés, 7. Feszültségváltó, 8. Főáramkörü áramváltó, 9. Motorköri egyenáramú áramváltók, 10. Főkontaktorok, 11., 12. Mezőgyengítő kontaktorok, 13. Mezőgyengítő ellenállások, 14. Irányváltók, 15. Főgenerátor gerjesztő híd, 16. Teljesítmény alapjeladó, 17. Indítóáram alapjeladó.

2.1.2. Fék-üzem

Menet-üzemről fék-üzemre történő áttérés a fő-, és mezőgyengítő kontaktorok kikapcsolásával és a fékkontaktorok bekapcsolásával történik. Az erőátviteli berendezés egyszerűsített kapcsolását villamos fékezési üzemben a 3. ábra mutatja.

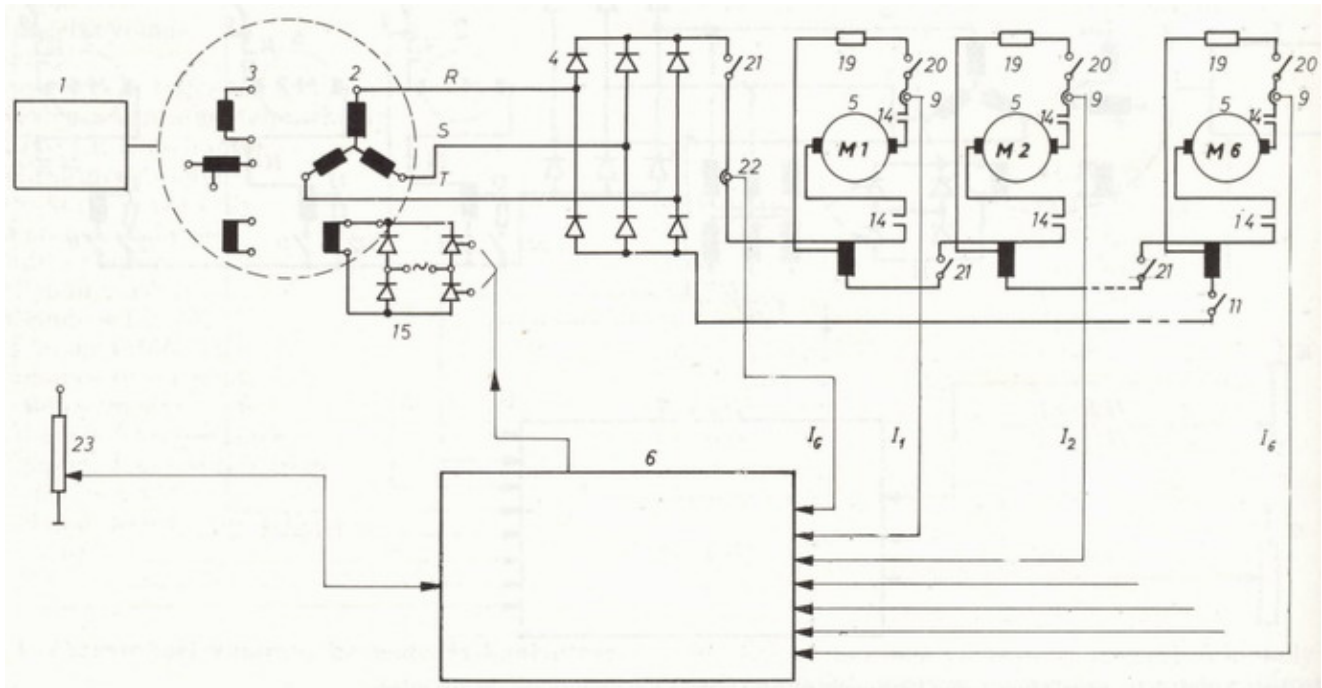
Ebben az állapotban a vontatómotorok generátorként járnak. A vontatómotorok armatúrái az irányváltón (14), egyenáramú áramváltón (9), fékkontaktoron (20) keresztül a (19) fékellenállásokra kapcsolódnak. A motorok gerjesztőtekercsei a (21) fékkontaktorokon keresztül sorbakapcsolódnak és a gerjesztőáramot mérő (22) egyenáramú áramváltón keresztül a főegyenirányító kapcsára csatlakoznak. A mozdonyvezető által működtetett (23) villamos fékerő alapjeladó a szabályozóberendezés számára ad alapjelet, mely a (15) tirisztoros gerjesztő híd segítségével gerjeszti a főgenerátort a féküzem követelményeinek megfelelően.

2.2. Főüzemi vezérlő és szabályozó berendezés

A mozdony villamos berendezésének vezérlése a vezetőállásokban elhelyezett készülékek működtetésével történik. A mozdonyvezető által kezelendő főbb villamos készülékek: üzemi kapcsoló, üzemmód kapcsoló, irányváltó kapcsoló, menetszabályozó kézikerek, áramkorlátozó potenciométer, valamint fék-üzemben a villamos fékezőkar. A mozdony vezérlésének kialakítása lehetővé teszi két mozdony együttes vezérlését, a csatolt üzemművontatást. Az üzemmód kiválasztása az üzemmód kapcsoló „vezérlő”, ill. „csatolt mozdony” állásba történő állításával lehetséges. Az üzemi kapcsoló az ún. mozdonykulcs segítségével kapcsolható. Egy mozdonyhoz csupán egy ilyen kulcs tartozik. Ha a mozdonykulcsot az üzemi kapcsolóból kivesszük, hatástalanná válnak az ezen vezetőállásban elhelyezett kapcsolók, kiküszöbölve ezáltal a véletlen vagy téves kapcsolás lehetőségét. Az üzemi kapcsolónak 0, A, M, V állásai vannak. Az A állás ritkán előforduló vontatási feladat megvalósítására szolgál. Az üzemi kapcsoló ilyen helyzetében, csatolt üzemben

a csatolt mozdony villamos erőátvitel üzemel, a vezérlő mozdony erőátviteli berendezésének működése nélkül. Az „M” állás az ún. menet-állás. Ebben a pozícióban vontathat a mozdony a me-

netszabályozó kézikerek forgatásának hatására. A vontatáshoz természetesen egyéb műveletek elvégzése is szükséges. A „V” állás a vészleállító állás.



3. ábra: A mozdony erőátviteli berendezésének egyszerűsített kapcsolása fék üzemben.

1. Dieselmotor, 2. Főgenerátor, 3. Segédüzemi és fűtőgenerátor, 4. Főgyenirányító, 5. Vontató motorok, 6. Szabályozó berendezés, 9. Egyenáramú áramváltók, 11. Mezőgyengítő kontaktor, 14. Irányváltók, 15. Gerjesztő híd, 19. Fékellenállások, 20.; 21. Fékkontaktorok, 22. Egyenáramú áramváltó, 23. Fékerő alapjeladó.

A menetszabályozó kézikerek 1-17 fokozataiban lépcsőzetesen, 17-17a fokozat között 100°-os szögelforduláson belül folyamatosan szabályozható a vonóerő ill. a teljesítmény.

Az áramkorlátozó potenciométer a vontatómotorok armatúraáramának ill. a vonóerőnek a változtatására szolgál.

A villamos fékerő a villamos fékkar mozgásával szabályozható.

2.2.1. A dieselmotor vezérlése

A menetszabályozó kézikerek minden fokozatához meghatározott indító vonóerő, teljesítmény és fordulatszám tartozik. A vonóerő és a traktiós teljesítmény szabályozásáról az erőátviteli szabályozóberendezés gondoskodik. A dieselmotor fordulatszámát a dieselmotor regulátor pneumatikus fordulatszám-állító berendezése állítja a fokozatnak megfelelő értékre. A dieselmotor fordulatszáma összesen nyolc fokozatban állítható, tehát egy for-

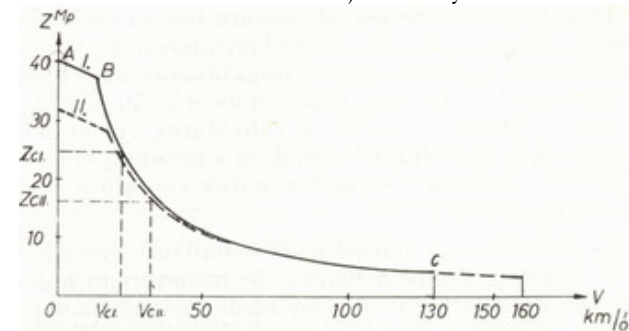
dulatszám-fokozaton belül több indító vonóerő és teljesítmény-fokozat van. A folyamatos indító vonóerő- és teljesítmény-állítási tartományban a dieselmotor névleges 1500 f/p fordulatszámmal jár. A menetszabályozó kézikerek 1-17 fokozataiban részfokozatokban - a szabályozóberendezés a dieselmotor szempontjából megengedhető teljesítménnyel kisebb értékre szabályozza a traktiós teljesítményt. Így a segédüzemi vagy fűtési terhelés változásakor a traktiós teljesítmény nem változik.

A menetszabályozó kézikerek 17a fokozatában a villamos erőátviteli szabályozóberendezés 2600 LE teljesítményre szabályoz. Ebben a fokozatban az erőátviteli berendezés a lehetséges maximális dieselmotor teljesítményt képes vontatásra fordítani. A minimális segédüzemi teljesítmény 100 LE. Abban az esetben, ha a segédüzemi teljesítmény meghaladja a minimális értéket, vagy villamos fűtési teljesítményt is kell szolgáltatni, a dieselmotor regulátora módosítja a teljesítményszabályozás alapjelét egy hidraulikus szervomotorral működtetett ger-

jesztésszabályozón keresztül. A dieselmotor túlterhelődésekor a gerjesztésszabályozó a teljesítményszabályozás alapjelét s ezzel a vontatási teljesítményt olyan értékre csökkenti, amelynél helyreáll a teljesítmény-egyensúly.

2.2.2. A teljesítmény és vonóerő szabályozása

A teljesítmény és indító vonóerő szabályozását a villamos erőátviteli szabályozóberendezés végzi. Menet-üzemben a mozdonyvezető által kezelendő készülékek, melyek segítségével az erőátviteli berendezés szabályozható: a menetszabályozó kézikerék és az áramkorlátozó potenciométer. Mindkettő a vezetőasztalon található. A menetszabályozó kézikerék tengelyére van felerősítve az indítóáram és teljesítmény alapjeladó. A menetszabályozó kézikerék minden állásához egy meghatározott indító vonóerő és teljesítmény tartozik.



4. ábra: Vonóerő-sebesség jelleggörbe. I. 130 km/ó, II. 160 km/ó max. sebességű mozdony.

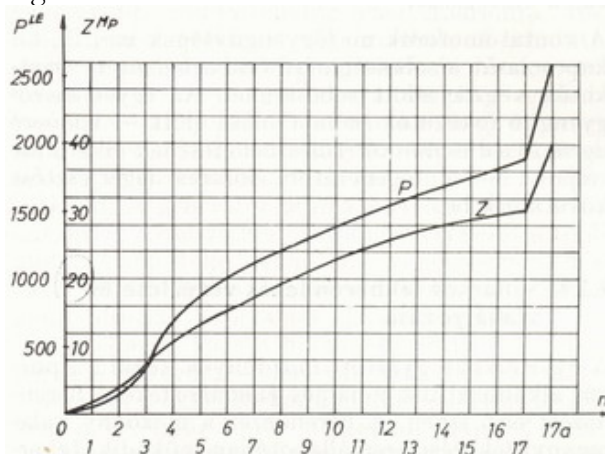
A mozdony vonóerő-sebesség jelleggörbéje a 4. ábrán látható.

A jelleggörbe a névleges vontatási teljesítmény (2400 LE) és közepesen kopott kerekek esetére vonatkozik.

Az AB szakaszon a szabályozó-berendezés az indító áramot s ezzel az indító vonóerőt közel állandó értéken tartja. A kb. 5%-os csökkenő jelleget a tapadási szempontok indokolják.

A BC szakaszon, az ún. teljesítmény-szakaszon a vonóerő a sebesség növekedésének arányában csökken. A villamos erőátvitel 2800 LE teljesítmény átvitelére képes a teljes sebességtartományban. A menetszabályozó kézikerék egyes fokozataiban fellépő indító vonóerő (Z) és teljesítmény (P) értéket az 5. ábra mutatja. Az első fokozatokban fellépő indító vonóerőt a tolatás szempontjainak figyelembevételével határoztuk meg.

További fokozatokban az indító vonóerő és teljesítmény a fokozatszám növelésével közel arányosan növekszik, majd a 17 és 17a fokozatok között a nehéz tehervonatok indításának legjobban megfelelő folyamatos vonóerő szabályozási lehetőséget biztosítottunk. A folyamatos indító vonóerő változtatás lehetővé teszi a tapadási határ pontos megközelítését.



5. ábra: Teljesítmény és vonóerő a fokozatszám függvényében.

Az indító vonóerő szabályozására további lehetőséget nyújt az áramkorlátozó berendezés. Az áramkorlátozó potenciométer mozgatásával az egyes fokozatokhoz tartozó indító vonóerőt 40-100 között folyamatosan lehet változtatni. Az áramkorlátozó berendezés használata a mozdonyvezető számára különösen személyvonatok vontatása esetén előnyös.

Az elektronikus teljesítményszabályozó berendezés alapjelét, mint a főáramkör menetüzemi kapcsolásában látható, az alapjeladó potenciométer, ellenőrzőfelét a váltakozóáramú feszültségváltó és a motorkörökben elhelyezett egyenáramú áramváltók adják. A szabályozóberendezés ellenőrzőjel körei kiválasztják a maximális vontatómotor armatúraáramot. Az ellenőrzőjel-körben levő ún. függvénygenerátor a maximális armatúraáram- és feszültség-jelből a teljesítménnyel arányos jelet képez, amely a teljesítményszabályozó egység ellenőrzőjele. A szabályozási rendszer a teljesítményszabályozáson és a feszültségkorlátozóson kívül kiváló tapadási tulajdonságot biztosít. További előnye a rendszernek, hogy vontatómotor selejtezés esetén a szabályozóberendezés beavatkozást nem igényel. A vontatómotor selejtezése a motorköri kontaktorok (2. ábra 10, 11.) kikapcsolásával történik.

2.2.3. Mezőgyengítés vezérlése

A vontatómotorokon két fokozatban lehet mezőgyengítést végezni. A mezőgyengítési fokozatok pontos beállítását a vontatómotor gerjesztőtekercsének két részre osztása teszi lehetővé. Az első mezőgyengítési fokozatban mindkét mezőgyengítő kontaktorcsoport (2. ábra 11, 12.) bekapcsolt állapotban van, míg a második fokozatban a 11 jelű mezőgyengítő kontaktorok kikapcsolódnak. Az áramkör a gerjesztőtekercs egy részén, a mezőgyengítő ellenálláson és a 12 jelű kontaktorokon keresztül záródik. A mozdonyon alkalmazott mezőgyengítési megoldás, [1] a második mezőgyengítő fokozatban kiküszöböli, az első fokozatban pedig lényegesen lecsökkenti a főpólus és a mezőgyengítő ellenállás melegedéséből adódó mezőgyengítési százalékos változását.

A vontatómotorok mezőgyengítésének be-, ill. kikapcsolását a sebességmérő órába beépített érintkezők végzik adott sebességnél. Az egyes mezőgyengítő fokozatok bekapcsolása előtt - vonóerő ugrás és a dieselmotor túlterhelődésének elkerülése céljából - a főgenerátor előzetes legerjesztése következik be.

2.2.4. Villamos fékberendezés vezérlése és szabályozása

A gyárunkban gyártott mozdonyok közül e típusnál alkalmaztunk villamos ellenállás-fékező berendezést első ízben. E berendezés a mozdony valamennyi fékezési üzemiállapotában működik, tehermentesítve ezáltal a légfékberendezést. Villamos ellenállás-fékező berendezés alkalmazása esetén mind a féktuskók, mind pedig a kerék kopása lényegesen lecsökken. A villamos ellenállás-fékező berendezés a fékellenállás szellőzőt kivéve mozgó, kopó alkatrészt nem tartalmaz, karbantartási igénye csekély. A villamos fékerő nagysága, valamint kialakulásának és megszűnésének ideje a vontatott szerelvénytől függ. A különböző üzemiállapotok beállítására a géptérben elhelyezett kapcsoló szolgál. Ennek állásai:

- R gyorsvonati állás
- P személyvonati állás
- G tehervonati állás
- GG különleges tehervonati állás

A mozdony légfékberendezésének működtetése önállóan, a saját fékezőkar segítségével, míg a mozdony és szerelvény együttes légfékberendezésének működtetése a fő fékezőkar segítségével történik. A villamos fékberendezés vezérlésére villamos fékezőkar szolgál, amely mechanikusan összekapcsolható a fő fékkarral. A villamos fékezőkarral a villamos fékerő hét fokozatban szabályozható.

A 8. fokozat a gyorsfék üzemiállapotának beállítására szolgál. A fékezés lehetséges üzemiállapotai:

a) üzemi fék

Ebben az üzemiállapotban a légfék és villamos fék kar összekapcsolt állapotban van. A mozdony fékezése villamos úton a szerelvény fékezése légfékkel történik.

b) gyorsfék

A mozdony fékezése villamos úton és kismértékű légfék együttes hatására, a szerelvény fékezése légfékkel történik.

c) lejtmeneti fékezés

A mozdony fékezése villamos úton, a légfékkartól függetlenül a villamos fék kar működtetésével történik, a szerelvény nincs fékezve.

A villamos fék működési tartománya maximális sebességtől 30 km/ó-ig terjed. Üzemi és gyorsfékezéskor 30 km/ó-nál a villamosfék kikapcsolódik és automatikusan bekapcsolódik a légfék.

A különböző villamos fékezési állapotban fellépő fékhatásokat a 6. ábra szemlélteti

Mint a táblázatból látszik, a villamos fékberendezés jelentősége, hazai domborzati viszonyok mellett, elsősorban az üzemi fékezés során mutatkozik. Minden egyes üzemi fékezéskor a 130-30 km/ó sebességtartományban, csak a villamos fékberendezés fékezi a mozdonyt. Lejtmeneti fékezéskor a mozdonyon kifejtett villamos fékhatás a szerelvény sebességtartását biztosítja. Hazánkban a csekély számú lejtő miatt a lejtmeneti fékezés jelentősége kisebb.

Sebességtartomány km/ó	Fékezési üzemmód:								
	Lejtmeneti fék			Üzemi fék			Gyorsfék		
	Működötetés:								
	Villamos fékkarral			Összekapcsolt fő és villamos fékkarral					
	GG	G,P	R	GG	G,P	R	GG	G,P	R
130 – 65	e	e	e	e	e	e	E	E	E,
65 – 30	e	e	e	e	e	e	E	E	E,
30 – 0	–	–	–						

GG különleges tehervonat, G tehervonat, P személyvonat, R gyorsvonat
 e villamos fék részfokozatban
 E villamos fék teljes fékerőnél
 pneumatikus fék részfokozatban, max. fékerőnél Max. féknyomás 2,5 kp/cm²
 pneumatikus fék max. fékerőnél Max. féknyomás 3,8 kp/cm²

6. ábra: Fékhatások az egyes fékezési üzemmódotokban.

A villamos fékhatás kiesése, üzemzavara esetén azonnal automatikusan bekapcsolódik a légfékberendezés, pótolva a villamos fékhatást.

A villamos fékszabályozó berendezés alapjelét a villamos fékezőkar tengelyére erősített potencióméter adja.

Az egyes fékfokozatokban a szabályozóberendezés a vontatómotorok gerjesztésének változtatásával állandó fékerőre szabályoz.

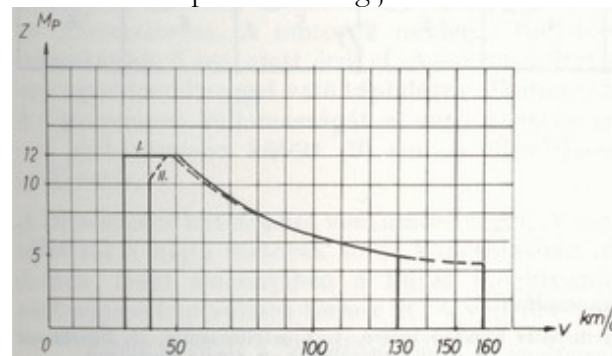
A szabályozóberendezés a vontatómotorok és a fékellenállás védelme érdekében fékterjesztmény-, valamint vontatómotor gerjesztőáram korlátozást is biztosít.

2.2.5. Csúszásvédelem és blokkolásvédelem

a) Csúszásvédelem

A menet-üzem kapcsolásának kialakítását elsősorban a jó tapadási tulajdonságok biztosításának szempontja határozta meg. Ennek érdekében a vontatómotorokat párhuzamosan kapcsoltuk és a legnagyobb vontatómotor-armatúraáramra történő áramszabályozást alkalmaztuk. A vontatómotorok

párhuzamos kapcsolása révén minden vontatómotorra azonos kapocsfeszültség jut.



7. ábra: Fékerő-sebesség jelleggörbe. I. 130 km/ó, II.160 km/ó max. sebességű mozdony.

A villamos fékerő-sebesség jelleggörbét a 7. ábra mutatja.

Nagy indítóvonóerő kifejtésekor előfordulhat, hogy egy vagy több kerékpár megcsúszik. A kerékpár megcsúszásakor a csúzó motor árama és vonóereje hirtelen csökken. A generátor árama hirtelen nem változhat, ezért a csúzó motor áramcsökkenését a többi motor kismértékű áram-, ill. vonóerő emelkedése egyenlíti ki. Így az eredő vonóerő gyakorlatilag nem változik. A folyamat alatt a fe-

szűlség - tekintettel arra, hogy a maximális áram gyakorlatilag nem változott - nem változik. A csúszó motor áramának csökkenésekor a motor vonóereje lecsökken, a kerékpár ismét megtapad, majd változatlan kapocsfeszültség hatására ismét az eredeti állapot áll vissza. Ez a hatás, ti. hogy a megcsúszott kerékpár ismét megtapad, s közben az eredő vonóerő gyakorlatilag nem változik, igen jó tapadási tulajdonságot biztosít a mozdony számára. E működési tulajdonság a mozdony főáramköri villamos berendezésének kapcsolása, valamint a szabályozás elve alapján automatikusan bekövetkezik. E rendszer kiegészítve csúszásvédelmi berendezéssel, lehetővé teszi a mozdony csúszáshatáron történő indítását, a tapadási határnak megfelelő vonóerő kifejtését.

A csúszásvédelmi berendezés a csúszás tényét a vontatómotorok armatúraáramai közötti differencia mérésével érzékeli. Mind a hat vontatómotor áramkörében egyenáramú áramváltó méri az armatúraáramot. Az armatúraáramok közül a mindenkori legnagyobb és legkisebb érték közötti különbséget diódás kapcsolás választja ki. Egy vagy több motor csúszása esetén áramkülönbség lép fel, melynek hatására a szabályozó berendezés az áramkülönbséggel arányosan beavatkozik az áramszabályozó és teljesítményszabályozó körökbe. A beavatkozás hatására csökken az indítóáram. Ha a csúszás megszűnik, megszűnik az áramkülönbség is, és a berendezés automatikusan, lassú tempóban az eredeti értékre növeli az áram, illetve a vonóerő értékét. Abban az esetben, ha a mozdonyvezető a menetszabályozó kézikerék vagy az áramkorlátozó potenciométer segítségével a vonóerő értékét a csúszáshatárra, vagy a csúszáshatárt kismértékben meghaladó értékre állítja be, a berendezés automatikusan gondoskodik a bekövetkező csúszások kiszabályozásáról, a csúszás-határnak megfelelő vonóerővel történő indításról. A csúszásvédő berendezés a csúszás időtartamára automatikusan a homokoló berendezést is működteti, a csúszás gyors megszüntetése érdekében. A csúszáshatárnak megfelelő vonóerő durva túllépése esetén azonban valamennyi vontatómotor megcsúszik, és a berendezés ilyen esetekben a csúszás megszüntetésére már nem képes.

b) Blokkolásvédelem

A blokkolásvédelem villamos fék-üzemben esetleg bekövetkező kerékblokkolás ellen nyújt védelmet.

blokkolás érzékelését ugyanaz a diódás választókapcsolás végzi, amely menet-üzemben a csúszás-érezékelést végezte.

Kerékblokkolás esetén a blokkolt kerékpárhoz tartozó motor indukált feszültsége és árama zérus, azért áramkülönbség lép fel, mely billenő áramkört működtet. A billenőkör átkapcsoláskor a villamos fék kikapcsolódik.

2.3. Segédüzemi és fűtési berendezés

A segédüzemi és fűtési generátor a főgenerátorral közös házban helyezkedik el. E kétfázisú kiálló pólusú szinkrongenerátor egyik fázisa szolgál a mozdony segédüzemi hálózatának táplálására, a másik fázis a fűtési hálózat táplálását végzi.

A segédüzemi és fűtési villamos berendezés egyszerűsített kapcsolását a 8. ábra mutatja.

2.3.1. Segédüzemi berendezés

A főüzemi generátorral egybeépített segédüzemi generátort is a dieselmotor hajtja. A dieselmotor fordulatszámváltozásának megfelelően a generátor frekvenciája 20-50 Hz között változik. A segédüzemi generátor gerjesztését a segédüzemi gerjesztésszabályozó végzi. A szabályozóberendezés a dieselmotor 1000-1500 f/p fordulatszámhatárai között a feszültséget 255 V értékre szabályozza, gondoskodik továbbá a segédüzemi generátor gerjesztőáram korlátozásáról is.

Az áramkorlátozás két lépcsős. 600 f/p dieselmotor fordulatszám esetén 45 A, 1000 f/p fordulatszám felett 70A a korlátozott áram. A segédüzemi gerjesztésszabályozó berendezés táplálását magáról a segédüzemi generátor kapcsairól kapja. A gerjesztés változtatását a szabályozó parancsainak megfelelően nagyteljesítményű tirisztoros féligvezérelt híd végzi. Tekintettel arra, hogy a szabályozóberendezés csak egy meghatározott segédüzemi feszültség felett képes szabályozni, a gép felgerjesztésekor külső előgerjesztés szükséges. Az előgerjesztő kapcsoló bekapcsolásakor a generátor gerjesztőtekercse ellenálláson keresztül az akkumulátorra kapcsolódik. A előgerjesztő áram hatására a generátor felgerjed, majd a szabályozóberendezés átveszi a gerjesztésszabályozást.

A segédüzemi generátor fűtési tekercse táplálja a vezetőfülke fűtésére szolgáló fűtőtesteket és a fűtési csatlakozáson keresztül a személykocsik fűtőtesteit.

Névleges fűtési feszültség 1500 V
Névleges fűtési áram 310 A

A vonatfűtés bekapcsolása a vezetőasztalon elhelyezett vonatfűtési kapcsoló segítségével történik. A fűtés bekapcsolásakor a dieselmotor fordulatszáma minimum 1200 f/p fordulatra áll. Vontatás közben természetesen a dieselmotor fordulatszáma 1200 f/p-et meghaladhatja. A villamos fűtési generátor frekvenciája a fordulatszám változásának megfelelően 40-50 Hz között változhat. A fűtési feszültség frekvenciájának változása a mozdony üzemében hátránnyal nem jár. A nemzetközi forgalomban résztvevő mozdonyok esetében azonban különleges előírások állandó 50 Hz frekvenciájú fűtési feszültség alkalmazását igénylik. A dieselmotor állandó 1500 f/p fordulatszámmal történő járata esetén ez az igény automatikusan teljesül.

Amint azt a 2.2.1. pontban kifejtettük, részfokozatokban a trakciós-, segédüzemi és fűtési teljesítmény összege kisebb a dieselmotor megengedhető teljesítményénél, így villamos fűtés esetén nem csökken a trakciós teljesítmény. A menetszabályozó kézikerek 17-17a pozíciói között azonban a dieselmotor összteljesítménye vontatásra fordítható. Villamos fűtés esetén a trakciós teljesítmény csökken. A teljesítménycsökkenés elsősorban gyorsításkor jelent hátrányt, ezért a menetszabályozó kézikereken még egy - 18. számú - rugózott fokozatot is alkalmaztunk, melyben a villamos fűtés kikapcsolódik. A gyorsítás befejezésekor a mozdonyvezető visszaengedi a menetszabályozó kézikereket a 17a fokozatba, melynek hatására a villamos fűtés automatikusan visszakapcsolódik.

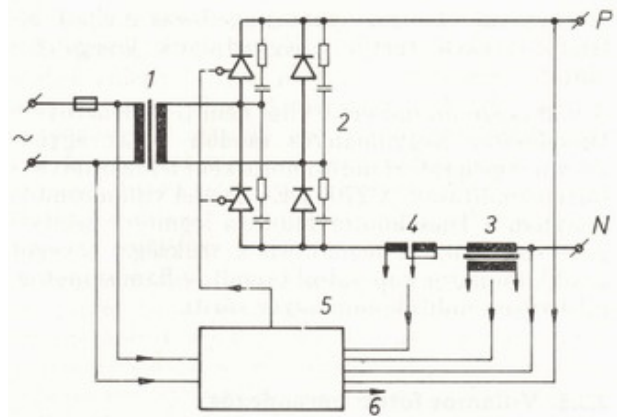
A villamos fűtési berendezés helyes működését a fűtési feszültséget és a fűtési áramot mérő műszerek alapján a mozdonyvezető ellenőrizni tudja.

2.4. Akkumulátortöltő berendezés

A mozdony akkumulátortöltője mozgó, illetve kopásnak kitett alkatrészt nem tartalmazó, korszerű, tirisztoros berendezés.

Elvi kapcsolási vázlatát a 9. ábra mutatja. Főbb egységei: a tápláló hálózatról galvanikus elválasztást végző transzformátor (1); vezérlő és szabályo-

zó egység (5), mely a tirisztoros félig-vezérelt híd (2) szabályozását végzi az üzem követelményeinek megfelelően; simító fojtótekercs (3), mely a töltőáram hullámosságának csökkentésére szolgál.



9. ábra: Tirisztoros akkumulátortöltő elvi kapcsolási vázlat.

1. Transzformátor, 2. Féligvezérelt tirisztoros híd, 3. Fojtótekercs, 4. Egyenáramú áramváltó, 5. Vezérlő és szabályozó egység, 6. Jelzés.

A tirisztoros akkumulátortöltővel szemben támasztott követelmények a következők:

1. Töltőfeszültség szabályozása
2. Töltőáram korlátozása
3. Akkumulátortöltés jelzése

Az akkumulátortöltő a tápláló feszültség nagyságától és frekvenciájától függetlenül állandó $87 \text{ V} \pm 2 \text{ V}$ akkumulátor töltőfeszültségre szabályoz. A tápláló feszültség a mozdony segédüzemi feszültsége. A segédüzemi feszültség frekvenciája és értéke változik: 20 Hz frekvencián kb. 150 V, 3050 Hz frekvencia között 250 V. Gyakran előfordulhat, hogy az akkumulátort a dieselmotor beindítása nélkül kell feltölteni. Erre a célra a mozdony mindkét oldalára csatlást helyeztünk el, melyen keresztül az akkumulátortöltő 220 V vagy 380 V, 50 Hz-es külső hálózatról képes az akkumulátort feltölteni.

Kimerült akkumulátor esetén a töltőáram értéke a megengedett értéket meghaladná, ezért az akkumulátortöltő berendezés töltőáram-korlátozást is végez. A korlátozott áram értéke 70 A, pontossága $\pm 5\%$. Tekintettel arra, hogy az akkumulátorra töltés közben terhelések is kapcsolódnak, a töltőáram értéke megoszlik az akkumulátortöltés és a terhelés között. Ezért a legnagyobb akkumulátorköri fogyasztó (az indítókompresszor motor) bekapcsolása esetén az áramkorlátozás értékét 130 A-re kapcsoljuk át. Az áramkorlátozás pontossága ebben az esetben is $\pm 5\%$.

2.5. A villamos berendezésben alkalmazott főbb gépek és készülékek ismertetése

2.5.1. Főgenerátor

A mozdony főgépcsoportja két generátorból áll, a főgenerátorból, valamint a segédüzemi és fűtési generátorból. E két generátor közös állórészházba épített két külön gép, melyben a forgórészek is összeépített kivitelűek. A dieselmotorral rugalmas tengelykapcsolón keresztül egybeépített főgépcsoport képét a 10. ábra mutatja.

A főgenerátor háromfázisú kiálló pólusú szinkron-generátor. Főbb adatai:

Típus	ON 870x460/12
Névleges fordulatszám	1500 f/p
Névleges áram	2640 A
Névleges feszültség	500 V
Maximális feszültség	727 V
Maximális indító áram	4520 A
Pólusszám	12
Névleges frekvencia	150 Hz
Szigetelési osztály	F/F

A generátor az IEC 349 számú szabvány előírásainak megfelelően készült. A gépcsoport külső szellőzésű; ennek kimaradása esetén védelem gondoskodik a generátor túlterhelődésének megakadályozásáról. A gép gerjesztését EG 151 típ. gerjesztőgép végzi. Mind a gerjesztőgép, mind pedig a generátor szellőzője a gépcsoport tengelyéhez ékszíjhajtással csatlakozik.

2.5.2. Segédüzemi és fűtési generátor

A főgépcsoport része a segédüzemi és fűtési generátor. A gép állórészén két független tekercselés található: a 250 V-os segédüzemi és az 1400 V-os fűtési tekercselés. A segédüzemi tekercselés a kerület kb. harmadát, a fűtési tekercselés pedig kb. kétharmadát foglalja el. A forgórész kiálló pólusú, négy lemezel pólussal. A pólussaruban csillapító rudak helyezkednek el. A gép fontosabb adatai

Típus ON 600 X 280/4

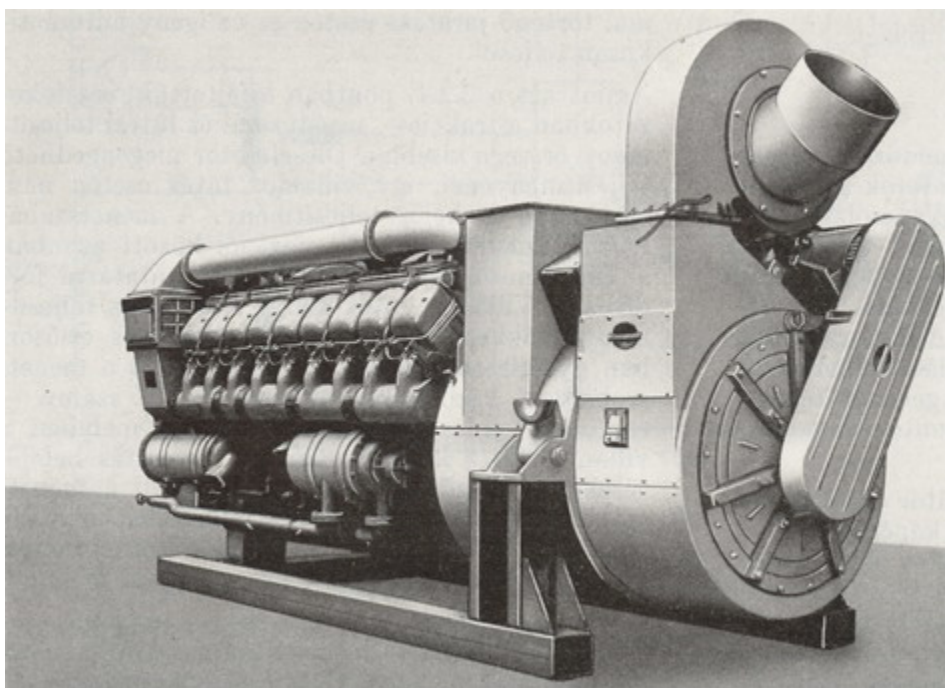
Segédüzemi tekercs:

Névleges feszültség	250 V
Névleges áram	890 A
cos φ	0,9
Névleges fordulatszám	1500 f/p
Névleges frekvencia	50 Hz
Szigetelési osztály	F

A segédüzemi generátor feszültségét a segédüzemi gerjesztésszabályozó berendezés állandó értékre szabályozza. A fűtési tekercs feszültsége így a saját, illetve a segédüzem terhelésétől függően változik, azonban minimális segédüzemi és névleges fűtési terhelés esetén sem kisebb 1400 V-nál.

Fűtési tekercselés:

Névleges feszültség	1400 V
Névleges áram	311 A
cos φ	1
Névleges fordulatszám	1500 f/p
Névleges frekvencia	50 Hz
Szigetelési osztály	F



10. ábra: A dieselmotorral összeépített főgépcsoport.

A fűtési tekercselés 9/11 arányú megcsapolással rendelkezik, csökkentett teljesítményű üzem megvalósítása céljából.

2.5.3. Főüzemi egyenirányító berendezés

A főgépcsoport energiáját háromfázisú szilícium-diódás hídkapcsolású egyenirányító egyenirányítja a vontatómotorok számára.

Az egyenirányító típusa: DH 6-950-5400/V

Az egyenirányítóhíd egy-egy ága 2-2 soros és 10 párhuzamos diódát tartalmaz.

Az egyenirányító diódáinak száma összesen 120.

Névleges feszültség 950 A

Névleges egyenáram 5400 A

Az egyenirányító állandó üzemben elviseli a vontatómotorok indító áramát.

Az egyenirányító külső szellőzésű. A főgenerátor által szívott levegő hűti a diódák hűtőtölkjét.

Az esetleg bekövetkező dióda-átütést jelzőberendezés azonnal jelzi, és a szabályozóberendezés a maximális feszültséget 750 V értékre korlátozza.

Az egyenirányító berendezés tervezése hazai fejlesztésű diódák figyelembevételével történt, azonban a diódák sorozatgyártása nem kezdődött el. Az egyenirányító berendezés az alkalmazott import diódák miatt ideiglenes kivitelű.

A vontatómotorok hullámos egyenáramra alkalmas soros gerjesztésű egyenáramú gépek. Mivel táplálásukat háromfázisú egyenirányítóról kapják, a hullámosság értéke kicsi.

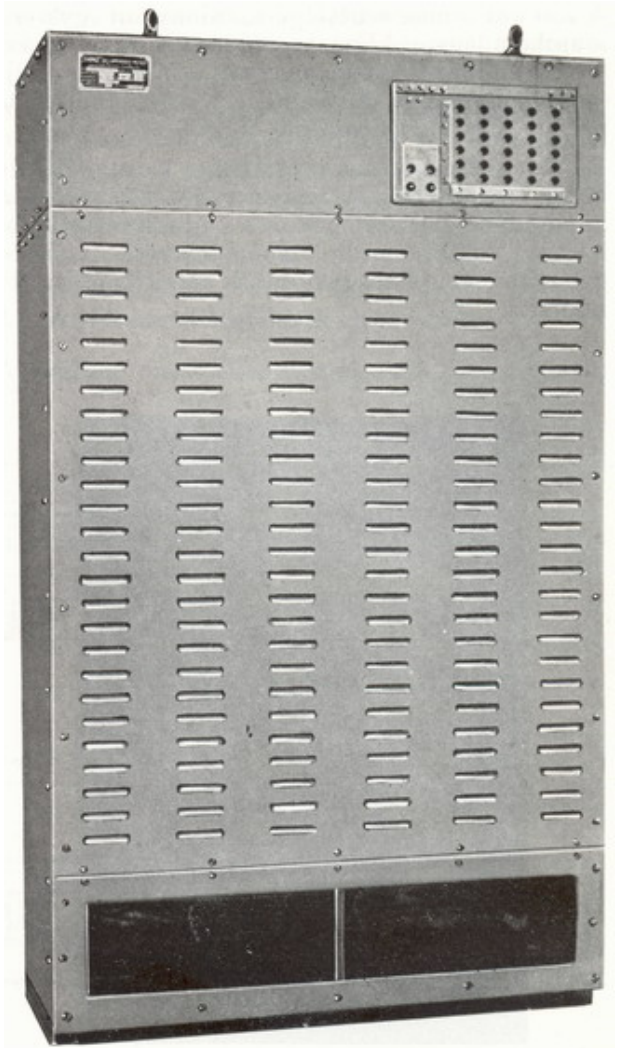
Főbb adatok:

Típus	TC 500
Állandó áram	560 A
Állandó feszültség	600 V
Maximális feszültség	880 V
Indító áram	900 A
Maximális fordulatszám	2650 f/p
Szigetelési osztály	F/F
Hűtőlevegő mennyiség	1,5 m ³ /sec.
Minimális gerjesztés	35%

A vontatómotor marokcsapágyas kivitelű. A kerék-tengelyek hajtása egyszeres fogaskerék áttételen keresztül történik. A két prototípus mozdonyban különböző hajtási megoldást kísérleteztünk ki.

A 130 km/ó max. sebességű mozdonyban egyszerű marokcsapágyas hajtást, míg a 160 km/ó max. sebességű mozdonyban rugalmas csőtengelyes

hajtást alkalmaztunk. Az áttétel értéke az I. változatnál 79/17, a II, változatnál 76/21.



11. ábra: Főüzemi egyenirányító berendezés.

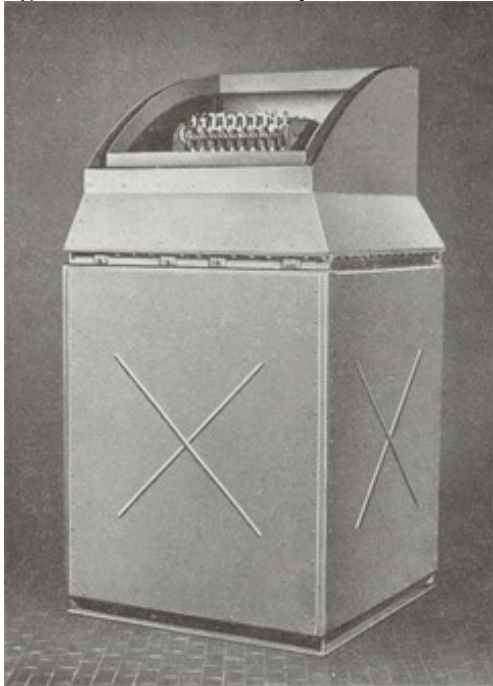
Egy-egy forgóvázban levő három-három motort közös szellőző hűt. A motorba a szellőzőlevegő a kommutátor oldalon lép be és a hajtásoldalon távozik. A vontatómotor főpólus-tekercse a mezőgyengítés pontos megvalósítása érdekében osztott kivitelű.

2.5.5. Fékellenállás

Nagyvasúti járműveinken első ízben alkalmaztunk villamos ellenállás-fékező berendezést. A fékellenállás tervezési munkáját nagymértékben megnehezítette, hogy a mozdonyban igen szűk hely állt rendelkezésre.

A fékellenállás a 12. ábrán látható.

Névleges adatok	
Típus	UISZ 161
Névleges áram	440 A
Névleges ellenállás (motorkörönként)	1,3 ohm
Névleges teljesítmény	1500 kW
Hűtés	kényszerhűtés
Levegőmennyiség	10 m ³ /sec
A fékellenállás szekrényben nemcsak a fékellenállások, hanem a fékellenállás szellőző motor indítóellenállása, valamint a vontatómotorok mezőgyengítő ellenállásai is elhelyezésre kerültek.	



12. ábra: Fékellenállás szekrény.

2.5.6. Segédüzemi egyenirányító

A segédüzemi egyenirányító a mozdony egyenáramú, soros gerjesztésű segédüzemi gépeinek táplálására szolgál.

Az egyenirányító névleges adatai:

Névleges váltakozó feszültség	250 V eff.
Névleges feszültség (egyen)	220 V
Névleges egyenáram	1200 A

Az egyenirányítót három, párhuzamosan kapcsolt egyfázisú hídkapcsolású diódacsoport alkotja. A diódák az Anód Áramirányítógyár gyártmányai. Az egyenirányító zárlatvédelmét az egyes diódahidak elé kapcsolt biztosítók látják el. A diódákat túlfeszültség ellen R-C elemekből álló védőkapcsolás, valamint a segédüzemi generátor kapcsaira csatlakozó túlfeszültség-levezető védi.

2.5.7. Segédüzemi motorok

A mozdonyon az összes segédüzemi gép hajtását (légsűrítő, szellőzők) villamos motor végzi. E motorok a GANZ Villamossági Művek új segédüzemi gép-családjának tagjai. Soros gerjesztésű, hullámos egyenfeszültségre alkalmas kivitelű motorok. A motorok a mozdony segédüzemi egyenirányítóján keresztül, simítás nélkül kapnak táplálást. Indításuk egyfokozatú indítóellenálláson keresztül történik. A motorok főpólustekercsével állandó söntellenállás kapcsolódik párhuzamosan, mely a főpólus fluxus hullámosságát csökkenti.

A motorok kis súlyú, korszerű gépek. Szigetelési osztály: F. A csapágyazás zárt kivitelű, melynek eredményeként a gépek a mozdony nagyjavításai között utánzsírozást nem igényelnek, karbantartásuk egyszerűbb a korábbi kivitelekénél. A mozdonyban alkalmazott motorok teljesítménye 10-34 kW közötti. A motorok az IEC 349 számú nemzetközi szabvány előírásainak mindenben megfelelnek.

2.6. Védelmi berendezések

A mozdony villamos berendezésének kialakítása, konstrukciós felépítése a vonatkozó biztonságtechnikai és balesetvédelmi rendszabályok betartásával készült. (Az egyes védelmi szempontokra azok megvalósítására nem térünk ki.) A mozdony más típusokhoz hasonló éberségi és vonatbefolyásoló berendezést is tartalmaz, melyet szintén nem részletezünk. Az alábbiakban a villamos berendezésben esetleg fellépő túlfeszültségek, túlárámok, zárlatok elleni védelem kialakítását ismertetjük.

2.6.1. Főáramköri villamos védelmi berendezések

1. Túláramvédelem

A főáramkör túláramvédelmét a főgenerátor és főegyenirányító között, a váltakozóáramú körben elhelyezett áramváltó szekunder körébe kapcsolt túláramrelé biztosítja. Túláram esetén a főgenerátor gerjesztése megszűnik, a főkontaktorok kikapcsolnak és a dieselmotor alacsony üresjárású fordulatra áll. A bekövetkezett hibáról jelzőlámpa tájékoztatja a mozdonyvezetőt.

2. Földzárlatvédelem

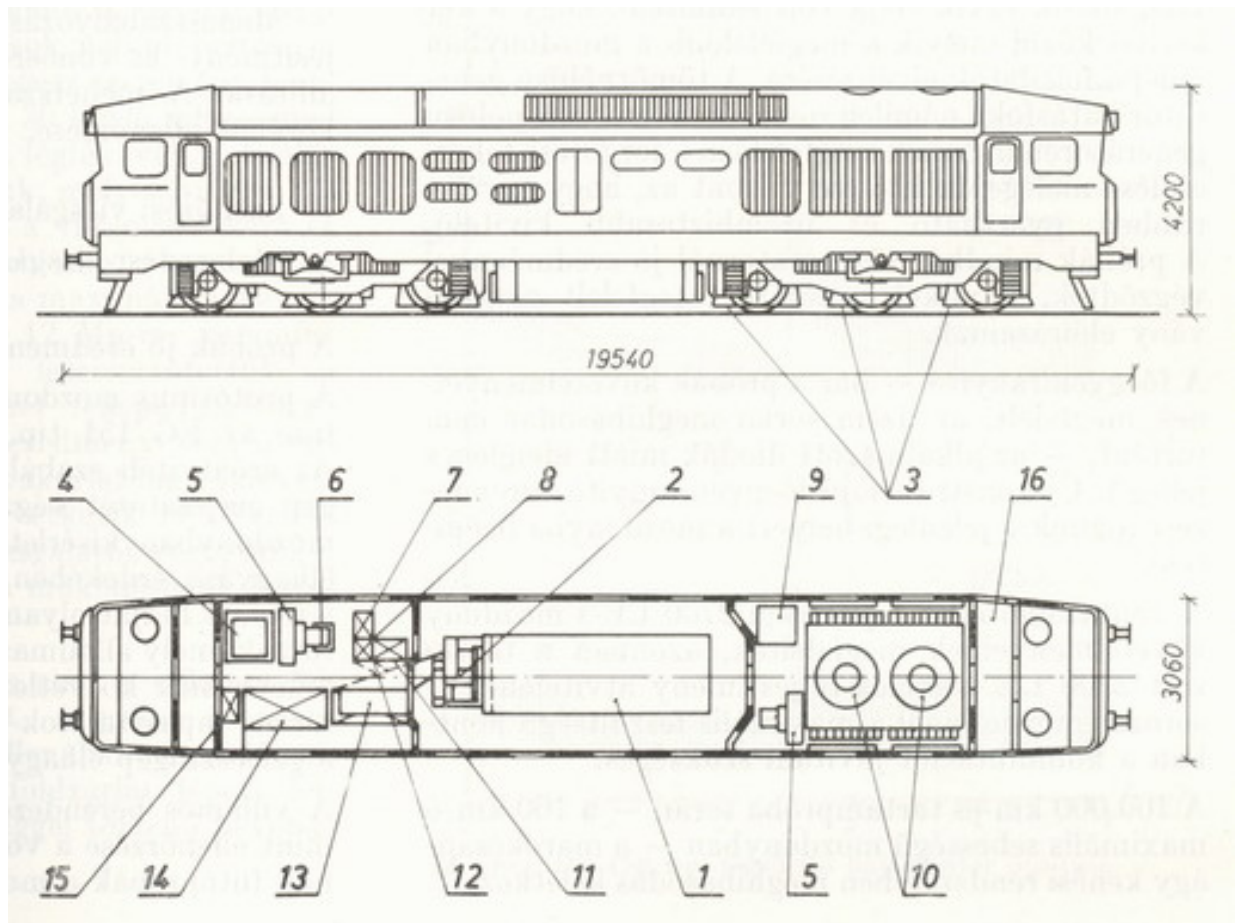
A főáramkör nincs közvetlenül földelve. A vontatómotorok feszültségközepontja - melyet ohmos feszültségosztó ad - és a test közé földzárlatvédő relét kapcsolunk. Ha az áramkör egyik sarka leföldelődik (testzárlat lép fel.), a relé jelzi a hibát. A fellépett hibát minél hamarabb, lehetőleg a legközelebbi állomáson meg kell javítani, hiszen a hálózat másik sarkának testzárlata esetén kapocszárlat lép fel, és a mozdony üzemképtelenné válik.

3. Túlfeszültségvédelem

Túlfeszültségvédelemről a generátor kapcsai közé kapcsolt túlfeszültségvezető gondoskodik. A főegyenirányító berendezésben a diódák védelmére további RC tagokból álló védőáramkör található.

4. Villamos fék túláramvédelme

Villamos féküzemben az armatúraáram káros megnövekedése ellen elektronikus túláramvédelem véd. E védelem működtetését a maximális armatúraáramot kiválasztó egység végzi. A beállított áramérték túllépése esetén a védelem a villamos féküzemet kikapcsolja.



13. ábra: A villamos berendezés elrendezése.

1. Dieselmotor, 2. Főgenerátor, 3. Vontatómotor, 4. Fékellenállás, 5. Vontatómotor szellőző, 6. Légsűrítő, 7. Akkumulátortöltő, 8. Segédüzemi feszültség szabályzó, 9. Segédlégsűrítő, 10. Dieselmotor szellőző, 11. Relészekrény, 12. Segédüzemi egyenirányító, 13. Főüzemi egyenirányító berendezés, 14. Kontaktor szekrény, 15. Villamos erőátviteli szabályzó berendezés, 16. Keresztfolyosó.

5. Villamos fék armatúraáram- különbségi védelem

Villamos féküzemben is előfordulhat, hogy vontatómotor körtűz lép fel. Ebben az esetben a zárlati áram nem folyik keresztül a motorköri áramváltón. A hiba felléptét a vontatómotor armatúraáramok közötti különbség mutatja, melynek hatására a különbségi védelem a féküzemet megszünteti.

2.6.2. Segédüzemi és fűtési berendezésben alkalmazott védelmek

A segédüzemi és fűtési áramkörökben alkalmazott túláram, túlfeszültség és földzárlatvédelem működése a főáramköri védelem működésével megegyezik.

A segédüzemben alkalmazott további védelem a segédüzemi nullfeszültség védelem. E védelem megakadályozza a segédüzemi feszültség kimaradása esetén annak automatikus visszatérését. A hibáról jelzést ad.

2.7. A villamos berendezés elrendezése

A mozdony belső elrendezését a 13. ábra mutatja.

A mozdony öt belső térből áll: két vezetőfülkéből, dieselmotor térből, hűtőtérből és villamos térből. A vezetőfülkében helyezkednek el a mozdony vezetéséhez szükséges készülékek, mérőműszerek s a jelzőlámpák.

A vezetőfülke megközelítése a keresztfolyosóról történhet, mely a gépterektől való elválasztásra szolgál.

A villamos berendezés legnagyobb része a villamos térben helyezkedik el. Az egyes egységek helyét az ábra mutatja.

A dieselmotor térben a dieselmotor és a főgépcsoport, a hűtőtérben a dieselmotor hűtő, a ventilátorok, az egyik vontatómotor szellőző stb. található.

A vontatómotorok a forgóvázakban kerültek beépítésre.

3. Próbatermi mérések, prototípus próbák, üzemi tapasztalatok

A villamos berendezés mozdonyba történő beépítését próbatermi típus- és darabpróba előzte meg. Egyes berendezéseknél az új típus teljesebb megismerése érdekében a vonatkozó szabványok tartalmát meghaladó, részletesebb vizsgálatot végeztünk.

A mozdony szerelésének befejezése után kezdődtek a mozdony-típuspróbák, a villamos berendezés együttes működésének vizsgálata. E vizsgálatok állópróbákból, vízellenállás próbákból, valamint vonali próbákból álltak. A részletes műszeres vizsgálatokat 100000 km-es üzemi tartampróba követte.

Az elvégzett főbb vizsgálatok illetve azok tapasztalatai a következők voltak:

3.1. Főáramköri villamos berendezés próbái és üzemi tapasztalatai

A főáramköri villamos berendezés egységeit részletes próbatermi vizsgálatoknak vetettük alá. A két prototípus mozdonyban a főgenerátorok némileg eltérnek egymástól. Az egyik forgórész tömör, a másik lemezelt pólusokkal készült. A próbatermi

vizsgálatok egyik célja volt eldönteni, hogy a két kivitel közül melyik a megfelelőbb a mozdonyban fellépő feladatok elvégzésére. A tömörpólusú generátor hatásfoka némileg rosszabb a lemezelt pólusú generátorénál, ennek megfelelően a forgórész tekeréscselése melegebb. Előnye viszont az, hogy egyszerűbben gyártható és üzembiztosabb kivitelű. A próbák mindkét főgenerátornál jó eredménnyel végeztek, mindkét generátor megfelelt a szabvány előírásainak.

A főgyenirányító - bár a próbák követelményeinek megfelelt, az üzem során meghibásodás nem történt, - az alkalmazott diódák miatt ideiglenes jellegű. Új konstrukciójú főgyenirányító berendezést fogunk a jelenlegi helyett a mozdonyba beépíteni.

A vontatómotorok a jelenlegi 2700 LE-s mozdony követelményeinek megfeleltek, azonban a tervezett 2800 LE trakciós teljesítmény átviteléhez, a sorozat mozdonyonál a maximális feszültségű pontban a kommutációt javítani szükséges.

A 100000 km-es tartampróba során - a 160 km/ó maximális sebességű mozdonyban - a marokcsapágy kenési rendszerében meghibásodás keletkezett. A hiba okait kivizsgáltuk és a tapasztalatoknak a

sorozat motoroknál történő hasznosítására intézkedéseket tettünk.

A villamos erőátviteli szabályozó berendezés laboratóriumi próbái, majd az üzemi körülményeket utánzó rázópróba, melegpróba (+40°C) és hidegpróba (-30°C) jó eredménnyel végződtek. E berendezés végleges beállítását, a szabályozási jellemzők vizsgálatát azonban csak a vízellenállás próbák során, illetve a villamos fék esetén csak a vonali próbák alatt végeztük.

A vízellenállás-próba lehetővé teszi álló mozdony esetén a mozgó jármű villamos működésének utánzását. E próbánál a villamos berendezés üzemszerűen működik, csupán a vontatómotorokat helyettesítjük vízellenállással. A próba során a dieselmotor beindítása, villamos működtető- és védőáramköreinek ellenőrzése, valamint a segédüzemi berendezés ellenőrzése után a következő főbb vizsgálatokat végeztük:

- Védőrelék és védőáramkörök ellenőrzése
- Kapcsolási túlfeszültségek mérése a fő- és segédüzemi áramkörökben. A mérés megmutatta, hogy veszélyes nagyságú kapcsolási túlfeszültségek nem keletkeznek.
- Menetszabályozás vizsgálata és beállítása. Teljesítmény- és vonóerő értékek fokozatonkénti beállítása. A menetszabályozás valamennyi áramköreinek ellenőrzése.
- Szellőzési vizsgálatok.
- Melegedési vizsgálatok.

A próbák jó eredménnyel végződtek.

A prototípus mozdonyokon a főgenerátor gerjesztése az EG 151 típ. gerjesztőgép által történik. Az erőátviteli szabályozó berendezés a gerjesztőgép gerjesztését végzi. A próbák során az egyik mozdonyban kísérletet végeztünk a gerjesztőgép elhagyása érdekében. A szabályozóberendezés tirisztoros hídját olyan teljesítményű hídra módosítottuk, mely alkalmas volt a főgenerátor gerjesztőtekercsének közvetlen táplálására. A kedvező kísérleti tapasztalatok alapján a sorozatmozdonyon a gerjesztőgép elhagyását tervezzük.

A villamos berendezés végeleges beállítása, valamint ellenőrzése a vonali próbákon történt. A vonali futópróbák a mozdony bejáratásával kezdődtek. A vizsgálatok első része arra irányult, hogy megállapítsuk, mennyiben valósultak meg a villamos erőátviteli berendezés felépítésének, kapcsolásának és szabályozásának tervezésekor kialakított elképzelések és mennyiben sikerült az elektronikus

szabályozás segítségével az elképzeléseket valóra váltani.

A vizsgálatok második részében a beállított vonóerő, teljesítmény, fékerő stb. értékek ellenőrzése történt.

A vonali próbák kedvező tapasztalatokkal zárultak. A villamos berendezés megbízhatóan, jól működött. A főáramkör kapcsolásának és a szabályozás rendszerének eredményeként a mozdony igen kedvező tapadási tulajdonságokkal rendelkezik. A vonóerő és teljesítmény egyszerű, folyamatos szabályozhatósága, az automatikus csúszásvédelem nagymértékben leegyszerűsítette a mozdonyvezetést. A kívánt vonóerő, illetve teljesítmény beállítása után a mozdonyvezető mentesül a villamos berendezés kezelésétől, feladata gyakorlatilag ellenőrző jellegű.

A vontatómotorok mezőgyengítése az előzetes legerjesztés alkalmazásának eredményeképpen rendkívül gyors és sima lefolyású. A mezőgyengítő kontaktorok a generátor előzetes legerjesztése után kapcsolnak, így elkerülhető a vontatómotorok áramának és feszültségének túllendülése, a dieselmotor túlterhelése. Egy mezőgyengítési folyamat lezajlását ábrázolja a GANZ Villamossági Művek Közleményei 12. számában [2], a 95. oldalon található 7. ábra.

A villamos féküzem beállítása során legfontosabb feladat a villamos fék összehangolása a légfékkel. Az összehangolást minden fékezési üzemállapotban elvégeztük. E munka során a villamos fékezés kialakulásának és megszűnésének időtartamát a légfék működéséhez hangoltuk. Vizsgálataink szerint a mozdonyon alkalmazott villamos féküzem stabilan, egyenletesen, fékerőugrások nélkül biztosítja a mozdony, lejtmenetben az egész szerelvény fékezését. További feladat volt a 30 km/ó sebességnél bekövetkező villamosfék-légfék váltás beállítása. Számos próbát végeztünk, melyek szerint túl nagy különbség mutatkozott a villamos fékerő és a belépő légfékerő között. E különbség megszüntetése érdekében megnöveltük a maximális villamos fékerő nagyságát 10 Mp-ról 12 Mp-ra, valamint Ganz-MÁVAG-gal közösen lecsökkentettük a 30 km/ó alatti sebességeknél fellépő légfékerő nagyságát. E két intézkedés eredményeként a villamosfék-légfék váltás gyakorlatilag észrevétlenül, fékerőugrás nélkül következik be. Ezekon kívül sok egyéb beállítást, vizsgálatot végeztünk a villamos féküzem üzembiztos működésének biztosítása érdekében.

A 100000 km-es tartampróba alatt a villamos fék megbízhatóan, jól működött. A próba azonban nem volt hibamentes. A fékellenállás szigetelőinek nedvszívó képessége miatt földzárlat lépett fel. E hibát a szigetelők lakkréteggel történő bevonásával küszöböltük ki.

A vonali vizsgálatok második részében a vonóerő, ill. fékerő értékeket ellenőriztük. Vizsgálataink igazolták a számított értékek helyességét.

3.2. Segédüzemi és fűtési berendezés próbái, üzemi tapasztalatok

A segédüzemi és fűtési berendezéssel végzett vizsgálatok azt mutatták, hogy a választott új rendszer, a segédüzemi és fűtési tekercselés egy generátorban történt összeépítése megbízható, a követelményeknek mindenben megfelelő konstrukció, amely kedvező súlykihasználást eredményezett.

A segédüzemi tekercselés feszültségét a közös gerjesztőtekercs gerjesztésének változtatásával állandó értékre szabályozzuk, a fűtési feszültség nagyságát a segédüzemi és fűtési tekercs terhelése határozza meg. A legkedvezőtlenebb terhelési esetben (minimális segédüzemi-, névleges fűtési terhelés) a fűtési feszültség 1400 V.

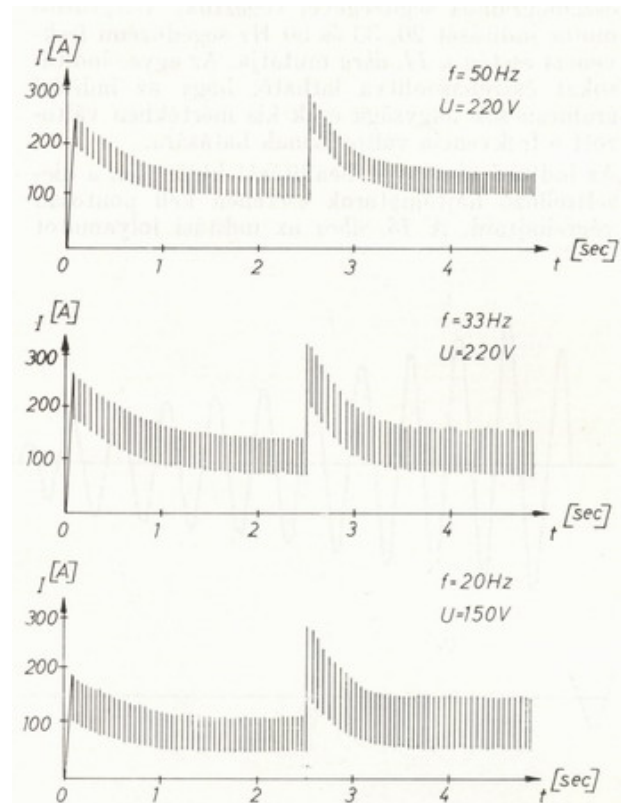
A fűtési feszültség maximális értéke 1650 V. Közepes nagyságú segédüzemi terhelés (kb. 600 A) és közepes nagyságú fűtési terhelés (kb. 200 A) esetén a fűtési feszültség kb. 1490-1500 V.

A dieselmotor fordulatszám változásának megfelelően a segédüzemi generátor frekvenciája 2050 Hz között változik. E széles frekvenciatartomány megnehezítette a segédüzemi generátorról táplált berendezések tervezését. A változó frekvencia hibás működést okozott az akkumulátortöltőben és az erőátviteli szabályozó berendezésben. E hibákat azonban még a vízellenállás-próba során sikerült kiküszöbölni.

A segédüzemi motorok indítása különböző segédüzemi frekvencián történhet.

Egyfokozatú indítóellenállás biztosítja a motorok felfutását. Az indítóellenállás méretezésének ellenőrzését és az indítófokozat kikapcsolási időpontjának meghatározását oscillogramok segítségével végeztük. A légsűrítő motor indítását 20, 33 és 50 Hz segédüzemi frekvencia esetén a 14. ábra mutatja.

Az egyes indításokat összehasonlítva látható, hogy az indítási áramcsúcsok nagysága csak kis mértékben változott a frekvencia változásának hatására.



14. ábra: HS 150 típ. légsűrítő hajtómotor indítása.

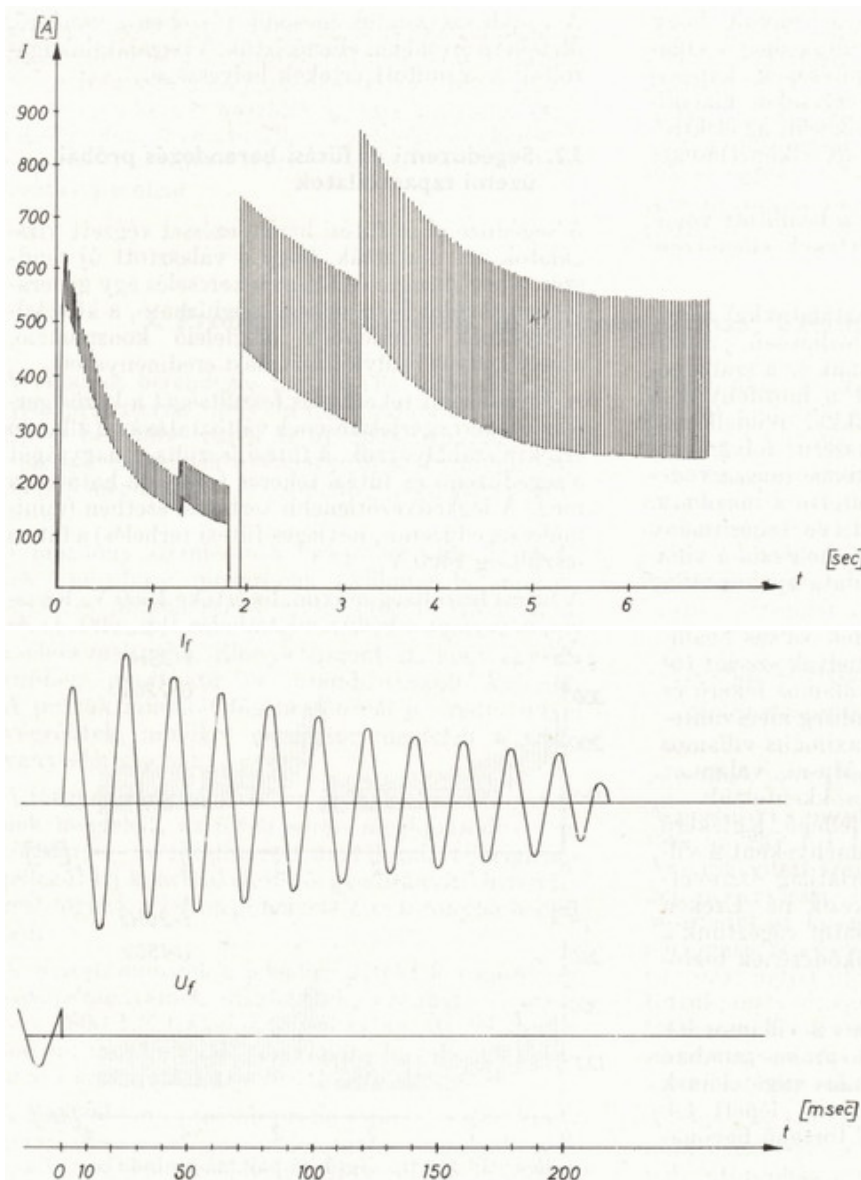
Az indítási viszonyok beállítását különösen a dieselszellőző hajtómotorok esetében kell pontosan végrehajtani. A 15. ábra az indítási folyamatot mutatja. A diesel-szellőző hajtómotorok soros kapcsolatban futnak fel, majd párhuzamos kapcsolatban érik el névleges fordulatszámukat.

A fűtési berendezés, mint a 8. ábrán látható, igen egyszerű felépítésű. A karbantartási és javítási igény minimális. A villamos fűtési berendezésben a próbák során meghibásodás nem keletkezett. A változó frekvencia a vasúti biztosító- és jelzőáramkörökben zavart nem okozott.

Tekintettel arra, hogy a mozdony üzemében gyakran fordulhat elő fűtési zárlat, különösen zárlati rákapcsolás, több ízben végeztünk fűtési zárlati próbát. A 16. ábra 1500 V névleges feszültségről, 1500 f/p dieselmotor fordulatszám mellett végrehajtott fűtési zárlat lefolyását ábrázolja.

Maximálisan fellépő zárlati áramcsúcs 2870 A.

A fűtés zárlati vizsgálatainak során nemcsak kapcsolózárlatokat, hanem személykocsi fűtési biztosító után végrehajtott zárlati próbát is végeztünk.



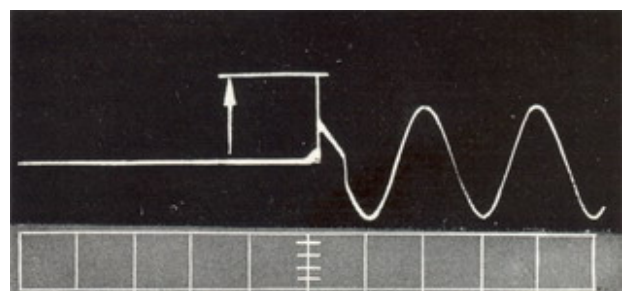
15. ábra: HS 220 típusú Diesel-szellőző hajtómotorok indítása. Dieselmotor ford. száma 1500 f/p. Segédüzemi frekvencia 50 Hz, Feszültség 220 V

16. ábra: A fűtési áramkörbeli végzett zárlati próba oszcillogramja.

Az egyes személykocsik fűtési áramköreit 20 A-es olvadó biztosító védi. Célunk a biztosító kiolvadása során keletkező túlfeszültség nagyságának megállapítása volt.

A feszültség oszcillogramját a 17. ábra mutatja. A túlfeszültség csúcserőteke, melyet az ábrán látható nyíl mutat: 3090 V. Az oszcillogram alapján megállapítottuk, hogy a személykocsik fűtési biztosítójának kiolvadásakor a villamos berendezésre veszélyes nagyságú túlfeszültség nem keletkezik.

A vonali próbák során a zárlati vizsgálatokon kívül számos egyéb vizsgálatot - védelmi berendezések vizsgálata, fűtés bekapcsolását megelőző legerjesztés beállítása - stb. - is végeztünk.



17. ábra: Személykocsi fűtési biztosító kiolvadásakor keletkező túlfeszültség oszcillogramja.

A segédüzemi és fűtési berendezés a prototípus mozdonyok tartampróbája során jól működött. Üzemkiesést két segédüzemi motor tengelytörése okozott.

A hiba okának kivizsgálása jelenleg folyamatban van.

A mozdonyok eddigi üzemi tapasztalatai alapján megállapíthatjuk, hogy a villamos paraméterek megfelelnek a tervezett értékeknek, a villamos berendezés beváltotta a hozzá fűzött reményeket.

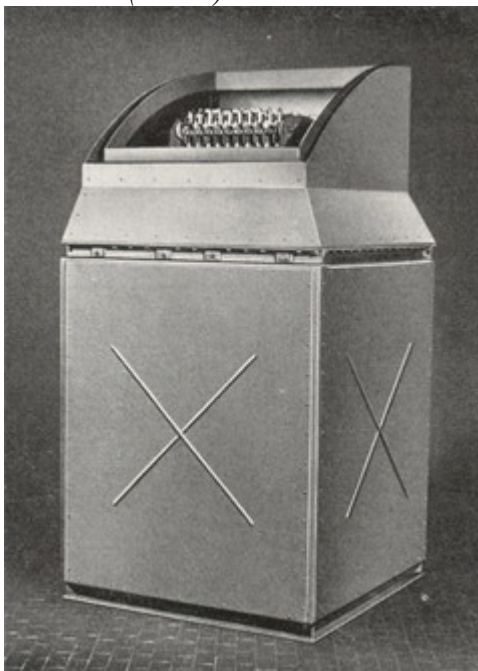
IRODALOM

- [1] *Dr. Asztalos Péter, Fiser József, Szandtner Vilmos*: Nagyteljesítményű diesel-mozdonyok villamos erőátvitelének tervezési kérdései. Ganz Villamossági Közlemények 9. szám (1969) 42-59. old.
- [2] *Fiser József*: Diesel-mozdonyok villamos erőátvitelének elektronikus szabályozása.

MERGL ISTVÁN – FEKETE ERNŐ

Nagyteljesítményű fékellenállás a DVM 10 típusú diesel-villamosmozdonyhoz

Villamos és diesel-villamos járműveknél az ellenállásos fékezés lehetősége a kerékkarimán átvihető menetteljesítmény határáig fennáll. E lehetőséget a hegyi vonalakon közlekedő külföldi mozdonyoknál már régen kihasználják úgy, hogy a teljes fékteljesítményt, vagy csak egy részét a vontató motorok közvetítésével természetes, vagy mesterséges szellőztetésű fékellenálláson emésztik fel. A villamos ellenállás-fékezés előnyei a féktuskó kopások csökkenése révén kisebb mértékben a síkvonalakon közlekedő szerelvényeknél is jelentkeznek. A felhasználó vasúttársaságok igényei szerint a gyártók a korszerű villamos és diesel-villamosmozdonyokba a villamos ellenállás-fékezéshez szükséges berendezést ma már rendszerint beépítik. Ganz-MÁVAG 1971. évben üzembe helyezett DVM 10 típusú diesel-villamosmozdonyához a gyárunkban tervezett és gyártott villamos berendezésbe a villamos fékezéshez szükséges elemeket is beépítettük. Az alábbiakban ismertetjük a fékberendezés aktív egységét, a mesterséges szellőztetésű fékellenállást (1. ábra).



1. ábra: Ellenállásszekrény szellőzőberendezés nélkül.

1. A fékellenállás kialakításának szempontjai

A mozdony hat vontatómotorjához kapcsolódó hat fékellenálláson egy egységbe szerelve összesen kb. 1500 kW állandó fékteljesítmény kellett hővé átalakítani és a mozdonytetőn át a szabadba fúvatni. A szellőzőventillátorral egybeépített ellenállásnak kb. 900*900 mm alapterületen úgy kellett elhelyezkedni, hogy a mozdony padlózatától a mennyezetig álló hasábot képezzen.

A fékellenállás aktív részének megválasztásánál figyelembe kellett venni, hogy a legmelegebb pontja se haladhatja meg az 500 °C hőmérsékletet. A gyors hőmérsékletváltozás olyan szerkezeti elemeket kívánt, amelyek a hődilatació hatását kiküszöbölik.

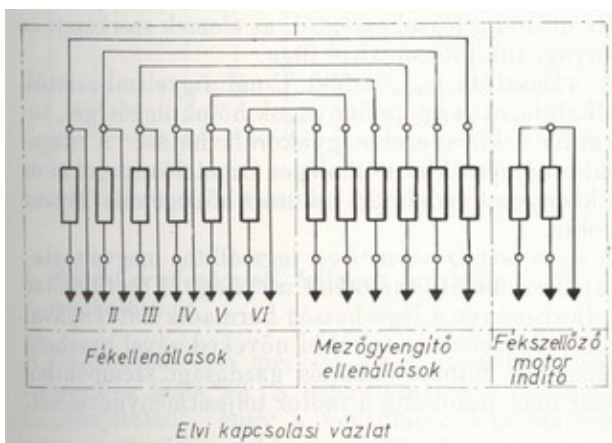
Az állandó fékteljesítményre való méretezés a mesterséges szellőztetés figyelembevételével kis időállandójú és nagy felületű ellenállás anyag alkalmazását igényelte.

2. A fékellenállás szerkezeti felépítése

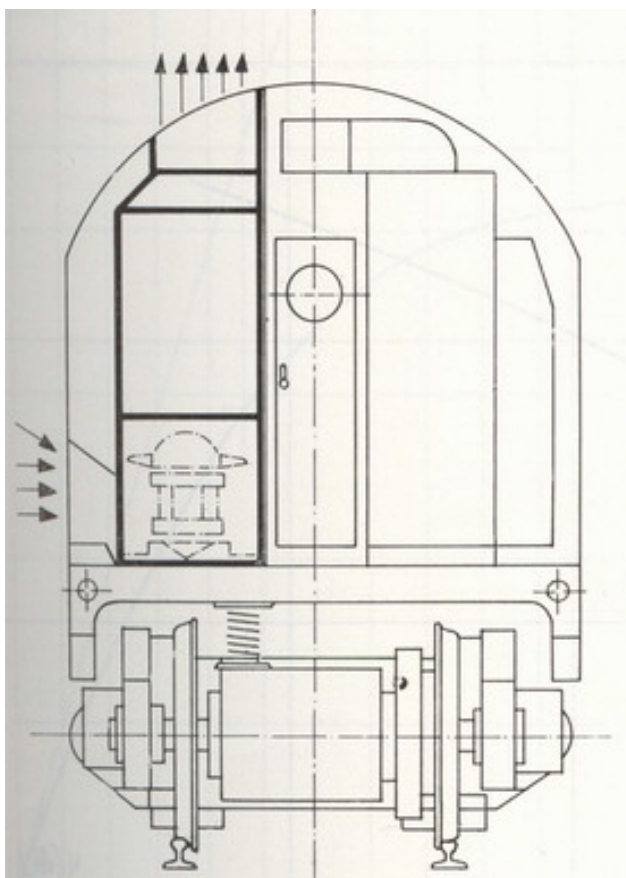
A fékellenállások szekrénye 900*900*1150 mm méretű, duplafalú vaslemezzel borított hegesztett acélszerkezet. A lemezfalak között áramló levegő a külső burkolat túlmelegedését megakadályozza. A fékellenállás két egyforma méretű, azonos elemekből szerelt blokkból áll. Egy blokk három egységre van bontva. Egy egység négy sorbakapcsolt Kanthal DSD anyagból készült bordás ellenállás-elemekből áll (2. ábra). A blokkok porcelánszigetelőre helyezve kerámiaszigetelőkkel kitámasztva, rázásálló egységet képeznek. Az ellenállás-elemek kerámiaszigetelőkkel közrefogott fülekkel úgy vannak szerelve, hogy a felmelegedés következtében fellépő dilatació káros feszüléseket nem okozhat. A fékellenállások feletti térbe a vontatómotorok mezőgyengítő ellenállása és a ventilátormotor előtétellenállása került (3. ábra).



2. ábra: Szalagból kialakított bordás ellenállás elem.



3. ábra: Elvi kapcsolási vázlat.



4. ábra: Fékellenállás beépítése a DVM 10 mozdonyba.

Az ellenállászekrény mesterséges szellőzését biztosító nagy teljesítményű szellőzőberendezés másodpercenként 9 m³ levegőt szállít. A hűtőlevegő a mozdony oldalán levő zsalukon lép be és az ellenállás felett rácsokkal védett nyíláson át távozik (4. ábra). Az axiális ventilátor által szállított levegő közel egyenletes elosztását a felette elhelyezett légtérelő biztosítja. A szívótorokban elhelyezett áramlásjelző villamos kapcsolója a fékellenállás védelmét biztosítja.

3. Az ellenállás egység műszaki adatai

a) Fékellenállások

Állandó terhelhetőség	6*250 kW
Névleges szigetelési feszültség	600 V
Ellenállás-érték (R)	6*1,3 ohm
Állandósult max. hőmérséklet	470 °C
Az elemek termikus időállandója	T ₁ =30 mp
Az ellenállás csoport termikus időállandója	T ₂ =47 mp

b) Mezőgyengítő ellenállások

Állandó terhelhetőség	6*1,38 kW
Névleges szigetelési feszültség	600 V
Ellenállás-érték (R)	6*4,4*10 ⁻³ ohm
Állandósult max. hőmérséklet (mesterséges hűtés nélkül)	370 °C

c) Szellőző motor indítóellenállás

Állandó terhelhetőség	2,5 kW
Névleges szigetelési feszültség	600 V
Ellenállás-érték (R)	2,2 ohm
Állandósult max. hőmérséklet (mesterséges hűtés nélkül)	250 °C

4. A fékellenállás méretezésénél alkalmazott összefüggés

Az α hőátadási tényezőt és a T₁ termikus időállandót a levezetéseket mellőzve az alábbi összefüggésekből kaptuk.

$$\alpha = \frac{P}{S\tau_{sz}} = 75 \cdot 10^{-4} \left| \frac{W}{cm^2 \cdot ^\circ C} \right|$$

ahol

P az állandó teljesítmény

S az ellenállás felülete

τ_{sz} az ellenállás elem túlmelegedése

Az α hőátadási tényező a légszállítástól függően a légsebesség 0,75 hatványával arányosan változik és ezek szerint a terhelhetőség az alábbiak szerint alakul:

$$P = \alpha V_L^{0,75}$$

ahol:

a az arányossági tényező P a terhelhetőség
 V_L a hűtőlevegő sebessége.

Az adott konstrukciónál az „a” értéke számítható a névleges állandó teljesítményből és a hozzátartozó hűtőlevegő sebességéből. A névlegestől eltérő légsebességeknél a terhelhetőség jó közelítéssel az alábbi összefüggés szerint számítható:

$$P = P_N \left| \frac{V_L}{V_{LN}} \right|^{0,75}$$

ahol:

P_N a névleges állandó teljesítmény
 V_{LN} a névleges hűtőlevegő mennyiség

A termikus időállandó:

$$T_1 = T\beta = 30 \text{ mp}$$

$$T = \frac{GC}{\alpha S} \quad \beta = \frac{\Delta\tau_{sz} + \Delta\tau_l}{\Delta\tau_{sz}}$$

Az ellenállás szalag

- hossza: $l = \frac{k_1}{K} \sqrt{\frac{TRP}{\Delta\tau_{sz}}}$, ahol

$$K = \sqrt{C\chi\rho}$$

- vastagsága: $v = k_2 \frac{T\alpha}{C\chi}$

- szélessége: $h = \frac{k_3 K}{\alpha} \sqrt{\frac{P}{R\Delta\tau_l T}}$

- súlya: $G = k_4 \frac{PT}{C(\Delta\tau_{sz} + \Delta\tau_l)}$

ahol:

T a hűtőlevegő melegedésétől független alapidőállandó

β hőfoktényező

τ_l a hűtőlevegő túlmelegedése a környezethez viszonyítva

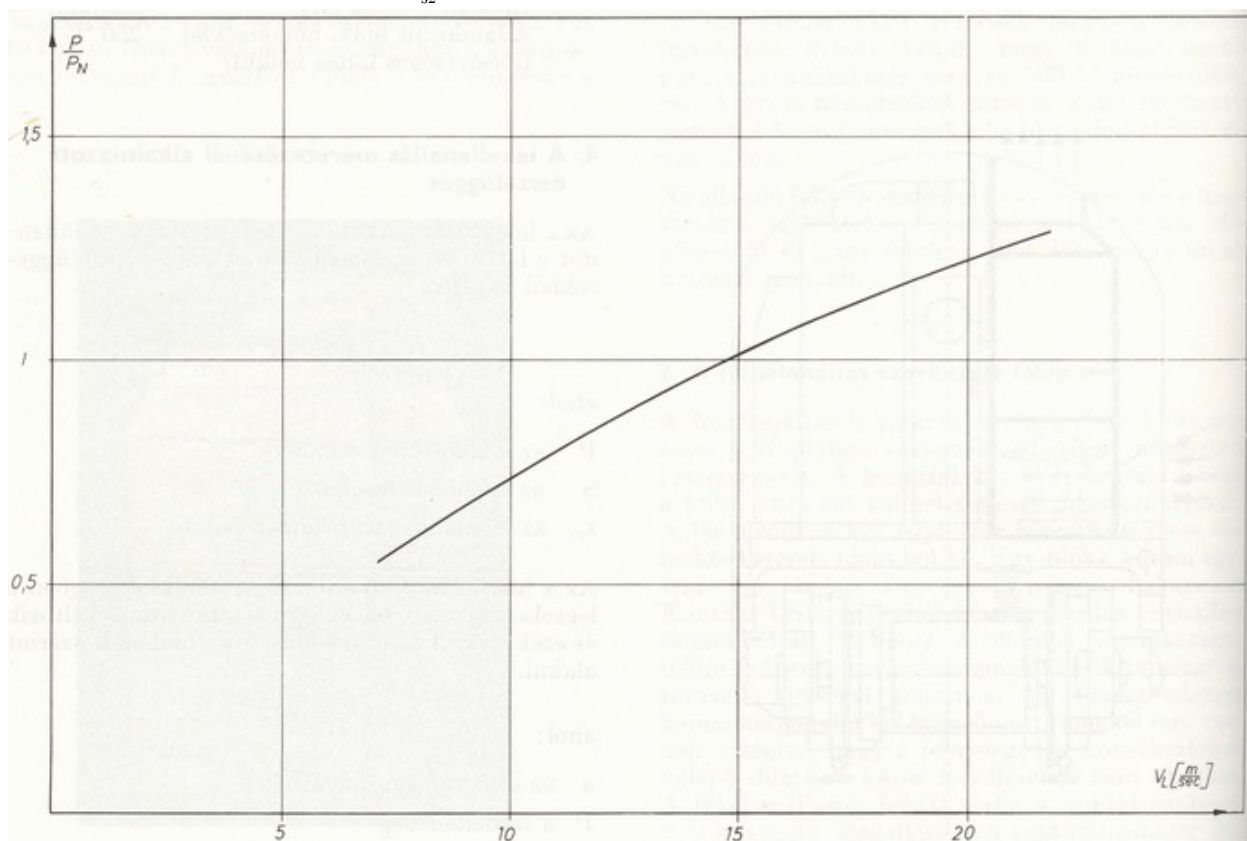
S az ellenállás felülete

G az ellenállás súlya

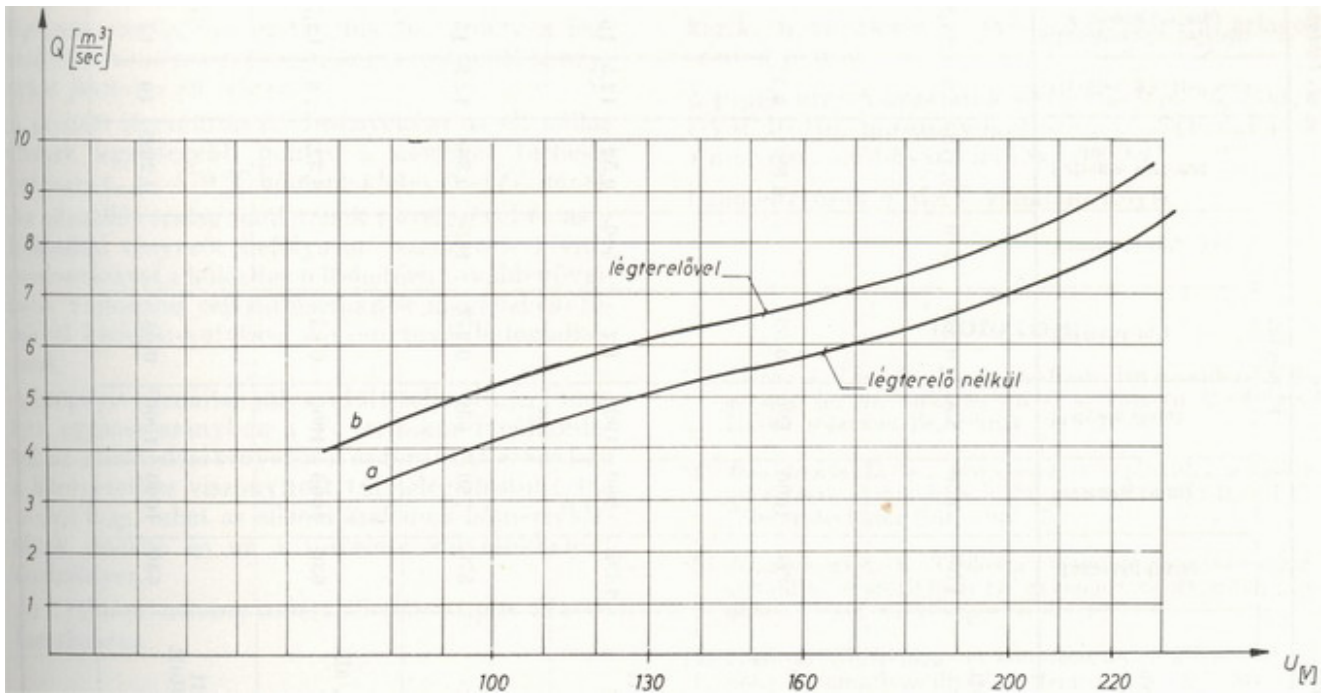
C az ellenállás anyagának fajhője

γ az ellenállás anyagának fajsúlya

ρ az ellenállás anyagának fajlagos ellenállása k_1 - k_4 állandók.



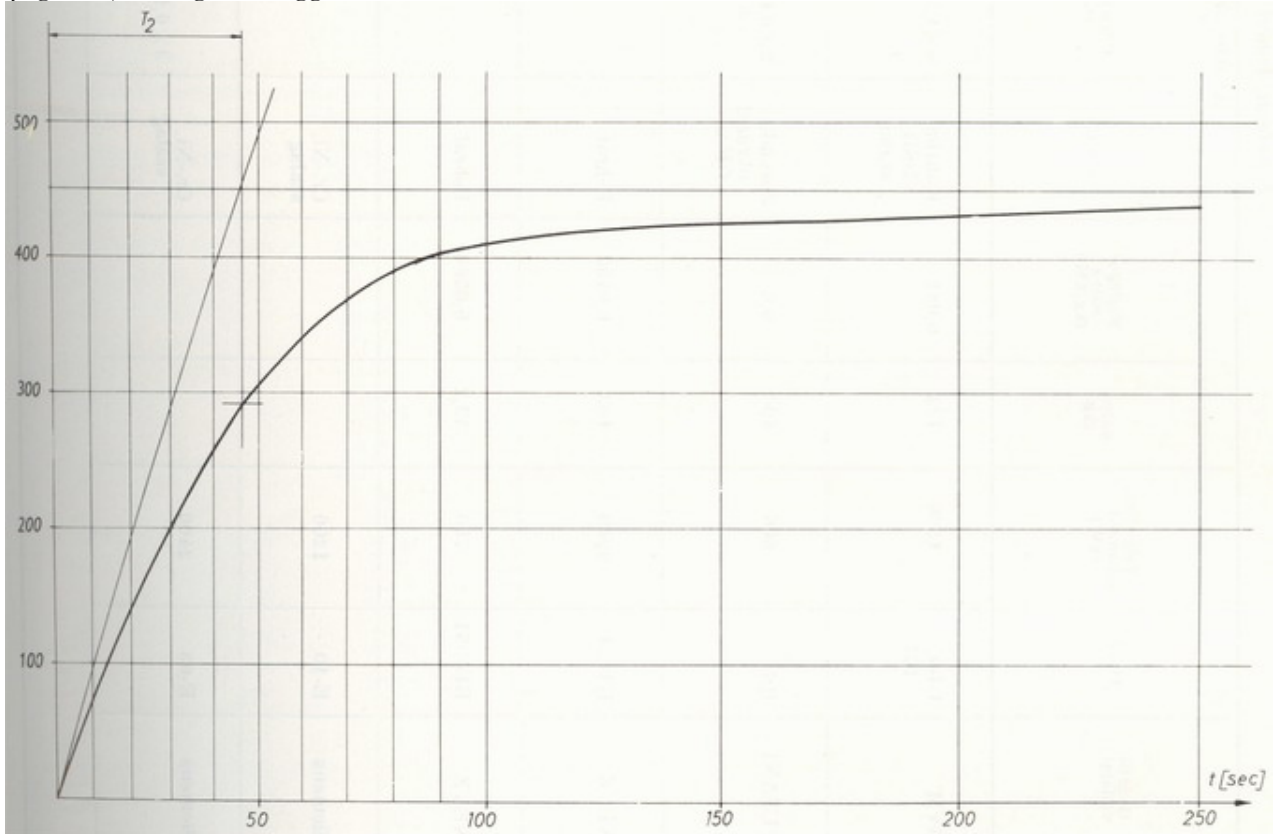
5. ábra: A fékellenállások terhelhetősége a légsebesség függvényében.



6. ábra: Légszállítás a ventilátor motor kapocsfeszültségének függvényében.

A fenti összefüggések mutatják, hogy egy adott térben disszipálható maximális fékteljesítmény egyenes arányban áll az ellenállássalag τ_{sz} túlmelegedésével, felületével és az α hőátadási tényezővel. Ez utóbbi a légsebességtől, az elemek szerkezeti és anyagi tulajdonságaitól függ.

A választott $T_{max}=500\text{ }^\circ\text{C}$ -nál figyelembe vettük az alkalmazott szigetelőanyagok hőfokfüggőségét, továbbá a környezetre gyakorolt hatást. A magasabb hőmérséklet különleges szigetelőanyagokat és a környezet védelmére fokozott hőszigetelést kívánt volna.



7. ábra: A fékellenállások melededése a névleges terhelés hatására.

I. táblázat. Ismert fékellenállások összehasonlítása

Gyártó vállalat	Típus	Teljesítm. (állandó) (kW)	Az aktív rész								Fémerekek					
			Súlya (kg)	Fajlagos súlya (kg/kW)	Anyaga	Ellenállása (Ω)	Üzemi melegedése (°C)	Kivitele	Magasság (mm)	Szélesség (mm)	Mélység (mm)	Térfogat(m ³)	Komplett súly (kg)	Fajlagos térfogat (dm ³ /kW)	Hőlevegő belépési sebesség (m/mp)	Hőlevegő (m ³ /mp)
GVM	UISz. 161	1520	123	0,081	Kanthal DSD szalag	6 × 1,32	450	Bordázott szalag	4150	850	850	0,828	540	0,545	9	14,8
FUSANI	BS.	666	400	0,6	Speciális ötvözet GF-2	2 × 0,83 + 0,21	600	öntött	860	1000	690	0,59		0,885	4,17	
NEVZ	BTC-1	2280	103	0,0453	Fehral		5 - 600	Bordázott szalag	1333	900	1000	1,2	500	0,527	12,5	15
NEVZ	BBC-31	740	43,2	0,0584	Fehral		5 - 600	Bordázott szalag	570	760	630	0,273	165	0,368	12,5	15
Siemens	E-10	1200			Cr.-Ni. szalag		650	Sima ell. áll. szalag	630	1000	1000	0,63		0,525	8	12,7
Siemens	E-03	2400			Cr.-Ni. szalag	3 × 0,165	630	Bordázott felhasított szalag	630	1000	1000	0,63		0,262	10	11

A tervezett $Q=9 \text{ m}^3/\text{sec}$ légszállítás megválasztásánál szemelött tartottuk azt, hogy a hajtó motor teljesítménye a légsebesség harmadik hatványával nő. A légsebesség további növekedésével nyerhető ellenállás hőfokcsökkenés gazdasági szempontból már nem indokolja a motor teljesítménynövelését.

5. Mérési eredmények, fajlagos mutatók értékelése

A fékellenállás első mérései során az elemek túlmelegedtek ($740 \text{ }^\circ\text{C}$). A légszállítás ellenőrzésénél megállapítottuk, hogy a ventilátor légszállítása a tervezettnél kevesebb, $Q=7,78 \text{ m}^3/\text{sec}$.

Az elemek különböző melegedéséből viszont a légoszlás egyenetlenségére következtettünk. Ezt a kedvezőtlen állapotot az idézte elő, hogy a ventilátor járókereke és az ellenálláscsoport közötti távolságot a rendelkezésre álló hely miatt minimumra kellett csökkenteni. A probléma megoldására a fékellenállás és a ventilátor közötti térbe légterelő szerkezetet építettünk be, amely a légszállítást mennyiségi és minőségi szempontból egyaránt javította (6. ábra).

A javított légszállítás eredményeként az ellenállás elemek legmelegebb pontja a névleges terhelés hatására $T_{\text{max}} = 470 \text{ }^\circ\text{C}$ hőmérsékletet ér el (7. ábra). Az ellenállássalalag felületének növelésével és az α hőátadási tényezőt befolyásoló szerkezeti kivitel módosításával a hőleadás feltehetően tovább növelhető. Fejlesztési célkitűzéseinknek megfelelően a témával kísérleti-kutatási szinten tovább foglalkozunk.

A beépített ellenállás súlya adott teljesítmény mellett, egyenes arányban a T_1 termikus időállandótól, az α hőátadási tényezőtől és fordított arányban a környezethez viszonyított túlmelegedéstől ($\Delta\tau_{sz} + \Delta\tau_1$) függ, tehát az ellenálláselemek hőmérsékletének emelése és az a növelése súlycsökkenést eredményez.

Az I. táblázat néhány ismert ellenállástípus adatait tartalmazza.

6. Összefoglalás

Az összehasonlítás eredményeként megállapítható, hogy az UISZ 161 típusú fékellenállás a hőmérséklet szempontjából megbízható tartalékkal rendelkezik, ugyanakkor a fajlagos térfogata átlagos szinten marad.

A próbatermi vizsgálatok sikeres befejezése után a DVM 10 típ. mozdonyokra szerelt fékellenállások a mozdony próbákat kiállták.

Üzemeltetésük a MÁV vonalain folyik.

IRODALOM

- [1] Czerny J., Loos R.: Hochbelastbare Bremswiderstandsgeraete für die elektrischen Lokomotiven E-10 und E-03. (Siemens Zeitschrift 1965. 39. 6.)
- [2] Bondarenko E. M.: Issledovanie teplovüh i aerodinamiczeszkih parametrov bloko szoprotivlenija tipa LF. (Elektrotechnika SZU 1965. 5.)
- [3] Bondarenko E. N.: Teplovüe i aerodinamiczeszkie szszledovanija szoprotivlenij LF szvobodnom dvizsenii vozduha. (IVUZ Elektromechanika 1967. 4.)
- [4] Rheostats de freinage et stabilisation en alliage GF. 2. pour Locomotives diesel-eletriques Bo-Bo 1500 CH. (Elektrometallurgiva FUSANI, Relation TRZ/672)
- [5] Imre L. - dr. Sváb J.: Gépészeti ismeretek I. és II. (egyetemi jegyzetek)
- [6] M. A. Mihejev: A hőátadás gyakorlati számításának alapjai (Tankönyvkiadó 1963.)

PÁSZTORY ISTVÁN - MIKLÓS JÓZSEF - DR. KÖVESSI FERENC

Villamos segédüzemi és fűtőberendezés 1800 LE-s diesel-hidraulikus mozdonyhoz

1. A villamos vonatfűtésre való áttérés

Személyszállító vasúti kocsik fűtésében a korábban egyedülálló gőzzel szemben egyre nagyobb mértékben vesz részt a villamos energia. Ez a jelenség a gőzvontatás fokozatos megszüntetésével és a gőzmozdonyok számának csökkenésével függ össze. Amíg a vontatójármű energiaforrása a gőzkazán volt, a vontatott kocsik energiaszükségletének túlnyomó részét jelentő fűtést is legcélszerűbben e kazánból származó gőzzel lehetett megoldani.

A gőzfűtés háttérbe szorulását a vasúti kocsiknál tehát nem az okozza, hogy a villamos fűtés jóval korszerűbb, a gőzfűtés pedig valamilyen elavult rendszer. A gőz a hőközlésre igen alkalmas közeg, az automatizált központi gőzfűtés - bár a villamos fűtéssel szemben különösen a vasúti viszonyok között néhány lényeges hátránya van - korszerű és jól felhasználható rendszer, amely az élet sok területén elterjedt és megbízható technikai berendezés. A villamos fűtés előretörését végeredményben a vontatási rendszer átalakulását figyelembevevő gazdasági megfontolások indokolják.

Abból az elvből kiindulva, hogy a vonatfűtés céljára a vontatásra is felhasználható energiatípus kell alkalmazni, addig, amíg a gőzvontatással a villamos vontatás áll szemben, a probléma eléggé egyértelmű és megoldása magától értetődő: a villamos vontatásnál a kocsikat villamos fűtéssel kell ellátni. A dieselmotoros járművek megjelenésekor a fűtés kérdésének eldöntése azonban nem egyszerű, még tovább bonyolítja a helyzetet a villamos és a hidraulikus erőátvitel állandó és végeredményben mindkét rendszer fejlődését elősegítő vetélkedője.

A gőzfűtés kétségkívül rendelkezik néhány, a vasútnál igen jelentős hátránnyal. Ilyen például az, hogy a kondenzvíz befagyási veszélyt jelent, különféle egyéb zavart okozhat, az üzem befejezésekor

pedig el kell távolítani, a vezetékekben és a csatlakozásoknál nagy a hőveszteség, a vezetékek méreteinek korlátozott volta miatt az egy energiaforrásról fűthető kocsik száma kevés stb. Ez utóbbi hátrány az utazási kényelem és a sebességek növekedésével egyre több energiát kívánó kocsik miatt egyre súlyosabb.

A villamos fűtés igen nagy előnye az elosztás csekély vesztesége és a jó szabályozhatóság. Ezekből következik például, hogy bár a korszerű olajtüzelésű automatikus gőzkazánok hatásfoka több mint kétszeres egy dieselmotor hatásfokánál, valamint, hogy a dieselmotoros aggregátnál a dieselmotor után még többszörös energiaátalakítás következik a közvetlen felhasználásig, a tulajdonképpeni fűtésig, a mérések és a kísérletek szerint ugyanahhoz a vonatfűtési feladathoz a dieselmotoros aggregáttal működő villamos fűtés kisebb gázolaj-felhasználással jár, mint az automata olajtüzelésű kazánnal működő gőzfűtés.

A villamos vonatfűtésre való áttérés külön nehézséget jelent a kocsiparknál, amelynél a vegyes üzemre szánt kocsiknál mindkét fűtési rendszerhez szükséges berendezést be kell építeni.

Külön bonyodalmat okoz az, hogy - a különféle vontatási áramnemeknek megfelelően - az egyes országokban többféle villamos fűtési rendszer (feszültség és frekvencia) van bevezetve. A Nemzetközi Vasút Szövetség (UIC) 552 előírása szerint ezek:

- egyfázisú $16 \frac{2}{3}$ Hz frekvenciájú 1000 V-os váltakozóáram,
- egyfázisú 50 Hz frekvenciájú 1500 V-os váltakozóáram,
- 1500 V-os egyenáram és
- 3000 V-os egyenáram.

2. A villamos vonatfűtés alapproblémája a dieselmotoros vontatásnál

A villamos fűtés bevezetése a fűtési energiát szolgáltató járművel kapcsolatban és attól függetlenül is felvet egy sor megoldandó problémát (az energiaszolgáltató járműtől függetlenül pl. a nem villamosított vonalak sineit alkalmassá kell tenni a fűtési áram vezetésére). A dieselmotoros vontató járművön alkalmazott villamos vonatfűtési energiaforrás megválasztásánál és kialakításánál sok kérdést meg kell gondolni, amelyek részben a fogyasztói kívánságokkal, részben a vontató jármű rendszerével függenek össze.

A dieselmotoros vontatójárművön alkalmazott villamos vonatfűtés lehet főmotoros, független diesel gépcsoporttal vagy kapcsolódó diesel gépcsoporttal működő.

Főmotoros villamos fűtés esetén a villamos energiát a vontatási energia szolgáltatására való dieselmotor által leadott energia egy részének átalakításával állítják elő, rendszerint úgy, hogy ez a dieselmotor hajtja a fűtésre szolgáló villamos energiát termelő generátort is. Az általa leadott energiát közvetlenül vagy átalakítás (frekvencia-illetve feszültségátalakítás) után használják fel a vonat fűtésére. Van olyan megoldás is, ahol - villamos erőátvitel esetén - a vontatás céljára előállított energia egy részéből megfelelő átalakítóval állítják elő a fűtésre szolgáló villamos energiát. Független diesel-gépcsoport esetén a villamos fűtőgenerátor hajtására külön dieselmotor szolgál. Kapcsolódó diesel-gépcsoport esetén e külön dieselmotornak a fűtésre pillanatnyilag szükségtelen teljesítményét megfelelő erőátviteli berendezéssel főmotor által leadott teljesítmény mellett a vontatásra fel lehet használni.

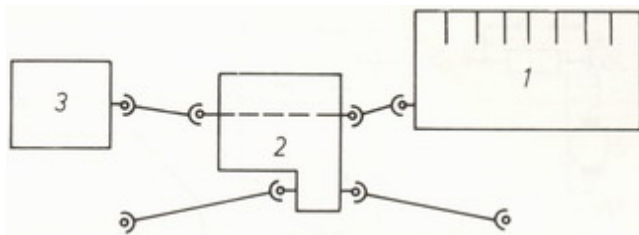
A Ganz-MÁVAG által gyártott DVM típusú 1800 LE-s diesel-hidraulikus mozdony (1. ábra) villamos vonatfűtése főmotoros: a dieselmotor a hidrodinamikus hajtóművet és (szerkezeti okokból e hajtómű primer tengelyén) keresztül a villamos fűtőgenerátort hajtja (2. ábra). A fűtőgenerátor külön állórészterkercs alkalmazásával a fűtési energián kívül a mozdony segédüzemi villamos energiájának előállítására is szolgál.

A mozdony villamos segédüzemi és fűtőberendezését a GANZ Villamossági Művek fejlesztette ki. A főmotoros villamos vonatfűtés alapproblémáját hidrodinamikus nyomatékváltóval rendelkező dieselmotoros esetén az okozza, hogy a nyomatékváltó által felvett teljesítmény nagysága gyakorlati-

lag csak az úgynevezett behajtó fordulatszámtól függ. Az üzemi tartományban még a behajtó és a kihajtó fordulatszámok arányának változása esetén is kevésbé változik.



1. ábra. A GANZ MÁVAG DHM 7 típusú mozdonya



2. ábra. A segédüzemi és fűtőgenerátor hajtása

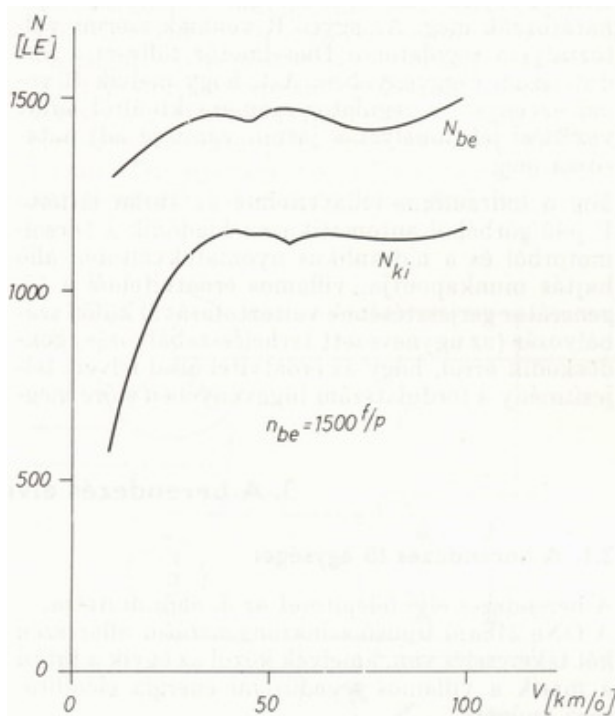
1. Dieselmotor
2. Hidrodinamikus hajtómű
3. Segédüzemi és fűtőgenerátor

A 3. ábra mutatja a DHM 7 típusú mozdony hidrodinamikus hajtóműjének felvett és leadott teljesítményét állandó, 1500 f/p-es behajtó fordulatszám esetén a kihajtó fordulatszám (azaz a mozdony sebessége) függvényében.

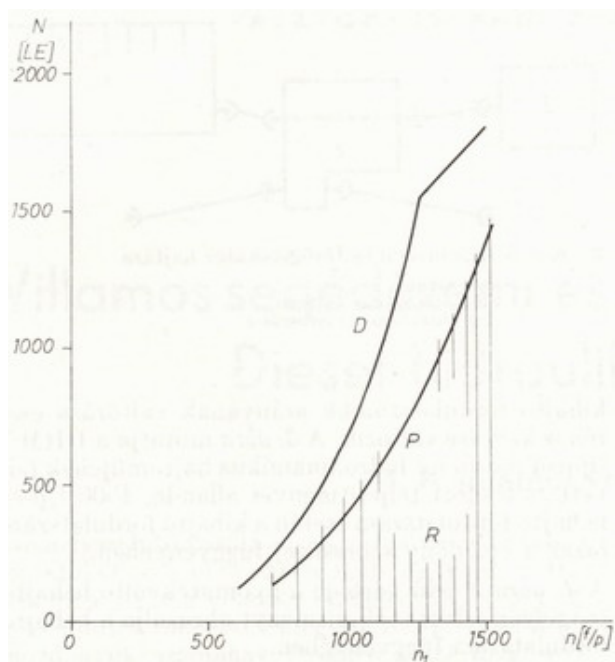
A 4. ábra P jelű görbéje a nyomatékváltó behajtó tengelyén felvett teljesítményt ábrázolja a behajtó fordulatszám függvényében.

A hidrodinamikus nyomatékváltónak ez a jelleggörbéje kiváló illeszthetőséget biztosít a turbófeltöltős dieselmotorokhoz.

A dieselmotor a 4. ábrán D -vel megjelölt görbe szerinti határig tud teljesítményt szolgáltatni. Az n_1 fordulatszám feletti szakasz a legnagyobb töltésnek (a befecskendezett üzemanyag mennyiségének) felel meg. Az n_1 fordulatszám alatt a terhelhetőséget az korlátozza, hogy a turbófeltöltő csak kevesebb üzemanyag elégetéséhez elegendő levegőt tud szolgáltatni.



3. ábra. A hidrodinamikus hajtómű felvett és leadott teljesítménye a mozdony sebességének függvényében, állandó 1500 f/p-es behajtó fordulatszám esetén



4. ábra. A dieselmotor által leadható (D) és a hajtómű által felvett teljesítmény (P) a dieselmotor fordulatszámának függvényében

A dieselmotor regulátora gondoskodik arról, hogy a D görbe feletti tartományba ne tolódjék el a munkapont: az n_1 fordulatszám felett a töltésbeállító szerkezet mechanikus ütköztetésével, a kisebb fordulatszámokon pedig a feltöltőnyomás függvényében való töltéskorlátozással.

A dieselmotor által leadott teljesítményt a 4. ábrán látható R jelű vonalak és a P görbe metszéspontjai határozzák meg. Az egyes R vonalak szerint változtatja a regulátor a dieselmotor töltését a fordulatszám függvényében. Azt, hogy melyik R vonal érvényes, a regulátor számára kívülről adott vezérlési jel (amelyet a jármű vezetője ad) határozza meg. Míg a hidraulikus erőátvitelnél az ábrán látható P jelű görbéből automatikusan kiadódik a dieselmotorból és a hidraulikus nyomatékvtóából álló hajtás munkapontja, villamos erőátvitelnél a főgenerátor gerjesztésének változtatásával külön szabályozás (az úgynevezett terhelésszabályozás) gondoskodik arról, hogy az erőátvitel által felvett teljesítmény a fordulatszám függvényében előre meghatározott értéket vegyen fel. (Emellett ugyanezen a módon, valamint a vontatómotorok átkapcsolásával vagy fluxus csökkentésével éri el a szabályozás azt is, hogy a jármű sebességének változása ellenére a teljesítmény állandó dieselmotor fordulatszám esetén állandó maradjon. Erről a hidrodinamikus hajtóműnél - a 3. ábra szerinti jelleggörbék alapján - nem kell szabályozási beavatkozással gondoskodni, csak az egyes nyomatékvtók közötti átkapcsolásról.)

A dieselmotor tehát olyan energiaforrás, amely adott fordulatszám esetén egy meghatározott teljesítményt képes leadni, (és ezt célszerű is vele kifejezni, mivel az ezen fordulatszámhoz tartozó kívánatos teljesítménynél sokkal kisebb teljesítmény a motor egyes elemeinek megnövekvő mechanikai igénybevétele miatt a motor élettartamának rovására megy), a hidrodinamikus nyomatékvtó pedig olyan fogyasztó, amely adott fordulatszám esetén egy meghatározott teljesítményt vesz fel. A teljesítmény változása pedig a fordulatszám függvényében a 4. ábrából láthatóan hasonló a motornál és a hajtóműnél is.

A főmotoros fűtésnél a problémát a dieselmotor és a hidrodinamikus hajtómű jól összehangolható kettőse mellett megjelenő második fogyasztó, a segédüzemi és fűtőgenerátor okozza. A generátor által igényelt teljesítmény először is általában független a generátor fordulatszámától, másodsor pedig csak körülményesen és korlátozott mértékben befolyásolható. Elvileg tehát az következik, hogy a 4. ábra D és P jelű görbéi közötti távolságot olyan nagyra kell választani, hogy az megfelelően a generátor által igényelt esetleges legnagyobb teljesítménynek. Ha a generátor ezt a teljesítményt éppen nem igényli, a hidraulikus hajtómű által felvett

teljesítményen nem lehet változtatni, a dieselmotort a hajtóműhöz képest túl kell méretezni. Ezt a túlméretezést a vontatás szempontjából nem lehet használni amikor a fűtési igény kisebb a maximumnál. Egy olyan bonyolult és jól kihasználható berendezésnél, mint egy dieselmotordízel, a rendszerek és a berendezések megválasztásánál igen

sok tényezőt kell számításba venni és végeredményben gazdaságossági optimum elérésére kell törekedni. A DHM 7 típusú mozdonynál ennek az optimumnak az elérését a főmotoros fűtés előnyei mellett a fent említett hátrányok különféle eszközökkel való lehetséges csökkentése segíti elő.

3. A berendezés elvi felépítése

3.1. A berendezés fő egységei

A berendezés elvi felépítését az 5. ábra mutatja. Az ONe 218a/4 típusú szinkrongenerátor állórészén két tekercselés van, amelyek közül az egyik a fűtési a másik a villamos segédüzemi energia előállítására szolgál.

A generátor fordulatszáma azonos a hajtó dieselmotor fordulatszámával. A dieselmotor 12 PA 4-185 típusú, a Ganz-MÁVAG által Pielstick-licencia alapján gyártott motor, amelynek névleges fordulatszáma

1500 f/p, üresjárási fordulatszáma 600 f/p. A generátor négyfázisú gép, tehát az állórész-tekercselésben keletkező feszültség 1500 f/p-nél 50 Hz, 600 f/p-nél 20 Hz frekvenciájú váltakozófeszültség.

A generátor által szolgáltatott fűtési áram további átalakítás nélkül kerül felhasználásra, így végeredményben a szerelvény változó frekvenciájú fűtési áramot kap.

Bár ez az előbbieken említett UIC előírás szerinti egyik áramnemnek sem felel meg, a gyakorlatban

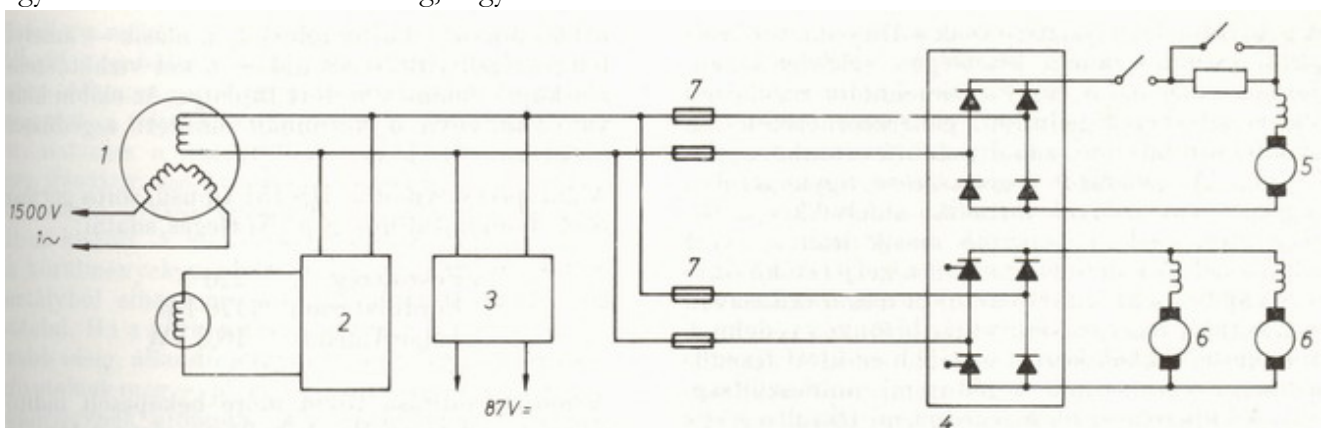
az egyfázisú váltakozóáramú fűtésre alkalmas kocsik fűtési berendezése bizonyos határok között érzéketlen a frekvencia változására.

A frekvencia tartomány alsó határa 33 Hz körüli értéknél van. Ezért a generátort fűtésre csak a 33 és 50 Hz közötti tartományban lehet felhasználni, azaz a dieselmotor 1000 és 1500 f/p-es fordulatszámok között.

A generátornak tehát csak 1000 f/p felett kell leadnia a teljes teljesítményt, 600 és 1000 f/p között csak a segédüzemi tekercs által szolgáltatott villamos energiát kell előállítania.

A generátor a segédüzemi tekercsről táplált áramkörökre a 20 Hz-től 50 Hz-ig, a fűtési tekercsre pedig a 33 $\frac{1}{3}$ Hz-től 50 Hz-ig terjedő frekvencia-tartomány jellemző.

A fűtési tekercsről táplált áramkör a mozdony szempontjából külső áramkör: a fogyasztók a mozdonyon kívül helyezkednek el és az üzem során általában változnak, cserélődnek és nagyságuk a mozdony berendezésétől és annak üzemétől némileg függetlenül alakul.



5. ábra. Villamos segédüzemi és fűtőberendezés elvi felépítése

1. Segédüzemi és fűtőgenerátor 2. Segédüzemi feszültségszabályozó 3. Akkumulátortöltő 4. Segédüzemi egyenirányító és hőfokszabályozó berendezés 5. Légkompresszor hajtómotor 6. Vízhűtő szellőző hajtómotorok 7. Olvadó biztosítók

Nem így van a segédüzemi áramkörrel, amelynek összes fogyasztója a mozdonyon belül van: az akkumulátortöltő berendezés és a segédüzemi egyenirányító, illetve az ezen keresztül táplált segédüzemi villamos motorok.

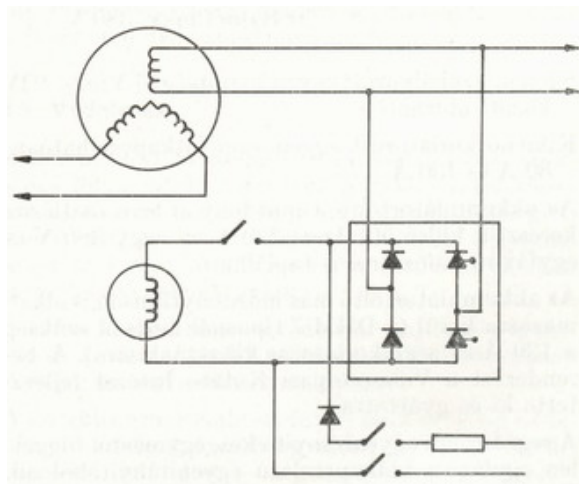
3.2. A generátor gerjesztésszabályozása és felgerjesztése

A generátor tulajdonképpen a segédüzemi tekercs által előállított feszültségről gerjesztett, párhuzamos, öngerjesztésű gépként működik (6. ábra). A generátor gerjesztőtekercse számára a segédüzemi feszültségszabályozó egyenirányított áramot szolgáltat. A segédüzemi feszültségszabályozó egyenirányítója féligvezérelt hídkapcsolású egyenirányító. A tirisztorok gyűjtésvezérlésével a készülék a szabályozás előírásainak megfelelően változtatja a generátor gerjesztését.

A generátor felgerjesztése külső áramforrásról, az akkumulátorról történik. A rugózott kézi gerjesztőkapcsoló megnyomásakor a gerjesztőkontaktor és a külső gerjesztőkontaktorok bekapcsolódnak és a generátor felgerjed. A felgerjedést egy feszültségmérő relé érzékeli, amikor a generátor segédüzemi tekercsének feszültsége elért egy bizonyos értéket, ez a mérőrelé egyrészt kikapcsolja a külső gerjesztő kontaktorokat, másrészt lehetővé teszi a generátor fogyasztóinak megfelelő késleltetés utáni bekapcsolódását, illetve bekapcsolását. A felgerjesztés időtartamára ezek ki vannak kapcsolva annak érdekében, hogy a generátor terhelés nélkül gerjedjen fel.

E feszültségmérő relé bekapcsolási értékénél kisebb feszültségnél a segédüzemi feszültségszabályozó működni kezd (tápegységei számára megfelelő nagyságúvá emelkedett a feszültség), tirisztorai gyűjtőimpulzust kapnak és a feszültségszabályozó átveszi a gerjesztőtekercs táplálását még a külső gerjesztő kontaktorok kikapcsolása előtt. Az akkumulátor felé ilyenkor visszafolyó áramot a felgerjesztőkörben levő félvezető dióda akadályozza meg.

A generátor felgerjesztése csak a dieselmotor üresjárás fordulatszámán lehetséges: reteszelés akadályozza meg azt is, hogy a dieselmotor regulátora felgerjesztetlen segédüzemi generátor esetén nagyobb fordulatszám szabályozására vonatkozó jelet kapjon.



6. ábra. A generátor gerjesztőkör

A generátor legerjesztése ugyanazzal a rugózott kapcsolóval történik, amelyikkel a felgerjesztés, csak a kapcsoló másik irányba való állításával.

A kapcsoló ilyenkor a gerjesztőkontaktort kapcsolja ki, a tartóáramkör megszakításával. A generátor legerjesztésével jár bizonyos védelmek működése, többek között az előbb említett feszültségmérő relé (az ún. segédüzemi nullfeszültség relé) kikapcsolása, ha a segédüzemi feszültség egy megengedhető minimumnál kisebb értékre csökken.

3.3. A segédüzemi feszültség szabályozása és a segédüzemi fogyasztók

A generátor segédüzemi tekercsére kapcsolt fogyasztók (az öngerjesztést szabályozó segédüzemi feszültségszabályozón kívül) az akkumulátortöltő berendezés és a segédüzemi egyenirányítón keresztül táplált villamos motorok (5. ábra).

Az akkumulátortöltő egyenirányítója féligvezérelt tirisztoros hídkapcsolású, amely a generátor segédüzemi tekercsének áramköréhez transzformátoron keresztül csatlakozik, a kimenő egyenáram hullámosságának csökkentése érdekében pedig simítófojtótekercset tartalmaz. A transzformátor a feszültség kismértékű módosításán kívül az akkumulátorköröknek a generátor segédüzemi áramköreitől való galvanikus elválasztására is szolgál. Az akkumulátortöltő a kimenő hullámos egyenfeszültséget állandó értéken tartja mindaddig, amíg a kimenő egyenáram meg nem halad egy előre beállított értéket (a korlátozott áramot). Ezután a feszültség megfelelő csökkentésével az áramot nem engedi a korlátozott érték fölé emelkedni.

Az akkumulátortöltő főbb adatai:

Tápfeszültség határok	20 Hz-nél 140-160 V
	33 Hz-nél max. 270 V
	50 Hz-nél max. 380 V
Kimenő szabályozott egyenfeszültség	87 V (82-92V között állítható)
Kimenő korlátozott egyenáram (átkapcsolhatóan)	80 A és 130 A

Az akkumulátortöltő a mozdonyon levő csatláson keresztül külső 50 Hz-es 220 V-os vagy 380 V-os egyfázisú hálózatról is táplálható.

Az akkumulátortöltő más mozdonytípuson is alkalmazásra kerül (a DHM 7 típusnál nincsen szükség a 130 A-es áramkorlátozás kihasználására). A berendezést a Villamosipari Kutató Intézet fejlesztette ki és gyártotta.

A segédüzemi egyenirányító két, egymástól független egyfázisú hídkapcsolású egyenirányítóból áll. Ezek közül az egyik - amelyik diódákból áll - a kompresszor hajtómotorját, a másik - amelyik féligvezérelt tirisztoros híd - a két vízűtő szellőzőt hajtó villamos motort táplálja. Az előbbi hídra van kapcsolva a korábban említett segédüzemi nullfeszültségrelé is.

A kompresszormotor HS 151 típusú, soros gerjesztésű, kommutátoros gép. Névleges adatai:

Feszültség	220 V
Fordulatszám	1170 f/p
Teljesítmény	18,3 kW

A motor indítása rövid időre bekapcsolt indítóellenállással történik. A hullámos áramú táplálás miatt a gerjesztőtekerccsel állandóan párhuzamosan van kapcsolva egy ohmos ellenállás.

A kompresszormotor be- és kikapcsolását a levegőrendszerben elhelyezett nyomásérzékelő kapcsoló működteti.

A segédüzemi egyenirányító másik hídja a két párhuzamosan kapcsolt motort táplálja, amelyek a mozdony vízűtőjének szellőzőit hajtják.

A soros gerjesztésű, kommutátoros, HS 221 típusú motorok névleges adatai:

Feszültség	220 V
Fordulatszám	1280 f/p
Teljesítmény	22,4 kW

A motorok gerjesztőtekerccseivel itt is állandóan párhuzamosan van kapcsolva egy ohmos ellenállás.

A motorok indítása azonban nem indítóellenállással, hanem a tirisztoros híd segítségével a kapocsfeszültség változtatásával történik. A motorok fordulatszámát a tirisztoros híd gyújtásának változtatásával a berendezés a vízűtőmérsékletnek megfelelően beállítja.

A generátor segédüzemi tekercse táplálja a generátor gerjesztésének szabályozását végző segédüzemi feszültség-szabályozót is. A segédüzemi feszültség-szabályozó egy féligvezérelt hídkapcsolású tirisztoros egyenirányítót tartalmaz. A tirisztorok gyújtásának szabályozásával a segédüzemi feszültséget állandó, kb. 255 V-os értéken tartja 33 $\frac{1}{3}$ és 50 Hz (tehát 1000 és 1500/p-es generátor fordulatszámok) között.

Kisebbszámú frekvenciákon a szabályozott feszültséget a frekvenciával lineárisan összefüggő módon csökkentik. Erre részben azért van szükség, mert a fogyasztók egy része kisebb frekvenciáknál csak kisebb feszültséget képes elviselni (illetve ha a minimális frekvenciánál is a névleges feszültségre alkalmasan készítenék el, az nagy méretnöveléssel járna), másrészt a generátor gerjesztőárama igen megnövekednék kisebb fordulatszámúknál is, ahol az önszellőzés miatt a hűtési viszonyok kedvezőtlenebbek. Így tulajdonképpen a berendezés méreteit csökkenteni lehetett azon körülmény miatt, hogy 1000 f/p-nél kisebb fordulatszámokon - ahol fűtés a korábban említett frekvenciaok miatt nem lehetséges - a segédüzem sem terhelhető a névleges értékig. Ez az akkumulátortöltő teljesítményére nincsen kihatással (ez még 140 V-os tápfeszültség mellett is le tudja adni a teljes teljesítményét a szabályozott egyenfeszültségen) a segédüzemi villamos gépek viszont csökkentett fordulatszámmal és teljesítménnyel járnak.

A csökkentett fordulatszám a hűtőszellőzőknél azért engedhető meg ilyenkor, mert a kisebb dieselmotor-fordulatszámoknál a szükséges hűtőtelteljesítmény is általában kisebb. A kompresszormotor üzeme normális körülmények mellett szakaszos, mivel a főlégtartályból elhasznált levegőt időszakonként kell pótolni. Ha a körülmények a kompresszortól hosszabb ideig, állandó nagyobb mértékű légszállítást követelnek meg - pl. egy vasúti szerelvény levegőrendszerének újonnan való feltöltése - a dieselmotor fordulatszámát arra az időre fel lehet emelni 1000 f/p értékre, külön a nagyobb légszállítás elérése céljából.

3.4. A fűtési feszültség szabályozása és a fűtési kis feszültség védelem

A 4. ábrából látható, hogy a hidrodinamikus hajtómű által felvett teljesítmény és a dieselmotor által leadott teljesítmény különbsége a fordulatszám függvényében változik, kisebb fordulatszámoknál az előbbi két teljesítményérték kisebb volta miatt és nagyobb fordulatszámoknál a dieselmotor töltéskorlátozása miatt ez a teljesítménykülönbség - kisebb, mint a fordulatszám tartomány közepe táján. A fűtéshez és a segédüzemhez szükséges teljesítményösszeg pedig igen kevésbé függ a dieselmotor fordulatszámától. Ezért annak érdekében, hogy ne a dieselmotor és a hajtómű teljesítménykülönbségének legkisebb értékét kelljen a szükséges legnagyobb fűtési és segédüzemi teljesítményszükséglethez illeszteni (tehát a dieselmotort a hajtóműhöz képest még jobban túlméretezni), a fűtési és segédüzemi teljesítményszükséglet befolyásolására kellett módot találni.

A segédüzemi teljesítmény az említett teljesítményszükséglet kisebbik hányadát teszi ki és ennek nagyobbik részét, a hűtőszellőzésre fordított teljesítményt nem lehet csökkenteni. A teljesítményszükséglet biztosítása tehát a fűtésbe való beavatkozással történik, úgy hogy a berendezés a segédüzemi feszültség állandó értéken tartása helyett a fűtési feszültség megengedhető legkisebb értékre való szabályozására tér át. Ezzel a fűtési fogyasztók által felvett teljesítmény csökken. Az áttérést a dieselmotor regulátora vezérli villamos kapcsoló segítségével. Ha a regulátor azt érzékeli, hogy a dieselmotortól igényelt teljesítmény nagyobb, mint a megengedett, jelt ad és a berendezés áttér a fűtési feszültség szabályozására, 1200 V-os állandó értéken való tartására. Ha a dieselmotor túlterhelését ez nem szünteti meg, a regulátor további jelére a fűtés kikapcsolódik.

Ez az üzemmód csak azoknál a dieselmotor fordulatszámoknál (ezeknek megfelelő controller pozícióknál) jöhet létre, amelyek a fordulatszám-tartomány alsó részére esnek. Ezeknél nagyobb fordulatszámokon, a középső tartományban a dieselmotor és a hajtómű teljesítménykülönbsége nagyobb, a felső, a névlegeshez közelálló dieselmotor fordulatszámokon pedig megengedett üzemmód az, ha a dieselmotor töltéskorlátozása határozza meg a munkapontot. Ilyenkor a dieselmotor fordulatszámának esésével csökkenő folyadékhaj-

tómű teljesítményfelvétel következtében áll be az egyensúly. Ha a pillanatnyi vontatási igény miatt a jármű vezetője ezt el akarja kerülni, rendelkezésére áll a controller fokozata, amely a fűtést kiiktatja. Az 1200 V-os fűtési feszültségre való szabályozásoknál a segédüzemi feszültség némileg csökken és ezzel a kompresszormotor fordulatszáma, valamint a hűtőventilátor-motorok elérhető legnagyobb fordulatszáma is kisebb lesz. Ez amellet, hogy ilyen üzemmód csak valószínűleg rövidebb, meghatározott időtartamig állhat fenn, azért sem okoz problémát, mert a szükséges hűtőtöeljesítmény azoknál a dieselmotor fordulatszámoknál, amelyeknél ez az állapot fennállhat, kisebb a maximális értéknél.

A regulátor jele alapján a fűtési feszültség szabályozására áttért berendezés mindaddig megtartja ezt az üzemmódot, ameddig a vezérkontrollert a megfelelő fordulatszám-tartományhoz tartozó pozíciókból el nem mozdítják. A dieselmotor túlterhelésének megakadályozása céljából szabályozott fűtési feszültségérték megválasztásakor tekintettel kellett lenni arra, hogy a fűtési feszültség alsó határánál kisebb feszültség még átmenetileg sem fordulhat elő. Ez ugyanis a vasút többfeszültségű fűtésre alkalmas kocsijainál zavart okozna: az 1000 V-os fűtésre is alkalmas kocsik automatikus berendezése 1160 V-nál kisebb feszültség érzékelésekor átkapcsolhatja a kocsik berendezését az 1000 V-os fűtésnek megfelelően. A felesleges kapcsolgatáson kívül (amely a kocsik berendezésének a károsodását is okozhatja) ez azzal is járna, hogy a kívánt teljesítménycsökkenés nem következik be. A kocsik berendezésének védelme érdekében a mozdony berendezésében fűtési kis feszültség védelem van: ha a fűtési feszültség bármilyen ok miatt az 1500 V-os fűtés alsó határánál kisebb értékre csökken, a berendezés egy mérőrelé segítségével ezt érzékeli és a fűtést kikapcsolja. Újbóli bekapcsolását a mozdonyvezetőnek kell elvégeznie a rugózott fűtési kapcsoló megnyomásával, ugyanúgy, mint a fűtés eredeti bekapcsolásánál.

3.5. Védelmek

A berendezést az üzemszerű működés során szükséges folyamatok vezérlését biztosító reteszeléskén és védelmeken (mint például az említett segédüzemi nullfeszültségvédelem) kívül, a helytelen kezeléskből vagy üzemzavarokból eredő károk ellen megfelelő védelmek óvják.

A fűtési körben túláramvédelem van, amely áramváltón keresztül táplált mérőrelé működését jelenti. A védelem a generátort legerjeszti.

A korábban már említett fűtési kis feszültség védelem - amelyet feszültségváltón keresztül táplált mérőrelé működtet - a generátort nem gerjeszti le, csak a fűtési kontaktort kapcsolja ki.

Nem engedi bekapcsolni a fűtési kontaktort az a védelem, amelyet egy, az előbbi feszültségváltón keresztül táplált másik relé működtet, akkor, ha a még be nem kapcsolt kontaktor mellett a fűtési fővezetéken feszültség van. Ez abban az esetben

fordulhat elő, ha az összekapcsolt szerelvény egyidejűleg más áramforrásról is kaphat feszültséget (állomási fűtővezetetről vagy egy másik mozdonyról).

A generátor legerjesztésével jár a segédüzemi kar túláram- és túlfeszültségvédelmének működése.

Jelzést ad a generátor segédüzemi áramkörének testzárlatáról a segédüzemi testzárlatjelző relé.

A berendezés teljesítmény-félvezető elemeit gyors működésű, vezetékeit pedig lassú működésű (lomha) olvadó biztosítók védik túláramok és túlterhelések ellen.

4. Segédüzemi és fűtőgenerátor

4.1. Tervezési szempontok, műszaki adatok

A DHM 7 mozdony segédüzemi-, és fűtőgenerátora négypólusú szinkrongenerátor, kiállópólusú forgórészsel, az állórészenként egymástól független állórésztekercseléssel (7. ábra).

A két tekercselés közül az egyik a mozdonyhoz tartozó segédüzemi berendezések üzemeltetéséhez szükséges villamos energiát szolgáltatja, a másik a mozdony által vontatott szerelvény fűtését hivatott biztosítani.

A generátor főbb műszaki adatai a következők:

	Fűtés	Segédüzem
Névleges teljesítmény (kVA)	280	88-132
Teljesítménytényező	0,9	0,85
Feszültség (V)	1500	195-270
Áram (A)	187	452-489
Frekvencia (Hz)	33 $\frac{1}{3}$ -50	20-50
Fordulatszám (1/p)	1000-1500	600-1500
Szigetelési osztály	„F”	
Védettség	IP 22 (MSZ 806)	
Vonatkozó szabvány	IEC 349	
Összsúly (kp)	2200	

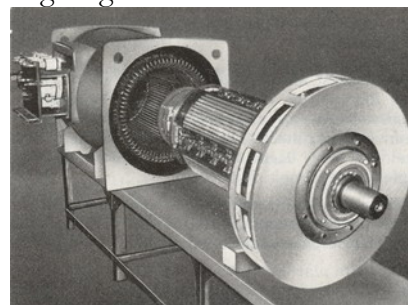
A tervezés alapjául a műszaki adatokban szereplő teljesítmény- és feszültségigényeken kívül a harmadik fejezetben részletesen ismertetett egyéb követelmények szolgáltak.

Nézzük meg részletesebben, mit jelentenek ezek a követelmények a tervezés számára.

Az UIC 552 előírás rögzíti az alkalmazott feszültségek frekvenciáját - itt 50 Hz jöhet szóba, ami azt jelenti, hogy adott fordulatszámnál a generátor

pólusszáma rögzített, vagyis nem az optimális méreteket adó pólusszám valósítható meg.

A dieselmotor fordulatszáma a terheléssel változik. Tekintettel arra, hogy a generátor a főmotorról kapja a hajtást, vele együtt a generátor fordulatszáma is változik. Mind a fűtési, mind a segédüzemi teljesítményigény viszont széles fordulatszám határok között állandó. Ezért a generátort úgy kellett méretezni, hogy a névleges teljesítményét még az előírt 1000 ford/perc fordulatszámon is le tudja adni. Ilyen esetben szóba jöhetett volna külső szelőlőzősű generátor alkalmazása is, ami kisebb méreteket eredményezett volna, de ennél a teljesítménynél még túlságosan bonyolította volna a berendezést. További követelmény még, hogy a fűtőfeszültség egyik üzemállapotban sem lépheti túl az 1650 V-os határt. A fűtőfeszültség alsó határa, amely mellett még fűtőtelsítményt kell szolgáltatni 1150 Volt. Ez a követelmény a két tekercselés menetszámárányát kötötte meg, így a gombolyítás nem volt tetszés szerint kialakítható. A fenti szempontok figyelembevételével készítette el a GVM a következőkben ismertetett fűtési- és segédüzemi célokra szolgáló generátorát.



7. ábra. Fűtő és segédüzemi generátor álló- és forgórésze

4.2. Elméleti megfontolások

A fűtési tekercselés a háromfázisú gombolyítás két fázisához hasonlóan az állórész kerület $\frac{2}{3}$ részét foglalja el, a segédüzemi tekercseléshez pedig a kerület $\frac{1}{3}$ része tartozik. Mivel a fűtési és segédüzemi teljesítmények aránya közelítőleg 2:1, két tekercselésnek a névleges teljesítményükkel való együttes terhelése esetén az állórésztekercselések eredő gerjesztése a szimmetrikus háromfázisú tekercseléshez hasonlóan közelítőleg tiszta pozitív sorrendű forgómezőt hoznak létre.

A váltakozóáramú tekercselések tulajdonságaiból következően a $\frac{2}{3}$ os begombolyítású tekercselések

$$v=3k$$

felharmonikusokra vonatkozó elosztási tényezői

$$\xi_{e3k}=U$$

vagyis függetlenül a tekercselési lépéstől és a mezőgörbe alakjától a kapcsolófeszültségben nem jelennek meg az alaphullám hárommal osztható felharmonikusai.

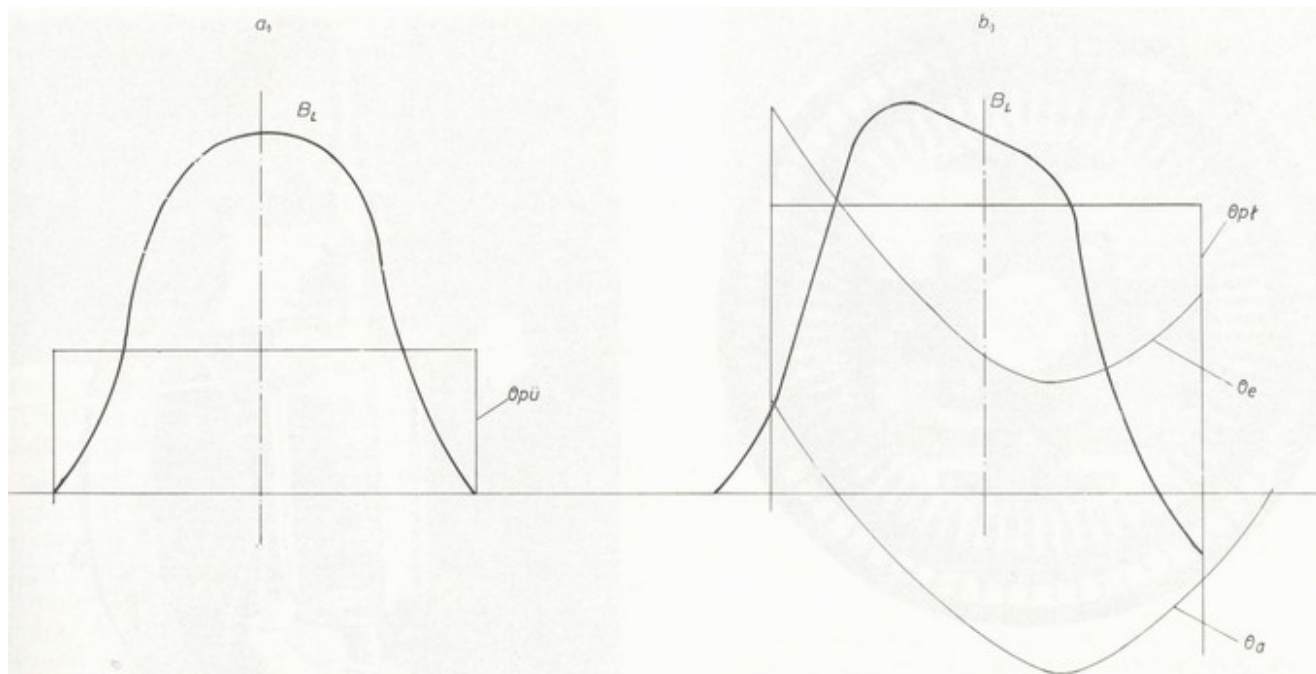
Az $\frac{1}{3}$ -os begombolyítású tekercselés harmadik harmonikusra vonatkozó elosztási tényezője

$$\xi_{e3k}=0$$

tehát amennyiben a mezőgörbe tartalmaz harmadik harmonikust, és a tekercselési lépés nem olyan, hogy a keletkező harmadik harmonikus feszültséget kiszűrné, a kapcsolófeszültségben megjelenik annak a hatása is. A tekercselési lépés megfelelő megválasztásával ez megszüntethető, mivel $\frac{2}{3}$ -os lépésnél a tekercselés harmadik harmonikusra vonatkozó hűrtényezője $\xi_{e3k}=0$, így az eredő tekercselési tényező is 0, ezért a kapcsolófeszültségben 3. harmonikus nem keletkezhet.

Terheléskor az álló- és forgórész gerjesztés egymásra-hatása következtében az eredő fluxus-görbe mindig tartalmaz terhelési állapotonként változó nagyságú harmadik harmonikust, (8. ábra) ami a feszültséggörbe alakjára kedvezőtlen befolyást gyakorol.

A segédüzemi tekercselés feszültségalakjának javítása és állandó változásának kiküszöbölésére - ami a szabályozhatóság szempontjából is kívánatos - $\frac{2}{3}$ -os lépést kellett választani.



8. ábra. A mezőgörbe változása terheléskor
 a) üresjárás b) Terhelés B_L légrésindukció Θ_{pu} Θ_{pt} pólusgerjesztés üresjárásban ill. terheléskor Θ_a állórészgerjesztés Θ_e eredő gerjesztési görbe

A lépésrövidítés az alapharmonikus feszültséget is csökkenti, aminek kompenzálására az aktív vas-hosszat meg kell növelni.

Négypólusú gépeknél a lépésrövidítés már jelentős tekercsfelhossz-csökkenést eredményez, ami a vashossz növekedését kiegyenlíti, sőt esetenként a géphossz csökkenéséhez is vezethet.

Az egyfázisú üzemben fellépő negatív sorrendű gerjesztés által a forgórész felületén keltett járulékos veszteségek csökkentésére a pólussarukban bőségesen méretezett csillapítókalicka rendszer van beépítve.

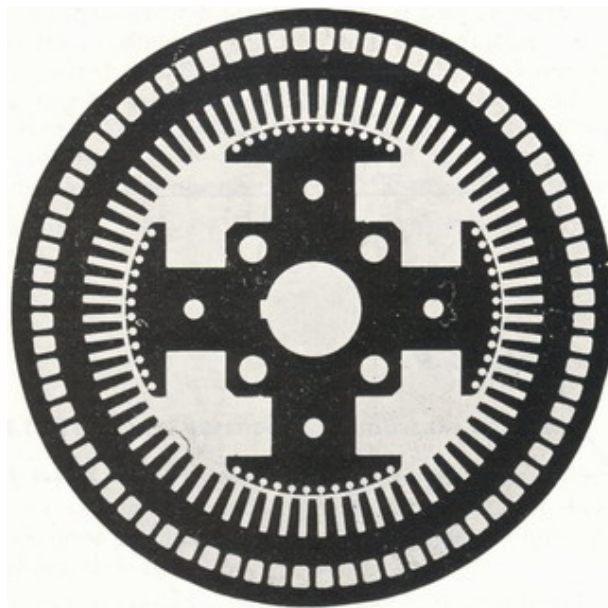
4.3. Szerkezeti felépítés

Felépítését tekintve, a generátor nem tér el lényegesen a GVM-ben gyártott más, hasonló nagyságú szinkrongépektől.

Az állórész és a pajzsok hegesztett kivitelben készültek, pajzs csapágyas felépítéssel, csepegővíz elleni védettséggel. Egy szabad tengelyvég áll rendelkezésre a hajtóteljesítmény bevitelére (7. ábra). A vasúti üzemben fennálló nagyobb mértékű szennyeződés (olajos por stb.) következtében a viszonylag kisméretű radiális szellőzőcsatornák könnyen eltömődhetnek, emiatt a hűtés hatékonysága az üzemeltetés során idővel csökken. Ennek elkerülésére radiális szellőzés helyett axiális szellőzésre térünk át. A hűtőlevegő szállításáról egy, a hajtásoldalon elhelyezett hátrahajlított lapátos radiál ventilátor gondoskodik. A levegő egy része közvetlenül a géptérből, a kisebbik része az egyenirányító szekrényen át az ott beépített diódákat és egyéb szerelvényeket hűtve a gerjesztés oldali pajzs beömlőnyílásán keresztül jut a generátorba. A csúszógyűrű-térben két párhuzamos ágra oszlik a levegő. Az egyik az állórész lemezkoszorúba sajtolt lyukak által kialakított szellőzőcsatornákon (9. ábra), a másik a pólusok között áthaladva hűti a vastestet és a tekercseket.

A pólusok közötti tér jobb átszellőzése érdekében a forgórészlemezek agyrészében tengelyirányú furatok vannak, amelyek a pólustekercs kitámasztások közötti térrel vannak összekötöttesben. Ezáltal elkerülhető volt, hogy a kitámasztások között megrekedjen a levegő. A felmelegedett hűtőlevegő a hajtásoldali pajzs palástján át távozik.

A fentiek szerint kialakított szellőzés a próbatermi mérések szerint nagyon hatásosnak bizonyult.



9. ábra Álló- és forgórész lemez

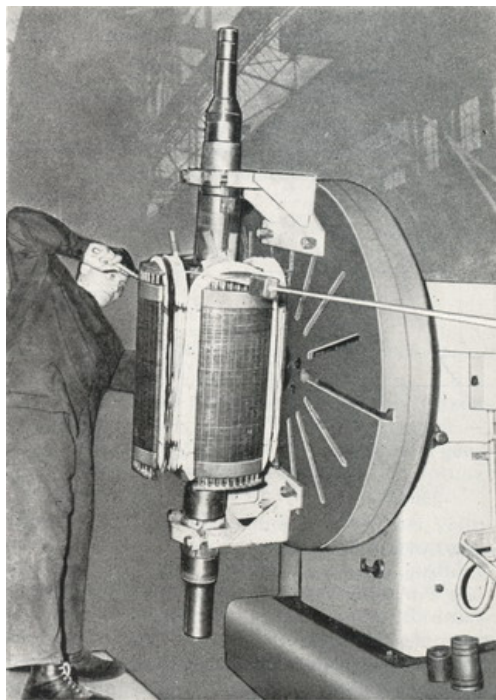
Az állórész lemezttest lakkszigetelésű dinamólemezekből van felépítve. Az összerakott lemezttestben 50 mm-ként üvegszövet választófoliák vannak, az esetleges vaszárlatok nagyobb felületre történő kiterjedésének megakadályozására. A lemezttestet összefogó szorító tárcsák egyúttal a tekercsfejek megtámasztására is szolgálnak.

A forgórész egybesajtolt pólusokból készült, úgynevezett „csillag” forgórész (9. ábra). A kisajtolt lakkozott lemezeket melegen lemezelik a tengelyre. A lemezttest két végén egy darabból kimunkált kovácsolt acél végdarabok vannak.

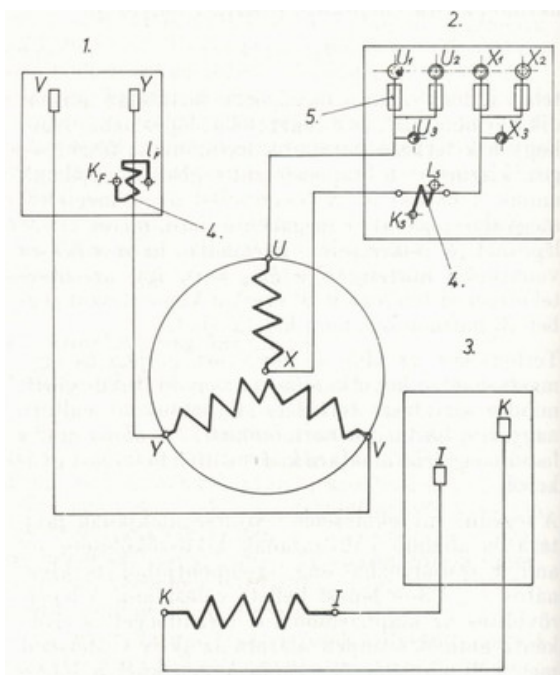
Az állórész gombolyítás kívülről nézve normális kétréteges gombolyítás széthúzott tekercsekkel $2/3$ -os lépésrövidítéssel.

A két tekercsrendszerhez tartozó tekercsek azonos magassági méretűek, így a közös horonyba kerülő különböző tekercsek elhelyezése nem okozott problémát. A tekercsfejek zárlati erőik ellen a lemezttest szorító tárcsáin kiképzett gyűrűkhöz vannak lekötve és egymáshoz betétezve. A gombolyítási anyag „F” osztályú üvegszigetelésű, lakkozott, vörösrézhuval. A tekercsszigetelés korszerű szamikatermlepedő-szamikaszalag kombinációjú „F” szigetelés.

A forgórész gombolyítás szintén „F” osztályú, üvegszigetelésű lakkozott vörösrézhuvalból készített pólustekercsekből áll. Pólustörzs szigetelése rásütött epoxis üveglepedő, a pólussarú szigetelés felragasztott üvegepoxi-lemez. A vezetőket az összeállított, beszigetelt forgórészre gombolyítják rá (10. ábra).



10. ábra. „Csillag” forgórész gombolyítása



11. ábra. Generátor kapcsolási vázlat

- 1. fűtőkapocs 2. segédüzemi kapocs 3. gerjesztő kapocs
- 4. áramváltó 5. biztosítók

A hűtés javítása érdekében pólusonként 6 db vörösréz hűtőlemez van beépítve. A tekercseket a pólusközökben a centrifugális erő kihajlító hatása ellen támasztóbetétek tartják.

Ha csak a segédüzemi tekercselés van üzemben, a keletkező inverz gerjesztést a csillapító tekercselés ellensúlyozza. A csillapító tekercselés a pólussaruk hornyaiban elhelyezett vörösrézrudakból és rövidrezáró szegmensekből áll. Az egyes szegmensek gyűrűk segítségével egymáshoz is rövidekre vannak zárva. A gyűrűk egyúttal a rúdvégek mechanikai megfogására is szolgálnak.

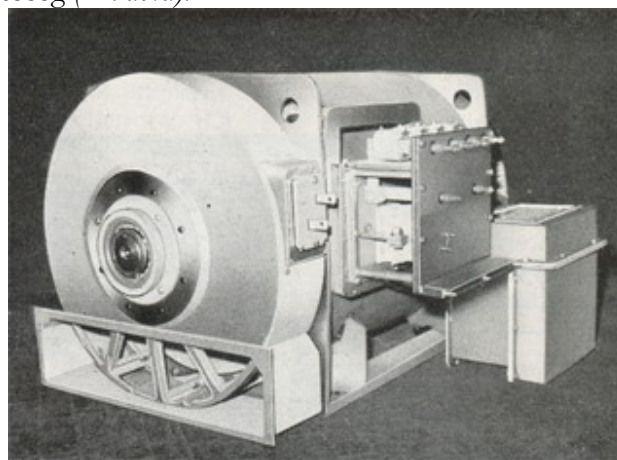
A két tekercsrendszer az állórész két oldalán levő különálló kapocsokhoz van kivezetve (11. ábra).

A kapcsokon a szokásos csatlakozóelemeken kívül egyéb, a mozdony áramköréhez tartozó szerelvényeket is el kellett helyezni.

Így a fűtési kapcson van elhelyezve a fűtési áramváltó, amelynek szekundartekercsét maga a kapocshoz csatlakozó kábel adja. A segédüzemi kapocs tartalmazza a segédüzemi áramváltót és egy külön szerelőlapon az egyenirányítókhoz tartozó négy biztosítót is.

A kapocsfedélen a biztosítók szemrevételezésére szolgáló ellenőrző ablak van.

A segédüzemi kapcson 3 párhuzamos áramkörhöz és a mérőváltó áramköréhez van csatlakozási lehetőség (12. ábra).



12. ábra. A generátor kapcsai levett kapocsfedelel. (A gép mellett látható a segédüzemi kapocsfedél.)

A generátor forgórésze kardántengelyhez csatlakozik. A tengelykapcsoló fél számára szolgáló tengelyvég kúpossága 1:50.

A zsírkenésű hengergörgős csapágyak zsírgátas kivitelűek. A csúszógyűrű oldalon van a megfogott NJ csapágy, míg a hajtásoldali egy NU kivitelű szabad csapágy.

5. A segédüzemi egyenirányító és a dieselmotor hűtővizének hőfokszabályozása

A segédüzemi egyenirányító - mint korábban is szó volt róla - két főfeladatot kell, hogy ellásson. Egyrészt tápláló áramot kell szolgáltatnia a légsűrítőmotor számára, másrészt olyan hajtás áramforrása-ként kell, hogy szerepeljen, amely a dieselmotor hűtési rendszerének szabályozott szellőzését végzi. Kapcsolását az 5. ábra mutatja. Az említett két feladatot egyrészt a felül látható diódás, másrészt az alatt a vázolt tirisztoros féligvezérelt hídkapcsolású egyenirányító készülékrész látja el, az utóbbihoz tartozó vezérlő és szabályozó berendezéssel. Az egyenirányító hidak a fűtő és segédüzemi generátor segédüzemi tekercséhez csatlakoznak, de leágazásaikat külön-külön védi 2-2 igen gyors kioldású, félvezetőhöz illesztett biztosító (5. ábra 7, NOSi betétek). Ezek a biztosítók, bár a segédüzemi egyenirányító szerves részét képezik, helyhiány miatt a generátor mellé kerültek. Így tehát a generátort a segédüzemi egyenirányítóval 4 csatlakozókábel köti össze.

A segédüzemi egyenirányító főbb műszaki adatai:

Típus TH 4T DH 4-220/400*2 V
 Csatlakozó váltakozó feszültség 2x255 V
 Kimenő egyenfeszültség a diódás hídon 220 V
 Kimenő egyenfeszültség a tirisztoros hídon szabályozott, max. 220 V

A félvezetők a diódás hídban

4 db D 300/1400 típ. (AEG)

a tirisztoros hídban 2 db CS 220-12. típ. (BBC)

és 2 db D 300/1400 típ. (AEG)

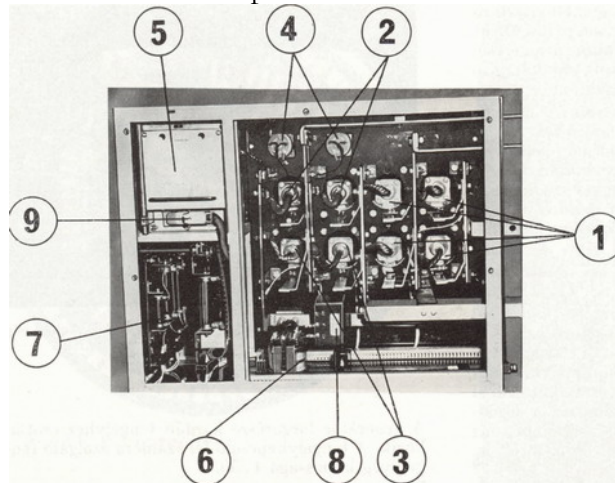
Az egyenirányító berendezés felépítését a 13. ábra mutatja: a jobboldalt látható 4 félvezető alkotja a diódás hidat (1), balra a tirisztoros híd helyezkedik el, fent a két tirisztorral (2), alattuk a két diódával (3). A tirisztorok fölött láthatók azok impulzus-transzformátorai (4). A vezérlés és szabályozás áramkörei egy irányítási fiókban (5) találnak elhelyezést. Az irányítási körök tápegységének transzformátora (6), a félvezetők RC-védelme (7) és a sínáramváltó (8) a tirisztoros híd áramérzékeléséhez, végül a sínvezetések, a sorozatkapcsok töltik ki a szekrény többi terét.

A félvezetők hűtőtestjeikre vannak felszerelve, ezek a hűtőtestek a 14. ábrán láthatók, jól érzékelhető, hogyan sűrűsödik végig a függőlegesen lefelé haladó hűtőlevegő a hűtőbordákat. Ennél a felvételnél a hátsó légtérelő burkolatot leszereltük,

amely a 15. ábrán viszont felszerelve látható. Ezen a képen jól követhetjük a hűtőlevegő útját. A felső rácsozaton hatol be körben a levegő, a lemeznán lefelé haladva érkezik a vízszintes téglalap alakú széles nyíláshoz, amelynek pereméhez az a vízszintes légcsatorna csatlakozik, amely a fűtő- és segédüzemi generátor levegő beszívó csomójához kapcsolódik.

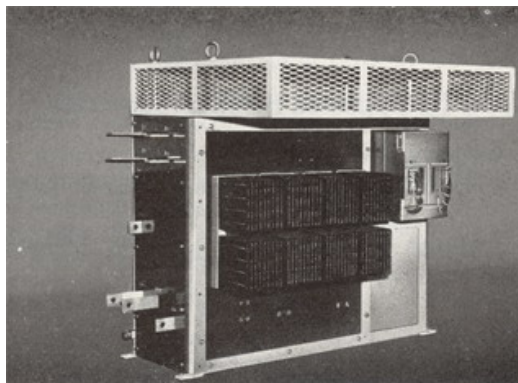
A 14. ábrán jól láthatók még a síncsatlakozások (2*2 váltakozó- és 2*2 egyenáramú sín), ugyanezt mutatja a 16. ábra is, amely a segédüzemi egyenirányítót előlről, leszerelt előlappal ábrázolja.

A 14. ábrán egyébként jobboldalt az irányítási fiókot befogadó fióktartó hátsó része is látható, rajta a 2 db 30 sarkú csatlakozóval, amellyel a belső áramkörök a külsőhöz kapcsolódnak.

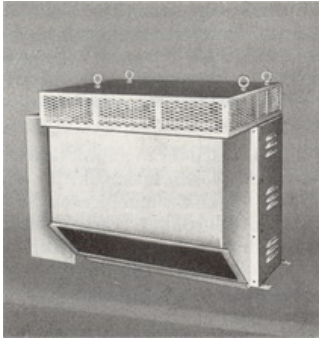


13. ábra. A segédüzemi egyenirányító belső elrendezése (a számok értelmét lásd a szövegben)

Hogy az ezeken a csatlakozókon előforduló hiba miatt ne kelljen az egész egyenirányítót kiszerezni, a fióktartó olyan, hogy az néhány csavar megoldása után előlről kihúzható.



14. ábra. A segédüzemi egyenirányító hátulról, légtérelő burkolat nélkül



15. ábra. A segédüzemi egyenirányító hátulról

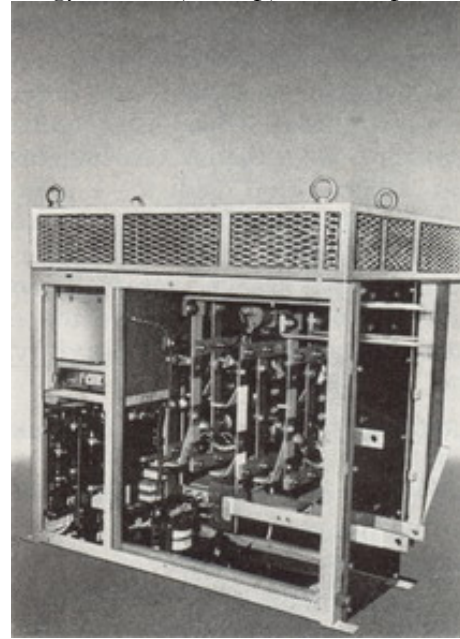
Ennek elvégzésére csupán a 13. ábrán látható (9) dugaszolót kell bontani, amivel a fióktartó minden csatlakozását egyszerre szakíthatjuk meg.

Az irányítási fiókban az irányítási áramkörök dugaszolható kártyájú, nyomtatott áramkörök. Két főfeladatot látnak el. Egyrészt a tirisztorok vezérlési kapcsolásait, másrészt a hőfokszabályozó áramköreit tartalmazzák, kiegészítve e kártyákat ellátó tápegységgel.

Az arányos (P) szabályozó célja a dieselmotor hűtővíz-hőmérsékletének állandó szinten tartása. A hőmérséklet érzékelése két helyen történik: a hidegvíz körben (45 °C) és a melegvíz körben (95 °C) platina ellenálláshőmérővel.

A szabályozás mindig arra az eltérésre történik,

amelyik nagyobb a saját alapjeléhez képest.



16. ábra. A segédüzemi egyenirányító előlnézete levett előlappal

A generátor felgerjedésének ideje alatt a szabályozást egy relé letiltja. Ha az áram a beállított határértéket túllépi, ugyancsak letiltjuk a hidat. A letiltás fennmarad addig, míg a generátort le nem gerjesztik.

6. A berendezés elhelyezése

A DHM 7 típus két vezetőfülkés mozdony. A hidraulikus hajtómű helyét működése szigorúan megszabja. A mozdony közepén elhelyezett hajtóműnek a dieselmotorral ellentétes oldalán van a segédüzemi és fűtőgenerátor, a mozdony vízhűtője alatt. A generátor közelében van elhelyezve külön szekrényben a segédüzemi egyenirányító, amelynek hűtését az önszellőztető generátor beszívott levegőjének egy része látja el.

A berendezés többi részének nagy többsége a generátorhoz közelebb eső vezetőfülke a géptér felől és a vezetőfülke felől csatlakozó szekrényekben van. A vezetőfülkébe nyíló szekrényekben a vezér-

lési elemek, relék, a segédüzemi feszültség szabályozó, és az akkumulátortöltő berendezés elektronikus része vannak. A másik, a géptérben levő szekrényben a nagyáramú körök készülékei, kontaktorok, ellenállások, az akkumulátortöltő transzformátora és simító-fojtótekerce vannak. A generátoron, a hajtott gépekhez helyezett segédüzemi motorokon és az említett szekrényekben elhelyezett berendezéseken kívül a segédüzemi és fűtőberendezéshez tartozik néhány készülék, műszer, ellenálláshőmérő stb. amelyek rendeltetésüknek megfelelően a vezetőfülkékben, illetve a géptérben egyéb helyekre vannak beszerelve.

GÁBOR PÉTER*

A budapesti Millenniumi Földalatti Vasút háromrészes új motorkocsijai

Bevezetés

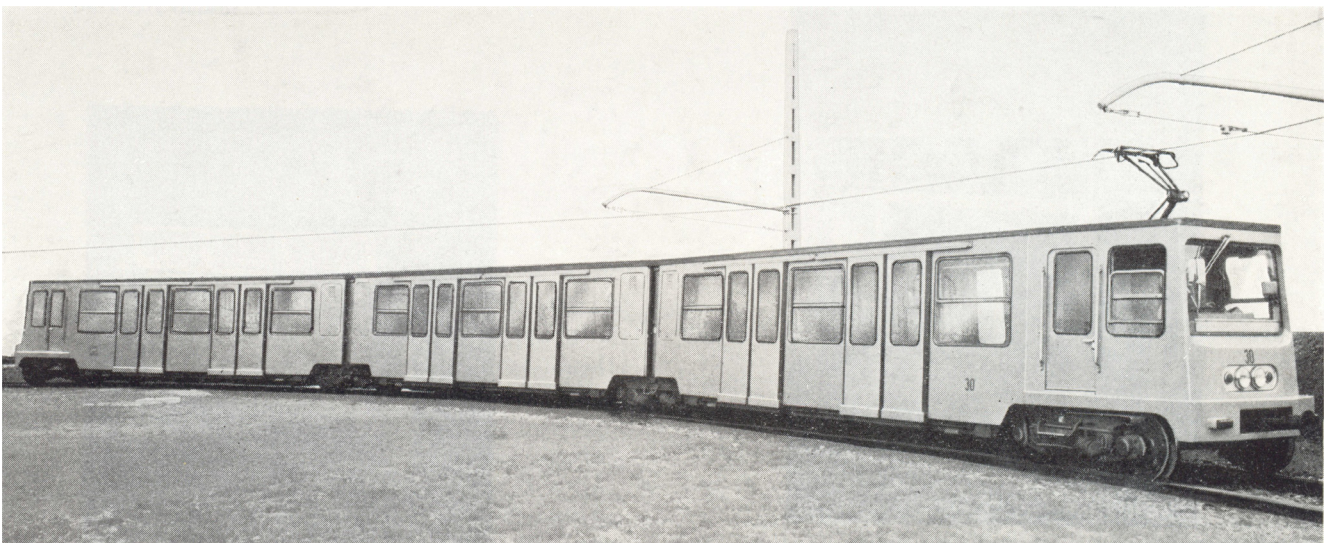
Budapest Főváros Tanácsa a megnövekedett forgalmi igények kielégítésére 1973-ban felújította és meghosszabbította a Vörösmarty-térről a Városligetbe vezető földalatti villamos vonalat. Ennek keretében teljesen kicserélték a járműparkot is (1. ábra). A vonal meghosszabbítás és a rekonstrukció fő célja a XV. kerületi újpalotai új lakótelepnek villamosra átszállás révén a városközponttal való gyors összekötése volt. A felújítással a budapestiek által röviden csak „Földalatti”-nak nevezett vonal, amely 1896-ban nyílt meg, és eredetileg az európai kontinens legelső földalatti vasútja volt, megfiatalodott és a maga szerényebb méreteivel beleilleszkedik a Budapesten kialakuló gyorsvasúti hálózatba. A vonalon 1973-ig még az eredeti motorkocsik közlekedtek (2. ábra), ezeket tehát már mindenképpen ki kellett cserélni, 77 évi megbízható szolgálatuk alapján csak őszinte elismerés illetheti ezen motorkocsik alkotóit. (A kéttengelyű vezérlőpótkocsik 1960-61-ben készültek.)

* okl. gépészmérnök

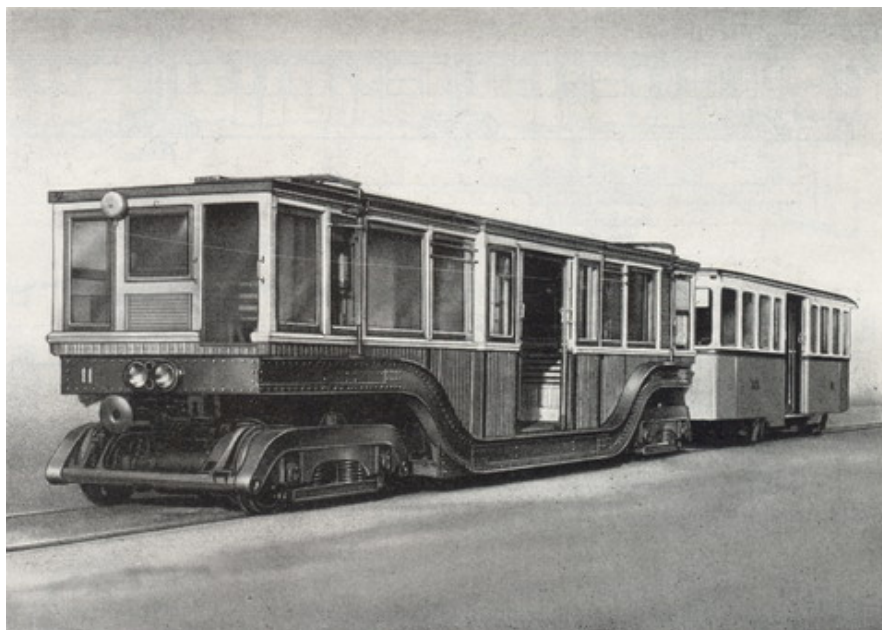
Az új járműveket fővállalkozóként a GANZ Villamossági Művek szállította. Járműszerkezeti részüket a Ganz-MÁVAG Mozdony-, Vagon- és Gépgyár készítette. A régiekénél nagyobb befogadóképességű és nagyobb utazási sebességű új kocsik, valamint az új jelző- és biztosítóberendezés révén a vonal átbocsátóképessége a korábbinak kétszeresére emelkedett.

1. A kocsi kialakításának szempontjai

A „kis földalatti” alagútja közvetlenül az útburkolat alatt fekszik. Az úttestet acélgerendák hordozzák (3. ábra). A vonal megépítésére azért került sor, mert a Főváros az akkori Sugár-úton (ma Népköztársaság-útja) a városkép egységének megóvása érdekében nem engedélyezte felszíni villamosok közlekedését. A forgalom és a kocsik berendezése a földalatti pálya ellenére teljesen közúti jellegű, pótkocsival mivel az átlagos megállóhelytávolság 350 m, a peronok hossza pedig csak 30 m.



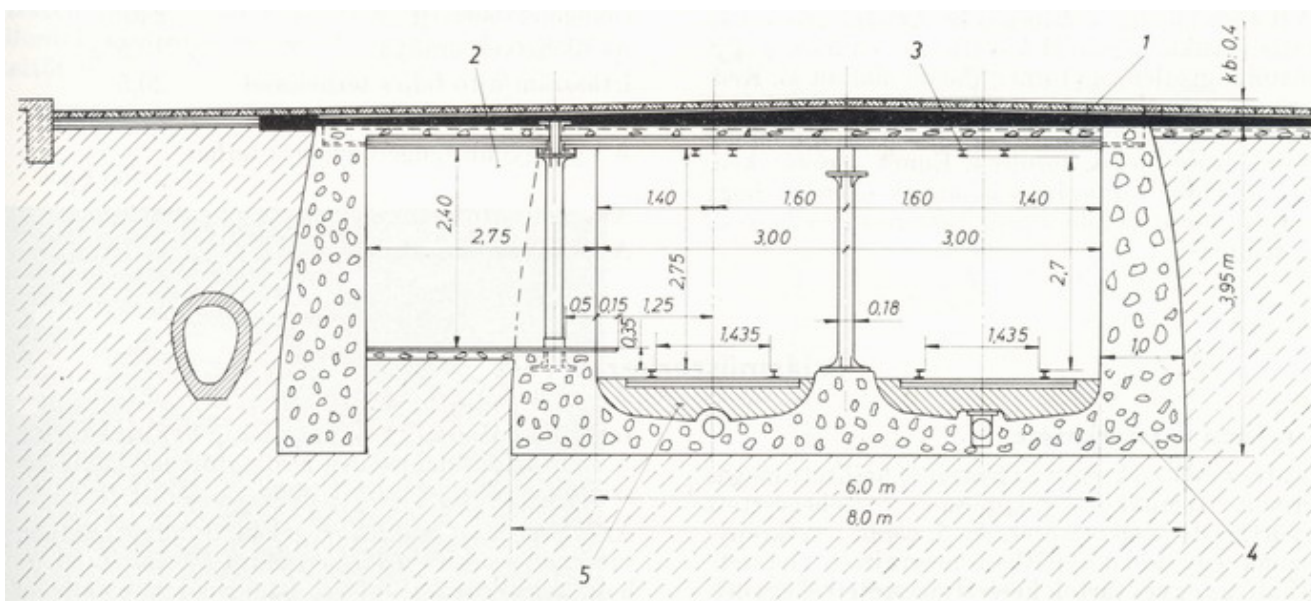
1. ábra. Az új kocsi



2. ábra. A millenniumi FAV eredeti motorkocsija

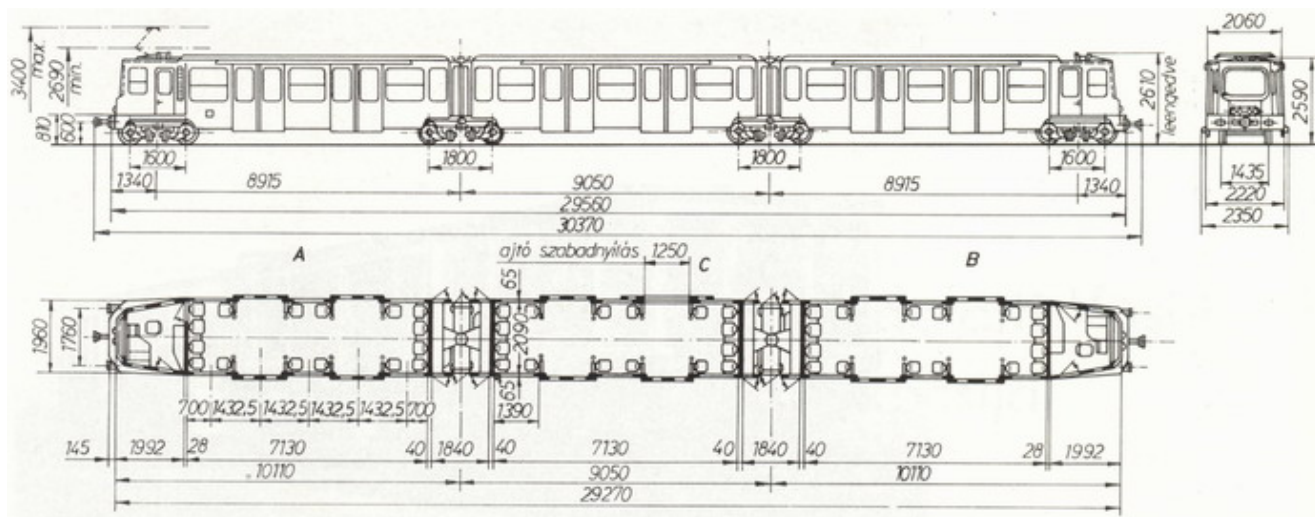
Mind a régi, mind az új kocsik kialakítását döntően befolyásolta, hogy az alagútnak át kell haladnia a Nagykörút alatti szennyvízgyűjtő főcsatorna fölött. Emiatt - bár a Nagykörút útburkolatának szintjét a keresztezés helyén megemelték - az alagutat rendkívül alacsonyra kellett építeni, úgy, hogy a felsővezeték a sínkoronától mérve csak 2700 mm magasan van (3. ábra). Az állomási peronok szintje a kocsik kellő belső magassága érdekében a sínkoronától 350 mm. Az utóbbi méret következtében biztonsági szempontok miatt nem lehetett harmadik sínes áramvezetést alkalmazni, hanem merev felsővezetékot kellett készíteni. Ezen adottságok

miatt a kocsiszekrényeket már eredetileg is speciális szerkezettel alakították ki. A kerekek ui. az utastérben feltétlenül biztosítandó legalább 2000 mm belső magasság miatt nem férnek el a padló alatt, a forgóvázakat tehát csak a kocsiszekrény két megemelt vége alatt lehetett elhelyezni. Itt viszont utastér nem alakítható ki, ami az alapterület kihasználása szempontjából nem kedvező. A kocsi váz végének felemelése miatt elkerülhetetlen görbített, ún. hattyúnyak alváz főtartók a régi kocsikon jól láthatók (2. ábra). Ezt a rendszert az új kocsikon is meg kellett tartani, de most a görbített tartókat a lemezelés eltakarja (1. ábra).



3. ábra. Az alagút metszete

1. Födém, 2. Állomási peron, 3. Áramvezető sín, 4. Vasbeton, 5. Zúzottkő ágyazat



4. ábra. A kocsí jellegrajza

A BKV által megkívánt nagy befogadóképesség szükségessé tette, hogy a kocsí ugyanolyan hosszú legyen, mint a peronok. A pályáívek viszont csak kb. 9 m-es forgócsaptávolságot engednek meg. Ebből következett, hogy csak hossz tengelyében hajlékony, vagyis csuklós rendszerű és három részből álló járművek jöhetnek szóba (4. ábra). Így a legkisebb az utasok számára kihasználatlan hely, mert a szélső kocsívégék kivételével a többi kocsívég alá csak fél-fél forgóváz jut. A kétirányú forgalom miatt (a végállomások fejállomások) a kocsin két vezetőállás van, és mindkét oldalán vannak ajtók. A szélső forgóvázak fölött helyezkedik el az autóbuszokéhoz hasonlóan ülő vezető részére kialakított vezetőállás.

A gépi berendezés egyszerűsítése érdekében pótkocsis jellegű járművekre törekedtünk. A kellő nagy gyorsulás elérése végett a teljes súly legalább 60%-ának a hajtott tengelyekre kell jutnia. Ezért a csuklók alatti forgóvázak tengelyei a hajtottak, a két szélső pedig futó forgóváz. Az átjárásra alkalmas csuklókapcsolat következtében három egymástól független, egyforma utastér alakult ki. Kedvező ajtónkénti utasszám érdekében minden kocsirészen 2*2 ajtónyílás van. A kocsirészek homlokfalaira végig ülések kerültek. Ennek a révén kedvező az ülőhelyek aránya is, annak ellenére, hogy az ajtók körül az álló utasok részére tágas hely áll rendelkezésre.

A padló szintjét az szabta meg, hogy az ajtónak minimálisan 1900 mm magasnak kell lennie, az utastér 2000 mm-es belső magassága az elfogadható határon van, a szellőzőberendezés légszűrője miatt pedig a tetőszerkezet vastagsága nem lehet kevesebb, mint 120 mm. Ezek eredményeként a padló szint a sínfejtől számítva 470 mm magasan van. A kocsiba lépcső nélkül lehet beszállni. Ez is a sok ajtó nagyon meggyorsítja az utascserét.

2. A kocsí fő műszaki jellemzői

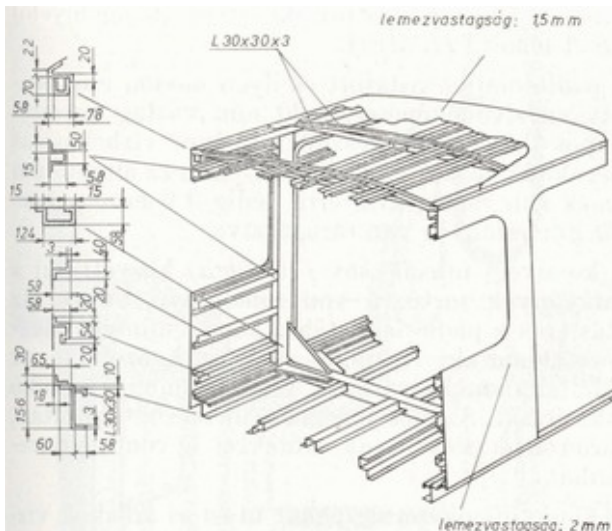
Nyomtáv	1435 mm
Minimális kanyarulati sugár	
utasterheléssel	37 m
üresen	20 m
Az ülőhelyek száma	48
Az állóhelyek száma (7 utas/m ² -rel számolva)	198
Befogadóképesség	246
Az ülőhelyek aránya	19,5%
Utasszám/ajtó teljes terheléssel	20,5
A kocsí súlya üresen	37600 kp
A legnagyobb tengelynyomás terhelten	8700 kp
A tapadósúly aránya	63
A felsővezeték feszültsége	600 V ^{+20%} _{-30%}

A járműszerkezeti rész

3. A kocsi vázszerkezete

Az alváz és a szekrényváz lemezből hajlított magas gerincű tartókból villamosan összehegesztett együttthordó acélszerkezet. Az 5. ábrán a szekrényváznak egy ablaknyílásban megrajzolt metszete látható az egyes tartók keresztmetszeteivel együtt. Az oldalfal és a tető lemezelése pont-, ill. lyukhegesztéssel van a vázhoz erősítve, és részt vesz a teher hordásában. A 3 mm vastag hajlított tartók A.37.D jelű különlegesen nyugtatott anyagból készültek.

Az alvázak a csuklós végeken a forgáspontban támaszkodnak rá a forgóvázakra (6. ábra). Az itt ható reakcióerőknek elsősorban a kocsi oldalfalán az alváza átadódó erőkkkel kell egyensúlyt tartania. Támadáspontja a hattúnyakas átmenet miatt az alváz síkjából is kiesik, ezért a csuklókonzolok csavarásra igénybevett igen erőteljes homlok főtartókhoz csatlakoznak.

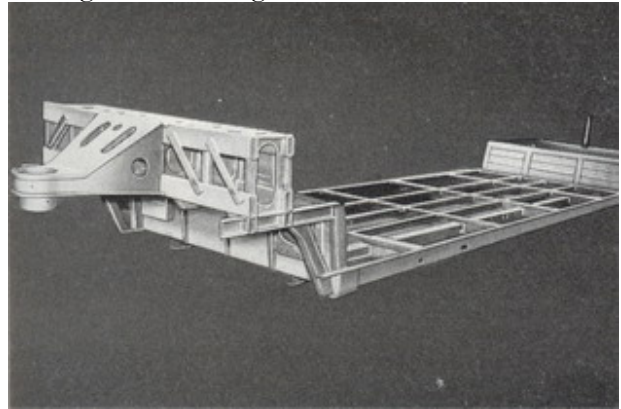


5. ábra. A szekrényváz szerkezete

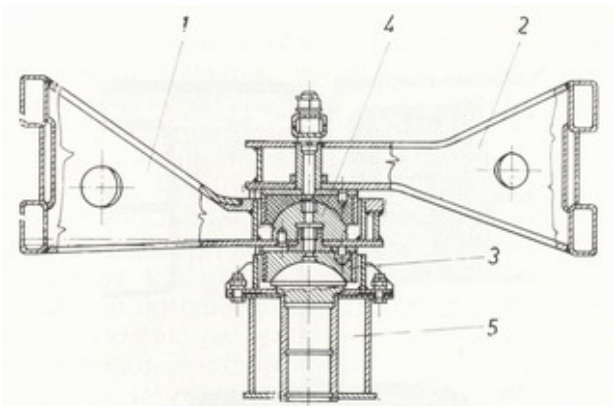
Két-két kocsi rész csuklókonzolokba (7. ábra 1 és 2) beépített 3 és 4 gömbtányérokon támaszkodik a hajtott forgóváz 5 főkereszttartóira. A vonó- és fékezőerőt is a gömbtányérok viszik át.

Az elméleti csuklótengely másik pontja a kocsi tető síkjában a két szekrényről kinyúló felső konzolok (8. ábra 1 és 2) közé a 3 gumiperselyes csapokkal beiktatott 4 emelőkar ugyancsak gumiperselyes 5 középső csapján halad át. Ez a csuklós szerkezet lehetővé teszi, hogy a pálya lejtőréseiben a kocsi tetők egymáshoz közeledhessenek ill. eltávolodhassanak. A csuklóval kapcsolódó két kocsi rész

keresztirányban viszont egymáshoz képest csak a 3 és 5 gumiperselyek által megengedett kis mértékben mozdulhat el. Így ha az egyik kocsi szekrény rész vízszintes hosszirányú tengely körül elfordul, kis szögeltéréssel magával viszi a másik kettőt is.



6. ábra. Az alváz a csuklóvégi konzollal

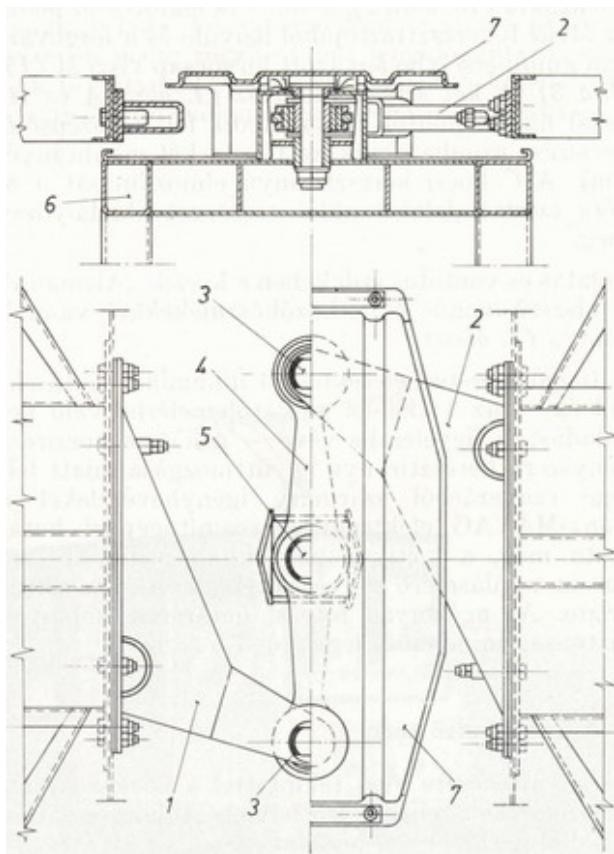


7. ábra. Az alváz alátámasztása a csuklóban

1. Csuklókonzol az „A”, ill. „B” kocsi részen, 2. Csuklókonzol a „C” kocsi részen, 3. Alsó gömbtányér, 4. Felső gömbtányér, 5. A forgóváz főkereszttartója

A 6 csuklóalagút zárt keretszerkezet. Ennek a belső tere nincsen az alagutat a kocsi szekrényvel összekötő gumiköpeny révén elzárva a külső tértől. Ezért a csuklóterek a villamos és pneumatikus berendezések szempontjából nyitottnak tekintendők. A kocsi szekrények oldallemezelése azonban túlnyúlik a csuklósvégi homlokfalakon (9. ábra) és így egyenes vágányon elfedi a csuklóalagutak szélét.

A csuklóterekbe ellenőrzés vagy javítás céljából az alagút oldalán levő kétszárnyú ajtókon át lehet bejutni. A kocsi szekrények túlnyúló lemezelésén látható, ajtókkal takart nyílásokon át a csuklótéri gépi berendezéseket lehet szükség esetén kiszerezni (9. ábra).



8. ábra. A felső csuklókapcsolat

1. Felső támasztó konzol, 2. Felső támasztó konzol, 3. Gumiperselyes csap, 4. Emelőkar, 5. Forgócsap, 6. Csuklóalagút, 7. Védőfedél



9. ábra. A csuklóalagút és a hajtott forgóváz

A vezetőállásos kocsvégeken a kocsiszekrények kétoldalt gömbtámokon támaszkodnak a futó forgóvázakra (15. ábra 2), a vonó- és fékezőerőt pedig az alváz főkereszttartójából lenyúló és a forgóvázban gumiperselybe ágyazott forgócsap viszi át (15. ábra 3). A két szélső kocsirész (4. ábra A és 13) tehát három ponton támaszkodik fel, a középső C kocsirész azonban csak kettőn (a két gömbtányéron). A C kocsi keresztirányú elmozdulását a 8. ábra szerinti felső csuklós szerkezet akadályozza meg.

Tolatás és vontatás érdekében a kocsik „Alemann” rendszerű vonó- és ütközőkészülékekkel vannak ellátva (1. ábra).

A függőleges terhelésekből, a dinamikus hatásokból és - az 1:300-as pályatülemelésbe való behaladást is figyelembe véve - a három kocsirész kényeszerű keresztirányú együttmozgása miatt fellépő csavarásból származó igénybevételeket a Ganz-MÁVAG elektronikus számítógéppel határozta meg, a kritikus pontokban pedig az első kocsin nyúlásmérő bélyegekkel mérésrel is ellenőrizte. Az acélsanyag folyási határához képest a biztonság mindenképp 1,5-szeres.

4. A kocsi belső tere

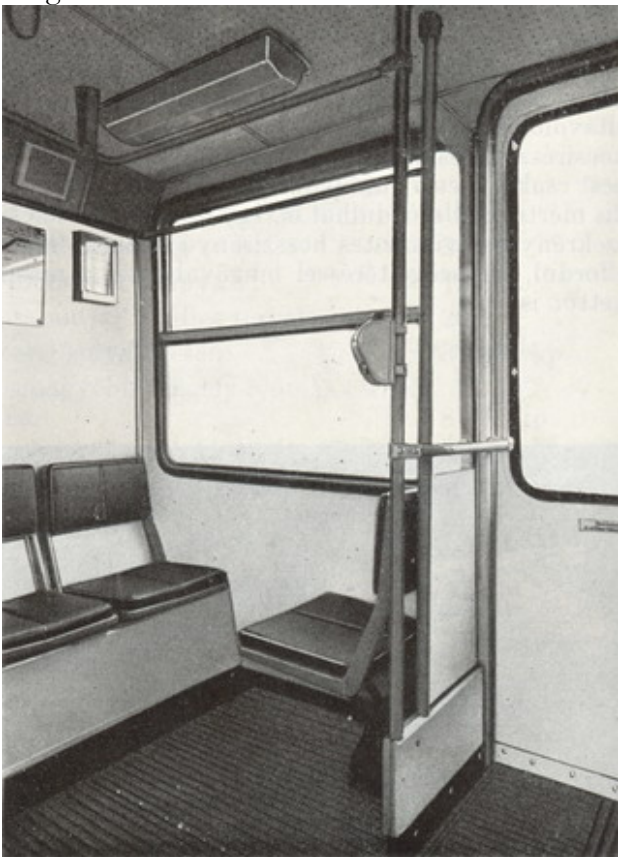
Az alagútüzemre való tekintettel a kocsiszekrény lemezelésének teljes belső felülete dübörgés-gátlás céljából perlittel van befúvatva.

Az oldalfalak és a kocsvégi homlokfalak belső burkolata sárgászöld alapszínű 3 mm vastag kemény műanyag lemez, a mennyezetburkolat pedig 4 mm-es fehér lyuggatott akusztikai (hangelnyelő) farost lemez (11. ábra).

A padló olajjal átítatott és ilyen módon csökkentett vízfelvevőképességű 20 mm vastag horonycsapos deszkákból készült, amelyre vízbehatolás megakadályozása érdekében 0,5 mm-es alumínium lemez van rászegezve, erre pedig 3/9 mm-es bordás gumiszőnyeg van ráragasztva.

A kocsvégi utas ülésáv (10. ábra) közvetlenül a hattányak tartókra van ráhelyezve, amivel az utasterék a padló felületéhez képest mintegy meghosszabbodtak. A többi utas ülés konzolosan az oldalfalra van csavarozva. Ez megkönnyíti a padló takarítását. Az ülésvázakat acéllemezről sajtolták, párnázatok sötétbarna műbőrrel bevont poliuretánhab. A könnyűfémkeretbe foglalt utastéri ablakok vízszintesen osztottak. Felső részük kívülre 250 mm-

rel leereszthető (10. ábra). Az ablakokat az utasok is kezelhetik. A leeresztett ablakrész az osztóléc-ben levő kiegyenlítő szerkezet révén bármely helyzetben egyensúlyban marad és minden állásban rögzíthető. Az ablak szabad nyílása előtt vízszintes kapaszkodórúd van. Ennek elsődleges célja a kihajlás megakadályozása. Az ablakszerkezet a kocsi-nak előregyártott építőeleme, amelyet gumiprofil segítségével csavarozás nélkül teljesen készen bepattintanak az oldallemelzés ablakkivágásába. A vezetőállás oldalablakai az utastérihez hasonló szerkezetűek, de itt a kihajlás nincs megakadályozva (12. ábra). A homlokablak rögzített, nem nyitható. A kocsi valamennyi ablaka edzett biztonsági üvegből készült.



10. ábra. Utasülések

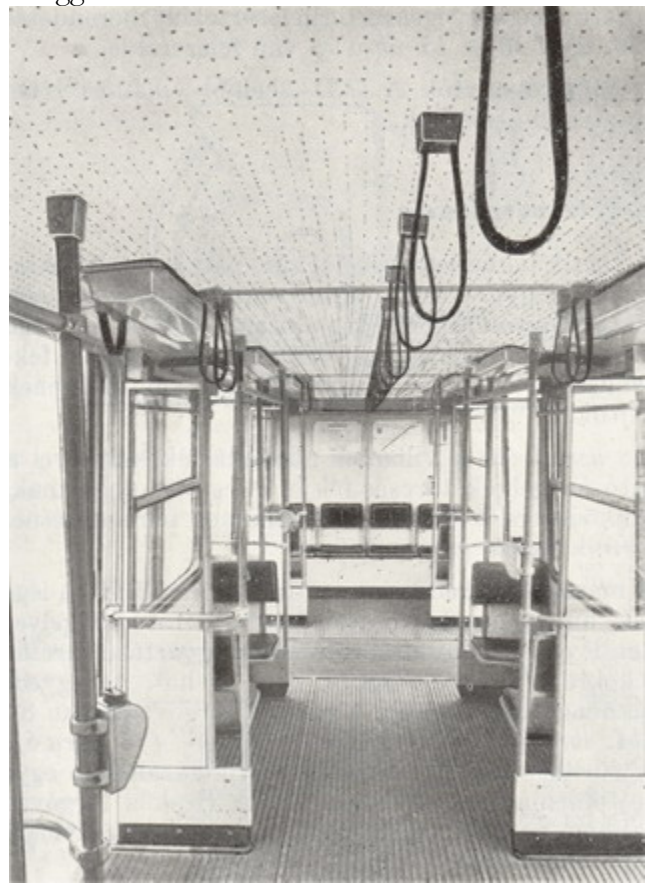
Az utastéri ajtók sűrített levegővel működtetett kétszárnyú tolóajtók, amelyek a kocsiszekrény külső falán kívül mozognak (12. ábra). Ezért nem kellett részükre ajtótaskát kialakítani. A légmentes zárást a függőleges éleken levő gumiszegélyek biztosítják. Az ajtószárnyak alul elhelyezett zárt zsírtérű golyóscsapágyas görgőkön gurulnak. A működtető léghengerek is alul vannak. Minden ajtószárnyhoz külön léghenger tartozik, amelyeket páronként (ajtónként egy-egy) elektropneumatikus szelep vezérel. Az ajtókat a vezető a szelepekre

adott villamos impulzusokkal központilag csukja és nyitja. (Működését lásd a 11. pontban.) A szelepek az ajtók melletti utasülések alatt vannak elhelyezve, tehát szükség esetén az ajtók a szelep megnyomásával egyedileg is működtethetők. A léghenger vagy a levegőrendszer hibája esetén - retesz oldása után - az ajtók kézzel is kinyithatók. A vezetőállás mindkét oldalán egy-egy befelé nyíló egyszárnyú ajtó van (12. ábra).

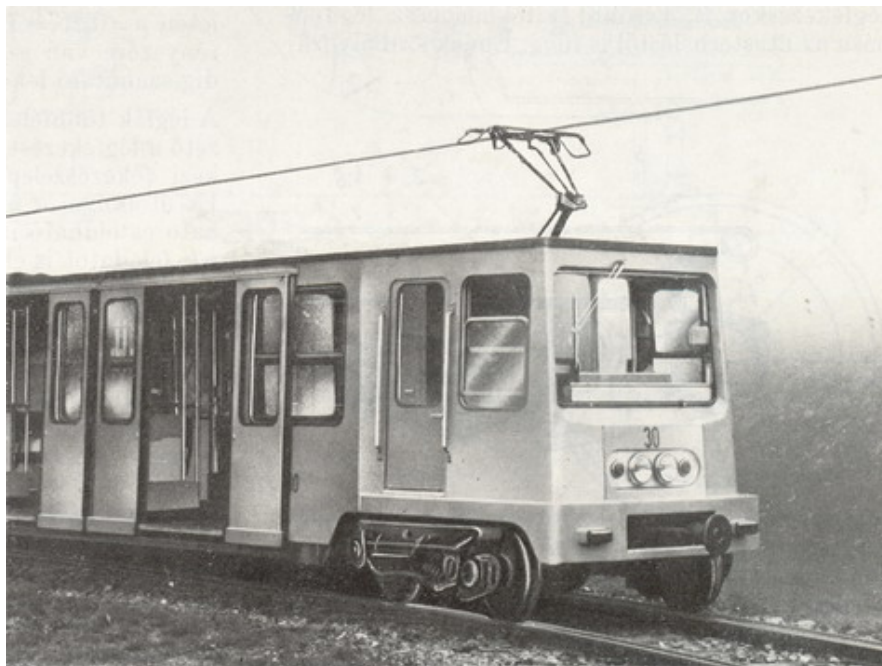
A téli időszakban az utastérben minimális légmozgás, ill. menet közbeni légcseré (a mennyezetten páralecsapódás megakadályozása) érdekében minden kocsi részben van egy-egy 300 l/p légszállítású ventilátor, amelyek a mennyezetben elhelyezett légszatórnákon át az utastér közepén fújják be a levegőt.

Az álló utasok részére az ajtók mellett függőleges, ezek között az ülések széle fölött 1800 mm magasan elhelyezett vízszintes, csőből készült kapaszkodó rudak, az ajtóknál kézmagasságú vízszintes rudak, a kocsi középvonalában és az ajtónyílások közepén pedig rögzített bőr lengőfogantyúk vannak beépítve (11. ábra).

Valamennyi kapaszkodó oszlop és rúd poliamid réteggel van bevonva.



11. ábra. Az utastér



12. ábra. Utasbejárat és futó forgóváz

5. Futómű és hajtás

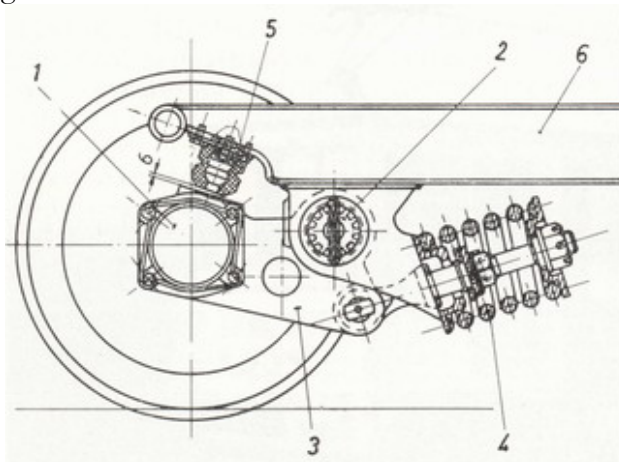
A kerekek gumirugózásúak; a tárcsa és az abroncs közé előfeszített gumituskók vannak beszerelve. Csúszó csapágyvezetés elkerülésére (13. ábra) a kerékpárok 1 hengergörgős csapágyait a 2 gumiperselyes csapokba ágyazott 3 lengőkarok vezetik. A főrugó a ferde hatásvonálú 4 csavarrugó. Az 5 gumirugó csak teljes utasterhelés, ill. dinamikus hatások esetén érintkezik a csapággal. Ilyenkor párhuzamosan kapcsolódik a 4 csavarrugóval, tehát a rugózást progresszívvé teszi. A kocsi rugózása egylépcsős, mert a 2 csapok a forgóvázak h alakú 6 főkeretében vannak ágyazva, és ezekre a gömbtányérok, ill. gömbtámok (14. ábra 13, ill. 15. ábra 2) közvetlenül támaszkodnak rá.

A hajtott forgóváz főkerete (14. ábra 1) a motorok elhelyezése érdekében a vízszintes síkban görbített és a gömbtányérnál kissé fel is van emelve. A 2 vontatómotorok a 3 kardántengelyek közvetítésével a 4 kétfokozatú tengelyhajtóműveken keresztül hajtják az 5 kerékpárokat. A hajtómű első fokozata a behajtó tengelyvéggel ellenkező oldalon elhelyezett ferde fogazású hengeres kerékpár, a második pedig ívelt fogazású kúpkerékpár. A magassági méretek korlátozása érdekében a motor és a kardántengely a függőleges síkban kissé ferdén helyezkedik el. A hajtómű elfordulását a 6 nyomaték-támok akadályozzák meg. A 7 tárcsás fékek pofái a főkeret nyúlványaira vannak felerősítve. A fékeket a 8 egyedi léghengerek működtetik, amelyeket a 9 segédlejtartány lát el.

A futó forgóváz (15. ábra) szerkezete hasonló, de egyszerűbb. Az 1 főkeret kereszttartója egyenes. Erre támaszkodnak rá a 2 gömbtámok. A vízszintes erőket a 3 forgócsap viszi át. A 4 tárcsás fékeket itt is az 5 egyedi léghengerek működtetik. Ezekhez tartozik a 6 segédlejtartány. A kézifék működtető lánc (8) a két féket összekötő 9 kiegyenlítő rudazathoz csatlakozik.

Légfékezéskor (l. később) a fékhengerek légnymása az utasterheléstől is függ. Ennek szabályozására a tengelyvégekre terhelésérzékelő berendezés (14. ábra 10 és 15. ábra 7) van felszerelve.

A forgórész tartók A.37.D acélból villamos ívhegesztéssel készültek.



13. ábra. A rugózás vázlata

1. Kerékcspagy, 2. Gumiperselyes csap, 3. Lengőkar, 4. Főrugó, 5. Gumirugó, 6. Forgóváz főkeret

6. A fékberendezés

A kocsik fékberendezését a zárt pályára való tekintettel a gyorsvasúti járművekre vonatkozó előírások szerint kellett kialakítani. Ennek megfelelően a kerekre ható két egymástól független fékrendszerrel vannak ellátva, de sínfékek nincsenek rajtuk. Az *üzemi fék* a villamos ellenállásfék, amellyel a futó tengelyek tárcsás fékjei is együtt dolgoznak. Működésére a főáramköri villamos berendezésnél térünk vissza (9. pont).

A második fékrendszer, az ún. kiegészítő fék, a légfék, amely mind a hajtott, mind a futó tengelyeken levő 460 mm átmérőjű Knorr gyártású tárcsás fékekre (14. ábra 7 és 15. ábra 4) hat. Az egyedi fékhengerek átmérője a hajtott forgóvázakban 8" (14. ábra 8), a futó forgóvázakban 6" (15. ábra 5). A sűrített levegő beömlését forgóvázanként egy-egy kormány szelep szabályozza. Ezek a forgóvázakban vannak elhelyezve. A terhelésérzékelő is a kormány szelepre hat.

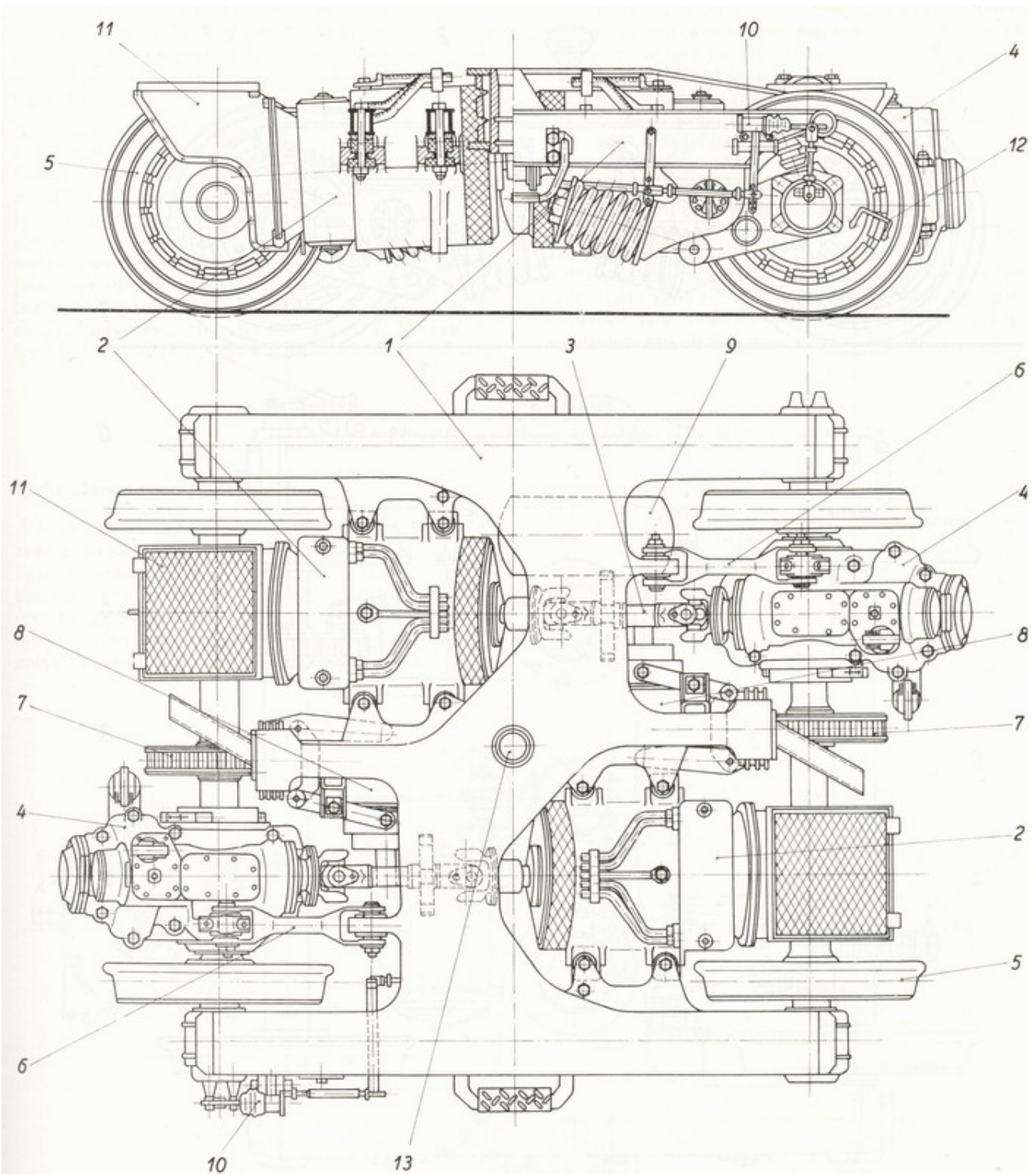
A légfék Knorr BR rendszerű közvetett automatikus, terhelésfüggő, egyvezetékes gyorsvasúti fék. Amikor az automatikus fékvezetékben a nyomás lecsökken, a kormány szelep a forgóvázak segédlegtartányaiból enged be levegőt a fékhengerekbe. A fék oldásakor a vezető a kézi fékszeleppel a főlékvezetékéből újból nyomás alá helyezi a fékvezetékét és feltölti a segédlegtartányokat. A légfék a terheléstől függetlenül $1,3 \frac{m}{s^2}$ max. lassulásnak megfelelően van beszabályozva. Ehhez a tengelynyomások eltolódását is figyelembe véve üresen és teljes terheléssel a hajtott kerek kerületén $\mu=0,15$, a futó kerek kerületén $\mu=0,145$ tapadási tényezőre van szükség, amire az alagútban mindig számítani lehet.

A légfék többféleképpen léphet működésbe. A vezető a légfékezést a vezetőállás jobb sarkában levő kézi fékezőszeleppel válthatja ki (22. ábra 8). Ez utóbbival a fékhatás folyamatosan szabályozható és oldható is. A légfék ezenkívül *biztonsági fék* feladatot is ellát, mert a vezetőtől függetlenül maximális fékerővel működésbe lép a következő esetekben: (a) nem záródott a villamos fékezés áramköre; (b) a kocsis tilos jelzőt haladt meg és a vonatmegálló berendezés (lásd később) működött; (c) meghúzták az utastéri vészfékfogantyút. Ilyenkor elenged a nyugalmi áramú vészfékszelep, és nagy keresztmetszeten át hirtelen teljesen légteleníti a fékvezetékét, a kocsis pedig 60 km/ó sebességről 150 m úton megáll, ami rövidebb, mint a vonatko-

zó hatósági előírás szerint a kiegészítő fékre megengedett max. fékút (200 m). Ezt az új jelző és biztosítóberendezéshez tartozó rövid térközök tették szükségessé; (d) a fékvezeték valahol elszakadt.

A légfékrendszert és az egyéb pneumatikus berendezéseket (ajtómozgatás, áramszedő) a Ganz-MÁVAG által Knorr licencia alapján gyártott VV 110/200 típusú négyhengeres kétfokozatú légsűrítő látja el. A légsűrítőt felsővezetékéből táplált kétpólusú egyenáramú soros motor hajtja. (Áramkörét lásd a segédüzemeknél.) A gépcsoport fordulatszámja a minimális 400 V felsővezeteki feszültségen teljes terheléssel 1000/p, 720 V-on üresjárásban max. 2000/p. A minimális légszállítás 400 V-on. 400 l/p. A légsűrítő a 225 l űrtartalmú főlégtartályra dolgozik rá. Be- és kikapcsolását nyomásszabályozó vezérli, amely bekapcsol, ha a nyomás 7,5 att-ra csökkent és kikapcsol, ha elérte a 9 att-ot. Rendes forgalomban a gépegység átlagosan az üzemi idő 40%-ában van bekapcsolva. A főlékvezeték nyomása a főlégtartály után beépített nyomáscsökkentő szelep hatására már állandóan 5 att. Az ajtómozgatás és az áramszedők működtető léghengerek lékvezetékei is a fővezetékéből ágaznak le. A nyomásingadozások elkerülése érdekében mindig egyik előtt külön segédlegtartány van.

Az egyemberes vezetés érdekében - mivel a vezető az utasoktól teljesen el van zárva - a kocsis Integra (Svájc) rendszerű elektromágneses *vonatmegálló berendezéssel* vannak kiegészítve. A pályán minden térköz elején egy északi polaritású elektromágnes, majd egy déli polaritású permanens mágnes van. Az elektromágnes csak „szabad” (zöld) jelzés esetén kap gerjesztést a pályamenti jelző- és biztosítóberendezéstől. A C kocsis közepén (lásd 4. ábra) elhelyezett mágneses vevőfej max. 145 mm-re halad el a pályamágnesek fölött. A déli polaritású mágnes minden esetben „tilos” jelzésnek megfelelő impulzust indukál benne, amit a szabad jelzésnek megfelelő megelőző ellenkező impulzus hatástalanít. A pályáramkörök hibáját (szakadás, zárlat) tehát a berendezés mindig tilos jelzésnek érzékeli. A kiértékelő készülék szabad jelző meghaladásakor zöld fényjelzést ad a vezetőnek, tilos jelző meghaladásakor pedig maximális hatású légfékezést vált ki, és ezzel megakadályozza az előző kocsis utolérését. Megállás után a fékhatást a vezetőnek a visszaállító kapcsolóval kell megszüntetnie. Ekkor azonban működik a számlálómű.

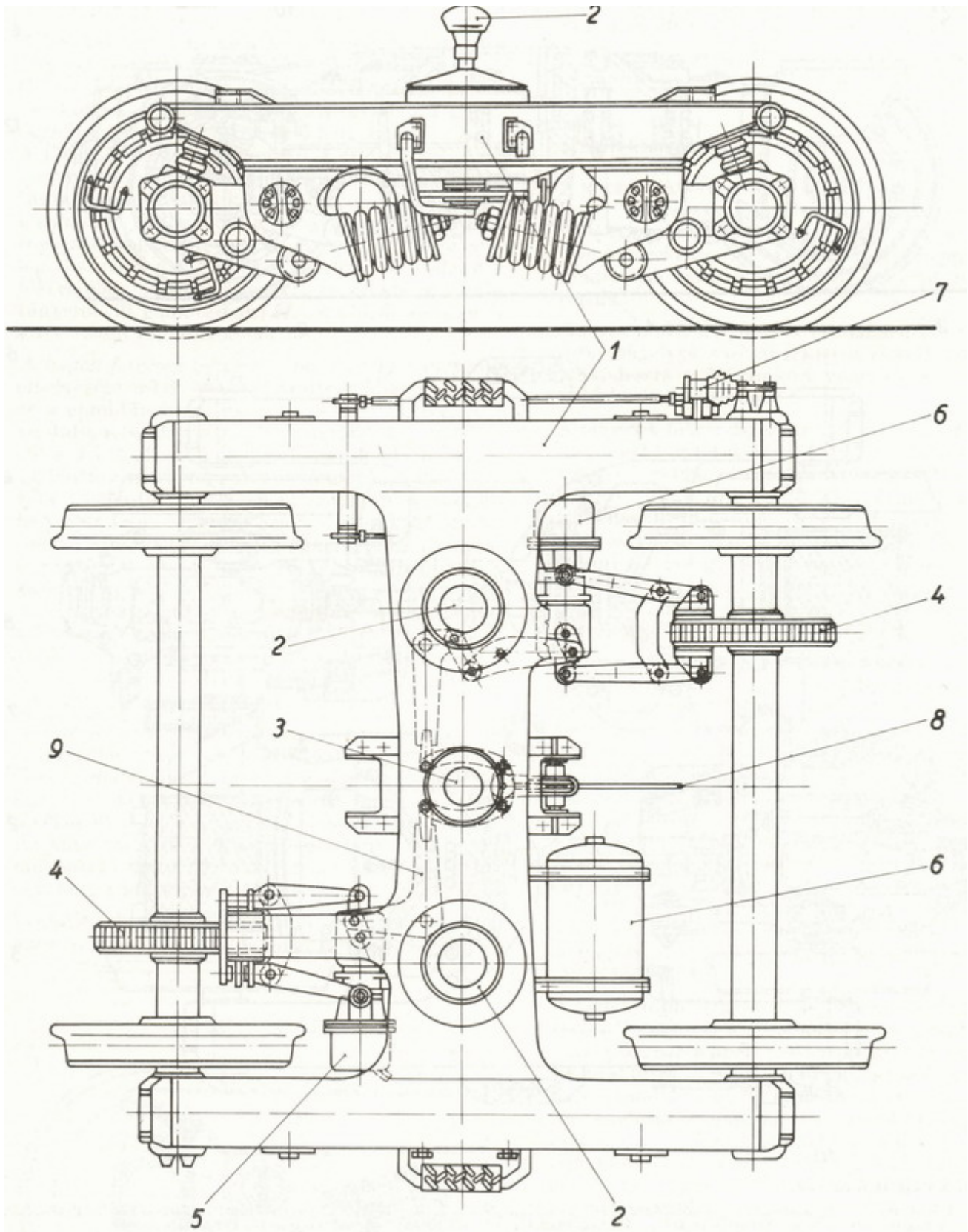


14. ábra. A hajtott forgóváz

1. Főkeret, 2. Vontatómotor, 3. Kardántengely, 4. Tengelyhajtómű, 5. Kerékpár, 6. Nyomatéktám, 7. Tárcsás fék, 8. Fékhenger, 9. Segédlégtartály, 10. Terhelésérzékelő, 11. Légbevezető, 12. Hajlékony áramátvezetés, 13. Forgócsap

A vezetőnek tehát a vonatmegállító minden egyes működéséről el kell számolnia, még akkor is, ha

esetleg csak kevéssel haladott meg tilos jelzőt, és ebből nem származott semmiféle egyéb zavar.



15. ábra. A Futó forgóváz

1. Főkeret, 2. Gömbtámok, 3. Forgócsap, 4. Tárcsás fék, 5. Fékhenger, 6. Segédlégtartány, 7. Terhelésérzékelő, 8. Kézfék működtető lánc, 9. Kiegyenlítő rudazat

A villamos berendezés

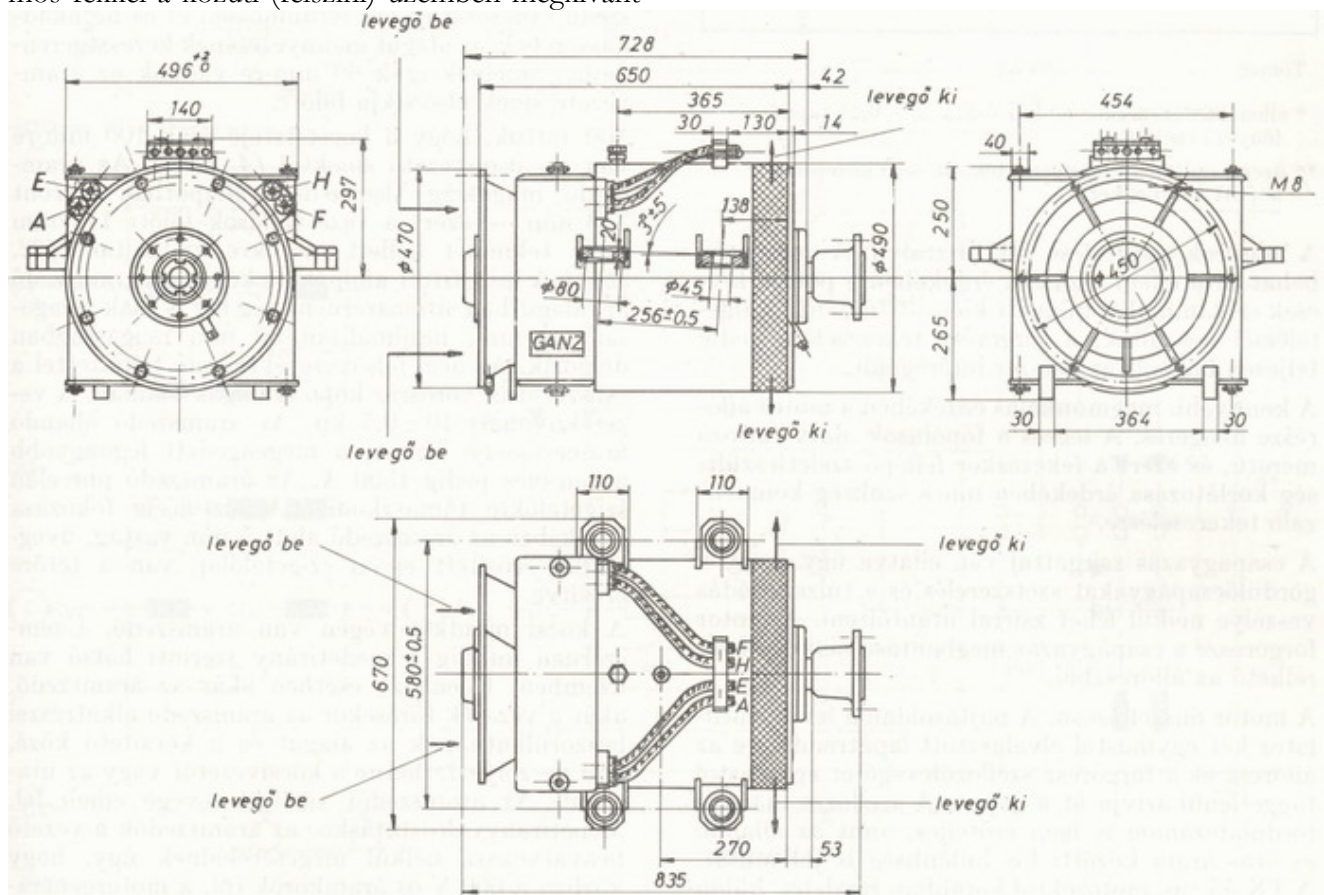
7. Általános szempontok

A FAV kocsik vontatómotorai és kapcsolóberendezése a gyakorlatilag azonos járműsúlyra, a megegyező menettulajdonságokra és a kétirányú forgalomra való tekintettel, valamint a BKV-nál elérendő egységesítés érdekében lényegében véve azonosak a Budapesten közlekedő felszíni nyolctengelyű Ganz csuklós villamos motorkocsikéval [1, 2].

A vontatómotorok fékmotor jellegére itt voltaképpen nincs teljes mértékben szükség, mert a villamos fékkel a közúti (felszíni) üzemben megkívánt

min. $1,9 \text{ m/s}^2$ -tel szemben zárt pályán csak $1,3 \text{ m/s}^2$ lassulást kell elérni. Mégis helyes volt megtartani a tapadás határáig való fékezésre alkalmas motorokat, mert a kézi fékvezérlés következtében nincs megakadályozva, hogy a vezető nagyobb fékárámot ill. lassulást is ki tudjon váltani, mint amit a hatósági előírás megkíván, és ezt az alagútban a felszíninél kedvezőbb tapadási viszonyok lehetővé is teszik.

Az állomási peronok korlátozott hossza miatt a csuklós kocsik többes távvezérlési lehetőségét itt nem kellett kihasználni.



16. ábra. A TK 44A típusú vontatómotor

8. A vontatómotorok

A FAV kocsiba négy TK 44A típusú, félvezetős (600/2 V-os) vontatómotor van beépítve (16. ábra). Ezek csak a felerősítő talpak kialakításában különböznek a Ganz csuklós kocsik TK 44 típusú motoraitól.

A vontatómotor fő adatai az 1. táblázatban láthatók.

A motorok szigetelése „B” osztályú. A nedvesség behatolása elleni védelem érdekében a pólustekercsek csillámmal kombinált kiöntött műanyag-szigeteléssel készültek, a forgórész tekercselése pedig teljesen burkolt és kétszer impregnált.

A könnyebb megmunkálás érdekében a motor állórésze hengeres. A légrés a főpólusok alatt változó méretű, és ezért a fékezéskor fellépő szeletfe-

szültség korlátozása érdekében nincs szükség kompenzáló tekeréscselésre.

1. táblázat

	Állandó üzem	Órás üzem	Max. érték
Motorfeszültség V	600/2	600/2	850*
Teljesítmény kW	61	66	319*
Áram A	230	250	400
Nyomaték mkp	45,6	50	76/49**
Fordulatszám 100% gerjesztéssel 1/perc	1300	1240	3500
Vonó- ill. fékerő a kerékkarimán kp	1050	1150	1750/1250**

Tömeg 500 kg

* ellenállásfékezéskor 60 km/ó-nál, $\mu=0,24$ tapadási tényező esetén

** üzemi indító- és féknyomaték, ill. -erő közepesen kopott kerekekkel

A csapágyazás zsírgáttal van ellátva úgy, hogy a gördülőcsapágyakat szétszerelés és a túlzsirosodás veszélye nélkül lehet zsírral utántölteni. A motor forgórésze a csapágyazás megbontása nélkül kiszerezhető az állórészből.

A motor önszellőzésű. A hajtásoldalon levő ventilátor két egymástól elválasztott lapátrendszer az állórész és a forgórész szellőzőlevegőjét egymástól függetlenül szívja át a gépen. A szellőzés már kis fordulatszámokon is igen erőteljes, amit az állandó és órási áram közötti kis különbség is jól mutat. A TK 44 típusú motorokról korábban részletes külön ismertetés is megjelent [3].

A motorok a hűtőlevegőt a kommutátor fölötti, légbevezető ráccsal lezárt vízszintes nyíláson át (14. ábra 11) a csuklótérből az alváz homloktartóinak merevítőin (6. ábra) keresztül felülről szívják be.

9. A főáramköri villamos berendezés

A motorok áramát a vezető elektromágneses kontaktoros kapcsolóberendezéssel szabályozza. A kocsit tehát távvezérlésű. Ezt - amint már említettük - részben a BKV csuklós közúti kocsijaival való egységesítés, részben célszerűségi szempontok indokolták. A feladatot elvileg ui. két főáramú kontrollal (közvetlen vezérléssel) is meg lehetett volna oldani, de az utóbbiakat 16 szál, egyenként kb. 35 m hosszú 70 mm²-es vezetékkel kellett volna egymással összekötni, ami a kb. 500 kg súlytöbbleten felül még majdnem megoldhatatlan csuklóátvezetési problémákat is okozott volna.

A főáramkör kapcsolását a 17. ábrán látjuk.

Az áramot a felsővezeték adottságaihoz illeszkedő alacsony működési és szerkezeti magasságú, AM52 EUcc típusú *félollós áramszedő* veszi le. Ezeket a Faiveley S. A. (Franciaország) készítette. A felsővezeték két egymással párhuzamosan futó, szimmetrikusan 180-720 mm kitéréssel zég-zugban vezetett és szigetelővel az alagút mennyezetére erősített 40 mm magasságú acél I-tartó. Ez a vezeték tehát merev sín, de illesztési pontok nincsenek benne. A kettős sín célja az, hogy az áramszedő csúszósaruja ne ferdülhessen el, és ne akadhat bele az alagút mennyezetének keresztgerendáiba, amelyek csak 60 mm-re vannak az áramvezető sínek alsó síkja fölött.

Már láttuk, hogy a kocsiteteje csak 100 mm-re van az áramvezető sínektől (4. ábra). Az áramszedő magassága leengedett állapotban viszont 208 mm - ezért a vezetőállások fölött 115 mm mély teknőket kellett részükre kialakítani (22. ábra). A leeresztett állapothoz képest az áramszedő az alagútban üzemszerűen még így is csak átlagosan 90 mm, minimálisan 80 mm magasságban dolgozik. Az acél felsővezetékre való tekintettel a csúszósarun vörösréz kopó szalagok vannak. A vezetéknyomás $10 \pm 0,5$ kp. Az áramszedő állandó áramerőssége 750 A, a megengedett legnagyobb áramcsúcs pedig 1500 A. Az áramszedő porcelánszigetelőkre támaszkodik. A biztonság fokozása érdekében az áramszedő alatt 5 mm vastag, üvegszállal erősített epoxi szigetelőlap van a tetőre erősítve.

A kocsit mindkét végén van áramszedő. Üzemszerűen mindig a menetirány szerinti hátsó van üzemben. Ellenkező esetben akár az áramszedő, akár a vezeték törésekor az áramszedő alkatrészei beszorulhatnak az alagút és a kocsitető közé, ami veszélyeztethetné a kocsivezetőt vagy az utasokat. Az áramszedőt sűrített levegő emeli fel. Menetirányváltáskor az áramszedők a vezető beavatkozása nélkül megcserélődnek úgy, hogy közben a 600 V-os áramkörök (pl. a motorgenerátor) táplálása nem szűnik meg.

Az áramszedő teljes működési magassága 850 mm. Ezért a kocsiszínben 3400 mm magasságban szokásos rendszerű egyszeres felsővezetékkel lehetett készíteni.

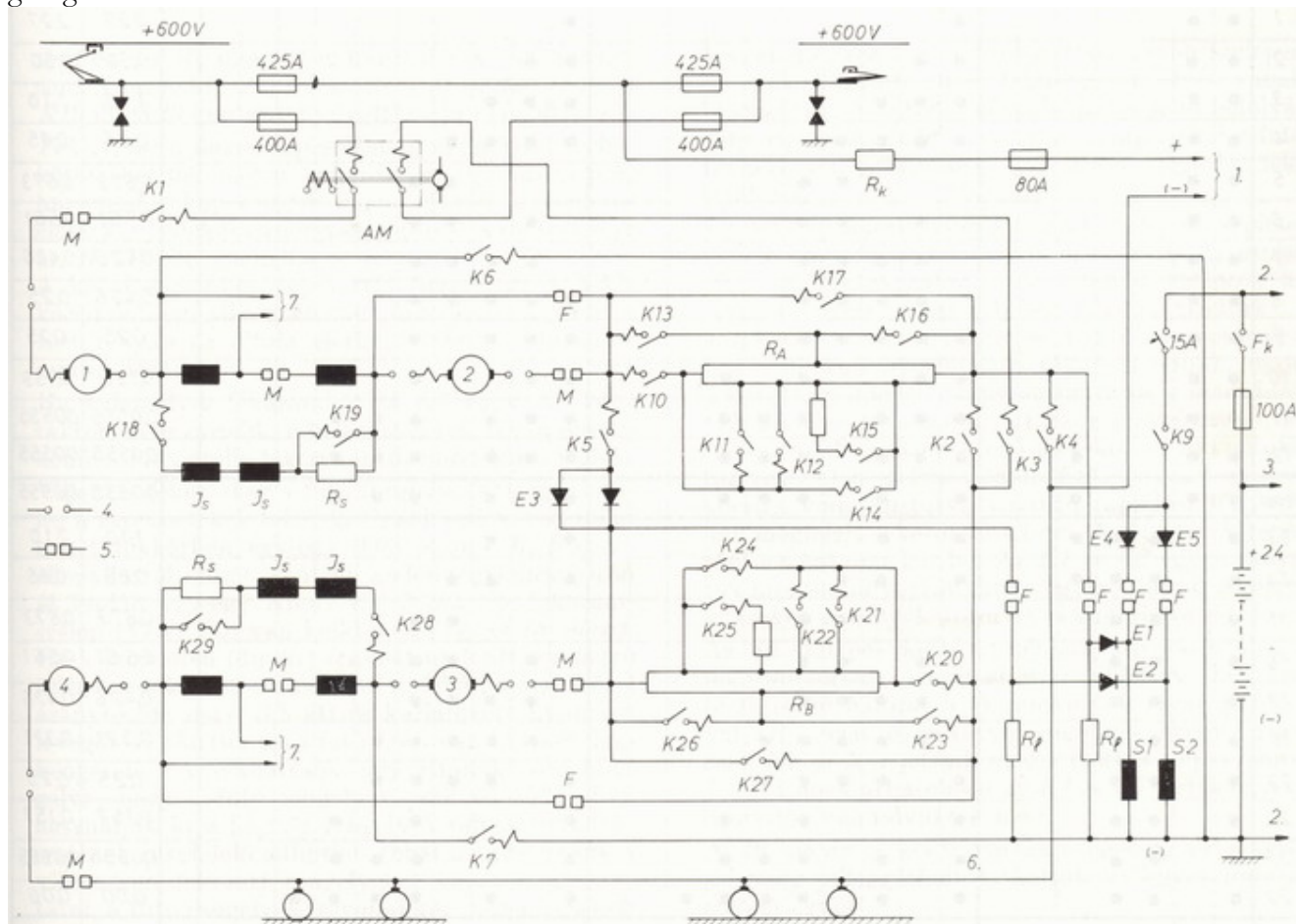
A légköri eredetű túlfeszültségek ellen, amelyeknek a járművek a kocsiszíni vágányokon közvetlenül is ki vannak téve, mind a két áramszedő mellett egy-egy VBKM-Ganz K.K. gyártású 1,5 kA névleges levezetőképességű *túlfeszültséglevezető* van felszerelve.

A motoráramköröket zárlat és túlterhelés ellen 200 A állandó áramerősségű kétsarkú 3 VK 4 típusú Siemens automatikus megszakító védi. A kétsarkú megoldás előnye, hogy a megszakító egy-egy pólusán mindig csak egy motorpár árama folyik át, tehát a túláram kioldója által megvalósított védelem mind soros, mind párhuzamos kapcsolásban egyforma. A kocsiban csak egy megszakító van az „A” vezetőállásban. Ezt a „B” végi áramszedővel két 70 mm²-es vezeték köti össze (17. ábra), amelyeket zárlat ellen biztosítók védenek. A 425 A-es biztosítók késleltetett-gyors jellegűek, az AM megszakítóhoz vezető két 400 A-es biztosító pedig igen gyors működésű. Az utóbbiakra azért van szükség, hogy fedővédelemként az 5 kA-nál nagyobb (közvetlen) zárlatokat gyorsabban szakítsák meg, mint az automatikus megszakító, amely ezek lekapcsolására már nem alkalmas.

Az automatikus megszakító távműködtetésű. A vezető által billenőkapcsolóval adott impulzusra 24 V-os motor kapcsolja be, ill. tartóretesz kiütésével mágnes kapcsolja ki. Szükség esetén emelőkar segítségével kézzel is működtethető.

Menetkapcsolásban az egy-egy forgóvázban levő két-két motor állandóan sorbakapcsolt egységet képez, amelyek egymással először sorba-, majd párhuzamosan kapcsolódnak (17. ábra). K2 a soros, K3 és K4 a két párhuzamos kapcsoló. A kapcsolók és ellenállások egyenletes terhelésére két azonos ohm-értékű ($R_A = R_B$) ellenálláskészlet van a kocsiban. A kontaktorok záródása a II. táblázatban látható. A soros és a párhuzamos kapcsolás között a K5 kontaktor révén diódás áthidaló átmenet van. Átkapcsoláskor tehát egyik motor árama sem szakad meg, s az első párhuzamos fokozat árama azonnal kialakul, mert a dióda miatt a $K3-R_B-K5-R_A-K4$ úton nem tud a motorokéra szuperponált áram megindulni. Az E3 egyenirányítók 240 A-es szilícium diódák.

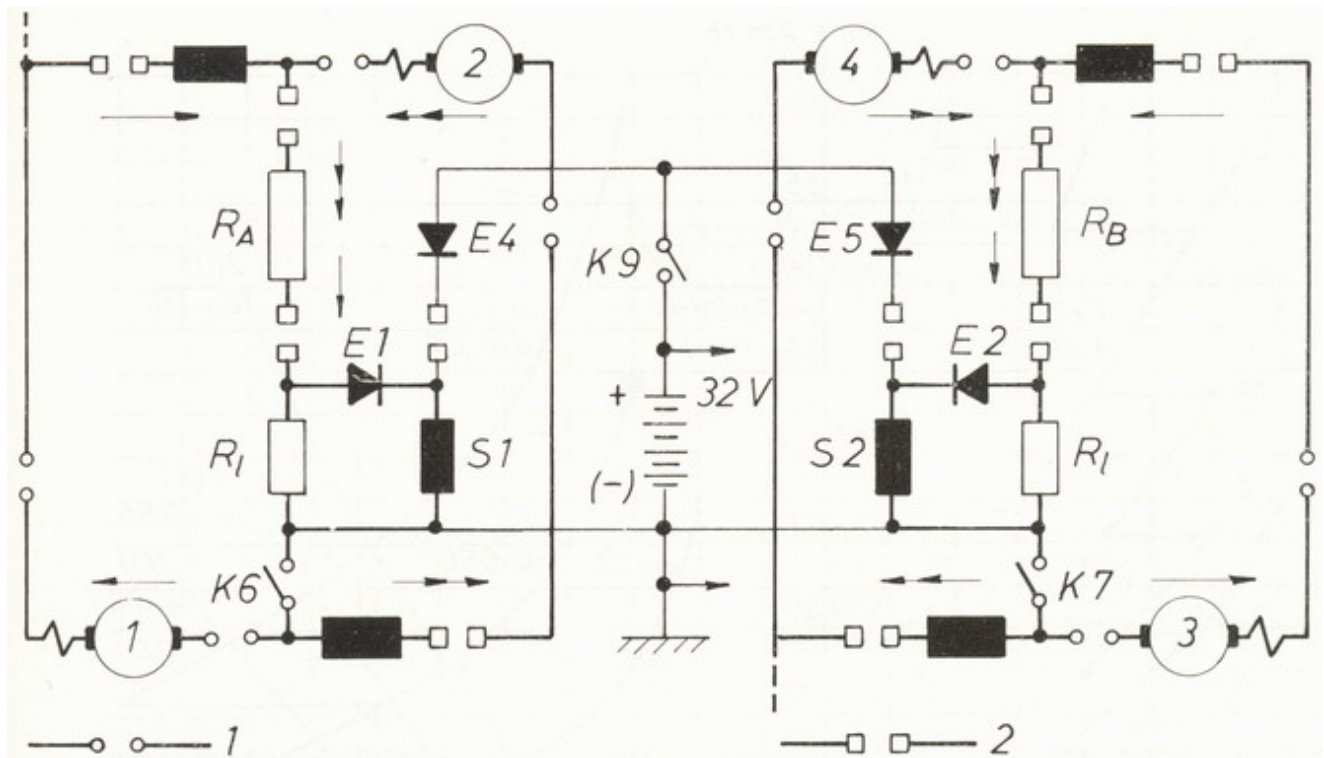
A párhuzamos kapcsolás végén a motorokat két fokozatban söntöljük. Az első söntfokozatban két-két motor gerjesztőtekercsével két I_s induktív sönt és egy R_s ohmos tag kapcsolódik párhuzamosan. A második (24) fokozatban az ohmos tagot a K19 ill. K29 kontaktor rövidzárja (II. táblázat).



17. ábra.

1. A nagyfeszültségű segédüzemekhez (lásd a 21. ábrán), 2. Töltés, vezérlés, jelzés, 3. Világítás, 4. Menetirányváltó, 5. Menetfékkapcsoló, 6. Negatív gyűjtősin, 7. Az örvényáramú fékhez, M: menetkapcsolásban záródik, F: fékkapcsolásban záródik

Kontakt Fokozat	Csoportosítás					Fék		A kocsirész ellenállása							Sönt		B kocsirész ellenállása							Sönt rögz		Ohm értékek									
	1	2	3	4	5	6	7	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	9	A	B					
F16						•	•			•		•	•	•	•			•	•		•	•	•	•					•	0,00	0,00				
F15						•	•	•		•		•	•	•	•			•	•		•	•	•	•						0,00	0,00				
F14						•	•	•		•		•	•	•	•			•	•		•	•	•							0,00	0,0555				
F13						•	•	•		•		•	•	•				•	•		•	•	•							0,0555	0,0555				
F12						•	•	•		•		•		•				•	•		•		•							0,103	0,103				
F11						•	•	•				•		•				•			•		•							0,157	0,157				
F10						•	•	•				•		•				•			•		•							0,157	0,25				
F9						•	•	•		•		•	•	•				•		•	•	•	•							0,25	0,25				
F8						•	•			•	•	•	•	•				•	•	•	•	•	•							0,321	0,321				
F7						•	•			•	•	•	•	•				•	•	•	•	•	•							0,426	0,426				
F6						•	•			•		•	•					•		•	•	•									0,561	0,561			
F5						•	•					•	•								•	•									0,673	0,673			
F4						•	•	•	•	•	•	•						•	•	•	•	•									0,85	0,85			
F3						•	•	•	•	•								•	•	•												1,10	1,10		
F2						•	•	•	•									•	•													1,50	1,50		
F1						•	•	•										•														2,27	2,27		
0																															∞	∞			
*	•																														∞	∞			
Menet soros																																			
1	•	•								•								•														2,27	2,27		
2	•	•								•	•							•	•														1,50	1,50	
3	•	•								•	•	•						•	•	•													1,10	1,10	
4	•	•								•	•	•	•					•	•	•	•												0,85	0,85	
5	•	•											•	•							•	•											0,673	0,673	
6	•	•									•		•	•					•		•	•											0,561	0,561	
7	•	•									•	•	•	•					•	•	•	•											0,426	0,426	
8	•	•									•	•	•	•					•	•	•	•											0,426	0,25	
9	•	•									•	•	•	•	•				•	•	•	•											0,25	0,25	
10	•	•									•	•		•		•			•	•		•		•									0,139	0,139	
11	•	•									•	•	•	•	•				•	•	•	•	•										0,0555	0,0555	
12	•	•			•						•	•	•	•	•				•	•	•	•	•										0,0555	0,0555	
Ármenet	•	•			•						•	•	•	•	•				•	•	•	•	•										0,0555	0,0555	
Menet párhuzamos																																			
13	•		•	•	•					•		•						•		•														1,10	1,10
14	•		•	•	•					•		•	•					•		•	•													0,85	0,85
15	•		•	•								•	•								•	•												0,673	0,673
16	•		•	•							•		•	•					•		•	•												0,561	0,561
17	•		•	•							•	•	•	•					•	•	•	•												0,426	0,426
18	•		•	•							•	•	•	•	•				•	•	•	•	•											0,321	0,321
19	•		•	•							•		•	•	•				•	•	•	•	•											0,25	0,25
20	•		•	•							•		•		•				•		•		•		•									0,157	0,157
21	•		•	•							•		•	•	•				•	•	•	•	•											0,0555	0,0555
22	•		•	•							•		•	•	•	•				•	•	•	•	•										0,00	0,00
23	•		•	•							•		•	•	•	•				•	•	•	•	•										0,00	0,00
24	•		•	•							•		•	•	•	•				•	•	•	•	•										0,00	0,00



18. ábra. A fékáramkör elvi kapcsolása
1. Menetirányváltó, 2. Menet-fékkapcsoló fékállásban

Fékezéskor a menetkapcsolásban egymással sorbakötött két-két motor külön-külön egymással párhuzamosan kapcsolódik és a terhelés egyenletes elosztása érdekében négyzög (kör-) kapcsolásban az R_A ill. R_B ellenállásra dolgozik rá (18. ábra). A két fékáramkör egymástól független. A FAV kocsikon nem alkalmaztunk előgerjesztést, mert a zárt pályán az általa elérhető fékútrövidülésnek nincs jelentősége.

Ha valamelyik fékáramkör (a $K6$ vagy $K7$ kontaktor) nem záródik, a biztonsági relé révén önműködően maximális fékerővel üzemel a légfék.

Villamos fékezéskor a futó forgóvázakat egyidejűleg a tárcsás fékek fékezik. Ennek érdekében mind a két fékkörben egy-egy 0,05 ohmos R_f leágazó ellenállásról, mint söntről szelén egyenirányítón át táplált egy-egy Knorr EV 203/2 tip. fékármszelep ($S1$ és $S2$) van beiktatva (17. és 18. ábra). Ezek közvetlen (direkt) fékként az 5 att nyomású főlégvezetékttől engednek be a fékárammal közel arányos, de max. 3,5 att-ra korlátozott nyomású levegőt az alattuk levő futó forgóváz két-két léghengerébe. A fékhatások úgy vannak összehangolva, hogy a futó tengelyek csak 65-71 %-ban használják ki a hajtott tengelyek pillanatnyi fékerejének megfelelő adhéziót, tehát a vezető csak a villamosan fékezett tengelyeket képes megcsúsztatni, a futó

tengelyek ugyanakkor még nincsenek a csúszás határán.

Az együttműködő közvetlen légfék pneumatikusan párhuzamosan van kapcsolva az önműködő légfékkel. Légvezetékük kettős visszacsapó szelepen át csak közvetlenül a fékhengerek előtt vannak összekötve. A kétféle fékműködtetés nem befolyásolja egymást, és így vezérlési szempontból a futó tengelyeken is biztosítva van a két független fékrendszer.

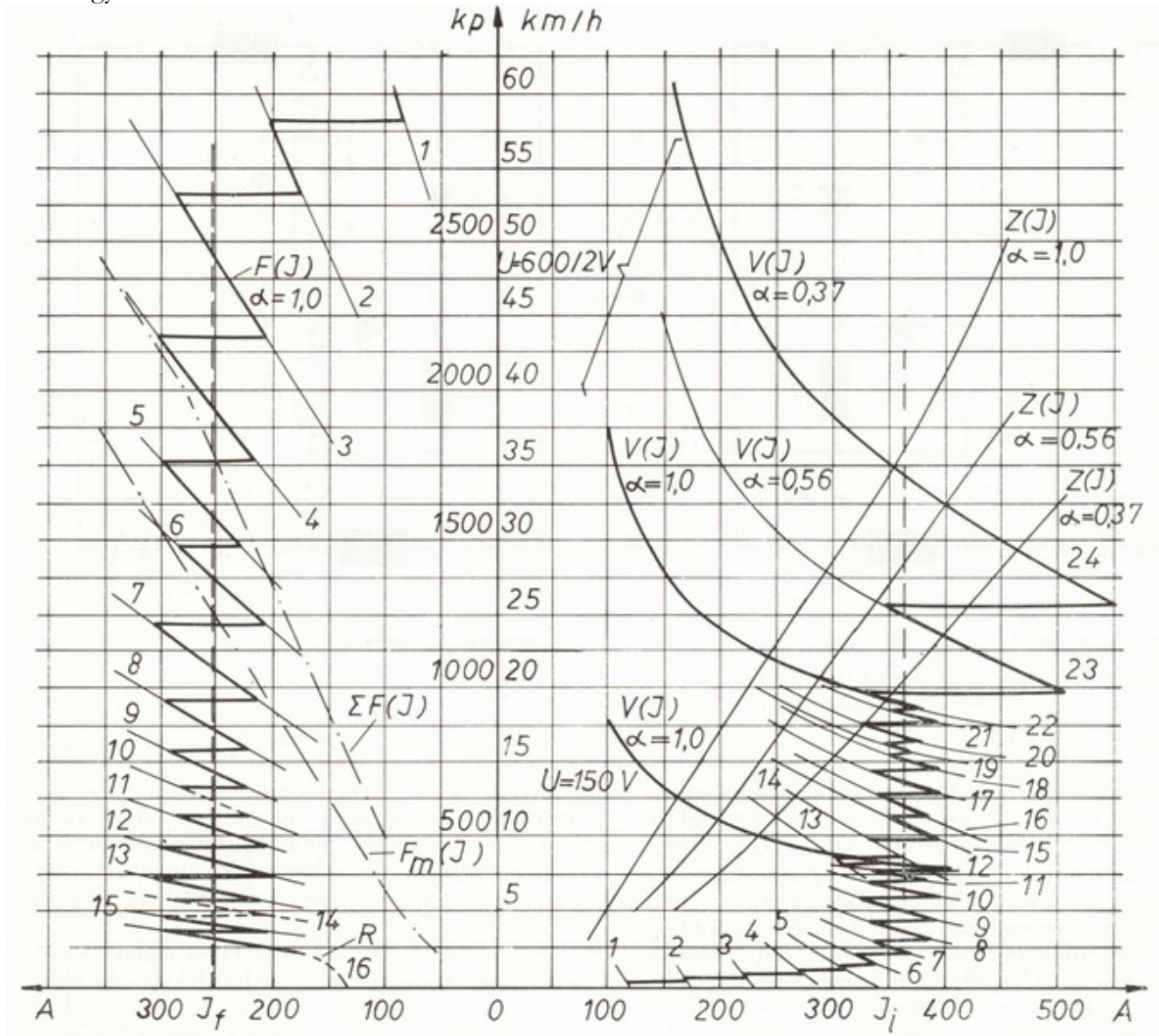
Üzemi rögzítőfékezéskor a közvetlen légfék segítségével csak a futó tengelyekre hat fékerő. Az utolsó villamos fékfokozaton - miután a motorok az előző fokozaton már teljesen rövidrezáródtak - a fékármszelepek tekercei a $K9$ kapcsolóval a kisfeszültségű hálózatra is rákapcsolódnak, majd a következő menetre kapcsolásig rajta is maradnak (18. ábra és II. táblázat). Ekkor a fékárms ill. az R_f -re jutó feszültség csökkenésekor az akkumulátor veszi át a szelepek táplálását, és ezzel az üres kocsi vonatkoztatva $\mu = 0,16$ tapadási tényezőnek megfelelő fékerőt tart fenn. A rögzítőfék tehát rántásmentesen lép be. Az $E1$ és $E2$ egyenirányítók megakadályozzák, hogy egyidejűleg az R ellenállásokon is folyjék áram az akkumulátorból.

Az $S2$ szelepek kettős táplálása következtében a fékáramkörök a kocsitesten át földeltek, de a kisfeszültségű hálózat a főáramkörnek olyan pontjával

(R_j) van összekötve, amelyen üzemszerűen csak fékezéskor jelenik meg a testhez képest max. 45 V. Ennek áthatolását az E4 és E5 szelén egyenirányítók akadályozzák meg.

A 19. ábrán a kocsí vonóerő-sebesség és fékerő-sebesség jelleggörbéit láthatjuk az egyes fokozatokkal együtt.

A kapcsolóberendezés árammegszakító elemei elektromágneses kontaktorok. Névleges áramuk 250 A, és 600 V-on maximálisan 1000 A megszakítására alkalmasak.



19. ábra. Vonó- és fékezőerők

V sebesség, Z vonóerő, F fékerő, α gerjesztési arány, I áramerősség, I_i üzemi indítóáram teljes terheléssel, I_f üzemi fékezőáram teljes terheléssel, F_m egy motor fékereje, ΣF egy motor + egy futótengely együttes fékereje, R rögzítőfék

Az árammentesen működő menetirányváltó és menet-fékkapcsoló elektromágnessel működtetett, ívfűvés nélküli, ívszeletes szerkezetű kétállású forgó kapcsoló. Főérintkezőiknek névleges áramerőssége 250 A. A kábelezés és főleg a csuklóátvezetések egyszerűsítésére az 1-2 és 3-4 motorhoz külön-külön menet-fékkapcsoló és menetirányváltó tartozik. Így az egyes motorpárok kapcsoló-

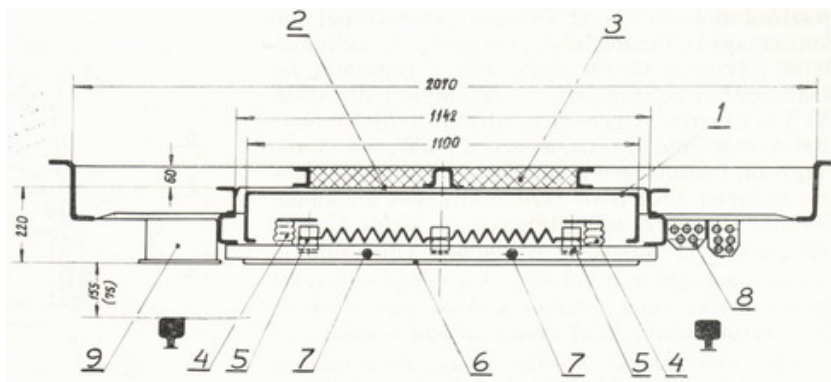
berendezése térbelileg is el van különítve egymástól, a csuklóterekben egy-egy tömbbe összeépített készülőkekhez viszonylag kevés kábel vezet, a motorpárokat pedig saját menetirányváltójuk kézi átállításával lehet az áramkörből kiselejtezni. A kapcsolóberendezést a vezető 10 A-es bütykös-tárcsás kapcsolóelemekből felépített félautomatikus vezérkontrollerrel vezérli. Az automatikus mű-

ködés csak menetkapcsolásban érvényesül. Üzemszerűen a vezető a menetszabályozó forgattyúját gyorsan végállásba forgatja, és ezzel előfeszített rugót húz fel. Ezután a vezérlőhenger a rugó hatására gördül le, miközben mozgását részben a motorok főpólusáról, mint söntről (17. ábra), részben az akkumulátorból vett árammal gerjesztett örvényáramú fék szabályozza úgy, hogy az indítóáram közel állandó. Az áram értéke megindulás előtt az irányváltó kapcsolóval három fokozatban állítható be. Ha azonban a vezető a forgattyút csak lassan forgatja, akkor a rugó nem húzódik fel, a vezérlőhenger követi a forgattyút és a vezérlés

kézi jellegű. A menetáram kikapcsolásakor és fékre kapcsoláskor az örvényáramú fék szabadonfutó szerkezet segítségével leválasztódik a vezérlőhengerrel, körmös kapcsolat révén pedig a henger követi a forgattyút. A fékvezérlés tehát teljesen kézi jellegű.

Az érintkezőkopás csökkentésére az utolsó három (22-24) párhuzamos fokozatból való kikapcsoláskor a *K10* és *K20* kivételével az összes kontaktor azonnal elenged. Az utóbbi kettő a soros fokozatokra való visszakapcsolásig még bekapcsolva tartja a teljes *RA* ill. *RB* indítóellenállást, és ezzel csökkenti (lágýtja) a kikapcsolási vonóerőváltozást.

20. ábra. Az alvázellenállás keresztmetszete
1. hőviszaverő ernyő, 2. alumínium lemez, 3. hőszigetelés, 4. főszigetelés, 5. szigetelők, 6. védőháló, 7. porcelángyűrűk, 8. főáram-köri vezetékek védőcsövei, 9. vezérlési vezetékek

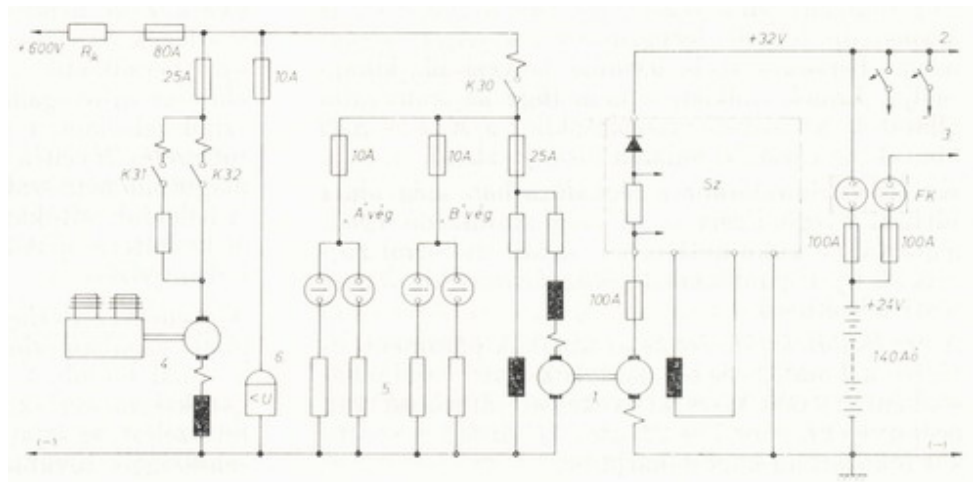


Az indító- és fékellenállások részére a kocsitetőn egyáltalán nincs hely, az alváz alatt viszont nem férnek el a szokásos konstrukciók. A rendelkezésre álló tér magassága ui. a 20. ábra szerint csak 220 mm, amiben csak egy réteg huzalspirálist lehetett elhelyezni. A különleges kialakítás hűlési viszonyait ill. terhelhetőségét egy régi kocsin 1:1 méretű modellel végzett kísérletekkel állapítottuk meg. Az ellenállás-spirálok hőmérséklete kb. 300 °C. Az igen közel levő padló felmelegedését a spirálok fölött kialakított, kb. 100 °C-ra felmelegedő alumínium hőviszaverő ernyő (20. ábra 1), fölött 10 mm légréteg, majd az alvással összehegesztett 2 mm vastag köelvezető alumínium lemez (2) és a fölött levő 60 mm-es poliuretánhab hőszigetelés (3) akadályozza meg. A modellkísérletek tanulságai szerint a spirálok között csak a jármű keresztirányában alakul ki légáramlás, ezért a hosszirányban 650 mm hosszú ellenállásmezők a dobozszerűen kialakított hőviszaverő ernyőkkel egymástól teljesen el is vannak választva. A kettős szigetelésű (20. ábra 4 és 5) ellenállásmezők a hővédő ernyőkkel együtt szerelési egységet alkotnak. Az ellenállások alul teljesen nyitottak, de mechanikai sérülések ellen

Ø 2,5 mm-es acélhuzalból készült, 10*10 mm-es háló védi őket (6). Az acélrudra felfűzött 7 porcelángyűrű megakadályozzák, hogy esetleges eltört spirál a földelt védőrácsához érve testzárlatot okozhasson.

Az ellenállások mellett haladó és az ahhoz csatlakozó főáramköri és vezérlési vezetékek (20. ábra 8 és 9) a hőhatásra való tekintettel 180 °C-ig igénybevehető Siokk 1 kV-os szilikongumi szigetelésű kábelek.

Az áramnak a sínekbe való visszavezetésére minden egyes hajtómű oldalára kétrészes bronz csúszógyűrű van felerősítve, amelybe radiálisan támaszkodó és a háztól ill. a kocsitesttől elszigetelt szénkefén át jut az áram. A négy csúszógyűrű, amelyek egyenként 200 A átvezetésére alkalmasak, 70 mm²-es ún. negatív gyűjtősínnel van egymással összekötve (17. ábra 6). A vontatómotorok és az egyéb 600 V-os berendezések áramköre mind ehhez a gyűjtősínhez csatlakozik, a futócsapágyakon tehát nem folyhat áram. A kerekek gumibetétei minden egyes keréken 3*25 mm²-es csupasz hajlékony vezetékkel vannak áthidalva (14. ábra 12).



21. ábra. A segédüzemek elvi kapcsolása

1. Motorgenerátor, 2. Vezérlés és ajtómozgatás, 3. Fénycsővilágítás, 4. Légsűrítő, 5. A vezetőállás fűtése, 6. Nullfeszültség relé

10. Kisfeszültségű berendezés

Az elektromágneses kapcsolókészülékeket, az ajtószelepeket vezérlését, a ventilátorokat és ablaktörőket, a jelzést és a világítást 24 V névleges feszültségű egyenáramú kisfeszültségű hálózat táplálja. Az energiát akkumulátorral puffer üzemben állandóan párhuzamosan járó motorgenerátor szolgáltatja (21. ábra). A motorgenerátor 600 V-os kettősgerjesztésű motorból és 32 V-os söntgenerátorból álló kétcsapágú, önszellőzésű gépegység. Az akkumulátor folytonos töltése érdekében a generátor feszültségét az S_2 tranzistoros szabályozó állandóan 32 V-on tartja. A generátor állandó teljesítménye 400 V motoroldali feszültségen 2,7 kW. 500 V-nál nagyobb feszültségen a gépegység az áramkorlátozás határán 3,8 kW-ot (120 A-t) képes állandóan leadni. A nagy teljesítményre a kisfeszültségű világítás és a biztonság érdekében van szükség.

A motorgenerátor, a vezérlés és a világítás fővezetékeit zárlat ellen gyorsműködésű biztosítók, a fogyasztói áramköröket kisautomaták védik.

A 140 Aó-s lúgos (Ni-Cd), magasított lúgterű akkumulátor a csuklótérbe beépített öt ládában elhelyezett 20 cellából áll. A közvetlenül mellette levő FK főkapcsolóval az egész kisfeszültségű hálózatot le lehet választani az akkumulátorról.

11. Villamos segédüzemek

A 600 V-os segédberendezés kialakításánál döntő szempont volt, hogy az áramszedővel, amely leengedéskor az alagútban csak 90 mm-re távolodik el a felsővezetektől, még kis áramokat sem szabad

megszakítani, mert az ív állva maradhat rajta. Ezért mind a légsűrítőt, mind a motorgenerátort kontak-

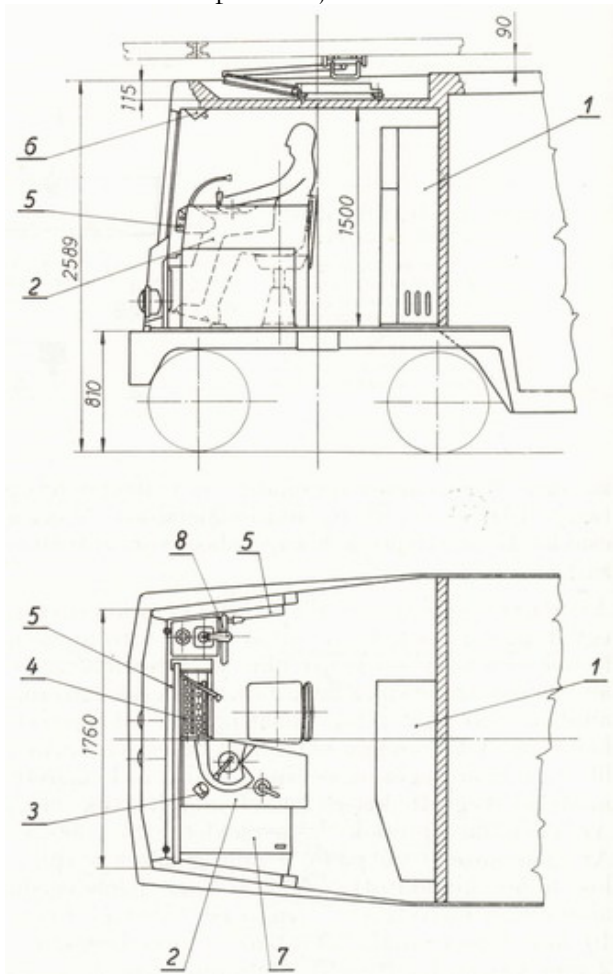
tor kapcsolja be, a vezetőállások villamos fűtése pedig a motorgenerátor vezetékeről ágazik le (21. ábra 5). Az áramszedő működése, amelyet a vezető billenőkapcsolóval adott „fel” vagy „le” impulzussal vezérel, és a segédüzemi kontaktorok behúzása ill. elengedése egymáshoz kölcsönösen reteszelve van.

A K30 és K31 kontaktorok csak akkor húznak be, amikor az áramszedő már érintkezik a felsővezetékkel, és ennek hatására a nullfeszültség relé behúzott. A K32 kontaktor kb. 3 mp késleltetéssel zár. Az „áramszedő le” parancsra először az előbbi három kontaktor enged el, az áramszedő léghengeréből csak ezután távozik el a sűrített levegő. Ha ilyenkor esetleg a főáramkör még menetkapcsolásban van, ennek kontaktorai is elengednek és megszakítják a vontatómotor áramát. A K31 és K32 kompresszor-kontaktorok működését természetesen még a főlégtartány nyomásőre is befolyásolja.

Végeredményben a vezető egyetlen művelettel, az áramszedő fel- ill. leengedésével a teljes segédüzemi berendezést is üzembe helyezi ill. kikapcsolja. Ennek működése nem függ az irányváltó állásától. Kocsiszíni vizsgálatokhoz a K31 és K32 kontaktor vezérlési oldalon kiselejtezhető.

Kocsiszíni induláskor a léghálózatban még nincs sűrített levegő. Ezért az „A” végi áramszedő segédlégtartánya akkumulátorból táplált motorral hajtott 33 l/p légszállítású segédlégsűrítővel kb. 3 perc alatt feltölthető.

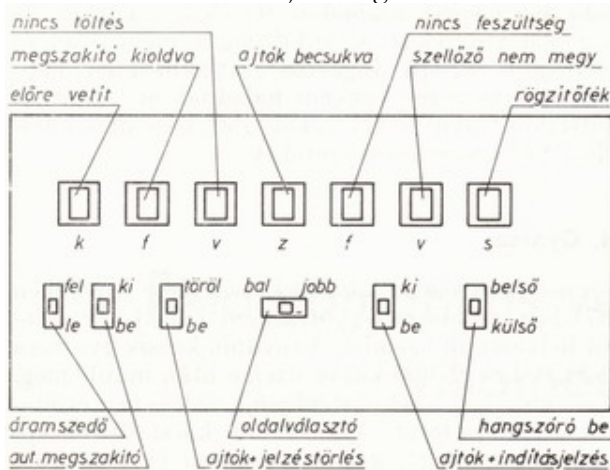
A vezetőállások fűtésére és az ablakok páramentesítésére a homlok- és oldalablakok alatt vezetőállásonként 2*600 W-os konvekciós csőfűtőtest van beépítve (21. ábra 5 és 22. ábra 5). Ezeket a vezető két fokozatban kapcsolhatja be.



22. ábra. A vezetőállás vázlata
 1. hátfali készülékszekrény, 2. félautomatikus vezérkontroller, 3. voltmérő, 4. kapcsolóasztal, 5. ablakpáramentesítő, 6. homlokfali kapcsolósor, 7. hangerősítő, 8. kézi fékezőszelep

Az ajtók központi nyitására és csukására az oldalválasztó kapcsolón kívül két billenőkapcsoló van a vezetőasztalra beépítve (22. ábra 4 és 23. ábra). A jobboldali kapcsoló előrenyomásakor az ajtók kinyílnak, hátranyomásakor pedig először megszólalnak az indításjelző berregők, majd tranzisztoros késleltető relé hatására a vezető újabb beavatkozása nélkül 2 mp késleltetéssel csukódni kezdenek az ajtók. További 4 mp alatt az összes ajtó becsukódik. Amint ez megtörtént, a vezető előtt az ajtóvégállás kapcsolók által vezérelt zöldszínű jelzőlámpa gyullad ki. Kigyulladás előtt reteszelés révén a kocs nem indul meg, mert az alagútban nem szabad nyitott ajtókkal közlekedni. A baloldali

ajtókapcsolóval az ajtók indításjelzés és késleltetés nélkül becsukhatók, ill. törölhető az indításjelzés. A menetvezérlésnek az ajtóktól függő reteszése miatt azonban érintkezési hiba esetén megbénulna a vonal forgalma. Ennek elkerülésére a vezető a „szükségmenet”-kapcsolóval fel tudja oldani ezt a reteszelést, és saját felelősségére kb. 15 km/ó max. sebességgel tovább haladhat. Ilyenkor ui. a párhuzamos kontaktorok nem húznak be, csak a soros kapcsolás jön létre. Ez kényszeríti a vezetőt, hogy hibás kocsival ne maradjon forgalomban.



23. ábra. A vezetőasztal elrendezése
 k kék, f fehér, v vörös, z zöld, s sárga

A szükségmenet-kapcsoló bekapcsolásakor a menetirány szerinti első, tehát helytelen áramszedővel is lehet közlekedni, amire az alagútban bekövetkező áramszedőtörés esetén, vagy kocsiszíni mozgásoknál lehet szükség.

Az ajtóvezérlés zavara, veszély, vagy az alagútban való elakadás esetén az ajtókat a csuklóterekben levő, tehát kívülről elérhető szükségnyitó nyomógombbal a kocsivezető oldalanként, ill. üvegablak betörésével hozzáférhető nyomógomb révén kocsirészenként az utasok is ki tudják nyitni.

Veszély esetére az utasoknak minden egyes ajtónál vészjelző nyomógomb és kocsirészenként két-két vészfékkapcsoló áll rendelkezésére. Vészjelzéskor éles hangú csengő szól meg.

A vezető az utasokat mindhárom utastérben egy-egy, összesen tehát három belsőteri ill. a csuklóban elhelyezett, oldalanként két-két külsőteri hangszórón át tájékoztathatja. Ehhez mindkét vezetőállásban van egy-egy 5 W-os tranzisztoros erősítő (22. ábra 7), amely az irányváltó kapcsoló „előre” vagy „hátra” állásában kapcsolódik be. A belső vagy külső hangszórókat a vezető billenőkapcsolóval kapcsolja be (23. ábra).

12. Világítás

Az utastereket kocsirészenként 10-10, összesen 30 db 20 W-os F29 színű váltakozóáramú fénycső világítja meg. A megvilágítás erőssége közepesen használt állapotban a padlószinttől 80 cm magasságban mérve átlagosan 160 Lux. A fénycsövek egyedi lámpatestekben két sorban vannak elhelyezve, amelyek búrája az alacsony mennyezet ellenére is káprázatmentes fényforrás (11. ábra).

A fénycsövek részére EVIG gyártású TRI 20/30 típusú egyedi tranzistoros inverterek szolgáztatnak 8 kHz-es váltakozóáramot. Az átalakítók a lámpatest hátoldalára vannak felszerelve. A nagy frekvencia révén kedvező a csövek fénykihasználása és az inverterek nem keltenek zajt. Az invertereket a 24 V-os hálózat táplálja, tehát a világítás a felsővezeteki feszültség kimaradásakor sem szűnik meg. Az akkumulátor túl gyors kisülésének megakadályozására azonban olyankor, amikor a motorgenerátor nem jár (nincs töltés), kocsirészenként önműködően csak 4-4 fénycső marad égvé az ajtók mellett. Ennek elsősorban az éjszakai kocsiszíni takarítás miatt van jelentősége.

A fokozott biztonság érdekében az ajtók melletti lámpatestekben egy-egy 24 V 15 W-os szükségvilágítási izzó is van, amelyeket az akkumulátortól kezdve a fővilágításétól teljesen független (vezérlési) áramkör táplál. A szükségvilágítás is a vezetőállásból kapcsolható be.

A pályavilágítás autóvillamossági lámpatestekben megfelelően előtézett 24 V-os izzók vannak. A két fényszóró 35/35 W-os bilux izzóinak előre vagy lefelé vetítő szálát a vezető lábműködtetésű fényváltó kapcsolóval választja ki. Az előre vetítő szál bekapcsolt állapotát a vezetőasztalban kék színű jelzőlámpa jelzi (23. ábra). A két vörösfényű zárlámpában 15 W-os izzók vannak. A pályavilágítás mind a fő-, mind a szükségvilágítás bekapcsolásakor kigyullad. A fényszórók csak az ugyanazon vezetőállásban levő irányváltó „előre” állásban világítanak, a „0” és „hátra” állásban csak a zárlámpák égnek.

Mind a vezetőállásokban, mind a csuklóterekben a belső tér megvilágítására 2-2 db mennyezeti lámpa van elhelyezve 20-20 W-os izzókkal.

13. A villamos berendezés beépítése

Az utastérben a lámpákon és az ajtószелеpeken kívül nincs villamos berendezés. Már láttuk, hogy az alváz alatt az ellenállásokat is csak nagy nehézségek árán lehetett elhelyezni.

Kézenfekvő volt viszont, hogy a gépi berendezést a forgóvázak fölötti, utastérként amúgy sem kihasználható csuklóterekbe és a vezetőállásokba építsük be.

A két csuklótérnek a „C” kocsirész felőli egy-egy falán vannak az 1-2, ill. a 3-4 motorokhoz tartozó kontaktorok, menet-fékkapcsolók és menetirányváltók az induktív és ohmos söntökkel együtt. Az „A” kocsirészhez tartozó csuklótéri falon van a motorgenerátor a feszültségszabályozóval, valamint a motorcsoportosító és segédüzemi kontaktorok. Az akkumulátor a főkapcsolójával és a főbiztosítókkal ugyanezen csuklótérnek a „C” kocsihoz tartozó falán van. A „B” kocsirészhez tartozó csuklótéri falat teljesen a pneumatikus berendezés foglalja el. Itt van a légsűrítő a hűtőjével együtt, fölötté a főlégtartány, valamint a légszűrő, a nyomásmérők és egyéb pneumatikus szerelvények.

A vezérlési készülékek a vezetőállások hátfali szekrényében helyezkednek el (22. ábra 1). Ugyanott vannak az áramszedőket összekötő fővezetékek 600 V-os biztosítói, az „A” végen az automatikus megszakító és a nullafeszültség relé, a „B” végen pedig az előbbiek helyén a vonatmegállító berendezés kiértékelő készüléke.

A hátfali szekrényekben vannak még az áramszedő segédlégtartányok a hozzájuk tartozó légszerelvényekkel együtt és az „A” vezetőállásban a segédlégsűrítő.

A kontrolleres szekrényben a vezérlőkontrolleren (22. ábra 2) kívül csak a hangerősítő (7) és a kisfeszültségű voltmérő (3) van. A vezető előtti asztalban vannak a jelzőlámpák és a vezetés közben rendszeresen kezelendő kapcsolók (22. ábra 4, 23. és 24. ábra).

Az egyéb, ritkábban kezelt kapcsolók (ablaktörő, szükségmenet, világítás, szükségvilágítás, szellőzés) a vezető feje fölött a homlokfalon levő kapcsolósorban kaptak jól elérhető helyet (22. ábra 6).



24. ábra. A vezetőállás

A csuklóban a főáramú, ill. nagykeresztmetszetű vezetékek csukló-kapocslécekhez csatlakozó bőrbevarrt szabadon fekvő kötegekben, a vezérlési vezetékek a csuklóalagút mennyezetére felerősített 12-erű dugaszos csatlakozókhoz kapcsolódó laza vezetékeként haladnak át. Az alváz alattiakon kívül a vezetékek 750 V-os dieselolajálló PVC, szigetelésű vezetékek.

14. Gyártás

A prototípus jellegű hibák kiküszöbölése érdekében 1971-ben előrehozott gyártásként két kísérleti kocsit helyeztünk üzembe. A további kocsik gyártása ezeknek kb. 25000 km-es üzeme után indult meg, és a vonal teljes rekonstrukciója érdekében erőltetett ütemben folyt. A harmadik kocsi 1973. szeptemberében, a 21. kocsi ugyanezen év december végén került pályára. A meghosszabbított vonalat az új kocsiszínnel együtt 1973. december 30-án ünnepélyesen helyezték üzembe, és azóta a forgalmat már kizárólag az új kocsik bonyolítják le.

IRODALOM

- [1] *Gábor Péter*: A „GANZ” csuklós közúti villamos motorkocsik. A GANZ Villamossági Művek: „Villamos járművek és diesel-villamos mozdonyok” c. külön kiadványa. Bpest 1971.
- [2] *Gábor Péter*: A „Ganz” csuklós közúti villamos motorkocsik. Járművek, Mezőgazdasági. Gépek 16. évf. (1969) 375-384 old.
- [3] *Huszár Ottó*: Közúti csuklós motorkocsink vontatómotorjának ismertetése. GANZ Villamossági Közlemények 5. sz. (1967)

BORBÁNDY LÁSZLÓ - HALMAI GÉZA

Félautomatikus vezérkontroller közúti villamoskocsikhoz

Bevezetés

A félautomatikus kontrollert közúti forgalomban résztvevő, kontaktoros kapcsolóberendezésű, egyenáramú villamos motorkocsik számára fejlesztettük ki. Köztudott, hogy a gépkocsikkal közös forgalom a villamossal szemben igen komoly követelményeket támaszt: annak ellenére, hogy az acélkerék és az acélsín között a tapadási (súrlódási) tényező lényegesen kisebb, mint a gumiabroncs és az úttest között, a közúti villamos menettulajdonságai nem lehetnek lényegesen rosszabbak a gumikerekes járművek menettulajdonságainál. Ehhez járul még a mai megnövekedett forgalom következtében a rendszertelen fékezések és indítások okozta többletterhelés. Hogy mennyire „gyilkos” a közúti üzem, azt talán mindennél jobban szemlél-

teti az, hogy a budapesti forgalomban egy-egy villamosvasúti kontaktor kapcsolási száma eléri az évi 2 milliót.

A sűrű városi forgalom megköveteli, hogy a kocsivezetőt lehetőség szerint tehermentesítsük. A teljesen automatikus kocsin a vezetőnek nem kell ügyelnie az egyes ellenállásfokozatok kiiktatásának ütemére, hanem csak az indító- és fékező áramot kell beállítania. Az ilyen értelemben vett automatikus kapcsolóberendezés az elővárosi és a földalatti gyorsvasutakon széles körben elterjedt, a közúti villamosokon azonban ritkaságszámba megy, annak ellenére, hogy éppen a zárt (keresztvezetőmentes) pályán közlekedő gyorsvasúti járművek vezetői vannak kisebb megterhelésnek kitéve.

Az automatikus közúti kocsivezéréssel szemben támasztott követelmények

A városi közúti forgalom olyan rövid fékutat követel meg, hogy a kerék és a sín közötti tapadást vészfékezéskor a végsőkig ki kell használni. A fékerő akkor maximális, ha a kerék kezdő csúszással gördülve csúszik, azaz a kerék kerületi sebessége meghatározott értékkel kisebb, mint a haladási sebesség. Ennél nagyobb szlipsebesség esetén azonban a fékerő már nem nő, hanem csökken [1]. A vészfékezés közben bekövetkezett erős kerécsúszás, vagy még inkább a fékezett kerekek blokkolása a fékerőt annyira lecsökkenti, hogy gyakran még az üzemi féklással sem érhető el. A közúti villamoskocsit veszélyhelyzetben tehát úgy kell fékezni, hogy kismértékű kerécsúszás feltétlenül, de erős kerécsúszás már semmi esetre se alakuljon ki. Ez pedig kézi vezérlés esetén a kocsivezetőtől igen nagy ügyességet kíván meg, mert mind a tapadóerő maximumának abszolút értéke, mind pedig az ehhez tartozó szlipsebesség erősen függ az időjárási és pályaviszonyoktól. A kismértékű kerécsúszás megszűnésének

kerécsúszás megszűnésének gyorsasága viszont a motorkarakterisztika függvénye, ami fokozatról-fokozatra változik. A helyes kapcsolási ütemhez tehát még a lassulás pillanatnyi értékét is és a kocsivezető pillanatnyi sebességét is figyelembe kell venni.

A begyakorlott kocsivezető vészfékezéskor olyan bonyolult tevékenységet végez, - igaz, hogy nem tudatosan, hanem reflex-szerűen - hogy ennek megbízható automatizálása csak a legutóbbi években sikerült. A gyorsvasutakon alkalmazott automatikus berendezések ugyanis szóba sem jöhetnek, mert ezek a fékárámot állandó értékre szabályozzák, és ezáltal a kialakult kis kerécsúszást erős kerécsúszássá változtatják. (A gyorsvasúti kocsinak általában nem kell a tapadás határán fékeznie.) Csúszásvédelemmel való kiegészítésük pedig a mechanikus kapcsolóberendezés viszonylag nagy holtideje miatt nem hozza meg a kívánt eredményt, mert a kerécsúszás kialakulásához rövidebb időre van szükség, mint amennyi idő alatt a kapcsolómű

egyáltalán be tud avatkozni; a kezdő kerékcsúszás állapota nem tartható fenn. Az automatikus közúti motorkocsi ezért csak a modern elektronikus szabályozástechnika kifejlődésével volt megvalósítható.

A félautomatikus kontrollert az automatikus közúti kapcsolóberendezéssel szemben támasztott követelményeket csak részben teljesíti. Kifejlesztését az indokolta, hogy a hagyományos kontaktoros

kapcsolóberendezéshez alkalmazva csekély költséggel biztosítja a nagyobb utazási és vezetési kényelmet.

A félautomatikus kontrollert kifejlesztésének idején az elektronikus megoldások még csak kísérleti stádiumban voltak. A félautomatikus kontrollert azonban azóta sem veszítette el létjogosultságát, mert az elektronikus vezérlésű motorkocsik még ma is nagyon drágák.

A félautomatikus kontrollert

Az itt leírt félautomatikus vezérlőkontrollert a GANZ csuklós villamos motorkocsihoz készült. Ez a motorkocsi részint gyárunk hagyományai, részint pedig éppen a könnyebb automatizálás érdekében kontaktoros kapcsolóberendezésű [2].

A megvalósított kontrollert esetében a „fél”-automatikus jelző tulajdonképpen azt jelenti, hogy csak a kocsi indítása automatikus, a fékfokozatok továbbra is kézi vezérlésűek. Az előzőekben említett nehézségek miatt a választott megoldás tudatosan kerüli a fékezés automatizálását. Az indítás teljes automatizálása révén azonban a kocsivezetőt jelentős mértékben tehermentesíti, és ezen a területen egyszerűségével, olcsóságával és megbízhatóságával tűnik ki.

A kocsi tervezésének kezdetén a félautomatikus indítás még szűkebb értelmezésű volt: nem jelentett egyebet a maximális motoráram korlátozásánál. A későbbiek során azonban bebizonyosodott, hogy az indítás elején az ún. előfokozatok helyes kapcsolása nemcsak az utazóközönség kényelmét szolgálja, hanem a működés szempontjából is el-

engedhetetlen. Másrészt a nyolctengelyű kocsin a hajtott tengelyek tapadása - a kocsi „pótkocsis” jellege következtében - annyira ki van használva, hogy kívánatos az indítóáram átállítása az utasterheléstől függően. Ezért a sorozatgyártású félautomatikus kontrollereken az indítási rántás kellő mérséklésén kívül a maximális indítási áram három fokozatban állítható.

A félautomatikus kontrollert működési elve nagyon egyszerű. A kocsi vezetője a kontrollert forgattyújával spirálrugót húz fel. A rugóerő a felhúzás közben alig változik. A kontrollert vezérlőhengere a spirálrugó hatására gördül le úgy, hogy közben sebességét a kontrollertbe beépített serleges örvényáramú fék szabályozza. Ha a kocsivezető a forgattyút azonnal végállásba rántja, a kocsi simán felgyorsul. A kocsivezetőnek módjában áll bármelyik fokozaton megállni, illetve a kontrollert lassúbb forgatásával, kézi vezérléssel vezetni a kocsit. A beállított maximális indítóáramot, illetve indítási gyorsulásváltozást azonban a forgattyú átrántásával sem lehet túllépni.

A félautomatikus kontrollert szerkezete

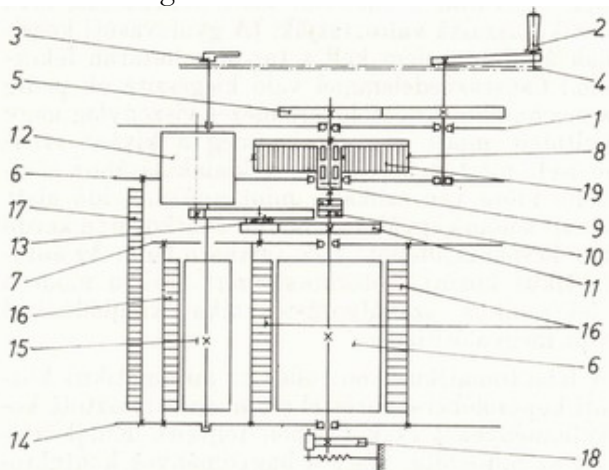
A működési vázlaton (1. ábra) a kontrollert szerkezeti felépítése is jól látható. A felső 1 pajzs fölött helyezkedik el a 2 menetszabályozó és a 3 irányváltó kar, amelyek tengelyei a vezetőasztal 4 burkolata fölé nyúlnak ki. (A kontrollertnek nincs külön burkolata.) Itt kaptak helyet a pontozó- és reteszelőtárcsák és karok, valamint az 5 fogaskerék áttétel, amely a menetszabályozó kar és a menetszabályozó henger között kis értékű áttétellel és a forgásirány megváltoztatásával létesít kapcsolatot.

Felülről számítva az 1 első, a 6 második és a 7 harmadik pajzs közé épült be az automatika. A

menetszabályozó tengely három szakaszból áll. Az első - a már említett fogaskerék áttétel után - az erőátviteli szalagspirál rugó 8 házához és vele együtt a 19 spirálrugó külső végéhez csatlakozik. Az előfeszített rugót a tengely második szakasza követi. E két tengelyszakaszt - a rugón kívül - egyik irányban (fék) ütköző, másik irányban (menet) szabadon elforduló 9 tengelykapcsoló köti össze.

Ezután a 10 Oldham rendszerű tengelykapcsoló következik, mely a négy helyen csapágyazott tengely mechanikai túlhatároltságot küszöböli ki. A menetszabályozó tengely harmadik szakasza,

amelynek nagyobbik része túlnyúlik a harmadik pajzson, kétfokozatú, több mint 20-szoros áttételű 11 fogaskerék csoporton keresztül csatlakozik a 12 örvényáramú fékezőműhöz. A közbűsű fogaskerékpárt a 13 egyirányban szabadon futó szerkezet választja el egymástól, így a fékezőmű csak menetirányban hatásos, fék irányban a fékezőmű tehetlenségi nyomatéka nem akadályozza a controller gyors működtetését, ezzel biztosítva a kocsí azonali fékkésztségét.



1. ábra.

A harmadik és a 14 negyedik pajzs közé került a hagyományosnak tekinthető controller rész: a menetszabályozás és irányváltás 6 és 15 bütykös kapcsolóhengerei, a 16 görgős kapcsolóelemek és a külső bekötéshez szükséges 17 sorozatkapcsok. A

hely adta lehetőség miatt a fékezőmű előtétellenállásai is ebben a részben vannak.

A négy vízszintes pajzs bordázott, öntött alumínium ötvözetből készül, és négy függőleges szögvas közé fogva alkotja a controller vázát. A készülék felépítése hagyományos módszereket követ, főleg a controller részben, de az automatika itt is követelt előrelépést. A nagyatmérőjű menetszabályozó henger a forgó tömegek csökkentése érdekében üreges, sajtolt bakelit gyűrűkből készül. A zaj és a kenési igény minimumra csökkentésére a kapcsolódó fogaskerékpárok közül az egyik minden esetben poliamid. Az erőtaroló rugó nyomatékát a lehető legkisebbre kellett választani a minél kényelmesebb kezelés biztosítására. Ehhez a tömegerők korlátozása mellett a súrlódási nyomatékokat is csökkenteni kellett, melyet gördülőcsapágyak alkalmazásával sikerült megvalósítani.

A kényelmesebb kezelhetőséget segíti elő a negyedik (legalsó) pajzs alatt elhelyezett 18 nyomatékki-egyenlítő szerkezet is, amely a menetszabályozó henger elfordulása függvényében emelkedő pályából, görgős karból és a kart pályára szorító rugóból áll. Az első darabok nyomatékméréséből kiderült, hogy a fokozatszámnak megfelelően egyre több beiktató elem súrlódási nyomatéka jelentős értékű. A kiegyenlítő szerkezet felszerelése a spirálrugó nyomatékának további csökkentését tette lehetővé.

Az örvényáramú fék

Az előkísérletek során az örvényáramú, serleges fék bizonyult legalkalmasabbnak a controller automatika beavatkozó eleméül. Fékezési tulajdonsága: a gerjesztőáram négyzetével és a szögsebességgel arányos fékező nyomatéka (2. ábra) eleve ideálissá teszi e feladatra. Ehhez járul nagyon egyszerű felépítése, kis súrlódási nyomatéka, mely a fogaskerékre és a két gördülőcsapágyra korlátozódik; továbbá karbantartási igénytelensége.

Az örvényáramú fék felépítéséből az elvi követelményekre is következtetni lehet (3. ábra). Az üzemi működési tartományban a lineáris jelleg megtartása érdekében a vasmag nem kerülhet telítődésbe, ezért a vaskeresztmetszetek az egész mágneskörben nagyok. Az 1 magon koncentrikusan elhelyezett két tekercs keresztmetszete aránylag kicsi, mivel időszakos terhelésűek. A forgórészen minél kisebb tömegekre kellett törekedni. A vékonyfalú 4

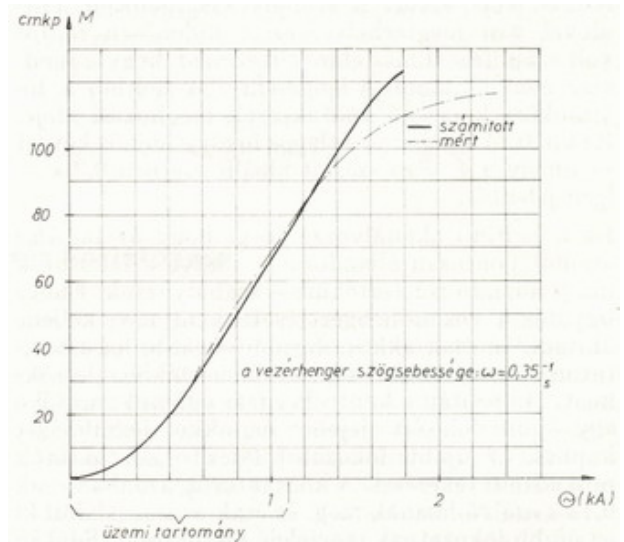
serleg anyaga jó vezetőképességű alumínium, amelyen merevítés is csak forgástengely közelében, az 5 tengelyre való rögzítésnél található.

A serleges örvényáramú fék gerjesztését két forrásból kapja. A 2 belső tekercs az egyik vontatómotor főpólusáról kap a motor áramával arányos feszültséget. A 3 külső tekercs a kocsí akkumulátoráról kap táplálást. Az indítás első szakaszában, az ún. előfokozatokban egyedül a külső tekercs kap gerjesztést. Az előfokozatok után az örvényáramú fék akkumulátorról táplált tekercse lekapcsolódik, és egyidejűleg bekapcsolódik a vontatómotor főpólusáról táplált belső tekercse. A féknek a vontatómotor főpólusáról táplált tekercse az indítás további szakaszában azáltal biztosítja a közel egyenletes indítóáramot, hogy a fékezőnyomaték az indítóáram négyzetével arányos (2. ábra). Ha például az indítóáram valamely okból lecsökken, akkor az

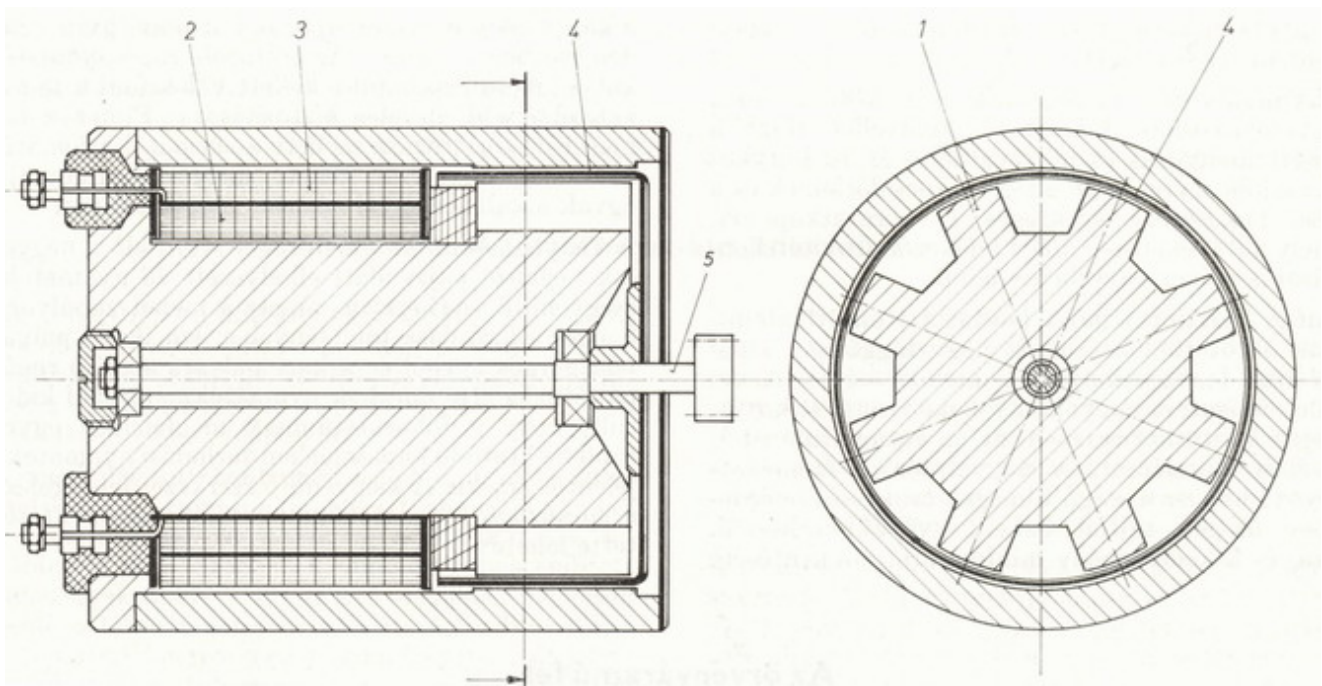
örvényáramú fék fékereje rohamosan kisebbé válik, aminek hatására a vezérlőhenger felgyorsul és az indítóáram helyreáll. A külső tekercs az indítás végén, a kocsí második mezőgyengítéses fokozatának helyes kapcsolása érdekében újra rákapcsolódik az akkumulátorra. E szakaszban a két gerjesztés összege érvényesül és fokozott fékhatást biztosít.

A mindkét tekercssel sorbakötött, állítható értékű ellenállások lehetővé teszik a fék gerjesztő áramainak és ezáltal a fékező nyomatéknak előírt értékre való beállítását.

Az örvényáramú fék tehát időtől függően indít, de áramkorlátozó jelleggel. Emelkedőn a félautomatikus kontroller nagyobb árammal indít ugyan, mint sík pályán, de az indítás ideje is hosszabb, tehát nem annyival nagyobb az áram, mintha az indítás csak az időtől függne.



2. ábra. A serleges örvényáramú fék jelleggörbéi. Az M nyomaték a vezérlőhenger tengelyére átszámított érték, veszteségmentes áttétel feltételezésével. A gyorsító fogaskerék áttétel módosítása: 25,16



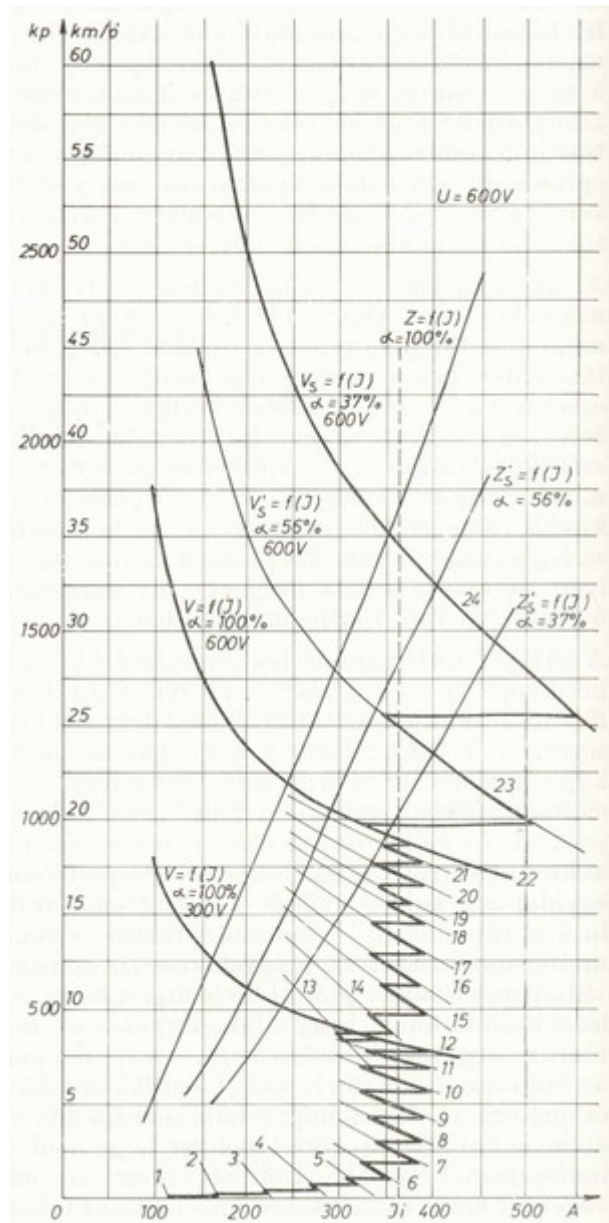
3. ábra. Z 400 típusjelű örvényáramú fék

A controller - kocsi rendszer viselkedése

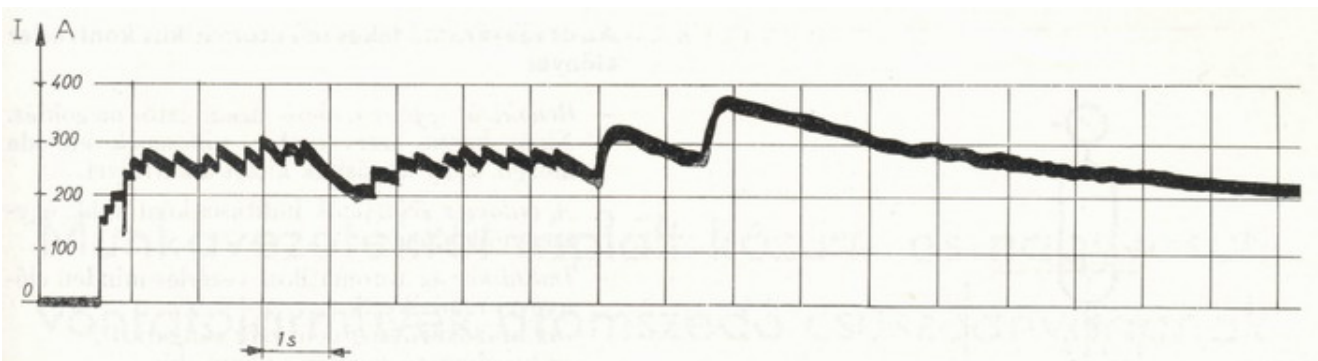
A félautomatikus kontrollertől azt kívánjuk meg, hogy a 4. ábrán látható elméleti indítási görbét minél jobban közelítse meg. Első pillantásra feltűnő, hogy az áramingadozás értéke nem állandó, és hogy az egyes elméleti fokozatidők között jelentős különbség van. Ez részint annak tulajdonítható, hogy az ellenállásfokozatok ohmértékei nem az indítás, hanem a fékezés követelményeinek megfelelően vannak megválasztva, részint pedig a soros és a párhuzamos motorkarakterisztikák szükségképpen eltérő jellegének.

A félautomatikus controller és a kocsi zárt szabályozási kört alkot. A szabályozás ráadásul holtidővel van megterhelve, ezért különösen fontos volt számításnál már előre ellenőrizni, hogy a rendszer nem hajlamos-e lengésekre. A holtidő a főáramkört kapcsoló kontaktorok meghúzási ideje. Ez kb. 0,14 s, tehát az átlagos fokozatidőhöz képest - amely a 4. ábra szerint ideális esetben 0,3 s - igen jelentős.

Ez a holtidő akadályozza meg, hogy az indítási áramot pontosan állandóra - illetve a fokozatok miatt állandó csúcsertékre - szabályozzuk. Ehhez ugyanis a vezérlőhengert esetenként meg kellene állítani, és csak akkor engedni tovább, ha a vontatómotorok árama már kellő mértékben lecsökkent. Ha ezután a controller fékezetlenül gördülve egy újabb fokozat elejéhez ér, akkor feszültséget kapnak az újabb fokozatot létesítő kontaktorok működtető tekercsei. A kontaktorok azonban csak 0,14 s múlva húznak meg, és csak azután alakul ki az újabb fokozatnak megfelelő motoráram. Ezután lehetne csak érzékelni, hogy a kialakult motoráram kisebb vagy nagyobb-e a beállított értéknél.



4. ábra. A GANZ csuklós motorkocsi indítási jelleggörbéi



5. ábra.

Ha nagyobb, akkor a vezérlőhengert újra meg kellene állítani. De a vezérlőhenger ezen 0,14 s alatt is

tovább gördül. A vezérlőhenger megfogása csak akkor érne el a célját, ha az újabb megfogásig csak egy fokozatosztásnyinál kevesebbet fordulna el.

A helyes működéshez tehát a megfogások szünetében a vezérlőhenger legördülési sebességét korlátozni kellene. Az árammentes legördülés szükséges ideje a GANZ csuklós kocsiban 5 s-ra adódna. Tekintve, hogy a kocsiban névleges indítási ideje 6 s, belátható, hogy az egyes fokozatidők közötti jelentős különbségeket a megfogdosó rendszernek nincs miből kiegyenlítenie. A minimális megengedett felsővezeték-feszültség esetén pedig a kocsiban 1 m/s^2 névleges indítási gyorsulásához tartozó legördülés idő már kisebb is 5 s-nál! Ezért a

félautomatikus kontrollerbe nem is építettünk be megfogó féket.

(Az örvényáramú fék nem képes a vezérlőhengert megállítani.)

Végeredményben az örvényáramú fékes kontroller - annak ellenére, hogy elvileg is csak közel állandó indítóáramot biztosít - gyakorlatilag mégis egyenletesebben indít, mint az állandó legördülési idővel és a vezérlőhenger megállítással dolgozó feltételezett rendszer.

Az örvényáramú fékes kontroller működését mutatja az 5. ábra, amelyen a motorkocsi oszcillográffal felvett indítóáramát látjuk az idő függvényében.

A gyors visszakapcsolás

A félautomatikus kontroller kifejlesztését megnehezítette a gyors visszakapcsolás lehetőségének biztosítása. Ez a közúti üzemi egyik alapvető követelménye. Városi forgalomban ugyanis gyakran előfordul, hogy a motoráramot ki kell kapcsolni, majd újra visszakapcsolni: szakaszigetelőn vagy kereszteződésen való áthaladáskor, illetve (megszűnő) forgalmi akadály esetén. Visszakapcsoláskor a vonóerőnek gyakorlatilag azonnal vissza kell térnie, a sűrű városi forgalomban nem engedhető meg például az az 5 másodperces visszakapcsolási

idő, amellyel a félautomatikus kontroller előzőekben feltételezett változata dolgozna. (Figyelembe kell venni, hogy két megállóhely között az átlagos menetidő csak 40 másodperc!)

Az örvényáramú fékes félautomatikus kontroller esetén a visszakapcsolás mért ideje 1,6 s, tehát elegendően kicsi. Ez a részint serleges kialakításnak köszönhető, részint pedig annak, hogy visszakapcsoláskor a motoráram kicsi, azaz az örvényáramú fék csak kis mértékben fékez.

A gyorsulásváltozás korlátozása

Az örvényáramú fék akkumulátorról táplált tekercse az indítás idején a kocsiban gyorsulásának változását kellően kis értékre mérsékli. Az utazóközönség ugyanis nem annyira a nagy gyorsulást, mint inkább a gyorsulás hirtelen megváltozását érzi kellemetlennek. Ez tapasztalati tény, amelynek élettani magyarázata nagyjából az alábbi:

A gyorsuló járműben álló utast a D'Alembert elv szerint vizsgáljuk (6. ábra)

Utassunk mindaddig jól érzi magát, amíg a kocsiban csak akkor a gyorsulással mozog, hogy az eredő gyorsulásvektor (a 6. ábrán pontvonalal jelölt vektor) metszi cipőjének a talpát. Ennél nagyobb kocsigyorsulás esetén labilis egyensúlyi helyzetbe kerül. A hanyattesés elkerülése érdekében az utas kénytelen megkapaszkodni, és izmait úgy szabályozni, hogy a gyorsulásvektor ismét keresztülmenjen a cipőtálpán. Az emberi reakcióidő kb.

0,2 s, így az új egyensúlyi helyzet elfoglalása legalább 0,4-0,6 másodpercet vesz igénybe.

A fentiek alapján a kocsiban gyorsulásának egyszeri, ugrásszerű változása nem lehet nagyobb, mint

$$a_{krit} = \frac{b}{s} \cdot g \quad (6. \text{ábra})$$
 illetve, ha a gyorsulás folytonosan változik, akkor az utánszabályozási idő alatt legfeljebb a_{krit} értékével változhat meg.

Ha $b=5 \text{ cm}$ és $s=100 \text{ cm}$, akkor $a_{krit}=0,5 \text{ m/s}^2$

ill. $\frac{da}{dt} < 1 \text{ m/s}^3$, számértékeket kapjuk.

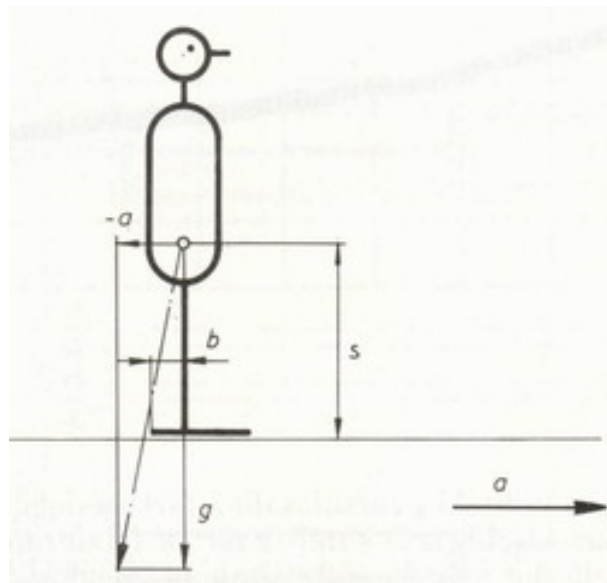
Valóban, a modern egyenáramú motorkocsiban fokozatkiosztása olyan, hogy az egyes fokozatok közötti ugrás kisebb $0,4 \text{ m/s}^2$ -nél, ill. a vezérlés a gyorsulásváltozás értékét $0,4-0,8 \text{ m/s}^3$ -re korlátozza.

A félautomatikus kontroller gyorsulásváltozása is ezen értékek közé van beállítva, azaz 1,5-2 másodpercig tart, amíg az 1 m/s^2 legnagyobb indítási gyorsulás létrejön. Hogy az előfokozatok eme lassú legördülési ideje ne hiúsítsa meg a gyors visszakapcsolást, az akkumulátorról táplált tekercs csak akkor kap feszültséget, ha a kocsí álló helyzetből indul, illetve pontosabban: ha a rögzítőfék be van húzva. (A rögzítőfék a kontroller utolsó fékfokozatán kap táplálást, és csak az első menetfokozaton oldódik.)

Az örvényáramú fékes félautomatikus kontroller előnyei

- Rendkívül egyszerű, olcsó, üzembiztos megoldás. Nincs benne szervomotor, nincsenek ide-oda mozgó, nagy kopásnak kitett alkatrészei.
- A villamos érintkezők indításonként csak egyszer működnek
- Indításkor az automatikus vezérlés minden előnyével rendelkezik:
 - az utazóközönség nem érez rángatást a kocsivezető munkája könnyebb
 - a gyorsulás három fokozatban beállítható
 - a szabályos kapcsolás következtében a kontaktorok elhasználódása kisebb.
- A vezetés módja alig tér el a kézi kontroller kezelésétől. A forgattyút lassúbb ütemben forgatva nem érjük el a spirálrugó előfeszítési erejét.

Ilyenkor a kontroller közönséges kézi kontroller gyanánt viselkedik, azzal a különbséggel, hogy a forgattyún kifejtendő erő függ attól, hogy a kocsí mekkora áramot vesz fel: így a kocsivezető mintegy a karjában érzi a gyorsulást.



6. ábra.

- Bármely fokozaton meg lehet állni.
- Kikapcsolási, valamint visszakapcsolási ideje olyan rövid, hogy közúti üzemben is alkalmazható.

A félautomatikus kontroller ma már 45 csuklós motorkocsiban teljesít zavartalan szolgálatot. Ugyancsak ilyen kontrollerrel van felszerelve a millenniumi földalatti gyárunk által készített 21 új motorkocsija is.

IRODALOM

- [1] Steiner: An der Grenze der Adhäsion. Elektrische Bahnen 1968. p. 272.
- [2] Gábor Péter: A „GANZ” csuklós közúti villamos motorkocsik. Járművek, Mezőgazdasági Gépek 1969. 10. sz. 375-385 old.

DR. MOLNÁR ISTVÁN

Munkavezetésekről táplált közúti- és nagyvasúti vontatójárművek áramszedő csúszóanyagának megválasztásáról

1. Bevezetés

Az első, felső munkavezetésekről táplált jármű mintegy 90 esztendővel ezelőtt került üzembe és ez a megoldás modernizált formában ma már csaknem általánossá vált. Az energiaátadásnak ez a módszerre azóta is rendszeresen foglalkoztatja a mérnököket, mivel ebben a kérdésben mind a technikai, mind a gazdasági követelmények folyton növekednek. A járművek sebessége s evvel egyidőben a járművek teljesítménye növekedett, egyben a munkavezeték és az áramszedő közötti áramátadás folytonosságát fenn kellett tartani, továbbá aktuálisabbá vált az az igény, hogy a munkavezeték, illetve az áramszedő csúszósaru kopása kicsiny legyen, sőt a karbantartási- és üzemköltségeket is csökkenteni kellett.

A vázolt problémakör három, egymással összefüggő témacsoportot alkot: az áramszedő, valamint a munkavezeték sztatikus és dinamikus magatartása, végül a csúszósaru anyaga. Az első két témacsoporttal a GANZ Villamossági Közlemények korábbi száma foglalkozik [1]. Ebben a cikkben kizárólag a csúszósaru érintkező anyagával kapcsolatos problémákat és kutatási eredményeket mutatjuk be.

Az első negyven évben csúszósaru anyagként kizárólag fémet alkalmaztak. Különböző fém anyagok kipróbálása folyamán csak az alumíniumból, rézből vagy acélból készült csúszósaruk állták meg helyüket, és ezeket még ma is kiterjedten alkalmazzák. Ezek legjellegzetesebb képviselője a gyárunkban feltalált „Fischer-rendszerű csúszósaru” amely leginkább rézből, vagy acélból készült. Az ilyen rendszerű csúszósarukat némileg módosított formában még ma is számtalan igen nagy teljesítményű egyenáramú nagyvasúti áramszedőnél kizárólagosan alkalmazzák, ezzel szemben a válto-

kozóáramú nagyvasúti, valamint közúti járművek áramszedőinél többnyire kizorították a nemfémeket, illetve a fém és nem-fém anyagok kombinációjából álló érintkező anyagok.

A nem-fém érintkezőanyagok csoportját a műszerek, az elektro- és természetes grafitok alkotják. A műszén, és grafit szemcséket hőkezelés útján létrehozott zsugorítással (szinter eljárás) vagy műgyantával egy tömbbé kötik össze.

Az üzem folyamán világossá vált, hogy sem a fém, sem a szén csúszósaru önmagában nem képes a követelményeknek eleget tenni, mivel a szén a fémek kedvezőtlen tulajdonságaiban mutatkozott jobbnak és fordítva. Az ideális csúszósaru érintkezőanyagot az eddigi tapasztalatok szerint a fém és a szén együttes alkalmazásával lehetett előállítani. Ezt a konglomerátumot háromféleképpen hozzák létre: 1., fém- és szénpont szinter eljárással egyesítettek, 2., szinter eljárással egyesített tiszta szénpor-szivacsot vákuum alatt fémmel itatnak, 3., a szinter eljárással készült tiszta műszentet fémvályúba erősítik. A szén a síklási tulajdonságokat javítja, a fém pedig a villamosvezetési és mechanikai-szilárdsági követelményeket teljesíti. Az áramszedő érintkezőanyag helyes megválasztása céljából végzett laboratóriumi és üzemi kísérletek a háború után nemzetközi méretűekké váltak. Ezekben a kísérletekben a KPM 7C osztálya is részt vett, s ennek a cikknek a megírásához Oroszváry László szakosztályvezető (jelenleg MÁV vezérigazgató helyettes) értékes tanácsokat adott, amelyért a szerző ezúton köszönetet mond. Az itt összegezett tapasztalatoknál a szerző elsősorban az ebben a témában a nemzetközi folyóiratokban megjelent cikkekre, valamint a gyárunkban végzett mérésekre támaszkodik.

2. Az áramszedő csúszósarura ható igénybevételek és a csúszósarúval szemben támasztott követelmények

A járműre szerelt áramszedőre igen sok, - és ezáltal összetett - igénybevétel hat. Nem kívánunk minden igénybevételre kitérni, csak azokra, amelyek a követelmények teljesítésére visszahathatnak. Adott körülmény, hogy az áramszedők nagyvasúti vonalakon lánc felfüggesztésű vörösréz munkavezeték alatt üzemelnek. Ezeknek a munkavezetéknek a kiképzése olyan, hogy a munkavezeték mentén a vezető tömegeloszlása és rugalmassága közel azonos, így az egyenlőtlen ségek kevésbé tudnak az áramszedőre visszahatni. Ezenkívül adott a jármű mozgása, ingadozás, a klimatikus viszonyok és végül az az áram, amelyet különböző körülmények között a hálózatból felhasználunk. Ezekon kívül rendkívüli igénybevételeket is el kell viselnie, mint pl. a munkavezeték kismértékű hibáit (vezetékvég, vagy kapocs belógás), vagy a járműben kialakulható zárlati áramot. Célszerű az igénybevételeket csoportosítani és a követelményeket velük párhuzamba állítani. Az üzemszerű igénybevételeknek mindig eleget kell tenni, s a feladat teljesítésének minőségét a követelmények helyes felállítása szabja meg.

2.1. A villamos-, mechanikai- és klimatikus igénybevételek

A villamos igénybevételeket üzemi és zárlati áramok okozzák. Az üzemi áramot szintén két csoportra oszthatjuk, mégpedig az indítási és menet közbeni áramra. Az indítási áram jelentősen függ attól is, hogy váltakozó- vagy egyenáramú járműről beszélünk e. A váltakozóáramú járművek indítási árama kisebb mértékben tér el a megengedett üzemi áramtól, az egyenáramú járművek indítási árama viszont többszöröse az üzemi áramnak. Zárlat esetén az üzeminél 7-15-szörte nagyobb áram fejlődik ki, amelyről feltételezzük, hogy rövid időn belül (60-300 msec) megszűnik. Egyenáramú rendszerben viszonylag lassan, míg váltakozó áram esetén félperiódusos belül kialakul a zárlati áram csúcserőtelke.

A mechanikai igénybevételeknek két csoportja van a dinamikus igénybevételek és a kopás. A kopás kérdését a 3. fejezetben fogjuk részletesen megvizsgálni. A dinamikus igénybevételeknél is külön-

bséget kell tenni az üzemi és a rendkívüli igénybevételek között. Érdekes módon a ritkán fellépő rendkívüli igénybevételek kielégítése a legnehezebb és általában csak bizonyos fokig elégíthetők ki. Az üzemi dinamikus igénybevételek zömmel a munkavezeték hullámosságából, keménységváltozásából és rezgéséből erednek. A rendkívüli igénybevételek a belógó vezetékkel, vagy összekötő kapoccsal történt ütközésből, továbbá a munkavezetékre rakódott jég- vagy zúzmara hatásából erednek. Elvileg klimatikus igénybevételnek kellene számítani a jég és a zúzmara hatását is, de ezek inkább mechanikai igénybevételnek jelentenek. Egészen speciális körülményt teremt a munkavezeték csúszó felületén a levegő szennyezettsége, mint pl. ipari területek, gőz, vagy diesel-járművek által kibocsátott gőzök és gázok. Ezek a vezeték felületén speciális réteget, hártót képeznek és visszahatnak a csúszósarú üzemére.

2.2. A különféle igénybevételek elviselésével kapcsolatos követelmények

Az áramszedő csúszósarúival szemben három alapvető követelményt állítunk fel: csökkentse a munkavezeték elhasználódását, növelje meg saját maga és az áramszedő élettartamát, s végül ne ébresszen jelentős rádió- és televízió zavarást. Mindezekon túlmenően az áramszedő csúszósarú és munkavezeték közötti összeszorító erő (továbbiakban: sarunyomás) meghatározott értékű lehet, mégpedig egy munkavezeték szál esetén 6-8 kp, két munkavezeték szál esetén 10-14 kp. Ezt az értéket a munkavezeték elasztikusságából származó igénybevétel, valamint a nagy sebességen sem kívánatos lengés elkerülése határoolja be.

A kopások mértéke meghatározza a munkavezeték és a csúszósarú élettartamát. A munkavezeték részből készül, s ezt figyelembevéve úgy kell a csúszósarú anyagát megválasztani, hogy a költséges munkavezeték kopása jelentéktelen legyen, ugyanakkor a könnyen cserélhető, viszonylag kisköltségű csúszósarú kopása is elfogadható maradjon.

Általában a munkavezeték élettartama mintegy 40 év, míg a csúszósarúnak legalább 60000 km-t kell csere nélkül teljesítenie.

Menetközben a munkavezeték és a csúszósaru közötti áramátadási helyek folyton változnak és a menetszél jelentősen hűti a csúszósarut, indításnál azonban ezek a kedvező feltételek nem állnak fenn, sőt az indítási áram meghaladja az üzemi áramot is, főleg az egyenáramú járművek esetében. Ez az eset fokozott igénybevételt jelent mind a csúszósarura mind a munkavezetékre. Az áramátadási-hely környezetében az anyagok jelentősen melegednek és szilárdságuk csökken. A csúszósaru felületén a magas hőmérséklet miatt beégés keletkezhet, amely a későbbi üzem folyamán cikk-cakkban vezetett munkavezeték - amely ezáltal a beégési horony által vezetett lesz - rángatni fogja. Amennyiben a felfűtött vezeték szilárdsága a munkavezeték húzási igénybevétele (vezeték húzás $14,7 \text{ kp/mm}^2$) alá csökken, a munkavezeték menthetetlenül elszakad. A jármű mozdulatlansága $1,5\text{-}5 \text{ s}$ -ig eltarthat, amelyre jellemző $15\text{-}25 \text{ kV}$ -os váltakozó-feszültségű munkavezetékeken 100 A alatti, míg 3 kV -nál kisebb egyenfeszültségű munkavezetékeken $500\text{-}4000 \text{ A}$ indítási áram. A jellemző áramerősségek ilyen nagy határokra belüli változatossága előrevetíti azt, hogy ezt a feladatot nem lehet egy univerzális csúszósaru anyaggal megoldani.

A zárlat esetén kialakuló áram értékét a táphálózat teljesítménye, feszültsége és a vezetékszakas impedanciája szabja meg, míg fennállási idejét az alállomási megszakítók megszakítási ideje határozza meg.

Váltakozóáramú hálózatokon ez 60 msec , míg egyenáramú hálózatokon $150\text{-}300 \text{ msec}$ körül változik. A csúszósaru anyagának megválasztását nyilván ez a körülmény is jelentősen befolyásolja. A nagy áram hatására a termikus hatásokon túl elektrodinamikusan erő is fellép, amely az érintkezőket szétválasztja. A keletkező, igen magas hőmérsékletű ív az anyagokat elgőzölögteti. Nyilván magas olvadáspontú anyagok lennének a kedvezőbbek, de figyelembe kell venni azt, hogy nagy fajlagos villamos ellenállásuk és hővezetési ellenállásuk következtében indítás alkalmával a munkavezeték felfűtését a saját magukban termelt hő átáramlásával elősegítik. Az erősen kopott munkavezeték normál húzási igénybevétele megnő, így zárlati melegedés során a szakadás veszélye megnövekedik. A zárlati igénybevétel és a munkavezeték megengedhető kopás, valamint az alkalmazott csúszósaru anyag szoros összefüggésben áll egymással. A zárlat folyamán jelentős sérülésnek, vagy

a munkavezeték és a csúszósaru összehegedésének nem szabad bekövetkeznie.

Az áramszedő csúszósarujának a munkavezetékkel állandóan érintkeznie kell, mégpedig nagy áramoknál azért, hogy a villamos ív romboló hatását elkerüljük, kis áramoknál azért, hogy az időként megszakadó áramkör hirtelen áramváltozása folytán kialakuló jelenség ne okozzon rádiózavarást. Az elválás oka kétféle lehet: - a nagy sebességgel haladó jármű áramszedőcsúszója tehetetlenségénél fogva nem képes a munkavezeték hullámzását követni, ezáltal helyenként elválnak - továbbá az áramszedőcsúszó felületét, illetve a munkavezeték áramátadó felületét helyenként igen nagy ellenállású idegen réteg vonja be. Nagy áramoknál árammegszakadás egyik esetben sem következik be; az áram folytonos, tehát nagyfrekvenciás rezgéseket nem kelt. Ezzel szemben a keletkező ívek a csúszósaru és a munkavezeték kopását megnövelik. Kis áramoknál kialakuló zavarást az áramnem és az áram nagysága befolyásolja. Ha az áram kisebb, mint ami az ív fenntartásához szükséges, az időrőle időre újragyulladó, majd megszakadó ív nagyfrekvenciás lengéseket létesít, mind egyen, mind változóáramú táplálás esetén. Amennyiben az áram az ív fenntartásához szükséges minimális áramerősségnél nagyobb, akkor egyenáramnál nem következik be szakadás, viszont váltakozóáramnál minden félperiódusban, az áram nullaátmenet körül az ív megszakad, majd ismét felgyullad. Ez a folyamat félperiódusonként nagyfrekvenciás impulzusokat gerjeszt. Ennek a folyamatnak jelentéktelen hatása van a kopásra, viszont rádiófrekvenciás zavarok forrása.

A jármű futása folyamán a csúszósaru követi a munkavezeték hullámzását, amely nagy sebességen-különösen a munkavezeték felfüggesztéseknél az ún. „keménypontoknál” - ütést eredményező gyorsulásra készíti a csúszósarut. Ezenkívül előfordulhatnak munkavezeték hibák is, pl.: valamely vezeték összekötő kapocs elfordul, vagy valamely vezeték vég belóg stb., amely az arra haladó csúszósarúval összeütközik. A keménypontoknál kialakuló ütést - mint üzemszerű igénybevételt - a csúszósarunak sérülés nélkül el kell viselnie. Ugyanakkor kisebb munkavezeték-hibák esetén nem szabad olyan mértékben megsérülnie, hogy a jármű üzemképtelenné váljon, de ne legyen annyira szilárd, hogy a munkavezeték a szóban forgó helyen tönkrement. Az utóbbi, egymásnak ellent-

mondó követelmények kielégítése a legnehezebb és egyben a legtöbb vitára ad okot. Általában megállapítható, hogy a kis súlyú (és főleg kis fajsúlyú) csúszósaruk kedvezőek, mivel a gyorsításukhoz szükséges erő kicsi, továbbá a szívós anyagok kedvezőbbek, mivel a nem üzemszerű ütések hatására inkább deformálódnak, így ilyen esetben a munkavezetékre való visszahatásuk csekély, valamint a gyengén deformált csúszósarúval az üzem rövid ideig, lassúmenetben fenntartható.

A csúszósarúval kapcsolatos követelményeknek elsősorban a fémek, de főleg az alumínium tesz eleget. A szénből - grafitból - készült csúszósaruk

is csak úgy felelnek meg, ha azokat fémfoglatba helyezik, vagy a műszemeket fémporral együtt zsugorítják, illetve utólag fémmel itatják. Az utóbbiak ennek ellenére nem érik el a fémek törőszilárdságát, viszont nagy hátrányuk, hogy csak 200-350 mm-es darabokban gyárthatók, következképpen egyes darabok találkozási helyein átlapolást kell létesíteni, amely helyen üzem közben éppen olyan bevágódások képződhetnek, mint a műszéken üzem közben keletkezett repedéseknél. E tapasztalatok folytán ma már egyes műszén csúszóleceket olyan alakú fémvályúba helyezik, mely a műszemet a csúszófelület kivételével teljesen átfogja.

3. Az áramszedő csúszóérintkezők elmélete

Az áramszedő csúszóérintkezőin lejátszódó folyamatok sokkal bonyolultabbak, mint a villamos gépek keféin, vagy egyéb csúszóérintkezőkön. A szénkeféken átlagosan $0,70 \text{ kp/cm}^2$ nyomást és $0,1 \text{ A/mm}^2$ áramsűrűséget alkalmaznak, az áramszedő csúszósarúval ezzel szemben nagyságrenddel nagyobb a nyomás és kétszer-négyszer nagyobb áramsűrűség lép fel. Ezenkívül nehézséget okoz az áramszedő csúszósarú és a munkavezeték kölcsönös mozgása, valamint a környezet befolyása, amelynek következtében az érintkezők felületén rossz vezetőréteg (a későbbiek folyamán: idegenréteg) képződik.

3.1. Az árammentes csúszóérintkező súrlódásának, kopásának elmélete

Az egymáshoz szorított árammentes testek elcsúsztatásához meghatározott erő szükséges, amely az összeszorító erő néhány százalékától a többszöröséig változhat. Ezt a jelenséget nevezzük súrlódásnak, illetőleg a csúsztató és összeszorító erő viszonyát súrlódási tényezőnek. A súrlódás modern magyarázatát COULOMB adta meg, amely szerint a súrlódás a két test határfelületén található molekulák tapadásából ered, vagyis a csúsztató erő azonos azon nyíróerővel, amely az összetapadt molekulák szétválasztásához szükséges. Ezt az elvi feltételezést PRANDTL és TOMLINSON igazolta, sőt az elvet a gördülő súrlódás megfogalmazására is alkalmazták.

Az előbbiekből adódik, hogy a súrlódási tényező értéke függ a találkozó molekulák között fellépő

erőtől, valamint az egyidőben találkozó molekulák számától. A molekulák között fellépő tapadás a találkozó elemek függvénye. A tapasztalat azt mutatja, hogy a tapadás mértékét a keletkező természetes oxidok, vagy valamely más anyagok (pl. zsír, olaj-molekula) - amelyek a fém felületre kémiaiilag jól tapadnak - a testek közötti tapadást és egyben a súrlódási tényezőt jelentősen csökkentik. Ezért van az, hogy a valamely súrlódó testek közötti súrlódás normál légköri viszonyok között jelentéktelen, míg vákuumban (vagy nagy magasságban) hihetetlen mértékben megnövekedik, mivel a súrlódó felületekről elillan az oxidréteg. Az oxidréteg elillanása, vagy mechanikus eltávolítása hideghegedésre vezet. A találkozó molekulák számát egyes molekulák teherviselő képessége határozza meg, következképpen azonos molekulá-tapadóerőt feltételezve; a nagykeménységű anyagok súrlódási tényezője kicsi, míg a lágy anyagoké nagy. Nyilvánvaló, hogy ha két különböző keménységű anyag csúszik el egymáson, a lágyabb anyag határozza meg a kapcsolódó molekulák számát és egyben az erre a kapcsolatos jellemző súrlódási tényezőt.

Az egymáson elcsúszó testek súrlódását befolyásolja még a határfelületek közé szorult gáz, vagy folyadék aeró-, illetve hidrodinamikai nyomása, továbbá ha az érintkező kristályok letöredeznek, s egy speciális réteget - felfedezőjéről elnevezve - BEILBY réteget képezve, kisebb súrlódást létesítenek. Ez igen kemény fénoxid réteg, illetve törmelek. Ennek a rétegnek a villamos ellenállása meglehetősen nagy. Ennek a rétegnek a képzésére az anyagok különböző módon hajlamosak. Minthogy mindig a kedvező súrlódási viszonyt szeretnénk

kialakítani, ezért kemény és lágy fémet szokás párosítani. Itt a keményfém filmesedésre (idegen réteg képzésre) legyen hajlamos, hogy a lágy fém rátapadását, felkenődését megakadályozzuk.

A műszen és a grafit csúszóérintkezők súrlódási elmélete ezeknek az anyagoknak a sajátos szerkezeténél fogva némileg módosul. Valamennyi szén lemezcscskéből, pikkelyekből van felépítve, amelyeket a WAN-der-WAALS erő kapcsol össze. Ez az erő, nagyon kicsi, ezért a lemezcscskék egymáson könnyen elcsúsznak. A grafit lapocskák közötti víz az elcsúszást elősegíti. Az előbbiekből következik, hogy a nyíró erő, illetve a súrlódási tényező a lapok irányába való elmozdulásnál kicsi, merőleges irányú elmozdulásnál azonban nagy. A szén és szén, vagy szén és fém testek egymáson való elcsúsztatásakor kezdetben rendeződnek a lemezcscskék, így először a súrlódás nagy, majd később lecsökken. A fémfelületre viszont először szénpikkelyekből monoréteg rakódik le, amelyen a csúsztatóerő lecsökken. Amint említettük, a szénlemezcscskék közötti molekuláris víz biztosítja a súrlódási tényező alacsony értékét, így nyilvánvaló, hogy ennek eltávolítása vákuumozás, vagy jelentős felmelegedés útján, a súrlódási tényező megnövekedését okozza.

A vizet elvileg valamilyen impregnáló anyaggal lehetne helyettesíteni, de eddig még nem sikerült megfelelő minőségű anyagot találni.

A csúszás rugalmas testek esetén nem folyamatos, hanem ugráló mozgás. Ez a jelenség különösen határozottá válik a vasúti járművek áramszedőinél, illetve a rendkívül rugalmas munkavezetékénél. A csekély súrlódó erő mechanikai feszültséget ébreszt mind az áramszedőben, mind a munkavezetőben, s ha ez meghaladja a csúsztató-erőt, akkor az áramszedő csúszószaru előre, míg a munkavezeték hátrafelé lendül. Mind áramszedőkre, mind más csúszóérintkezőse megállapították, hogy az előrelendülésnél az összeszorító erő lecsökken, sőt szétválás is bekövetkezhet. Ez a jelenség annál erősebb, hogy minél nagyobb a súrlódási tényező.

A csúszás folyamán az összetapadt molekulák szétválasztására szolgáló energia egy része hőenergiába megy át, vagyis az érintkezési helyek melegednek. Az igen erős melegedésnél, tehát olvadásnál a súrlódási tényező nagyon kicsi lesz.

3.2. Az árammentes csúszóérintkezők kopása

Az egymáson elcsúszó testek csúszófelületén az anyag kristályai széttöredeznek, vagy egyes részek a tapadás következtében leválnak. A letört vagy levált darabok mennyiségét nevezzük kopásnak.

Különbséget kell tenni az árammentes és árammal átjárt csúszóérintkezők kopása között. Az áram hőhatása, valamint a keletkező elemi ívek a kopást növelik. Az áram kopásra gyakorolt hatását az áramátadás mechanizmusából lehet megérteni, amelyet a 3.3. fejezetben fogunk megismerni.

Az árammentes csúszóérintkező kopása (vagy anyagvesztése) háromféle lehet: mechanikus, elektrolitikus és kémiai korrózió. Gyakorlatban a két utóbbi értéke jelentéktelen, de hatásukra a csúszófelületek feldurvulnak, következésképpen a mechanikus kopást elősegítik.

A mechanikai kopásnak szintén három fő fajtája van: 1, dörzsölésből-, (rovátkolásból), tapadásból 2, berágódásból, - illetve 3, vegyes, romboló folyamatokból eredő kopás.

A dörzsölésből eredő kopást elsősorban a kopási töredékek okozzák, és ezek különösen veszélyesek, ha megkeményednek vagy oxiddá válnak. A kopási töredékek barázdát vonnak az anyagba, miközben újabb töredékeket képeznek. Ez a legjellegzetesebb kopás-típus.

A tapadás tulajdonképpeni hideghegedés. A tapadás folytán leszakadnak az anyagszemcsék. Amennyiben a leszakadt anyagmennyiség rohamosan növekedik, rágódásról beszélünk. A tapadás lehetőségét az oxid-, vagy kenőréteg csökkenti.

A különböző keménységű anyagok esetén a lágyabb anyag tapad a keményre, illetve gyakorlatilag a lágyabb anyag kopik. Közel azonos, vagy teljesen azonos keménységű anyagok esetén mindkét anyag kopása nagy. A 2.2. fejezetben utalás történt arra, hogy a réz munkavezetőnek igen nagy élettartamúnak kell lennie, tehát az előbbiekből következtetve lágy csúszódarabot kell alkalmazni, vagy közel azonos, illetve nagy keménységű csúszódarabok esetén hatásos kenésről kell gondoskodni.

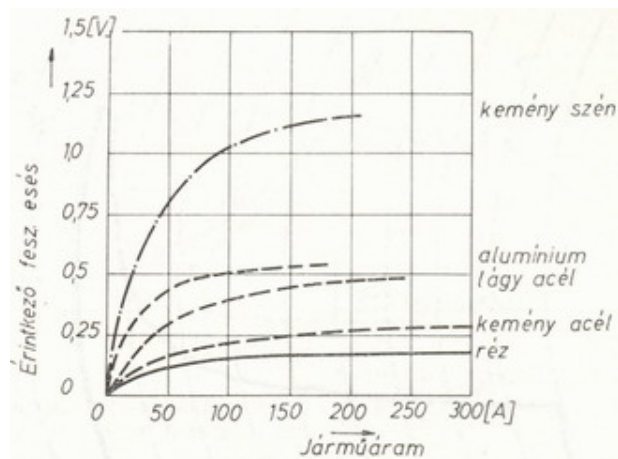
3.3. Csúszóérintkezők áramátadási mechanizmusa

Mint már említettük, az áramszedő csúszóérintkező mind összeszorító erő, mind áramterhelés tekintetében jelentősen eltér más, közönséges

csúszóérintkezőtől. Az áramátadás jellegét általában ez a tény határozza meg, de ezen kívül figyelembe kell venni, hogy a jármű állásközbeli, menetközbeli áramterhelése a kis kapacitív áramoktól a zárlati áramokig terjedhet, és ezeket az áramokat; mind a csúszósáru és munkavezeték sérülése nélkül, mind rádiózavaró hullámok gerjesztése nélkül kell vezetniük. Ennek a bonyolult feladatnak maradéktalan teljesítése nem egyszerű, és csak kompromisszumok árán valósítható meg.

A munkavezeték és a csúszósáru felülete mikroszkopikus kiemelkedésekkel van tele, és az érintkezés ezeken keresztül jön létre. A helyzetet bonyolítja az a tény, hogy a felületet rossz vezetőképességű idegen réteg borítja. Mínt hogy a csúszósáru felületét a munkavezeték folyton, míg a munkavezeték felületét a csúszósáru csak az áthaladás folyamán csiszolja, következésképpen a munkavezeték felületét jelentős, míg a csúszósáru felületét jelentéktelen vastagságú réteg vonja be. Ha kent csúszósárut alkalmazunk, akkor a rajta levő kenőréteg mindig vastagabb, mint amit a munkavezeték felületén találhatunk. A különböző rétegek hatása vastagságuktól függ, értékükre az átmeneti ellenállás ad tájékoztatást. Átmeneti ellenállás alatt a paralelt kötött mikroszkopikus fémes-, és idegen réteg érintkezéseken mért eredő ellenállást értjük. Az átmeneti ellenálláson áthaladó áram feszültségesést létesít, amelynek különféle csúszósáruknál mért értékeit az 1. ábrán [3] láthatjuk.

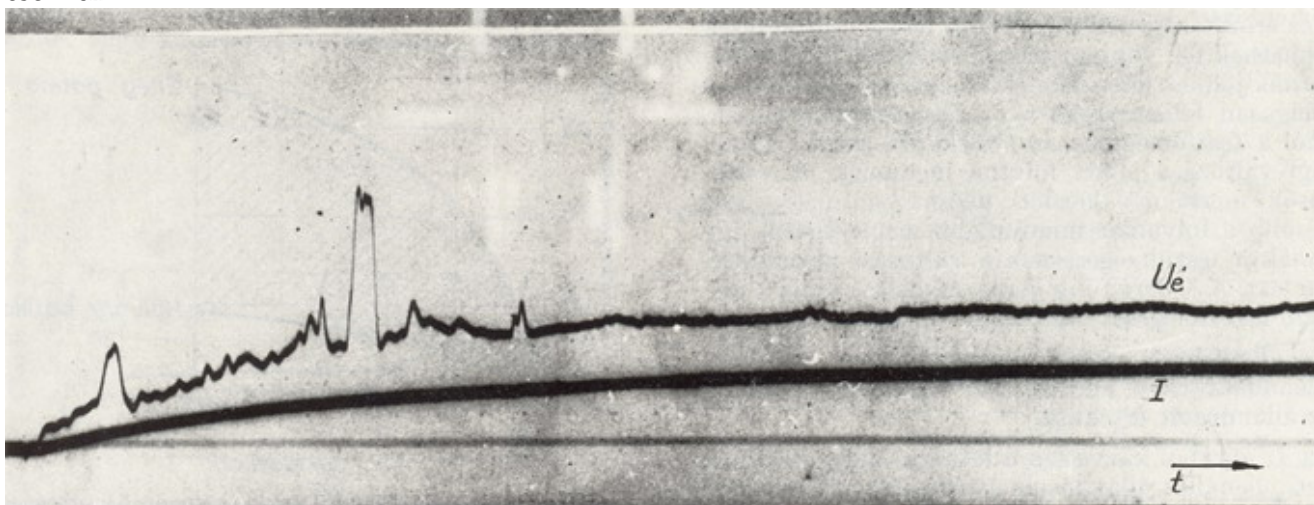
Ezeknek a mérési eredményeknek az a jellegzetesége, hogy az átmeneti ellenállás nem állandó, hanem áramfüggő, mégpedig az áram növekedésével csökken.



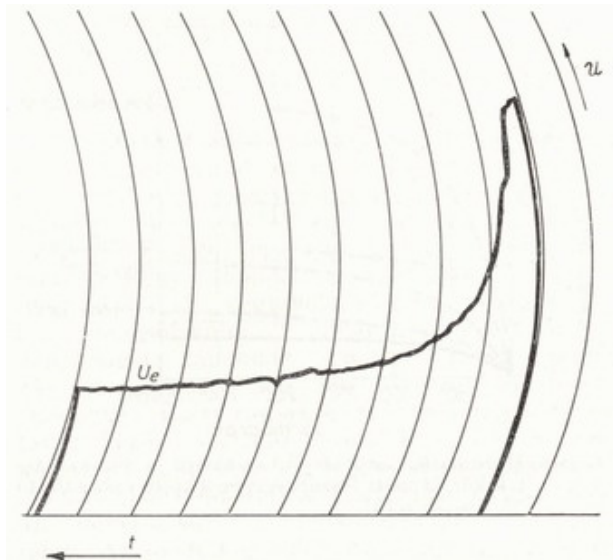
1. ábra. Mozdulatlan áramszedő csúszósáru és munkavezeték között mért feszültségesés, 3 kp-os összeszorító erő esetében [3].

Ezek átlagértékek, és nem mutatnak rá az áramátadás mechanizmusára. Közelebb visz a megoldáshoz, ha az áramváltozás folyamán lezajló jelenségeket vizsgáljuk meg, amint azt a 2. és 3. ábra mutatja.

Az árammentes érintkezők felületén először található mikroszkopikus érintkező helyek mérete és száma az összeszorítás folyamán növekedik mindaddig, amíg az egyes felület-elemcskék végleges igénybevétele ki nem alakul. Ez a relaxáció, vagyis egyes érintkező-elemcskék végleges formájukat csak az anyagra jellemző idő elteltével érik el. Ha árammentes állapotban tudnánk az ellenállást mérni, akkor azt tapasztalnánk, hogy az az összeszorítás folyamán csökken, végül állandósul.



2. ábra. Egy oxid bevonatos érintkezőre kapcsolt áram és általa létesített feszültségesés oszcillogramja.



3. ábra. Egy oxid bevonatos érintkezőn folyó állandó áram hatására kialakuló feszültségesés időbeni változása.

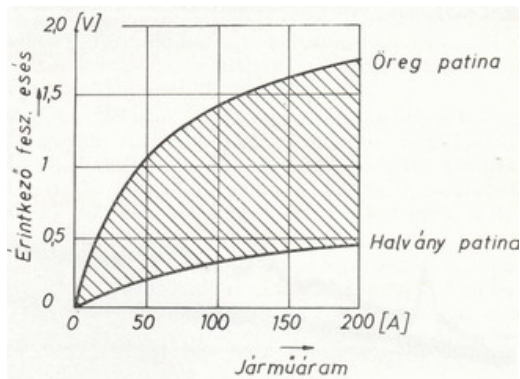
Ha az összeszorított érintkezőkön áramot bocsátunk át, akkor hasonló jelenséget tapasztalunk, csak az áram jelenléte a folyamatot méginkább bonyolulttá teszi. Az összeszorított érintkezők felületén vegyes áramátmeneti helyek létesülnek. Egyes helyeken az oxidhártya széttörik, így fémes érintkezés, míg más helyeken alig sérül, vagy sértetlen marad, ezáltal nem fémes érintkezés létesül. Az áram nagysága az egyes érintkezőhelyek mentén azok ellenállásától fog függeni, következésképpen a kis ellenállású fémes érintkezéseken igen nagy lesz. A fémes érintkezőhelyeken kialakuló nagy áramsűrűség nagy hőt fejleszt, amelynek következtében a fém kilágyul, és a teherviselést a nem fémes érintkező helyeknek kell átvenni. A melegedés folyamán a fémes érintkezőhely szűkületi ellenállása növekedik, és az érintkezőkön mért feszültségesés megnövekedik. A feszültségesés növekedésnek határt szab az, hogy a nem fémes érintkezési helyeken újabb fémes érintkezések léphetnek fel, vagy az idegen rétegben átütési csatornák jönnek létre. Ennek a folyamatnak a hatása világosan felismerhető a 2. ábra oszcillogramján, ahol a feszültségesés az érintkezési helyek minőségi változása miatt folyton ingadozik. A változások mértéke e kezdeti pillanatban nagy, míg később a folyamat mindinkább megnyugszik, így ennek a feszültségesésnek a változása jelentéktelen lesz. A 3. ábra több perces terhelés esetén kialakuló feszültségesés változását mutatja.

Megállapítható, hogy a mozdulatban érintkező ellenállása csak jelentős idő elteltével közeledik az állandósult értékhez.

Az 1. ábrából közvetlenül látható, hogy az átmeneti ellenállás állandósult értéke függ az áthaladó áramtól. Az előbbi bekezdésben foglaltak rámutatnak, hogy a folyamat lezajlási ideje az anyag és felületi idegen-réteg tulajdonságán kívül szintén függ az áramtól. A mozgó jármű csúszósarujának ellenállását ezek a tények befolyásolják, tehát a sebesség növekedésével az átmeneti ellenállás is megnövekedik. Ezt a növekedést a csúszófelületek közé torlódó levegő, vagy folyadékfilm elősegíti.

Az álló és a mozgó jármű csúszósaruja és a munkavezeték közötti áramátadási mechanizmus egymástól minőségileg különbözik. Álló állapotban főleg a fémes érintkezések számának növekedése, mozgó állapotban az átütési helyek számának túlsúlyba kerülése a jellemző, mivel a munkavezeték felületén tovasikló csúszósaru következtében a melegedés és a relaxáció a fémes érintkezési helyek számának növelésében nem tud szerepet játszani. Ehhez még azt is hozzá kell fűzni, hogy ezt a tényt az alkalmazott csúszósaru anyaga, illetve a munkavezeték alatt naponta elhaladó járművek száma is befolyásolja. A fémből készült csúszósaruk csiszolóhatása erősebb, így a munkavezeték felületén igen vékony idegen réteg képződik. Ugyanakkor a műszerek kifejezetten elősegítik az idegen réteg képzését, mivel a munkavezeték felületét grafit pikkelyekkel vonják be, amelyek beágyazódnak az oxidrétegbe. Az oxidált réteg annál vastagabb, minél ritkábban halad el a munkavezeték alatt jármű, és annak áramfelvétele minél kisebb. A réteggépzésben természetesen a gőzmozdonyok, dieselmotoros járművek füstje és az ipari klíma is szerepet játszik.

A Német Szövetségi Köztársaság vasútjain végzett analízis azt mutatta [3], hogy keménységén csúszósaruk alkalmazása esetén a munkavezeték áramátadó felületén levő réteg 91 %-ban rézoxidot és rézoxidult, 3,1%-ban szenet tartalmazott. Rézlemezből és szénből álló csúszósaruk esetén a szén mennyisége alig, viszont százalékos értéke nagyobb mértékben növekedett és a rézoxid és rézoxidul 74%-ra csökkent. Alumínium csúszósaruk alkalmazása esetén a rézoxid és a rézoxidul részesezése 50%-ra csökkent, de 17%-ban alumínium oxidot lehetett észlelni.



4. ábra. A munkavezetéken kialakuló különböző vastagságú idegen réteg befolyása az érintkezők feszültségesésére [3] keményszéncsúszók esetén.

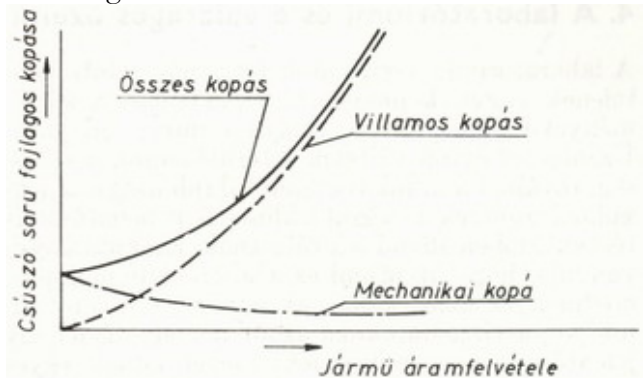
A réteg analízis a fentiekén kívül kovasavat és vasoxidot is kimutatott, amelyek az ágyazat porától és a fékpofák morzsalékától származtak. Ezenkívül megállapították, hogy Holm vizsgálatainak [2] megfelelően a munkavezető idegen réteggel bevont felületén számtalan mikroszkopikus fémes érintkezőfelületet lehet találni. A fémes felületecskék száma annál kisebb, minél vastagabb idegen réteg fedi a munkavezető felületét, következésképpen az átmeneti ellenállás, illetve a feszültségesés annál nagyobb. Ezt a tényt jól szemlélteti a 4. ábra amelyet 3 kp-os nyomáson 55 km/ó sebességen laboratóriumban széncsúszónál mértek. Ezek az értékek az eső, illetve az annak következtében kialakult vízfilm hatására megnövekedtek, mégpedig nagy áramok esetében 20%-kal, kis áramok esetén mintegy 45%-kal.

Az idegen réteg hatását legjellegzetesebben az 1. ábra mutatja. A széncsúszósaruk esetén mért nagy feszültségesés nem csak a szén nagyobb fajlagos ellenállása, hanem a munkavezetőn képződő vastag idegen réteg következtében is megnövekedik. A fémcúszósaruknál a feszültségesés alacsony. Ezek közül is figyelemreméltó a keményacélból készült csúszósaru, amelynek feszültségesése csaknem a réz csúszósaruknál mért értékre csökkent le. A feszültségesés értéke ezen kívül függ az áramiránytól is, mivel az idegen réteg félvezető jellegénél fogva egyenirányító hatást fejt ki. Ha a munkavezeték pozitív, akkor nagyobb feszültségesést lehet mérni, mintha az negatív. A munkavezeték polaritása ezen kívül kihat az oxidképződésre is. SHOBERT mérései alapján megállapította [4], hogy ha a munkavezeték pozitív, akkor a rézionok az idegenrétegbe vándorolnak, így az oxidréteg növekedését elősegítik, míg ellenkező esetben a vándorlás elmarad és az idegen réteg oxid által alig tud növekedni.

3.4. Az árammal átjárt csúszóérintkezők kopása

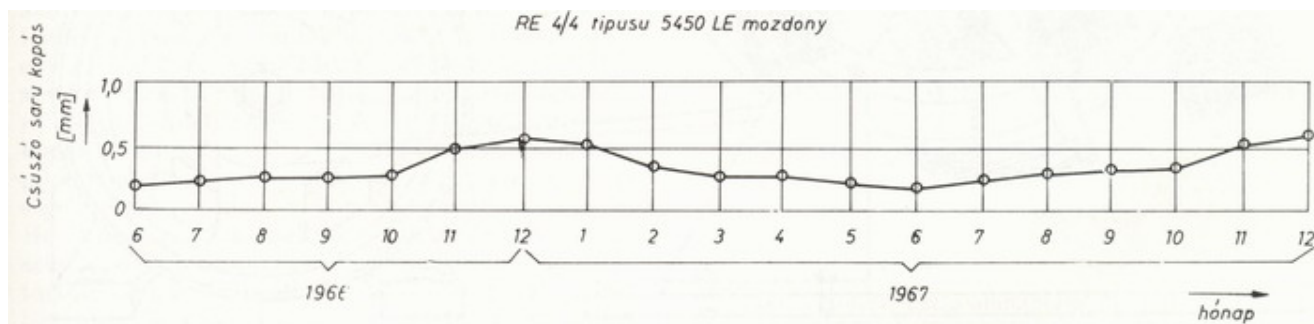
Az érintkezési helyeken áthaladó áram a 3.1. fejezetben leírt súrlódási, illetve a 3.2. fejezetben leírt kopásmechanizmust jelentősen megváltoztatja. Az áramátadási helyek kilágyulása, az idegenréteg átütése, vagy az áramátadó fémhidak elgőzölgése a súrlódási tényező, valamint a mechanikai kopás csökkenését okozza.

Ezt a jelenséget nevezik „áramkenésnek”. Az áram növekedésével a mechanikai kopás ugyan csökken, viszont az áram okozta kopás megnövekedik, amint ezt az 5. ábra szemlélteti. Az „áramkenés” jelenségét az is bizonyítja, hogy az áramterhelés bizonyos határáig a csúszófelületek tükrösödnek, mivel a termikusan igénybevett érintkező csúcsocskák kilágyulnak és a felület fogazottsága csaknem megszűnik.



5. ábra. A csúszódarab kopása állandó járműsebességnél az áram függvényében [3].

A villamos kopás az áramerősség növelésével növekedik. A növekedés mértéke anyagonként változó. A villamos anyagvesztés zöme a szemmel sem látható rövid ívek útján létesül, anyagszemcsék, gőzök, gázok és ionok távozása következtében. A vesztés nyilván annál nagyobb, minél nagyobb, szabadabb az áramlás és ez elsősorban a csúszósaru és munkavezeték szétválásánál áll fenn. Esőben a vízfilm, míg télen a zúzmara és a jégkéreg miatt megnövekedik az érintkezési felületek közötti szikrázás és ezzel egyidőben a villamos és a mechanikai kopás. Ennek a változását a 6. ábrán a Svájci Vasutakon végzett kísérleti eredmények szemléletesen mutatják [5]. Mint látható, a kopás nyári időjárás esetén a téli kopásnak mintegy harmada. Ez az eredmény közép-európai viszonyokra eléggé elfogadható.



6. ábra. A svájci Vasutak vonalain használt rétegelt csúszósaru kopása 1000 km-enként [5] az üzemeltetési idő függvényében.

4. A laboratóriumi és a valóságos üzemi kopásvizsgálatok eredményeinek összevetése

A laboratóriumi vizsgálatok folyamán szinte képtelenek vagyunk modellezni mindazokat a körülményeket, amelyek a valóságos üzemben fellépnek. Üzemben folyton változik a terhelőáram, a sebesség, továbbá a munkavezeték tulajdonságai a legkülönbözőbbek, és végül a klimatikus behatások is térben, időben állandóan változnak. Ezek után nyilvánvaló, hogy az üzemi és a laboratóriumi kopáseredmények nem vághatnak egybe. A laboratóriumi kopásvizsgálatoknak azonban mégis igen nagy jelentősége van, mivel lehetőséget adnak egyes *csúszóanyagok minősítésére*, továbbá általuk meghatározhatók a gazdaságos üzemelés paramétere.

A laboratóriumi és a valóságos üzemi kopásvizsgálatok eredményei közötti döntő különbség abból adódik, hogy üzemben a csúszósaru gyakran elválk a munkavezetékétől, míg laboratóriumi vizsgálatok alkalmával ez gyakorlatilag nem következik be, következésképpen az üzem folyamán keletkező rövid ívek a kopást a laboratóriumban mérthez képest megnövelik. Hogy a csúszósaru milyen gyakran és mikor távolodik el a munkavezetékétől, az függ:

- a munkavezeték építési rendszerétől, állapotától, magasságváltozásainak mértékétől,
- az áramszedő szerkezeti kivitelétől és a csúszó rugózási rendszerétől,
- a csúszósaru tömegétől, illetve tehetetlenségétől,
- a csúszósarun levő csúszólécek számától,
- a jármű menet közbeni járulékos mozgásaitól, a menetszél hatásától, a jármű sebességétől.

Mint látható, általában az eltávolodás veszélye annál nagyobb, minél jobban csökkenthetik a fenti

tényezők a csúszósaru és munkavezeték közötti összeszorító erőt.

A fentiekén kívül a két vizsgálati eredmény közötti különbséget az időjárás (eső, hó, zúzmara és jég) jelentősen befolyásolja. A téli hónapokban a kopás igen nagymértékben megnövekedik. A nyári időszakban mért üzemi kopási eredmények állnak legközelebb a laboratóriumi eredményekhez.

A laboratóriumi és a nyári hónapokban mért valóságos üzemi kopáseredmények összevetése ad egy viszonyszámot, amely jellemző a járműre, üzemére, áramszedőjére, valamint a munkavezetékre. Ez a viszonyszám 1-2 között változik. A téli és nyári hónapokban mérhető kopások viszonyszáma (közép-európában) 3. A két érték összevetése azt jelenti, hogy a valóságos üzemi átlagos kopásértékek 3-6 szorosán felülmúlhatják a laboratóriumban mért kopásértékeket.

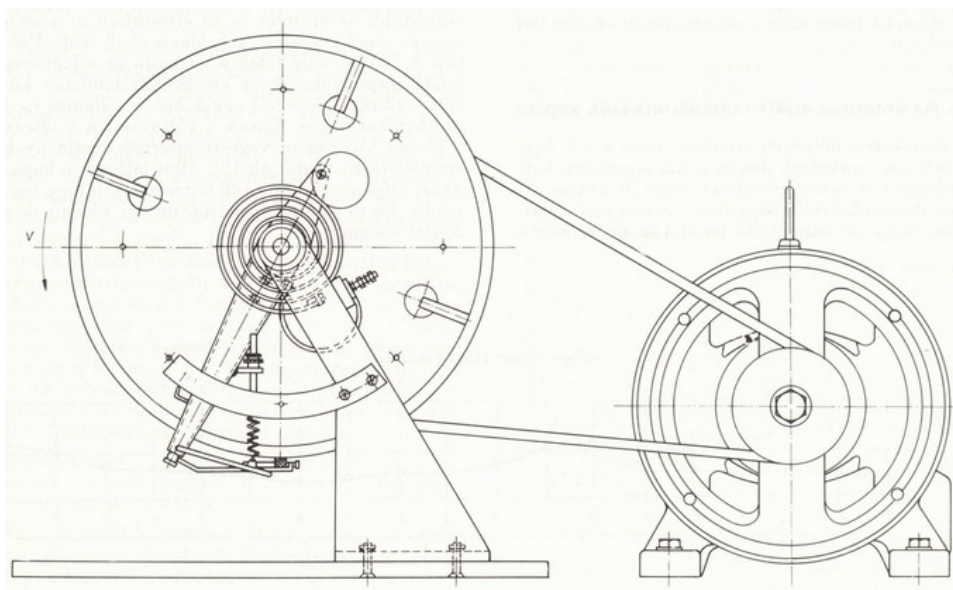
4.1. A laboratóriumi kopásvizsgálatok

Gyárunk Szerkezeti Laboratóriuma 7. ábrán látható koptató berendezés segítségével mérte különböző anyagok kopását a felületi nyomás, csúszási sebesség és az áramsűrűség függvényében. A koptató berendezésnek két forgótárcsája és azokon 1-1 csúszó van. A tárcsákra vannak erősítve a munkavezeték utánozó vörösréz gyűrűk, amelyeket az egyenletes áramelosztás érdekében több helyen összekötöttek. A csúszódarabok a súrlódás hatására egy rugó ellenében elmozdulhatnak, s az elmozdulás mértéke jellemző a súrlódási tényezőre.

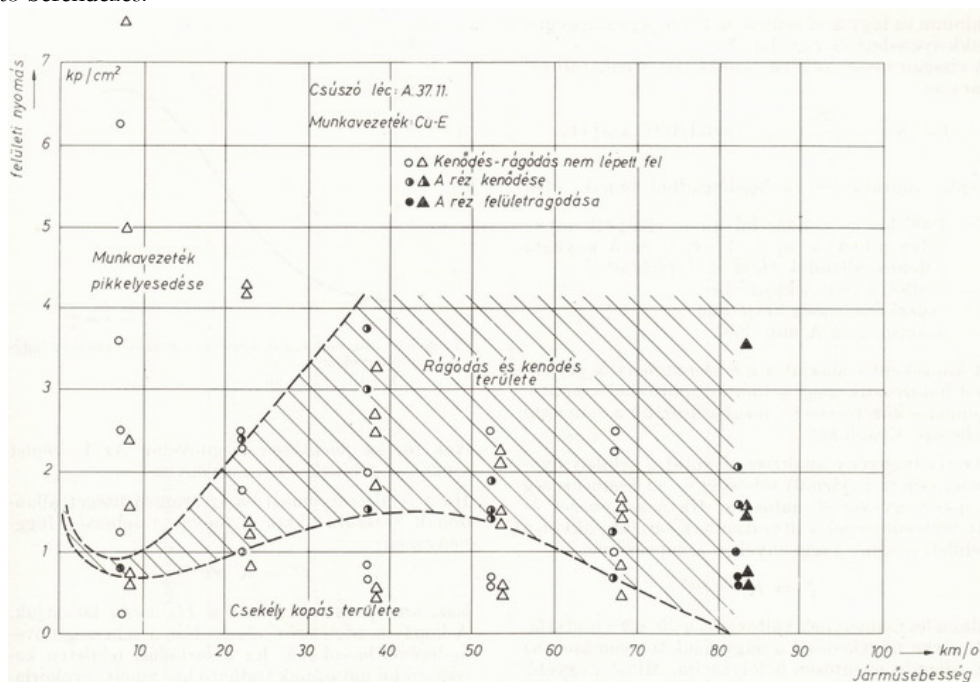
A méréseket 1-7 kp/cm² felületi nyomás, 10-160 km/ó csúszási sebesség és 0-0,7 A/mm² áramsűrűség tartományában végeztük.

A vizsgálat folyamán ugyan nem volt feladat a tárcsa kopásának vizsgálata, de a tapasztalatokat a szemmel látható jelenségek miatt mégis rögzíteni kellett. A nagy keménységű csúszódarabok is előidéztek a munkavezeték berágódását, mivel a kenést nem alkalmaztuk. A vizsgálatokat minden esetben a rágódás kezdetéig végeztük, és a kopásértékeket rögzítettük. Egy jellegzetes vizsgálati eredményt mutat a 8. ábra. A vörösréz csúszógyűrűn lágy acéldarabot koptattunk. Kis sebességeken a rágódás sem az igen kicsi, sem az igen nagy felü-

leti nyomáson nem következett be, hanem csak egy kis sávban. Nagyobb sebességeken a rágódási sáv kiszélesedik a teljes felületi nyomástartományra. Nagy felületi nyomás esetén a munkavezeték-kopás mindig nagy, mivel kis járműsebességen a pikkelyesedés miatti porlás, míg nagy járműsebességeknél a rágódás a kopást jelentősen növeli. Ha kenést alkalmaznak, a rágódás veszélye megszűnik, de a munkavezeték pikkelyesedése a teljes tartományban fenn áll. Következésképpen rézpor továbbra is képződik, de ez kisebb mértékű és pikkelyes szerkezetű.

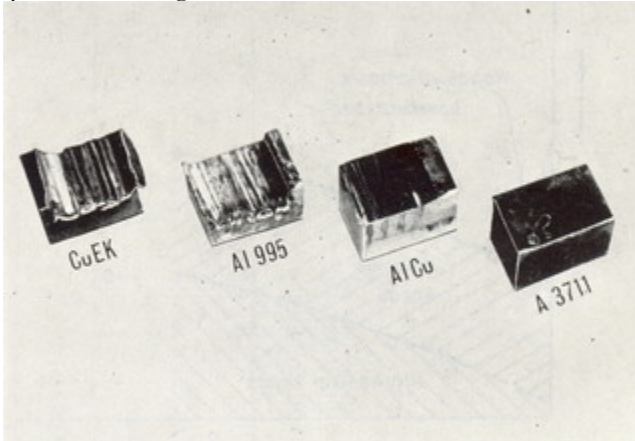


7. ábra. A koptató berendezés.



8. ábra. Az árammentes munkavezeték kopásformái lágyvas csúszó esetén.

A munkavezetékkel azonos keménységű, vagy lágyabb csúszó anyagok esetén a csúszódarab kopása volt rágódás jellegű és igen nagy mértékű. A csúszó anyaga általában felkenődött a csúszógyűrű felületére. A 9. ábrán néhány koptatott fémcsúszót mutatunk be, amelyeken jól láthatók a jellegzetes kopások. Réz és tiszta alumínium esetében a csúszódarabok rágódtak, míg ötvözött alumínium és lágy acél csúszó esetében a csúszógyűrű pikkeljesedett és rágódott be.



9. ábra. Vörösréz, tiszta alumínium, ötvözött alumínium, és lágyacél csúszódarabok kopása azonos vizsgálati periódus után.

A vizsgált csúszóanyagok kopásának meghatározására az

$$f = Kv^b \frac{e^{ap+cj}}{e^{a_1p^2+b_1v+c_1j^2}} \text{ [pond/1000 km]} \quad (1)$$

képlet mutatkozott a legelfogadhatóbbnak, ahol $f=1000$ km-es csúszás folyamán elkopott anyag súlya p -ban; a, a_1, b, b_1, c, c_1 és K anyagra jellemző állandók (lásd az 1. táblázatot)

p =felületi nyomás kp/m^2 -ben,

v =csúszási sebesség $km/ó$ -ban,

j =áramsűrűség A/mm^2 -ben.

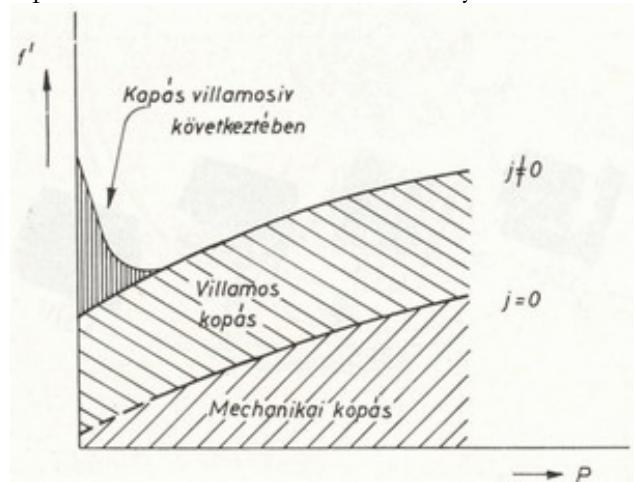
A kopásképlet alakját a mérési eredmények görbéiből határozzuk meg, a mérési pontokból számítógéppel- közepeléssel- meghatároztuk az anyagra jellemző állandókat.

Az (1) függvény analízise rámutat a felületi nyomás, csúszási (jármű) sebesség és az áramsűrűség kopásra gyakorolt hatására. Ha a sebességet és az áramsűrűséget változatlanoknak tartjuk, akkor a felületi nyomás függvényében a kopásképlet:

$$f' = K'e^{ap-a_1p^2}$$

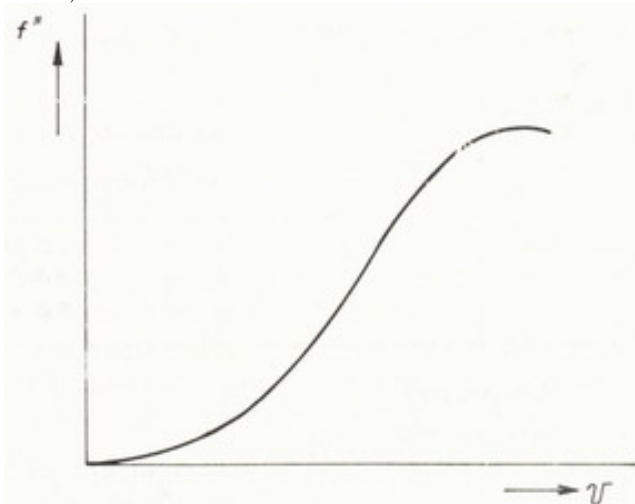
alakú lesz, amelynek változását a 10. ábra mutatja. A görbe növekedését a nagy felületi nyomáson az

a_1 állandó jelentősen befolyásolja. Minél nagyobb az értéke - a függvénymeredekség annál inkább csökken nagy nyomásokon. Igen kis felületi nyomásokon is határozott értéket ad a függvény, de ezt a tartományt nem ellenőriztük mérésel. Az $1 kp/cm^2$ felületi nyomásnál kisebb értékek, a nagyobb nyomásokon nyert értékek extrapolációjából származnak, és bizonyos fenntartásokkal kell ezeket fogadnunk. Árammentes érintkezőn 0 nyomásnál K' kopás adódik, amely igen kicsi. Ez úgy is értelmezhető, hogy a kopást csak a WAN-der-WAALS erők létesítik. Ha az érintkező nem árammentes, akkor 0 nyomás körül a fémes vezetés aligha alakulhat ki, így a kopás mértékét a keletkező rövid ívek fogják jelentősen megnövelni. Az 1. képlet ezekre az értékekre nem érvényes.



10. ábra. A csúszóanyagok kopása a felületi nyomás függvényében.

v =áll. j =áll.



11. ábra. A csúszóanyagok kopása a csúszási sebesség függvényében

p =áll. j =áll.

Ha a felületi nyomást és az áramsűrűséget állandónak vesszük, akkor a fogyás a sebesség függvényében:

$$f'' = K'' v^b e^{-b \cdot v}$$

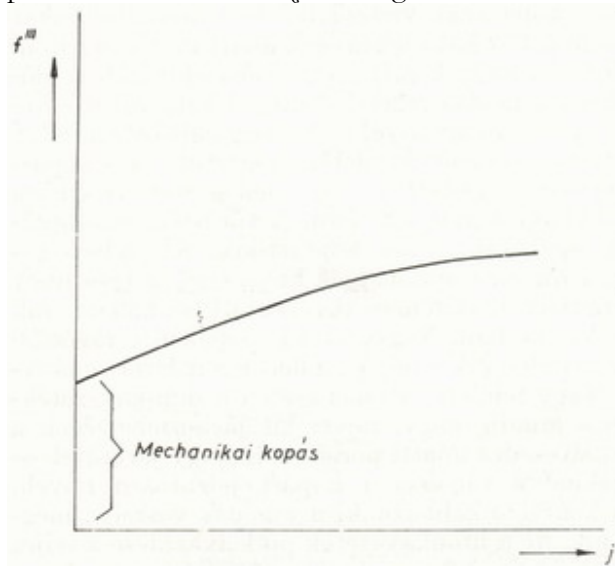
lesz, amelynek változását a 11. ábrán láthatjuk. A kopás kezdeti erős növekedése a sebesség növekedésével lecsökken. Ez a súrlódási felületen keletkező hő hatásának tudható be, amely gyakorlatilag a felületen levő csúcsocskákat leolvasztja, és ez a folyadékfém kenőhatást fejt ki.

Ha felületi nyomást és sebességet állandónak vesszük, akkor a fogyás az áramsűrűség függvényében

$$f''' = K''' e^{c_j - c_1 j^2}$$

lesz, amelynek változását a 12. ábra mutatja. Az „áramkenés” hatását c_1 állandó értéke jellemzi. Értéke minél nagyobb, a függvény meredeksége annál inkább csökken nagy áramsűrűségnél. Ha az érintkezőn nem folyik áram, akkor mechanikai kopás értékét, tehát K''' -t kapjuk.

A vizsgált csúszóanyagok technikai adatait, kopási paramétereit az I. táblázatban foglaltuk össze.



12. ábra. A csúszóanyagok kopása az áramsűrűség függvényében.
 $\rho = \text{áll.}$ $v = \text{áll.}$

4.2. Az üzemi kopásvizsgálatok- és azok összevetése a laboratóriumi vizsgálatok eredményeivel

Az üzemi kopások és a laboratóriumi méréseredmények összevetése során elég jó eredményt kapunk, ha a mozdony tartós teljesítményéből számított árammal és az üzemére jellemző sebességgel

számolunk. Ezek és az előbbiek birtokában meghatározható a kopásból eredő súlyveszteség. A mozdonszínek karbantartóit viszont nem érdekli az elkoptatható anyagsúly, csak a megengedett kopásmélység, illetve, hogy ez körülbelül mekkora út befutása után alakul ki. A karbantartó személyzet a járműn levő Teloc számláló adatait ismeri, amely a jármű által befutott utat jelzi, s ez járműenként egy áramszedő esetén azonos a csúszósáru által befutott úttal, míg két áramszedő esetén gyakorlatilag az élettartam kétszerese.

A munkavezeték cikk-cakkba vezetése, a jármű oldalirányú lengése, a munkavezeték természetes lengése következtében a csúszósáru a teljes cikk-cakk méret mintegy 1,25-szörösében kopik.

Pl.: 800 mm-es munkavezeték teljes cikk-cakkozás esetén 1150 mm-es szélességben. A gyakorlat azt mutatta, hogy a kopásmélység ezen intervallumban egy teljes cosinus hullám szerint változik, amint ezt a 13. ábrán láthatjuk.

Az előbbiek alapján az elkoptatható anyagsúlyt a

$$G = \frac{1}{2} h \cdot s \cdot l \cdot \rho \cdot y \quad (\text{pond})$$

összefüggés adja meg, ahol

h -a kopás legnagyobb mélysége (mm)

s -a csúszófelület szélessége (mm)

l - kopási sáv (általában a csúszóléc hossza mm)

y -csúszóléc anyag fajsúlya (ρ / mm^3)

A csúszósáru élettartamát az elkoptatható anyagsúly és 1000 km-enként számolt fogyás hányadosa adja, valamint figyelembe kell venni a bevezetőben szereplő csökkentő tényezőt, tehát

$$E = \frac{1G}{3 \div 6 f} = \frac{1}{3 \div 6} K_1 h \frac{e^{a_1 \rho^2 + b_1 v + c_1 j^2}}{v^b \cdot e^{ap + c_j}} [10^3 \text{ km}] \quad (2)$$

$$\text{ahol } K_1 = \frac{sly}{2K}$$

Példaként vizsgáljuk meg a 13. ábrán látható csúszósáru élettartamát. A MÁV V43 sorozatú, 2200 kW-os mozdonya 25 kV-os hálózat alatt a befutott út 30%-ában személy- és gyorsvonatokat 80-100 km/ó sebességgel, míg a többiben tehervonatokat 50-60 km/ó sebességgel vontat. Az átlagos sebességet 70 km/ó-nak vehetjük. Mozdonyonként két áramszedőt alkalmaznak, amelyek közül mindig a mozdony menetirány szerinti hátsó végén levő van üzemben. A csúszóléc legnagyobb kopásmélysége 15 mm és a lécc alumínium ötvözet (Cu Mg), amelynek fajsúlya $2,7 \cdot 10^{-3} \rho / \text{mm}^3$.

I. táblázat

Áramszedő csúszóanyagok technikai adatai és paraméterei

Anyag	Fajlsúly p/mm ²	Keményység kp/mm ²	Fajl. ellenáll. $\Omega \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$	Kopási paraméterek						Vizsgálati árammen	
				K $\times 10^{-4}$	a $\times 10^{-4}$	a ₁ $\times 10^{-4}$	b	b ₁ $\times 10^{-4}$	e		e ₁ $\times 10^{-4}$
lágú acél	7,8	110	0,05	56	43,15	34,8	5,46	3948	1,1	1,54	egyen
kemény acél	7,8	140	0,05	64,9	10,3	-5,1	3,30	2859	0,95	-10,9	váltakozó
vörösréz*	8,9	80	0,0175	1611000	21,98	16,83	1,54	2625	4,06	10,3	egyen
aluminium	2,7	50	0,03	0,772	98,2	105,3	3,55	2098	1,11	2,31	váltakozó
ótv. aluminium	2,68	75	0,0445	706	1,62	1,14	2,55	2523	1,00	9,53	váltakozó
keményszén	4,6	-	38,0	1124	51,2	60,7	4,45	-26,5	1,00	10,09	egyen
bronzszen	2,5	-	6,5	16400	43,1	48,2	1,00	-6,92	1,00	9,73	egyen

*kent állapotban mérve

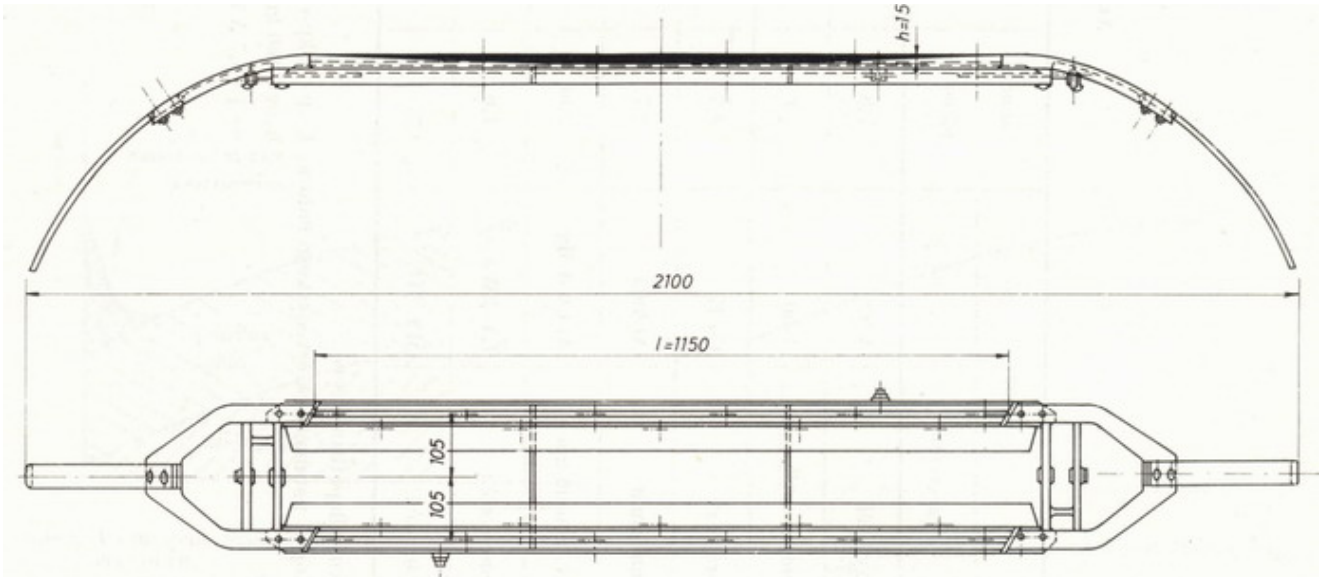
Kopási paraméterek érvényességi határa: $1 < p < 7 \text{ kp/cm}^2$

$0 < y < 160 \text{ km/ó}$

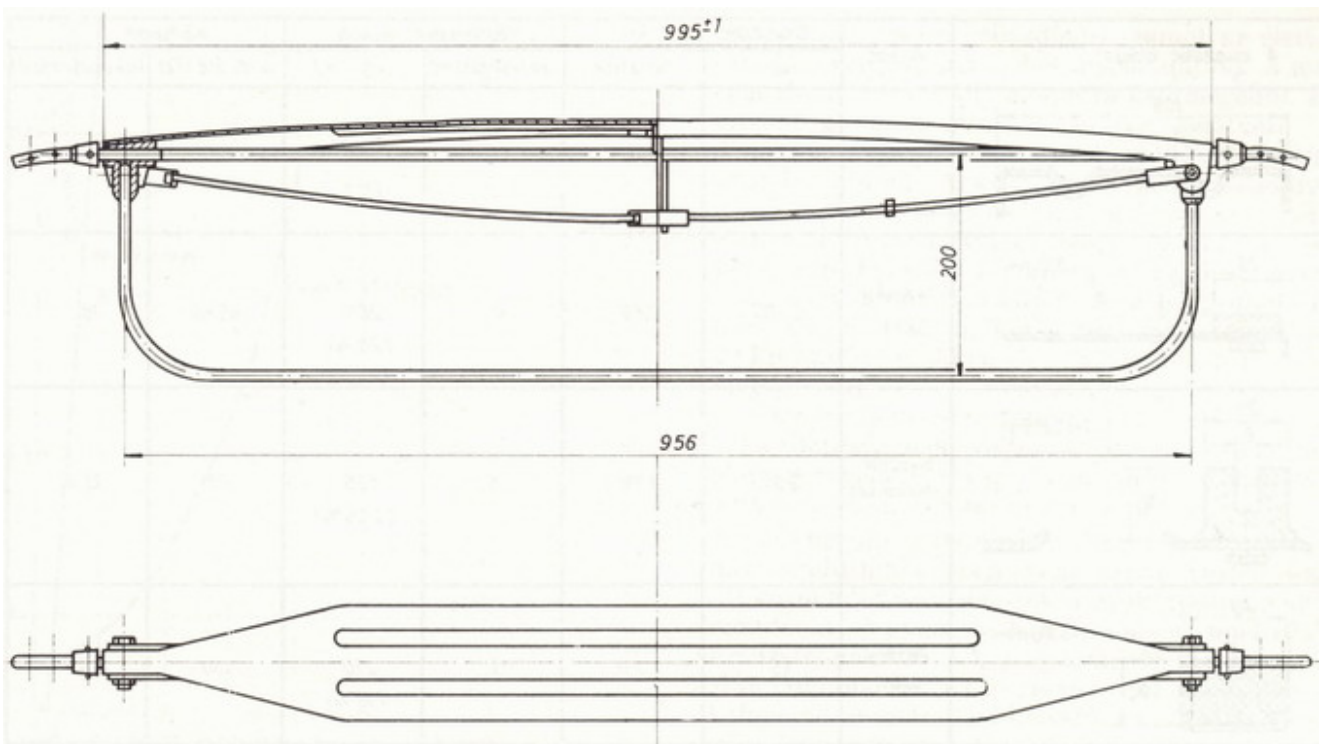
$0 < j < 0,7 \text{ A/mm}^2$

Az üzemben levő áramszedőnek két, 1150 mm hosszú csúszóléce van, amelyekből 1050 p anyag fogyasztható el. Munkavezetékként 100 mm² keresztmetszetű, egy-szálás vörösréz vezetőt alkalmaznak, amelyen a

csúszósaruk mintegy 5 mm-es szélességű csúszófelületet koptatnak. Ezen a szalagon 4 helyen 11 mm hosszú csúszóléc szakasz fekszik el. A munkavezeték és a csúszósaru között 7 kp nyomás uralkodik, így a fajlagos nyomás 3,18 kp /cm².



13. ábra. A MÁV által használt csúszósaru és kopása.



14. ábra. A „Fischer” rendszerű csúszósaru 135 A, 40 km/ó, F=2,25 kp.

A mozdony tartós árama 88 A, így a csúszófelületen 0,4. A/mm² áramsűrűség lép fel. Ezek és az (1) képlet alapján az anyagfogyás 11,9 p 1000 km-enként. Az előbbieken alapján, illetve (2) képlettel számolva a csúszósaru élettartama

$$\dot{E} = \frac{1}{3 \div 6} \frac{1050}{11,9} = 29,4 \div 14,7 [10^3 \text{ km}]$$

A kapott eredmény ténylegesen a valóságos élettartamot tükrözi, amelyet a MÁV mérései is alátámasztanak. Az átlagos üzemi élettartam 15000 km. Közel hasonló eredményre jutottunk a BKV által az UV motorkocsiknál használt, lágy acélból készült Fischer rendszerű csúszósaruk esetén is (ld. 14. ábra). A számított élettartam 18300/9150 km, míg a tapasztalt átlagos élettartam 7000 km. Az elmondottakból arra következtethetünk, hogy 1/6 tényezőt lehet alkalmazni.

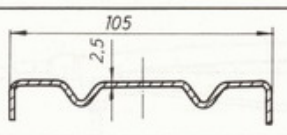

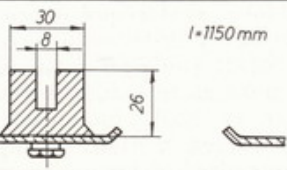
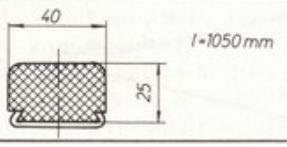
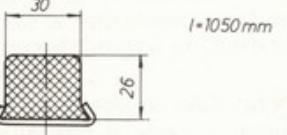
4.3. Az áramszedő csúszóanyag megválasztásának szempontjai. Csúszósaru konstrukciók

A csúszóléc anyagának megválasztásakor a kopási tulajdonságok mellett figyelembe kell venni a karbantartási költségeket is. A következőkben öt létező konstrukciót fogunk megvizsgálni és következtetéseket levonni. Vizsgálat alá vetjük a 14. ábrán levő Fischer-rendszerű csúszósarut, valamint a 13. ábrán levő csúszósarut, amelynek tartólemezére szükség szerint keményacél, ötvözött alumínium, keményszén vagy bronzszen csúszóléc szerelhető. A csúszóléc adatait a II. táblázat tartalmazza. A táblázatból látható, hogy a lécek súlya között alig, míg árai között nagyságrendi eltérés van. A léc ára

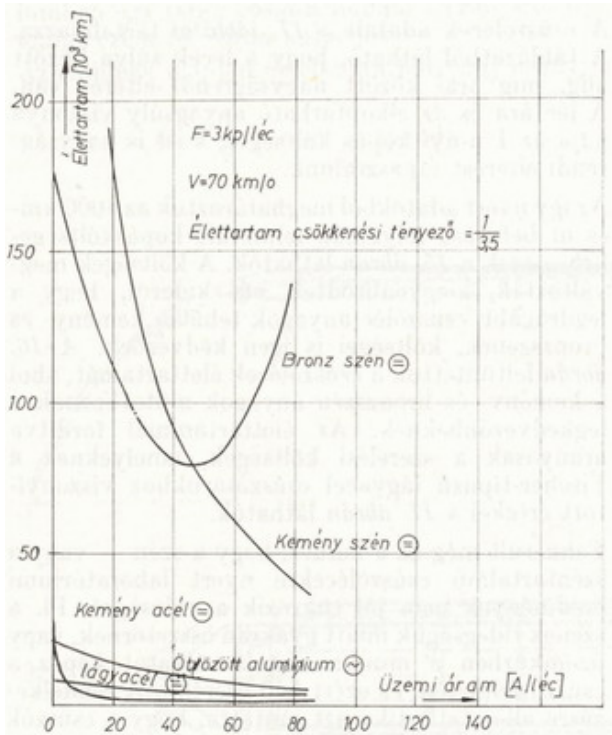
és az elkoptatható anyagsúly viszonya adja az 1 pnyi kopás költségét, s itt is nagyságrendi eltérést tapasztalunk.

Az így nyert adatokból meghatároztuk az 1000 km-es út befutása folyamán felmerülő kopásköltségeket, s ezek a 15. ábrán láthatók. A költségek megváltoztak, kiegyenlítődtek, sőt kiderül, hogy a legdrágább csúszóléc anyagok tehát a kemény- és bronzszenek, költségei is igen kedvezőek. A 16. ábrán feltüntettük a csúszóléc élettartamát, ahol a kemény- és bronzszen anyagok mutatkoznak a legkedvezőbbeknek. Az élettartammal fordítva arányosak a szerelési költségek, amelyeknek a Fischer-típusú lágyacél csúszósarukhoz viszonyított értékei a 17. ábrán láthatók.

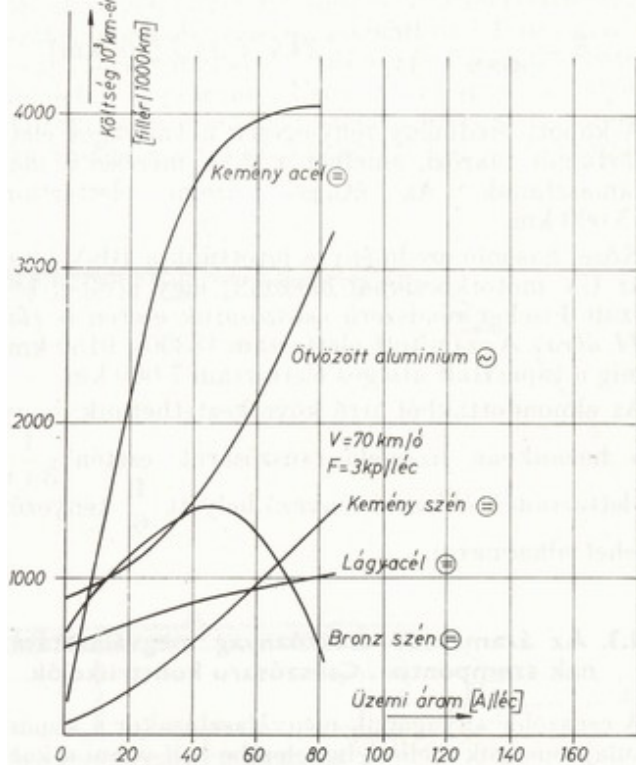
Felmerült még az a kérdés, hogy a szén - vagy a széntartalmú csúszólécekre nyert laboratóriumi eredmények nem jól tükrözik a valóságot. Pl. a szenek ridegségük miatt gyakran összetörnek, vagy üzem közben a munkavezeték vájátot képez a csúszó felületén, és ezért kell cserélni. A rendelkezésre álló statisztika azt mutatta, hogy a csúszók kb. 5%-a törik össze, vagy deformálódik, s ez egyaránt vonatkozik a fém és szén-csúszókra. S ez érthető is, mivel az ilyen súlyos sérüléseket a munkavezeték durva hibái okozzák, és ha az szent tartalmaz, azt több helyen eltöri.

A csúszóléc alakja	Anyag	Csúszóléc súly (kp)		Megengedett kopás		Költségek	
		új	használt	mélység(mm)	súly (p)	Új db. ára (Ft)	1p.kopás ára (Ft)
	lágycél	2,725	2,4	1,5	325 (12%)	40	12,3
	keményacél	0,955	0,69	4	265 (28%)	45,60	18
	ötvözött alumínium	2,24	1,715	15	525 (23,5%)	175	33,4
	kemény szén	1,5	1,236	13	270 (18%)	530	197
	bronzszen	1,8	1,49	13	310 (17%)	1150	339

II. táblázat: Különböző áramszedő csúszóléc kopás- és ár-összehasonlítása.

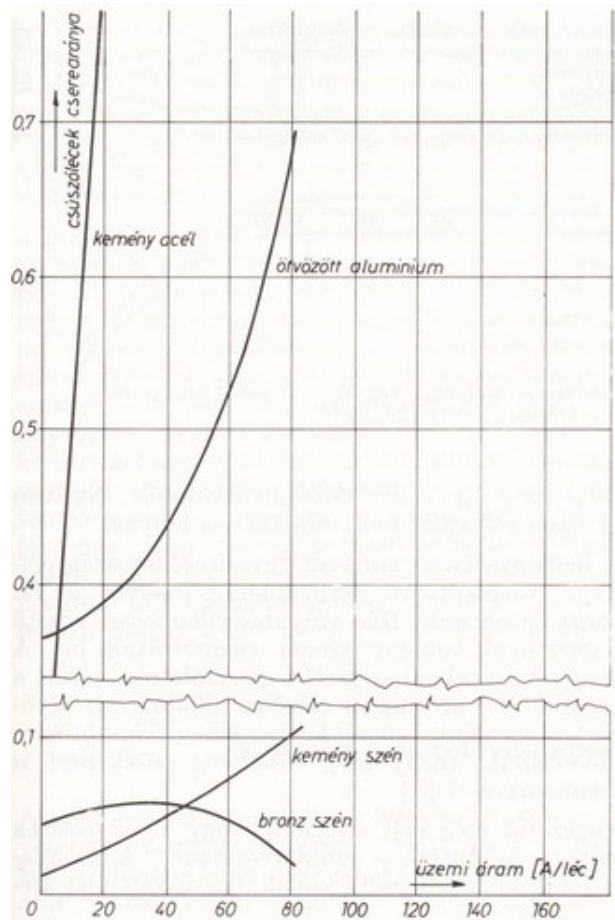


15. ábra. Ezer km-es út befutása folyamán fellépő kopásköltés az üzemi áram függvényében.



16. ábra. A csúszólécek élettartama az üzemi áram függvényében.

A feladat az, hogy szélső esetben lassú menetben lehessen üzemet tartani, ha a második áramszedő nem áll rendelkezésre. E feltételt a szén csúszóléc megfelelő befogásával lehet biztosítani.



17. ábra. A csúszólécek „Fischer” típusú csúszósarúhoz viszonyított csere arányai.

Az üzemben levő fémcsúszók mintegy 13%-ánál tapasztalható olyan bevágódás, amely miatt le kell őket cserélni. A kemény- vagy bronzszén csúszóknál a bevágódás-veszély annál nagyobb, minél jobban növekszik a fogyása a nyomás, sebesség, vagy áramnövekedés hatására. Az ebben a dolgozatban szereplő szenek igen kedvező tulajdonságúak, s a bevágódás veszélye a zárlatok kivételével nem áll fenn. Ismerünk azonban olyan szeneket, amelyek a ritmikusan megnövekvő összeszorító erő, vagy a nagyobb indítási áram hatására következetesen helyenként bevágódnak, és idő előtt le kell cserélni. Általában lehet mondani, hogy a helyesen megválasztott kemény- és bronzszén csúszóléceknél elenyészően kevés esetben fordul elő bevágódás. A bevágódás veszélye általában a keményszén csúszóknál nagyobb, amely a 15. ábrából is kitűnik. Pl. a nagy indítási áramnál (esetleg zárlatnál) a helyi fogyás tetemesen növekedik, következésképpen vajat keletkezik.

Egy csúszólécre megengedhető áramot az élettartam függvényből nem lehet megállapítani. A megengedhető áramot álló állapotra kell megadni.

engedhető áramot álló állapotra kell megadni. Ezt viszont az áram-átmeneti helyen keletkező hő illetve a munkavezeték megengedhetett melege korrólatozza. A keletkezett meleg hatására a munkavezeték szakítószilárdsága csökken, tehát csak annyira melegíthető, hogy a szilárdság és a vezetőben fennálló feszültség hányadosa egynél jóval nagyobb értéket adjon. A megengedhető hőmérséklet $250\text{ }^{\circ}\text{C}$, amikor a réz szakítószilárdsága 20 kp/mm^2 -re csökken és ez a vezeték feszítésétől függően kb. 1,3-1,4-es biztonsági számot ad. A csúszóléc hőmérséklete általában érdektelen, mivel szilárdságának változása üzem közben nem okoz észrevehető zavart. A megerősödő menetszél hatására lehül, szilárdságát visszanyeri.

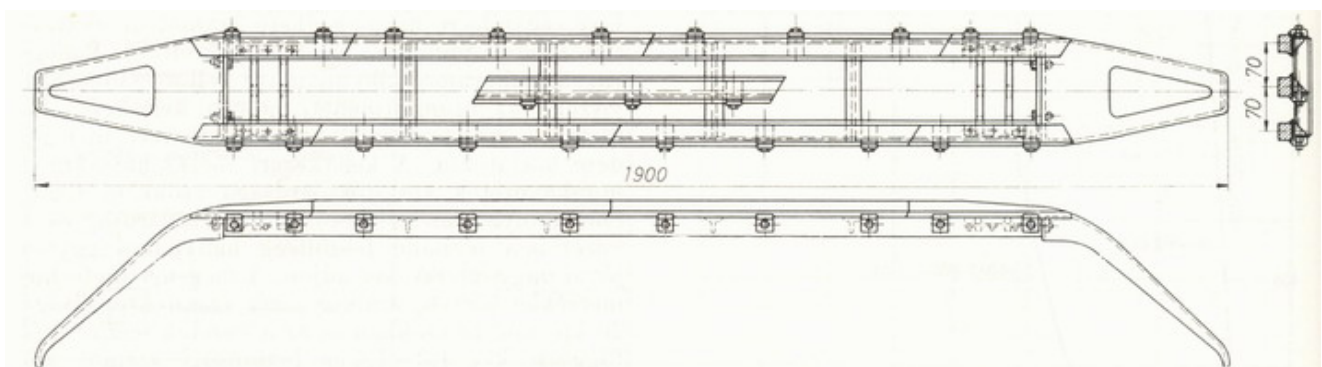
A megengedhető indítási áramok értékei mérésel még mindig nincsenek meghatározva. Kasperowsky [3] közöl adatokat, de azok a gyakorlatnak ellentmondanak. A gyakorlatban kemény szénnel 70 A -t bronzszénnel 125 A -t acéloknaál 80 A -t, ötvözött alumíniumnaál 60 A -t és résznaál 140 A -t szokás alkalmazni, áramátadási helyenként. A jármű mozgása folyamán ezeket az értékeket a folyton változó áramátadóhelyek és a menetszél hatása következtében legalább kétszeresére lehet növelni. Az 1500 és 3000 V -os vasútnaál ezt kis is használják, mivel indításkor két áramszedővel dolgoznak, majd $30\text{--}35\text{ km/ó}$ sebességen a homlokoldali áramszedőt leeresztik.

A kopás - mint a *10. ábrából* kitűnik a felületi nyomás növekedésével jelentősen növekedik. Hogy a felületi nyomás közel állandó maradjon, el kell

kerülni a csúszóléc billenését. Ha a csúszóléc elbillen, a lécc él fekszik rá a munkavezetékra, s a kopás jelentősen megnövekedik. Ez az oka, hogy ma már nem használják billenő csúszóléces áramszedőt. A csúszóléccet, vagy tartóját olyan egyenesbe vezetővel kell ellátni, amely elsősorban függőleges mozgást és $\pm 20^{\circ}$ -os billenést tesz lehetővé. Ezt egyenesbe vezetővel, vagy olyan csúszóléccel érik el, amelyen a nagy távolságban levő csúszólécek a lap bukását (elforgását) megakadályozzák. Ebben az utóbbi esetben ugyan ébred a súrlódás miatt egy forgatónyomaték, amelynek következtében a menetirányba eső első lécc, kopása némileg megnövekedik.

A leggyakrabban az utóbbi megoldást használják és egy tartólapon két csúszóléccet helyeznek el. Így 25 kV -os munkavezetékén az alumínium ötvözet, 3000 kW -os, keményszén 3500 kW -os és bronzszén, 6000 kW -os mozdonyig alkalmazható úgy, hogy sem indításnaál, sem üzembn nem jelentkezik nehézség.

A kisebb feszültségű, nagyteljesítményű járműveken hasonlóan lehet a határokat megszabni. Ha két lécc nem lenne elegendő, akkor három vagy négy csúszóléccet lehet alkalmazni, továbbá a munkavezeték meg lehet kettőzni és egyben az összeszorító erő 7 kp -ról $13\text{--}14\text{ kp}$ -ra lehet felemelni. Példaképpen a Holland Vasutak csúszósaruját [6] mutatjuk be a *18. ábrán*. Ilyen nagyszámú áramátadási hely esetén a csúszóléccre engedélyezett áramot célszerű 20% -kal csökkenteni, amint azt a jelen esetben tették.



18. ábra. A Holland Vasutak nagy áramerősségű csúszósarujja. A csúszólécc a Morgan cég MY 7D jelű bronz szene. Megengedett áramerősség két munkavezető esetén 35 km/ó sebesség felett 1200 A [6].

Mint a kopásfüggvényekből és a *16. ábrából* kitűnik, a rossz áramvezetők élettartama nagy, de igen erősen csökken az áram növekedésével, viszont jól vezető anyagok kopása mindig rendkívül nagy. Kézenfekvő dolog ezeknek egyesítése és erre igen jó példa a bronzszén, ahol a szén kis áramot visz,

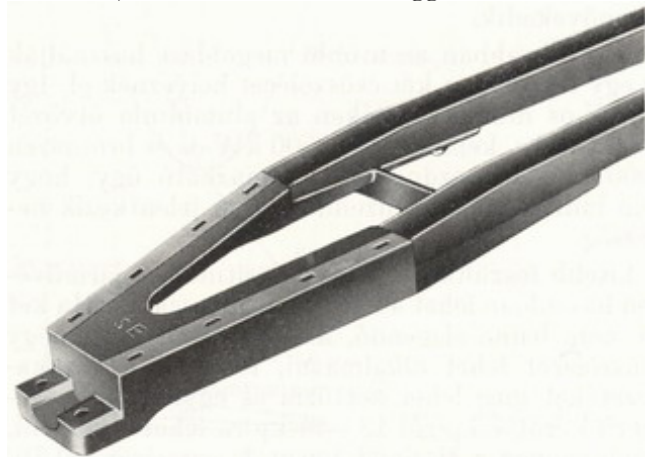
így a kopás kicsi, míg a betétfém az áram zömét viszi. Ezt hasonló módon lehet megvalósítani különböző anyagok egyesítésével, illetve egymás mellé helyezésével. Régen is eredményesen alkalmazták a réz- és acélsíkokból készült áramszedő csúszót. Az élettartamgörbéből látható, hogy a keményacél

alkalmazása kis áramerősségen különösen előnyös. Ezt támasztják alá a Szovjetunió Vasúti Szállítási Tudományos Kutató Intézetében végzett mérések is.

A két fajta fém egyesítésekor egyenletes kopást kell beállítani, hogy a kontaktus-adás mindenkor, mindkét csúszóléc anyagnál biztosítva legyen. A kopást az áramelosztás és a felületi nyomás fogja befolyásolni, tehát ezek helyes beállításával lehet minimalizálni. Ha pl. a réz fogyása lenne nagyobb, akkor azon a felületi nyomás lecsökken, rövid ív keletkezik, így annak nagy feszültségese az acél csúszólécre kényszeríti az áramot és addig koptatja, míg újra a réz veszi át a vezetést. Nyilván az ilyen folyamat nem csökkenti a fogyást.

A keményszén és vörösréz egyesítésének szép példája Kasperowsky szabadalma, amelyet a 19. ábrán láthatunk. Réz vályúba villamosan vezető ragasztóval kemény szentet ragasztottak be. A svájci Vasutaknál szerzett tapasztalatok szerint a csúszók élettartama az előzőleg alkalmazott ötvözött alumínium csúszókkal szemben 5,5-szörösére növekedett, amely még önköltség csökkenést is eredményezett [5].

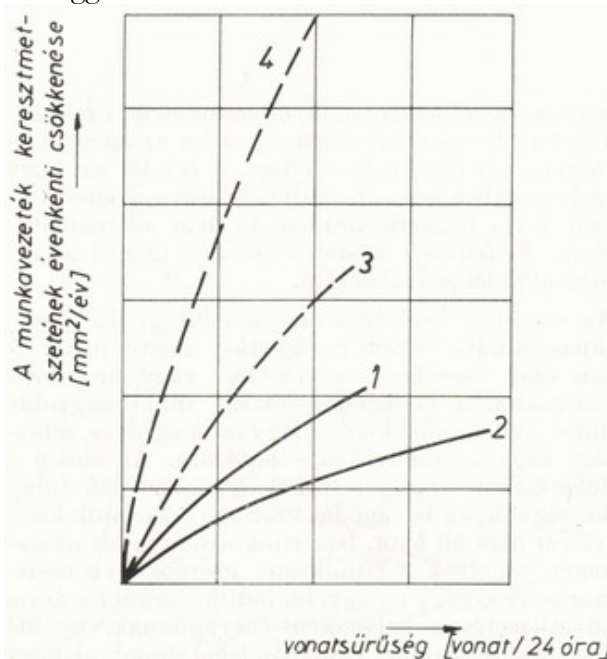
Végezetül meg kell vizsgálni, hogy a csúszólécek miként koptatják a munkavezetékét. A munkavezeték kopása a rajta kialakult csúszófelület szélességén és áramsűrűsége kívül az alatta 24 óránként elhaladó járművek számától is függ.



19. ábra. Rézvályúba helyezett keményszén kombinációból álló csúszósaru (Schunk und Ebe cég fotója).

A munkavezeték átlagos keresztmetszet-csökkenését láthatjuk a 20. ábrán [3]. Ez ugyan nem vonatkoztatható minden esetre, mivel igen nagy szóródás adódik még a járműsebességek és teljesítmények változatossága következtében is.

A görbékéből kitűnik, hogy a munkavezeték kopása arányosnál kisebb mértékben nő a járműsűrűséggel.



20. ábra. A munkavezeték évenkénti keresztmetszet-csökkenése a vonatsűrűség függvényében [3].

1. Egy keményszén csúszóléces áramszedő üzeme 15 kV-os hálózat alatt
2. Két keményszén csúszóléces áramszedő üzeme 15 kV-os hálózat alatt
3. Két ötvözött alumínium csúszóléces áramszedő üzeme 15 kV-os hálózat alatt
4. Két hordozólemezes két-két acél és réz csúszóléces áramszedő üzeme 1,5 kV-os egyenfeszültségű hálózat alatt

Ez feltehetően a munkavezeték kialakuló idegenréteggel függ össze. Nagyobb járműsűrűségnél a vékonyabb idegen réteg kisebb keresztmetszet-csökkenést eredményez. A keresztmetszet-csökkenés erősen függ az alkalmazott csúszóléc anyagától. A keményszénknél (1, 2 görbe) a keresztmetszet-csökkenés kisebb, míg a fémeknél nagyobb. Az ötvözött alumínium csúszóléc (3) esetén közepes, míg vas- réz kombinációból állónál (4) igen nagy keresztmetszet-csökkenés létesül évente. Általában 20-30% keresztmetszet-csökkenés után kell a munkavezetékét kicserélni, tehát a hosszú élettartamhoz megfelelő csúszóléc anyagot kell választani. Ez annál is fontosabb, mivel a vonatsűrűség évről évre növekedik. Az ábra 3 görbéje mutatja, hogy az alumínium-ötvözetből készült csúszó nemcsak magát, hanem a munkavezetékét is nagyon erősen koptatja.

A réz-vas kombinációból álló csúszósarukra vonatkozó görbéknél azonban meg kell jegyezni, hogy az átvitt áram az előbbieknél nagyobb, és a

lécek száma jóval több, mint kettő. Egy-egy lécre vonatkoztatható áram két-háromszor nagyobb, mint a szén vagy az alumínium csúszóléceké. A csúszólécek száma viszont 4 vagy 8 lehet. Ebből következik, hogy a munkavezeték kopásának - ha a nagyobb áramtól pl. a két munkavezeték miatt el is tekintünk - legalább 2-4-szer nagyobbak kellene

lennie, mint amit az alumínium-ötvözet csúszóknál tapasztaltunk. A kérdést megfordítva kikövetkeztethetjük a 20. ábrából hogy azonos körülmények lökött (azonos áram, azonos csúszóléc szám) a rézvas kombinációból álló csúszósaru kevésbé koptatja a munkavezetékét, mint az ötvözött alumínium csúszósaru.

5. A rádió és televízió berendezések zavarásának kérdése

A rádió berendezések elterjedése megkövetelte a vétel zavarásintjének csökkentését. A külső zavarok a villamos berendezések gyors áramváltozásai által keltett elektromágneses hullámokból erednek. A zavarkeltés eshetősége áramszedőnél igen nagy, mivel a csúszósaru és a munkavezeték közötti fémes kapcsolat nem mindig biztosítható. Ennek a kérdésnek a megoldását nemcsak a polgári és a katonai nagyfrekvenciás távközlés zavartalansága indokolja, hanem az a tény is, hogy a vasút is közvetlenül alkalmazza már ezt a technikát.

Az áramszedőn történő áramszakadások nemcsak a jármű körzetében egy frekvencia sávban, hanem a vele kapcsolatban álló hálózat szórt induktivitása és kapacitása következtében igen széles frekvenciasávban létesítenek zavaró sugárzást. A zavaró hatás különösen kedvezőtlen a hosszú- és a középhullámú tartományban, mivel itt kicsi a csillapítás, így a hullámok nagy távolságra terjednek. Kedvezőtlen itt az is, hogy ebben a két hullámsávban amplitúdó-modulációval dolgoznak, amelyek érzékenyebbek a zavaró hullámokra, mint a frekvencia-modulációs berendezések.

Mindenekelőtt tisztázni kell, hogy milyen esetekben létesít az áramszedő gyors áramváltozást. Nagy áramok esetén az áramszedő jelentős áramváltozást normális körülmények között nem tud létesíteni, mivel a szétválásnál keletkező ív ellenállása az egész áramkör impedanciájához képest elhanyagolható. Kivételt képeznek a váltakozóáram nulla átmenetei, amikor az esetleg fennálló rövid ív a menetszél és az érintkezők erős hűtőhatása következtében az áram a természetes nullaátmenet előtt megszűnik, túlfeszültséget és nagyfrekvenciás rezgéseket gerjeszt.

Kis áramok esetében az áram idő előtti megszűnése (áram levágás) még inkább bekövetkezhet. Ezt a jelenséget még fokozhatja a munkavezetéken található idegen réteg is, amelynek átintése időt vesz igénybe. Ez a jelenség különösen erős az áram-

mentesen szabadon futó járműveken, ahol csak a kapacitív-, illetve a szigetelőik vezetési árama folyik. Az elmondottakból kitűnik, hogy az áramszedőnél a munkavezetektől való elválást kell megszüntetni, míg az áramátadási felületeken az idegen rétegeképződést.

A csúszósaru két oknál fogva válhat el a munkavezetektől: nem képes követni a munkavezeték vonalvezetését, vagy a munkavezeték nagyfrekvenciás rezgéseit. Az előbbit a munkavezeték és a csúszósaru dinamikai összehangolásával lehet elkerülni, míg a másikat - amelyet főként a súrlódóerő gerjeszt - a csúszósaru súrlódási tényezőjének lecsökkentésével lehet megszüntetni. Legkisebb a súrlódás a grafitos szeneknél de ezek igen vastag idegen réteget képeznek a munkavezeték felületén. A fémek súrlódása viszonylag nagy, de az idegen réteget jól tisztítják. Ennek a kétféle tulajdonságnak az egyesítése (bronzszen, vagy a Kasperowsky-féle csúszóléc) a rádiózavarok forrását nagymértékben csökkenti.

Összefoglalás

Ennek a dolgozatnak a keretén belül rendszereztük a modern áramszedők csúszósaruival szemben támasztott követelményeket. Összefoglaltuk és rendszereztük az áramszedő csúszóérintkezők elméletét. Laboratóriumi méréseket végeztünk, amelyek eredményéből anyagoként meghatároztuk az anyagfogyás analitikus függvényét. Az áramszedő csúszóléc kopási alakjának figyelembevételével meghatároztuk az élettartam-függvényt. Laboratóriumi és gyakorlati tapasztalatok alapján meghatároztuk a hazai munkavezeték és áramszedő rendszerekre érvényes korrekciós számot.

A különböző csúszóanyagok kopási tulajdonságai és költségei figyelembevételével gazdasági analízist végeztünk, amely világosan bemutatja, hogy milyen

áramterhelésnél, mely csúszóanyagot lehet gazdaságosan alkalmazni. Tájékoztatást adtunk a csúszóanyagok munkavezetékre gyakorolt koptató hatásairól.

Végül elméletileg megvizsgáltuk a csúszóanyagok rádióra, televízióra gyakorolt hatását.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] *Molnár I.*: Vasúti áramszedők fejlesztési irányvonal. Ganz Villamossági Közlemények 1966. 4. szám 54. oldal.
[2] *Holm R.*: Electric Contacts Handbook. Springer Verlag Berlin - Göttingen - Heidelberg 1967
[3] *Kasperowski O.*: Kontaktwerkstoffe für Stromabnehmer elektrischer Fahrzeuge. Elektrische Bahnen Jg. 34 (1963) H. 8. S. 170

- [4] *Shobert E.*: Electrical resistance of carbon brushes on topper rings. AIEE Power Apparatus and System. Aug. 1954. p. 788
[5] *Diefenhardt P.*: Einführung von Kohlschleifstücken auf dem Netz der SBD. Bulletin SEV 59 (1968) H. 22. S. 1034.)
[6] *MORGANITE*: Carbon Collectors for Electric Railways and Trams. Catalogue. Ref. No. ADS6 1967.

KECSKÉS GÁBOR

Árammegszakítási kísérletek

A kapcsolókészülék feladata, hogy az áramot szükség esetén kikapcsolja és ezáltal megvédje az áramkör többi elemét a káros termikus és dinamikus hatásoktól.

A kapcsolás során kialakuló viszonyok analízise már a tervezés során is nehézséget okoz. A gyakorlatban is fontos kérdés, hogy a már elkészült kapcsoló, a tervezéskor felhasznált paramétereiktől esetleg eltérő körülmények között képes-e feladatát ellátni?

A tervezéskor szükséges az áramkör-, és a kapcsoló készülék jellemzői közötti kapcsolatot megvizsgálni. A villamos megszakítás jellemzőinek tanulmányozása és azok mennyiségi értékelése tehát az alkotó munka és a gyakorlat szempontjából nagyon fontos.

A Készülékszerkesztési Főosztály éppen ezért célul tűzte ki - többek között - az egyenáramú megszakítási folyamat tanulmányozását.

Az egyenáramú hálózatot egyértelműen a feszültség az áram és az áramkör időállandója definiálja. A kapcsolókészülék tulajdonságát az adattábláján szereplő adatok mögött rejlő ívöltási paraméterek határozzák meg.

Ilyen például a megszakítás ideje alatt fellépő ívfeszültség csúcsértéke, az ív égésidő, és az ív energia. A vizsgálatot egy speciális kísérleti kapcsolóberendezésen végeztük el. A méréseket a Készülékszerkesztés és a Laboratórium közösen végezte, ezért ezúton is köszönetet mondunk a résztvevő szakembereknek.

1.) Összefüggések a hálózat, és a kapcsoló készülék jellemzői között

A mérések ismertetése előtt célszerű összefoglalni a hálózat és a kapcsolókészülék megszakítási jellemzőinek egymásra hatását.

Soros R-L egyenáramú áramkör kikapcsolásakor a megszakítási viszonyok a hálózattól és az alkalmazott kapcsolótól függően alakulnak ki.

A kapcsoló érintkezőinek nyitáskor villamos ív keletkezik. Az érintkezők zárt állapotában a kontaktusnyomás miatt az átmeneti ellenállás viszonylag kicsi. Az érintkező elválás első szakaszában a kontaktusnyomás csökken, egészen a fémes érintkezés teljes megszűnéséig. A szétválás ezen szakaszában az átmeneti ellenállás növekedik.

A megnövekedett átmeneti ellenállás és az áram hatására a hőmérséklet hirtelen megnő. Termikus ionizáció, majd pedig ütközési ionizáció jön létre, így töltéshordozók alakulnak ki. Az eredetileg jól szigetelő gáz - levegő - vezetővé válik, villamos ív keletkezik.

Az ívfeszültség függ az érintkezők anyagállandóitól (A, B, C, D) az ív hosszától (l) és az áramtól (I) Ezt Herta Ayrton empirikus egyenlete is tükrözi:

$$U_{iv} = A + Bl + \frac{C + Dl}{I} \quad (1-1)$$

Az $U_{iv} = f(I)$ kapcsolatra az Ayrton egyenleten kívül más szerzők is közölnek hasonló empirikus képleteket. Ezek egymástól némileg eltérnek, mivel különböző körülmények között állapították meg [1].

Az Ayrton-féle egyenlet erősen korlátozott körülmények között érvényes, mégis jól mutatja az ívfeszültség és az áram közötti összefüggést.

Az egyenlet közepes áramok esetén (50 A és 2000 A között) egyszerűsödik, mivel a kifejezésben szereplő C és D állandók értéke az áram növekedése következtében elhanyagolható.

Ilyenkor:

$$U_{iv} \approx A + Bl \quad (1-2)$$

Most az A (V) az anód és katód feszültségesés összegét, a B (V/cm) az ív térerősségét, l (cm) pedig az ív hosszát jelenti.

Az egyenáramú ív stabilitásának vizsgálatából adódik, hogy az ív kialszik, ha az ívfeszültség (U_{iv}) nagyobb lesz mint a hálózati feszültség (U_h). Az (1-2) egyenletből kitűnik, hogy az ívfeszültség növelhető az érintkező anyag (anód és katód feszültségesés) „megválasztásával”, valamint az ívhossz növelésével.

A kiválasztandó anyagot elsősorban a hálózati feszültség és a kapcsoló üzemi beépítés körülményei határozzák meg.

Kisebb feszültségen - a gyengeáramú technika területén - az arany, az ezüst és különböző ezüst ötvözeteket használják. Itt lényeges a környezet oxidáló hatásának kiküszöbölése. Nagyobb áram esetén - erősáramú technika területén - már réz érintkezőket alkalmaznak.

A megszakítási helyek számának növelésével növekedik az anód- és katódésés. Több megszakítási hely alkalmazása azonban korlátolt, mivel a kapcsolókészülék méreteit és a működtetéshez szükséges erőt is megnöveli.

Az ív térerősség az oltókamra és az oltóközeg megválasztásától függ. Legjellegzetesebbek a deion - lemezes-, és a rés oltókamrák.

A réskamránál az ív hűtése, míg a deion - lemezes kamránál az ív feldarabolása segíti az oltást. A vaslemez deionkamránál az ívre ható erő az ívet a lemezekre hajtja, s a lemezek között a lobogó ívek hatására az anód- és katódésés megnő. A lemezszám helyes megválasztásával, illetve megfelelő lemez méret és alak választással elérhető, hogy a megszakításkor keletkező túlfeszültség korlátozott legyen [5].

Az ív térerősség különböző kamra fajtáknál a következő [3]:

Szabadon égő ívnél:	$B = 10 \text{ V/cm}$
Rés kamrában égő ívnél:	$B = 30 \text{ V/cm}$
Deion-lemezes oltókamrában égő ívnél:	$B = 50-60 \text{ V/cm}$

Az ívoltage igen fontos eszköze az ívhossz növelés. Az ívhossz növelhető az érintkezők széthúzásával, az áram hurokhatása és mágneses fúvás útján. A gyakorlatban az ívfeszültséget az előbb említett lehetőségek kombinálása útján növelik.

A kikapcsolási áram időbeli lefolyásának számítása céljából írjuk fel az R-L egyenáramú áramkör differenciál egyenletét:

$$U_h = iR + L \frac{di}{dt} + A + Bv \quad (1-3)$$

Az érintkezők eltávolodási sebességét is figyelembe véve:

$$U_h = iR + L \frac{di}{dt} + A + Bvt \quad (1-4)$$

Az áramkör időállandója $T = L/R$, míg T_i idő az, amelynek eltelte után az egyenletesen növekvő ívfeszültség a hálózati feszültséggel egyenlő tehát:

$$U_h = A + BvT_i$$

ebből:

$$T_i = \frac{U_h - A}{B \cdot v} \quad (1-5)$$

Az (1-4) egyenletet szeparálva és az előbbi összefüggést betéve kapjuk, hogy

$$\frac{di}{dt} + \frac{i}{T} = \frac{U_h - A}{RT} \left(1 - \frac{t}{T_i} \right) \quad (1-6)$$

A differenciál egyenlet általános megoldása:

$$i(t) = \frac{U_h - A}{R} \cdot \left(1 - \frac{t + T}{T_i} \right) + C_1 \cdot e^{-t/T} \quad (1-7)$$

A kikapcsolás $t = 0$ kezdeti pillanatában az áram I-stacioner értéken van, tehát:

$$I_0 = \frac{U_h - A}{R} \cdot \left(1 - \frac{T}{T_i} \right) + C_1 \quad (1-8)$$

Egyenletből az integrálási állandó értéke:

$$C_1 = I_0 - \frac{U_h - A}{R} \cdot \left(1 - \frac{T}{T_i} \right) \quad (1-9)$$

Ezt helyettesítve (1-7) egyenletbe áram időbeli változása:

$$i(t) = I_0 e^{-t/T} + \frac{U_h - A}{R} \cdot \left[1 - \frac{t + T}{T_i} - e^{-t/T} \left(1 - \frac{T}{T_i} \right) \right] \quad (1-10)$$

A kifejezésben I_0 , U_h , R és T és L csak a hálózattól, míg T_i csak a kapcsolókészülektől függ, illetve az ív (B) térerősségtől, az érintkezők eltávolodási sebességétől (v), valamint az anód- és katódésés (A) nagyságától.

A megszakítás során kialakuló ívfeszültséget az R-L egyenáramú kör feszültségegyenletéből kapjuk:

$$U_{iv}(t) = U_h - i(t) \cdot R - L \frac{di(t)}{dt} \quad (1-11)$$

Az egyenlet utolsó tagját (1-10) egyenlet differenciálásából nyerjük:

$$L \frac{di(t)}{dt} = L \left\{ \frac{U_h - A}{R} \left[e^{-t/T} \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_i} \right) - \frac{1}{T_i} \right] - \frac{1}{T} I_0 e^{-t/T} \right\} \quad (1-12)$$

Az (1-11) és (1-12) egyenletek segítségével az ívfeszültség számolható. Az ívfeszültség nagyságát végső soron ugyanazok a hálózat-, és készülék jellemzők határozzák meg, mint a megszakítási áramot. A megszakítás során az áram csökkenés iránytangense (1-12) negatív előjelű, így az (1-11) egyenlet alapján végső soron hozzáadódik a hálózati feszültséghez az induktivitáson eső feszültség. Az

áram és az ívfeszültség számítása gépi úton gyorsan elvégezhető.

Az érintkezők nyitási távolságát a berendezés próbafeszültsége határozza meg. A névleges hálózati feszültséghez rendelt próbafeszültségnek a nyitási közt nem szabad átütnie. A kikapcsolás közben fellépő legnagyobb túlfeszültségnek viszont kisebbnek kell lennie, mint a berendezés próbafeszültsége.

A kikapcsoláskor a fellépő maximális ívfeszültség és a kikapcsolás után az érintkezők között mérhető feszültség (hálózati feszültség) hányadosát túlfeszültség-tényezőnek nevezzük, amely értéke:

$$\alpha = \frac{U_{iv} \max}{U_h} < \frac{U_{pr}}{U_h} \quad (1-13)$$

Az ívöltás másik fontos jellemzője az ívidő (t_{iv}). Ez az (1-10) egyenletből számolható. Az ívidő azonos az t idővel, ahol $i(t)$ áram nulla értéket ér el.

Az ívfeszültség, az áram és az ívidő megszabja a kikapcsoláskor felszabaduló ívenergiát:

$$W_{iv} = \int_0^{t_{iv}} U_{iv} \cdot i \cdot dt \quad (1-14)$$

Az itt szereplő mennyiségek mint láttuk a hálózattól és a kapcsolótól függenek.

Ha az egyenáramú áramkör kikapcsolási egyenletéből kifejezzük az U_{iv} feszültséget és behelyettesítjük az ívenergia előbbi kifejezésébe, akkor némi átrendezés után kapjuk, hogy:

$$W_{iv} = \int_0^{t_{iv}} U_h \cdot i \cdot dt - \int_0^{t_{iv}} i^2 R dt + L \int_{I_0}^0 i \cdot di \quad (1-15)$$

A kifejezés első tagja a teljes hálózati energiát jelenti, a második tag a hálózatban felemészthető Joule-energiát fejezi ki, s a harmadik tag az áramkör mágneses energiájával egyenlő.

Hosszas matematikai levezetés után D. Reul [6] kimutatta, hogy az ívenergia függvénye az áramkör induktivitásának (L) az időállandóhoz (T) viszonyított ívidőnek (t_{iv}) és az ívfeszültség és hálózati feszültség hányadosának (α) valamint az áram négyzetének:

$$W_{iv} = I_0 \cdot L \cdot f\left(\frac{t_{iv}}{T} \cdot \alpha\right) \quad (1-16)$$

A függvénykapcsolatban szereplő t_{iv} és α értékek végső soron tehát a kapcsolótól függő paraméterek. A függvénykapcsolatot D. Reul említett munkájában diagramokban is összefoglalja.

Az egyenáramú áramkör ívenergiájának várható értékeit Rűdenberg [7] állapította meg. E szerint az

ívenergia mindig nagyobb, mint az induktivitásban tárolt energia, és mindig kisebb, mint a mágneses energia kétszerese, vagyis:

$$W_{iv} = k_1 \cdot \frac{L \cdot I_0^2}{2} \quad (1-17)$$

Ahol: $k_1=1-2$ között változik és csak a kapcsoló tulajdonságaitól függ.

Az ívenergia részben az ívoszlopban, részben az érintkezőkön szabadul fel. Az ívoszlopon leadott energia megszabja az ív hőfokát. Az érintkezőkön az ívenergia hővezetés és az érintkezők anyag leválasztás útján emészthető fel.

Az ívenergia termikus hatása megszabja az érintkezők szükséges tömegét. Ha az érintkezők súlya G és a fajhője C_g , akkor az érintkező átlagos hőfoka az árammegszakítás hatására:

$$\tau = k_2 \cdot \frac{W_{iv}}{C_g \cdot G} \quad (1-18)$$

Mint az előzőekben már láttuk az ívenergia a mágneses energia max. kétszerese lehet, ezért a konkrét hőmérsékletszámítást jó közelítéssel ennek figyelembevételével lehet elvégezni. Az érintkezők hőmérséklete nem lehet nagyobb, mint az anyag lágyulási hőfoka.

Az érintkezők ív-eróziója közvetlen kapcsolatban van az érintkezőkön felszabaduló ívenergiával:

$$W = k_3 \cdot W_{iv} = k_3 \cdot \int_0^{t_{iv}} U_{iv} \cdot i \cdot dt \quad (1-19)$$

Rövid ívek esetén az ívfeszültséget csak a katód- és anódésés (A) határozza meg, amely adott érintkező anyagra állandó, ezért:

$$W = k_3 \cdot A \cdot \int_0^{t_{iv}} i(t) dt \quad (1-20)$$

Az erózió csak a Q villamos töltésmennyiségtől függ:

$$W = k_3 \cdot A \cdot \int_0^{t_{iv}} i(t) dt = k_3 \cdot A \cdot Q = k_4 Q \quad (1-21)$$

A kikapcsolás során az I_0 stacioner áram a t_{iv} ívidő folyamán nullára csökken. Ha a kikapcsolási áramot helyettesítjük egy állandó nagyságú (I) és t_{iv} ívidőig fennálló árammal, amely ugyanolyan villamos töltést létesít mint az eredeti kikapcsolási áram, akkor az eróziós energia

$$W = k_4 \cdot I \cdot t_{iv} \quad (1-22)$$

Az érintkező felületéről leváló fém mennyisége N kikapcsolás után, ha egy Coulomb töltés által leválasztott anyag súlya γ akkor

$$\Delta G = N \cdot \chi \cdot Q = k_4 \cdot N \cdot \chi \cdot I \cdot t_{iv} \quad (1-23)$$

A kifejezésben szereplő $k_4 \cdot \chi$ értéket a szakirodalomban γ_f fajlagos anyagfogyási állandóval is jelölik.

Ennek értéke függ az ív hosszától, az érintkező anyagától. Számszerű érték pedig különböző érintkező anyagok katalógusában található.

Az anyagfogyás ennek figyelembevételével:

$$\Delta G = N \cdot \chi_f \cdot I \cdot t_{iv} \quad (1-24)$$

Az ívidő az áramkör időállandójával is kifejezhető:

$$t_{iv} = T \cdot \lambda_{iv} \quad (1-25)$$

A ívöltási állandó megmutatja, hogy az áramkör időállandójához ($T=L/R$) képest az ívidő hányszoros. Az λ_{iv} ívöltási állandó a megszakítási helyek számától, az ívhossztól, az ívöltás módjától függ.

Az érintkező anyag fogyás ennek figyelembevételével:

$$\Delta G = N \cdot \chi_f \cdot I \cdot T \cdot \lambda_{iv} = K_5 \cdot I^2 \cdot N \quad (1-26)$$

A kifejezésből látható, hogy azonos érintkező élettartam mellett nagyobb áramköri időállandó esetén kisebb áram engedhető meg.

Ha megállapítjuk az (1-24) egyenlettel a maximális anyagfogyás értékét, akkor más áramerősségnél az előző kifejezés alapján jó közelítéssel meghatározható az érintkezők várható élettartama.

A leírtakból is lehet látni, hogy a megszakítás folyamán a hálózat jellemzői és a kapcsoló paramétere komplex összefüggésben vannak egymással.

2.) A kísérleti kapcsolóberendezés ismertetése

Az egyenáramú hálózat és a kapcsolókészülék jellemző kölcsönhatásának mérésére egy speciális „ívkeltő” berendezést szerkesztettünk. Ez a kísérleti kapcsoló atmoszférikus nyomáson az érintkezők eltávolodása folyamán az ívet nyújtja és végül megszakítja. Egyéb ívöltési tényezőt nem vettünk figyelembe.

A kísérleti kapcsolóberendezés szerkezeti megoldását tekintve három főbb egységre bontható, és pedig a megszakító részre, a pneumatikus működtető egységre és az érintkező sebességét regisztráló berendezésre.

A működési vázlat az 1. ábrán, a berendezés fényképe pedig a 2. ábrán látható.

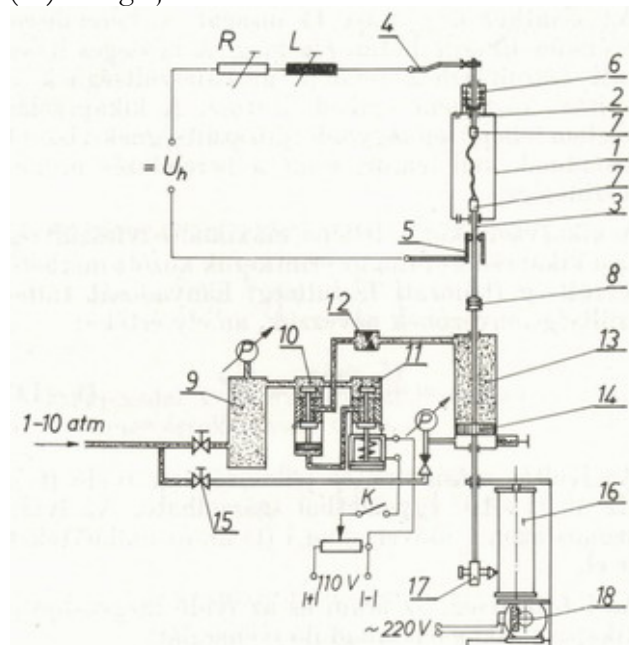
Az ívmegszakítás egy 200 mm átmérőjű tűzálló üveghengerben (1) történik. Ez alul és felül két helyen nyitott az ionozott levegő kapcsolás utáni

természetes eltávolítása céljából. Az érintkezők végét (7) az anyagfogyás és a beégések kompenzálására cserélni lehet. Az érintkező rudak (2; 3) és a végek elektrolit vörösrézből készültek.

Az érintkező nyomást rugó biztosítja (6).

A mozgóérintkező szigetelő közdarabon (8) átsatlakozik a mozgató mechanizmushoz. Az érintkezők eltávolodási sebességét a levegő nyomásával és a (12) fúvóka (diafragma) változtatásával tudjuk a kívánt értékre beállítani.

A működtető levegő a légtartályon (9) és az elektropneumatikus gyorsító szelepen (10) keresztül jut a működtető hengerbe (13). A működtető henger dugattyúja a mozgóérintkezőt és az érintkező sebességét regisztráló diagramíró berendezést (16) mozgatja.



1. ábra. 1. Henger 2. Érintkezőrúd 3. Mozdó érintkezőrúd 4. Hajlékonykötés 5. Tulipán érintkező 6. Érintkező rugó 7. Érintkező csúcs 8. Szigetelő közdarab 9. Légtartály 10. Gyorsító szelep 11. Elektropneumatikus szelep 12. Fúvóka 13. Munkahenger 14. Dugattyú 15. Elzáró csap 16. Diagramíró henger 17. Írócsúszka 18. Motor

Ez az utóbbi egy szinkron motorhajtású csigacsigakerék áttétel által forgatott hengerből és a csúszó írószerkezetből áll.

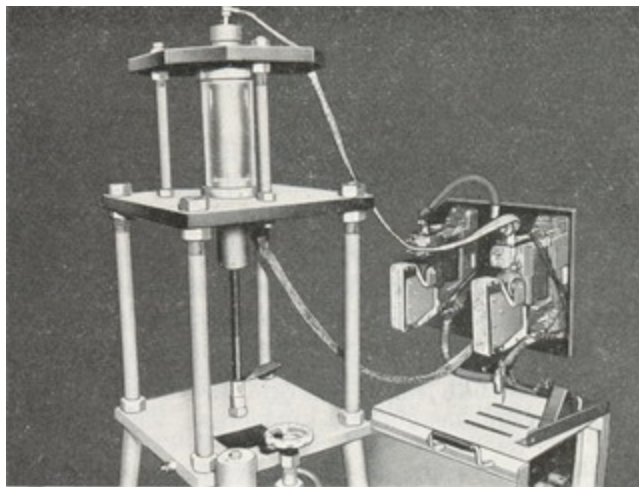
3.) A mérés ismertetése

A mérési áramkör elvi vázlata a 3. ábrán látható. A hálózati feszültséget külső gerjesztésű egyenáramú generátor szolgáltatja. Az áramkörbe sorosan illetve párhuzamosan beépítettünk egy-egy mágneses egyenáramú kontaktort is. Ezek feladata a vészki-

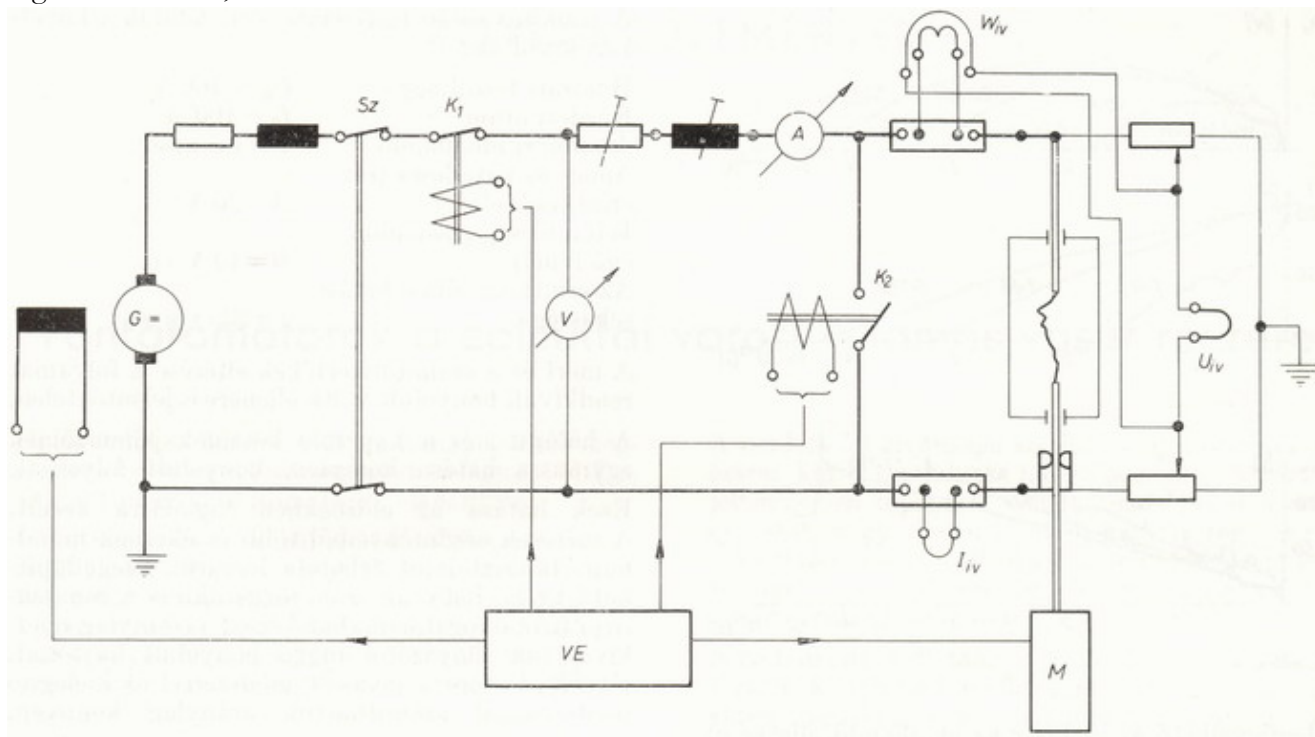
oldás, illetve az áramköri paraméterek beállításakor a kísérleti „ívkeltező”-berendezés tehermentesítése. Az áramkör időállandójának áramtól való függetlenségét - linearitását - légmagos fojtótekerccsekkel biztosítottuk.

A vizsgálatok során hurkos oszcillográffal mértük az ívfeszültséget, az íváramot, a hálózati feszültséget, az ívenergiát és az érintkezők eltávolodási sebességét. Problémát általában az ív energiájának mérése jelent. Ezt méréseink során ún. watt-hurok módszer segítségével mértük. Az ív teljesítményét watt-hurokkal oszcillografáltuk, az ív energiáját pedig a teljesítmény planimetrizálásával határoztuk meg. Ennél korszerűbb ívenergia mérési módszer a Hall-generátoros ívenergia mérő. Az ehhez szükséges mérőberendezés kidolgozásával jelenleg foglalkozunk, így remélhetőleg a közeljövőben lehetőség adódik ennek, a watt-hurok módszernél sokkal

pontosabb és gyorsabb mérési módszernek az alkalmazására is.



2. ábra.



3. ábra. Sz = Szakaszozó K₁, K₂ = Kontaktor VE = Vezérlő egység M = Működtető egység

4.) A mérés kiértékelése

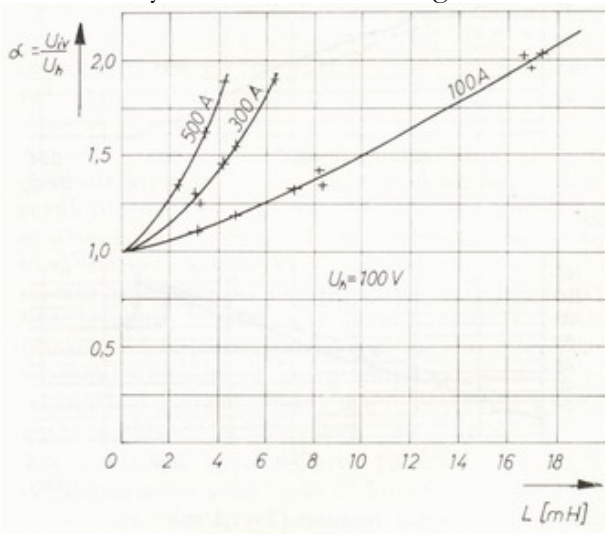
Ismeretes, hogy az egyenáramú áramkör megszakításának utolsó pillanatában az áramkör induktivitásától (ill. az időállandótól) függően túlfeszültség keletkezik. Tisztán ohmos áramkör kikapcsolásakor túlfeszültség nem lép fel. Az induktivitás növelésével miközben a többi hálózati paraméter változatlan - a túlfeszültség értéke is növekedik.

Az érintkezők eltávolodása folyamán az ívfeszültség nagyobb lesz. Az elválás pillanatában azonnal fellép az anód- és a katódézés, majd az érintkezők eltávolodása folyamán az ívfeszültség „csipkéződve” növekszik. A csipkéződés oka az, hogy az ív lobogva ég és hossza változik. A kialvás pillanatában az áramkör induktivitása és az áramváltozás

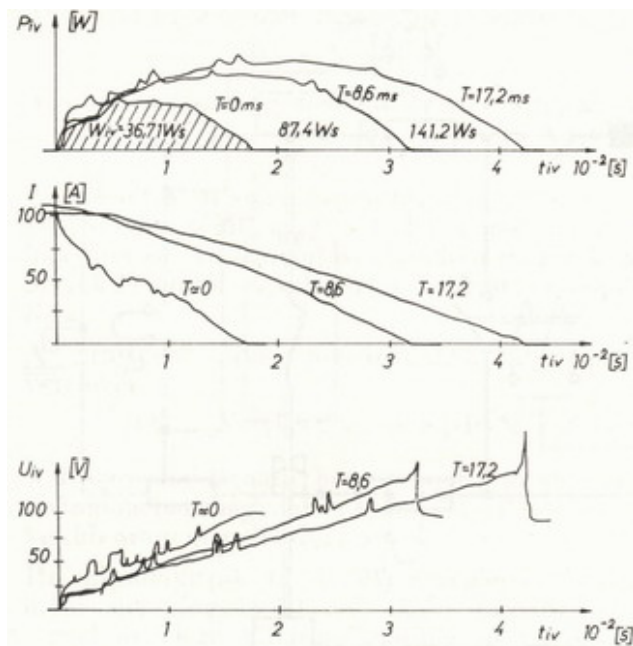
iránytangense megszabja a túlfeszültség nagyságát. A 4. ábrán a mérési eredmények birtokában ábrázoltuk a túlfeszültség-tényezőket az áramkörü inductivitás függvényében.

Az 5. ábrán néhány mérési oszcillogram látható. Ezek felvételekor csak az áramkör időállandóját változtattuk. A legkisebb ívidő a $T \approx 0$ időállandónál adódott. Az időállandó növekedésével az ívidő jelentősen meghosszabbodott.

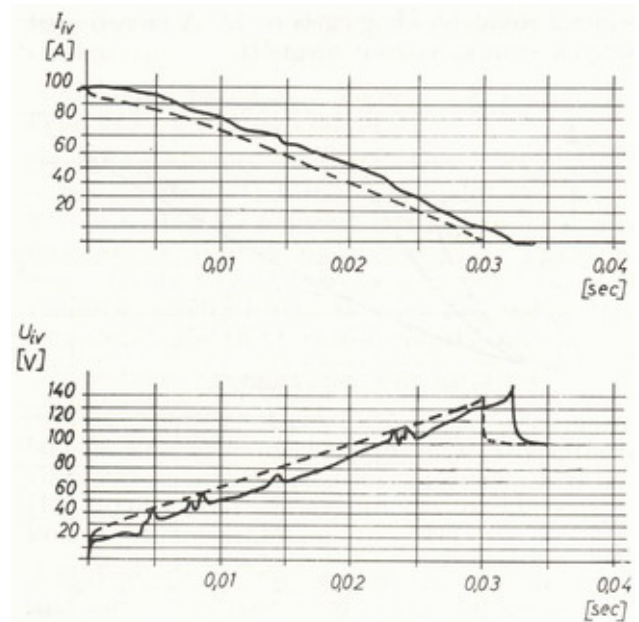
Más mérésekből egyértelműen megállapítható volt az is, hogy az ívidő nagymértékben függ az érintkezők eltávolodási sebességétől. Minél nagyobb volt a sebesség, annál meredekebb volt az ívfeszültség, és annál rövidebb ideig égett az ív. A mérési eredmények szórása viszont megnőtt.



4. ábra.



5. ábra.



6. ábra

..... számított ($T=7,5$ ms)
 _____ mért ($T=8,6$ ms)

Megfigyelhető az is, hogy az időállandó, illetve az ívidő növekedésével az ívenergiaával arányos területek is megnöttek. Az ívenergiaát az ívteljesítmény görbék által határolt területekbe írt számok jelzik. Ellenőriztük, hogy a Rűdenberg által levezetett ívenergia maximumra és minimumra vonatkozó megállapítás helytálló-e?

A mért adatok igazolták, hogy az ívenergia mindig nagyobb, mint az inductivitasban tárolt energia, és mindig kisebb, mint a mágneses energia kétszerese. A mért, valamint az (1-11,12) és (1-13) egyenletek alapján kiszámított áram és ív-feszültségváltozást a 6. ábrán vetettük össze.

A számítás során figyelembe vett adatok a következők voltak:

- | | |
|---------------------------------------|------------------|
| Hálózati feszültség | $U_h = 100$ V |
| Kezdeti áram | $I_0 = 100$ A |
| Áramkörü időállandó | $T = 7,5$ msec |
| Anód- és katódesés (réz érintkezőnél) | $A = 20$ V |
| Ív térerősség (szabandon égő ívnél) | $B = 10$ V/cm |
| Az érintkező eltávolodási sebessége | $v = 235$ cm/sec |

A mért és a számított értékek eltérése a folyamat rendkívüli bonyolult volta ellenére is jelentéktelen. A hálózat-, és a kapcsoló készülék jellemzőinek egymásra hatása komplex, bonyolult folyamat. Ezek hatása az előzőekben taglálásra került. A mérések eredményeiből több értékesnek mondható tapasztalatot lehetett leszűrni. Megállapítható az is, hogy az áram-megszakítás a mindennapi fizikai fogalmainkhoz képest viszonylag rendkívül sok

tényezőitől függő bonyolult folyamat. Ennek ellenére a javasolt módszerrel és kielégítő pontossággal számíthattuk aránylag könnyen.

A kapcsolókészülék kialakításánál, méretezésnél a megszakítás fizikájának ismeretében a hálózati és ívöltási paramétereket is figyelembe kell venni. Ezek segítségével méretezést széles határok között lehet végrehajtani. A számítógépek alkalmazásával e módszer gyakorlati jelentősége egyre jobban fog növekedni.

A megszakítási kísérletek itt leírt eredményei közel sem ölelik fel az összes problémát, illetve megoldását. Ennek ellenére remélhetőleg az érdeklődők örömmel olvasták a leírtakat.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] *A. M. Zaleszkej*: A villamos ív Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1968.
- [2] *Ejzler János*: Villamoskészülékek I. Tankönyvkiadó, Budapest, 1969.
- [3] *Dr. Domonkos Sándor*: Villamoskészülékek II. Tankönyvkiadó, Budapest, 1969.
- [4] *Dr. Kanabé József*: A természetes ívöltás alkalmazása kifeszültségű készülékeknél EVIG Közlemények 1. sz. Budapest, 1968. p. 7-17.
- [5] VKI Közlemények 1-2-3 Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1969.
- [6] *D. Reul*: Ausschalten von Gleichstrom (Egyenáram ki-kapcsolása) Siemens-Zeitschrift. Erlangen 38 k. . sz. (1964 júl.)
- [7] *R. Holm*: Electric Contacts Handbook (Elektromos érintkezők kézikönyve) Springer Verlag 1968.
- [8] *R. Rüdtenberg*: Transient performance of electric power systems (Villamos erőműrendszerek tranziens működése) Mc. Graw-Hill Book Company, INC 1950. p. 486-506.
- [9] *G. Büchner*: Ausschalten von Kurzschlüssen in Gleichstromkreisen durch Schellschalter oder Sicherungen (Egyenáramú áramkörök zárlatainak lekapcsolása gyors megszakítókkal vagy biztosítókkal) Bulletin Oerlikon 1960.
- [10] *O. Mayr*: Theorie des Lichtbogens und der Bogenlöschung (A villamos ív és oltásának elmélete) Elektrotechnische Zeitschrift 1943. dec. 16 p. 645-652.

RÖVID KÖZLEMÉNYEK

Vontatómotorok a calcuttai városi villamos vasút részére

Új és érdekes feladat volt az indiaiak által megrendelt, különleges kívánalmakat kielégítő, 40 LE-s, TC 36 típusú vontatómotorok elkészítése.

India nagyvárosai közül egyedül Calcuttában van csak városi villamos vasút. A komplett járműveket, tehát a vagonokat, a vezérlő berendezéseket, a vontatómotorokat, valamint az egyéb kiegészítő szerelvényeket annak idején, körülbelül 20-50 évvel ezelőtt az angliai English Electric gyár szállította.

Ezek a járművek kezdettől fogva rendkívül nagy igénybevételeknek voltak - és vannak jelenleg is kitéve.

A nagymérvű elhasználódásnak több oka is van. Egyrészt a 9 millió számú Calcutta számára a jelenlegi kocsiállomások igen kevés, így emiatt a motorok túlterhelődnek (mely napszaktól független, állandósult állapot), másrészt a nedves trópusi környezet hamar tönkreteszti a járműveket, főleg a vontatómotorokat.

Mivel a motorok ma már szinte az utolsó óráikat élik, így került sor arra, hogy tőlünk a „Calcutta Tramways Co. LTD” új motorokat rendeljen.

A rendelő fél kívánsága szerint az új motornak az összes külső csatlakozó méretében és elektromos jellemzőiben olyannak kellett lennie, mint a régi gép volt, hogy a rendelő az új gépet a régi forgózsámolyba, annak változtatása nélkül beépíthesse, valamint a motorkocsi régi elektromos berendezéséhez is csatlakozni tudjon.

Követelmény volt még a legalább tengelyvonalig vízzáró kivitel, a cserélhető motortengely, a régi gépek fogaskerekeinek felhasználhatósága az új gépben; behatárolt gépmagasság és szélesség, a gép felső részén alkalmazott nyíláson át való kefekezelhetőség, a csatlakozó kábelek meghatározott helyen való kivezetése, hogy csak a főbb kívánásokat említsük.

A sikeres helyszíni, calcuttai üzemeltetési próbáról, - úgyszintén a gép részletes felépítéséről - az egyik következő számban fogunk bővebb tájékoztatást nyújtani.

Kincsey Tibor

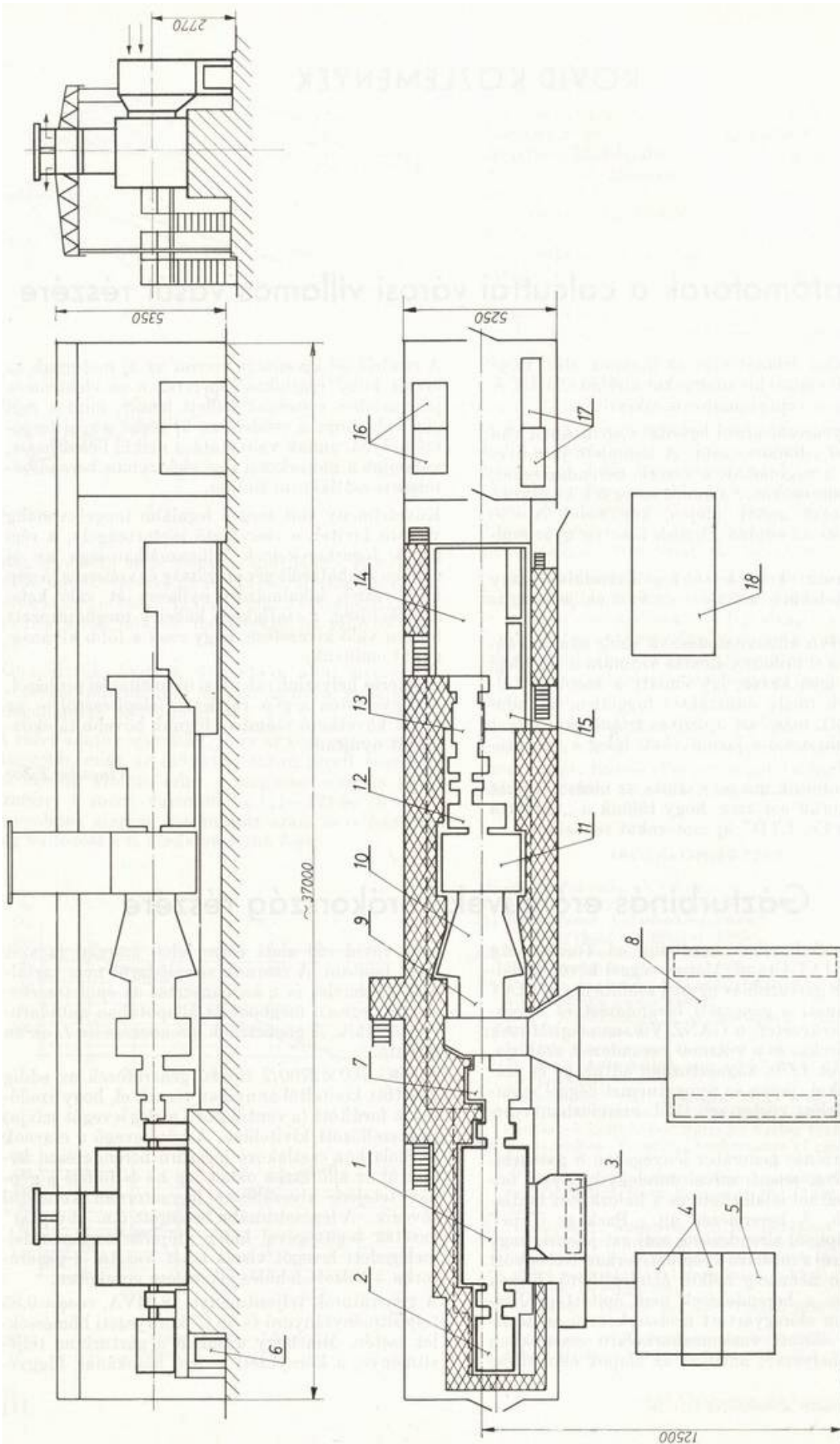
Gázturbinás erőművek Törökország részére

1971. szeptemberében kezdődött el Törökország részére a FIAT Grandi Motori céggel közös vállalkozásban 8 gázturbinás egység szállítása. A FIAT a gázturbinát, a gépészeti berendezést és a gépcsarnok szerkezetet, a GANZ Villamossági Művek a generátorokat és a villamos berendezést szállítja. Az ajánlatot 1970. augusztusban adtuk be és számos amerikai, japán és nyugatnémet céggel szemben a rendelést véglegesen 1971. márciusban nyertük el.

A 8 gázturbinás generátor lényegében 8 gázturbinás erőművet jelent, mivel mindegyik egység önállóan is bárhol felállítható és a hálózathoz csatlakoztatható. A berendezés ún. „Package Type” (csomag típusú) elrendezésű, ami azt jelenti, hogy

egyik helyről a másikra az épületszerkezettel együtt különösebb nehézség nélkül áttelepíthető. Ennek megfelelően a berendezések nem épített gépházban, hanem előregyártott acélszerkezetű és hőszigeteléssel ellátott vaslemez-burkolatú csarnokban vannak elhelyezve, amelyet az alapok elkészítése után rövid idő alatt össze lehet szerelni, és szét lehet bontani. A csarnok szerelődarut nem tartalmaz, a szerelés és a karbantartás az épületszerkezet részlegesen megbontott állapotában autódaruval történik. A gépcsarnok elrendezése az 1. ábrán látható.

Az OG 760*2700/2 típusú generátorok az eddig gyártott kivitelől annyiban térnek el, hogy szellőzésük fordított (a ventilátor a meleg levegőt szívja) és átszellőzött kivitelűek.



1. ábra. Erőmű elrendezés.

1. Generátor
2. gerjesztőgép
3. generátor légszűrő
4. 10 kV-os kapcsolóberendezés
5. háziüzemi transzformátor
6. legerjesztő berendezés
7. fogaskerék hajtómű
8. turbina légszűrő
9. kompresszor
10. turbina kiömlés
12. forgatómű
13. indító dízelmotor
14. turbina segédüzem
15. turbina olajtartály
16. turbina és generátor vezénylőtábla
17. 400 V-os kapcsolóberendezés
18. olajhűtők.

de normálisan a turbinát kb. 10 percre még melegíteni célszerű. Ezzel együtt az automatikus indítás és szinkronozás, valamint a turbina felterhelése a kívánt teljesítményre kb. 20 percet vesz igénybe. A berendezések 1972-től kezdve kerültek üzembe

részint az Izmir-i energiahálózat csúcspotyaszttásának kielégítésére, részben pedig Seydisehir-i alumíniumkohó szükségenergia forrásaként.

Márton Lóránd

150 MW-os turbógenerátor Lahti részére

A GANZ Villamossági Művek 1972-ben külkereskedelmi téren jelentős sikert ért el: a finnországi Lahti város hőerőműve részére 150 MW-os turbógenerátor szállítására kapott megrendelést. Az erőmű beruházási költségeiben kb. fele-fele arányban vesz részt Lahti város tanácsa és a legnagyobb finn villamosmű társaság, az Imatran Voima Osakeyhtiö (Imatra Power Company).

A gőzturbinát az Elblag-i ZAMECH lengyel gyár szállítja. A szerződés lengyel részről az ELEKTRIM, magyar részről a TRANS-ELEKTRO külkereskedelmi vállalatok, finn részről pedig a Lahden Lämpövoima Oy (Lahti város villamosműve) között jött létre 1972. június 29-én. (Lahti városa kb. 100 km-re fekszik Helsinkitől északkeletre.)

Az ORV 150 típusjelzésű generátor műszaki adatai a következők:

Látzólagos teljesítmény	167 MVA
Kapocsfeszültség	21 kV
Frekvencia	50 Hz
Fordulatszám	3000/perc
Teljesítménytényező	$\cos\varphi=0,9$
Gáztúlnyomás	3 kp/cm ²
Rövidzárási viszony	0,55

A generátor pajzscsapágyas elrendezésű. Az állórészház három részből áll: a középső rész tartalmazza a lemeztestet és a közvetlen vízűtésű sztátor tekercselést, a két szélső pedig a négy függőleges gázűtőt, a csapágyakat és a tengelyházakat. A generátor körvonalrajza az 1. ábrán látható. A hegesztett szerkezetű állórészház gáztömör és nyomásálló kivitelű. A gázűtők sárgaréz vízcsöveit rézhuzal bordázat veszi körül. A hűtők vízszükséglete: 300 m³/óra.

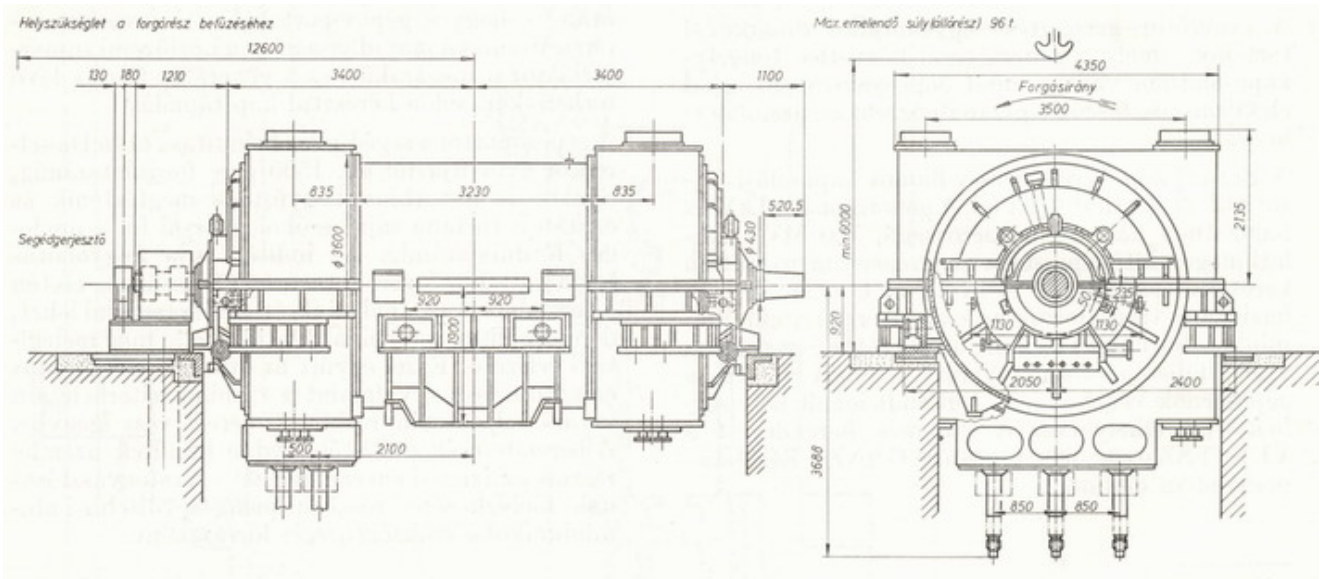
Az állórész lemeztestet radiális szellőzőrések osztják csomagokra. A lemeztet anyaga 0,35 mm vastag, kis veszteségi számú dinamólemez.

A kétréteges állórésztekercselés kúpevolvens fejekkel zárlatbiztos kivitelben készült. A rudak hőálló szigeteléssel ellátott elemi szálakból vannak összeállítva, melyek közül minden harmadik szál üreges, ezekben áramlik kb. 1 m/mp sebességgel a hűtővíz. A rudak szigetelése ISOTENAX eljárással készült. A rudak vízkamráihoz poly-tetrafluor-etylen csövek csatlakoznak. Gyárunknak ez az első ISOTENAX szigetelésű állórész tekercselése, ezért az a francia ALSTHOM cég belforti gyárával közösen készült. A tekercshűtővíz mennyisége: 10 l/mp. A turbógenerátor forgórésze nagyszilárdságú ötvözött acélból készült. A radiális hornyokat könnyűfém ékek zárják le. A forgórész tekercselés közvetlen gázűtésű, a hűtőgáz a vezetők hosszirányára merőleges csatornában áramlik. A hűtőgáz bevezetése a légrésből a hornyokba, illetve onnan vissza a légrésbe a „gap-pick-up” elvnek megfelelően az ékek furatain keresztül történik. A tekercsfejek gázellátására külön szellőzők szolgálnak. A hűtési rendszer a GANZ Villamossági Művek szabadalma. A forgórész tekercsfejeket nagyszilárdságú anti-mágneses acélból készült gyűrűk tartják.

A generátor szellőzési rendszere a légrésszellőzés és a tangenciális szellőzés kombinációja.

A tengelyvégek tömítésére axiális elrendezésű, két-kamrás tengelyházak szolgálnak.

A generátor statikus gerjesztő berendezését az erőmű 6,3 kV-os segédüzeméről táplálják megszakítón és transzformátoron keresztül. A gerjesztőberendezés vezérelt egyenirányítókából áll, háromfázisú hídkapcsolásban, az egyes ágakban több párhuzamosan kapcsolt elemmel.



1.ábra

A tirisztorok gyűjtőkörét elektronikus feszültség-szabályozó vezérli. A szabályozó a generátor állórész mérő-váltóihoz csatlakozik.

A feszültség-szabályozó és az egyenirányító gyűjtőkörét a generátor tengelyére mereven csatlakozó állandó mágneses segédgerjesztő táplálja, melynek teljesítménye 1,0 kVA, frekvenciája 400 Hz.

A generátorhoz tartozó és azzal együtt szállított segédberendezések a következők:

A *gázellátó berendezés* a gépnek hidrogénnel való feltöltésére, az előírt gáznyomás és tisztaság fenntartására, valamint a hidrogénnek a generátorból való eltávolítására szolgál.

A *zárolajellátó berendezés* a tengelyzár olajellátását végző szivattyúból, az olaj gáztalanítására szolgáló készülékből és olajhűtőkből, stb. áll.

A *tekereshűtővíz ellátó berendezés* a lágy vizet zárt körfolyamatban cirkuláltatja a tekerceslésen és a hűtőkön keresztül. Valamennyi a vízzel érintkezésbe kerülő alkatrész rozsdamentes anyagból készült.

A GANZ Villamossági Művek szállítja a generátor védelmi berendezéseit is mérőváltókkal, műszerekkel stb. együtt.

A turbina-generátor gépcsoport terhelés felvételi sebességét a gőzturbina határolja.

A Lahti város számára kifejlesztett új generátortípus a GANZ Villamossági Műveknek már második 150 MW-os géptípusa. Az újabb típus létrehozását a rendelő által kívánt 21 kV feszültség, az előírt rövidzárási viszony és az ISOTENAX szigetelés bevezetése tette szükségessé. A régebbi géphez képest az aktív részek villamos és mágneses kihasználása lényegesen nagyobb, ami főleg a GANZ rendszerű forgórészűtés alkalmazásával

vált lehetővé. Az új típus legnagyobb emelési súlya (állórész) 100 t alá volt csökkenthető. A forgórész-tekerceslés túlmelegedése a nagyobb gépkihaszná-lás ellenére sem éri el a régebbi típusnál fellépő túlmelegedést.

Mindkét forgórész külső átmérője 1 m.

A két géptípus fontosabb összehasonlító adatai az alábbi táblázatban láthatók.

	Régi típus	Új típus
Látzólagos teljesítmény MVA	176,5	167
cosφ	0,85	0,9
Kapocsfeszültség (kV)	18	21
Rövidzárási viszony	0,65	0,55
$\frac{D^2 Ln}{kVA}$ kihasználási tényező $\left(\frac{m^3}{perc, kVA}\right)$	0,089	0,075
Állórészsúly (t)	132	96
Forgórészsúly (t)	36,6	32
Generátor összsúlya (t)	195	205
Rotortekercselés túlmelegedése részleges névl. Terhelésnél hideg gáz felett (°C)	kb. 65	kb. 33
Hatásfok (%) (mérés)	98,46	98,46
Állórész-szerkezet	egyrészes	háromrészes
Csapágyazás	bakcsapágy	pajzscsapágy

A generátort - mely eddigi legnagyobb exportra készült turbógenerátorunk - 1974. végén szállítottuk le és üzembehelyezésére 1975-ben kerül sor.

Dr. Asztalos Péter

Hírek

1975-ben ünnepli a Magyar Elektrotechnikai Egyesület alapításának 75 éves évfordulóját. Az európai egyesületek sorában az elsők között megalakult magyar Egyesület az elektrotechnika művelőinek hazánk határain kívül is jól ismert kiválóságai alapították. Így Ziperovszky Károly, a Ganz Villamossági Gyár kitűnő mérnöke, a transzformátor egyik feltalálója, a budapesti Műegyetem első elektrotechnika professzora, aki nemcsak alapítója, de ez után több évtizeden át elnöke is volt az Egyesületnek; Bláthy Ottó Titusz, aki szintén a Ganz Gyár mérnöke volt, és a transzformátor feltalálásán kívül számos egyéb találmány (pl. villamos fogyasztásmérő, generátor-feszültség szabályozó) is fűződik nevéhez; Déri Miksa, akinek a nevét ugyancsak a transzformátor feltalálásával kapcsolatban említik Bláthy és Ziperovszky mellett, ezenkívül azonban mint a Ganz Gyár mérnöke, egyéb találmányokkal pl. a Déri-féle repulziós motorral is híressé tette nevét; Kandó Kálmán kiváló Ganz gyári mérnök, az első európai villamosított nagyvasúti vonal, az olaszországi Valtellina vasút tervezője és kivitelezője, az 50 Hz-es egyfázisú villamos vontatási rendszer bevezetője, a fázis és periódusváltós villamosmozdony feltalálója; Puskás Tivadar, Edison tanítványa, a telefonközpont létrehozója.

Az elektrotechnikának azonban már az egyesület megalakulását megelőzően is voltak kiváló magyar művelői, így pl. Jedlik Ányos fizikus, aki már 1828-ban készített soros és párhuzamos gerjesztésű kommutátoros forgógépet, 1861-ben - a világon elsőként - írta le a dinámóelvet, és a mai impulzusgenerátorok feszültségcsorozzó elvén alapuló saját készítésű berendezésével már 1873-ban 60 cm-es szikrát tudott előállítani.

A magyar elektrotechnikai találmányok sorozata azóta is folytatódik és gazdagítja a világot. Az elmúlt időszak nagy alkotásai közül csak a vízű hűtéses generátort és a wolfram és krypton lámpákat említjük meg.

A fejlődés során az elektrotechnikának számos új ága alakult ki, ezeknek művelőit külön egyesületek (híradástechnikai, mérés-technikai, automatizálási, számítástechnikai egyesületek) fogják össze. A Magyar Elektrotechnikai Egyesület jelenleg csak az erősáramú elektrotechnika (energiaellátás, villamosgép-gyártás, közlekedés stb.) szakembereit egyesíti, részt vesznek az Egyesület munkájában természetesen az oktató- és kutató intézetek munkatársai is. Az egyesületnek jelenleg 4500 tagja van. A 75 éves évfordulóról az Egyesület 1975 június 10-én ünnepi ülésen emléke-

zik meg, majd június 11-én és 12-én kiváló külföldi és hazai szakemberek tartanak előadásokat az elektrotechnika fejlődéséről 1900-tól napjainkig és a 2000-ig várható perspektíváról. Az előadások többek között az európai és magyar kooperáló hálózatokkal, a 750 kV-os energiaátvitellel, az atomerőművek várható fejlődésével, turbógenerátorok, transzformátorok, nagyfeszültségű készülékek és a villamos vontatás problémáival fognak foglalkozni.

Több mint tíz éves a kapcsolat a GANZ Villamossági Művek és a berlini Bergmann Borsig gépgyár (VEB Bergmann Borsig/Görlitzer Maschinenbau, Berlin) között. Az első évek műszaki tapasztalatcseréi után, öt évvel ezelőtt sor került egy műszaki-tudományos együttműködés megkötésére. A szerződés keretein belül a két fél szakemberei az egymást kölcsönösen érdeklő, fontos kutatási-fejlesztési témákkal foglalkoznak. A konzultációkat felváltva Budapesten és Berlinben bonyolítják le. A legutóbbi budapesti konzultáción, amelyet a GANZ Villamossági Művek Laboratóriuma vezetett, turbógenerátorok mechanikai számításairól tárgyaltak.

A közös munka eredményeképpen már eddig is több olyan téma kidolgozása vált lehetővé, amelyeknek megoldására az együttműködő feleknél külön-külön hiányzott a szükséges kutató-fejlesztő kapacitás (pl. bandázssapka szilárdsági számítása, forgórész-tömb szilárdsági számítása, feszültség-optikai vizsgálatok stb.)

*

Sikerrel lezajlottak az algériai exportra készült 60 kV-os transzformátorok átadási próbái. Három különböző (5000, 20000 és 25000 kVA-es) típusból összesen kilenc egységet gyártottunk. A transzformátorok különlegessége, hogy a nagyfeszültségű oldali terhelés alatti feszültség szabályozáson kívül a kisfeszültségű (30 ill. 11 kV-os) tekercselések megcsapolásaival is lehet feszültséget szabályozni. Az átadási próbák között a részleges kisülések vizsgálata is szerepelt.

*

Sikerrel fejeződtek be 1974. őszén az első 21 kV-os (ISOTENAK szigetelésű) 150 MW-os turbógenerátor átadási mérései. A turbógenerátort finnországi megrendelésre gyártottuk.

Március közepén befejeződtek az 5000 LE-s tirisztoros villamosmozdony első prototípusának vonali próbái. Az első prototípus 1000000 km-es közforgalmi tartampróbái áprilisban, a második prototípusé májusban kezdődnek.

*

1975 folyamán két darab 225/12 kV feszültségátviteli, 40 MVA teljesítményű transzformátort és két darab 220/150 kV feszültségátviteli 57 MVA átmenő teljesítményű takarékkapcsolású transzformátort szállítunk Algériába. A 40 MVA-es transzformátorok 150 kV-ra is átkapcsolhatók és feszültségük terhelés alatt szabályozható.

*

A GANZ Villamossági Művek megrendelést kapott Irak-ból 30 db 33/11kV-os, 500 MV A-es zárlati teljesítményű alállomás 1975. évi leszállítására az ottani állami elektromos művek részére. 5 db ugyanilyen alállomást iraki magánvállalatok rendeltek meg.

*

A GANZ Villamossági Művek 2 db 30 MW-os gázturbinás turbógenerátor berendezést gyárt DUBAY-i megrendelésre. A berendezéseket 1975. végén szállítjuk le.

*

66 és 33 kV-os kapcsoló berendezéseket és transzformátorokat szállít 1976. folyamán a GANZ Villamossági

Művek az Uruguay-i villamos-művek részére alállomás bővítés céljára.

*

2000 MV A-es, 120 kV-os kisolajterű megszakítót fejlesztett ki a GANZ Villamossági Művek. A megszakító gyári próbái folynak, ezek befejeztével kerül sor a zárlati próbákra, amelyeknek nagy részét a VEIKI (Villamosenergiaipari Kutató Intézet) szintetikus próbaállomásán fogják végrehajtani.

*

Nagytranszformátorok néhány különleges problémájával (a gazdaságos vasmagkialakításnak, a tekercselési típus helyes megválasztásának és a melegeedésnek kérdéseivel) foglalkozott a CIGRÉ (Conférence Internationale des Grands Réseaux Electriques a Haute Tension) 1974. évi ülészakán szerepelt egyik tanulmány, amelynek szerzői a GANZ Villamossági mérnökei. (Kiss L.-Szita I.-Ujházy G.: Some characteristic design problems of barge power transformers. Rep. 12-07)

*

A GANZ Villamossági Művek nagyteljesítményű, nagyfeszültségű transzformátorainak kifejlesztése során kidolgozott számítási eljárásokat és méretezési alapelveket ismerteti a Műszaki Könyvkiadó kiadásában megjelent „Nagytranszformátorok” című könyv. (Szerzői: Karsai K. Kerényi D. és Kiss L.)

Felelős kiadó: Papp György vezérigazgató
A kiadvány a Közigazgatási és Jogi Könyvkiadó gondozásában jelent meg.
Műszaki vezető: Büchler Alfréd
R/6210
75/3698. Franklin Nyomda, Budapest. Felelős: Vágó Sándorné igazgató.



GANZ

VILLAMOSSÁGI
MŰVEK

1024. BUDAPEST, II., LÖVŐHÁZ UTCA 39.
TELEFON: 158-210, TELEX: 22-5363