

BULLETIN
DES USINES ÉLECTRIQUES

GANZ
VILLAMOSSÁGI KÖZLEMÉNYEK

4. SZÁM

GANZ

VILLAMOSSÁGI
KÖZLEMÉNYEK

4. SZÁM

BUDAPEST 1966

GANZ VILLAMOSSÁGI KÖZLEMÉNYEK

4. szám. 1966

TARTALOM

KERTAY Zoltán - TÉBY Lajos: Villamos mozdonyok és motorkocsik tervezési kérdései.....	4
KOVÁCS Kálmán: A MÁV 3000 LE-s szilícium egyenirányítós villamos mozdonya	20
FISER József: DVM 8 típusú 800-1000 LE-s diesel-villamos mozdony villamos berendezése.....	37
Dr. JEKELFALUSSY Gábor: A nagyvasúti vontatómotorok fejlesztésének alapproblémái	46
MERGL István: Új vasúti készülécsaládok	55
MOLNÁR István: Vasúti áramszedők fejlesztési irányvonala	62
Dr. KÖVESSI Ferenc: Félvezetők alkalmazása a Ganz Villamossági Művek 3000 LE-s egyenirányítós mozdonyán és az alkalmazás távlatai.....	76
RÖVID KÖZLEMÉNYEK:	
Gyárunk tevékenysége a helyi közlekedés járműveinek területén (G. P.).....	88
Mérőtranszformátorok 60-400 kV-ra (Gábor Károly).....	89
Készülnek a gödi alállomás 400 kV-os berendezései (Szita - Gábor - Philippovich).....	94
Jansen rendszerű fokozatkapcsolók szabályozós transzformátorok részére (Sárdi István)	96
Kísérleti hidrogén- és vízhűtéses turbógenerátor (Hörcher Frigyes).....	103
A bánhidai erőmű 100 MW-os turbógenerátora (Dr. Asztalos Péter)	105
Mágneses erősítő-félvezető feszültséggyorsszabályozó (Dr. Tuschák Róbert).....	108
Új nagyteljesítményű, szabadtéri, kétékerű motorok (Géring Tibor)	110
HÍREK.....	111

Címlapképeink:

Az „Arbeitsgemeinschaft” licenciája alapján gyártott
3000 LE 50 Hz Si-egyenirányítós villamos moz-
dony. Nyolctengelyű, háromrészes csuklós közúti
villamos motorkocsi.

Utánnymás és a képanyag felhasználása a szerkesz-
tőbizottságtól nyert engedély alapján, a forrás meg-
adásával lehetséges.

KERTAY ZOLTÁN ÉS TÉBY LAJOS

Villamos mozdonyok és motorkocsik tervezési kérdései

A villamos mozdonyok és motorkocsik a legbonyolultabb szerkezetű ipari termékek közé tartoznak, és tervezésük a különleges műszaki problémák egész sorát veti fel. A vasúti járművek rendkívüli súly- és helyviszonyai miatt a méretezés alapelvei több szempontból különböznek a helyhez kötött berendezések méretezésénél kialakult gyakorlattól. A tervezés során többnyire egymással ellentétes követelményeket kell úgy összehangolni, hogy az eredmény mind műszaki, mind gazdasági szempontból kielégítő legyen.

Ismeretes, hogy a villamos mozdonyok összsúlyát a megengedett tengelynyomás adott értékre határozza, és a gépi berendezés beépítésére, rendelkezésre álló hely is korlátozott. Abból a célból ugyanis, hogy a mozdony súly minél nagyobb részét lehessen a villamos berendezés számára hasznosítani, a járműszerkezeti rész súlyát a biztonsági határok figyelembevételével a megvalósítható legkisebb értékre kell leszorítani, ami természetesen kihat a mozdony méreteire (hosszára) is. Ezzel szemben a teljesítmény- és sebesség-igények állandóan nőnek. Mind nagyobb és nagyobb teljesítményű gépi berendezést kell a villamos mozdonyokba beépíteni és a járműszerkezeti részt úgy kell megtervezni, hogy a sebesség növekedésével fokozódó mértékben növekvő dinamikus igénybevételeknek és futásjósági követelményeknek megfeleljen, illetőleg maradéktalanul eleget tegyen.

A teljesítményigénytől részben függetlenül nő a vonóerőigény is, mivel a vasúttársaságok a vontatás gazdaságossága érdekében állandóan növelik a vontatott szerelvények súlyát. Helyesen méretezett gépi berendezés esetén a vonóerő kifejtését csak a mozdony tapadása korlátozhatja, ezért a vonóerők növekedése adott mozdony súly mellett csak a mozdony tapadás-kihasználásának javításával érhető el. A tapadás-kihasználás javítása ma világszerte az érdeklődés előterében álló műszaki probléma, amelynek kielégítő megoldása mind a villamos berendezés, mind a járműszerkezeti rész alapvető tervezési feladatai közé tartozik.

A villamos motorkocsik súly- és helykérdése - bár nem teljesen azonos formában, mint a mozdonyoké - szintén felvetődik. A motorkocsi a mozdonyal ellentétben elsősorban utasszállító jármű, ezért a tervezéskor arra kell törekedni, hogy a gépi berendezés az utastérből csak az elkerülhetetlenül szükséges férőhelyet (pl. vezetőfülke) vegye igénybe, és a főáramú berendezés - a váltakozóáramú motorkocsik transzformátorát is beleértve - teljes egészében a padló alá legyen beépíthető. Ugyanakkor a korszerű motorkocsi járműszerkezeti részének tervezésekor a padló sínfej fölötti magasságát forgalomtechnikai és kényelmi szempontok miatt a megvalósítható minimumra kell leszorítani. A villamos berendezést a padló alatt ily módon kiadódó rendkívül szűk helyre kell beépíteni. Ezen felül, mivel a legkorszerűbb és legmegbízhatóbb villamos berendezés sem nélkülözheti a rendszeres karbantartást, gondoskodni kell arról is, hogy a karbantartásra vagy időnkénti ellenőrzésre szoruló elemek kényelmesen hozzáférhetők legyenek.

A villamos berendezés súlya motorkocsiknál is korlátozott, mivel a megengedett tengelynyomás - különösen az elővárosi motorkocsiké - általában kisebb a villamos mozdonyok tengelynyomásánál, és a jármű utasszállító jellegéből adódóan a villamos berendezés az összsúlynak (beleértve az utasterhelést is) csak lényegesen kisebb részét teheti ki, mint a mozdony villamos berendezése.

Ugyanakkor a motorkocsik teljesítményigénye is állandóan nő, mivel az elérhető utazási sebességet elsősorban a beépített gyorsító teljesítmény szabja meg.

A villamos járművek teljesítményének növekedése a gépi berendezéssel szemben különleges és sokszor tökéletesen meg sem oldható tervezési problémákat vet fel. Adott súlyviszonyok mellett a teljesítmény csak a gépek fokozott kihasználásával, a villamos, mágneses, termikus és mechanikai igénybevételek határértékeinek mind nagyobb mértékű megközelítésével növelhető. A kihasználás fokozása és az igénybevételek növelése azonban nem

mehet az üzembiztosság rovására, mivel az üzembiztosság a vasúti üzemben a korszerű vontatási jellemzőkkel egyenértékű követelmény.

Ugyanakkor a vasúti üzem a legkényesebb üzemek egyike, és az üzemi körülmények - különösen a vontatómotor számára - a lehető legkedvezőtlenebbek. Szélsőséges időjárási viszonyok hatása, nagy és sűrűn ismétlődő, számíttással alig követhető dinamikus igénybevételek, a nedvesség és szennyeződés elleni védekezés nehézségei és végül a kezelés és karbantartás körülményei a villamos berendezés számára együttesen a legnehezebb üzemi viszonyokat létesítik.

A nedvesség (eső, hó) behatolása elleni védekezés és az elszennyeződés megakadályozása villamos mozdonyokon a teljesítmények növekedése miatt egyre súlyosabb problémát jelent. A teljesítmények növekedése maga után vonja a gépek szellőző levegőmennyiségének növekedését is, és szinte megoldhatatlan a felhasznált nagymennyiségű hűtőlevegő olymértékű szűrése, vagy tisztítása, hogy a nedvesség és por rendkívüli időjárási viszonyok között se hatoljon be a gépek belső részébe. Ezért a villamos berendezés tervezésekor eleve számolni kell bizonyos nedvesség és szennyezőanyag behatolásával, a gépek szellőzési rendszerét úgy kell kialakítani, hogy a por és nedvesség ne tudjon felgyülemelni, a szigetelést és a forgógépek csapágyszárát pedig úgy kell megtervezni, hogy a bejutó nedvesség és szennyezés ne okozzon üzemzavarokat.

Külön problémát jelent a hűtőlevegő biztosítására szolgáló szellőzők zajának csökkentése, illetve elviselhető értéken való tartása. A zaj egy bizonyos határ fölött a mozdonyszemélyzet maradó hallásvesztését okozhatja, ezért balesetveszélyt rejt magában, másrészt pedig a pályaudvarokon az utazóközönséget zavarhatja, ami a kulturált közlekedés elveivel ellenkezik.

Villamos motorkocsikon a külső ártalmak (nedvesség, por) elleni védekezés a kisebb teljesítmények miatt általában kisebb nehézséget jelent, azonban az a követelmény, hogy a villamos gépek és szellőzők zaja ne haladja meg az elviselhető határt, még fokozottabban jelentkezik.

A villamos mozdonyok és motorkocsik villamos berendezése az erőátviteli elemek mellett számos olyan segédberendezést és alkatrészt tartalmaz, amelynek célja részben az erőátviteli szervek ki-

szolgálása, részben pedig a vezetés biztonságának és a kezelés egyszerűségének biztosítása (segédüzemi gépek, készülékek, vezérlő-szabályozó- és védőberendezések stb.). Az egyre fokozódó biztonsági követelmények, valamint az a helyes célkitűzés, hogy a berendezés kezelése minél egyszerűbb legyen, együttesen azt eredményezik, hogy a teljes villamos berendezés az erőátvitel egyszerűsége ellenére mind bonyolultabbá válik. A villamos berendezésben ma már az erősáramú gépek és készülékek mellett a korszerű szabályozástechnika elemei (transzduktorok, Si-diódák, Zener-diódák, tirisztorok stb.) is mind nagyobb számban szerepelnek, mivel az igényeket csak korszerű vezérlő berendezésekkel és automatikákkal lehet kielégíteni. A villamos berendezés így a villamosipari termékek széles skáláját tartalmazza. Ez a körülmény a járművek karbantartását nehezíti, megfelelő szakképzettségű és a technika fejlődésével lépést tartó személyzet biztosítása ugyanis nagy gondot jelent a vasúttársaságoknak.

Bár az eddig elmondottakból már következik, szeretnénk kiemelni, hogy a tervezéskor milyen fontos szempont a villamos berendezés és a járműszerkezeti rész összhangjának biztosítása. Különösen vonatkozik ez a megállapítás az erőátvitelben szerepet játszó alkatrészekre (vontatómotor, hajtás, kerékpárok stb.). Csak szoros tervezési együttműködéssel érhető el, hogy a kifejlesztett jármű valóban megfelelően rendeltetésének. Hiába terveznénk a legkorszerűbb villamos berendezést, ha a járműszerkezeti rész megfelelő vonóerő kifejtését nem tenné lehetővé, és hiába terveznénk korszerű, kiegyenlített, jó futási tulajdonságokkal rendelkező futóműveket, ha a nem megfelelően méretezett, vagy nem kellően összehangolt villamos berendezés a vonóerőt a tapadási határnál kisebb értékre korlátozná.

A fenti problémák felvetésével arra kívántunk rámutatni, hogy a villamos mozdonyok és motorkocsik tervezése során milyen bonyolult és sokrétű feladatokat kell a tervezőknek és szerkesztőknek megoldani. A következőkben a mozdonyok és motorkocsik vontatási jellemzőit és a vontatási jellemzők közötti azon összefüggéseket elemezzük, amelyek alkalmasak a gépi berendezés fő adatainak meghatározására, tehát a részletes tervezés alapját teremtik meg.

A. Villamos mozdonyok

A villamos mozdony feladata részben az áruszállítás, részben a személyszállítás. A villamos mozdony férőhely hiányában közvetlen áru- vagy személyszállításra nem alkalmas, ezért feladatát szerelvények vontatásával oldja meg. A vontatási feladatok rendkívül sokoldalúak: a legkülönbözőbb súlyú és összetételű szerelvényeket kell vontatni a nehéz tehervonatoktól a könnyű, de nagy sebességű személyvonatokig, a legváltozatosabb pályaviszonyok mellett.

A mozdony rendeltetése szerint tehervonati, gyorsvonati és vegyes forgalomra szánt ún. egységmozdonyokat különböztetünk meg. Tanulmányunkban a villamos vontatás alapfogalmait, fizikáját, fejlődéstörténetét és a fejlődés mai állását ismertnek tételezzük fel, és további vizsgálatainkat elsősorban a világszerte legkorszerűbbnek tartott 50Hz Si-egyenirányítós villamos mozdonytípusra alapítjuk.

Mielőtt részletesen vizsgálnánk a villamos mozdony fő vontatási jellemzőit és a vontatási jellemzők közötti összefüggéseket, célszerűnek tartjuk röviden összefoglalni a különféle rendeltetésű mozdonyok vontatási feladatait.

A tehervonati mozdonyok elsőrendű feladata nehéz tehervonatok indítása és továbbítása, ezért legfontosabb jellemzőjük a nagy indító vonóerő. A tehervonati mozdony indító vonóerejét csak a mozdony tapadása korlátozhatja. A tehervonati mozdonyokra jellemző még, hogy legnagyobb sebességük a vontatási feladatokkal összhangban viszonylag kicsi, és a beépített névleges teljesítmény a felső sebességtartományban már nem használható ki. Bizonyos sebességhatárok között a mozdony túlterhelhető, azonban a túlterhelés mértékét a tapadás korlátozza.

A gyorsvonati mozdonyokra jellemző, hogy indító vonóerejük kisebb, legnagyobb sebességük pedig nagyobb, mint a tehervonati mozdonyoké, és névleges teljesítményük a legnagyobb sebességen (vagy annak közelében) is kifejtendő, kisebb sebességeken pedig a berendezés jelentősen túlterhelhető.

Az egységmozdonyok feladata tehervonatok és személyvonatok továbbítása, ezért az ideális egységmozdonynak a tehervonati és gyorsvonati mozdony jellemző tulajdonságait kellene magában egyesítenie. Az ideális egységmozdonyt tehát azzal

jellemezhetjük, hogy indító vonóereje és sebessége nagy, névleges teljesítményét a legnagyobb sebességen is ki tudja fejteni és kisebb sebességeken erősen túlterhelhető. Mint látni fogjuk, ezen követelmények kielégítése súlyos műszaki nehézségekbe ütközik és általánosságban nem is teljesíthető, ezért ideális egységmozdonyt eddig még nem sikerült megvalósítani. Ennek ellenére a fejlődés iránya - a legnagyobb sebességű mozdonyoktól eltekintve - elsősorban az egységmozdonyok felé mutat, aminek természetes magyarázata az egységmozdonyok felhasználásának sokoldalúságában és abban az előnyben rejlik, hogy a vasutak egységmozdonyok alkalmazása mellett vontatási feladataikat kevés mozdonytípussal meg tudják oldani.

A fenti, kizárólag a legjellemzőbb tulajdonságokra szorítkozó összehasonlításból azt a következtetést is levonhatjuk, hogy a tehervonati és gyorsvonati mozdony egymásból viszonylag egyszerűen le származtatható. Adott tehervonati, illetve gyorsvonati mozdonyból ugyanis - feltételezve, hogy a vontatómotorok és kerékpárok közötti áttétel bizonyos határok között szabadon választható meg - a másik mozdonytípus egyszerűen az áttétel módosításával előállítható. Jó egységmozdony viszont általában sem tehervonati, sem gyorsvonati mozdonyból nem alakítható ki. (Megjegyezzük, hogy az egységmozdonyok megvalósítására irányuló törekvések során már több olyan mozdonytípust fejlesztettek ki, amelyeken a tehervonati, illetve gyorsvonati jelleg a beépített kétfokozatú sebességváltóval álló állapotban egyszerűen beállítható.)

1. Egységmozdonyok.

A következőkben megvizsgáljuk az ideális egységmozdony kialakításának lehetőségeit. Az egységmozdonyal szemben támasztott követelmények - részletesebben kifejtve a már felsorolt fő jellemzőket - az alábbiakban foglalhatók össze:

a) A mozdony tapadási tulajdonságai legyenek a lehető legkedvezőbbek abból a célból, hogy a mozdony minél nagyobb indító vonóerőt tudjon kifejteni és hogy a villamos berendezés által biztosított túlterhelési lehetőség a változó tapadási vi-

szonyok ellenére minél nagyobb valószínűséggel kihasználható legyen.

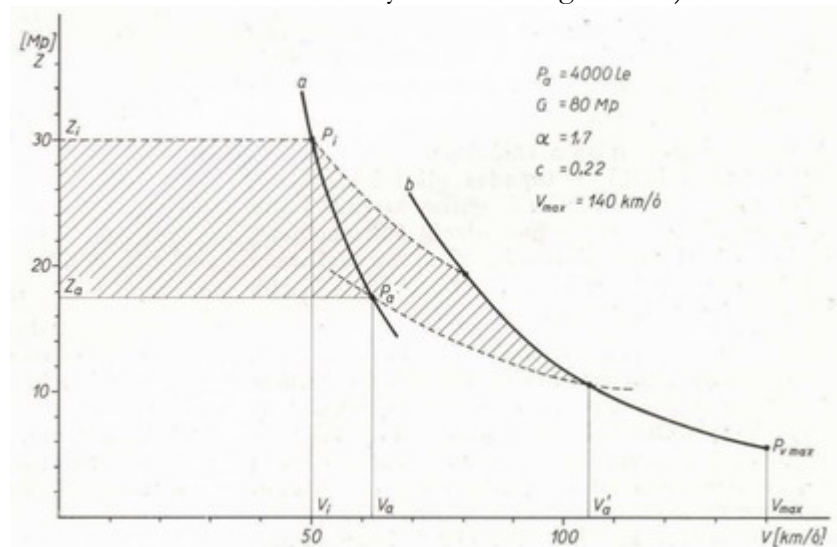
b) A mozdony állandó vonóereje érje el a tapadó súly 20-22%-át, és a villamos berendezés a legkedvezőbb tapadási viszonyok között is tegye lehetővé az indító vonóerőnek a tapadás határáig való kifejtését.

c) A mozdonyba beépített névleges teljesítmény minél tágabb sebességtartományban, lehetőleg még a legnagyobb sebességen is legyen kifejthető és kisebb sebességeken a berendezés legyen nagymértékben túlterhelhető.

2. Vonóerő-sebesség jelleggörbék.

Mivel további megfontolásaink legjobban a vonóerő-sebesség jelleggörbén követhetők, vizsgáljuk meg egy korszerű 50 Hz Si-egyenirányítós villamos mozdony vonóerő-sebesség jelleggörbáját és értelmezzük annak egyes szakaszait és jellegzetes pontjait (1. ábra).

(Megjegyezzük, hogy a vonóerő-sebesség jelleggörbe mindig meghatározott felsővezeték-feszültségre vonatkozik. Ez általában a névleges felsővezeték-feszültség, de - a rendelő kívánságára - annál alacsonyabb feszültség is lehet.)



1. ábra

A Z_a állandó vonóerő a villamos mozdonyok jellemzésére általánosan használt azon vonóerő, amelyet a mozdony a V_a állandó sebesség alatt bármely sebességen tetszés szerinti ideig ki tud fejteni anélkül, hogy villamos gépeinek melegezése túllépné a megengedett értéket.

P_a a mozdony gépi berendezésének méretezési alapjául szolgáló állandó vagy névleges teljesítmény, az állandó vonóerő és állandó sebesség szorzata.

V_a az a sebesség, ameddig a mozdony névleges teljesítményét kifejteni képes és amely alatt villamos szempontból túlterhelhető.

Z_i az indító vonóerő, amelyet a mozdony V_i sebességig kifejteni képes, amennyiben azt a tapadási viszonyok megengedik.

P_i a legnagyobb átmenetileg megengedhető gyorsító teljesítmény, amelynek kifejtését a villamos berendezés lehetővé teszi, amennyiben azt a tapadási viszonyok megengedik.

$P_{V_{max}}$ a legnagyobb sebességen kifejtendő teljesítmény.

A vonóerő-sebesség jelleggörbén ferde vonalkázással jelölt terület a túlterhelések tartománya, amelyek kifejtését a villamos berendezés - a tapadástól függően - lehetővé teszi.

A P_i és P_a pontokat összekötő a vonal a vontatómotorok legnagyobb feszültséghez tartozó természetes jelleggörbéje teljes gerjesztéssel.

A b vonal a vontatómotorok legnagyobb feszültséghez tartozó természetes jelleggörbéje a legkisebb gerjesztéssel.

Az ábrán feltüntetett egyéb jelöléseket később értelmezzük.

A P_i gyorsító teljesítmény villamos szempontból addig a sebességig fejthető ki, amely a szaggatott vonallal berajzolt, azonos teljesítményt jelentő görbe és a b természetes jelleggörbe metszéspontjához tartozik.

A P_a állandó teljesítmény addig a V_a sebességig fejthető ki, amely az állandó teljesítményt ábrázoló szaggatott vonal és a b görbe metszéspontjához tartozik.

A mozdony gyorsítása a valóságban a túlterhelési tartományon belül, a tapadás által határolt és előre meg nem állapítható görbe szerint zajlik le mindaddig, amíg a berendezés túlterhelhető, majd a V_a sebesség fölött a b görbe azon szakaszán folytatódik, amelyhez már a névlegesnél is kisebb teljesítmények tartoznak.

Mivel a mozdonyok valóságos tapadási viszonyai a szerkezeti részletek helyes kialakítása mellett is még igen sok tényezőtől - így elsősorban az időjárási viszonyoktól és a pálya állapotától - függnének, a ténylegesen kifejtendő vonóerőket a jelleggörbén nem lehet egyértelműen feltüntetni. Mindenesetre célszerű arra törekedni, hogy a tapadás a legkedvezőbb viszonyok között is kihasználható legyen, ezért a villamos berendezést úgy kell méretezni, hogy az az indító vonóerő kifejtését még 40% körüli tapadás esetén se korlátozza. (A valóságban korszerű villamos mozdonyokkal indításkor átlagban csak 30% körüli tapadás-kihasználással lehet számolni.)

Az állandó vonóerő a V_a állandó sebesség fölött már nem fejthető ki, mivel a vontatómotorok feszültsége tovább nem növelhető. Az állandó vonóerőhöz tartozó áramot - és így az állandó teljesítményt is - továbbra is fenn lehet azonban tartani a vontatómotorok gerjesztésének csökkentésével (mezőgyengítéssel) mindaddig, míg a megengedhető legnagyobb mezőgyengítést a V_a sebességen el nem érjük. Ennél nagyobb sebességeken - mivel sem a feszültség, sem a mezőgyengítés mértéke tovább nem növelhető - az áramerősség és a teljesítmény is csökken, ami a vonóerő rohamos csökkenését eredményezi.

A vonóerő-sebesség jelleggörbe alapján még szembetűnőbb az egységmozdonnyal kapcsolatban felállított azon követelmény indokoltsága, hogy az állandó teljesítmény a legnagyobb sebességig kifejtendő legyen. A vonóerő a sebesség növekedésével még ebben az esetben is hiperbola szerint csökken, ugyanakkor - mint ismeretes - a szerelvények menetellenállása a sebesség függvényében rohamosan nő. Nehéz gyorsvonati szerelvények nagy sebességre való felgyorsítása csak akkor érhető el elfogadható idő alatt, ha a mozdony még a legnagyobb sebességen is nagyobb vonóerőt tud kifejteni, mint a szerelvény menetellenállása, tehát megfelelő vonóerő tartalékkal rendelkezik.

3. Az egységmozdony méretezése.

A vonóerő-sebesség jelleggörbe alapján vizsgáljuk meg a legnagyobb sebességhez tartozó P_v teljesítmény növelésének lehetőségeit. Vezessük be az alábbi jelöléseket:

$c = \frac{Z_a}{G}$ az állandó vonóerőnek a tapadósúlyhoz viszonyított értéke (fajlagos állandó vonóerő).

$\alpha = \frac{V'_a}{V_a}$ a legnagyobb mezőgyengítéshez és állandó teljesítményhez tartozó sebesség és az állandó sebesség viszonya.

$$V_a = \frac{0,27 \cdot P_a}{Z_a} = \frac{0,27 \cdot P_a}{c \cdot G} \quad (1)$$

ahol a P_a teljesítmény Le-ben, a G mozdony súly Mp-ban, a V_a sebesség pedig km/ó-ban értendő.

A legnagyobb mezőgyengítéshez tartozó b vonal V_a sebesség fölötti szakasza jó közelítéssel az alábbi összefüggéssel írható le:

$$V \cdot P = V'_a \cdot P_a$$

Ez az összefüggés teljesen telítetlen vontatómotorokat tételez fel, ami ugyan nem minden esetben biztosítható, azonban az összefüggés alapján számítható $P_{V_{\max}}$ teljesítmény a vizsgált esetek többségében 1-2%-ra megközelíti a tényleges értéket.

$$P_{V_{\max}} = \frac{V'_a}{V_{\max}} \cdot P_a \quad (2)$$

Mivel $V'_a = \alpha \cdot V_a$,

$$P_{V_{\max}} = \frac{V'_a}{V_{\max}} \cdot P_a = \alpha \frac{V_a}{V_{\max}} \cdot P_a = 0,27 \frac{\alpha}{c} \frac{P_a^2}{V_{\max} \cdot G} \quad (3)$$

A (3) összefüggés alkalmas arra, hogy segítségével az ideális egységmozdony kialakításának feltételeit és a vonóerő-sebesség jelleggörbe jellemző adatainak összefüggéseit kielemezzük. A vizsgálatokat legcélszerűbb konkrét feladattal kapcsolatban elvégezni. Példaként vegyük fel az alábbi kiinduló adatokat:

A feladat 20 Mp tengelynyomású, 4 tengelyű, 4000 Le névleges teljesítményű, 140 km/ó max. sebességű egységmozdony tervezése legyen.

$$G=80 \text{ Mp}, P=4000 \text{ LE}, V_{\max}=140 \text{ km/ó.}$$

Mivel fenti kiinduló adatok mellett a $P_{V_{max}}$ teljesítményt csak a c és α tényezők befolyásolják, vizsgáljuk meg, hogyan változik a $P_{V_{max}}$ teljesítmény a c tényező 0,18 és 0,22 értékei és az α tényező 1,6 és 2,0 értékei között (2. ábra). Megjegyezzük, hogy az 1. ábrán feltüntetett vonóerő-sebesség jelleggörbe ugyanezen kiinduló adatokkal és $c=0,22$, illetőleg $\alpha=1,7$ tényezőkkel készült.

A 2. ábrán a $P_{V_{max}}$ teljesítményt a c fajlagos állandó vonóerő függvényében tüntettük fel, az α tényezőt választva paraméternek. Az ábrából az alábbi következtetéseket vonhatjuk le:

- Az α tényező növelése jelentősen növeli a $P_{V_{max}}$ teljesítményt. Ha pl. α értékét változatlan állandó vonóerő mellett 1,6-ről 2,0-re sikerül növelni, a legnagyobb sebességhez tartozó teljesítmény kb. 25%-kal nő.
- A c tényező csökkentése jelentősen növeli a $P_{V_{max}}$ teljesítményt. Ha pl. a fajlagos állandó vonóerőt változatlan α tényező mellett 0,22-ről 0,18-ra csökkentjük, a $P_{V_{max}}$ kb. 22%-kal nő.
- A két tényező helyes megválasztása, illetve összehangolása esetén a példaként alapul vett mozdonyon az állandó teljesítmény gyakorlatilag a leg

nagyobb sebességig kifejtethető, sőt a mozdony esetleg kis mértékben még túl is terhelhető (a görbék pontozva feltüntetett szakaszai).

A (3) alatti összefüggés abban az esetben is jól használható, ha egységmozdony helyett adott vontatási feladat ellátására szolgáló mozdony tervezéséről van szó. Legyen pl. adott a legnagyobb sebéségen szükséges teljesítmény, illetve vonóerő, és vizsgáljuk meg, hogyan lehet ezt a vontatási feladatot a leggazdaságosabban, tehát a legkisebb névleges teljesítmény beépítésével megoldani.

A (3) összefüggésből

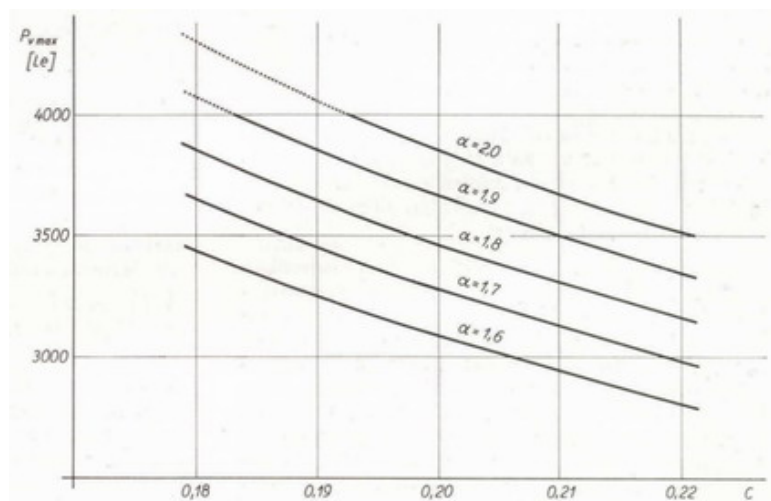
$$P_a = \sqrt{3,7 \frac{c}{\alpha} P_{V_{max}} \cdot V_{max} \cdot G} \quad (4)$$

kiinduló adataink legyenek azonosak az előző példa adataival: $G=80$ Mp, $V_{max}=140$ km/ó

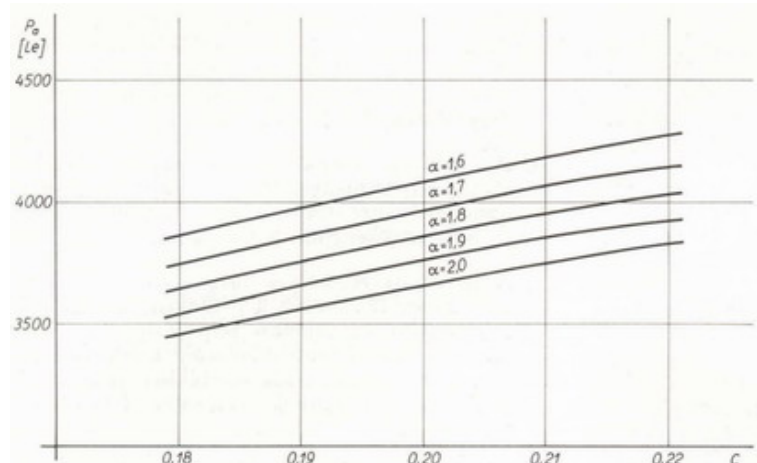
A $P_{V_{max}}$ teljesítmény legyen 3200 LE.

Mivel ezen rögzített adatok mellett a P_a állandó teljesítményt csak a c és α tényezők befolyásolják, vizsgáljuk meg, hogyan változik az állandó teljesítmény ezeknek a tényezőknek az előző példában felvett határok közötti módosítása esetén (3. ábra).

2. ábra



3. ábra



Amint az ábrából látszik, az α tényező változatlan állandó vonóerő melletti növelése jelentősen csökkenti a névleges teljesítményt. Az állandó vonóerő csökkentése szintén a beépített teljesítmény csökkentésével jár. A két tényező helyes megválasztásával így az adott vontatási feladat ellátására szolgáló mozdony villamos berendezésének főleges mértékű túlméretezése elkerülhető.

Megjegyezzük, hogy a (4) összefüggés távolsági motorkocsik méretezésekor is jól felhasználható, ebben az esetben azonban a vizsgálatokat más paraméterekkel kell elvégezni.

Bár a fenti példák alapján még általános érvényű következtetéseket nem lehet levonni, mivel az önkényesen felvett kiinduló adatok a számszerű összefüggéseket befolyásolják, mégis világosan megíthető, hogy melyek azok a jellemzők, amelyek a villamos mozdony használhatóságát és méretezésének gazdaságosságát döntő mértékben befolyásolják. Ezek a jellemzők: a vontatómotorok mezőgyengítési tulajdonságai és az állandó vonóerő fajlagos értéke.

A mezőgyengítési tulajdonságok, amelyek vizsgálataink szempontjából az α tényezővel jellemezhetők, lényegében kétféle módon befolyásolhatók: a vontatómotor telítési viszonyainak módosításával (a telítés csökkentésével) és a mezőgyengítés mértékének növelésével. Mivel a telítés csökkentése kedvezőtlenül hat vissza a motor súlyára és méreteire, természetesen ez a módszer csak az ésszerű, illetőleg a gyakorlatban egyáltalán megvalósítható határokon belül alkalmazható.

A mezőgyengítés mértékének növelése elsősorban a kommutációs viszonyokra és ezen keresztül a túlterhelési viszonyokra is visszahat, ezért szintén csak bizonyos határokig alkalmazható, amelyeket túllépni biztonsági okokból nem szabad. Megjegyezzük, hogy a megengedhető mezőgyengítést kismértékben külső, a vontatómotortól független tényezők is kedvező irányba befolyásolhatják. Így pl. a mezőgyengítési fokozatok számának növelése, vagy esetleg folyamatos mezőgyengítés megvalósítása mellett az elméleti határokat nagyobb mértékben meg lehet közelíteni, mint kis fokozatszámú, durva beavatkozást jelentő mezőgyengítésnél.

Az α tényező gyakorlatban megvalósított értékei korszerű 50 Hz Si-egyenirányítós mozdonyokon 1,6-1,7 körül vannak. Ha új tervezésű vontatómotorainknál sikerülni fog az α tényezőt 1,9-2,0 körüli értékre növelni, úgy hazai adottságaink mellett már ma is mód lesz ideális egységmozdonyok létreho-

zására. (Megjegyezzük, hogy a korszerű vontatómotorok kifejlesztése a villamos mozdonyok fejlesztésének egyik legkényesebb és legnagyobb körültekintést igénylő feladata. A vontatómotorok fejlesztési problémáit Dr. Jekelfalussy Gábor tárgyalja részletesen a Ganz Villamossági Közlemények 4. számának külön cikkében.)

Ami a fajlagos állandó vonóerőt illeti, annak legkedvezőbb megválasztása ugyan műszakilag egyszerűbb kérdés, de mégis nagy körültekintést igényel. Vizsgálataink szerint az ideális egységmozdony megvalósítása érdekében célszerű lenne kissé csökkenteni a szokásos és általunk is előírányzott 20-22%-hoz képest, ez azonban - különösen akkor, ha a mozdony tehervonati vontatási feladatai (szerelvénysúlyok, pályaviszonyok) nem ismeretesek, - kockázatos dolog. Az állandó vonóerő csökkentése ugyanis az indító áramok és túlterhelési teljesítmények relatív növekedésével jár, ami növeli a motorok termikus igénybevételét és kommutációs szempontból is kedvezőtlen. Abban az esetben azonban, ha előre tudjuk, hogy a mozdony sík jellegű vagy csak rövid emelkedőket tartalmazó pályákon fog közlekedni, az állandó vonóerő csökkentésének nincs akadálya.

A (3) összefüggésből - figyelembevétel a kidolgozott példák eredményeit - még az alábbi következtetéseket vonhatjuk le:

Hazai viszonyok között az egységmozdony sebessége 140 km/ó-nál kisebb lehet, ebben az esetben pedig már ma is teljesíthetők az ideális egységmozdony követelményei, különösen, ha azt is figyelembe vesszük, hogy villamosított, illetve a jövőben villamosítandó vonalaink csak viszonylag kis emelkedőjű vonalszakaszokat tartalmaznak. Sajnos, általánosságban már nem mondhatjuk ki azt, hogy a jó egységmozdonyok kifejlesztésének nincs akadálya. A (3) összefüggésből látható, hogy azonos egyéb jellemzők mellett a legnagyobb sebességre álló teljesítmény a sebességgel fordítottan arányos. Mint tudjuk, a villamos mozdonyok fejlesztésének egyik célkitűzése a gyorsvonati sebességek növelése, és ma már villamos mozdonyok üzemszerűen közlekednek 200 km/ó sebességgel. Ahhoz, hogy pl. egy 130 km/ó sebességű egységmozdony sebességét a jelleg megőrzésével 200 km/ó-ra tudjuk növelni, a névleges teljesítményt kb. 25%-kal növelni kellene. A teljesítmény növelésének azonban a súlyviszonyok határt szabnak. Nyilvánvaló ugyanis, hogy - abban az esetben, ha a 130 km/ó sebességű mozdonyt helyesen méretez-

ték, - a beépített teljesítmény lényegesen már nem növelhető, különösen, ha azt is figyelembe vesszük, hogy a sebesség növekedése a dinamikus hatások növekedése miatt a járműszerkezeti rész súlyára kedvezőtlenül hat vissza.

Egyébként az ilyen nagy sebességű mozdonyok hajtása és futóműve a nagy dinamikus igénybevételek miatt és a kellő futásjóság elérése érdekében a különleges és költséges megoldások egész sorát tartalmazza. Ezek a mozdonyok bonyolultabb szerkezetűek és lényegesen drágábbak is, mint az azonos teljesítményű, de kisebb sebességű mozdonyok, ezért üzemük a tehervonati vontatásban nem is lenne gazdaságos.

A (3) összefüggés alapján vizsgáljuk még meg a névleges teljesítmény kérdését is. Adott mozdony-súly és sebesség esetén az ideális egységmozdony-jelleg annál könnyebben megvalósítható, minél nagyobb névleges teljesítményt sikerül a mozdonyba beépíteni. A technika mai állása mellett a

szokásos tengelynyomások, illetve mozdonyok súlyok figyelembevételével a beépíthető teljesítmények már olyan nagyok, hogy az egységmozdony kialakításának a már említett sebességek mellett a névleges teljesítmény sem szab határt. Más fogalmazásban: ahhoz, hogy egy egységmozdony korszerű és versenyképes legyen, már csak azért is érdemes a súly szempontjából beépíthető legnagyobb névleges teljesítményre méretezni, mert így az ideális egységmozdony-jelleg könnyebben megvalósítható, illetve jobban megközelíthető.

A fentieket összegezve megállapíthatjuk, hogy mérsékelt, 130-140 km/ó körüli sebességre már ma is kiváló vontatási tulajdonságokkal rendelkező egységmozdonyok építhetők és várható, hogy ezek a sebességek kis mértékben még nevelhetők lesznek. Arra azonban nem lehet számítani, - és nem is lenne gazdaságos megoldás - hogy a legnehezebb tehervonatok és a leggyorsabb személyvonatok vontatását valaha is ugyanazokkal a mozdonyokkal fogják megoldani.

B. Villamos motorkocsik és motorvonatok

A nagyvasúti villamos motorkocsik és motorvonatok tervezési és méretezési feltételei a vasútüzem jellegéből adódó sok közös megoldandó probléma mellett néhány alapvető kérdésben lényegesen eltérnek a villamos mozdonyok tervezésére és méretezésére irányadó feltételektől. Alapvető különbség van ezen felül a távolsági forgalomra készülő motorvonatok, illetve motorkocsik és az elővárosi forgalmat lebonyolító motorkocsik tervezését és méretezését befolyásoló üzemi jellemzők között is. A továbbiakban a motorkocsik tervezésével kapcsolatos néhány olyan kérdéssel foglalkozunk, amelyek a mozdonyok tervezésével kapcsolatban megismertektől lényegesen eltérnek.

I. Távolsági motorvonatok.

A távolsági motorvonatok vontatási feladata lényegében a mozdony vontatta gyorsvonatokéval azonos, így villamos berendezésük azonos elvek alapján méretezhető. A méretezéshez a (4) összefüggés minden további nélkül felhasználható. Tekintettel azonban arra, hogy a távolsági motorvonatok szerelvényesége egyszer s mindenkorra adott és általában a tapadósúlyhoz képest kisebb, mint a mozdony vontatta vonatké, különleges esetektől -

pl. hosszú, meredek emelkedők - eltekintve az állandó vonóerő, azaz a c tényező értéke jóval kisebbre választható, mint mozdony esetében, Ügyelni kell ezen kívül arra, hogy a képletben nem a vonat teljes súlya, csak a tapadósúly, azaz a hajtott tengelyek tengelynyomásának összege szerepel.

II. Elővárosi motorkocsik és motorvonatok.

Az elővárosi forgalom lebonyolítására szolgáló villamos motorkocsik és motorvonatok üzemi körülményei alapvetően különböznek mind a villamos mozdonyok, mind a távolsági motorvonatok üzemi körülményeitől. Míg pl. a mozdonyok a távhatárok között változó szerelvényesúly és a hosszan tartó egyenletes sebességű vontatás következtében az üzemidő legnagyobb részében állandó teljesítményükönél csak lényegesen kisebb teljesítménnyel vannak igénybevéve, addig az elővárosi járművek üzemében a gyorsítások, állandó sebességű menetek, megállások gyors egymásutánban követik egymást. Az a tény, hogy egy-egy ilyen változó igénybevételt jelentő periódus a vontatómotor melegezési időállandójának tört része alatt lezajlik, kézen-

fekvő lehetőséget nyújt a villamos motorkocsik átmeneti túlterhelhetőségének kihasználására.

A nagymértékben változó terhelésű elővárosi motorkocsik villamos berendezésének méretezésére használatos klasszikus módszer az adott pályára és adott vontatási feladatra vonatkozó menetdiagram elkészítése. E menetdiagram alapján megállapítható a villamos berendezés melegegése szempontjából irányadó átlagos terhelés, s meghatározhatók az adott vontatási feladat ellátásához szükséges villamos berendezés névleges adatai.

E módszer nyilvánvaló hátránya, hogy minden egyes pályaszakaszra vagy a számtalan üzemi paraméter bármelyikének (pl. max. sebesség, gyorsulás, tartózkodási idő, vonatsúly, stb. stb.) megváltozása esetén az egész hosszadalmas számítást meg kell ismételni. Még súlyosabb hátránya azonban, hogy a számítás áttekinthetetlen, s ezért igen nehéz következtetni arra, hogy az egyes paraméterek változása hogyan hat ki egyrészt az üzem többi paraméterére, másrészt a villamos berendezés igénybevételére. E hátrányok miatt kézenfekvő az a törekvés, hogy az elővárosi motorkocsik villamos berendezésének méretezésére is matematikailag kezelhető módszer álljon rendelkezésre. Mielőtt az e célra kidolgozott számítási eljárást ismertetnénk, néhány alapvető üzemi körülménnyel kell foglalkoznunk, s meg kell határozunk néhány, a számítás alapjául szolgáló fogalmat.

1. Tapadás-kihasználás, kezdeti gyorsulás.

A mozdonyokról szóló fejezetben foglalkoztunk a kerékcúszás nélkül kifejtendő vonóerő mértékével. Az ott említett 0,3 körüli tapadási tényező azonban csak statisztikus középérték, ami a valóságban az időjárási viszonyoktól függően igen nagymértékben, egészen 0,1 és 0,45 között változik. Azonos tapadás-kihasználással történő nagyszámú gyorsítás esetén annál nagyobb a kerékcúszás bekövetkeztének a valószínűsége, mennél nagyobb a tapadás-kihasználás tényezője, azaz a

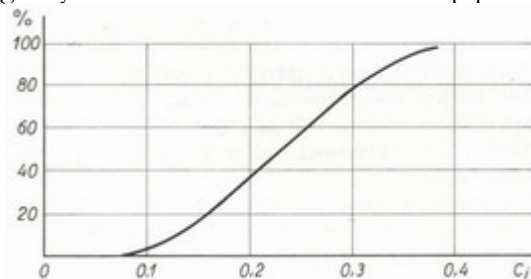
$$c_i = \frac{Z_i}{G_i}$$

viszony, ahol

Z_i az indító vonóerő

G_i a vonat tapadósúlya, azaz a hajtott tengelyek tengelynyomásának összege.

A hamburgi gyorsvasúton végzett nagyszámú mérés alapján a megcsúszás valószínűsége - az időjárás változásait és a sínek állapotának, tisztaságának változását is beleszámítva - a tapadás-kihasználás függvényében a 4. ábra szerint változik. [1]



4. ábra

A jelleggörbéből világosan kitűnik, hogy a száraz, tiszta sín esetén elegendő biztonsággal elérhető 30% körüli tapadás-kihasználással indítva, kevésbé jó időjárás esetén igen gyakran bekövetkező csúszással kell számolni. Mozdonyüzemben ez különösebb következménnyel nem jár, minthogy egyrészt a mozdonyok csak viszonylag ritkán kell a megengedett maximális súlyú szerelvényt vontatnia, másrészt a viszonylag ritka indítások során bekövetkező kerékcúszás esetén az indítás minden további nélkül, szükség esetén homokolással megismételhető.

Más a helyzet az elővárosi forgalomban. A gyakori, sokszor 2-3 percenként ismétlődő indítások alatt, esetleg bekövetkező csúszás, s az emiatt megismétlődő indítás olymértékben zavarja a menetrendet, ami a korszerű, nagysebességű elővárosi közlekedésben elviselhetetlen. Ehhez járul még az a körülmény, hogy a motorkocsik általában a megengedett legnagyobb terheléssel közlekednek, ezért a gyakori kerékcúszás miatt ismétlődő többlet indítások hamarosan a villamos berendezés túlterheléséhez vezetnek. Mindezek elkerülésére az elővárosi közlekedésben csak olyan tapadás-kihasználással célszerű számolni, amely mellett a megcsúszás valószínűsége minimálisra csökken. A mozdonyüzemben természetes 0,3 körüli tapadás-kihasználással szemben elővárosi forgalomban legfeljebb 0,1-0,2 közötti tapadás-kihasználás engedhető meg. E tartományban is a magasabb értékek csak akkor jöhetnek számításba, ha a kerékcúszás megakadályozására, vagy hatásának elhárítására különleges intézkedés történt.

A Z_i indító vonóerő hatására létrejövő kezdeti gyorsulás

$$a_i = (Z_i - E_i) \frac{g}{G(1+k)},$$

ahol

E_i a kezdeti menetellenállás

G a vonat összes súlya

k a forgó tömegek redukciós tényezője

Figyelembevéve, hogy

$$Z_i = c_i G_i$$

$$E_i \approx e_i G$$

és a forgó tömegek gyorsítására 10% gyorsítóerőt számítva

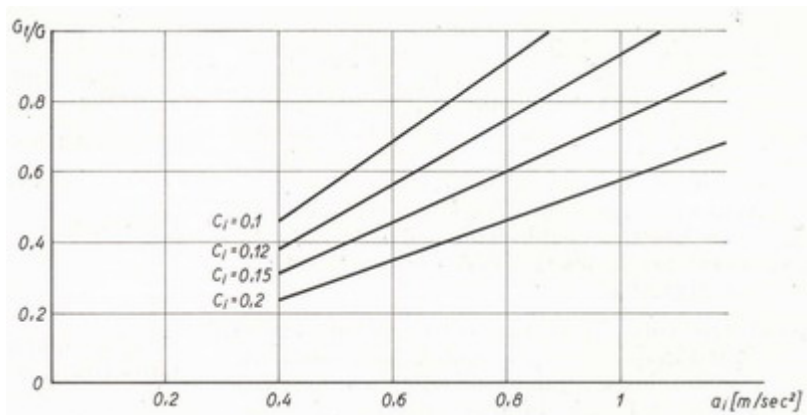
$$a_i = \frac{1}{0,112} \left(c_i \frac{G_i}{G} - e_i \right)$$

a_i gyorsulás elérésére tehát a vonat tapadósúlya és teljes súlya arányának

$$\frac{G_i}{G} = 0,112 \frac{a_i}{c_i} + e_i$$

értékűnek kell lennie.

Az 5. ábra a G_i/G viszony változását mutatja különböző tapadáskihasználás esetén az elérendő kezdeti gyorsulás függvényében. Az e_i fajlagos menetellenállás értéke síkpályán 0,0025~0,003 (2,5~3 kp/Mp) közé esik, így elhanyagolható.



5. ábra

A korszerű elővárosi forgalomban megkívánt 0,8~1 m/mp² kezdeti gyorsulás eléréséhez tehát a szerelvénnyel teljes súlyát tapadósúlyként ki kell használni, azaz minden tengelyt vontatómotorral kell ellátni, ha csak a tapadás jobb kihasználása érdekében különleges intézkedéseket nem teszünk. Ilyen különleges intézkedés lehet pl. a tengelynyomáseltolódás gondos mechanikai kiegyenlítése vagy villamos kompenzálása, automatikus csúszásvédő- vagy csúszásgátló berendezés alkalmazása stb. Megjegyezzük, hogy elővárosi forgalomban a rendszeres homokolás nem jöhet tekintetbe, mint-hogy az azonos helyen történő gyakori indítás miatt a homok a pályatesten igen rövid idő alatt nem kívánatos módon felgyülemle. A tapadáskihasználás megfelelő növelésével a G_i/G viszony kb. 0,45-0,5 értékre csökkenthető. Figyelembevéve, hogy a hajtott tengelyek tengelynyomásának felső határa általában 18 Mp-nál nem több, a modern könnyű pótkocsik tengelynyomása pedig 9-11 Mp között van, a vonat összes tengelyének legalább 1/3-át, sok esetben felét vontatómotorral kell ellátni. Ez azt jelenti, hogy a négy hajtott tengelyű motorkocsi legfeljebb két pótkocsit tud vontatni.

Ennél több pótkocsi vontatása csak a gyorsítás terén tett engedmény árán valósítható meg. Az ennek folytán előálló menetidő veszteség azonban csak viszonylag nagy megállóhely távolság esetén kompenzálható részben vagy egészen a vontatási teljesítmény növelésével.

2. A vonóerő-sebesség jelleggörbe.

A tapadás-kihasználás és a G_i/G viszony által meghatározott kezdeti gyorsulás természetesen csak egy bizonyos sebességig tartható fenn. E sebesség felett a villamos berendezés már nem képes a Z indító vonóerő kifejtésére, s a vonóerő a sebesség növekedésével csökken. A különböző áramnemre készülő motorkocsik vonóerő-sebesség jelleggörbéje - a szabályozás eltérő jellegéből következően - más-más alakú. Az 50 Hz egyen-irányítós motorkocsik $Z(V)$ görbéje lényegében az egyenirányítós mozdonyokéhoz hasonló azzal az eltéréssel, hogy az egyes görbeszakaszok határa általában nagyobb sebességnél van. (6. ábra)

Fentiek ismeretében az átmeneti indító teljesítmény

$$P_i = k_p P_a$$

Bevezetve a

$$P_a = \frac{P_i}{G}$$

fajlagos állandó teljesítményt, a fajlagos indító teljesítményre

$$\frac{P_i}{G} = p_i = k_p p_a$$

adódik.

A P_i teljesítményhez és Z_i indító vonóerőhöz

$$V_i = 0,367 \frac{P_i}{Z_i}$$

sebesség tartozik, ha P_i -t kW-ban, Z_i -t Mp-ban adjuk meg, s V_i -t km/ó-ban kívánjuk kifejezni. Minthogy

$$P_i = p_i G$$

$$Z_i = c_i G_t$$

V_i sebességre a következő összefüggést kapjuk:

$$V_i = 0,367 \frac{P_i}{Z_i} \frac{1}{\frac{G_t}{G}} [\text{km/ó}] \quad (5)$$

Példaként számítsuk ki egy motorkocsiból és két könnyű pótkocsiból álló szerelvény V_i sebességét.

Legyen

$$p_a = 7 \text{ kW/Mp}$$

$$c_i = 0,15$$

$$k_i = 1,7$$

$$G_t = 72 \text{ Mp}$$

$$\delta = 0,12$$

$$G = 144 \text{ Mp}$$

Fenti adatokból

$$Z_i = c_i G_t = 0,15 \cdot 72 \text{ Mp} = 10,8 \text{ Mp}$$

$$k_p = 1,7 [1 - 0,12(1,7 - 1)] = 1,56$$

$$P_i = 1,56 p_a = 10,9 \text{ kW/Mp}$$

$$\frac{G_t}{G} = 0,5$$

így

$$V_i = 0,367 \frac{10,9}{0,15} \frac{1}{0,5} = 53,4 \text{ km/ó}$$

Mint említettük, elővárosi forgalomban a villamos berendezés terhelésének döntő többségét a túlterhelési periódusok teszik ki. Célszerű ezért a vontatómotorokat úgy méretezni, hogy az áram növekedésével a vonóerő minél nagyobb mértékben növekedjék, lehetőség szerint kerülni kell tehát a vas-

test túlságos telítődését. Korszerű motorok esetében általában a

$$0,5 I_a < I < 2 I_a$$

tartományban jó közelítéssel írható, hogy

$$\frac{Z}{Z_a} = \left(\frac{I}{I_a} \right)^{\frac{3}{2}} \quad (6)$$

Ez összefüggés alapján a Z_i és k_i ismeretében az állandó vonóerő a

$$Z_a = \frac{1}{k_i^{\frac{2}{3}}} Z_i$$

összefüggésből adódik.

Az állandó sebesség a

$$\frac{V_a}{V_i} = \frac{P_a}{Z_a} \frac{Z_i}{P_i} = \frac{Z_i}{Z_a} \frac{P_a}{P_i}$$

összefüggésből

$$V_a = \frac{k_i^{\frac{3}{2}}}{k_p} V_i$$

alapján számítható. Példánkban

$$Z_a = \frac{1}{1,7^{\frac{2}{3}}} Z_i = \frac{1}{2,2} Z_i = 4,86 \text{ Mp}$$

$$V_a = \frac{1,7^{\frac{3}{2}}}{1,56} 53,4 \text{ km/ó} = 76 \text{ km/ó}$$

A mezőgyengítés megengedett mérték, és ezzel együtt az

$$\alpha = \frac{V}{V_a'}$$

viszony általában hasonló határok között vehető fel, mint a villamos mozdonyok esetében.

A V_i' sebesség, s ezzel együtt az

$$\alpha = \frac{V_i'}{V_i}$$

viszony meghatározásához a b görbe ismeretére volna szükség. A mezőgyengített motor telítetlenebb lévén, a vonóerő az áram függvényében az 1,5 hatványnál nagyobb mértékben változik. Eleget nagy mezőgyengítés mellett az állandó áram környékén és annál kisebb áram esetében írható, hogy

$$\frac{Z'}{Z_a'} = \left(\frac{I}{I_a} \right)^2 \quad (7)$$

Nagyobb áram esetén a $Z(I)$ jelleggörbe lefolyása az ismertett két határ közé esik, azaz

$$\left(\frac{I}{I_a}\right)^{\frac{3}{2}} \leq \frac{Z'}{Z_a'} \leq \left(\frac{I}{I_a}\right)^2$$

Mivel a b görbe meredeksége az áramnál arányosan növekvő feszültségcsökkenés hatására is csökken, a görbe jó közelítéssel helyettesíthető a (7) összefüggésnek és állandó belső feszültségnek megfelelő $Z(V)$ görbével, mely nyilvánvalóan másodfokú hiperbola. Ennek alapján

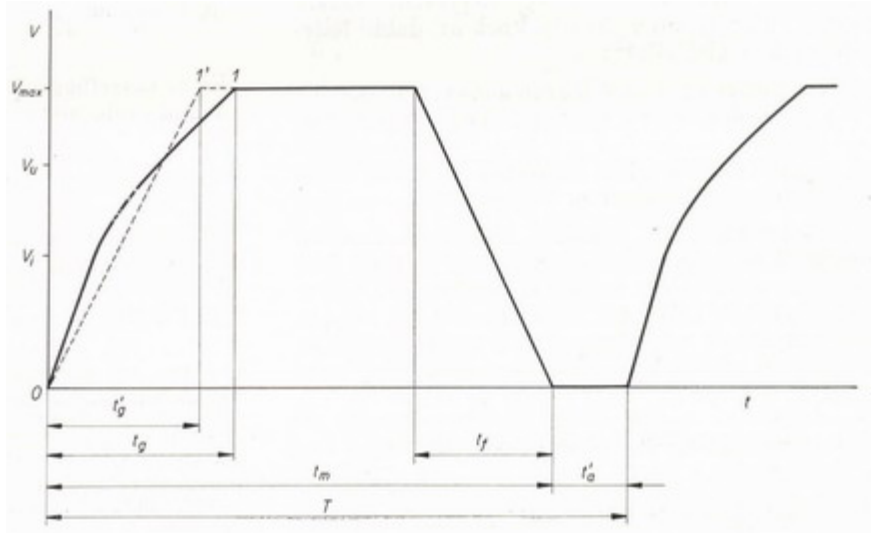
$$\frac{Z_i'}{Z_a'} = \left(\frac{V_a'}{V_i'}\right)^2$$

Mivel ugyanakkor

$$Z_i' V_i' = 0,367 P_i$$

$$Z_a' V_a' = 0,367 P_a$$

$$\frac{V_a'}{V_i'} = \frac{P_i}{P_a} k_p$$



8. ábra

$$\alpha_i = \frac{V_i'}{V_i} = \frac{V_i' V_a'}{V_i V_a'} \alpha$$

$$\alpha_i = \frac{V_a' V_i'}{V_i V_a} \alpha = \frac{k_i^{\frac{3}{2}}}{k_p^2} \alpha$$

Példánkban $\alpha = 1,8$ esetén

$$\alpha_i = \frac{1,7^{\frac{3}{2}}}{1,56^2} \alpha = 0,912 \alpha = 1,64$$

3. Utazási sebesség, utazási gyorsulás.

A vonóerő-sebesség jelleggörbe ismeretében a menetdiagram, azaz a $v(t)$ görbe adott max. sebesség és megállóhely-távolság esetére az ismert módszerekkel felrajzolható (8. ábra)

Attól függően, hogy a legnagyobb sebesség a vonóerő-görbe melyik szakaszára esik, a gyorsítás 2 vagy 3 szakaszra bontható. A V_i' sebesség eléréséig az a_i kezdeti gyorsulás fenntartható, így a sebesség lineárisan növekszik. A V_i és V_i' sebesség közötti szakaszban a vonóerőcsökkenés következtében a gyorsulás csökken, s a $v(t)$ görbe közelítőleg másodfokú parabola. A V_i' sebesség fölött a

gyorsítóerő rohamosan csökken, és a sebességnövekedés még lassúbbá válik.

A t_g gyorsítási idő alatt a vonat eléri az előírt legnagyobb sebességet. Mint ismeretes, az ez idő alatt megtett út arányos a 01 görbeszakasz alatti területtel. Ettől kezdve a sebesség állandó, vagy kifutás esetén kissé csökkenő, egészen a fékezés kezdetéig. Fékezéskor a lassulás a legnagyobb sebességtől a megállásig gyakorlatilag állandó. E lassulás értéke korszerű motorkocsiknál $0,6-1 \text{ m/sec}^2$ közé esik. A terhelés periódusa a t_a' állásidővel lesz teljessé.

Abból a célból, hogy menetdiagram matematikailag könnyebben kezelhető legyen, célszerű a gyorsítási szakaszt olyan egyenes vonalú szakaszokkal helyettesíteni, amelyeknek az alábbi feltételeket kell kielégíteni:

- a végsebesség azonos legyen a max. sebességgel,
- a gyorsulás 0-tól a max. sebességig állandó legyen,
- a t_g idő alatt megtett út azonos legyen a tényleges menetdiagram szerinti úttal.

E feltételeknek a 7. ábrába szaggatott vonallal be rajzolt 01'1 görbeszakasz abban az esetben felel meg, ha az 1' pont helyét meghatározó t_g' redukált gyorsítási időt fenti harmadik feltétel alapján úgy

választjuk meg, hogy a 01'1 alatti terület az eredeti 01 alatti területtel azonos legyen, azaz

$$\frac{1}{2} v_{\max} t_g' + v_{\max} (t_g - t_g') = \int_{t=0}^{t_g} v dt = s_g$$

A változó gyorsulás tehát a 01' szakasz meredeksége által meghatározott

$$a_u = \frac{v_{\max}}{t_g'}$$

ún. „utazási” gyorsulással helyettesíthető.

Az a_u utazási gyorsulás meghatározására szolgáló összefüggést a v_{\max} sebesség és a mérés, vagy számítással meghatározható t_g tényleges gyorsítási idő, és a t_g alatt megtett s_g út felhasználásával G. Remmele dolgozta ki. [2] Ez összefüggés szerint

$$a_u = \frac{v_{\max}}{2(t_g - \frac{s_g}{v_{\max}})} \quad (8)$$

és

$$t_g' = 2(t_g - \frac{s_g}{v_{\max}})$$

A két megállóhely közötti S út megtételéhez szükséges teljes menetidő - az a_f féklassulás bevezetésével -

$$t_m = \frac{v_{\max}}{2} \left(\frac{1}{a_u} + \frac{1}{a_f} \right) + \frac{S}{v_{\max}} \quad (9)$$

Figyelembe véve még a t_a állásidőt, az utazási sebesség:

$$v_u = \frac{S}{t_m + t_a} = \frac{S}{T} \quad (10)$$

A (6), (8) és (10) összefüggések felhasználásával és figyelembe véve, hogy a vontatómotorokban keletkező veszteség közelítőleg az áramerősség négyzetével arányos, G. Remmele a mezőgyengítés nélküli, külső szellőzésű motorokkal ellátott motorkocsi fajlagos állandó teljesítményének meghatározására az alábbi összefüggést vezette le: [2]

$$P_a = \frac{P_a}{G} = \frac{1}{27} \sqrt[4]{V_{\max}^7 \left(\frac{V_u}{S} \right)^3} a_u [kW / Mp] \quad (11)$$

Ez az összefüggés arra az esetre vonatkozik, ha az állandó sebesség a max. sebesség 70%-a, azaz

$$\frac{V_a}{V_{\max}} = 0,7$$

Ennek megfelelő vonóerő görbe a 6. ábrán szaggatottan rajzolt (c) görbe.²

Ha a V_a/V_{\max} viszony eltér a fenti értéktől, a (11) összefüggés így módosul:

$$\frac{P_a}{G} = \frac{1}{19} \frac{V_a}{V_{\max}} \sqrt[4]{V_{\max}^7 \left(\frac{V_u}{S} \right)^3} a_u [kW / Mp] \quad (12)$$

Mezőgyengítéssel sebességszabályozás esetén, a V_i sebesség fölött a fluxus csökkenése következtében változatlan I_i mellett a vonóerő csökken, s az I_i indítási árammal történő gyorsítás időtartama megnövekszik. A vontatómotor túlmelegedésének elkerülésére ezért az I_i/I_a viszonyt csökkenteni kell, azaz a Z_i indító vonóerőt változatlanul hagyva a Z_a állandó vonóerőt nagyobbra kell választani. Mivel azonban mezőgyengítéssel szabályozás esetén azonos vontatási feladat ellátásához az állandó sebesség kisebb értékű lehet, mint mezőgyengítés nélkül (az a vonal a c vonalhoz képest balra fekszik), a P_a teljesítmény nem lesz nagyobb, sőt általában csökkenthető.

Tekintettel arra, hogy mezőgyengítéssel szabályozás esetén a vontatómotor terhelésváltozása az idő függvényében nehezen kezelhető, célszerű ezt a (11) illetve (12) összefüggésben egy szorzótényezővel figyelembe venni. G. Remmele e szorzótényezőt a (11)-hez arra a konkrét esetre, ha

$$\frac{V_i}{V_{\max}} = 0,3$$

és

$$\frac{V_a}{V_{\max}} = 0,35$$

$$\beta = 0,86$$

értékben adja meg. E tényező a túlterhelés elkerüléséhez szükséges

$$\beta_z = \frac{Z}{Z_{a1}} = 1,72$$

vonóerő-arány és a $\frac{V_{a1}}{V_{\max}} = 0,7$ -hez tartozó állandó sebességhez viszonyított

² A (8)-(10) összefüggéseket mértékrendszertől független alakban írtuk. Ez összefüggésekben célszerű a sebességet m/mp-ben, az utat m-ben behelyettesíteni. A teljesítménnyel kapcsolatos összefüggésekben a sebesség egységül - a szokásnak megfelelően - km/ó-t választottuk. Félreértések elkerülésére a sebesség betűjele az első esetben v , a másodikban V . Az út és idő mértékegysége az összefüggésekben m ill. mp, a gyorsulás pedig m/mp².

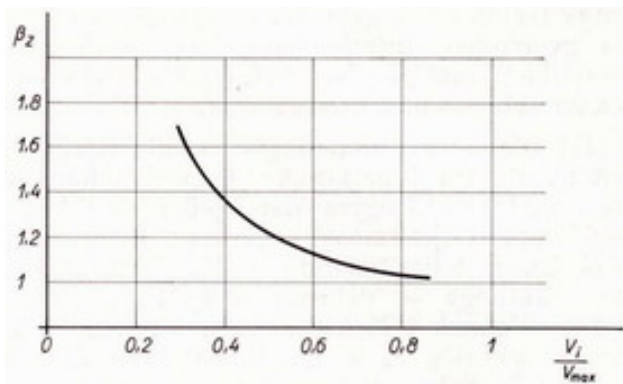
$$\beta_z = \frac{V_a}{V_{a1}} = 0,5$$

sebességarány szorzataként adódik.

Mint hogy a (12) egyenletben a V_a/V_{max} tényezővel az állandó sebesség változása kifejezésre jut, itt a β_z tényezőt kell bevezetni. Ennek alapján az 50 Hz egyenirányítós motorkocsiknál általánosan használt mezőgyengítéses szabályozás esetében a fajlagos állandó teljesítmény:

$$p_a = \frac{P_b}{G} = \frac{1}{19} \beta_z \frac{V_a}{V_{max}} \sqrt[4]{V_{max}^7 \left(\frac{V_u}{S} \right)^3} a_u [kW / Mp] \quad (13)$$

A β_z változását a V_i/V_{max} függvényében a 9. ábra szemlélteti.



9. ábra

A β_z értékeinek meghatározásakor abból indultunk ki, hogy

$$V_i' \geq V_{max}$$

azaz a gyorsítás a legnagyobb sebességig a P_i teljesítménnyel történik, bár a gyakorlatban ez a feltétel - különösen nagyobb sebességek esetén - gyakran nem teljesül. Mivel azonban a (11) összefüggés, és az abból lezármaztatott (12) és (13) összefüggés is a vontatómotorok igénybevitelét kis mértékben befolyásoló, de a számítás folyamán egyszerű matematikai eszközökkel le nem írható tényezők hatásának figyelembevételére egy 15%-os biztonsági tényezőt tartalmaz, ez a

$$V_i' \leq V_{max}$$

esetében bekövetkező kismértékű igénybevitel-változásra is fedezetet nyújt.

Az a_u utazási gyorsulás egyszerű számítására szolgál a 10. ábra, amely ugyancsak a V_i/V_{max} függvényében adja meg az a_u utazási gyorsulás és az a_i kezdeti gyorsulás viszonyát. A kezdeti gyorsulás ϵ_i és G_i/G ismeretében egyszerűen számítható. Az a_u/a_i viszony meghatározásánál figyelmen kívül hagytuk a menetellenállás befolyását, mivel a 15%-os biztonsági tényező azt is tartalmazza.



10. ábra

Ez az egyszerűsített eljárás akkor alkalmazható, ha a pálya sík, vagy a pályán előforduló emelkedők rövidek, s az emelkedőt, és lejtők utazás közben a vontatómotorok melegedési időállandóján belül kiegyenlítik egymást. Hosszantartó nagyobb emelkedők esetén az a_u gyorsulást célszerű a tényleges gyorsítóerő figyelembevételével szerkesztett menetdiagram alapján, a II. fejezet bevezetőjében ismertetett módon számítani.

A (11), illetve (13) összefüggés közelítő tájékoztatást nyújt arra vonatkozóan, hogyan befolyásolják a motorvonat egyes üzemi jellemzői a beépítendő motorteljesítmény nagyságát. Legnagyobb befolyása a teljesítményre a V_{max} sebességnek van, mint hogy - változatlan V_a/V_{max} viszony esetén - annak 1,75 hatványával változik. A V_u utazási sebesség és a megállóhely-távolság már csak a 0,75 hatványon szerepel. Legkisebb a befolyása a teljesítményre az a_u utazási gyorsulásnak, minthogy az csak 0,25 hatvánnyal vesz részt a teljesítmény meghatározásában. A viszonyok természetesen nem ilyen egyszerűek, mert a felsorolt tényezők között meglehetősen komplex összefüggés van. Így pl. változatlan V_{max} esetén az utazási gyorsulás növelésével nő az utazási sebesség is. Ennek ellenére sok értékes következtetés vonható le ezen összefüggésekből. Célszerűbb pl. az utazási sebesség növelése érdekében - a lehetőség határában belül - inkább a gyorsítást, mint a max. sebességet növelni, minthogy az - különösen kis megállóhely-távolság esetén kisebb többletteljesítmény árán megkaphatja a kívánt eredményt.

A (13) összefüggés más alakra is hozható a (10) figyelembevételével. Minthogy

$$v_u = \frac{S}{T} [m/sec],$$

és V_u mértékegysége a (13)-ban km/óra,

$$\frac{V_u}{S} = 3,6 \frac{V_u}{S} = \frac{3,6}{T}$$

(13)-ba behelyettesítve kapjuk, hogy

$$\frac{P_a}{G} = \frac{1}{7,3} \beta \frac{V_a}{V_{\max}} \sqrt[4]{V_{\max}^7 \left(\frac{1}{T}\right)^3} a_u \quad (14)$$

Ha még feltételezzük, hogy a megállóhelyek távolsága nem túlságosan nagymértékben változik, vagy a hosszabb-rövidebb megállóhely-távolságok a vonal mentén vegyesen követik egymást, úgy írható, hogy

$$\frac{P_a}{G} = \frac{1}{7,3} \beta \frac{V_a}{V_{\max}} \sqrt[4]{V_{\max}^7 \left(\frac{n}{T_\phi}\right)^3} a_u \quad (15)$$

ahol

n a megállóhelyek száma,

T_ϕ a teljes menetidő végállomástól végállomásig, mp-ben kifejezve.

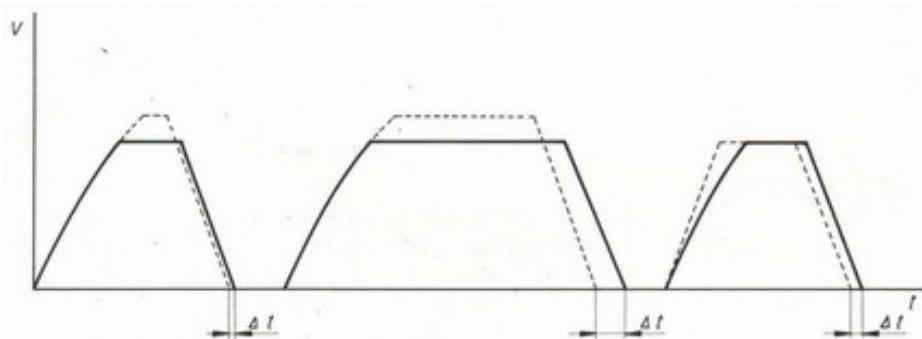
Előfordulhat, hogy a (11)-(15) összefüggések valamelyikével számított teljesítmény, illetve ebből a V_a/V_{\max} sebességarány figyelembevételével adódó állandó vonóerő kisebb, mint ami a kommutáció szempontjából megengedhető k_i tényező alapján a megkívánt Z_i vonóerő eléréséhez szükséges lenne. Ha ezt a különbséget a számos paraméter megfelelő összehangolásával nem lehet megszüntetni, a szükséges indító-vonóerő elérése érdekében a von-

tatómotorok teljesítményét megfelelően növelni kell. Ilyen esetben a vontatómotorok melegedés szempontjából nincsenek kihasználva. Ellenkező esetben, ha a fenti összefüggésekből számított teljesítmény, illetve állandó vonóerő a nagyobb, úgy a motorok a kommutáció szempontjából nem használhatók ki teljes mértékben.

Mint láttuk, a motorvonatba beépítendő teljesítményre a sebesség van legnagyobb befolyással, így a maximális sebesség növelésével csínján kell bánni. Mivel a sebesség növelésének a célja a menetidő csökkentése, vizsgáljuk meg kissé közelebbről a max. sebesség és menetidő összefüggését. A (9) összefüggés szerint a menetidő:

$$t_m = \frac{v_{\max}}{2} \left(\frac{1}{a_u} + \frac{1}{a_f} \right) + \frac{S}{v_{\max}}$$

Számottevő menetidő-csökkentést csak akkor érhetünk el, ha a fenti összeg második tagja lényegesen nagyobb az elsőnél, tehát ha a megállóhely-távolság nagy. Kis megállóhely-távolság esetén a menetidő gazdaságosan csak a gyorsulás növelésével csökkenthető. A sebesség, illetve gyorsítás növekedésének hatását a menetidőre különböző megállóhely-távolság esetén a 11. ábra szemlélteti.



11. ábra

Láthatjuk, hogy kis megállóhely-távolság mellett nagy a jelentősége a tapadáskihasználás növelésének, sőt sok esetben a gyorsítás növelése érdekében a hajtott tengelyek számának növelése is gazdaságos lehet, különösen, ha figyelembe vesszük, hogy az energiafelhasználás is közelítőleg a max. sebesség négyzetével változik.

4. Villamos fékezés

Mozdonyvontatta vonatok sebességcsökkentésére általában villamos fékezést nem használnak a kis G_i/G viszony miatt, s a villamos féket inkább lejtmenetben alkalmazzák. Ezzel szemben az előváro-

si motorvonatok gyakori fékezésénél a villamos fékezésnek számos olyan előnye van, hogy alkalmazása célszerű.

A villamos fékezés a vontatómotorok igénybevitelét jelentősen befolyásolja, minthogy a fékezés ideje alatt terhelésük közel az indítás alatti terheléssel azonos. E többlet igénybevétel hatását a beépítendő motorteljesítményre célszerű a (11)-(15) összefüggésekben ugyancsak szorzótényezővel figyelembe venni. Gyorsítás közben a vontatómotor villamos teljesítménye a tengelyen leadott teljesítménynek $1/\eta$ -szorosa, fékezéskor viszont a tengelyteljesítmény η -szorosa. Így a gyorsító és fékező villamos teljesítmények aránya, s ezzel együtt köze-

lítóleg a közepes gyorsító és fékező áramok aránya is

$$\frac{I_i}{I_f} \approx \frac{1}{\eta^2}$$

Ugyanakkor a vonat menetellenállását gyorsításkor a vontatómotoroknak a gyorsítóerőn felül le kell győzniük, míg fékezéskor a menetellenállás a fékezőerőt növeli. Mindezek figyelembevételével G. Remmele az állandó teljesítménynek a villamos fékezés következtében szükségessé váló növelése számítására a

$$\beta_f = 1,36$$

tényezőt javasolja [2]. E tényezővel kell megszorozni a (11)-(15) összefüggések valamelyikével számított p_a fajlagos állandó teljesítményt.

Az ismertett összefüggések a vontatási feladat legfontosabb jellemzői és néhány - viszonylag egyszerűen meghatározható - arányossági tényező alapján jól kezelhető számítási eljárást nyújtanak elővárosi motorkocsik fajlagos teljesítményének, és a részletes tervezés alapjául szolgáló egyéb paramé-

tereinek meghatározására. Igen jól alkalmazható az eljárás annak gyors és megbízható vizsgálatára is, hogy egy meglévő motorkocsi vagy motorvonat alkalmas-e adott vontatási feladat ellátására, vagy adott pályán milyen utazási sebességgel üzemeltethető.

Külön ki kell emelni a számítási eljárásnak azt az előnyét, hogy szemléletesen tartalmazza az egyes üzemi paraméterek változásának befolyását a motorkocsi méretezésére, s ezáltal alapul szolgálhat adott vontatási feladatot ellátó motorvonat műszaki jellemzőinek a leggazdaságosabb megoldást nyújtó megválasztására.

IRODALOM

- [1] G. Wilke: Erfahrungen bei der Neuentwicklung elektrischer Triebwagen. (Österreichische Ingenieur-Zeitschrift J. 7. H. 6 S. 199-207)
- [2] G. Remmele: Die Antriebsleitung von elektrischen Nahverkehrstriebfahrzeugen als Funktion von Geschwindigkeit, Beschleunigung und Haltestellenabstand. (Glasers Annalen, Mai 1961. S. 63-172)

KOVÁCS KÁLMÁN

A MÁV 3000 LE-s Si egyenirányítós villamos mozdonya

Mint már a Ganz Villamossági Közlemények 2. számából ismeretes [2], a magyar ipar megvásárolta az „Arbeitsgemeinschaft für Planung und Durchführung von 50 Hz Bahnelektrifizierungen” nyugat-európai munkaközöségtől egy korszerű, 3000 LE-s Si egyenirányítós mozdony licenciáját. A vásárlással kapcsolatban 7 mozdonyt készen szállítottak, további gyártásra licenciát adtak. A mozdonyt a Ganz Villamossági Művek a Ganz-Mávag gyárral kooperációban gyártja, a villamos berendezést a Ganz Villamossági Művek, járműszerkezeti részét a Ganz-Mávag.

Az említett Munkaközösség a következő vállalatokból áll: ACEC, AEG, Alstom, Brown-Boveri, Jeumont-Schneider, Oerlikon, Siemens-Schuckert Werke. A járműszerkezeti részeket a Ganz-Mávag a nyugatnémet Krupp cég (főkeret és szekrény részek) és a francia SFAC (forgóvázak) licenciája alapján gyártja.

A fontosabb berendezéseket licenciában gyártjuk. A berendezés egy részét hazai fejlesztésben készítettük, egy kis részét továbbra is importból szerezünk be, mivel ezeknek megfelelőt a magyar ipar jelenleg nem gyárt.

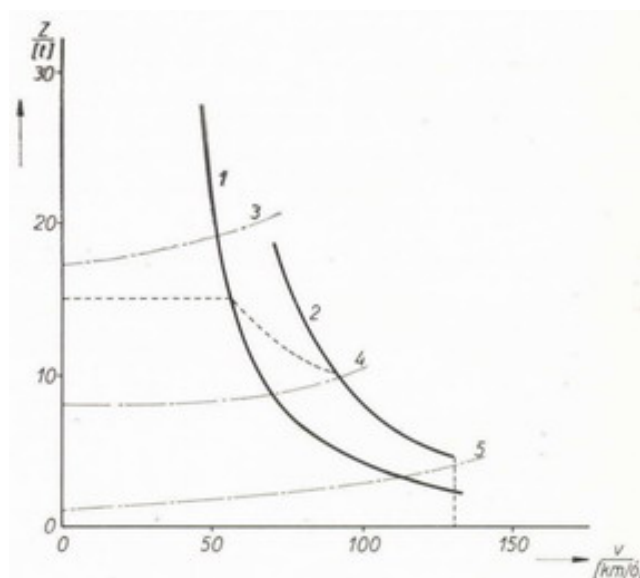
A mozdony főbb adatai:

a) A járműszerkezeti rész adatai:

Tengelyelrendezés	B'B'
Súly	78,0 Mp
A villamos berendezés súlya	32,5 Mp
A járműszerkezeti rész súlya	45,5 Mp
Tengelynyomás	19,5 Mp
Legnagyobb sebesség	130 km/ó
Nyomtáv	1435 mm
Kerékátmérő (új)	1180 mm
Ütközők közötti hossz	15700 mm
Elméleti forgócsaptávolság	9100 mm
Forgóváz tengelytávolsága	2300 mm
Teljes tengelytávolság	11400 mm
A sínkoronától mért legnagyobb magasság	4565 mm
Legnagyobb szélesség	3110 mm

b) Villamos adatok:

Felsővezeték feszültség: névleges	25 kV/16 kV
legnagyobb	27,5 kV/17,6 kV
legkisebb	18,8 kV/12,1 kV
A mozdony névleges teljesítményét a névleges feszültség 90%-a feletti feszültségnél tudja leadni.	
Állandó teljesítmény	2140 kW
Állandó teljesítményhez tartozó sebesség	52,5 km/ó
Állandó vonóerő	15,0 Mp
Órás teljesítmény	2220 kW
Órás teljesítményhez tartozó sebesség	51,0 km/ó
Órás vonóerő	16,0 Mp
Indító vonóerő (csak a tapadás határolja)	27,0 Mp
Az a sebesség, amelynél még az állandó teljesítmény kifejezhető	88 km/ó
Teljesítmény a legnagyobb sebességnél	1630 kW
Vonóerő a legnagyobb sebességnél	4,6 Mp



1. ábra. A mozdony vonóerő-sebesség jelleggörbéje

1 - vonóerő 98% gerjesztésnél, 2 - vonóerő 42% gerjesztésnél, 3 - 1500 t tehervonat menetellenállása 8‰ emelkedőben, 4 - 700 t személyvonat menetellenállása 8‰, emelkedőben, 5 - 700 t gyorsvonat menetellenállása egyenes pályán

A mozdony a MÁV igényeinek megfelelően a következő feladatokra készült:

1500 t-s tehervonatok indítása és 45-55 km/ó sebességgel való vontatása 8‰-es emelkedőben.

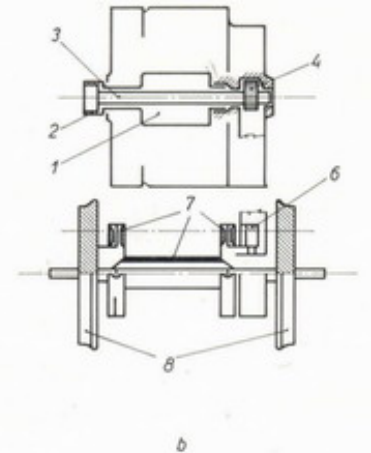
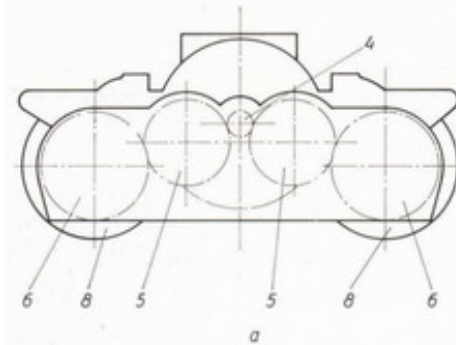
900 t-s gyorstehervonatok vontatása 2‰-es emelkedőben 80-100 km/ó sebességgel.

700 t-s gyorsvonat vontatása sík pályán 120-130 km/ó sebességgel, 7‰-es emelkedőben 80 km/ó sebességgel.

A mozdony vonóerő-sebesség jelleggörbáját az 1. ábrán tüntettük fel. Az ábrába berajzoltuk a megfelelő vonatterhelések számított menetellenállását. Látható, hogy a mozdony a kitűzött vontatási feladatokra alkalmas.

2. ábra. Az egymotoros forgóváz felépítése a nyomtákvitel szempontjából.

a - oldalnézet, b - előlnézet felemelt motorral, közvetítő fogaskerék nélkül, 1 - motortengely, 2 - torziós rugózás, 3 - tengely, 4 - kisfogaskerék, 5 - közvetítő fogaskerék, 6 - hajtott fogaskoszorú, 7 - üreges tengely a kardáncsuklókkal, 8 - kerékpár.



1. Járműszerkezet

A járműszerkezet a villamos berendezést és a két vezetőfülkét magában foglaló mozdonyszekrényből és a futóműből áll.

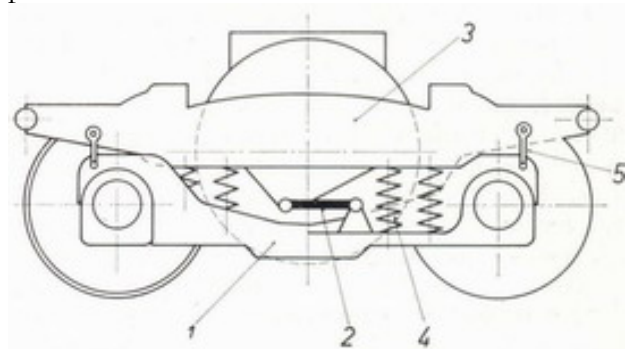
A mozdonyszekrény hosszanti irányban 3 részre oszlik: a két vezetőfülkére és e kettő közötti géptérre. A vezetőfülkék megfelelő hő- és hangszigeteléssel, fűtési lehetőséggel ellátva kényelmes tartózkodási helyet biztosítanak a mozdony személyzetnek. Itt található a vezetéshez szükséges elemek: a vezetőasztal és a fékberendezés.

A géptér a villamos és légnyomásos berendezés elhelyezésére szolgál. Beosztását a 18. ábra mutatja. A mozdonytetőn az áramszedők, primer áramvezető csövek, főkapcsoló, túlfeszültség-levezető stb. vannak elhelyezve. A géptér középső része az alvázkeretbe van hegesztve, két vége az oldalfalakkal leemelhető a szerelés megkönnyítésére.

A forgóvázak Jacquemin típusú egymotoros forgóvázak. A hazai mozdonygyártásban először a 3000 LE-s szilícium-egyenirányítós mozdonytal találkozunk egymotoros forgóvázal. A motor a forgóváz közepén teljesen rugóztatva helyezkedik el. Vontatás közben a motor nyomtákváának útját a 2. ábra mutatja. A motortengelyről a nyomtákvá növekvő számok sorrendjében jut a hajtott kerék-

párra. Az áttétel 1:2,5. A kerékpár és motortengely közötti elmozdulást a két kardáncsukló biztosítja; az egyik a (7) üreges tengelyen, a másik pedig a (6) hajtott fogaskoszorún, ill. (8) kerékpáron helyezkedik el. A hajtásba helyenként beépített gumibetétek csökkentik a tömegeket.

A forgóváz rugózását mutatja a 3. ábra. Az (1) kerékpár a himbával rugóztatlan, erre a (4) hengeres csavarrugókkal támaszkodik a (3) vontatómotor. Az összekötő rudak (2) a vízszintes erők átvitelére szolgálnak. A mozdony (5) súrlódásos lengéscsillapítókkal van felszerelve.

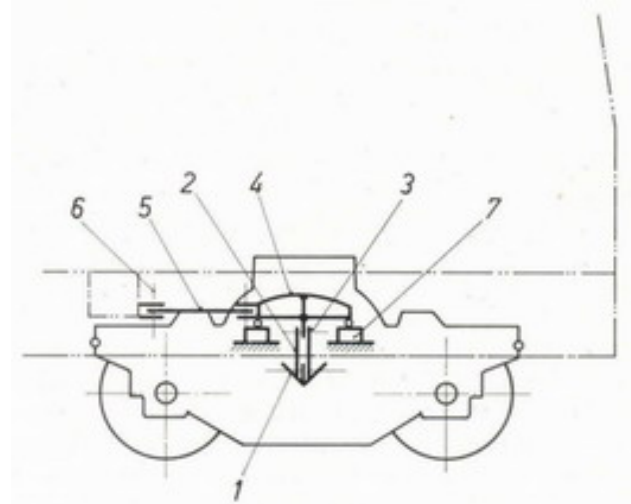


3. ábra. A forgóváz rugózása.

1 - kerékpár a himbával, 2 - összekötő rudak, 3 - motor a tartószerkezettel, 4 - rugók, 5 - lengéscsillapítók

A forgóváz bekötése a 4. és 5. ábrán látható. A 4. ábrán a kigyózásgátló lengő szekrényfelfüggesztés, az 5. ábrán a vonóerő átvitelére szolgáló, tengelynyomás-eltolódás kiegyenlítését is végző rudazat elvi elrendezése látható.

A szekrény a (2) lengő rudakra van függesztve melyek a (4) bimbók és (7) csúszótámok segítségével támaszkodnak a forgóváz rugózott részére. A (7) csúszótámok elcsúszásánál ébredő súrlódás a kigyózó lengést csillapítja.

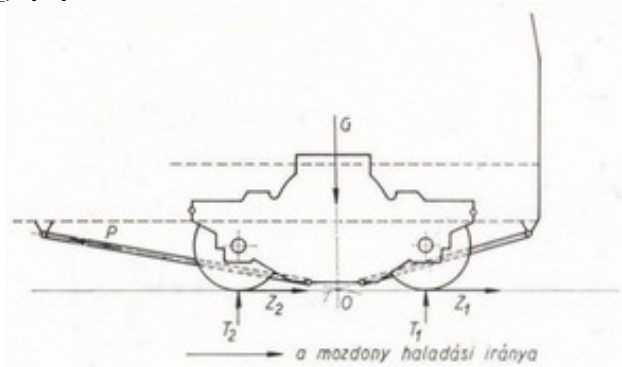


4. ábra. A szekrényfelfüggesztés.

1 - csukló a szekrényen, 2 - lengő rúd, 3 - csukló a himbán, 4 - himba, 5 - rúd, 6 - csukló a szekrényen, 7 - csúszótám.

A tengelynyomás-eltolódás kiegyenlítésének alapelvét az 5. ábra mutatja. Az ábrán a teljes kiegyenlítés esete látható, amikor a vonórúdak elhelyezkedése olyan, hogy meghosszabbításuknak és a G súlyerőnek a metszéspontja (0 pont) a sín felső síkjára esik. A valóságban ez a pont kissé feljebb van, ezen kívül a szekrény felől jelentkezik még a

csúszótámokon ható súrlódóerő is, ezek kis tengelynyomás-eltolódást okoznak.



5. ábra. A vonóerőt átvivő rudazat

G = mozdony súly része, Z_1, Z_2 = vonóerő tengelyenként, T_1, T_2 = tengelynyomások.

Az 5. ábrán a mozdony elülső forgóvázát ábrázoltuk, a berajzolt erőirányok a forgóvázra ható erők vontatás közben.

A forgóvázra az említetteken kívül még a fékrudazat is fel van szerelve a működtető hengerekkel és a kézi működtetéssel. Kézfékkel a vezetőfülkéből az alatta levő forgóváz fékezhető.

A mozdony fékberendezése teher-, személy- és gyorsvonati állásba állítható. Tehervonati állásban a fékhatás a fékezés után bizonyos késleltetéssel alakul ki, hogy elkerüljék fékezéskor a kocsik mozdonyra való torlódását, személyvonati állásnál a késleltetés kisebb. Gyorsvonati állásban 60 km/ó felett, a féktuskó súrlódási tényező csökkenésének a kompenzálására nagyobb nyomással fékez, és centrifugális szabályozó csökkenti a fékhenger nyomását 60 km/ó sebességnél a normális értékre.

2. A villamos berendezés kapcsolása

2.1 Erőátvitel.

A villamos erőátvitel egyszerűsített kapcsolási vázlatát a 6. ábra mutatja. A felsővezetékbe az áram az (1) áramszedőn, (2) tetővezetéken, a (4) főkapcsolón és a (7) feszültségátkapcsolón keresztül a (8) transzformátor primer tekercsére jut. Az áramszedők közül üzemszerűen csak a menetirány szerinti hátsó van felengedve, a másik tartalék. A főkapcsoló a mozdony hálózatról való leválasztására szolgál, mint teljesítménykapcsoló. A mozdony, mint említettük, 16 vagy 25 kV névleges feszültsé-

gű felsővezetékéről működtethető. A felsővezeték feszültségnek megfelelően a feszültségátkapcsolóval ez a feszültség a transzformátor primer tekercsének végére, vagy 16 kV-os megcsapolására kapcsolható. A 25 kV-ra készült, (8) szabályozó transzformátor megcsapolásait a (10, 11) fokozatkapcsoló felváltva kapcsolja a második, állandó áttételű (12) módosító transzformátorra, s ennek két szekundér tekercsén jelenik meg a vontatómotorok részére a változtatható feszültség. A fokozatkap-

csoló alapelve, hogy a transzformátor fokozatokat a (10) fokozatválasztó rész felváltva két gyűjtősinre kapcsolja, a teljesítmény-átkapcsolást pedig három (11) teljesítmény-átkapcsoló végzi átkapcsoló ellenállás felhasználásával. Az átkapcsolás fő fázisait a 7. ábra mutatja. Az (1) gyűjtősinről a (2)-re I-II-III-IV, a (2)-ről az (1)-re IV-III-II-I sorrendben történik az átkapcsolás. A fokozatválasztó és a kapcsolók helyes együttműködését merev mechanikai kapcsolat biztosítja.

A transzformátor feszültsége a (13) váltakozóáramú kontaktorokon keresztül jut a (16) egyenirányítókba. A váltakozóáramú kontaktorokkal az egyenirányítók egymástól függetlenül váltakozó feszültségű oldalon feszültségmentesíthetők. Az egyenirányítók Graetz hidak, hídáganként megfelelő számú soros és parallel cellával.

Az egyenirányítókba az áram a selejtező kapcsolóra jut. A selejtező kapcsolóval vagy az egyik, vagy a másik motor selejtezhető, ezen kívül bármelyik egyenirányítóról is táplálható mindkét motor sorbakapcsolva, így egyenirányító hiba esetén a vonat változatlan vonóerővel továbbítható kisebb sebességgel. A selejtezés kézzel történik, kapcsolókar elforgatásával.

A vontatómotorok részére az egyenirányító feszültségét a simító-fojtótekercsek simítják. Az áram hullámosságát a simító-fojtótekercs 25-50%-ra csökkenti. Itt hullámosság alatt a szuperponált váltakozóáram csúcsértékének és az egyenáram

középértékének viszonyát értjük:

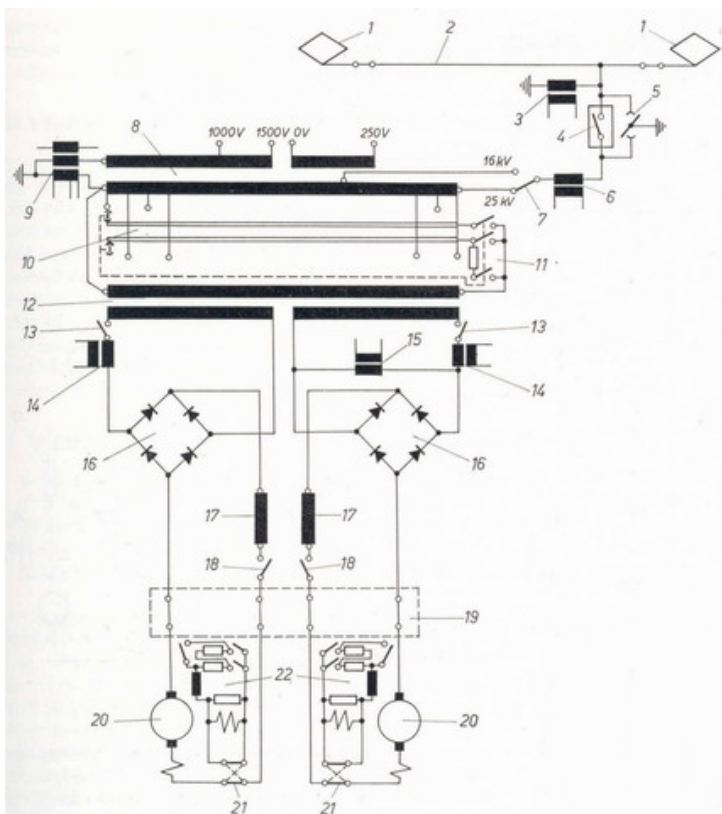
$$h = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}}$$

A vontatómotorok soros motorok mezőgyengítés-sel.

Az irányváltó kapcsolók a főpólus-tekercsekben változtatják az áram irányát. A sőtellenállásokkal sorba induktivitás kapcsolódik, ez az induktív sönt biztosítja, hogy hirtelen áramváltozáskor is a főpólusáram és armatúraáram viszonya körülbelül az marad, mint állandósult állapotban. Ez a motort áramváltozásokkal, áramszedő lepattanás miatti rövididejű árammegszakítással szemben érzéketlenné teszi.

2.2 Segédüzem.

A mozdony segédüzemi berendezéseit a főtranszformátor 250 V-os tekercse táplálja. A segédüzemi berendezéseknek a vonali feszültség-ingadozásokra való tekintettel a tápfeszültség +20 és -30 %-os változása mellett is megfelelően kell működni. A segédüzemi áramkörök egyszerűsített kapcsolását a 8. ábra mutatja. Az ábrából látható, hogy a segédüzemi berendezések három főcsoportra oszthatók: a váltakozóáramú motoros, az egyenáramú motoros berendezésre, valamint a vezérlőkörök tápegy-ségére.



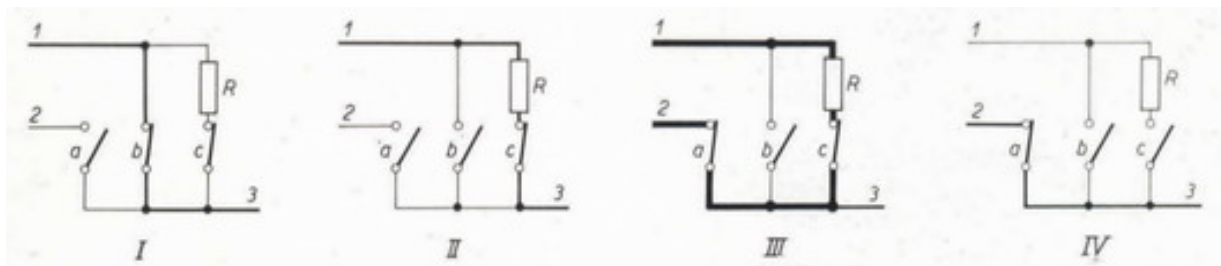
6. ábra. A villamos erőátvitel egyszerűsített kapcsolási vázlat.

1 - áramszedő, 2 - felsővezeték, 3 - primer feszültségváltó, 4 - főmegszakító, 5 - földelőkapcsoló, 6 - primer áramváltó, 7 - feszültség átkapcsoló, 8 - főtranszformátor szabályozó transzformátora, 9 - különbozati védelem áramváltója, 10 - fokozatkapcsoló választóhenger, 11 - fokozatkapcsoló teljesítményátkapcsolói, 12 - főtranszformátor módosító transzformátora, 13 - váltakozóáramú kontaktorok, 14 - vontatómotor-áramváltók, 15 - vontatómotor-feszültségváltó, 16 - főüzemi egyenirányítók, 17 - simító-fojtótekercsek, 18 - egyenáramú kontaktorok, 19 - selejtezőkapcsoló, 20 - vontatómotorok, 21 - irányváltók, 22 - mezőgyengítő berendezés

Egyfázisú kondenzátoros aszinkronmotor hajtja a transzformátor olajszivattyút és a segédüzemi egyenirányító szellőzőjét. Itt az aszinkronmotoros hajtást indokolja részben a kis teljesítmény, amely még elfogadható méretű kondenzátort eredményez, részben az a körülmény, hogy az olajszivattyú hajtómotora teljesen zártan, az olaj alatt működik. Ez csak aszinkronmotorral oldható meg. E motorok a főkapcsoló bekapcsolásakor kapnak feszültséget, így a mozdony bekapcsolt állapotában állandóan üzemben vannak.

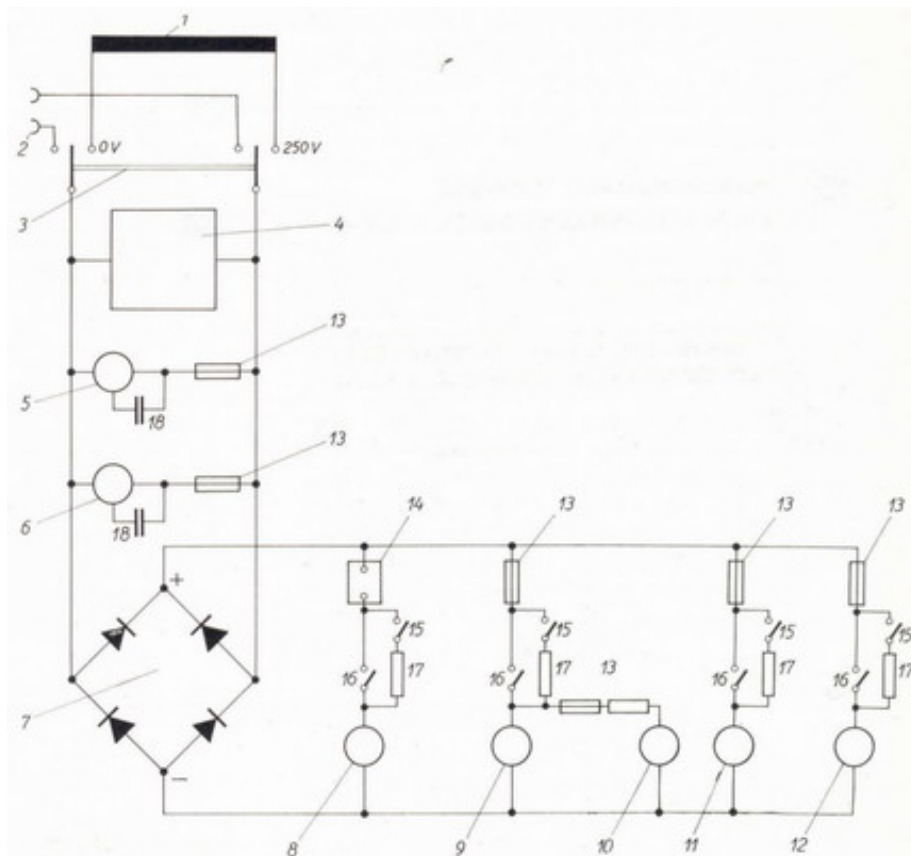
A nagyobb teljesítményű segédüzemi gépeket, a légsűrítőt és a szellőzőket hullámos áramú, soros

motorok hajtják. Az egyenáramú hajtás előnye, hogy nagy indítónyomatéka miatt olyan hajtásra is alkalmas (légsűrítő), ahol a megfelelő indítási viszonyok miatt egyfázisú aszinkronmotor helyett csak háromfázisú motor jöhetne számításba pl. Arno átalakítóról táplálva. Ezen kívül a primer feszültség ingadozása miatt kevésbé kell a gépeket túlméretezni. Ugyanis, míg az aszinkronmotorok teljesítménye a feszültség csökkenésekor az állandó fordulatszám miatt gyakorlatilag állandó marad, addig az egyenáramú soros motorok fordulatszáma és így teljesítménye is a feszültség csökkenésével csökken.



7. ábra. A fokozatkapcsoló teljesítmény-átkapcsolójának működése.

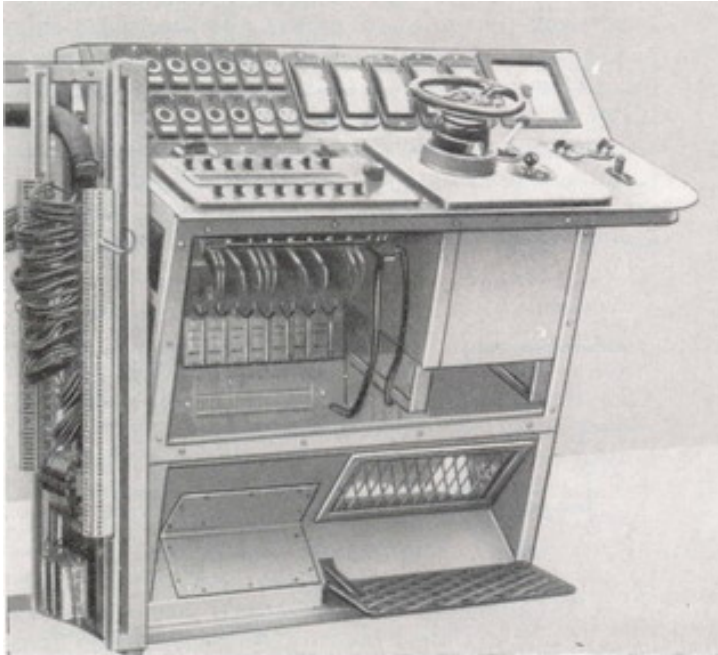
1, 2 - gyűjtőszínek a fokozatválasztóban, 3 - áramelvezetés a módosító transzformátorhoz, a, b, c - teljesítmény átkapcsolók, I, II, III, IV - kapcsolási fázisok.



8. ábra. A segédüzem egyszerűsített kapcsolási vázlata.

1 - transzformátor segédüzemi tekercse, 2 - mozdonyozóni dugaszoló, 3 - mozdonyozóni átkapcsoló, 4 - akkumulátortöltő, 5 - transzformátor olajszivattyú, 6 - segédüzemi egyenirányító szellőző, 7 - segédüzemi egyenirányító, 8 - légsűrítő, 9 - transzformátor olajhűtő szellőző, 10 - simító-fojtó szellőző, 11 - 1. vontatómotor szellőző, 12 - 2. vontatómotor szellőző, 13 - biztosító, 14 - motorvédő kapcsoló, 15 - kontaktor, 16 - üzemi kontaktor, 17 - indító ellenállás, 18 - kondenzátor.

Az egyenáramú segédüzem így a feszültség csökkenésére gyakorlatilag érzéketlen. Az egyenáramú segédüzem a segédüzemi egyenirányítóról kap feszültséget. Simító-fojtótekerics nincs, a hídkapcsolású egyenirányító feszültsége közvetlenül a motorokra jut. A motorok indítása egyfokozatú indító-ellenállással történik, a legnagyobb indítási áramlökés kb. a névleges áram háromszorosa. Az egyes gépek önműködően egymás után indulnak. Ezzel elkerülhető az egyenirányító túlterhelése. A



mozdonyon elhelyezett mozdonyszíni dugaszoló lehetővé teszi, hogy a segédüzemet a mozdony-színben az áramszedő feleresztése nélkül működtessük 250 V váltakozó feszültségű hálózatról.

A főtranszformátor segédüzemi tekercse táplálja a vezérlési áramkörök tápegységét, az akkumulátor-töltőt is. A töltő az akkumulátorteleppel pufferüzemben dolgozik, és így táplálja a mozdony vezérlő áramköröit, valamint feszültség kimaradásakor a világítási áramköröket.

9. ábra. A vezetőasztal a Budapesti Nemzetközi vásáron. Első borítólappal helyettesítve.

2.3 Vezérlés.

A vezérlő áramkörök az akkumulátortelepről kapják a feszültséget. Az akkumulátorok feszültségváltozása miatt a szabvány megköveteli, hogy az áramkörök 56-113 V feszültség között hibátlanul működjenek. A vezérlő áramkörök úgy vannak kialakítva, hogy két mozdony többes-vezérléses üzemére is alkalmasak legyenek. Ezért az alapvető vezérlő vezetékek a csatlás vezetékeken keresztül át vannak vezetve a vezérelt mozdonyra, és annak megfelelő berendezéseit is a vezérlő mozdonyával azonos módon vezérlik.

A vezérlések lényegesebb részei:

- a nagyfeszültségű berendezések (áramszedő, főkapcsoló stb.) működésének vezérlése,
- az erőátviteli kapcsolókészülékek vezérlése, a menetszabályozás,
- a segédüzem vezérlése.

A vezérlések működtető szervei a vezetőasztalban találhatók (lásd 9. ábra). A levehető mozdonykulccsal lehet a mozdony egyik vezetőfülkéjében - mivel mozdonyonként 1 db kulcs van - a működtető kapcsolók áramköröit feszültség alá helyezni. A nagyfeszültségű készülékek - áramszedő, főkapcsoló, feszültségátkapcsoló - működtetése a vezetőasztalba szerelt kapcsolószekrény megfelelő kapcsolójával történik.

A többi erőátviteli kapcsolóberendezés vezérlése a menetszabályozással kapcsolatos.

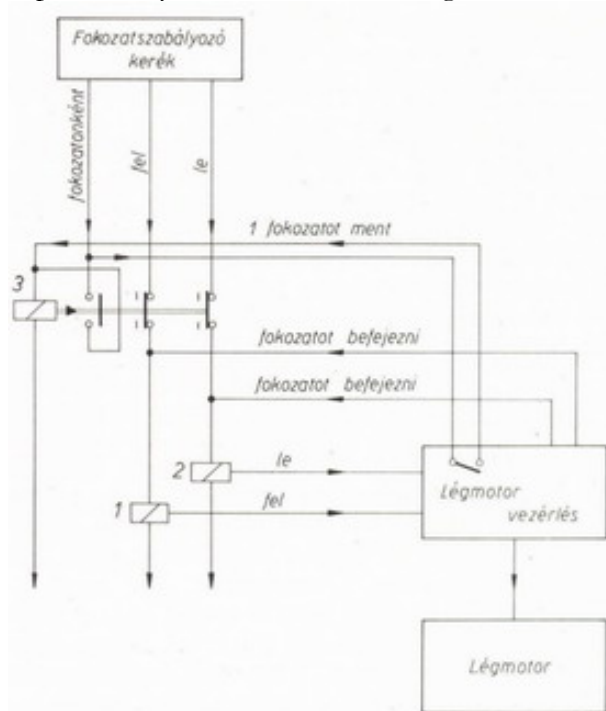
A menetszabályozás működtető szerve az irányváltó fogantyú, a fokozatszabályozó kerék és a mezőgyengítő fogantyú.

Az irányváltó léghengerét elektropneumatikus szelep helyezi megfelelő irányban nyomás alá, s ez a kapcsolószervert állítja.

A vezérlés legjobban igénybevett része (kapcsolások száma itt a legnagyobb) a fokozatkapcsoló-vezérlés a fokozatszabályozó kerékkel. A vezérkontroller 6 állásba állítható, ezek közül 3 arretált, 3 rugózott, elengedés után a megfelelő arretált helyzetbe visszaáll. Ez a 6 állás: (--), 0, (-), N (+), (++) az elhelyezés sorrendjében.

Működés szerint a fokozatszabályozó kerék kiindulási helyzete a 0 állás. Ebben az állásban a fokozatkapcsoló nem indul meg, illetve lefelé mozog a 0 fokozatig. A menet megkezdésekor a fokozatszabályozó kereket az N állásba kell tenni. Ez semleges állás, a fokozatszabályozó kereket ebbe az állásba forgatva a kapcsoló mindig az előző állásban marad.

N-ből rugózottan lehet a kereket (+)-ba, vagy (-)-ba tenni, mindkét helyzetből a rugózás N-be állítja vissza. (+)-ban a fokozatkapcsoló 1 fokozatot megy fel, (-)-ban 1 fokozatot le irányban. (++)-ban a fokozatkapcsoló felfelé halad folyamatosan a véghelyzetig. Ennek párja a 0 állás, ahol a fokozatkapcsoló folyamatosan lefelé mozog.



10. ábra. A fokozatkapcsoló-vezérlés egyszerűsített sémája.
1 - „fel” relé, 2 - „le” relé, 3 - fokozatrelé

A (--) állás szolgál lefelé kapcsolásra veszély esetén. Hatására a motoráramkörök megszakadnak, így a vonóerő azonnal megszűnik. Ezeket a folyamatokat vázlatosan a 10. ábra mutatja. Mint az ábrából látszik, a vezető parancsát a fokozatkapcsoló légmotorja felé három relé viszi át. A légmotor hengereinek elektropneumatikus szelepeit saját

bütyköstárcsás segédkapcsolói vezérlik, hogy az egyes hengerek megfelelő fázisban kapjanak levegőt. Annak megfelelően, hogy fel- vagy le- irányban kell-e forogni, más-más segédérintkezőkre vezető áramköröket kell felhasználni. Ezt két relé oldja meg: mindegyik megszakítja az ellentétes működés vezérlő áramköreit és bekapcsolja a saját iránynak megfelelőket. Ezek az (1) „fel”-illetve (2) „le”- relék. Ha valamelyik bekapcsol, a fokozatkapcsoló légmotorja a relé által megszabott irányba elindul és addig megy, amíg a relé be van kapcsolva. Így történik a sorozatkapcsolás. Egyes kapcsolást a sorozatkapcsolásból a (3) fokozatrelé alakít ki úgy, hogy érzékeli a fokozatkapcsoló vezérlőkapcsoló hengerének segítségével, ha az egy fokozatot elfordult, bekapcsol és öntartó kapcsolásban marad, mintegy emlékszik a fokozatugrásra. Ugyanakkor bekapcsoláskor megszakítja a „fel”- és „le”- relé áramkörét, vagyis megakadályozza a sorozatkapcsolást. Hogy a fokozatkapcsolót feles állásban való megállás ellen biztosítsák - pl. ha a vezető túl rövid kapcsolási impulzust ad - kapcsolás befejező áramköri részlet gondoskodik arról, hogy a kapcsoló mindig egész fokozatban álljon meg.

A menetszabályozáshoz tartozik még a mezőgyengítés működtetése. A motor főpólusának gerjesztését négy fokozatban lehet gyengíteni. Mezőgyengítésre a vezetőasztalban levő mezőgyengítő fogantyú szolgál. Az egyes fokozatokban a motoronként 3 mezőgyengítő kontaktor a söntellenállásokat különböző kombinációban a főpólussal párhuzamosan kapcsolja.

A segédüzemi gépek bekapcsolása a vezetőasztalban levő két kapcsolóval történik. Az egyik a légsűrítőt, a másik a szellőzőket kapcsolja be. A kapcsoló bekapcsolásával a megfelelő segédüzemi gépek elindulnak. Az egyfokozatú indítóellenállás kiiktatását időelem végzi a bekapcsolás után 1,5-2 mp-cel. Ez az érték beállítható. A szellőzők egymás után lépcsőzött indítása úgy van megoldva, hogy az üzemi kontaktor segédérintkezője kapcsolja mindig a következő gép indítókontaktorát, majd az időelem biztosítja a felfutási időt, zárja az üzemi kontaktort, stb. A szellőző csoport felfutási ideje max. 8 mp, így a szellőzők állomáson leállíthatók, csak induláskor kell azokat bekapcsolni.

A lépcsőzéson kívül még a szellőző csoport és a légsűrítő egymáshoz is reteszelve van, hogy az egyik indításának ideje alatt a másik ne indulhasson. A légsűrítő kapcsolója az üzem megkezdése után bekapcsolva marad. A nyomásőr automatikusan

végzi azután a légtartály nyomáscsökkenésekor a kontaktorok bekapcsolását, a névleges nyomás elérésekor a kikapcsolást.

2.4 Védelmi berendezések.

A mozdony védelmi berendezései feladat szerint felbonthatók a villamos berendezést védő és balesetvédelmi elemekre. A feladatokat részben villamos áramkörökkel, részben mechanikus reteszeléssel oldották meg.

A villamos berendezés védelme:

feszültségvédelem,
túláram védelem,
testzárlat-védelem,
védelem hibás kapcsolási kombinációkkal szemben,
egyéb védelmek.

A feszültségvédelem rövid idejű túlfeszültségek, minimális feszültség és hibás feszültségre (25 kV-os vonalon 16 kV-ra) való kapcsolással szemben véd. Ide sorolható még az egyenirányítók védelme a névleges zárófeszültség túllépése ellen, pl. cella átütéskor. Ezt az egyenirányítókról szóló cikk ismerteti. [1]

A túlfeszültségvédelem az alkalmazott félvezető-egyenirányítók miatt igen fontos. Ezért a transzformátorokon több túlfeszültség-levezető van elhelyezve.

Minimális feszültségvédelem van a nagyfeszültségű oldalon külön 16 és külön 25 kV-ra. Ez utóbbi egyúttal téves kapcsolással (16 kV-os vonalon 25 kV-ra) szembeni védelem is. Ezen kívül a segédüzemi áramköröket is külön feszültségrelé védi. Ezeknek a reléknek a beállított feszültségre pontosan kell bekapcsolni, tekintettel arra, hogy a 16 kV-os vonal legnagyobb feszültsége 17,6 kV, a 25 kV-os vonal legkisebb feszültsége 18,8 kV lehet. Ezért ide Siemens gyártmányú, Deprez-műszer-szerű mérőművel rendelkező relék kerültek beépítésre, egybeépített segédrelével. A Deprez mérőrelé a feszültségváltó után beiktatott egyenirányító táplálja, a vele kapcsolható áramerősség kicsiny, így csak egy segédrelét kapcsol, s ez már a vezérlő áramkörök kapcsolására alkalmas. A szükséges késleltetést a Deprez-műszeres oldalon soros ellenállással és kondenzátorral lehet beállítani. A késleltetés biztosítja, hogy a minimális feszültség relé az áramszedő

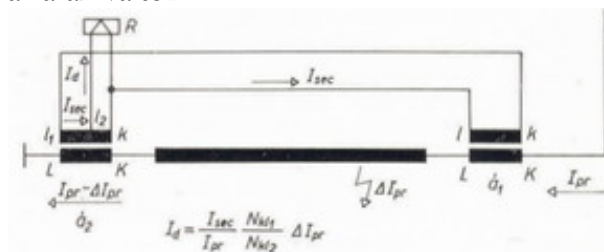
lepattanáskor fellépő rövididejű feszültségkimaradáskor nem kapcsol ki, mivel azt a vontatómotor és a segédüzem üzemszerűen elviseli.

A túláramvédelem gyors működésű, így megoldja az egyenirányító diódák védelmét is. Erre a célra a vontatómotorok körében külön áramváltót és külön túláramrelét alkalmaznak. A relé közvetlenül a főkapcsoló kikapcsoló tekercsére ad bekapcsoláskor áramot. A túláramrelék Oerlikon gyártmányú lágyvasas mérőrelék, önidejük kicsi, a gyors működésű BBC főmegszakítóval együtt max. 80 msec, így el tudják látni az egyenirányítók zárlatvédelmét. Ezen kívül fedővédelemként még egy-egy külön áramváltóról táplált azonos Oerlikon relé van a motorok körében, amely a főkapcsoló nyugvóáramú tekercsére hat. Ennek a védelmi körnek az önideje az előzőnél hosszabb, szerepe fedővédelem és túlterhelés elleni védelem.

A motorkörökön kívül a primer és fűtési áramkör védelme van túláramrelével megoldva.

Mivel zárlat megszakítására csak a főmegszakító alkalmas, e túláramrelék is a főmegszakítót működtetik a tartóáramkör megszakításával. A segédüzemi áramköröket zárlattal szemben biztosítók védik, csak a kompresszornak van motorvédő kapcsolója, mivel itt túlterhelés is előfordulhat zárlat nélkül.

Az áramkörök földelési viszonyait üzembiztonsági és balesetvédelmi szempontok alakították ki. A primer kör természeténél fogva egyik oldalán földelt. Itt a testzárlat-védelem differenciál védelem: a transzformátorba befolyó és kifolyó áramot egy-egy áramváltó méri. (Lásd 11. ábra). Ha a két szekunder áram között különbség van, az a relé áramkorén át tud csak folyni. Az itt alkalmazott \dot{a}_2 áramváltó egyúttal ellátja a transzformátor fűtési tekercsének testzárlatvédelmét is: a fűtési tekercs két végén folyó áram ellentétes irányban folyik át az áramváltón.



11. ábra. A transzformátor primerkör különbozeti védelmének elve.

\dot{a}_1 - primer áramváltó, \dot{a}_2 - különbozeti védelmi áramváltó, I_{pr} - primer áramvédelem, ΔI_{pr} - primer körből a test felé folyó hibaáram, I_{sec} - áramváltó szekunder áram, I_1 - különbozeti relé árama, N_{kl1} - a különbozeti áramváltó szekunder menetszáma k-l1 között, N_{kl2} - a különbozati áramváltó szekunder menetszáma h-l1 között, K, L, k, l, l_1, l_2 - áramváltó végek szabványos jelölése.

A vontatómotorok áramköre és a segédüzemi kör nincs közvetlenül földelve. Ezeknél a feszültség középpontjának potenciálját, amit a transzformátor kapcsaira kötött ohmos feszültségosztóról kapunk, egy feszültségrelé méri a testhez képest s egy bizonyos értéknél maradó jelzést ad. Mivel itt egy testzárlat nem jelent egyúttal főáramú zárlatot, a mozdony azzal tovább üzemeltethető, vonatát a rendeltetési helyre még el tudja vinni. Zárlatot csak még egy testzárlat okoz. Az akkumulátortelep középpontja kismegszakítón keresztül testelt. Egyéb helyen fellépő testzárlat esetén a megszakító leold, de a vezérlés egy testzárlattal szintén üzemképes marad. A hibás kapcsolási kombinációkkal szembeni védelem részben villamos, részben mechanikus reteszelésekkel van megoldva.

A mozdonykulccsal mechanikusan reteszelt a kapcsolószekrény reteszelt kapcsolósora és villamosan egyes vezérlő áramkörök táplálása. A védelmi reteszések első csoportja a főkapcsoló bekapcsolását reteszeli. A főkapcsoló csak akkor kapcsolható be, ha az áramszedő kapcsoló, is be van kapcsolva és van primer feszültség - ezek a reteszések az áramszedőt védik -, ha a feszültségátkapcsoló a helyes primer feszültségre van kapcsolva és ha a fokozatkapcsoló 0 fokozaton áll. A primer feszültséget feszültségváltóról táplált relé érzékeli. A menetszabályozásba beiktatott reteszések főleg a vontatómotorokat védik. Mechanikusan van egymáshoz reteszelve a fokozatszabályozó kerék, a mezőgyengítő fogantyú és az irányváltó fogantyú. Az irányváltó fogantyú csak a fokozatszabályozó kerék 0 állásában mozdítható, a fokozatszabályozó kerék viszont csak akkor mozdítható el 0-ból a (+) irányba, ha az irányváltó fogantyú valamelyik irányba van kapcsolva. A mezőgyengítő fogantyú csak a fokozatszabályozó kerék N állásában mozdítható növekvő irányban, viszont, ha a mezőgyengítő fogantyú nem 0 fokozaton áll, a fokozatszabályozó kerék (+) irányba nem, csak (-) irányba mozdítható. Ezek a reteszések azt célozzák, hogy az irányváltót csak a fokozatkapcsoló 0 állásában kezeljék, továbbá, hogy ne lehessen mezőgyengített motornál a fokozatkapcsolóval felfelé menni, viszont nem teszik szükségessé veszély esetén gyors visszakapcsolásnál a mezőgyengítő ellenállás előzetes kiiktatását.

Ezeket a reteszéseket villamos reteszések egészítik ki: pl. a motorkontaktorok csak akkor kapcsolhatók be, ha mindkét irányváltó ugyanazon irányban áll, söntöltni csak a 10. fokozat felett lehet,

stb. Reteszelve van a motor bekapcsolása a motor szellőzők és simító fojtó szellőző légáramába helyezett légáramlásjelzőkkel. Ez a reteszelés megakadályozza, hogy ezeket a berendezéseket szellőzés nélkül üzemeltetni lehessen.

A balesetvédelmi reteszések legfontosabb része a nagyfeszültségű berendezések reteszése. Míg az áramszedők fel- és leengedése az áramszedő kapcsolóval történik üzemszerűen, az áramszedők kiválasztása az áramszedő választószeleppel, a levegő-hozzávezetés nyitásával és zárásával. Ez a választószelep csak akkor mozgatható 0 állásba, ha a kapcsolószekrényből a mozdonykulcsot kiveszszük (tehát a mozdonyt kikapcsoltuk, az áramszedőt leeresztettük). A választószelep egyik állása megfelel mindkét áramszedő leeresztett állásának, ebben a helyzetben kivethető a választószelep karja és azzal a tetőberendezést földelő kések elmozdíthatók. A tetővezetékek földelésével szabaddá válnak a nagyfeszültségű tér és a tetőnyílás kulcsai.

2.5 Jelző és mérőberendezések.

A mérő és jelzőberendezések elhelyezésénél az volt a törekvés, hogy azok minél kevésbé terheljék a vezetőt. Ezért viszonylag kevés mérőműszert találunk a vezetőfülkében, s ezek közül is csak a legfontosabbak vannak a vezető előtt. A jelzőlámpák száma sem túl nagy és a vörös jelzőlámpák csak hiba esetén világítanak, ha a berendezés rendben van, sötétek, nem zavarják a vezetést. (Lásd 9. ábra). A vezetőasztalban a két motoráram-mérő, motorfeszültség, primer feszültség és segédüzemi feszültségmérő műszer van elhelyezve. Ezek feszültség- és áramváltókról kapják a táplálást, kivéve a segédüzemi feszültségmérőt, mely közvetlenül mér. Villamos jelzőberendezés még a fokozatjelző, mely a fokozatkapcsoló állását szinkró rendszerű villamos tengellyel viszi át a vezetőasztalra. A hátfalon van elhelyezve a fűtési ampermérő és az akkumulátor feszültség voltmérője.

A mechanikus műszerek közül legfontosabb a Teloc rendszerű sebességmérő. A sebességet a behelyezett szalagon regisztrálja, az egyik vezetőfülkében levő sebességmérő kilométermutatót is tartalmaz. Három légnyomásmérő műszer a főlegtartály és fővezeték, mozdony első és hátsó fékhenger, továbbá fékoldásnál a túltöltés nyomásértékét mutatja.

A jelzőlámpák két sorban helyezkednek el: a felső sor a saját mozdony, az alsó a csatolt mozdony jelzéseire. A hibajelzések: földzárlat-jelzés, segédüzem nem működik, egyenirányító hibás, főkapcsoló ki van kapcsolva. Sárga és kék jelzőlámpa jelzi a feszültségátkapcsoló 25 vagy 16 kV-os állását. Vörös lámpa jelzi, ha a csatolt mozdony fokozatkapcsolója nem áll a 0 fokozaton.

2.6 Fűtés

A transzformátoron 1500 V-os fűtési tekercs van, 1000 V-os megcsapolással. Így alkalmas 1500 V-tal és 1000 V-tal is vonatfűtésre a kocsikban levő fűtőberendezés szerint. A két fűtési kontaktor reteszelve van egymáshoz. A mozdony fűtése vagy a vonatfűtési fővezetékéről, vagy attól függetlenül történik. A mozdonyon a vezetőfülkékben fűtőtestek, továbbá lábmelegítő és ételmelegítő szolgálják a vezetők kényelmét.

A vonatfűtési csatlást csak feszültségmentes állapotban szabad összekapcsolni. Ennek ellenőrzése úgy történik, hogy a személyzet, amikor a fűtési csatlás összekötését végzi, magánál tartja a mozdonyon levő fűtési reteszelőből kivett reteszelő kulcsot. Ennek eltávolítása a fűtési kontaktort ki kapcsolja, illetve nem engedi bekapcsolni.

2.7 Világítás

A világítási áramkörök az akkumulátortöltőben elhelyezett világítási transzformátorról kapnak táplálást, 78 V, 50 Hz áramot. A primer feszültség kimaradásakor egy világítási átkapcsoló átkapcsolja ezeket az akkumulátorra. Kivétel a felső fényszóró, amely csak a hálózatról üzemelve kap feszültséget, 24 V-ot. Az alsó fényszórók fénye tompítható kapcsolóval. Ekkor a felső fényszóró kikapcsolódik, az alsó fényszórók áramkörébe pedig ellenállást iktatunk be. A műszereket beépített lámpák világítják meg. Ezek fényereje fokozatokban szabályozható. A mozdony világítási áramkörére a géptérben és az alvázon elhelyezett dugaszolóaljzatok is rá vannak kapcsolva, amelyekhez kézilámpát lehet csatlakoztatni.

2.8 Éberségi berendezés

A mozdonyok korszerű, Oerlikon gyártmányú éberségi berendezéssel vannak felszerelve. A berendezés kétféle módon ellenőrzi a vezető éberségét. A vezetőasztal alatt elhelyezett pedált, vagy az ablaknál elhelyezett gombot állandóan lenyomva kell tartani. Ha a vezető ezek egyikét sem működteti, 60 m út után kürt szól, majd kb. 100 m út után a berendezés kikapcsolja a főmegszakítót és működteti a féket.

Az ellenőrzés másik módja akkor lép működésbe, ha a vezető a pedált állandóan nyomja (pl. rosszul-lét esetén ráesik, vagy nehezéket tesz rá). Ekkor 1700 m út után csengő szól, majd ha a vezető ekkor sem ad életjelt, kikapcsol és fékez. Az életjel-adás a pedál vagy nyomógomb rövididejű felengedése, vagy a menetszabályozó vagy a söntölő működtetése vagy fékműködtetés. Az elgondolás alapja az, hogy ennyi út alatt az említett berendezések valamelyikét úgyis működtetni kell, tehát, ha olyan helyen vezet, ahol sok a tennivaló, az éberségi berendezés nem veszi külön igénybe a vezetőt, mivel mindegyik beavatkozás után az 1700 m-t újra kezdi mérni. Egyéb esetben a vezető időnként a pedált felengedi.

2.9 Tapadást javító berendezések

A mozdony biztonságos üzemét szolgálják, hogy rendkívüli üzemi helyzetben (pl. nehéz vonat indítása kanyarban és emelkedőben, stb.) vagy időjárási nehézségeknél (pl. kezdődő eső, poros, nyálkás sín) a mozdonyvezetőnek a tapadás javítására két lehetősége is van: a homokoló és a csúszásvédő fék. A homokoló a bekapcsolt menetirány szerint 4 csövön fúj homokot az első és a hátsó forgóvázak elé a sínekre. Elektropneumatikus szelepe a kapcsolószekrény egyik kapcsolójával működtethető. Használatával gyakorlatilag majdnem minden időjárásnál el lehet érni a száraz sínre érvényes tapadási tényezőt. A csúszásvédő fék 0,8-1 att-ra szabályozott nyomású levegőt enged közvetlenül a mozdony fékhengereibe, s a működtetés megszűntekor a levegőt gyorsan kiengedi. Feladata főleg a beállt kerécsúszás gyors megszüntetése, vagy gyors beavatkozás a csúszás elkerülésére rövid szakaszon, pl. útátjáróknál, váltóknál.

3. A főbb villamos berendezések ismertetése

3.1 Főtranszformátor

A mozdony főtranszformátora AEG licencia alapján készülő, BLTH 120 típusú transzformátor, nagyfeszültségű szabályozással.

Fontosabb adatai:

Névleges primer feszültség	22,5 kV 25 kV
Névleges primer áram	140 A
Névleges primer teljesítmény	3150 kVA
Szekunder feszültség	0-2x1400 V 32 fokozatban szabályozható
Szekunder áram	1125 A
Segédüzemi feszültség 25 kV-nál	253 V
Segédüzemi áram	600 A
Fűtési feszültség	25 kV-nál 1011 és 1517 V
Fűtési áram	525 A +10°C-ig és 500 A +18°C-ig

Az adatok egy része azért van 22,5 kV-ra megadva, mert a mozdony ennél a feszültségnél is leadja névleges teljesítményét. Nagyobb feszültségnél egy relé csak addig engedi felfelé a fokozatkapcsolót amíg a motorköri feszültség nem lépi túl az 1400 V-ot.

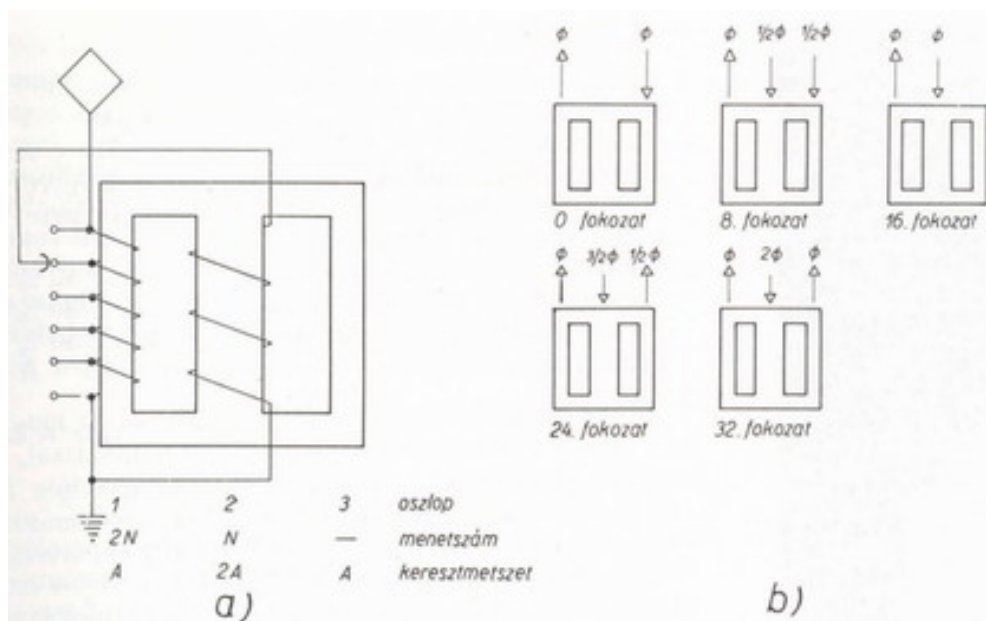
A transzformátor a nagyfeszültségű szabályozásnak megfelelően két transzformátort egyesít magában: egy 25 kV-os autotranszformátort, amelyen még el van helyezve a fűtési és segédüzemi tekercselés és egy 22,5 kV/2x1400 V áttételű módosító transzformátort, a vontatómotorok egyenirányító-

inak táplálására. A transzformátor vázlatos elrendezését a 12a ábra mutatja. A transzformátor vasmagjának 3 oszlopa van: (1) az autotranszformátor, (2) a módosító transzformátor és (3) a különbségi fluxus részére. Az autotranszformátor vasmagjának keresztmetszete a módosító transzformátorénak fele, a menetszáma pedig kétszerese, ennek megfelelően a maximális feszültségnél a fluxus is fele akkora. Ebben az elrendezésben a fluxusok kialakulását a 12b ábra mutatja a különböző fokozatokon. Mint látható, az (1) oszlop fluxusa az állandó feszültség miatt állandó, Φ . A (2) oszlop fluxusa a fokozatszám függvényében 0-ról 2Φ -re nő. A (3) oszlop fluxusa közben $+\Phi$ -ről $-\Phi$ -re változik.

Ezzel az elrendezéssel megtakarítható a középső oszlophoz tartozó visszavezető oszlopkeresztmetszet, így az összsúly kisebb, mint ha két különálló transzformátor lenne.

A transzformátor zárlati árama szabja meg az egyenirányító igénybevételét zárlat esetén. A tekercsek elrendezése olyan, hogy az egyik motorköri tekercs rövidzárásánál a benne folyó zárlati áram nem nagyobb, mintha mindkét tekercset rövidrezárjuk. Ez lehetővé teszi, hogy viszonylag kis zárlati áram mellett az üzemi áramoknál is kicsi legyen a szórási feszültségesés.

A transzformátor mesterséges olajkeringetésű. Az olajat ráépített olajhűtő hűti, amelyen külön ventilátor szívja át a levegőt.



12. ábra. A főtranszformátor elvi elrendezése.

a) a vasmag kialakítása és a 25 kV-os tekercsek

b) a fluxus változása az oszlopokban a különböző fokozatokon.

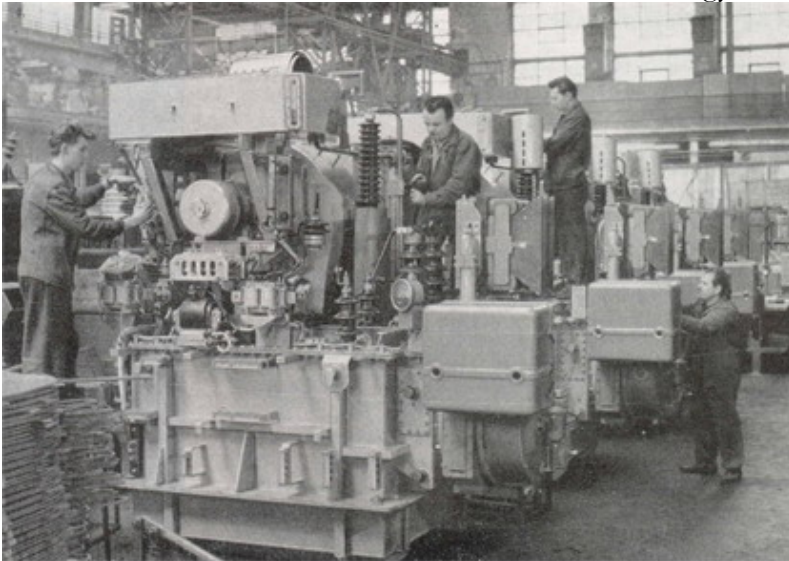
3.2 Főüzemi egyenirányító

A mozdony egyenirányítóját részletesen a lap más részén levő cikk ismerteti [1]. Itt csak annyit említünk, hogy a mozdonyba eredetileg Siemens gyártmányú egyenirányítók kerültek beépítésre először gyorsszakaszoló védelemmel, majd a főkapcsolót működtető túláram- és a fokozatkapcsolót visszakapcsoló zárófeszültség-védelemmel. Ez utóbbi típust a Siemens licenciájú alapján Siemens diódákkal jelenleg a Ganz Villamossági Művek gyártja. A Villamosipari Kutató Intézet azonban

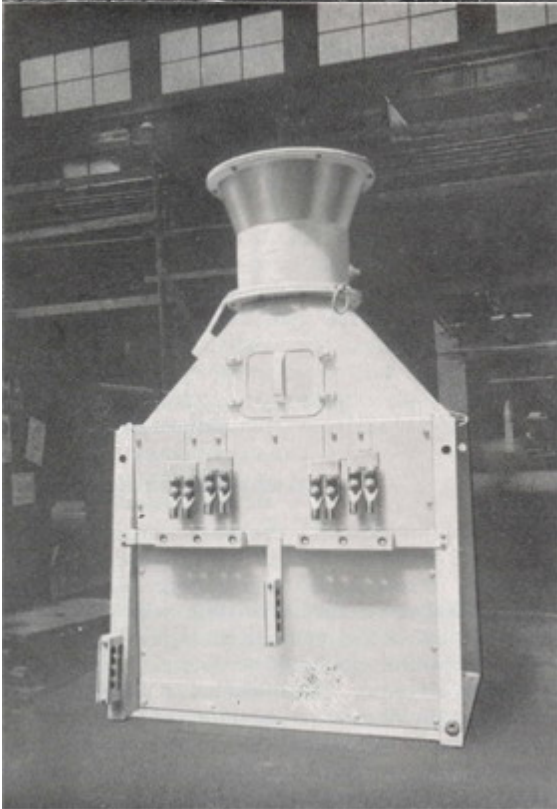
kifejlesztett e mozdonyhoz hazai diódákkal készülő egyenirányítót. Ezt az Anód Áramirányítógyár gyártja. A hazai egyenirányító beépítési méretei a licencia alapján gyártottal egyezők, így ez azzal cserélhető. A jövőben a hazai gyártó-kapacitásnak megfelelően a mozdonyok részben hazai egyenirányítókkal készülnek.

A egyenirányítók névleges adatai:

Váltakozó feszültség	1520 V
Egyenfeszültség	1360 V
Egyenáram	2800 A



13. ábra. BLTH 120 transzformátorok szerelése. A transzformátorra ráépítve az olajhűtő szellőző, áram-váltók, feszültségváltó, jobboldalt pedig a fokozatkapcsoló látható.



14. ábra. SL 43 A típusú simító-fojtótekerces, ráépített szellőzővel.

A névleges adatokból látható, hogy az egyenirányítók a motorok indítóáramára és maximális feszültségére vannak méretezve, tehát a motorra átmene-tileg megengedhető túlterheléseket állandó üzemenben is elbírók. Így nem korlátozzák a mozdony teljesítményét.

3.3 Simító-fojtótekerces

A motorok körében az egyenirányító után egy-egy simító-fojtótekerces csökkenti az áram hullámosságát a motorok számára elviselhető értékre. A két nyitott vasmagos fojtótekerces egymás mellett van elhelyezve közös tartószerkezetben, és közös szellőzéssel van ellátva. Az egymás mellett elhelyezés folytán a két tekercs fluxusa részben közös, a szórt fluxus nagyobb része a két vasmag között halad, így a környezetben kisebb a zavaró mágneses erőter. A tekercsek gombolyítása alumínium, a szellőző a fojtótekerces feletti kürtőben van elhelyezve. A motor felett találjuk az axiális átömlésű járókereket. A fojtótekerces képét a ráépített szellőzővel a 14.

ábra mutatja. ACEC licencia alapján készül, hazai szellőzővel.

3.4 Vontatómotor

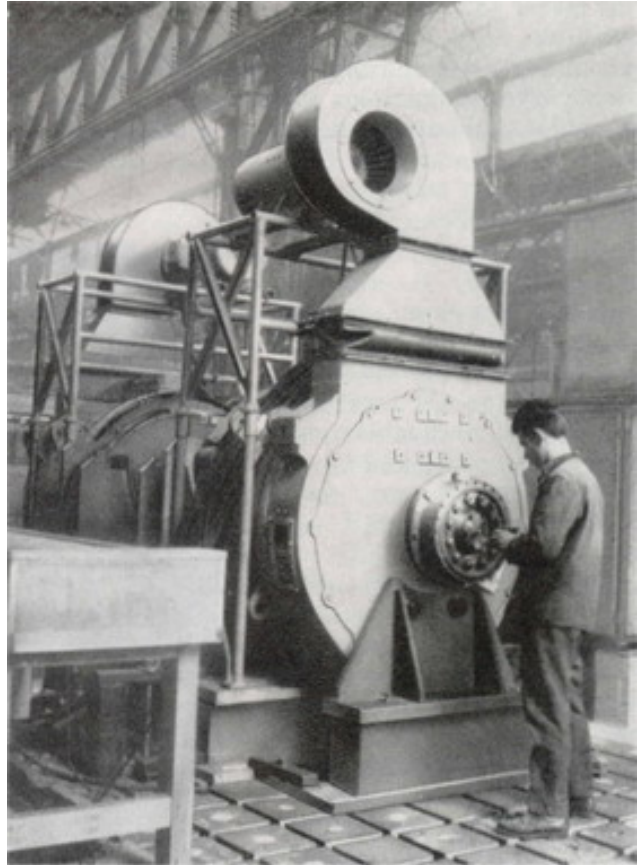
A vontatómotor Schneider-Westinghouse licencia alapján készül, hullámos áramú motor.

Főbb adatai.:

Típus	SW 7309
Névl. feszültség	1100 V
Állandó áram	1070 A
Fordulatszám állandó áramnál	610/perc
Max. fordulatszám	1510/perc
Max. mezőgyengítésnél maradó gerjesztés	42%
Hullámosság állandó áramnál	kb.25%
Hullámosság max. fordulaton	kb.50%
Indítóáram	1700 A

A motor kompenzálatlan, egyenáramú soros motor, tömör állórészkoszorúval és segédpólussal, lemezelt főpólussal. A motor tengelye üreges, mivel - mint a mechanikus résznél említettük - a hajtásoldaltól torziósan rugózott tengelykapcsoló viszi a nyomatékot a belső tengelyen át a kommutátor-oldalon levő fogaskerékszekrény kis fogaskerekére. Érdekessége a marokcsapágyas gépekkel szemben, hogy a motor járműszerkezeti szempontból is a forgóváz szerves része. Az állórészre vannak erősítve a vonóerőt átvivő ferde vonórudak és a fékszerkezet egyes elemei. A motor forgórésze „F” szigetelésű. A szellőző levegőt külön ventilátor a kommutátor oldalon fújja be a géptértől. Így a motor a szellőzőrácsokon már részben megszűrt, viszonylag tiszta levegőt kap. A kifúvás a másik oldalon lefelé történik. A kefetartók körbeforgatható kefehídon vannak elhelyezve, így mindegyik sorban a kefecsere az alsó kezelőnyíláson át történik úgy, hogy az illető kefesort a kezelőnyílás fölé forgatjuk.

A hullámos áramnál megfelelő kommutációs viszonyokat úgy érik el, hogy a főpólus fluxus-ingadozását állandó söntölő ellenállással csökkentve, csökken a transzformátoros feszültség, míg a tömör állórészkoszorúban és segédpólusban indukálódó örvényáramok a segédpólus fluxus fázisát forgatják el és így a rövidrezárt menetekben indukálódó feszültség fázisban is megfelelővé válik a kompenzálásra. A motor a próbateremben a 15. ábrán látható, amint rászert saját szellőzőjével van mérésre előkészítve.



15. ábra. SW 7309 típusú vontatómotorok próbateremben.

3.5 A segédüzemi gépek

A segédüzemi gépek közül a váltakozó áramúak közönséges egyfázisú aszinkron motorok, kondenzátoros segédfázissal. Tekintettel a centrifugál szivattyú és ventilátorhajtásra, az indítási viszonyok kedvezőek, így a kondenzátor értéke az üzemi áramnak megfelelően választható.

Az egyenáramú segédüzemi gépek az Egyesült Villamosgépgyár 2 sz. gyárában készült soros egyenáramú motorok. A gépek egyfázisú egyenirányítóról, szűrés nélkül kapják a feszültséget. Erre az üzemmódra e gépeket az EVIG az egyenáramú sorozat gépeiből fejlesztette ki, az ott alkalmazott alkatrészek felhasználásával. A főpólus fluxusokat ellenállás simítja, a segédpólusok általában lemezelték.

3.6 Akkumulátortöltő, akkumulátortelep

Az akkumulátortöltő a Híradótechnikai Vállalat gyártmánya, magyar szabadalom szerint készült, szabályozott töltő. A vasútiüzemre különlegesen alkalmas, felügyeletet nem igényel, mivel automati-

kusan, pontosan tartja a feszültséget, és az akkumulátortelepet állandóan feltöltött állapotban tartja.

Részletes leírása a lap más részén található. [1] A töltőt készülékszekrénybe építve a 16. ábra mutatja. Az akkumulátortelepet a VBKM készíti, 5VK85 M típus. A magasított légter csökkent a túltöltéssel szembeni érzékenységet, mivel itt egy bizonyos légmennyiség rendelkezésre áll, hogy a telep károsítása nélkül elpárologhasson. A telep kapacitása olyan, hogy a töltő meghibásodása esetén kb. 4 órást utat biztosít, és a töltő a teljesen kisütött telepet kb. 10 óra alatt a legnehezebb üzem vitele mellett is feltölti.

3.7 Áramszedő

Az áramszedő BBC licencia alapján készül, kettős saruja biztos érintkezést ad a munkavezetékkel a legnagyobb sebességnél is.

Feleresztése légnyomással történik, de olyan mérsékelt sebességgel, hogy ne ütőszerűen csapódjék a felsővezetékre, így a legnagyobb sebességnél is fel- és leereszthető.

3.8 Főkapcsoló

A főkapcsoló BBC gyártmányú DBTF 30 i250 típus.

Névleges adatai:

Névleges feszültség	25 kV
Névleges áram	400 A
Névleges megszakító-képesség	250 MVA
Saját idő megszakításkor kb.	35 msec

A kapcsoló nagyon üzembiztos és gyors működésű, ezért a mozdony védelmi áramkörökben, mint megszakítónak a legfontosabb szerepe van.

Sorbakötött szakaszolóból és légnyomásos megszakítóból áll, a megszakítóval párhuzamosan kötött feszültségfüggő ellenállást találunk. Kikapcsolt állapotban a megszakító be, a szakaszoló ki van kapcsolva.

Bekapcsolási parancsra a szakaszoló gyors elfordulással bekapcsol. A megfelelően gyors mozgás károsodás nélkül lehetővé teszi zárlatra kapcsolást. Kikapcsoláskor a megszakító szakít, az ívet a kiáramló levegő oltja el. A megszakítóval párhuzamosan kötött feszültségfüggő ellenállás korlátozza a kapcsolási túlfeszültség értékét. Az áram megszüntetésének megfelelő késleltetéssel a szakaszoló is kikapcsol, majd a megszakító visszazár s ezzel a kapcsolási folyamat befejeződik.

Ennek a működésnek megfelelően a gyors megszakítás mellett még a kapcsolási túlfeszültség is kicsi.

3.9 A fokozatkapcsoló

Leírása a Ganz Villamossági Közlemények 2. számában található.[3]

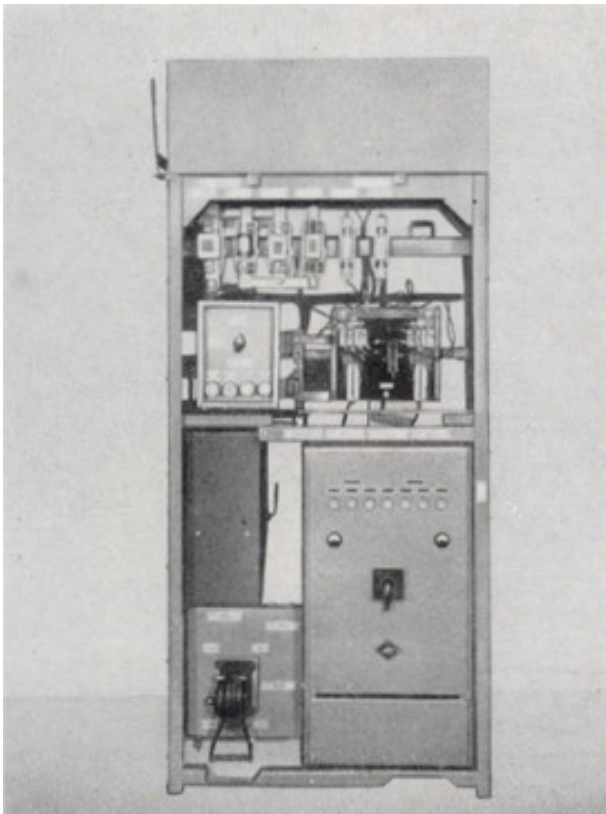
4. A villamos berendezés szerelése

A villamos berendezésre jellemző szerelési szempontból, hogy az szögvas keretből álló készülék-szekrényekben van csoportosítva. Egy-egy ilyen készülékszekrényt mutat a 16. és a 17. ábra. Ezeket a szekrényeket külön gyártják, és készen szállítják a mozdony szereléséhez; így kerülnek a mozdonyszekrénybe beerősítésre. A szekrények vezetékei a rajtuk elhelyezett kapcsolócsatlakozóknak.

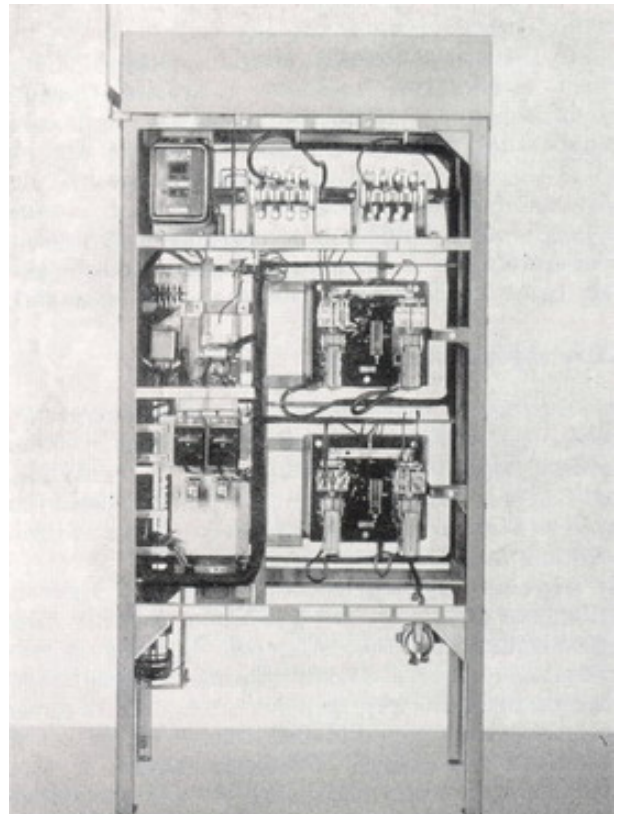
A mozdonyszekrényben a vezérlőkábelek a folyosók fölött és a vezetőfülkék hátfalán teljesen

körbefutó kábelcsatornában helyezkednek el kötegekben, impregnált vászon burkolattal. Ebből ágaznak le az egyes szekrényeknél a számozott vezetékek, amelyeket a szekrény kapcsolócsatlakozókhoz kell kötni. Ez a szerelést nagyban egyszerűsíti és gyorsítja. A vastagabb erősáramú kábelek természetesen külön helyen futnak, megfelelően merevítve.

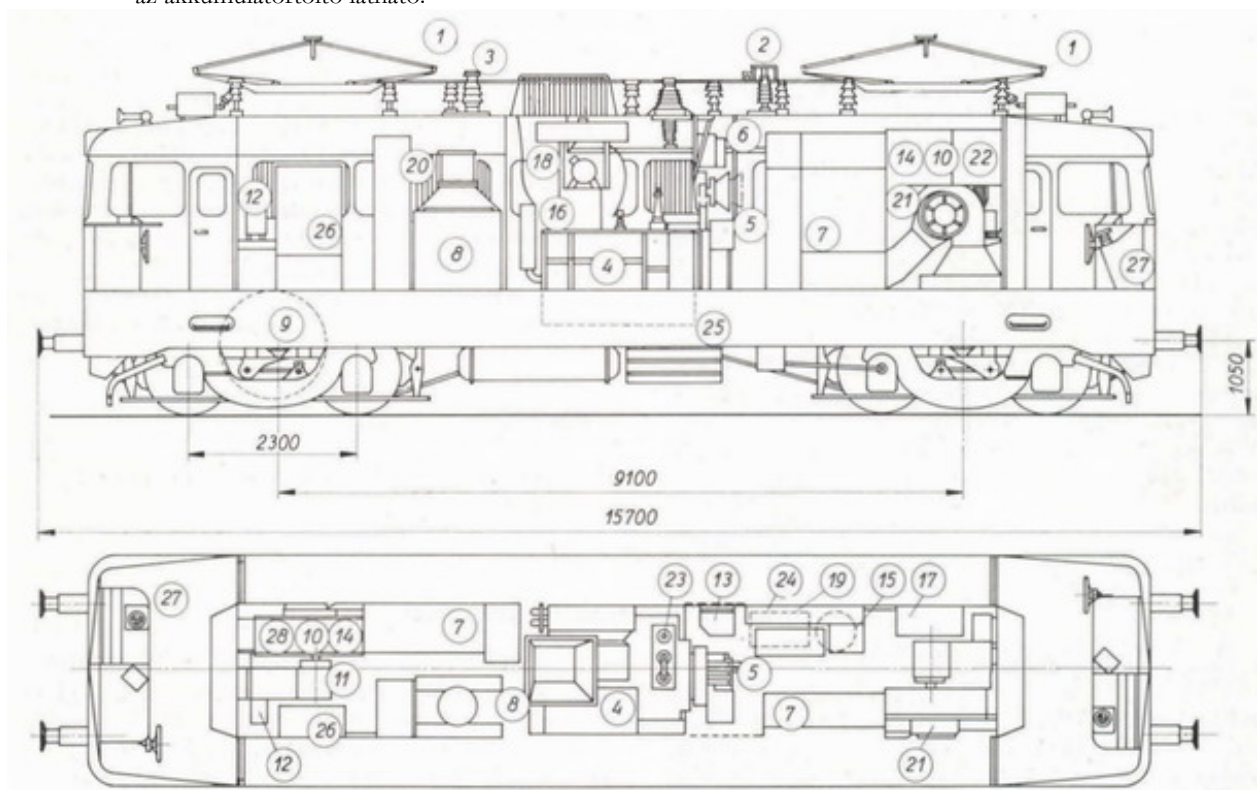
A mozdony belső elrendezését a 18. ábra mutatja.



16. ábra. Segédüzemi készülékszekrény. A jobb alsórészen az akkumulátortöltő látható.



17. ábra. Segédüzemi kontaktorszekrény



18. ábra. A mozdony villamos berendezésének elrendezése.

1 - áramszedő, 2 - főmegszakító, 3 - primer feszültségváltó, 4 - transzformátor, 5 - fokozatkapcsoló, 6 - váltakozó áramú kontaktor, 7 - főüzemi egyenirányító, 8 - simító-fojtótekercs, 9 - vontatómotor, 10 - söntkontaktor, 11 - vontatómotor-szellőzőmotor, 12 - induktív sönt, 13 - egyenáramú motorkontaktor és selejtező, 14 - irányváltó, 15 - segédüzemi egyenirányító, 16 - vontatómotor-áramváltók. 17 - segédüzemi szekrény akkumulátortöltővel, 18 - transzformátor olajhűtő szellőző, 19 - légsűrítő, 20 - simító-fojtótekercs szellőző, 21 - vontatómotor-szellőző, 22 - motorszellőző kontaktora, 23 - feszültség-átkapcsoló, 24 - reléállvány, 25 - akkumulátortelep, 26 - segédüzemi szekrény, 27 - vezetőasztal, 28 - fűtési kontaktor

5. Üzemi tapasztalatok

Az első hazai gyártású szilícium-egyenirányítós mozdony a V43-1008 pályaszámú, az import mozdonyok megjelenése után kb. egy évvel, 1964 júniusában került feszültség alá. Próbaprogramját megfelelő biztonsággal állították össze, mivel új mozdony volt a hazai ipar számára. Az első próbautak azonban olyan kedvező eredményeket adtak, hogy a kísérletek egy részét el lehetett hagyni és a mozdony forgalomnak való átadása július 31-én megtörtént. A gyors sikerben természetesen szerepet játszott az is, hogy az említett külföldi cégek az új

típussal kapcsolatos kísérleteket, a végleges kialakításnak megfelelő változtatásokat az importmozdonyok egyéves üzeme alatt nagyrészt elvégezték és ezeknek eredményeit is a licenciával együtt megkaptuk.

A továbbiakban 1966 közepéig a MÁV részére 28 hazai gyártású mozdony került leszállításra. Ezek az első részben leírt vontatási feladatokra megfelelnek és az import mozdonyokkal teljesen azonos vontatási feladatot látnak el a MÁV villamosított vonalain.

IRODALOM

Dr. Kövessi Ferenc: Félvezetők alkalmazása a Ganz Villamossági Művek 3000 LE-s egyenirányítós mozdonyán és az alkalmazás távlatai. (Ganz Villamossági Közlemények 4. szám)

Kovács Kálmán: Szilícium-egyenirányítós villamosmozdony a MÁV részére. (Ganz Villamossági Közlemények 2. szám 60-62 o.)

Józsa Miklós: Nagyfeszültségű fokozatkapcsoló a 3000 LE-s villamos mozdonyhoz. (Ganz Villamossági Közlemények 2. szám 72 - 73 o.)

FISER JÓZSEF

A DVM 8 típ. 800-1000 LE-s diesel-villamos mozdony villamos berendezése

I. Bevezetés

A DVM 8 típusú 800-1000 LE-s diesel-villamos mozdonyt a Ganz-Mávag és a Ganz Villamossági Művek a 600-640 LE-s diesel-villamos mozdonyokból fejlesztették ki, amelyek évek óta sikeresen üzemelnek a MÁV vonalain és egy sor külföldi országban.

A fejlesztési munka célkitűzése egy olyan mozdony létrehozása volt, amely - megtartva a 600-640 LE-s mozdonyok kedvező tulajdonságait - ki tudja elégíteni a nagyobb teljesítménnyel kapcsolatban vele szemben támasztott követelményeket is.

A mozdonynak részben nehéz tolató, részben vonali szolgálatot kell ellátnia, és alkalmasnak kell lennie személyvonatok vontatására is. Ennek megfelelően kétféle kivitelben készül: a vonali mozdonyokba egy vonatfűtési gőzkazán is beépítésre kerül, a kifejezetten tolatószolgálatra gyártandó

mozdonyokon gőzkazánt nem alkalmaznak, helyére a szükséges tapadósúly biztosítása céljából ballasztot építenek be.

A mozdony gépi berendezése 1000 LE teljesítményre van méretezve. A 800 LE teljesítményű mozdony átmeneti típusnak tekinthető, amelyből egyelőre csak aránylag kis darabszám készül. A MÁV kívánságának megfelelően a 800 LE-s mozdonyok felépítése is olyan, hogy szükség esetén átalakíthatók legyenek 1000 LE teljesítményűekké. A 800 és 1000 LE teljesítményű mozdonyok között tehát felépítés szempontjából lényeges különbség nincs. A továbbiakban ezért csak az 1000 LE-s mozdony villamos berendezésével fogunk foglalkozni.

A mozdony az 1. ábrán látható.

II. A mozdony fő jellemzői

A 600 és 1000 LE teljesítményű mozdonyok néhány főbb adatát az alábbi táblázat foglalja össze:

Jellemző.....	600 LE	1000 LE
Tengelyelrendezés.....	Bo'-Bo'	Bo'-Bo'
Szolgálati súly	61960 kg	75600 kg
Átlagos tengelynyomás.....	15440 kg	18900 kg
Legnagyobb sebesség.....	80 km/ó	100 km/ó
Állandó vonóerő.....	12030 kg	13450 kg
Indító vonóerő.....	16600 (20000) kg	25000 kg
Villamos berendezés súlya	kb. 18000 kg	kb. 17000 kg
Járműszerkezeti rész súlya	kb. 31300 kg	kb. 37500 kg
Gépi berendezés súlya.....	kb. 20600 kg	kb. 20000 kg
Fűtőkazán + tápvíz készlet súlya.....	-	kb. 3700 kg
Gázolajkészlet súlya.....	1000 kg	2600 kg

Vizsgáljuk meg, hogy a főbb adatok, valamint a lényegesebb szerkezeti elemek szempontjából az 1000 LE-s mozdony miben különbözik elődjétől.

A táblázat adataiból megállapítható, hogy az 1000 LE-s mozdony maximális sebessége, állandó és indító vonóereje lényegesen nagyobb, mint a 600 LE-s mozdony azonos jellemzői, s így nagyobb feladatok ellátására is alkalmas, mint a kisebb teljesítményű mozdony.

A fejlesztési munka hatékonysága jól lemérhető azon, hogy a DVM 8 típusú mozdony gépi berendezése ennek ellenére kisebb súlyú, mint a 600 LE-s mozdonyé. A mozdonyok súlya között levő lényeges különbség elsősorban a fűtőkazán és annak tápvízkészlete, valamint a mozdony hosszának a fűtőkazán beépítése miatt történt megnövelése, továbbá a mozdony egyéb berendezéseivel szemben támasztott megnövekedett igények kielégítése következtében jelentkezik.

Az 1000 LE-s mozdonyba beépítésre kerülő 16 VFE 17/24 típ. dieselmotor a 600 LE-s 16 hengeres Jendrassik-rendszerű motornak korszerűsített,

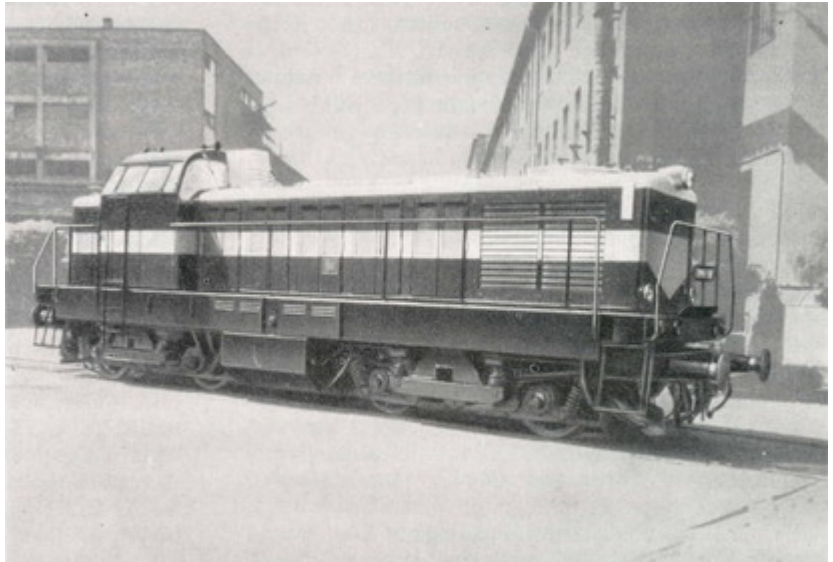
feltöltéssel és feltöltő levegő visszahűtéssel ellátott változata, melynek teljesítményét ily módon 1000 LE-re emelték fel.

A dieselmotor hűtőberendezése ugyancsak nagyobb teljesítményű és önműködő szabályozással van ellátva úgy, hogy a dieselmotor hűtővizének hőmérsékletét az előírt határok között tartsa.

A dieselmotor a hűtőventillátort, valamint a többi segédüzemi gépet is (kompresszort, akkumulátor

töltődinamót, fődinamó gerjesztőgépet, 1-2 sz. vontatómotorok hűtőventillátorát) a fődinamóval ellentétes oldalon levő tengelyvégéről mechanikusan hajtja.

A 3-4 sz. vontatómotorok hűtőventillátora a fődinamó hajtással ellentétes oldalon levő tengely végéről kapja a hajtást.



1. ábra.

A mozdony segédüzemi gépei általában nagyobb teljesítményűek, mint a 600 LE-s mozdonyon. A teljesítménynövelést az akkumulátor töltődinamó esetében a fűtőkazán alkalmazása, a gerjesztőgép esetében a nagyobb fődinamó gerjesztésszükséglet, valamint az ebbe szükségessé, hogy a fődinamó teljes gerjesztő-teljesítményét a gerjesztőgép fedezze. A mozdony - nagyobb vonóereje és teljesítménye következtében - nagyobb szerelvényeket tud vonatni. Az emiatt megnövekedett sűrített levegő-szükséglet fedezésére a mozdonyba nagyobb teljesítményű kompresszor kerül beépítésre.

Tekintettel arra, hogy a MÁV jövőben át kíván térni az önműködő központi vonókészülékre, ennek beépítésére a mozdonyon lehetőséget biztosítottak. A mozdonyok egy részébe az önműködő központi vonókészülék már eredetileg is beépítésre kerül.

A nagyobb sebesség miatt felmerülő követelmények kielégítésére a Ganz-Mávag új forgóvázat fejlesztett ki, amelynek futási tulajdonságai lényegesen jobbak, mint a régi forgóvázaké.

Az új forgóváz konstrukciója ugyanúgy, mint a 600 LE-s mozdony esetében, biztosítja azt, hogy a forgóvázon belül a tengelynyomások értéke mindig azonos legyen.

A DVM 8 típusú mozdonyon ezen felül villamos úton kompenzáljuk a két forgóváz között a vonóerő kifejtés következtében fellépő tengelynyomás változás hatását is.

A nagyobb tapadósúly, valamint a tapadósúly jó kihasználása következtében a DVM 8 típusú mozdonymnál elvileg lényegesen nagyobb vonóerőknél következik be a kerécsúszás, mint a 600 LE-s mozdonymnál. A villamos erőátvitel a jelenlegi 17/71 fogaskerék-áttétellel kb. 25 t indító vonóerő kifejtésére alkalmas.

Megjegyezzük, hogy a 17/71 fogaskerék-áttétellel 100 km/ó sebességnél a vontatómotorok fordulatszáma kb. 10 %-kal kisebb a megengedhető maximális értéknél. A fogaskerék-áttétel megfelelő módosításával tehát a mozdony indító és állandó vonóereje mintegy 10%-kal növelhető változatlan maximális sebesség mellett.

Azoknál a mozdonyoknál, amelyek nehéz tolatószolgálatra készülnek, ez a módosítás feltétlenül indokolt.

A mozdony főbb jellemzőinek e rövid áttekintése után vizsgáljuk meg részletesen a villamos berendezés felépítését.

III. A mozdony főáramú villamos berendezése

Az 1000 LE-s diesel-villamosmozdonyhoz gyárunk új fődinamót és vontatómotort fejlesztett ki.

Az ED 1001 típ. fődinamó egyenáramú, 8 pólusú, kompenzálatlan, külső gerjesztésű, önszellőzésű gép. Főbb adatait az alábbi táblázat tünteti fel.

Névleges fordulatszám	1200 f/p
Állandó áramerősség	1680 A
Órás áramerősség	1800 A
Legnagyobb feszültség	600 V
Típusjelzőteljesítmény	1000 kW
Súly	3300 kg
Szigetelés	B osztály

A gép - a 600 LE-s mozdony fődinamójától eltérően kétcsapágys kivitelben készül, a korábbi gömbcsuklós kapcsolatnál felmerült problémák kiküszöbölése érdekében. A korszerű konstrukció következtében azonban a második csapággal járó többletsúly, valamint a 40%-kal nagyobb típus teljesítmény ellenére az ED 1001 típ. fődinamó kb. 200 kg-mal könnyebb, mint az EBSc 41/200 típ. fődinamó.

A TC 452 típ. vontatómotor egyenáramú pólusú soros gerjesztésű, külső szellőzésű gép. Főbb adatai az 1000 LE-s mozdony viszonyaira vonatkoztatva az alábbiak:

Állandó áramerősség	840 A
Órás áramerősség	900 A
Legnagyobb feszültség	300 V
Legnagyobb üzemi fordulatszám	2220/p
Megengedhető legnagyobb fordulatszám	2500/p
Állandó nyomaték	415 mkg
Súly előtéttel és fogaskerékszekrénnyel kb.	2500 kg
Hűtőlevegő mennyisége	1,05 m ³ /sec,
Szigetelés	B osztály

A TC 452 típ. vontatómotor súlya kb. 300 kg-mal kisebb, mint a TC 32,44a/14 típ. motoré, állandó nyomatéka viszont gyakorlatilag ugyanakkora. A kisebb méretek következtében a TC 452 típ. motor maximális fordulatszáma mintegy 20%-kal nagyobb, a fogaskerék tengelytávolsága pedig kb. 5%-kal kisebb, mint a TC 32,44a/14 típ. vontatómotornál.

Az új vontatómotor kifejlesztését az tette szükségessé, hogy a fejlesztés megindulásának időpontjában érvényben levő TEC szabvány a fogaskerékszekrény legkisebb sínfej feletti magasságára teljesen kopott kerék esetén min. 100 mm értéket írt elő. Ezen előírás betartása esetén, a TC

32,44a/14típ. vontatómotornál a nagy tengelytáv miatt csak aránylag kis, mintegy $i \approx 3,5$ értékű fogaskerékáttétel volt alkalmazható. Ennek következtében a motort nem lehetett kihasználni a maximális fordulatszámig és a mozdony vonóereje a nagy motornyomaték ellenére aránylag kis értékűre adódott.

Így volt ez pl. a DVM 4 típ. mozdonyoknál, amelyeknél az állandó vonóerő értéke mindössze 11,2 t, noha a vontatómotor melegedés szempontjából kihasznált.

A DVM 8 típ. mozdonymnál alkalmazott 17/71 fogaskerékáttétel mellett, a minimális sínfej feletti magasság teljesen kopott kerék esetért 100 mm. Az új IEC szabvány szerint ez az érték 80 mm lehet. Mint már említettük, e lehetőség kihasználása esetén a fogaskerékáttétel és így a mozdony indító és állandó vonóereje is növelhető a jelenlegihez képest.

A vontatómotor a 2. ábrán látható.

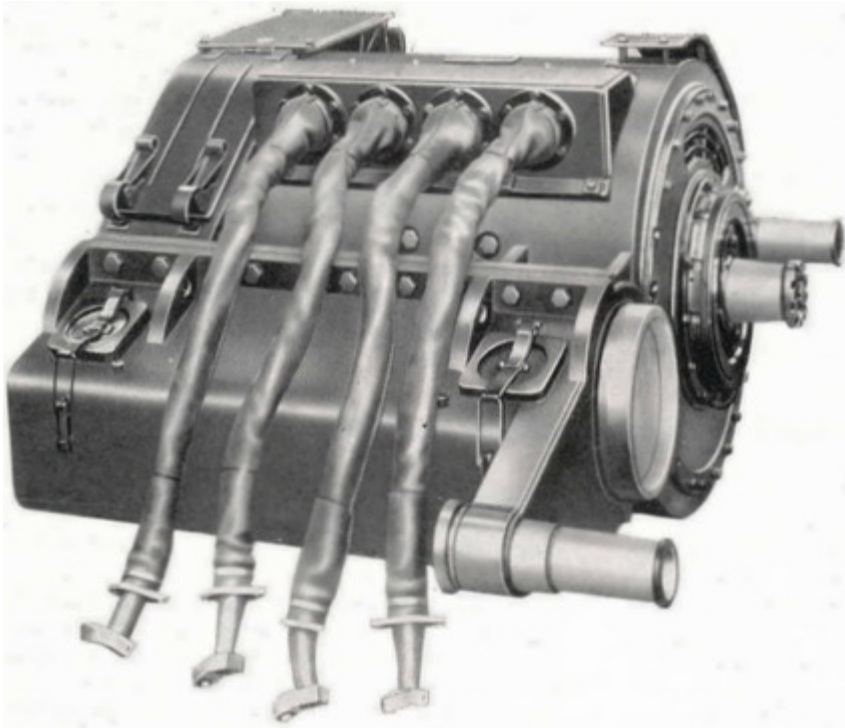
A TC 452 típ. vontatómotorok kommutációs háttérjelzőteljesítmény szempontjából az 1000 LE-s diesel-villamosmozdonyon nincsenek kihasználva. Ez lehetőséget nyújt a motorok mezejének nagymértékű szabályozására. Csupán a vontatómotor lehetőségeit figyelembe véve, az 1000 LE-s mozdonyon a vontatómotor gerjesztése 22,5%-ig lenne csökkenthető.

A vontatómotorok mezejének nagymértékű szabályozása (mezőgyengítés) lehetővé teszi ugyanannak a szabályozási feladatnak kisebb mértékű fődinamó feszültség szabályozással történő megoldását.

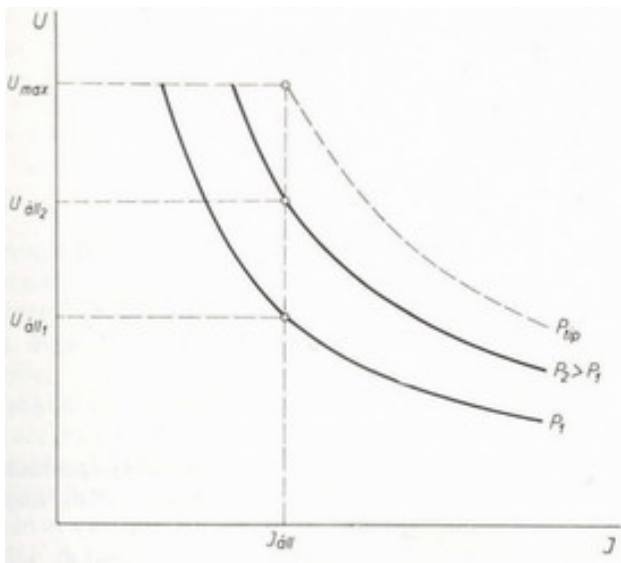
Ez azt jelenti, hogy a vontatómotorok nagy mértékű mezőgyengítése esetén a fődinamó típusjelzőteljesítménye, tehát mérete és súlya is kisebb lehet.

Az ED 1001 fődinamóból és TC 452 vontatómotorokból álló erőátvitel elvileg alkalmas az ezen a mozdonyon előforduló legnagyobb vontatási teljesítmény (1020 LE) átvitelére a maximális vontatómotor fordulatszámig (2500 f/p).

Lépcsőkben végrehajtott mezőgyengítés esetén azonban egy lépcső nagysága korlátozott és annál kisebb, minél közelebb van a fődinamó állandó teljesítménye a típusjelzőteljesítményhez. Ennek szemléltetésére szolgál a 3. ábra.



2. ábra.



3. ábra.

A mezőgyengítés a fődinamó maximális feszültségének elérésekor kapcsolódik be és a vontatómotorok, valamint a fődinamó áramerősségének megnövekedését, feszültségük lecsökkenését eredményezi.

Egy lépcsőben elméletileg akkora mezőgyengítés hajtható végre, amelynek következményeképpen az áramerősség nem növekszik az állandó érték fölé. Mint az ábrából látható, minél nagyobb a fődinamó hajtó teljesítménye, annál közelebb van az állandó feszültség értéke a maximális feszültséghez és következésképpen annál kisebb mértékű mezőgyengítés hajtható végre egy lépcsőben.

Gyakorlatilag egy mezőgyengítési lépcsőt ennél kisebb értékre kell választani annak érdekében, hogy az önműködő mezőgyengítés-visszakapcsoló berendezés, amelynek működési tartománya szintén az állandó áramerősségen belül van, a mezőgyengítés bekapcsolása után ne okozzon téves visszakapcsolást, még a legnagyobb vontatási teljesítmény esetén sem.

A fenti megfontolások alapján a DVM 8 típ. mozdonyon egy fokozatban nem volt megvalósítható olyan mértékű mezőgyengítés, amely szükséges ahhoz, hogy az 1000 LE-s mozdony villamos erőátvitelével a vontatásra jutó teljesítményt a legnagyobb sebességig át tudja vinni, s így kétfokozatú mezőgyengítést kellett alkalmazni.

A DVM 8 típusú mozdonyon alkalmazott kapcsolásban - 910 LE névleges fődinamó hajtóteljesítmény mellett - kétfokozatú mezőgyengítéssel a TC 452 típusú vontatómotorok gerjesztése kb. 25%-ig csökkenthető le, ami lehetővé teszi ennek a teljesítménynek az átvitelét 2500/p vontatómotor fordulatszámig.

A mozdony főáramú villamos berendezésének felépítése és kapcsolása tehát teljes mértékben alkalmas a kitűzött vontatási feladatok elvégzésére. A DVM 8 típ. mozdonyok főáramú kapcsolási vázlatát a második mezőgyengítési fokozattal, valamint a nyomatékkiegyenlítő ellenállások alkalmazásával különbözteti meg a 600 LE-s mozdonyok főáramú kapcsolásától.

A nyomatékkiegyenlítő ellenállások a két forgóváz között a vonóerőkifejtés következtében fellépő tengelynyomás-változás hatásának kompenzálására szolgálnak.

A fogalmak pontosabb kifejezése érdekében vezessük be a tapadáskihasználás mértékére jellemző tényezőt.

$$c = \frac{Z}{G}$$

Z - a kerékpár által kifejtett vonóerő értéke

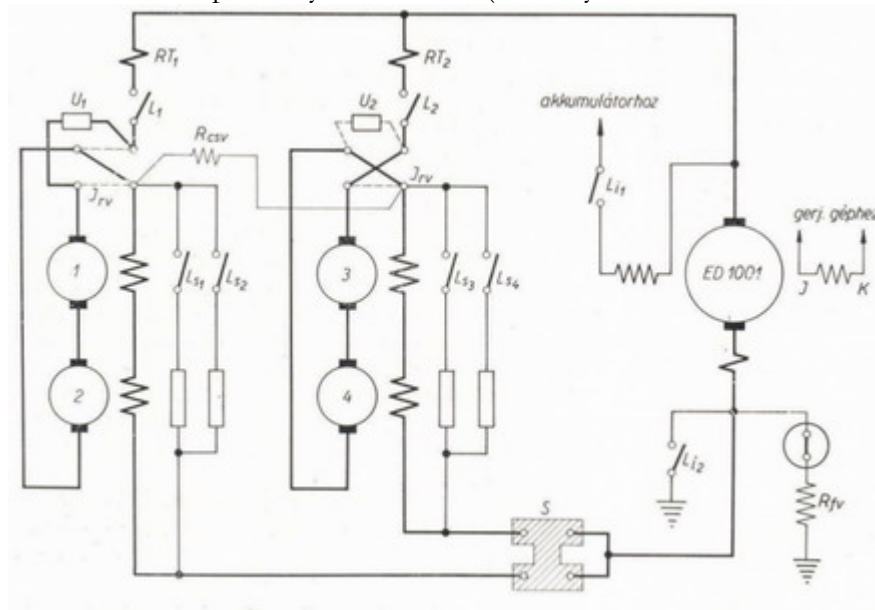
G - a tengelynyomás pillanatnyi értéke.

Mint ismeretes, amikor a mozdony a vonóhorgon vonóerőt fejt ki, a menetirány szerinti hátsó forgóvázban levő tengelyek nyomása a nyugalmi állapothoz képest megnövekszik, az első forgóvázban pedig lecsökken. Emiatt abban az esetben, ha minden vontatómotor árama egyforma, a kifejtendő maximális vonóerőt a menetirány szerinti első forgóváz kerékpárjainak tapadási viszonyai határozzák meg. A lecsökkent tengelynyomás miatt ugyanis ezeknél a kerékpároknál ugyanolyan vonóerő mellett a tapadósúly-kihasználás (a c tényező

értéke) nagyobb, mint a hátsó forgóváz kerékpárja-inál és a csúszás előbb következik be. Ily módon a mozdony teljes tapadó súlya nem használható ki.

Ennek a jelenségnek a kiküszöbölésére több mechanikus és villamos megoldást dolgoztak ki. A DVM 8 típ. mozdonyon alkalmazott megoldásnál a menetirány szerinti első forgóváz vontatómotorjainak áramkörébe egy ohmos ellenállást iktatunk be. Ennek következtében kis sebességeknél az első forgóváz motorjainak árama, s így nyomatéka is kisebb, mint a hátsó forgóváz vontatómotorjaié. Az ellenállás értékének helyes megválasztása biztosítja, hogy egy adott indító vonóerő érték mellett az összes kerékpároknál egyforma legyen a tapadáskihasználás (a c tényező értéke), s így a mozdony tapadósúlya teljesen kihasználható legyen. A kiválasztott vonóerő közelében lévő vonóerőtartományban is elég jó a kompenzálás. Az U_1 és U_2 nyomatékkiegyenlítő ellenállásokat a menetirányváltó automatikusan iktatja be a menetirány szerinti első két vontatómotor áramkörébe.

Egyébként megtartottuk a 600 LE-s mozdonyok főáramkörű elrendezését.



4. ábra.

A mozdony főáramú kapcsolási vázlat a 4. ábrán látható.

A 4 vontatómotor két párhuzamos ágba van kötve, mindegyikben 2-2 motor van sorbakapcsolva. A párhuzamos áramkörök mindegyikét 1-1 főkontaktorral (L_1 , L_2) lehet zárni, illetve megszakítani, és a selejtező, (S) valamint a főkontaktor segítségével leválasztani meghibásodás esetén.

Mindkét párhuzamos áramkörbe 1-1 túláramrelé (RT_1 , RT_2) tekercse van bekötve. A menetirányváltó (J_{rv}) érintkezői a vontatómotorok armatúrájában

ban folyó áramerősség irányát változtatják meg menetirány változáskor.

Különbséget jelent a 600 LE-s mozdonyokhoz képest az, hogy a gerjesztőgép ellengerjesztő tekercse nem a fődinamó segédpólus-tekercsének, hanem a vontatómotorok főpólus-tekercsének kapcsáról kapja a táplálást.

A mezőgyengítő ellenállásokat az LS_1 - LS_4 jelű kontaktorok kapcsolják be.

A dieselmotor indítása a fődinamó segítségével történik. Indításkor a Li_1 és Li_2 jelű kontaktorok a

fődinamó armatúráját a soros indító gerjesztő-tekerccsen keresztül az akkumulátorra kapcsolják és a fődinamó soros motorként pörgeti fel a diesel-motort.

Az Rcsv csúszásvédő relé tekercse a vontatómotorok főpólustekercseinek sarkai közé, az Rfv földzárlatvédő relé tekercse pedig a főáramkör negatív ága és a test közé van bekötve.

IV. Vezérlés és szabályozás

A mozdony vezérlése elektropneumatikus rendszerű, kivéve a dieselmotor indításával kapcsolatos részt, amely elektromágneses rendszerű. A vezérlőberendezés két mozdonynak egy vezetőállásból való vezérlésére alkalmas. A két mozdony áramkörét két 30 erű vezérlési csatlás köti össze, amelyek lehetővé teszik a távvezérelt mozdony üzemének a vezérlő mozdonyról történő irányítását és ellenőrzését.

Mozdonyonként két vezetőállás van a vezetőfülke menetirány szerinti jobboldalán, egymáshoz képest átlósan elhelyezve. Vezetőállásonként 1-1 kontroller és 1-1 vezérlőpult van. A kontrolleren van elhelyezve a menetszabályozó kézikerek és a menetirányváltó kar, amelyeket a mozdonyvezetőnek a mozdony vezérlése közben kezelni kell. A vezérlőpulton a műszerek, valamint azok a jelzőlámpák és kapcsolók helyezkednek el, amelyeknek megfigyelése, illetve kezelése vontatás közben is szükséges.

A többi jelzőlámpa és kapcsoló a főáramú szekrény tetején található.

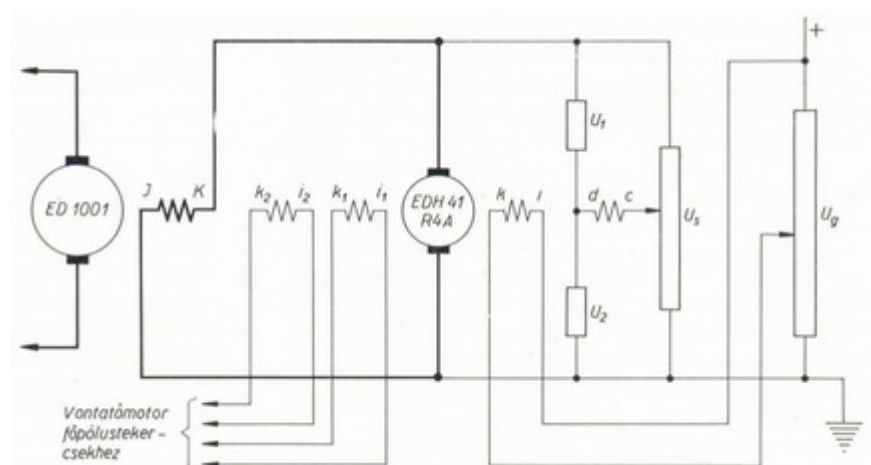
Ugyancsak a főáramú szekrényen található a dieselmotor indítására szolgáló kapcsoló, valamint a távvezérelt mozdony üzembe helyezésére szolgáló kapcsoló is.

A dieselmotor csak a saját mozdonyról indítható, távvezérlés esetén azonban a vezérlő mozdonyról a másik mozdony dieselmotorja is leállítható.

A dieselmotor indítása után a mozdonyvezetőnek csak a menetirányváltó kart és a menetszabályozó kereket kell kezelnie, a villamos erőátvitel működésével kapcsolatos minden egyéb művelet önműködően következik be.

A menetszabályozó kerék minden állásához meghatározott fődinamó indító áramerősség és dieselmotor teljesítmény tartozik.

A dieselmotor teljesítménye összesen 7 fokozatban állítható. A fődinamó indító áramerőssége viszont ennél lényegesen több fokozatban változtatható annak érdekében, hogy az indító vonóerő különösen a nagy vonóerők tartományában - kis lépcsőkben finoman szabályozható legyen.



5. ábra.

A dieselmotor fordulatszám-állítását a vezérlőkontrollerről vezérelt 4 elektropneumatikus szelep által működtetett berendezés végzi. A 7 fokozat a 4 szelep különböző kombinációkban történő bekapcsolása következtében jön létre. A fordulatszám-állító berendezés a beállított fokozatnak megfelelően előfeszíti a dieselmotor regulátorának rugóját. A dieselmotor hidraulikus szervo-

regulátora egyrészt a biztonsági regulátor szerepét tölti be, tehát növekvő fordulatszámhoz csökkenő töltést állít be és viszont, másrészt vezérli a villamos gerjesztésszabályozót mozgó hidraulikus szervomotort. A regulátor úgy vezérli a szervomotort, hogy a gerjesztésszabályozó által beállított villamos teljesítménynek megfelelő töltés, illetve fordulatszám a fokozat számára előírt értékű le-

gyen. A villamos berendezés felépítése olyan, hogy a fődinamó indító áramerősségének beállításával és szabályozásával, a fődinamó teljesítményének szabályozásával, továbbá a vontatómotorok mezőgyengítési fokozatainak be- és visszakapcsolásával összefüggő szabályozási műveletek a fődinamó gerjesztőgépének, illetve a gerjesztőgép gerjesztőtekerceinek áramköreiben történnek.

Ennek a megoldásnak az a jelentős előnye, hogy a szabályozáshoz felhasznált elemek kis feszültségűek és kis teljesítményűek.

Az EDH 41 R 4 A típ. gerjesztőgép a fődinamó külső gerjesztő tekercsét táplálja. A gerjesztőgép főpólusain három gerjesztőtekerecs van: külső, ön- és ellengerjesztő-tekerecs. A külső gerjesztőtekerecs a kontrollerben levő feszültségosztóról, az öngerjesztő tekerecs a gerjesztőgép kapcsairól, az ellengerjesztő-tekercek a vontatómotorok főpólus-tekerceinek kapcsairól kapják a táplálást.

A gerjesztőkörök leegyszerűsített elvi kapcsolási vázlat az 5. ábrán látható.

Ebben a kapcsolásban a fődinamónak a 6. ábrán feltüntetett jelleggörbéi vannak.

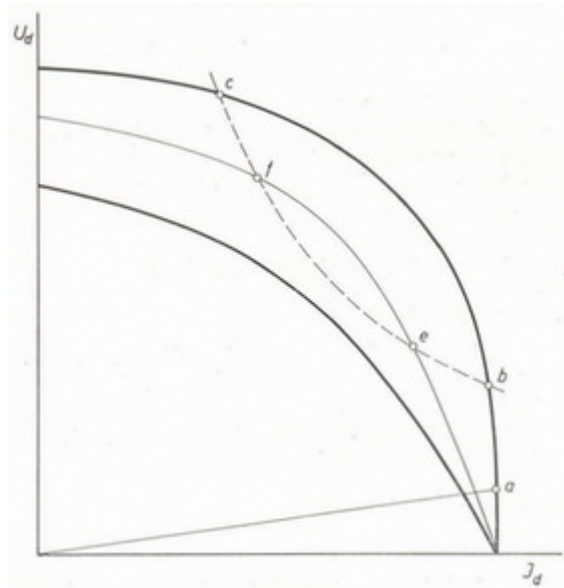
Amint látható, a fődinamónak jól meghatározott és közel állandó indító áramerőssége van (a , b , c görbe). Az indító áramerősség értéke megközelítőleg arányos a gerjesztőgép I-K gerjesztő tekercsének áramerősségével. Ily módon az U_g feszültségosztó fokozatainak megfelelő megválasztásával a kívánt fődinamó indító áramerősség-kiosztás egyszerűen megvalósítható.

A fődinamónak a 6. ábrán folytonos vastag vonallal jelölt felső jelleggörbéje a gerjesztésszabályozó maximális gerjesztésnek megfelelő végállására érvényes. Ezen a jelleggörbén a fődinamó csak kis sebességeknél (a és b pontok közötti szakasz), és a teljes teljesítményhez tartozó legnagyobb feszültség elérése után (c pont felett) üzemel. A b és c pontok között a gerjesztésszabályozó - a gerjesztőgép öngerjesztését változtatva - a szaggatott vonallal ábrázolt állandó teljesítményű görbét állítja be (pl. az e és f pontokat a folytonos vékony vonallal ábrázolt jelleggörbével).

A gerjesztésszabályozó másik véghelyzetének a folytonos vastag vonallal rajzolt alsó fődinamó jelleggörbe felel meg. A szabályozási határokat az 5. ábrán látható U_1 és U_2 ellenállások megfelelő megválasztásával lehet beállítani.

Az öngerjesztő tekerecs hídkapcsolása azzal az előnnyel jár, hogy a tekercset kisebb teljesítményre lehet méretezni és a gerjesztés-szabályozóban levő

ellenállások teljesítménye is kisebb, mint soros kapcsolásban.



6. ábra.

A 600 LE-s mozdonyok vezérléséhez képest új problémát jelentett a két mezőgyengítési fokozat megfelelő sorrendben történő önműködő be- és visszakapcsolásának megoldása. A 600 LE-s mozdonyokon - mint ismeretes - egyfokozatú mezőgyengítést alkalmazunk, melynek önműködő visszakapcsolását egy bimetall-relé végzi egy megadott fődinamó áramerősség elérésekor.

Ez a kapcsolat két okból kifolyólag nem teszi lehetővé a villamos gépek jó kihasználását. Egyrészt magának a relének nagy a működési pontatlansága, másrészt a mezőgyengítési lépcső nagyságát úgy kell megválasztani, hogy a mezőgyengítés bekapcsolása után a legnagyobb teljesítmény esetén se következhessek be téves visszakapcsolás. A vontatási teljesítmény viszont - a dieselmotor teljesítményének és a segédüzemi teljesítménynek változása következtében - a névleges értéknél 10-15%-kal nagyobb is lehet.

A fentiek miatt a 600 LE-s mozdonyon alkalmazott kapcsolásban a mezőgyengítési lépcső csak aránylag kis értékűre választható, vagy a fődinamót túl kell méretezni.

Az, hogy a 600 LE-s mozdonyokon viszonylag mégis nagy az a sebességtartomány, melyben a villamos erőátvitel a teljes teljesítményt át tudja vinni, annak köszönhető, hogy a mezőgyengítő ellenállások rézből készülnek és - a sebességtől függő - intenzív hűtést kapnak. Ezáltal a mezőgyengítés mértéke önműködően változik.

A DVM 8 típ. mozdonyon alkalmazott kapcsolásban a mezőgyengítő fokozatok bekapcsolását a gerjesztés-szabályozóba beépített végálláskapcsoló által vezérelt feszültségrelék végzik akkor, amikor a gerjesztés a maximális értékű. (6. ábra, c pont) A visszakapcsolást ugyanezek a feszültségrelék végzik akkor, amikor a mozdony sebességének csökkenésekor a gerjesztőgép feszültsége lecsökken. A mezőgyengítési fokozatok megfelelő sorrendben történő be-, illetve kikapcsolásakor szükséges késleltetésnek, valamint annak a késleltetésnek a megvalósítását, amely azért szükséges, hogy a bekapcsolást és a visszakapcsolást követő tranzienst folyamatok alatt téves kapcsolás ne következzen be, hazai gyártmányú termisztorok biztosítják.

A visszakapcsolás beállítása a névleges vontatási teljesítménynek megfelelően történik. Így a mozdonyon előforduló nagyobb vontatási teljesítmények mellett a visszakapcsolási pontban a megen-

gedhetőnél nagyobb áramerősség lépne fel. Ennek megakadályozása céljából azt az egyszerű megoldást alkalmazzuk, amelynél a mezőgyengítés bekapcsolása után a gerjesztést úgy korlátozzuk, hogy a fődinamó áramerőssége az állandó értéken túl ne növekedhessen.

Ez a megoldás megvédi a főáramú villamos berendezést a túlmelegedéstől abban az esetben is, ha a mezőgyengítés önműködő visszakapcsolása valamilyen oknál fogva az előírt pontban nem következne be.

Ennek a kapcsolásnak az a lényeges előnye, hogy a mezőgyengítés visszakapcsolás a fődinamó állandó áramerősségéhez közelálló pontban következik be, tehát aránylag nagy mezőgyengítési lépcsőket lehet alkalmazni.

Ily módon a szokásos egy vagy kétfokozatú mezőgyengítéssel is nagymértékben lehet szabályozni a vontatómotorok gerjesztését.

V. Biztonsági berendezések

A mozdony különféle biztonsági berendezésekkel van ellátva, melyeknek az a célja, hogy üzemzavar esetén közvetlen beavatkozással a veszélyt elhárítsák, olyan rendellenességek esetén pedig, melyek üzemzavart okozhatnak, jelzést adjanak.

Az alábbiakban csak a villamos berendezés védelmi és jelzőberendezésével foglalkozunk, valamint azokkal a berendezésekkel, melyek villamos úton avatkoznak be, vagy adnak jelzést.

Védelmi berendezések

1. Túláramvédelem

A főáramkörökben fellépő túláram esetén a vontatómotorok áramköreiben levő megfelelő túláramrelé a főkontaktorokat kikapcsolja, a fődinamót legerjeszti, a dieselmotort alacsony üresjárásra állítja és lámpajelzést ad.

2. Földzárlatvédelem

A főáramkörök pozitív ágában fellépő testzárlat esetén a földzárlatvédelem ugyanúgy avatkozik be, mint a túláramvédelem.

3. Csúszásvédelem

Kerékcúszás esetén a berendezés a vonóerőt lecsökkenti és hangjelzést ad. A csúszás megszűnte után a vonóerő az eredeti értékre áll vissza.

4. A dieselmotor rendellenességei elleni védelem,

Ha a dieselmotor hűtőrendszerében valamilyen rendellenesség jelentkezik (hűtővíz túlmelegedés, hűtővíz hiány) vagy a kenőolaj túlmelegszik, a védelmi berendezés lekapcsolja a villamos terhelést, a dieselmotort alacsony üresjárásra állítja és lámpajelzést ad.

A mozdony el van látva éberségi berendezéssel, amely a vezető rosszhulléte esetén bizonyos idő múlva lekapcsolja a villamos terhelést, és vészfékezéssel befékezi a vonatot.

A fentiekén kívül a mozdonyon levő egyéb jelzőlámpák, valamint a műszerek alapján a mozdonyvezető ellenőrizheti a saját, valamint távvezérelt üzem esetén a kapcsolt mozdonyüzemét is.

VI. Segédüzemi berendezés

A mozdony vezérlési, világítási és segédüzemi áramköröit egy EDH 54 L4 típ. 10 kW teljesítményű generátor látja el árammal, amely tölti a 72 V névleges feszültségű akkumulátortelepet is.

A generátor teljesítményének ilyen mértékű megnövekedését elsősorban a fűtőkazán 2,5-3,5 kW teljesítményfelvétele tette szükségessé.

Az akkumulátor 60 cellás, 215 Aó kapacitású lúgos startertelep. A cellák magasított lúgterűek. A generátor feszültségét egy szénoszlopos feszültség szabályozó szabályozza.

A generátor és a szabályozó megválasztásánál bizonyos problémát jelentett a nagy fordulatszám-tartomány, melyben a berendezésnek működnie

kell (kb. 1:4), tekintettel arra, hogy a kis üresjárási üzemanyag fogyasztás érdekében a dieselmotor alacsony üresjárási fordulatszámát kis értékűre választották.

Az ezzel kapcsolatos szabályozási feladatok ellátására kifejlesztett szabályozó szénoszlopainak teljesítménye különlegesen nagy.

A lámpafeszültséget előtét-ellenállás segítségével állítjuk elő. Különlegessége a kapcsolásnak, hogy a lámpaelőtét nem ohmos ellenállás, hanem nyitó irányban igénybevett szelénlapokból áll. Ilymódon a világítási főkapcsoló bekapcsolása esetén az akkumulátor töltőfeszültsége gyakorlatilag alig függ a lámpaterheléstől.

VII. Befejezés

A 800, illetve 1000 LE-s villamos berendezés üzemi próbái a DVM 6-1 típusú prototípus mozdonyokon folytak le. A prototípusmérések elvégzése után a mozdonyok hosszabb időn keresztül tartampróbán vettek részt a MÁV vonalain. A tartampróbán a mozdonyok villamos berendezése

általában a várakozásnak megfelelően működött. A prototípusmérések, valamint a tartampróba eredményei alapján megállapítható, hogy a DVM 8 típusú mozdonyok villamos berendezése teljesíti a tervezéskor vele szemben támasztott célkitűzéseket.

DR. JEKELFALUSSY GÁBOR

A nagyvasúti vontatómotorok fejlesztésének alapproblémái

1. A mai technikai fejlettségünket jellemző műszaki találmányok kifejlesztése századunk első felére esik. Ezek közé tartozik, sőt a legfontosabbak közé sorolható, a villamos vontatás. Ennek fejlődése azonban egyes jellegzetességeit tekintve eltér a század többi technikai vívmányától. Fejlődése elsősorban is lassúbb a többihez (például a repülőgéphez) képest, ami természetesnek is mondható, hiszen jóval nagyobb beruházásokat érint. Ugyanezen okból fejlődésében a kitérők, a zsákutcák hosszabbak. A vasutak ugyanis csak végső gazdasági kényszer alatt határozzák el magukat, hogy az esetleg hátrányosan választott vontatási rendszerükön változtassanak, rendszerint már egy új mozdonytípus bevezetése is komoly nehézségekbe ütközik. (Vesd össze az autópárral, mely évenként új meg új típusokat fejleszt ki.) Végül lassítja a fejlődést a mozdonykísérletek nagy időigényessége. A vasúti fejlődés időállandója tehát igen nagy, és ez azt a veszélyt rejt magában, hogy nehezebb a fejlődés szelektáló hatását e területen érzékelni, nehezebb a helyes következtetéseket levonni.

A villamos vontatás fejlődésének másik jellegzetessége, hogy a vontatással szemben támasztott követelmények oly mértékben fokozódnak, hogy azokat utolérni szinte lehetetlennek látszik. A legtöbb iparágban a kezdeti gyors fejlődést egy-két évtized után egy állandósult állapot váltja fel, melyben már csak a másodrendű problémák várnak megoldásra. Ilyenek a külső forma, a kényelmi és biztonsági berendezések stb. Ezzel szemben a villamos mozdonyal szemben támasztott elsőrendű követelmények, mint amilyen a vonóerő és a sebesség is, állandóan nőnek. Ha ezt a növekedést valamilyen adottság rövid időre meg is akasztja, a rohamosan növekvő forgalom kikényszeríti az újabb megoldást, melynek bevezetése után a fejlődés ugrásszerűen folytatódik.

A vasúti vontatás is ilyen ugrás előtt áll. A normál nyomtáv, a szabványos űrszelvény, az adott állomáshosszak és a vonórendszer az összeállítható vonatok súlyát jelenleg kb. 2000 tonnára korlátoz-

zák. A sebesség pedig a pályák felépítése, a jelzők távolsága stb. miatt különleges megoldások nélkül kb. 130-160 km/óra fölé nem emelhető. Ebből következik, hogy 3000-4000 LE-nél nagyobb teljesítményű mozdonyra közép-európai viszonyok között nem volt szükség. Ha azonban az előbb felsorolt adottságok közül akárcsak egy is módosul, például a használatos vonóhorgok helyett bevezetik a központi vonó- és ütköző készülékeket, akkor az összeállítható vonatok súlya kb. megkétszereződik, és a mozdonyok vonóerejét és vele együtt a teljesítményét is meg kell kétszerezni. Ez a feladat már teljes súlyával előttünk áll. De számolhatnak már, főleg a nemzetközi gyorsvonatok továbbításához megkövetelt nagyobb, a 160 km/óra-t meghaladó maximális sebességekkel és ennek megfelelő teljesítménynövekedésekkel is.

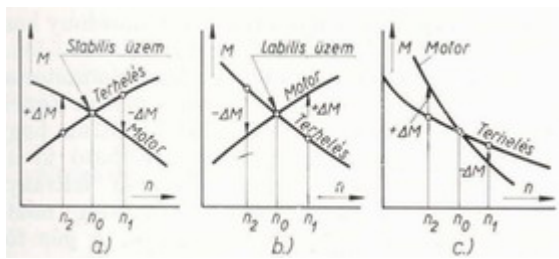
2. Könnyen belátható, hogy az egyre növekvő követelmények csak úgy elégíthetők ki, ha a villamos mozdony minden egyes része önmagában is, és a többi résszel együttműködve is optimális. Ezt a megállapítást elsősorban a vontatómotorokra kell alkalmaznunk, mert a technikai fejlettségünk mai fokán még nincs más megoldás a villamos energiának mechanikaivá való átalakítására. Így a vontatómotorok a mozdony főrészei, a berendezések zöme a vontatómotorokat szolgálja ki, a többi pedig a biztonságot és a kényelmet.

Az optimális vontatómotor nyilvánvalóan az, amelyik alaptermészeténél fogva a legjobban kielégíti a vontatás követelményeit, és így a legkevesebb segédberendezést igényli.

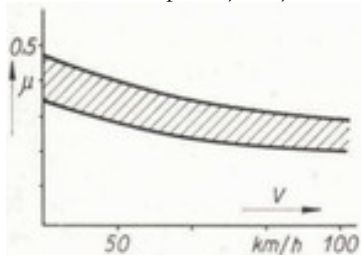
3. Vontatómotorként két alaptípus jöhet számításba, a többfázisú aszinkron és a soros jellegű komutátoros motor. (Az utóbbinál egyelőre tekintünk el a tápláló áram nemétől, tehát, hogy az egyen, váltakozó, vagy hullámos áram.) A két motorfajta mechanikai jelleggörbéje teljesen eltérő. Kérdés, hogy a vontatásnak melyik felel meg. A sín és a kerékabroncs között létrejövő tapadás nehezen megfogható fizikája miatt e kérdésre a feleletet, csak az utolsó évtized hozta meg. Ma már bizonyí-

tottnak vehetjük, hogy a tapadásos vontatásra is érvényes az erőátviteli rendszerek stabilitásának általános feltétele. Ez pedig kimondja, hogy a növekvő sebességgel a tápadásnak csökkennie kell a terheléshez viszonyítva. A vontatómotor esetében tehát a vontatómotor mechanikai jelleggörbéjének növekvő fordulatszámmal meredekebben kell esnie, mint a tapadásnak. (1. ábra)

A tapadás igen sok tényezőtől függ, úgyhogy jelleggörbéről csak túlzott egyszerűsítés árán beszélhetünk. Helyesebb, ha jelleggörbe helyett jellegsávot veszünk fel a 2. ábra szerint. A tapadás jellegsávja növekvő fordulattal kezdetben erősen, majd egyre lankásabban esik.



1. ábra. Motorok üzemállapota a) és c) stabil s, b) labilis.



2. ábra. A tapadási tényező a sebesség függvényében.

A stabilitás feltétele tehát csak úgy elégíthető ki, ha a vontatómotor jelleggörbéje ennél meredekebben eső. Figyelembe véve a sávon belüli bizonytalan tapadási értékeket, belátható, hogy az a jó jelleggörbe, amelyik a legmeredekebb, mert ez metszi a sávot a legrövidebb úton.

Az aszinkronmotor jelleggörbéje ezt a feltételt a névleges üzempont táján igen jól teljesíti. A névleges pontnál kisebb fordulatszámokon azonban a jelleggörbe egyre kedvezőtlenebb alakú, sőt az eső jellegből az emelkedőbe vált át a billenő pontban. Emiatt az aszinkron motoros vontatás labilis üzemállapotba kerül a legkritikusabb szakaszon, az indításkor. Függetlenül a fordulatszám szabályozás nehezen megoldható problémájától, az aszinkronmotornak ez a tulajdonsága önmagában is elegendő arra, hogy mint vontatómotor egyelőre ne terjedhessen el. Erre a tényre azért időszerű rámutatni, mert a tirisztorokkal a statikus frekvenciaváltók kifejlesztésében vannak és az egyik lehetséges fejlődé-

si irányzatként, így az aszinkronmotoros vontatás újból előtérbe kerülhet. Sikerre azonban csak akkor számíthat, ha a megoldások két nagy csoportjának akármelyikében egy új ötlettel sikerülne az aszinkronmotor jelleggörbéjének az indítástól a névleges pontig terjedő szakaszát meredeken esővé alakítani. A soros kommutátoros motorok jelleggörbéje viszont a stabilitás szempontjából ideális. Ez a fő oka annak, hogy azok a vontatási rendszerek (Európában a villamosított vonalak 45%-a egyenáramú és 29%-a csökkentett frekvenciájú) terjedtek el, amelyek soros kommutátoros motorokat használnak. Az 50 Hz frekvenciájú rendszer pedig annak ellenére, hogy a táplálás szempontjából a legelőnyösebb, mindaddig nem tudott a kísérletezés korszakán túljutni, amíg aszinkron motorokat használt. Abban a pillanatban azonban, amikor a statikus egyenirányítók kifejlesztése lehetővé tette a soros motorok táplálását ipari frekvenciájú egyfázisú felsővezetésekről, ez a rendszer ugrásszerűen előre tört és ma már az új vonalakat szinte kizárólag ebben a rendszerben villamosítják.

A verseny tehát ma az egyenáramú, a csökkentett frekvenciájú és az egyenirányítóról táplált hullámos áramú soros kommutátoros motorok között folyik.

4. A különféle motorfajtákat összehasonlíthatjuk méretezési egyenletük alapján is. Valamennyi motorfajtára érvényes méretezési egyenletet írhatunk fel, ha a maximális indukált feszültség általános egyenletéből indulunk ki:

$$U_{im} = 2\pi\zeta Np\phi_m n \quad (1)$$

melyben ζ az armatúra tekercselési tényezője három fázis esetén $\zeta = \frac{3}{\pi}$,

egyfázisú kommutátoros- és egyenáramú gépben $\zeta = \frac{2}{\pi}$

$N\frac{z}{2}$ menetszám, a sorbakötött vezetők fele

$\phi_m B_{\delta m} l_i b_i$ pólusfluxus maximális értéke $B_{\delta m}$ a légrés-indukció maximuma

$b_i \alpha_i \tau_p$ ideális pólusív

$\tau_p = \frac{D\pi}{2p}$ a pólusosztás

$\alpha_i \approx \frac{2}{\pi}$ a gépfajtától független, közel állandó érték

D az armatúra átmérője

l_i az armatúra ideális hossza

n a fordulatszám

A méretezési egyenlethez még a következő összefüggések szükségesek:

a motor belső teljesítménye:

$$P_b = m U_i I \cos \varphi$$

ahol m , a fázisok száma

I az armatúra áram effektív értéke,

U_i az indukált feszültség effektív értéke,
a kerületi áram

$$A = \frac{m \pi I}{\pi D}$$

a motor belső nyomatéka

$$M = \frac{P_b}{2 \pi n}$$

A felsorolt összefüggések egybevetéséből a méretezési egyenlet

$$M = C A B_{\text{sm}} D^2 l_i \quad (2)$$

ahol

$$C = \frac{\pi^2}{4} \xi \alpha_i \frac{U_i}{U_{im}} \cos \varphi \quad (3)$$

Ha a különböző fajtájú motorokat azonos feltételekre méretezzük, akkor nyomatékuk arányos a C állandóval, tehát ez egyben a motor kihasználtságának a mérőszáma is.

Egyenáramú motor esetén

$$C = \frac{\pi^2}{4} \frac{2}{\pi} \frac{2}{\pi} 1 \cdot 1 = 1$$

Háromfázisú aszinkronmotor esetén

$$C = \frac{\pi^2}{4} \frac{3}{\pi} \frac{2}{\pi} \frac{1}{\sqrt{2}} \cos \varphi \approx 1$$

Egyfázisú kommutátoros motor esetén

$$C = \frac{\pi^2}{4} \frac{2}{\pi} \frac{2}{\pi} \frac{1}{\sqrt{2}} \cos \varphi \approx \frac{2}{3}$$

A hullámos áramú motor abban különbözik az egyenáramútól, hogy $\frac{U_i}{U_{im}} < 1$. Értékét becsülhetjük,

mert az indukált feszültség hullámossága azonos a fluxus, közelítve a főpólus tekercsen átfolyó áram hullámosságával. Ha élünk azzal a megengedhető egyszerűsítéssel, hogy a hullámos áramot csak az $I_{k\text{öz}}$ egyenáramú és a kétszeres frekvenciájú I_2 váltakozó összetevőből képzeljük, akkor az áram hullámossága definíció szerint

$$\gamma_1 = \frac{I_{\text{max}} - I_{\text{min}}}{I_{\text{max}} + I_{\text{min}}} = \frac{I_2}{I_{k\text{öz}}} \quad (4)$$

Az $\frac{U_i}{U_{im}}$ tényező pedig

$$\frac{U_i}{U_{im}} = \frac{U_{k\text{öz}} + U_2 / \sqrt{2}}{U_{k\text{öz}} + U_2} = \frac{1 + \gamma_1 / \sqrt{2}}{1 + \gamma_1} \quad (5)$$

Az (5) egyenlet vizsgálatából kitűnik, hogy $\frac{U_i}{U_{im}}$ értéke csak szűk határok között változik, mert szélső esetben 56%-os hullámosságnál $\frac{U_i}{U_{im}} = 0,90$. A

gyakorlatban azonban az áramhullámosság csak 25-30% és így $\frac{U_i}{U_{im}} = 0,93$ vagyis a hullámosáramú

motor csak kb. 7%-kal kevésbé használható ki, mint az egyenáramú, ha eltekintünk a hullámos áram okozta veszteségtöbblettől.

5. Eddig a vontatómotorokat önmagukban vizsgáltuk. Most nézzük meg, hogy hogyan illeszthetők környezetükbe. Közismert tény, hogy a kommutátoros motorok közül a legnehezebben az egyenáramú illeszthető az állandó feszültségű felsővezetékre. A soros-párhuzamos átkapcsolások, az előtét-ellenállások súlyos kompromisszumot jelentenek, a fluxuscsoökkentés pedig egymagában nem elégséges. Helyes illesztést kapunk, ha a motort Ward-Leonard gépcsoportról tápláljuk, de ennek súlya oly nagy, hogy ilyen rendszerű mozdonny korszerű teljesítményre nem építhető.

Jól illeszthető a hálózatra fokozattranszformátoron át a váltakozó áramú kommutátoros motor. Ennek azonban súlyos ára van. Már az előbb láttuk, hogy ez a motorfajta csak 2/3-ra használható ki az egyenáramúhoz viszonyítva. További hátrányt jelentenek a transzformátoros feszültség miatt szükségessé váló kényszermegoldások. A gép főpólusát váltakozó áram gerjeszti. Így fluxusa is váltakozó, és ez transzformátoros feszültséget indukál az armatúra komorutáló vezetőiben. Ez a feszültség csak a hálózat frekvenciájával arányos, a gép fordulatszámától független. Emiatt ellensúlyozása a teljes üzemi sávon lehetetlen. A váltakozó áramú kommutátoros motorok segédpólusai párhuzamosan kötött ellenállásokkal csak néhány üzemi pontra állíthatók be. Minden más fordulatszámra a transzformátoros feszültség egy része, álló állapotban pedig teljes értéke ellensúlyozatlan. Emiatt a keféken keresztáram folyik, ami többletmelegedést és főleg indításkor keféégést okozhat. A gyakorlat szerint 3 V transzformátoros feszültség még megengedhető. Ez az érték azonban 50 Hz esetén kb. 20 kW-ra korlátozza egy pólus teljesítményét. A nagy teljesítményű motorokat emiatt kénytelenek

nagy pólusszámmal (24 pólus) készíteni. Ennek következtében a pólusok szélessége, a kefék vastagsága előnytelenül csökken, a motor árama pedig megnő. Mindez kedvezőtlen méretarányokat, kényes konstrukciót eredményez. 16 2/3 Hz esetén ezek a hátrányok kisebbek ugyan (a motorok szokásos pólusszáma 12 vagy 16), de újabb hátrányként jelentkezik, hogy a csökkentett frekvenciára készített transzformátor több mint kétszer súlyosabb, mint az 50 Hz-es. Összegezve tehát a jó illesztés ára motorsúlyban kb. 50%, transzformátorsúlyban kb. 100%, a motoráramot vezető alkatrészek és kábelek súlyában kb. 300 %.

A már klasszikusnak nevezhető egyen- és váltakozó áramú vontatómotorok elemzése után nézzük meg, hogy milyen előnyöket jelent a fejlődése kezdetén álló hullámos áramú motor. A felsővezetékhez ugyan olyan jól illeszthető, mint a váltakozóáramú. Transzformátora 50 Hz frekvenciájú, emiatt tehát nem kell túlméretezni. Némi túlméretezést igényel azonban az egyenirányítás miatt. Ez viszont fordítottan arányos a simítással. Minél simább az egyenirányított áram, annál kevesebb túlméretezésre van szükség. (Teljes simítás esetén ez 11%, 56%-os hullámosság esetén pedig 23%.) A szilíciumdiódákból álló egyenirányítóknak csak a helyszükséglete számottevő, súlyuk elhanyagolható. A motorok elé általában simító-fojtótekercset kapcsolnak kommutációjuk javítására. Ezek súlya 10-15%-a a motorokénak. Csökkentésüket vagy esetleges elhagyásukat nem érdemes erőltetni, mert a simítás csökkenésével az áram hullámossága nőne és emiatt a transzformátort kellene túlméretezni. A motorokról már megállapítottuk, hogy közepesen simított áramhoz azokat kb. 7%-kal kell túlméretezni. A transzformátoros feszültség szempontjából is kedvező a helyzet. Ezt a legegyszerűbben a következő összefüggés alapján tekinthetjük át. Az egyenirányított feszültség egyenáramú összetevője

$$U_{köz} = R_3 I_{köz}$$

a váltakozó összetevője

$$U_2 = \sqrt{R_3^2 + (\nu \omega L_3)^2} I_2$$

ha R_3 az egyenirányított áram körének ohmos ellenállása, beszámítva a terhelést is, L_3 az induktív ellenállás a hálózat frekvenciájának ν -edik harmonikusán. (Általában $\nu=2$ -vel számolunk, a magasabb rendű felharmonikusokat elhanyagoljuk.)

Figyelembe véve a hullámosság (4) szerinti definícióját, és értelemszerűen $\gamma_U = U_2 / U_{köz}$ helyettesítésével kapjuk

$$\gamma_I = \frac{R_3}{\sqrt{R_3^2 + (\nu \omega L_3)^2}} \gamma_U \quad (6a)$$

ill.

$$\gamma_I = \frac{U_{köz}}{I_{köz} \sqrt{R_3^2 + (\nu \omega L_3)^2}} \gamma_U \quad (6b)$$

A levezetett összefüggésekből jól látható, hogy ha az egyenirányítót tiszta ohmos ellenállás terhelné ($L_3=0$), akkor

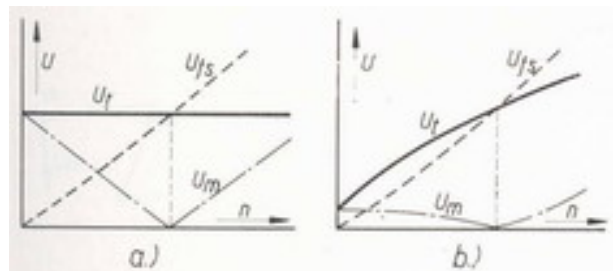
$$\gamma_I = \gamma_U$$

lenne. A gyakorlatban előforduló esetek többségében azonban R_3 hanyagolható $\nu \omega L_3$ mellett. Ez esetben

$$\gamma_I = \frac{U_{köz}}{I_{köz} \nu \omega L_3} \gamma_U \quad (6c)$$

összefüggést kapjuk, melyből látható, hogy indításkor, amikor $U_{köz}$ kicsi, kb. a névleges feszültség tizede, és $I_{köz}$ nagy, kb. a névleges áram kétszerese, az áram γ_I hullámossága csak néhány százalék, ami kommutációs problémát nem okozhat. Nagy sebességeken viszont a feszültség a nagy és az áram a kicsi, így az áram hullámossága megnő. E tartományban azonban a segédpólus már hatásos és csak beállítás kérdése a jó kommutáció. A váltakozó- és a hullámos áramú motor transzformátoros feszültségének és a segédpólus szerepének összehasonlítását a 3. ábra adja.

Összegezzük tehát, hogy milyen áldozatot jelent, ha a vontatómotorokat fokozattanszformátorral és egyenirányítóval illesztjük a felsővezetékre. Az 50 Hz frekvenciájú transzformátort az egyenirányítás miatt 11~23%-kal kell túlméretezni, a motorokat kb. 7%-kal, a fojtótekercsek pedig 10-15% motorsúlynyi többletet jelentenek.



3. ábra. Az U_i transzformátoros, az U_m a segédpólus forgási és az U_m maradékfeszültség a fordulatszám függvényében:

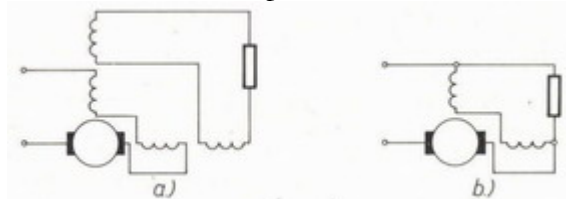
a) egyfázisú; b) hullámos áramú motor esetén.

A motorok feszültségének és áramának az aránya optimális lehet, a transzformátoros feszültség, mint megoldandó probléma jelentkezik ugyan, de sokkal könnyebb formában, mint a váltakozó-áramú motorokban.

6. Az eddigi fejtegetéseinkkel bizonyítottuk, hogy a hullámos áramú vontatómotor felel meg leginkább a vontatás követelményeinek. További feladatunk, hogy e motorfajta változataiból kiválasszuk a legalkalmasabbat.

E motorfajtanak rövid fejlődése során három változata alakult ki aszerint, hogy milyen fajtájú motorból fejlesztették ki.

A váltakozóáramú kommutátoros motorból kifejlesztett változata abban különbözik őseitől, hogy pólusszáma azonos az egyenáramú motoréval és a transzformátoros feszültség ellensúlyozására más kapcsolást használnak. Mágneses köre tehát teljesen lemezel, a fluxus váltakozó összetevője ki tud fejlődni. Ennek következtében a váltakozó összetevők növelik a motor hasznos nyomatékát, így ezek csökkentésére nem törekszenek, fojtótekercset a motor elé nem kapcsolnak.



4. ábra. Lemezelt állórészű, hullámos áramú motor kapcsolása.

Emiatt a transzformátoros feszültség is kifejlődik. Ennek ellensúlyozását a 4b ábrán vázolt kapcsolással oldják meg. E kapcsolat elvét a 4a ábrán könnyebben áttekinthetjük. A főpólusra helyezett póttekercsben a fluxus váltakozó összetevőjével arányos feszültség indukálódik. Erről a feszültségről táplálják ohmos ellenálláson át a segédpólus póttekercsét, és ezzel hatástalanítják a transzformátoros feszültséget. A 4a ábra csak abban különbözik a 4b-től, hogy az előbbiben a csatolás induktív, az utóbbiban pedig galvános. Ezzel a hullámos áram okozta kommutációs problémát megoldották. Összefoglalva mondhatjuk, hogy előnye e változatnak a váltakozó áramú összetevők hasznosítása és a jó kommutáció biztosítása fojtótekercs nélkül is. Hátránya viszont, hogy a fordulatszám-növelésre a fluxuscsökkentés nem használható, mert a söntölőellenállás elhangolná a transzformátoros feszültség kompenzálását. A fojtótekercs elmaradásának előnye nagyrészt elvesz azáltal, hogy az áram nagyobb hullámossága miatt a

transzformátort erősebben túl kell méretezni (11% helyett 23%-kal). Végül a lemezelés miatt az állórész koszorúja nem lehet hosszabb a pólusoknál, ami a fogaskerékajtás tengelytávolságát kedvezőtlenül befolyásolja.

Az egyenáramú motorból kifejlesztett két változat mágneses körének egyes részei (az állórész koszorúja, esetleg a segédpólus törzse) tömörek. A bennük indukálódó örvényáramok a fluxus váltakozó összetevőjét csillapítják, az örvényáramú veszteségek pedig melegítik a gépet. A fluxus simítása, a melegedés csökkentése céljából a főpólus tekercsét ohmos ellenállással söntölik.

A söntölésnek van azonban káros hatása is: csökkenti a motor induktivitását, és ezáltal növeli az áram hullámosságát.

Az egyik változat a főpólust erősen söntöli, így a fluxus alig hullámos, a transzformátoros feszültség kicsi. Az armatúra és a segédpólus árama erősen hullámos, a reaktanciafeszültség váltakozó összetevője nagy. Ha a segédpólus az egyen- és a váltakozó összetevőre azonosan viselkedne, akkor az egyenáramra beállított segédpólus a hullámos áramra is megfelelő lenne. Az örvényáramok azonban lefojtják a segédpólus gerjesztés váltakozó összetevőit és emiatt a kommutációs feszültségek váltakozó összetevői részben ellensúlyozatlanul maradnak. Ez a hiba hatásosan csökkenthető a segédpólus mágneses körének lemezelésével. Teljes kiegyenlítés azonban így nem érhető el, és ezért az ilyen típusú motor elé fojtótekercset kell kapcsolni és ezzel az áram hullámosságát csökkenteni. Előnye a változatnak, hogy a kommutáció a főpólus söntölésével és a fojtótekercsrel beállítható, a fordulatszám-növelésre a fluxuscsökkentés hátrány nélkül használható. Kisebb hátrányt jelent a fojtótekercs súlya és helyszükséglete, nagyobb viszont a segédpólus mágneses körének a lemezelése, mely elkerülhetetlenül növeli a motor külső átmérőjét.

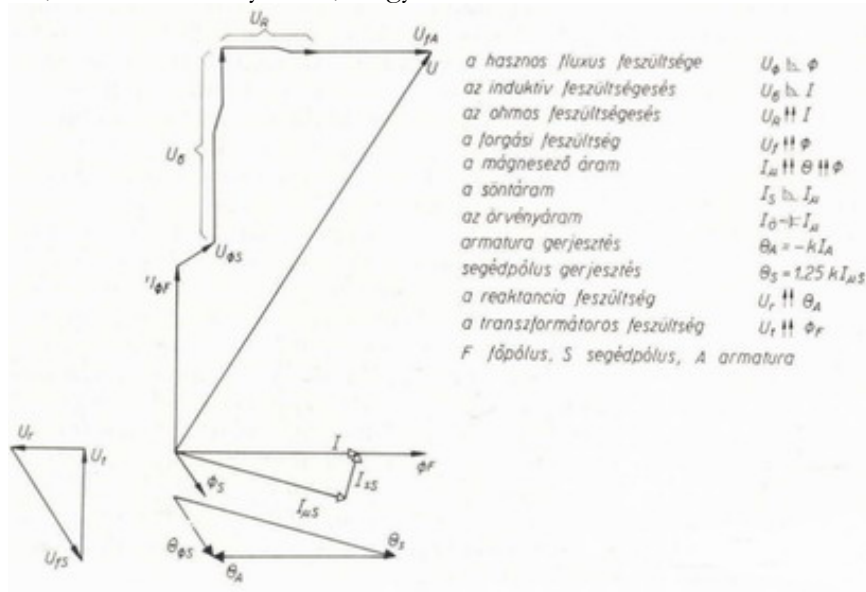
Az egyenáramú motorból kifejlesztett másik változat a főpólust kb. csak 1%-ra söntöli. A motor induktivitása így alig csökken, áramának hullámossága az előbbi változathoz viszonyítva számottevően kisebb, fluxusa viszont hullámosabb. A nagyobb transzformátoros feszültség ellensúlyozására felhasználhatók az örvényáramok. Emiatt a segédpólus mágneses körét felesleges, sőt káros lemezelni, egyes esetekben előnyös a segédpólus törzsét is tömör vasból készíteni. Az örvényáramok azonban nem tudják a kommutációs feszültségeket teljesen ellensúlyozni, így e változat elé is fojtótekercset kell

kapcsolni. Előnye e változatnak, hogy a legközelebb áll az egyenáramú motorhoz, külső átmérője a legkisebb értéken tartható. A fluxuscsökkentésnek akadálya nincs. Hátránya a fojtótekerccs, és az a körülmény, hogy az örvényáramok hatása nehezen számítható és így a motor kommutációját a próbaterebben kísérletezéssel lehet csak beállítani.

Az elmondott jelenségek vektorábrákon is követhetők, ha azokat a váltakozó összetevő alapharmonikusára, a felsővezeték frekvenciájának a kétszeresére rajzoljuk fel. A magasabb rendű felharmonikusokat elhanyagolhatjuk, mert azok amplitúdói kb. négyzetesen csökkennek, a kör $X = v\omega L_3$ ellenállása arányosan nő, így az áramhullámosságban a magasabbrendű felharmonikusok hatása kb. köbösen csökken. Vizsgálatainkat kezdjük a váltakozó áramú kommutátoros motor ismert vektorábrájával (5. ábra). Az U_r reaktancia- és az U_i transzformátoros feszültségeket, azáltal ellensúlyozzák, hogy vektorháromszö-

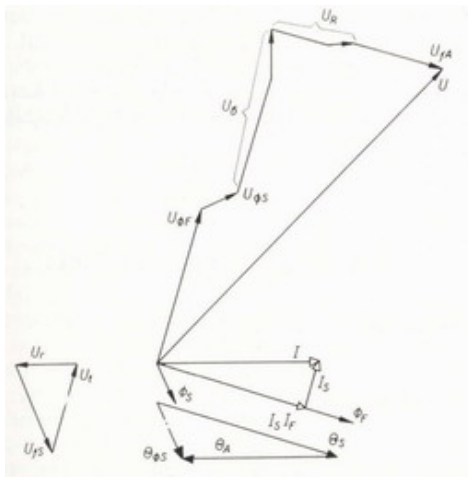
güket a Φ_s segédpólus-fluxus által indukált U_{fs} forgási feszültséggel zárják. Abból a célból, hogy U_{fs} iránya helyes legyen, a segédpólus I_{ms} mágnesező áramát el kell forgatni, ami a szokásos módon, a segédpólussal párhuzamosan kapcsolt ellenállással érhető el. Ennek hatása a vektorábrán az I_{ms} söntáramban jelentkezik. (Az egyszerűség érdekében kompenzálatlan gépet vettünk alapul.)

A 6. ábrán felrajzoltuk a váltakozóáramú motorból kifejlesztett hullámos áramú motor alapharmonikusának vektorábráját. Ez az 5. ábrától abban különbözik, hogy a fő- és a segédpólus együttes söntölése a főpólus áramát is elforgatja, és vele fordul az U_i transzformátoros feszültség is. A kommutációs feszültségek vektorháromszögének zárása a söntáram beállításával lehetséges. Viszont az is látható, hogy fluxuscsökkentés céljából további söntölés ezt a beállítást elrontja.

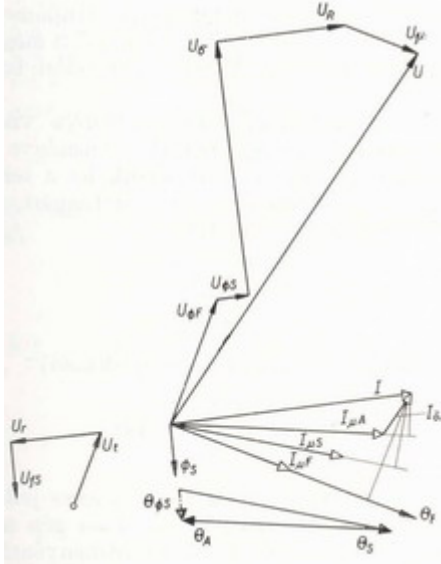


6. ábra. Hullámos áramú, 4. ábra szerinti kapcsolású motor vektorábrája a váltakozó összetevők alapharmonikusára (A₂ indexet a vektorok jelöléséből elhagytuk).

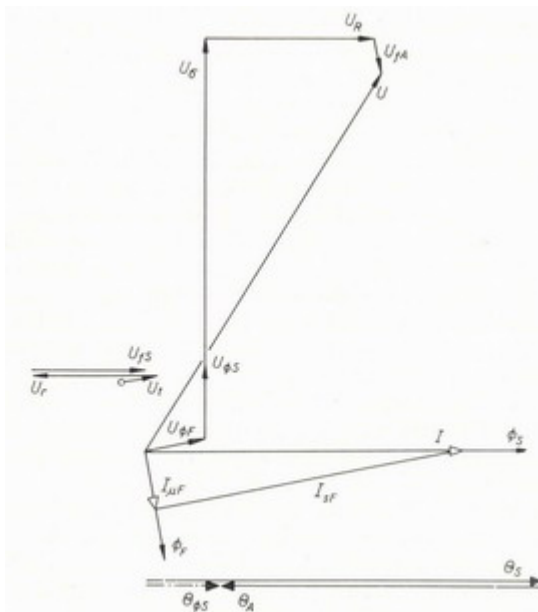
Ha hullámos feszültségre kapcsoljuk az egyenáramú motort, akkor az örvényáramok a fő-, a segédpólus, de az armatúraáram váltakozó összetevőjét is elforgatják és csökkentik nagyságukat (7. ábra). Ennek következménye általában, hogy a kommutációs feszültségek vektorháromszöge nem záródik. Ha erősen söntöljük a főpólust és lemezeliük a segédpólus mágneses körét (8. ábra), akkor az U_r reaktancia feszültség mellett az U_i transzformátoros feszültség eltörpül, de részben ellensúlyozatlan marad, a kommutációs feszültségek vektorháromszöge nem záródik teljesen.



Ha viszont a segédpólus mágneses körében tömör szakaszokat hagyunk, az örvényáramok a 7. ábra szerint elforgatják az áramokat. Amennyiben sikerül a tervezőnek beavatkoznia az örvényáramok alakulásába, elméletileg a kommutációs feszültségek vektorháromszöge bezárható. (9. ábra).



7. ábra. Tömör állórész-koszorújú motor hullámos árammal táplálva. A váltakozó összetevők alapharmonikusára rajzolt vektorábra.



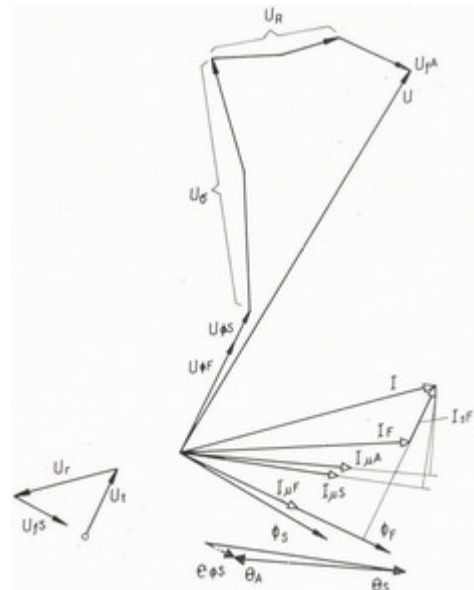
8. ábra. Hullámos áramú motor vektorábrája, ha segédpólusnak mágneses köre lemezelt.

E célra felhasználható a segédpólustörzs anyagának a megválasztása (lemezelt vagy tömör), és a főpólus söntölésének a mértéke.

Végül meg kell még vizsgálnunk, hogy célszerű-e a hullámos áramú motort kompenzáltan készíteni.

A kompenzálásnak az egyenáramú motorok elméletéből ismert előnye, hogy ellensúlyozza az induk-

ció eloszlásnak a terheléssel járó torzulását, és ezáltal a motor nagyobb szeletfeszültségre tervezhető, ill. jobban kihasználható.



9. ábra. Hullámos áramú motor, melyben az örvényáramok a kommutációt segítik.

A hullámos áramú motorban ez az előny részben elvész azáltal, hogy a kompenzált motor induktivitása kisebb és így áramának hullámossága nagyobb, tehát vagy nagyobb fojtótekercset kell elé kapcsolni, vagy a transzformátort kell erősebben túlméretezni. A gyakorlatban a hullámos áramú motor első változatát mindig, a másodikat rendszerint kompenzáltan készítik. A harmadikban, amelyik az örvényáramokat hasznosítja, általában nincs kompenzáló tekercselés. Helyette a főpólus légrését a középről a saruszélek felé növekvővé alakítják, ami szintén mérsékli az indukció-eloszlás torzulását.

Összegezve a hullámos áramú motor elméletéből levonható következtetéseket, mondhatjuk, hogy a három változat között ma még nincs akkora különbség, hogy valamelyik is kiszorulna a gyakorlatból. Az előnyök és a hátrányok mérlegelése alapján gyárunk szakemberei az örvényáramokat hasznosító változatot tartják a legmegfelelőbbnek a következő okokból:

a legközelebb áll az egyenáramú motorhoz, kisebb lehet az állórész külső átmérője, fluxuscsökkentés lehetséges a fordulatszám-növelésre, erősen induktív jellegű, tehát a transzformátort csak minimálisan kell túlméretezni.

Hátránya ugyan, hogy kommutációja csak kísérletezéssel állítható be, de e téren a Schneider-

Westinghouse cég motortípusának gyártásbevezetése során már szereztünk tapasztalatokat.

7. A hullámos áramú vontatómotor méretezése alig különbözik az egyenáramútól. Azokat a szempontokat, amelyek a méretezés szokásos menetét mégis módosítják, a következőkben ismertetjük. A legnagyobb különbség a másik két klasszikus vontatómotorhoz viszonyítva a motor névleges feszültségének megválasztásában van. Az egyenáramú vontatási rendszerben a vontatómotorokat közvetlenül a felsővezetékre kapcsolják. A kialakult 3 kV-os feszültség a felsővezeték szempontjából hátrányosan kevés, a motorok szempontjából viszont sok. A motor kapocsfeszültségét az U_s közepes szeletfeszültséggel is kifejezhetjük:

$$U = \frac{\pi D_k U_s}{2 p \tau_s} \quad (7)$$

Ahol D_k a kommutátor átmérője

$$\tau_s = \frac{\pi D_k}{K} \text{ a szeletosztás}$$

K a szeletszám

Ha behelyettesítjük (7) számlálójába a használatos legnagyobb, nevezőjébe a megengedhető legkisebb értékeket, akkor 3000 V-nál kisebb feszültséget kapunk, ami annyit jelent, hogy a 3 kV-os felsővezetékre két 1500 V-os névleges feszültségű motort sorba kell kötnünk, figyelembe véve a felsővezeték feszültségingadozásait is. 1500 V-ra a rendelkezésre álló helyben azonban a vontatómotor csak hullámos tekercseléssel készíthető el. Ezt beláthatjuk, ha az indukált feszültség ismert képletébe

$$U_i = z \frac{p}{a} n \Phi$$

a következő összefüggéseket helyettesítjük:

$$\text{a rúdszám } z = 2\pi N_t \frac{D_k}{\tau_s}$$

$$\text{a fordulatszám } n = \frac{V_a}{\pi D}$$

$$\text{a fluxus } \Phi = \alpha_i \frac{\pi D}{2p} l_i B_\delta$$

ahol N_t az armatúra tekercselés szeletenkénti menetszáma

v_a az armatúra kerületi sebessége.

Ezzel az indukált feszültségre a következő összefüggést kapjuk:

$$U_i = \pi \alpha_i N_t \frac{l_i}{\tau_s} v_a B_\delta \frac{D_k}{a} \quad (8a)$$

Behelyettesítve a megengedhető értékeket és a névleges üzempontban $v_a = 25$ m/sec kerületi sebességet feltételezve

$$U_i = \pi \frac{2}{\pi} \cdot 1 \cdot \frac{400}{4} 25 \cdot 1 \frac{D_k}{a} = 5000 \frac{D_k}{a} \quad (8b)$$

Hurkos tekercselés esetén $a=p$. A négy pólusú motor kommutátor átmérőjének 0,70 m-nél nagyobb-nak kell lennie ahhoz, hogy a motor 1500 V névleges feszültségnek megfelelően. Hullámos tekercseléssel viszont már 0,35 m átmérő is megfelel. (Az alatt többmenetű, $N_t > 1$, tekercselést terveznek.)

A hullámos tekercselés nagy hátránya viszont, hogy a szeletfeszültségi határteljesítménye tört része a hurkosénak. Helyettesítsük be a teljesítmény $P = UI$ képletébe a (7) összefüggést, valamint a kerületi áram képletét:

$$A = \frac{zI}{2\pi a D}$$

akkor a szeletfeszültségi határteljesítmény:

$$P_s = \frac{\pi a}{2 p N_t} U_s A D$$

amiből látható, hogy P_s a tekercselésre jellemző a/p hányadossal arányos. Négy pólusú gép esetén a kétféle tekercselés határteljesítményének az aránya tehát 2:1. Ez az oka annak, hogy a 3 kV-os egyenáramú mozdonyok vontatómotorai aránylag nehezek.

A (7) és (8) egyenletből az is látható, hogy a változó áramú kommutátoros motorok csak kis kapocsfeszültségre készíthetők nagy pólusszámuk ($2p = 12/24$) miatt. Áramuk tehát nagy, ami jelentéke-nyen növeli a főáramot vezető alkatrészek, kábelek súlyát. Ezek a motorok hurkos tekercseléssel készülnek, így szeletfeszültségi határteljesítményük nagyobb, ami fajlagos súlyukban kedvezően jelentkezik.

A hullámos áramú motor független a felsorolt kötöttségektől. Armatúra tekercselése szabadon választható, tehát hurkos. Kapocsfeszültsége is szabadabban vehető fel, mert egy diódát 250-300 V feszültségre vesznek igénybe a névleges pontban. A kiadódó optimális motorfeszültséghez tehát általában 4-5 db diódát kell sorbakapcsolni. Ezzel az egyenirányított feszültség már elfogadható kis különbséggel összehangolható a motorfeszültséggel. (Meg kell jegyezni, hogy higanygőz egyenirányító esetén az egyenirányított feszültséghez hangolták a

motort.) Az optimális feszültség $a=p$ -vel (8b)-ből számítható.

Ehhez azonban előbb fel kell vennünk a motor pólusszámát. Kis pólusszám esetén az állórész-koszorú keresztmetszete nagyra adódik, ami jelentősen növeli a motor súlyát. Ezért kétpólusú vontatómotort egyáltalán nem, négy pólusú főleg a 3 kV-os rendszerben építenek. A korszerű hullámos áramú motorok általában hat vagy nyolc pólusúak. A pólusszám megválasztásának másik szempontja a kefetartók biztonságos és jól kezelhető elhelyezése. E célból ajánlatos a τ_k kefeosztást 250mm-nél nagyobbra választani. Ebből következik, hogy 500 mm kommutátor átmérőtől hatpólusúra, 650 mm-től nyolcpólusúra célszerű a motort tervezni.

A kommutátor D_K átmérőjének a meghatározására átírjuk a (7) egyenletet a következő alakra

$$D_K = \frac{2\tau_s}{\pi\eta U_s} \frac{P}{I/p}$$

ahol η a motor hatásfoka

I/p egy kefesor árama, amit a kefe l és b méreteivel a soronkénti s kefeszámmal és az S_k áram-sűrűséggel is kifejezhetünk.

$$I/p = slbS_k$$

A két egyenlet egybevetéséből és rendezéséből kapjuk

$$D_K = \frac{2}{\pi\eta sl U_s S_k} \frac{P}{b/\tau_s} \quad (10)$$

b/τ_s a kefefedés, rendszerint $b/\tau_s = 4 \sim 5$

sl a kefesor tengelyirányú hossza, növelésével csökkentjük a kommutátor mechanikai szilárdságát. Kialakult értéke $sl = 3 \cdot 40 = 120 \text{ mm}$. A megengedhető értékek helyettesítésével például az 1000 kW teljesítményű motor kommutátorának átmérőjét $D_K \sim 600 \text{ mm}$ -re kapjuk.

Vizsgáljuk még meg a hullámosság hatását a szeletfeszültség megengedhető értékére. Fizikailag a szeletfeszültség helyi U_{sm} csúcsértékét egy adott határérték alatt kell tartani, hogy a kommutátor felületén elkerülhetetlenül keletkező szikrák villa-

mos ívvé, körtűzzé ne váljanak. Ez a határ-feszültség az egyenáramú gépeken szerzett tapasztalatok szerint $U_{sm} \approx 40 \text{ V}$. Váltakozó áramú kommutátoros motorokon ilyen irányú tapasztalat jóval kevesebb áll rendelkezésünkre, mert ezeket a gépeket általában nem használják ki a szeletfeszültségi határig a transzformátoros feszültség korlátozása miatt, azonkívül a kiegyenlített kommutációs feszültségek hajlamosabbá teszik a gépet a szikrázásra, tehát célszerű a határ alatt maradni.

A hullámos áramú motorok a kefeszikrázás szempontjából is közelebb állnak az egyenáramú gépekhez. Ha mégis a biztonság oldalán akarunk maradni, akkor a közepes szeletfeszültség meghatározásakor nemcsak az α_i relatív pólusívet és az indukció-elosztás κ torzulását vesszük figyelembe, hanem a kommutátor felületén jelentkező feszültségek hullámosságát is. Ez azonban nem a feszültség hullámosságával, hanem biztonságos közelítéssel az áram γ_I hullámosságával arányos, mert az indukált feszültség a fluxus hullámosságával ($\gamma_\Phi \leq \gamma_I$) a feszültségesések pedig az áram hullámosságával arányosak. Ezek figyelembevételével a biztonságos közepes szeletfeszültség

$$U_s = U_{sm} \frac{\kappa}{\alpha_i} \frac{1}{1 + \gamma_I} \quad (11)$$

Ha összehasonlítjuk a hullámos áramú motorok különböző típusait a megengedhető szeletfeszültség szempontjából, akkor láthatjuk, hogy az a típus van előnyben, amelyiknek legsimább az árama, tehát e szempontból is célszerű a motor áramkörét minél induktívabbra tervezni.

8. A felsorolt problémák vizsgálatával gyárunk szakértői arra a meggyőződésre jutottak, hogy a licencia alapján gyártott 3000 LE-s szilíciumos mozdony vontatómotorának típusmegválasztása helyes volt. Nincs okunk attól eltérni, más típussal kísérletezni. Megvan tehát az alapunk, amelyről elindulva megtervezhetjük a fejlesztési tervünkbe felvett 6000 LE-s egyenirányítós mozdony vontatómotorát.

MERGL ISTVÁN

Új vasúti készülékcsaládok

Gyárunkban a villamos-vontatású járművek gyártása több mint fél évszázados múltra tekint vissza. Mozdonyok, motorkocsik villamos berendezésének fejlődését az új járműtípusok igényei irányították. Az üzemi tapasztalatok alapján kialakult robusztus, túlméretezett villamos készülékek szinte kivétel nélkül adott feladatra készült egyedi konstrukciók voltak.

A harmincas években üzembe helyezett Kandó-mozdonyokat, majd később a két és négytengelyű közúti motorkocsikat járművonatkozásban már nagy sorozatban gyártottuk. A villamos készülékek konstrukcióinál már fellelhető a sorozatgyártás követelményeinek kielégítését célzó törekvés. A második világháború után készült hatrészü diesel-villamos motorvonatok, a Bo'Co' mozdonyok és bányamozdonyok villamos készülékei kevés kivétellel még egyedi konstrukciók voltak. Készülék-elemek (s. érintkezők, ellenálláselemek, stb.) egységesítését a konstruktőrök már akkor szem előtt tartották. Készülékcsaládok kialakítására a kis darabszámú járműrendelések miatt ellenben még ekkor sem volt lehetőség.

Az 1956. évben megindult dieselesítési program keretében készül 600 LE-s d.v. mozdonyok és az „UV” típusú közúti motorkocsik készülékeinek tervezésénél az alkatrészek egységesítése mellett már egy-egy készülékcsalád is kialakult. A gyártott járművek évről-évre emelkedő darabszáma következtében a vasúti készülékek egyre nagyobb sorozatokban készültek. Az egyedi és kis darabszámra tervezett konstrukciók gyártása mind több nehézséget jelentett.

1959-ben gyárunk vezetősége határozatot hozott, a vasúti készülékek fejlesztésére, amelyet 1960-ban kezdtünk el. A fejlesztés alapvető célkitűzése a következő volt: korszerű, sorozatgyártásra alkalmas konstrukciók tervezése a családely alkalmazásával, korszerű technológiai eljárások, alapanyagok felhasználásával és az önköltség csökkentésére irányuló törekvés figyelembevételével. Az 1960-1963 években készült kb. 80 új vasúti készülék konstrukciót kb. 20 típuscsaládba soroltuk. Ezzel a családely megvalósítása terén jelentős lépést tet-

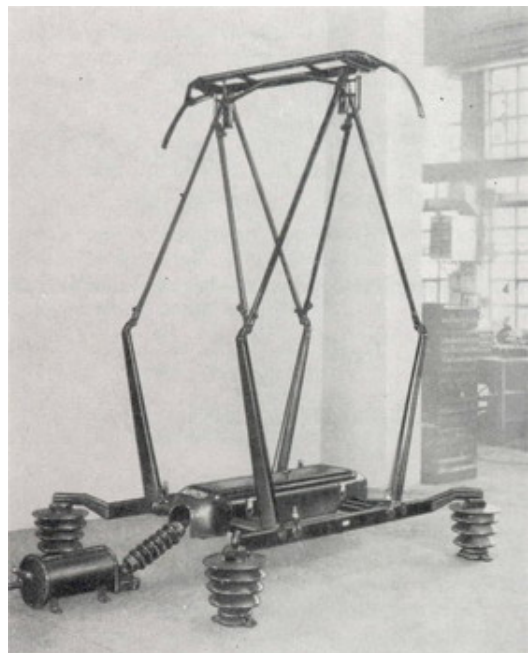
tünk előre. 1962-ben a készülékfejlesztési terv megvalósítása közben a 3000 LE-s egyen-irányítós mozdonyhoz szükséges licenc készülékek konstrukcióinak átvételére került sor. Az idegen készülékek (Alsthom, BBC, AEG) különösen a családely szempontjából megzavarták terveinket, amelyeket ennek figyelembevételével módosítani kellett. Meg kell azonban jegyezni, hogy a licenc készülékek átvételével néhány korszerű konstrukció és technológiai eljárás birtokába jutottunk, amelyek bevezetése a „friss vér” hatását eredményezte.

Az új készülékcsaládok tagjainak műszaki jellemzői kielégítik a jelenleg gyártott járművekhez szükséges készülékekkel szemben támasztott igényeket, sőt a távolabbi igények kielégítését is lehetővé teszik.

Részletes ismertetésük az alábbiakban következik.

1. Áramszedők

Az új típus család alapját a BBC licenc alapján átvett AOp 317 típus képezi, amely a 3000 LE-s e.i. mozdonyon nyert alkalmazást. A család második tagjaként kidolgoztuk a csuklós villamoskocsihoz, egyszerűsített csúszósáru rendszerrel az AO 124 típust.



1. ábra. AOp 317 típusú nagyvasúti áramszedő

Harmadik tagjaként a Ward-Leonard mozdonyhoz kialakítottuk az AOp 317a típust. Negyedik tagjaként lehetőség van az elővárosi motorkocsihoz szükséges kivitel kidolgozására, amelyet az AO 124 típus kiegészítésével tervezünk meg.

A típuscsalád tagjai az üzemi követelmények szempontjából két főcsoportba sorolhatók: nagyvasúti (25 kV, 140 km/ó) és közúti elővárosi (1,2 kV, 80 km/ó) kivitelek. A nagyvasúti áramszedők a nagyobb sebesség miatt érzékenyebbek, a közúti-elővárosi áramszedők kevésbé érzékenyek, egyszerűbbek, csúszósaru rendszerük kisebb sebességre alkalmas. A sok közös alkatrész gazdaságos gyártást biztosít annak ellenére, hogy a régieknél általában munkaigényesebbek.

Típusok főbb adatai:

APp 317 25 kV 250 A v.á. műk. sáv: 1700 mm
AOp 317a 25 kV 250 A v.á. műk. sáv: 1900 mm
AO 124 600 V 400 e.á. műk. sáv: 2200 mm
AOp 124a 1200 V 400 A e.á. (még nincs kidolgozva)

2. Csatlások

Vezérlési csatlás igények kielégítésére új, korszerű csúszóérintkezős rendszert terveztünk, amelyet változó pólusszámú kivitelekkel és különféle formatervezett vízmentes házzal vezettünk be. A család első tagjaként a Ganz-Mávag motorkocsikhoz megterveztük a 12 pólusú CV 112 típust, majd később a csuklós motorkocsikhoz az 50 pólusú CV 150 típust. A család többi tagjainak kidolgozására egyelőre nincs igény.

A típuscsalád tagjainak konstrukciója azonos elven épül fel, de jellegüknél fogva (különféle pólusszám miatt változó kül méretek) kevés azonos alkatrészt tartalmaznak. Mivel a csatlásokat általában a járművek homlokzatára szerelik, ma már elengedhetetlen azok formatervezése. Az új típusoknál egységes formát, alakítottunk ki, ezzel is a család elv megvalósítását segítettük elő.

Típusok főbb adatai:

CV 112 12 pólus 220 V 12 x 10 A e.á.
CV 150 50 pólus 220 V 50 x 10 A e.á.

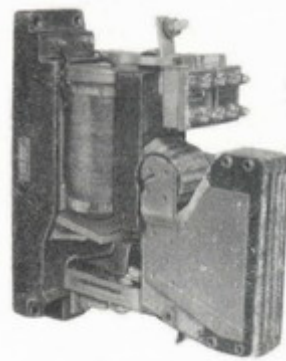
3. Egységkapcsolók

a) Mágneses működtetésű kontaktorok.

A típuscsalád kialakításánál azt az alapelvet tűztük ki, hogy max. 1500 V feszültségig és max. 250 amperig a járműveinknél fellépő igényeket kielégítsük.

Az első típust a csuklós villamoskocsihoz EGM 114 jellel fejlesztettük ki, majd EGM 294 típus-jellel véglegesítettük. A Ward-Leonard mozdonyon segédüzemi kapcsolónak az EVm 114 típust alakítottuk ki.

A szilícium egyenirányítós mozdonyhoz ugyan csak segédüzemi kontaktorként a késleltetett érintkező egységgel ellátott EGM 114b típust alkalmaztuk. Csuklós villamoskocsihoz indítóellenállás kapcsolás céljaira az EGM 214 típus könnyített kivitelét, EGM 213 típust fejlesztettük ki.



2. ábra. EGM 214 típusú mágneses működtetésű egyenáramú kontaktor.

Típusok főbb adatai:

EGM 214 600 V 250 A e.á.
EVm 114 1100 V 250 A v.á.
EGM 114b 220 V 130/300 A e.á.
EGM 213 600 V 160 A e.á.

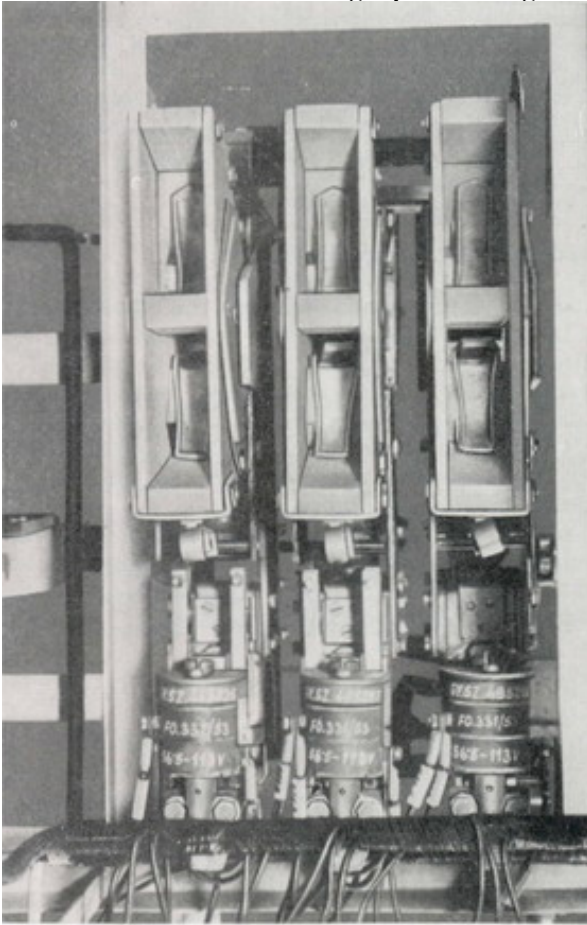
A típuscsalád tagjaira jellemzők: az egyszerű, könnyű kivitel, és a könnyen gyártható, korszerű technológiával előállított, alkatrészek.

A régi típusokhoz képest kisebb az önköltségük. A típuscsalád továbbfejlesztése 1200 V-os egyenáramú egységek felé irányul, amelyeket a járműfejlesztés igényei alapján fogunk kialakítani.

b) Elektropneumatikus kontaktorok.

Az új család alapját az Alsthom licenckészülékek képezik. Az egységekre jellemző paraméterek: max. 1500 V feszültség és max. 1200 A áramerősség.

Nagyvasúti mozdonyaink fő áramköreinek kapcsolására az alábbi típusok alakultak ki, amelyek általában az összes ismert igényeket kielégítik:



3. ábra. EGp 105 típusú elektropneumatikus működtetésű egyenáramú kontaktorok, szekrénybe szerelve.

EGp 147 típ. 1250 V 1250 A e.á. (motorkontaktor)

EGp 105 típ. 50 V 670 A e.á. (söntkontaktor)

EVp 145 típ. 1500 V 850 A v.á. (fűtési kontaktor)

A kontaktorok korszerű, szerelőlapos kivitelű, könnyű szerkezeti elemekből állnak. Újszerű technológiánk új szerkezeti elemek alkalmazásával készülékanyagunkra frissítő hatást gyakorolt.

A bevezetett licenctípusok több import alkatrészt tartalmaznak, amelyek az egységek önköltségét növelik. Importhányad és önköltségcsökkentés céljából kidolgoztuk az import nélküli kivitelek. Bevezetésük EGp 247, EGp 205, EVp 245 típusjel alatt folyamatban van. A típuscsalád további tagjainak kialakítása lehetséges és az igényeknek megfelelően a jövőben meg fog történni.

4. Árammentes kapcsolók

A közúti járművekhez szükséges menetirányváltók és menet-fék kapcsolók régi konstrukciója jellegzetesen egyedi gyártású volt. Sok forgácsolás és kézimunka igen nagy önköltséget eredményezett. Korszerűsítésüket elsősorban a szegmensekkel ellátott hengerrel kezdtük. Öntött kivitelű elemek helyett présportárcsára szerelt kokillaöntésű szegmenses tárcsákat alkalmaztunk.

A család első tagjait a csuklós villamoskocsikhoz kialakított konstrukciók képezik. E típusoknál új csúszóérintkezőket is alkalmaztunk, amelyekkel az alapelemeket kiforrottnak tekinthetjük.

Típusok:

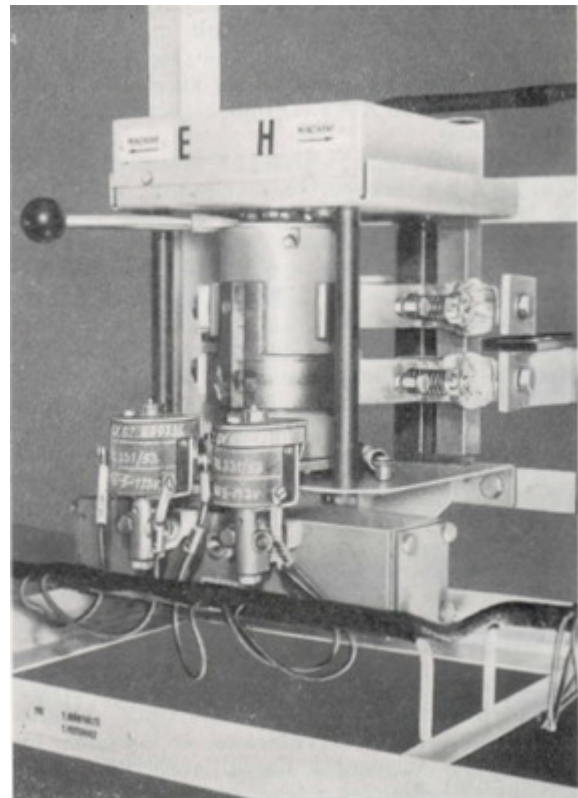
IFm 413 menetfék-kapcsoló

IMm 413 menetirányváltó

Az érintkezők 600 V egyenfeszültség mellett 250 A áramerősség átvitelére alkalmasak.

A típuscsalád továbbfejlesztése az 1200 V-os elővárosi jármű igény felmerülése esetén válik aktuálissá.

Nagyvasúti mozdonyokhoz szükséges menetirányváltók fejlesztésénél az egy motoráramkörös Alsthom licenc konstrukciót tekintettük alaptípusnak



4. ábra. IMp 147 típusú elektropneumatikus menetirányváltó, szekrénybe szerelve.

Az egyszerű csúszóérintkezős rendszer azt bizonyítja, hogy a hagyományos elemek korszerűsített technológiával való gyártása sok esetben kielégíti a mai követelményeket mind műszaki, mind önköltségi vonatkozásban.

Kidolgozott típusok:
IMp 147 menetirányváltó
ISk 147 motorselejtező

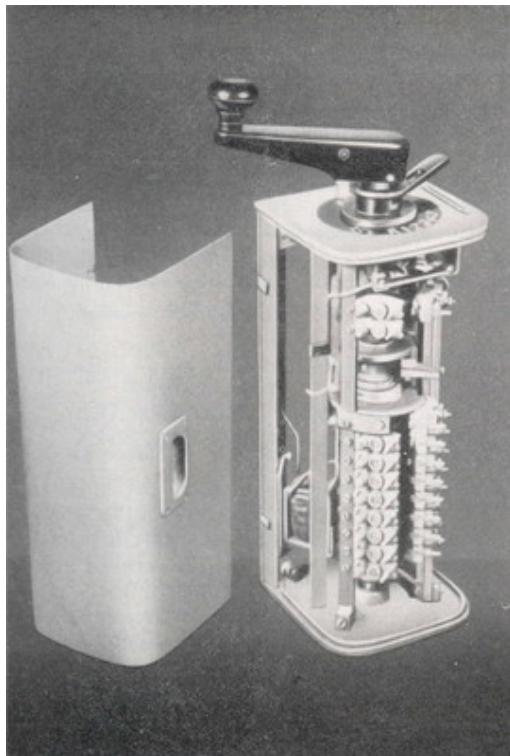
Az érintkezők 1400 V feszültség mellett 1150 A átvitelére alkalmasak.

A típuscsalád további tagjainak fejlesztése folyamatban van. Két és három motoráramkörös kivitelekkel azonos elemek felhasználásával a közeljövőben alakítjuk ki.

5. Vezérkontrollerek

Járműveink vezérkontrollere a fejlesztést megelőző években mindig egyedi konstrukció volt. Azonosság legfeljebb az érintkezőknél volt fellelhető. Típuscsalád kialakítását a körülmények nem tették lehetővé.

Fejlesztésünk keretében úttörő munkának számít három járműtípus vezérkontrollerének végrehajtott egységesítése és egy családba való sorolása az alábbiak szerint:



5. ábra. KV 9/I típusú vezérkontroller

KV 7/I diesel-villamos mozdonyhoz
KV 7/II típus diesel-hidraulikus mozdonyhoz
KV 7/III típus dieselmechanikus motorkocsikhoz.

A kontrollerek felépítése: függőleges tengelyen lévő présor bütyköstárcsákhoz K1 típ. korszerű kettős érintkezővel ellátott kontaktuselemek kapcsolódnak, amelyek 110 V mellett, 10 A e.á. üzembiztos kapcsolására alkalmasak.

A vezérkontroller fejlesztés második lépését a K2 típ. kisméretű bütykös érintkező bevezetése tette lehetővé. A várható méret és súlycsökkentés reményében újabb járműtípusoknál jelentkező igény figyelembevételével, új típuscsaládot alakítottunk ki KV 9 típusjellel az alábbiak szerint:

KV 9/I típus dieselmechanikus motorkocsikhoz
KV 9/II típus diesel-hidraulikus mozdonyhoz

A K2 típusú bütykös érintkezők villamosan 110 V 5 A e.á. üzembiztos kapcsolására alkalmasak. Szükség esetén 25 A-es kivitel is alkalmazható. A típuscsalád továbbfejlesztésére lehetőség van, erre új jármű igény esetén kerül sor.

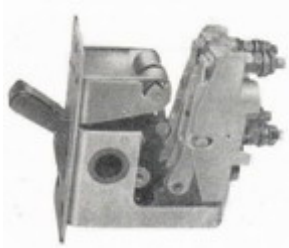
6. Működtető kapcsolók

- Különböző feladatokat betöltő forgócsapos kapcsolók helyett MF 3/I-III típusjellel új típuscsaládot fejlesztettünk ki. Villamosan 110 V 5 A e.á. kapcsolására alkalmas 1-2 áramkörös kivitelek pormentesen zárt házban, egyszerű elemekkel, korszerű technológiával készülnek.
- Ganz motorkocsikba szerelt nyomógomb egység elavult elemei helyett üzembiztos, könnyen gyártható nyomógombokat alakítottunk ki.

MN 9 típusú egy és kétáramkörös nyomógomb
MN 12 típusú különleges indító nyomógomb
MN 10 típusú komplett szerelt egység

Az érintkezők az MF 3 típusúval azonosak, villamosan 110 V 5 A e.á. kapcsolására alkalmasak.

- Évek óta jelentkező igény a több áramkörös billenő kapcsoló kifejlesztését célozta. Az új, kisméretű bütykös kontaktuselem bevezetése (K2 típ.) lehetővé tette egy minden igényt kielégítő típuscsalád kialakítását.



6. ábra. ME 7/a típusú működtető kapcsoló

Három, vagy ötállású, maximum 4 áramkörös különféle lefejtés szerint működő kapcsolók fém és műanyag részei forgácsolás nélkül készülnek és kielégítik a nagysorozatgyártás követelményeit is.

Típusok:

ME 7/aI-XII variáció 110 V 10 A e.á.

ME 7/bI-XII variáció 110 V 25 A e.á.

7. Relék

A tipizálás és a családelv megvalósítása szempontjából a legfontosabb témák egyike. A járműveken alkalmazott különféle rendeltetésű relék a múltban egyedi konstrukciók voltak, kevés kivétellel meghatározott feladatra készültek.

A különféle konstrukciók sokféle alkatrésze a gyártást nehezítette és az önköltséget növelte. Járműveink reléigényét felmérve kifejlesztettük az új relécsaládot az alábbi típusokkal:

RM 8/I-II. típus működtető relé, max. 6 áramkörrel

RT 8/III típus feszültség és áramrelé, max. 6 áramkörrel

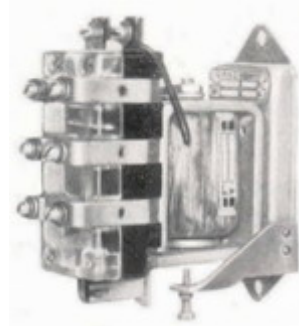
RF 8/IV típus földzárlatvédő relé, max. 3 áramkörrel

RTs 8/V. típus szekunder túláramrelé, max. 3 áramkörrel

RTp 8/I-XX típus primer-túláramrelé, max. 3 áramkörrel

RP 8/I típus nyomásszabályozó max. 3 áramkörrel

Az érintkezők 110 V 5 e.á.-ra alkalmasak. Zárt műanyagházban elhelyezett hidas rendszerűek, ezüstpogácsákkal. Az ív oltását az állóérintkezőbe épített permanens mágnes segíti elő. Az alkatrészeknél a sorozatgyártási technológiákat az adott lehetőségek figyelembevételével vezettük be.



7. ábra. RM 8/I típusú relé.

A családelv alkalmazásával sikerült az alkatrészfelhasználást nagymértékben csökkenteni, ami az egy típusra eső önköltséget jelentősen csökkentette.

8. Elektropneumatikus szelepek

A fejlesztés első szakaszában alaptípusonként elfogadtuk az 1960-ban bevezetett golyósrendszerű SM 11/II típust, amely a kezdeti hibák elhárítása után jó konstrukciónak bizonyult.

A család második tagjaként megterveztük a fordított kivitelűt, mely az SV I. típ. váltószelep gyártásának megszüntetését tette lehetővé. A gumis szelepe és a nagy légátömlésű kiviteket a Ganz-Mávag kívánságára alakítottuk ki.

Típusok:

SM 11/II normál működésű golyósszelep 10 att.-ig.

SM 11/III fordított működésű golyósszelep 10 att.-ig.

SM 11/IV. normál műk. gumis szelep 10 att.-ig.

SM 11/V normál műk. nagy légátömlésű szelep 10 att.-ig, amely +70°C környezetre alkalmas.

A szilícium egyenirányítós mozdonyhoz átvett Alsthom licenckészülékek között új EP szelep is szerepelt kúpos szelepléssel az SM 11 típuscsaládtól eltérő kivitelben. Az új szelephez jelentős mennyiségű importanyag beszerzése vált szükségessé. Az importcsökkentés és az egységesítés célját szem előtt tartva új típuscsalád kialakítását kezdtük meg SM 21/I.,II. típusokkal, amelyek az Alsthom szelep helyére is felszerelhetők. Az új típus az SM 11 típus korszerűsített kivitele. Bevezetésük 1967-ben várható.

9. Ellenállások

Ide tartoznak a különféle indító, szabályzó és előtét-ellenállások. Rendeltetésüknél fogva a műszaki igények szerint különböző elemekből tevődnek össze. Az igények széles skálája miatt régen a tipizálás elsősorban az ellenálláselemekre korlátozódott. Fejlődést jelentett a típuscsaládok kialakítása terén az UAl típusok rendszerezése a régi eternitléc elemek és tartozékainak meghagyása mellett. Ez a típuscsalád éveken keresztül igen sokféle igény kielégítését tette lehetővé minimális szerkesztési munka befektetésével.

Fejlesztésünk tehát egy bizonyos területen szerzett jó tapasztalatokkal indult. Felmértük az összes ismert, műszaki igényeket, amelyek alapján ellenállás-anyagunkat az alábbi csoportokba soroltuk:

a) Könnyű kivitelű egységek.

Az ellenállás: 1Ω - 1500Ω között

Állandó teljesítmény max. 1300 W

Testhez képesti feszültség max. 600 V

Áramterhelés max. 10 A

Az igényelt kielégítése céljából az UAl 115 típusokból álló családot fejlesztettük, ki amely az összes korábbi eternitléces típust hivatott helyettesíteni. Tagok száma 28, a régi 64 helyett. A konstrukció alapja a korszerű fröccskerámia test utánmunkálás nélküli szerelésre alkalmas kivitele. Az ellenálláshuzalt ráégetett üvegrománccal rögzítjük. A tartószerkezet kialakítása különféle felszerelési módokat tesz lehetővé. Az új típuscsalád minden alkatrésze korszerű technológiával készül.

b) Középnéhez kivitelek.

Az ellenállás: $0,2\Omega$ - 400Ω között.

Állandó teljesítmény max. 1300 W

Testhez képesti feszültség max. 1500 V

Áramterhelés max. 35 A

A követelményeket az UIp 412 típusokból álló család elégíti ki. Tagjainak száma 20. Az úgynevezett porcelánnyerges ellenállás elemekre gombolyított huzal- és szalag ellenállás alkalmazásával kb. 40 éves konstrukciót elevenítettünk fel és korszerű szerelési egységekbe építettük. A kivitel egyszerűsége és gyárthatósága mindenben megfelel a mai igényeknek.

c) Nehéz kivitelek.

Az ellenállás: $0,003\Omega$ - 10Ω között

Állandó teljesítmény max. 10000 W

Testhez képesti feszültség max 1500 V

Áramterhelés max. 400 A.

A típuscsalád tagjai régi és új egységek. A felfogó keretek kivételével azonos alkatrészekből állnak. Típusjelük: UIm ... különféle háromjegyű számokkal kiegészítve. Ellenálláselemként a régi konstrukciójú, úgynevezett meánder rendszerű vas, réz, vagy szikrom lemezből készült sajtoló egységeket alkalmazzuk, amelyek ma is megfelelnek mind a gyártás, mind az üzem követelményeinek.

10. Szénoszlopos feszültségszabályozók

1963-ban átvettük az Általános Mechanikai Gépgyártól ezeknek a nálunk is korábban előállított készülékeknek a gyártását. Ezek választéka időközben sok típussal bővült.

A különféle szabályozási feladatokat kielégítő típusok két családba tömörülnek. A PV, PG, PS típusok eredeti GANZ-Pintsch rendszerű mérőművel, a BV, BA, BS típusok az ÁMG által kifejlesztett mérőművel készülnek. További fejlesztésük csak szűk határok között volt lehetséges, mivel a félvezetők fejlődése következtében a jövőben a szénoszlopos feszültségszabályozókat tranzistoros szabályozók fogják felváltani. Az újabb igények kielégítése céljából új típuscsaládot vezettünk be BVR jelzéssel.

Az új család a következő típusokból áll:

BVR 24-222/V. 24 V 4,5 kW-os dinamóhoz

BVR 72-232/I. 72 V 3,2 kW-os dinamóhoz

BVR 72-232/II. 72 V 4,0 kW-os dinamóhoz

BVR 72-233/IV. 72 V 10,1 kW-os dinamóhoz

BVR 110-232/III. 110 V 12,0 kW-os dinamóhoz

BVR 110-232/III. 110 V 12,0 kW-os dinamóhoz

Az egyes típusokat a meglevő mérőmű és szénoszlop tartozékokkal, korszerű szekrényekben építőköcszerűen alakítottak ki. Újabb típusok a család meglevő tagjaiból leképezhetők. Feszültségszabályozókhoz tartozó kontaktor szekrények fejlesztésénél szükségszerűen bevezettük a párhuzamkapcsoló helyett a germániumdiódát, egyelőre a kisebb áramtartományokban. Az új típusok a következők:

BDS 24/I 24 A-es kivitel, sönttel

BDS 35/II 35 A-es kivitel, sönttel

Továbbfejlődésük az időközben beszerezhető szilícium diódákkal lehetővé vált. Jövőben a nagyobb áramerősségű párhuzamkapcsolók helyett is diódát fogunk alkalmazni.

A fentiekben ismertetett típuscsaládok nem foglalják magukban a kifejlesztett különleges rendelteté-

sű vasúti készülékeket és kisebb elemeket. Úgy hisszük, hogy a családelv alapján készült konstrukciók ismertetése mind a felhasználók, mind a készülékkonstruktőrök számára a jövőben segítséget fog nyújtani.

MOLNÁR ISTVÁN

Vasúti áramszedők fejlesztési irányvonala

Bevezetés

Minden villamosvasúti vontatójárművet a külső áramforrásról áramszedőn keresztül táplálunk. Egyfázisú vagy egyenáramú táplálásnál általában az egyik pólust a pálya felett szigetelten függesztett munkavezeték, míg a másikat a pálya, illetve a sín képviseli. Egyes esetekben pl. trolibuszoknál két, munkavezeték alkalmaznak, vagy háromfázisú táplálás esetén a három pólust a két munkavezeték és a sín képviseli. Az áramátadás a munkavezeték-ről a járműre szerelt áramszedők e célra kialakított csúszóelemén keresztül történik. A kerék és sín között természetes érintkezés áll fenn, amely töké-

letes áramátmenetet biztosít. Az áramszedők általában a sínkoronától mért 4-7 m közötti magasságban üzemelnek. Ma már az alapvető követelményeken kívül sok olyan különleges követelmény is felmerül, amelyek megvalósítása ugyan szükséges, de lehetséges, hogy ezek miatt más szempontok hátrányt szenvednek. E cikkben a szerző összefoglalja az összes követelményeket, amelyek jelenleg felmerülnek, és megkísérli bemutatni azokat a lehetőségeket és módszereket, amelyekkel e követelményeket részben vagy egészben ki lehet elégíteni.

I. Áramszedők fajtái, üzemi körülményei

Az áramszedő és a munkavezeték szoros egységet képez. A munkavezeték fajtája eleve meghatározza azt, hogy milyen áramszedőt, milyen feltételek mellett lehet alkalmazni. Éppen ezért e cikkben a munkavezeték-re is kitérünk - de csak a legfontosabb szempontokra - a dinamikus magatartásra. Az áramszedőket az érintkező elemük és építésük szerint csoportosíthatjuk.

Az áram a munkavezeték-ből az áramszedőbe az érintkező elemén keresztül jut. Az érintkezőelem a munkavezeték-en gördül, vagy csúszik. Az elemtől függően görgős- vagy csúszóáramszedőt különböztetünk meg. A görgős áramszedőnél egy jó villamosvezető anyagból készült cső vagy peremes görgő gördül végig a munkavezeték-en, amelyhez szorosan feszítve jó áramátmenetet biztosít. A gördülés következtében mechanikai és villamos eredetű kopás alig létesül. Míg a vontatójárművek teljesítménye és sebessége (kb. 1510 kW és 50 km/ó) nem volt túlságosan nagy, a görgős áramszedő egyeduralgó volt. Nagyobb teljesítmény-nél és sebességnél a görgő alkalmazása a kopás, szikrázás és kenési hiányosság miatt kedvezőtlen, ezért manapság már csak elvétve használják.

A korszerű áramszedő érintkező eleme a munka-

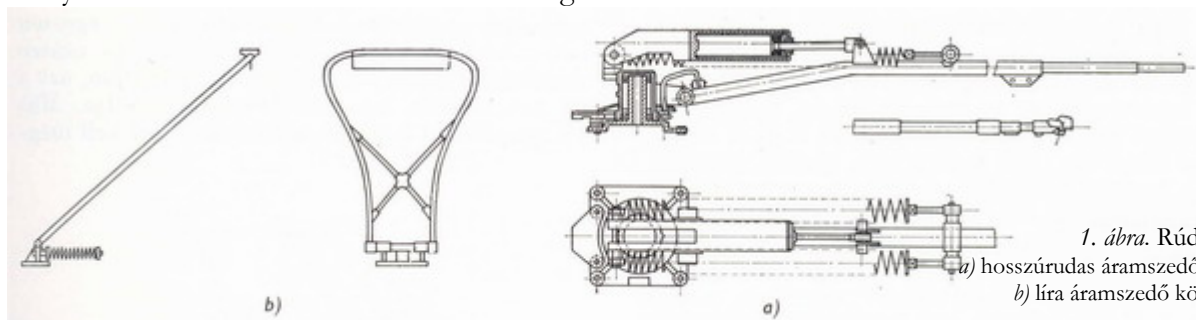
mét a munkavezeték-hez kell szorítani, ez valamilyen rugós, karos és csuklós mechanizmus által valósítható meg.

Két fémfelület, ha egymáson csúszik, akkor kopás lép fel, és ez annál nagyobb, minél nagyobb az összeszorító erő és minél lágyabb a fémanyag. Az áramátadásnál a kopás fokozódik, esetleg katasztrofálissá válhat. Mindezen kellemetlenségek ellenére mégis sikerrel alkalmazzák a csúszó áramszedőket, de bizonyos szempontokkal meg kellett alkudni. A modern kutatással ma már a görgős áramszedők élettartamát sikerült, túlhaladni a csúszó-áramszedőkkel nagyobb teljesítmény átvitelénél és nagyobb sebességnél is. Az anyagok helyes megválasztásával, kenéssel vagy újabban szén-csúszókkal oly eredmények szillettek, amelyek görgős áramszedőnél súlyos viszonyoknál elképzelhetetlenek voltak.

A munkavezeték sínkoronától mért magasságát részben gazdasági, részben közúti biztonsági szabályok határozzák meg. Ezek, illetve a szükséges kompromisszumok következtében a pálya mentén a munkavezeték magassága gyakran változik, hazai nagyvasúti villamos vasutaknál 4800-6500 mm között, közúti villamosvasútnál 4050-5800 mm között.

Földalatti vasútnál a működési magasság bizonyos esetekben még nincs eldöntve, mivel a vasutak a járműveket nemcsak földalatti, hanem föld feletti pályán is kívánják üzemeltetni. Ilyen követelmény mellett az áramszedőnek nem 1700-1800 mm-es tartományban, hanem legalább 2400-2500 mm szakaszon kell tökéletesen működni. E követelmény különösen az utóbbi években a kéregvasút

gondolatának felvetésével jutott előtérbe. A földalatti vasút, illetve a kéregvasút építési költsége arányos a kiemelt talajmennyiséggel és a beépített hék-szerkezettel. Ezek a költségek csak a jármű felesleges méreteinek csökkentésével limitálhatók. Mivel az utastér mérete nem csökkenthető, ezért a kerék és áramszedő méreteket kell csökkenteni.



1. ábra. Rúdárászedők

a) hosszúrudas áramszedő trolibuszhoz
b) líra áramszedő közúti vasúthoz

A lehetőségeket akkor látjuk tisztán, ha a modern közúti vasúti járművek tetőmagasságát, valamint a földalatti vasutak alagút méreteit megvizsgáljuk. Az európai nagyvárosok villamos motorkocsijainak tetőmagassága a következők szerint alakul:

Bréma (csuklós kocsi)	3,03 m
Düsseldorf (csuklós kocsi)	3,18 m
Hamburg (nagytermű kocsi)	3,08 m
Köln (nagytermű kocsi)	3,16 m
Nürnberg (nagytermű kocsi)	3,15 m
Stuttgart (csuklós kocsi)	3,16 m
Prága (PCC kocsi)	3,05 m
Brüsszel SNCV (N típus)	3,04 m
Brüsszel STIB (PCC kocsi)	3,09 m
Amsterdam (csuklós kocsi)	3,10 m
Rotterdam (csuklós kocsi)	3,08 m
Hága (PCC kocsi)	3,12 m
Róma (PCC kocsi)	3,15 m
Stockholm (PCC kocsi)	3,11 m
Svájci nagytermű kocsi	3 15 m

A táblázat alapján kimondhatjuk, hogy a tetőmagasság nem haladja meg a 3,15 métert.

Az alagút méreteket hasonlóan megvizsgálhatjuk, ezek mérete a következő:

Barcelona	5,13-5,60 m
Berlin	3,95 m
Chicago	5,20 m
Hamburg	4,20 m
Lisszabon (gerendázott)	5,50 m
London (cső)	3,40 m
Madrid	5,00 m
Milánó	4,90 m
Moszkva	5,00 m

Párizs (gerendázott)	5,20 m
Philadelphia	4,50 m
Stockholm	4,70 m
Torontó	4,45 m

Az alagút méreteknél már nem fedezhető fel az egységesség. Célszerű ezért a kedvező magasságot az alábbiak szerint becsülni:

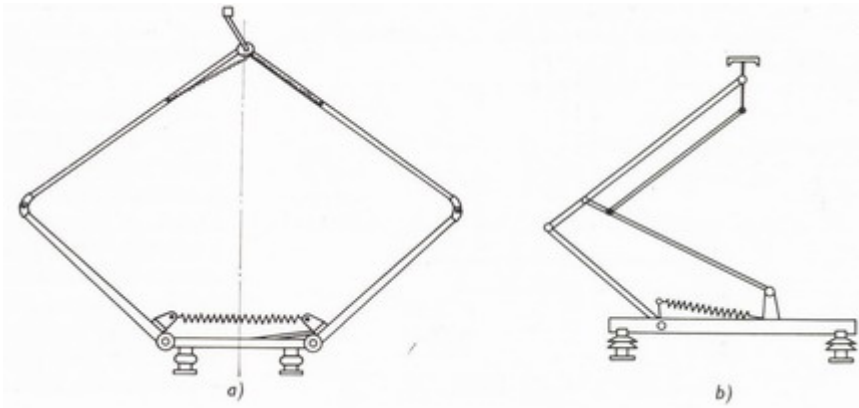
Aljazat és sínmagasság	300 mm
Jármű tetőmagasság a sínfejtől	3100 mm
Megvalósítható legkisebb á.s.z. magasság	300 mm
Szig. távolság a munkavezető és á.s.z. között	100 mm

Szig. táv a munkavezető és az alagút mennyezet között

Összesen: 3950 mm

Ez a magasság olyan járművek részére fogadható el, amelyeket föld alatt és felett egyaránt üzemeltetni kívánnak. Kisebb alagút magasság esetén a későbbiekben elmondottak szerint csak egycélú áramszedő alkalmazható, vagyis a használati helytől függően más-más áramszedőt kell alkalmazni. Sok esetben ún. harmadik sínes áramszedőt alkalmaznak a földalatti üzemben.

Az áramszedők mechanizmusa ma már kiforrott-nak tekinthető. Két alakzat honosodott meg: a rúd- és ollós áramszedő. A rúdárászedőnek két fajtája, a rövidrudas (líra) és hosszúrudas áramszedő ismeretes, melyek gyakorlati formái az 1. ábrán láthatók. Az előbbi városi villamos motorkocsikhoz, míg az utóbbit trolibuszokhoz használják. A líra áramszedő érintkező elemét csúszó sarunak, míg a hosszú rudas áramszedő érintkező elemét csúszófejnek nevezzük.



2. ábra. Ollós áramszedők
a) szimmetrikus b) aszimmetrikus

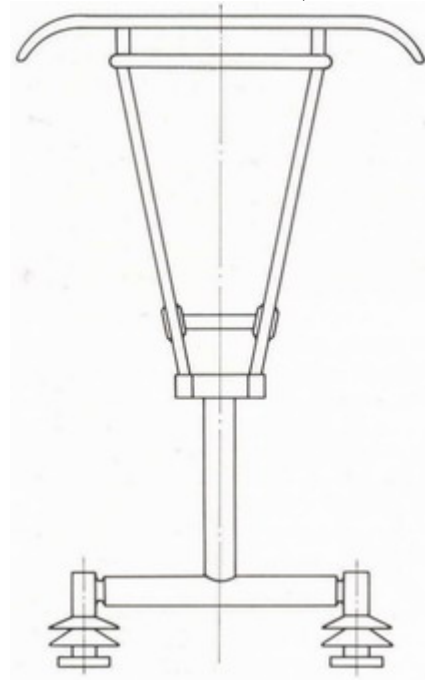
Az ollós áramszedőknek (pantográf) szintén két fajtája fejlődött ki, a szimmetrikus és az aszimmetrikus alakzat, amelyek a 2. ábrán láthatók. Az érintkező elem rendszerint az ún. csúszósaru. A rúd-áramszedők működése az ábra alapján könnyen megérthető. A feszítőrugó az alsó főtengelyen forgató nyomatékot ébreszt, mely által a tengelyre ékelt rúd a munkavezetéknek feszül. Az áramszedőcsúcs a rúdhossznak megfelelő körív mentén képes le és fel haladni.

A szimmetrikus ollós áramszedő főrugója a két alsó tengelyen ellenirányú nyomatékot ébreszt, melynek hatására az ollós-szerkezet felfelé megnyúlik. A két féldarab szimmetrikus kényszermozgását a főrugó alatt látható kiegyenlítő rúd biztosítja. Az aszimmetrikus elrendezésnél a főrugó csak az egyik tengelyen ébreszt nyomatékot, mely a tengelyre ékelt alsó kart emeli. Az alsó kar a mellette elhelyezett kitámasztó karral mozgásra kényszeríti a felső kart, amelynek csúcsán levő csúszó a szimmetrikus ollós áramszedőével azonos módon emelkedik.

Célszerű megvizsgálni, hogy a felsorolt, áramszedők legkisebb üzemelési- vagy üzemben kívüli magassága mekkora. A rúd-áramszedők magasságát lényegében a főrugók átmérője és a szigetelési távolságok határozzák meg, mivel a rúd és áramszedő fej mérete általában a főrugók átmérőjénél kisebb. Az ollós áramszedőnél már nem a rugó, hanem a karok és a csúszódarab mérete dönti el a legkisebb magasságot, mivel ezek egymás fölé vannak építve. A 3. ábra szerinti elrendezésnél az alsó és felső kar az áramszedő összenyomásánál egymás mellé kerül, ezáltal a legkisebb magasság csökken.

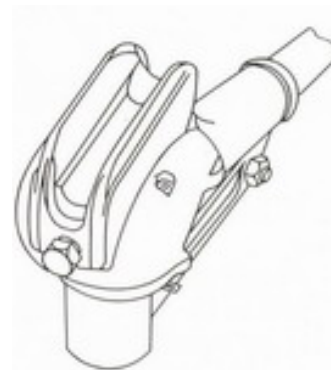
Az áramszedő csúszódarabja a hosszú rudas áramszedőknél - mint 4. ábrán láthatjuk - egészen kis méretű, s hogy a munkavezeték és csúszó minden

körülmény között együtt maradjon, azt a fej két oldalán levő terelőlemez biztosítja.



3. ábra. Egy gerendás áramszedő

Más áramszedőknél a csúszósaru hosszát, úgy kell megválasztani, hogy a jármű különféle mozgása esetén is fenn maradjon kapcsolata a munkavezetékkel.

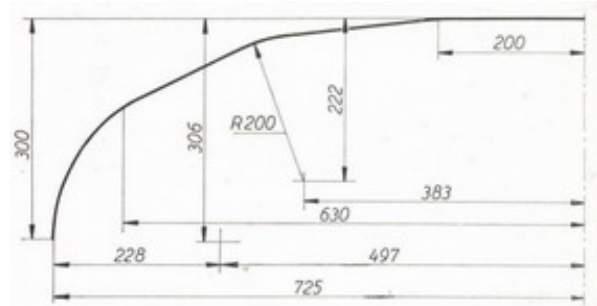


4. ábra. Hosszúrudas áramszedő csúszófeje

A munkavezeték nem egyenes mentén, hanem cikk-cakkban van felfüggesztve. Ez a megoldás a csúszósaru egyenletes kopását, kihasználását biztosítja.

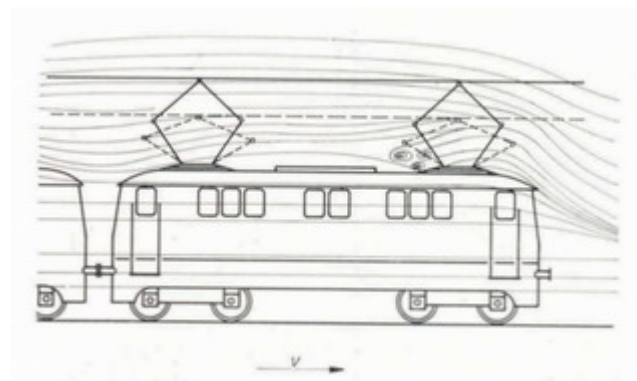
A MÁV vonalain $\pm 0,5$ m, a városi villamos, valamint az elővárosi vasutaknál $\pm 0,25$ m az eltérés az elvi vonaltól. A munkavezeték cikk-cakk pontatlan szerelését, szélkifúvást figyelembevéve a nagyvasúti áramszedőknél 1250 mm, városi és elővárosi vasutaknál 1050 mm-es csúszósaru hossz adódik. A jármű oldalirányú lengése következtében az áramszedő is rugalmasan kileng, a csúszósaru kifut a vezeték alól. A vezeték visszaterelését a saru két oldalára szerelt szarvak biztosítják. A nemzetközi előírások szerint a lefutóvégeket az 5. ábrán levő méretek szerint kell kialakítani.

Nagysebességű járműveknél a légáramlat jelentősen befolyásolja az áramszedő működését. A 6. ábrán látható egy villamosmozdony futásakor kialakuló légáramlat.

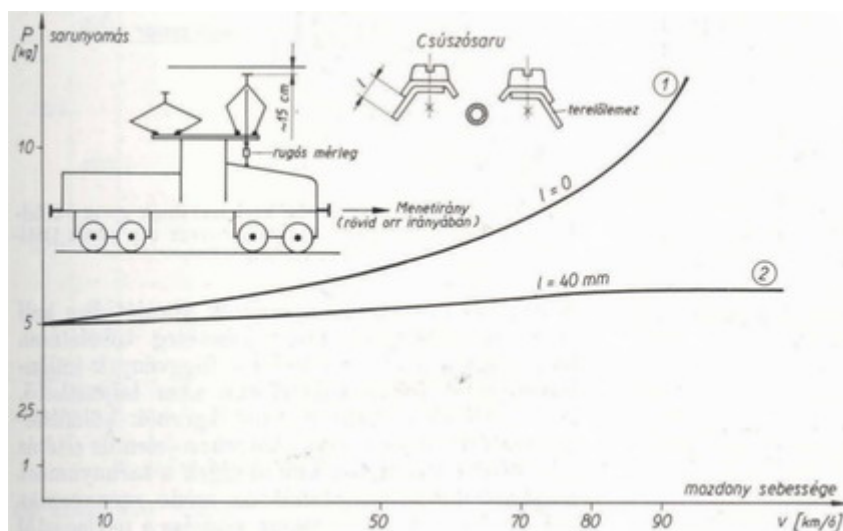


5. ábra. Áramszedők csúszósarujának és lefutó végének UIC előírás szerinti alakja

Az áramlat a mozdony homlok részén úgy alakul, hogy az áramszedő egyes szimmetrikus alkatrészeire nem azonos nagyságú erő hat. Ha az erők azonosak lennének, akkor a szimmetria miatt, mint belső erők kiegyenlítődnének. Az erők különbözősége miatt nem lehetséges kiegyenlítődés, az ollószerkezetben az erőkülönbség, mint emelő erő fog jelentkezni.



6. ábra. Nagy sebességgel haladó villamos mozdony körül kialakuló áramlási tér



Ez az erő a sebességtől függ, s mint a 7. ábrán láthatjuk, a MÁV V42 sorozatú mozdonyainak áramszedőinél ez jelentős volt. Megfelelő terelő lemezek segítségével e kellemetlen hatás csökkenthető.

7. ábra. MÁV Ward-Leonard rendszerű villamos mozdony áramszedőjére ható légáramlati erők a sebesség függvényében.

Az aszimmetrikus ollós áramszedőknél a légáramlat okozta felhajtóerő csekélyebb, mivel az alsó és felső karokra ható erők gyakorlatilag kiegyenlítődnek.

II. Az áramszedő kiegyensúlyozásának módszere. Áramszedők főbb alkatrészeinek igénybevétele

Az áramszedőtől elvárjuk, hogy az adott működési tartományon belül a vezeték- vagy sarunyomás egyenletes legyen. Más oldalról ez azt jelenti, hogy a rugó által ébresztett nyomatéknak meg kell egyeznie a sarunyomás és a karok súlya által ébresztett nyomatékkal.

A rugó által szolgáltatott nyomaték az elfordulási szög szinuszának, valamint a kétszeres elfordulási szög szinuszának összegével arányos. A 8. ábra jelöléseinek figyelembevételével a rugó által létesített nyomaték

$$M_R = CR(2m - L_B)\sin\gamma + CR^2\sin 2\gamma \quad (1)$$

ahol C a rugó állandó és L_B a laza rugó hossza. Hasonló összefüggésre jutunk olyan esetben, ha a rugó egyik vége az áramszedő kerethez van rögzítve.

Az áramszedő és a sarunyomás által létesített nyomatékokat célszerű áramszedő fő típusonként vizsgálni.

Rúdármszedőnél ébredő nyomaték

$$M_L = k(Q + S)\cos\varphi \quad (2)$$

a hol k a rúd hossza, Q a rúd végére redukált súly, S a sarunyomás és φ a rúd vízszinteshez mért hajlásszöge.

Ollós áramszedőnél a 8. ábra jelölései szerint

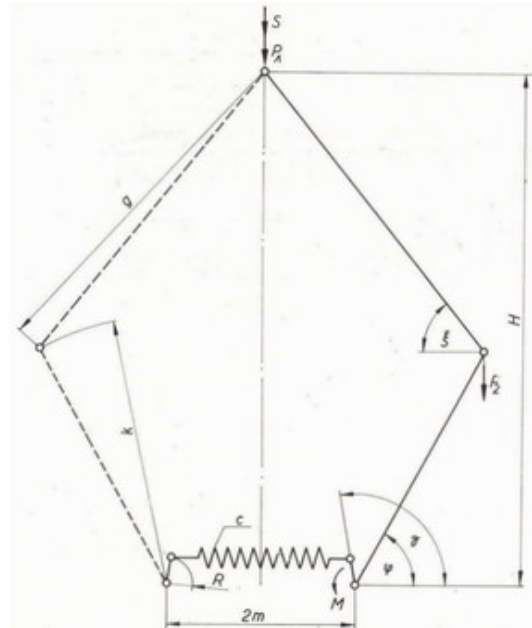
$$M_O = k(P_1 + S)\frac{\sin(\xi + \varphi)}{\sin\xi} + P_2k \cdot \cos\varphi \quad (3)$$

nyomaték ébred. A P_1 a g karnak az áramszedő csúcsára eső súlyát jelenti.

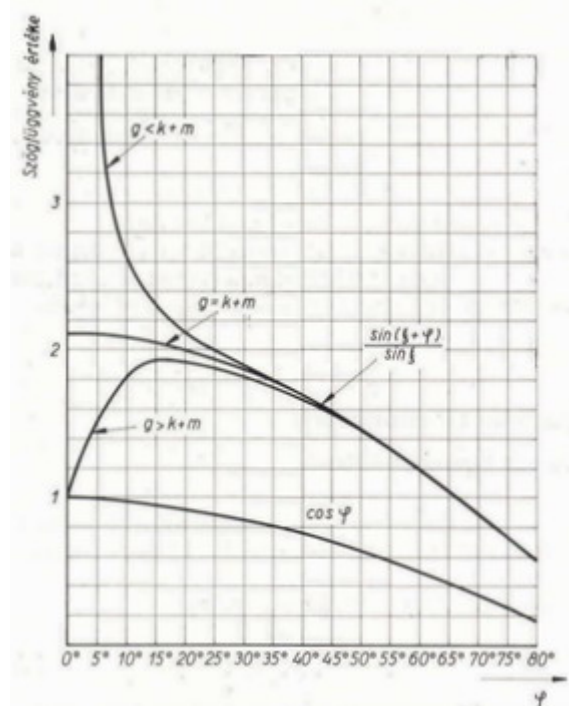
Mielőtt tovább mennénk, vizsgáljuk meg (3) függvényt a karhosszak tükrében. A 9. ábrán a nyomatékváltozás látható $g \geq k + m$ esetekben. Legkedvezőbbnek mutatkozik $g = k + m$ eset, míg a másik két eset kedvezőtlen nagy, vagy indokolatlanul csekély nyomatékokat eredményez. E feltétel szerint gyártani rendkívül nehéz, ezért áramszedőink felső csöveiben állító szerkezetet helyezünk el, hogy a toleranciákból eredő hibákat kiegyenlítsük.

Egy ilyen kiegyenlítő csavar-szerkezet látható a 10. ábrán.

A rugó és áramszedő nyomaték ábráját úgy kell egymásra helyezni, hogy lehetőleg tökéletesen fedjék egymást. Ez a feltétel a függvények különbözőségénél fogva tökéletesen nem teljesíthető. A 11. ábrán látható nyomatékgörbék különbségét sraffoztuk - s egyes helyeken jelentős eltérés adódott.



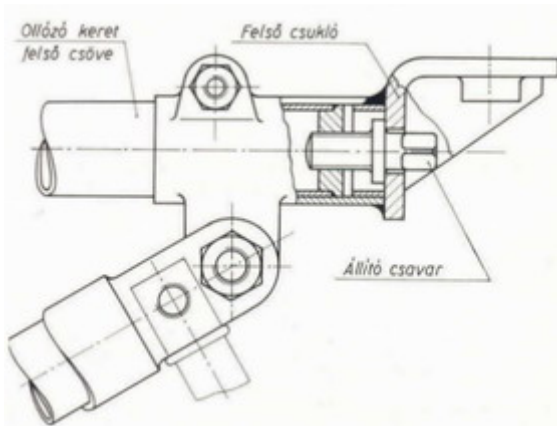
8. ábra. Magyarázó ábra az ollós áramszedők kiegyensúlyozási feltételének felírásához.



9. ábra. Az áramszedő saját nyomatékával arányos szögfüggvények diagramja.

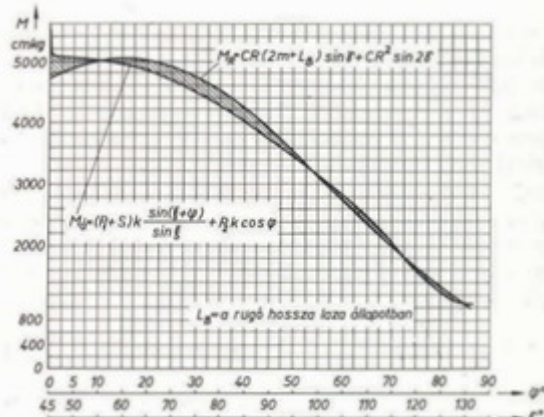
A nyomaték különbségek a sarunyomást fogják befolyásolni, tehát az eredő sarunyomás $S \pm \Delta S$ lesz. A sarunyomás eltérése a névlegestől

$$\Delta S = \frac{M_R - M_O}{k \frac{\sin(\xi + \varphi)}{\sin\xi}} \quad (4)$$

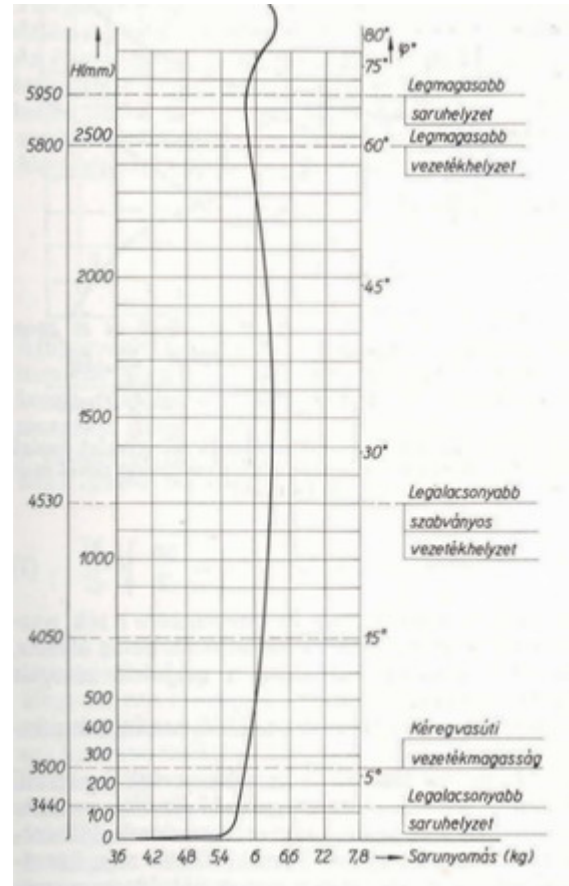


10. ábra. Az ollós áramszedő karhosszainak $g = k + m$ feltétel szerinti beállítására szolgáló csavar a g karok találkozásánál.

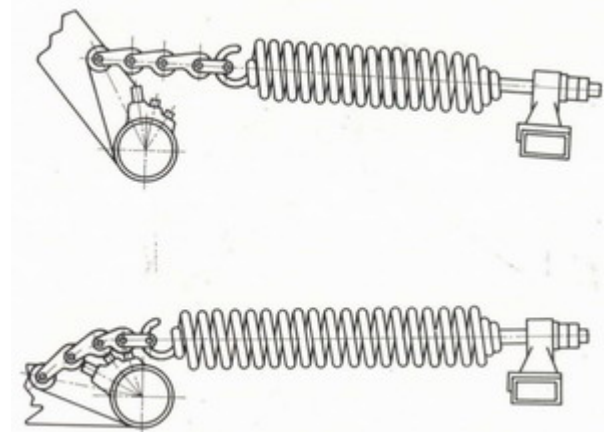
lesz. A képletből kiolvasható, hogy a nevező kis értékénél csekély, míg nagy értékénél nagyobb nyomaték különbség engedhető meg. A nyomaték különbségek ismeretében meghatározható a sarunyomás az emelési magasság függvényében; ez a 12. ábrán látható.



11. ábra. Az ollózókeret és emelő rugók által szolgáltatott nyomaték egyeztetése. $\gamma - \varphi$ felékelési szög megkeresése. Az áramszedő egyenletes sarunyomása az elmondottak alapján egyszerű eszközökkel nem biztosítható. A korszerű áramszedőknél a gondos kiegyensúlyozás igen fontos követelmény, mivel a csúszósaru és a munkavezeték élettartama tekintetében ez elengedhetetlen követelmény. A szigorúbb feltételeket pl. a 13. ábrán levő, vagy hasonló megoldásokkal lehet kielégíteni. Hosszú rudas áramszedőknél e kiegyenlítő szerkezet nem szükséges, mivel a később ismerttetendő okoknál fogva a sarunyomásnak alacsony munkavezetékeknél növekedni kell. A nyomaték hibák helyes alkalmazásával kellőképpen növelhető a sarunyomás. A rúd áramszedő szilárdsági számítása nem okoz nehézséget.



12. ábra. Ollós áramszedő sarunyomása az emelési magasság függvényében



13. ábra. Ollós áramszedők emelőrugók nyomatékának pontosabb beszügyezésére szolgáló szerkezet.

Az ollós áramszedő igen bonyolult szerkezet és elemeiben a legkülönbözőbb igénybevételek ébrednek. Így áramszedőre a csúszón keresztül három fő igénybevétel hathat, amelyek leginkább lökésszerűek: a munkavezetékéről lefelé ható és menetiránnyal ellentétes erők, amelyek a jármű rugózása következtében erősödhetnek, továbbá oldalirányú erők, amelyek a jármű lengése következtében létesülnek. Az utóbbira főleg az ollós áramszedő nagyon érzékeny. A nemzetközi vasúti előírások előírják, hogy

az áramszedő oldalirányú teherbírását ellenőrizni kell. Normál üzemi magasságban levő áramszedő csúcsának oldalirányú rugalmas kihajlása 30 kp-os terhelés esetén nem lehet nagyobb, mint 30 mm. A statikus igénybevétel, mint láttuk jelentéktelen,

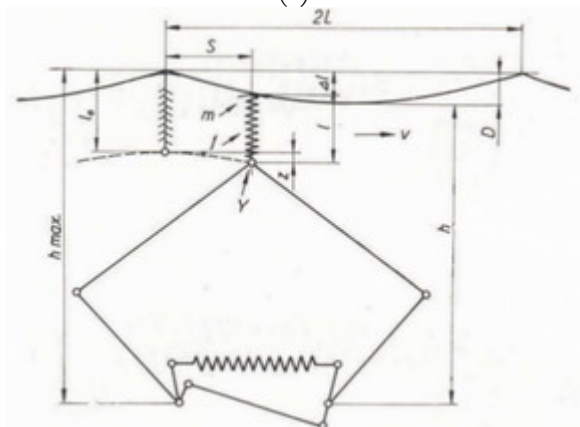
míg a dinamikus igen veszélyes lehet. A dinamikus igénybevételek akkor csökkennek, ha a pálya alépítményét helyesen készítjük el. A munkavezeték helyes felépítésére a következő fejezet vizsgálatai adnak tájékoztatást.

III. Az áramszedő és munkavezeték dinamikus magatartása

A jármű futása közben a munkavezeték és az áramszedő kölcsönösen mozgásba jönnek. A lengési és mozgási folyamatok rendkívül bonyolultak, ezért célszerű egyes részeket külön-külön vizsgálni. Első lépésben feltesszük, hogy a munkavezeték nyugalomban marad, csak az áramszedő jön mozgásba és a sarunyomás ennek következtében módosul. Vizsgáljuk a 14. ábrán látható áramszedőt, amely a több ponton felfüggesztett munkavezeték alatt halad.

Az áramszedő nyugalmi helyzetében S csúszósarunyomás uralkodik. Mozgás folyamán ciklikusan változik a csúszósaru-nyomás a vezeték valamint az áramszedő Y pontja helyzetének megfelelően. A csúszósarut emelő rugó hossza Z hosszváltozást szenved. A hosszváltozást a mozgásegyenletekből lehet levezetni és eredményként adódik:

$$Z = \frac{D}{L^2}(v^2 t^2 - 2vtL) - \frac{2}{\alpha^2} \frac{v^2}{L^2} + \frac{2}{\alpha} \frac{v}{L} \cdot \frac{\cos\left[\alpha\left(t - \frac{L}{v}\right)\right]}{\sin\left(\alpha \frac{L}{v}\right)} \quad (5)$$



14. ábra. Magyarázó ábra az ollós áramszedők dinamikus magatartásának vizsgálatához.

ahol a jelölések az ábrajelöléssel megegyeznek és

$$\alpha = \sqrt{\frac{C}{M}}, \text{ } C \text{ rugóállandó, } M \text{ az áramszedő } Y \text{ csú-}$$

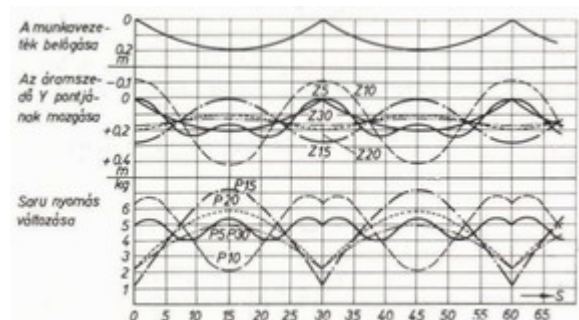
csára redukált tömege. Az 5. egyenlet ismeretében a sarunyomás változását felírhatjuk

$$P = S_o - \frac{2D}{L^2} v^2 (M + m) + \frac{2D}{L} v \sqrt{MC} \cdot \frac{\cos \left[\alpha \left(t - \frac{L}{v} \right) \right]}{\sin \left(\alpha \cdot \frac{L}{v} \right)} \quad (6)$$

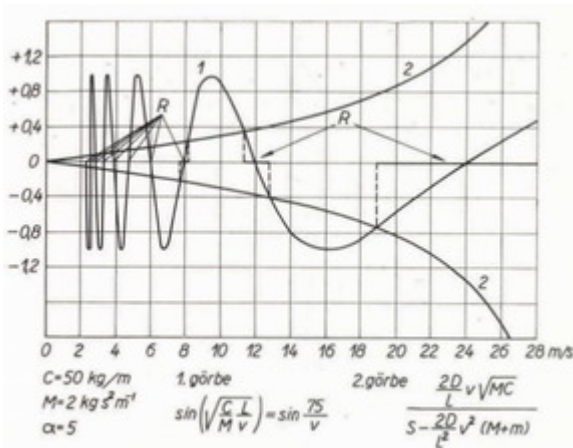
Az áramszedő csúcsának mozgását és a sarú nyomás időbeni változását a 15. ábrán láthatjuk. Az áramszedő mozgása következtében a sarunyomás jelentősen változik, egyes helyeken nagyon kis értékű. A 6. egyenlet első két tagja mindig pozitív előjelű, míg a harmadik tag periodikusan előjelet vált. Következésképpen a csúszósaru a munkavezetéktől elválik, ha $P=0$ vagy negatív előjelű. Egy adott t időpontban (pl. cosinus-tag 1 értékénél) a függvényeket 16. ábra szerint ábrázolhatjuk. Az R-rel jelölt szakaszokon az elválás bekövetkezhet.

Az ollózókeret és a saru kényszer mozgása bizonyos sebességnél rezonanciába kerülhet. A munkavezeték alapharmonikusa $v/2L$, míg az ollózó

keret önrezgésszáma $\frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{C}{M}}$.



15. ábra. Az ollos áramszedő Y pontjának mozgása, valamint a sarunyomás változása az út függvényében. A görbék mellé írt indexek a járműsebességet jelentik m/s-ban.



16. ábra. Áramszedő sarunyomásának (6) egyenlet szerinti
részfüggvényeinek változása. Elválási sebességi zónák meg-
határozása.

$$\text{A resonancia } 1, 2, \dots, n = \frac{\pi v}{2} \sqrt{\frac{M}{C}} \quad (7)$$

értékeknél következhet be. Szerencsére e sok rezonancia ponton mégsem következik be az elválás, mivel a csuklók súrlódása a gerjesztő energiát időben felemésztí.

Valójában nemcsak az áramszedő, hanem a munkavezeték is mozog.

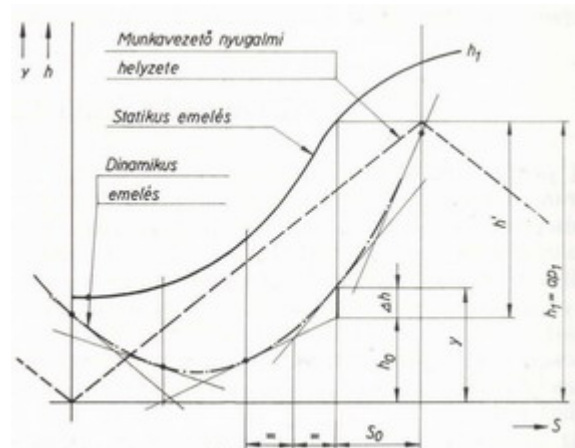
A 17. ábrán látható a munkavezeték nyugalmi helyzete, valamint az áramszedő statikus emelése következtében beálló helyzet. Az áramszedő lecsúszásakor a tömegezők következtében nem követi sem az egyik, sem a másik pályát. A mozgás pályáját közelítőleg a

$$\pm m \frac{d^2 h}{dt^2} = p_{12} - \frac{y}{a_m \cos \omega t} \quad (8)$$

differenciál egyenlet írja le. Az egyenletben p_{12} a tényleges sarunyomás hol 1 index süllyedésnél és 2 index emelkedésnél érvényes. A második tag $p_b = y / a_m \cos \omega t$ a gyorsító erő és a_m a munkavezeték rugalmassága. E differenciál egyenletet grafikusán lehet megoldani. A végleges pálya pontvonallal van jelölve.

Vizsgáljuk a mozgást s_0 szakaszon. A szakasz kezdetén a gyorsító erő arányos $b'\Delta b$ távolsággal. Az előző szakasz gyorsító erejét ismerjük s az új szakaszhoz Δb -val arányos gyorsítóerő-többlet tartozik. Szakasonként tehát elegendő Δb értéké meghatározni, amely $b = \Delta p_b / m$ egyenletből némi kiegészítéssel adódik.

$$h = \frac{h'}{a \frac{2mv^2}{s_0^2} + 1} \quad (9)$$



17. ábra. A munkavezeték dinamikus mozgásának megszerkesztése grafikus úton.

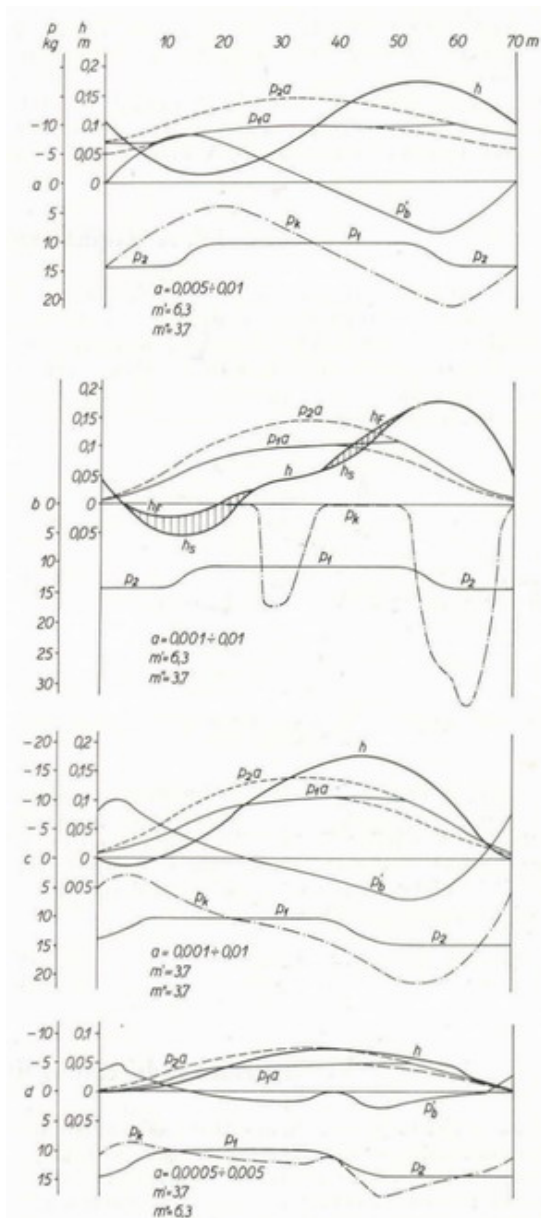
A (9) egyenlet ismeretében és a 17. ábra szerint a dinamikus mozgás pályája pontról-pontra megszerkeszthető. Célszerű az áramszedő és munkavezető mozgását főleg elválás esetén külön-külön felírni. A munkavezeték tömegét jó közelítéssel a következő módon fejezhetjük ki:

$$m_v = \frac{q \cdot L}{9.81\pi} \quad (10)$$

ahol L a munkavezeték fél fesztávolsága, q a méterenkénti súlya.

Hogy milyen viszonyok alakulnak ki üzem közben, ezt példán keresztül lehet legjobban érzékelni. Fúson az áramszedő 150 km/ó sebességgel egy 70 m fesztávolságú munkavezető alatt. Az áramszedő sarunyomása p_1 - p_2 között változzon a csapsúrlódások figyelembevételével, a munkavezeték rugalmassága $a=0,0005$ - $0,01$ m/kp között változik, az áramszedő tömege m' , míg a munkavezetéké m'' .

A 18. ábrán négy esetet vizsgáltunk meg. „a” esetben a munkavezeték tömege kisebb, míg az áramszedő nagyobb. A munka vezeték rugalmassága 0,005-0,01 m/kp. A munkavezeték 5 cm-es a statikus emelkedésével szemben 0-17 cm-es a dinamikus emelkedés, míg 10 kp-s statikus sarunyomással szemben $p_K=4-25$ kp volt a dinamikus sarunyomás. A „b” ábrán a felfüggesztési pontok (keménypontok) rugalmassága az előbbinek 1/5-e. A kemény ütések következtében az áramszedő elválík (sraffozott szakasz) a munkavezetektől. Az újra találkozás következtében ébredő impulzus hatására újabb szétválás következik be. A legnagyobb sarunyomás 35 kp-ra adódott. A „c” ábrán az áramszedő és munkavezeték tömege megegyezik. A dinamikus sarunyomás kedvezőbben alakult, szélső értékben a statikus nyomás kétszerese lépett fel. A „d” ábránál az áramszedő tömege a munkavezetékénél kisebb.

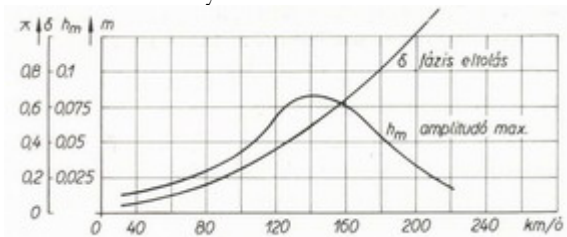


18. ábra. A munkavezeték dinamikus mozgása 150 km/ó járműsebességnél.

A munkavezeték rugalmassága az előbbi példákban szereplőknél kisebb. E rendszer dinamikus viselkedése nagyon kedvező, mivel a dinamikus sarunyomás igen szűk határok között változott.

A példák alapján az alábbi következtetéseket vonhatjuk le:

1. A munkavezeték rugalmasságának közel állandónak kell lenni. A kevésbé rugalmas munkavezeték kedvező viszonyokat teremt.



19. ábra. A munkavezeték dinamikus kilengése és hullámzásának fázis eltolódása a járműsebesség függvényében

2. Kedvező viszony alakul ki, ha a munkavezeték tömege azonos, vagy nagyobb az áramszedő tömegénél.

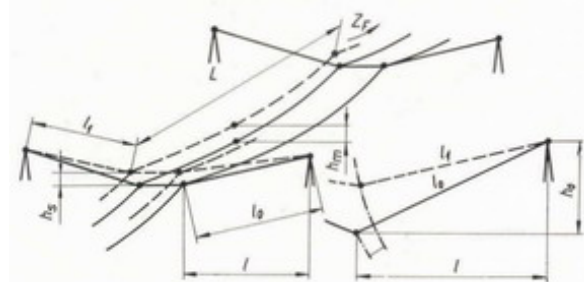
Az ábraszorozatból kitűnik, hogy a munkavezeték hullámmozgást végez, s a nyugalmi állapothoz képest fáziseltolódás létesül. A fáziseltolást és a legnagyobb vezetékemelkedést a 18/a ábra szerinti rendszerre a 19. ábra tünteti fel. A járműsebesség növekedésével a fáziseltolás és az emelkedés növekedik. Rezonancia 150 km/ó sebességnél adódik, nagyobb sebességnél a vezeték emelkedése csökken.

IV. A munkavezetékek rugalmassága

A munkavezeték rugalmassága és emelkedése nem egyenletes. A felfüggesztő pontoknál kisebb, míg a közbenső szakaszon nagyobb.

A felfüggesztő pontok rugalmasságát a függesztő vezeték, míg a közbenső szakasznál a munkavezeték rugalmassága határozza meg.

Vizsgáljuk meg a 20. ábrán levő munkavezetékét. A felfüggesztő pontban $p_{12}-p_b$ erő hat, melynek hatására h_s emelkedés létesül.



20. ábra. Magyarázó ábra a munkavezeték rugalmasságának vizsgálatához.

A felfüggesztő szál az előbbiekre hatására Δl rövidülést szenved. Ha az F keresztmetszetű felfüggesztő szál rugalmassági modulusa E , akkor az emelés

$$h_s = \frac{l_0(p_{12} - p_b)}{FE} \quad (11)$$

Ebből a felfüggesztési pont rugalmassága azonnal kifejezhető

$$a_s = \frac{l_0}{FE} \quad (12)$$

A felfüggesztési pontok közötti szakasz rugalmasságának számításához főleg lánc-felfüggesztésű munkavezetékknél jó közelítéssel feltételezhetjük, hogy az hajlékony kötel. A belógás

$$f = \frac{qL^2}{8K_o} \quad (13)$$

ahol q a méterenkénti munkavezeték-súly, K_o a kötel félhosszánál ébredő kötelerő. A sarunyomás csak a felfüggesztett munkavezeték fél súlyával tart egyensúlyt, mivel a másik fele a felfüggesztő pontokat terheli. A munkavezeték emelkedése ezért csak

$$h_m = \frac{p_{12} - p_b}{4K_o} L \quad (14)$$

amelyből a közbenső szakasz rugalmassága azonnal adódik:

$$a_m = \frac{L}{4K_o} \quad (15)$$

A munkavezeték rugalmasságára részletesebb tájékoztatás található Süberkrüb közleményében.

V. Az áramszedő tömegeinek redukálása a csúszósarura

Mint az előbbi fejezetekben láttuk, az áramszedőt működésében a csúszósarura redukált tömege befolyásolja. A redukált tömeg egyszerű testeknél a tehetetlenségi nyomaték és a hozzárendelt sugár négyzetének hányadosa.

Rúd áramszedőknél e számítás nem okoz nehézséget, míg ollós áramszedőnél a redukció elég körülményes művelet. Könnyebben jutunk célhoz az egyes elemek kinetikus energiáinak összegezésével - az eredő - illetve a redukált tömeget

$$M_R = \frac{2\Sigma W_k}{v^2} \quad (16)$$

összefüggésből nyerjük. A képletben v az áramszedő csúcsának emelkedési sebessége és W_k az egyes elemek kinetikus energiája.

A számítást a 21. ábra áramszedőjén alkalmazzuk, a három elem, tehát k és g kar, valamint a B csúszódarab kinetikus energiáját kell meghatározni.

A k kar ω szögsebességgel mozog. Ekkor az ébredő kinetikus energia

$$W_k = \frac{m_k k^3 \omega^2}{6} \quad (17)$$

ahol m_k a k kar tömege.

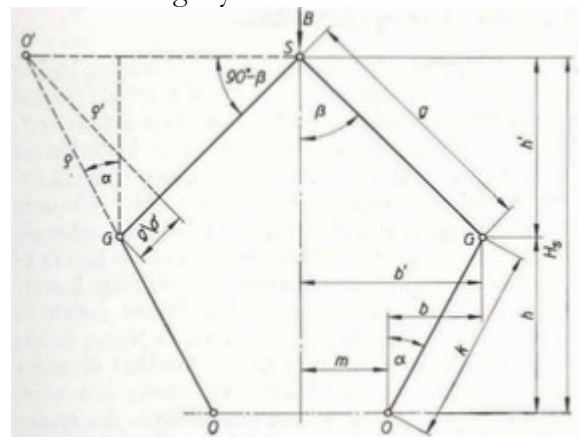
A g kar kinetikus energiáját már nem számíthatjuk ilyen egyszerűen, mivel az kétszeres forgómozgást végez. Tehetlenségi nyomatékát részben a O' pontra, részben a G pontra kell meghatározni. A g kar eredő kinetikus energiája:

$$W_g = \frac{1}{2} \left(k \frac{\omega}{\rho} \right) m_g \left(\frac{1}{12} g^2 + \rho^2 \right) \quad (18)$$

ahol

$$\rho^2 = \rho^2 \left[1 + \frac{\cos^2 \alpha}{\sigma^2 \cos^2 \beta} - \frac{2}{\sigma} (\cos^2 \alpha - \cos \alpha \sin \alpha \tan \beta) \right] \quad (19)$$

A jobboldali zárójeles tag m_g -vel szorozva adja a g kar tehetlenségi nyomatékait.



21. ábra. Magyarázó ábra az ollós áramszedő tömegeinek S pontra vonatkozó redukálási módszeréhez.

A B csúszódarab energiájának számításához szükséges a v_B csúszósaru emelkedési sebesség, ami a karok geometriájából adódik:

$$v_B = k\omega \frac{\sin(\alpha + \beta)}{\cos \beta} \quad (20)$$

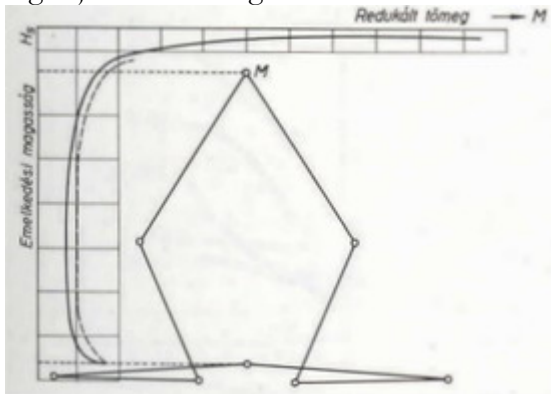
Ennek alapján a csúszódarab kinetikus energiája

$$W_B = \frac{1}{2} m_B \left(k \omega \frac{\sin(\alpha + \beta)}{\cos \beta} \right)^2 \quad (21)$$

Az energia egyenletek ismeretében a redukált tömeg a (16) egyenlet alapján

$$M_R = m_B + \frac{\cos^2 \beta}{\sin^2(\alpha + \beta)} \left[\frac{4}{3} m_k + 4 m_g \frac{\cos^2 \alpha}{\cos^2 \beta} \dots \right] \left[\left(\dots \frac{1}{12} + \frac{1}{\sigma^2} + \frac{\cos^2 \beta}{\cos^2 \alpha} - \frac{2}{\sigma} (\cos^2 \beta - \sin \beta \cos \beta \tan \alpha) \right) \right] \quad (22)$$

A redukált tömeg függvénye a 22. ábrán látható. Közepes magassági helyzetben a redukált tömeg csekély, és ha az áramszedő megnyúlik, a redukált tömeg is jelentősen megnövekedik.



22. ábra. Az ollós áramszedő redukált tömegének változása az emelkedési magasság függvényében.

A (22) egyenletet lehet még a következő módon rendezni

$$M_R = m_B \left(1 + \frac{M}{m_B} \right) = m_B \varepsilon \quad (23)$$

ahol M a karok redukált tömege. Ez az egyenlet azt mutatja, hogy a csúszósaru tömege a redukció következtében hányszorosára növekedett. Néhány jellegzetes áramszedő redukált tömege a következőképpen változik:

Rúd áramszedőknél

$$M_R = m_B \frac{1 + \frac{I_g}{l^2 m}}{\sin^2 \alpha} \quad (24)$$

Ollós áramszedő rugózatlan csúszósaruval

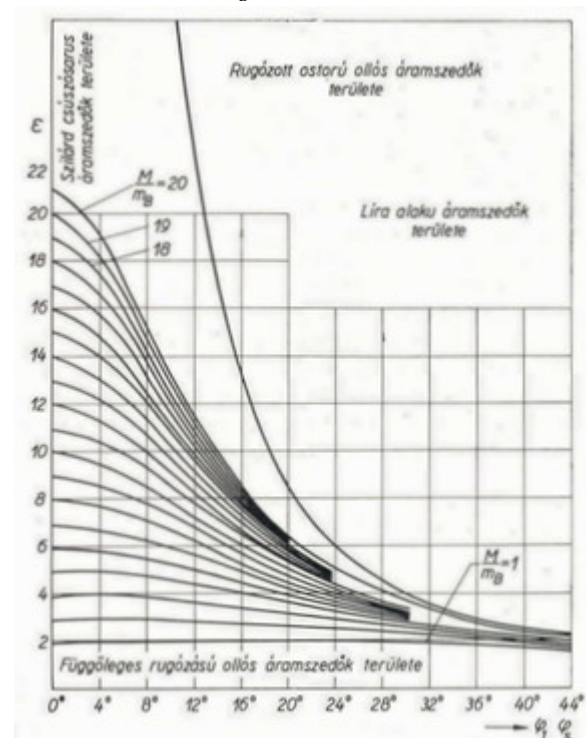
$$M_R = m_B \left(1 + \frac{M}{m_B} \right) \quad (24)$$

Ollós áramszedő rugózott csúszósaruval

$$M_R = m_B \cdot 1 \quad (24)$$

Ollós áramszedő ostorra szerelt csúszósaruval

$$M_R = m_B \frac{\frac{M}{m_B} + \cos^2 \alpha}{\frac{M}{m_B} \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} \quad (24)$$



23. ábra. Különböző áramszedők ε tényezőinek változása az áramszedő rúd, ostor, stb. szögállásának függvényében.

A szorzó változását a 23. ábrán láthatjuk. Az ábrából és a (24) képletekből is közvetlenül adódik, hogy a legkedvezőbb a függőleges rugózású csúszósaruval ellátott áramszedő.

VI. Az áramszedő csúszósaruk kopása és megválasztása

Jelenlegi gyakorlat szerint a legkülönbözőbb anyagokat alkalmazzák áramszedő csúszósaruként. Legtöbb helyen acél, szén és alumínium csúszósarut alkalmaznak. A munkavezeték általában keményre húzott vörösréz. A réz csúszósaru

sehol sem vált be, mivel a villamos és mechanikus eredetű kopása nagyon nagy. Legtöbb országban acéllemez csúszósarut (Fischer típus) alkalmaznak, mivel a tapasztalat szerint ennek a leghosszabb az élettartama. Az acéllemez csúszósaruk széle a vil-

lamos ív miatt túlságosan megsérül, vagy edződik, ezért több helyen a csúszósaruk szélére réz szalagot helyeznek.

Az acéllemez csúszósaru élettartama a villamos terheléstől és a kenéstől függően 15000-50000 km. Az olasz vasutak kísérletei kimutatták, hogy a csúszósaru és ezzel a munkavezeték élettartama csak gondos kenéssel növelhető. A munkavezeték, napi 70 szerelvénnyel közlekedését feltételezve - elégséges kenésnél - kb. 40 évig üzemképes.

Az alumínium csúszósaruk élettartama kisebb, kb. 6500 km. Általában nagy sebességű járműveknél alkalmazzák, mivel súlya csekély. Az alumínium csúszósaru élettartama kenéssel sem növelhető. Futás közbeni apró szikrák, mind a csúszósarut mind a munkavezetékét durvává teszik. A felületek polírozottságáról, mint az acélsúszó-saruknál, nem is beszélhetünk.

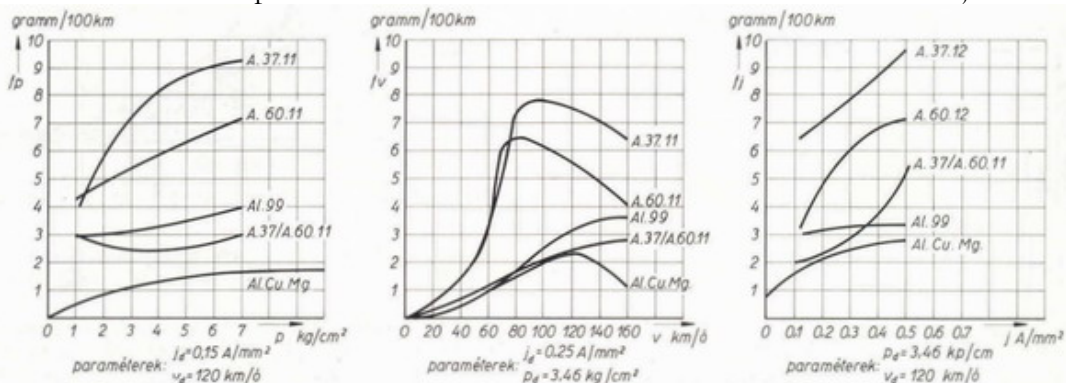
Szén csúszósarukat főleg az utóbbi évtizedekben Európában alkalmaznak. A csúszósaruk kenés nélkül 60000-125000 km-es élettartamot is elértek. A munkavezeték felpolírozódik, és gyakorlatilag nem kopik. Hátránya, hogy áramterhelése korlátozott, túlterhelésnél az élettartama rohamosan csökken.

Az áramszedő csúszósaru és munkavezeték anyagának megválasztásához nem elégségesek az előbbi statisztikai adatok, mivel a kopás mértékét még egyéb tényezők is befolyásolják, pl. az időjárás (jég, zúzmara, eső), anyag, felületi nyomás, áramsűrűség, sebesség, légkör szennyezettsége, stb. E bonyolult összefüggéseket több kísérlettel próbálták összhangba hozni. Eredményes volt az a módszer, hogy először nyári üzemre mérés útján határozták meg az áramsűrűség, fajlagos nyomás és sebesség függvényében a kopást, azután a légkör szennyezettsége és az évszak befolyása szerint megfelelő szorzóval módosították az eredményeket. A csúszóérintkezők technikájában a kenetlen és kent fémek, valamint a szén kopás mechanizmusát

különböztetjük meg. Az egymáson elcsúszó kenetlen fémek közül a lágyabb kopik s a keményebb kopása jelentéktelen. Közel azonos keménységű fémek kopása a morzsolódás, rágódás következtében igen nagy. Kenéssel a kopás csökken, mivel a fémek olajfilmen siklanak. A fémes érintkezés áramátadás céljából nem maradhat el, ezért csak gyenge kenés engedhető meg, amely nem elégséges a kopás jelentős csökketéséhez. Az áramátadás mikroszkopikus felületrészeken történik, melyek az áram és súrlódás hatására felmelegsznek és lemorzsolódnak. A lemorzsolódott anyag a gépcsapágyakban ún. Beibly réteget képez az olajjal, amely jól vezet. Áramszedőnél ez nem alakulhat ki, mivel az olajos morzsalék a felületről folyamatosan távozik.

Szén csúszósaruk esetén a munkavezeték lecsiszolódik és szénrel telített oxidréteggel (barna réteg) vonódik be. Ez a réteg nemcsak jól vezet, hanem a grafitpikkelyek könnyen csúsznak rajta. Ha az áramterhelés nagy, akkor a réteg megsérül, és a kopás megnövekedik. Nedves, zúzmara vezetéknél képződő ívek is tönkre teszik a felületet, de jó időben a becsiszolódás gyorsan bekövetkezik. A svéd vasutak mérései szerint a téli kopás a nyári két és félszerese, amely jelentéktelen. Hazánkban a kopás még kisebb mérvű is lehet.

A csúszósaruk kopását kedvezőtlenül befolyásolja a gőzös vontatással vegyes üzem, részben a kén hatása miatt, részben a páralecsapódás miatt. Ha egy vonalon többféle rendszerű csúszósarukkal üzemelnek, akkor a munkavezeték nem képes megfelelő módon felpolírozódni és a várt eredmények nem következnek be. Pl. az FVV vonalain vegyesen acéllemez és szén csúszósarut alkalmazva, a szén csúszósaru élettartama kb. 26000 km-re csökken, vagyis a legkedvezőbb érték 1/5-ére. A szén kopását nem csak a durva felület, hanem a kenőanyag is elősegíti, mivel a környezet és a pálya porával keveredve csiszoló hatást fejt ki.



24. ábra. Különböző csúszósaru-anyag kopása vörösréz vezetéken, a felületi nyomás, sebesség és áramsűrűség függvényében.

A 24. ábra-sorozaton néhány csúszósaru-anyag kopását láthatjuk a fajlagos felületi nyomás, sebesség és áramsűrűség függvényében. Az itt felvett értékek ideális nyári üzemnek felelnek meg. A tényleges kopást egyes tényezők szorzásával állapíthatjuk meg. Igen jó közelítést alkalmazunk, ha a kopási tényezők értékét egyszerű arányszámítással számítjuk át a diagram paraméteréről a valóságos értékre. Pl. adva van p fajlagos nyomás, v sebesség és j áramsűrűség. Ezekkel szemben a diagrammok v_d sebességre és j_d áramsűrűségre vonatkoznak, akkor a tényleges fogyás felírható

$$f_{pvj} = f_p \cdot \frac{f_v}{f_{vd}} \cdot \frac{f_i}{f_{jd}} \text{ (gramm/100km)} \quad (25)$$

Ennek az összefüggésnek alapján már meghatározható az áramszedő csúszósaru élettartama. Ha az elfogyasztható csúszósaru térfogat V , fajsúlya γ - akkor az élettartam

$$E = \frac{1}{5} \frac{V \cdot \gamma}{f_{pvj}} \quad (26)$$

ahol $\frac{1}{5}$ az elméleti és gyakorlati kopás értékeinek hányadosa. Az európai gyakorlat szerint ez $\frac{1}{1,5} - \frac{1}{10}$ között változik.

Közúti vasút három áramszedőjét 250 A egyen-áram és 40 km/ó átlagos sebességnél vizsgálva, a következő élettartamok adódnak:

Acéllemez csúszósarunál $\bar{E}=23500$ km

Csuklós motorkocsi szén csúszósarunál $\bar{E}=40500$ km

MÁV régi típusú alumínium csúszósarunál $\bar{E}=9200$ km

A szén-csúszósaru igen kedvező képet mutat. Ha figyelembe vesszük, azt, hogy jó minőségű munkavezeték és tiszta szén-csúszósarus üzemnél az élettartam tényező $1/5$ -ről $1/2$ - $1/3$ -ra is emelkedhet, akkor e kép még kedvezőbb.

VII. Az új áramszedő.

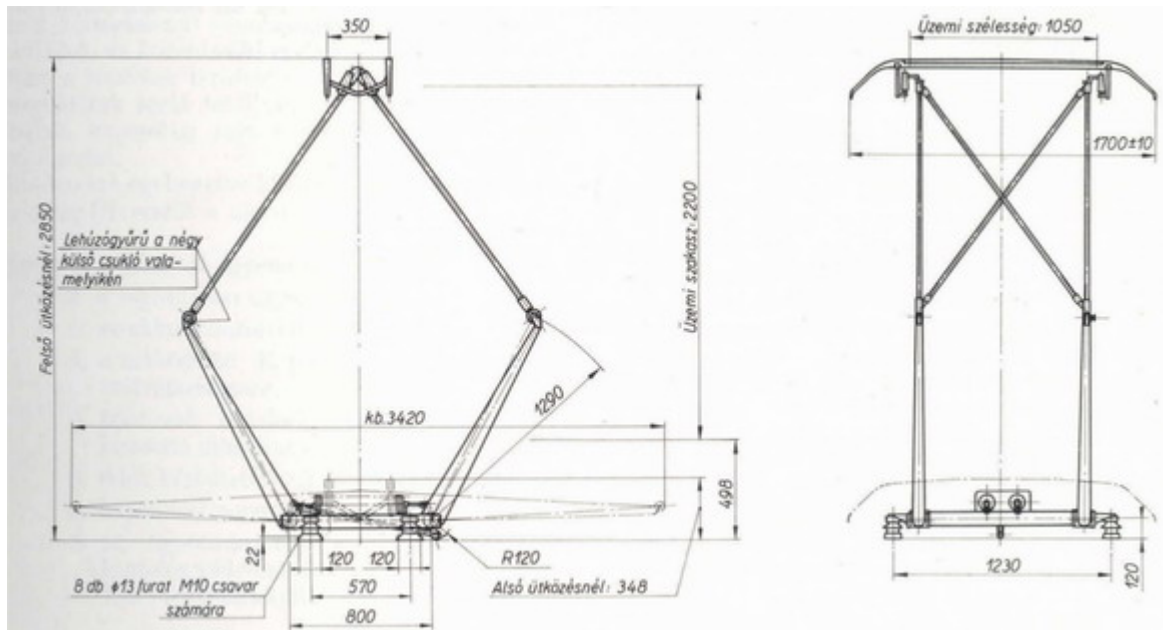
A GVM új típusú egytetemes áramszedője a 25. ábrán látható. Az áramszedő megtervezésénél az üzembiztosság, szilárdság és élettartam volt a legfontosabb szempont. Az áramszedőt úgy alakítottuk ki, hogy mind a nagysebességű járműveknél, mind a kis üzemelési magasságot kívánó kéreg alatti vasutaknál jól megfeleljen. Az áramszedő legkisebb magassága 348 mm, és 2200 mm az üzemeltetési szakasza. Az alsó ollózó karok hegesztett lemezből készülnek, merevségük nagy. A felső karok acélcsőből, a csuklók acélöntvény és sajtolt lemez kombinációból készültek. Mindenütt golyós csapágyat alkalmaztunk, így a rendszer súrlódása csekély. Az áramszedő felemelt helyzetében 30 kg-os oldalirányú húzás hatására csak 10-20 mm-es kihajlás létesül, ami jóval az UIC előírásán belül van.

A csúszósaruk az ollózó kerethez képest külön rugóztak. A két csúszósaru 400 A állandó áram átvitelére alkalmas. A csúszósarukat csőből készült bölcső fogja össze, amelyek 2-2 rugóra vannak felfüggesztve. A rugók és csúszósaruk ilyen elhe-

lyezése lehetővé teszi, hogy a csúszósaruk mindig vízszintes helyzetben maradjanak, ezáltal a kopásuk nem növekedhet.

A rugózó-ingó mozgás a szén-csúszósarukat megóvjá a töréstől. A csúszósaru tokmánya alumínium, bronzszén vagy műszén csúszósaru befogadására egyaránt alkalmas. Az FVV motorkocsijai műszén csúszósaruval üzemelnek.

Az áramszedő és a munkavezeték védelme érdekében az alsó karok és a főtengely közé biztonsági törőelemet helyeztünk el. Az áramszedő elakadása esetén ezek az elemek eltörnek és az áramszedő gyakorlatilag sértetlenül összecsuklik. A csúszósaru és befogórészének tömege csekély, így a hagyományos munkavezetékek alatt tökéletesebben működik, mint az eddig használt áramszedők. A szén-csúszósaru szikramentes üzeme a rádiókban és televíziókban nagyfrekvenciás zavarokat nem okoz. Az új áramszedő lehúzása kötéllel történik, de kellő módosítással léghengerrel is működtethető. Szigetelők cseréjével elővárosi és nagyvasúti üzemre is alkalmas.



25. ábra. A GVM új (AO 124 típusú), többcélú ollós áramszedője széncsúszó saruval. Névleges áramerősség 400 A.

IRODALOM

- [1] H. Ebeling: Neue Verfahren und Vorrichtungen für Messungen an Fahrleitungsanlagen. Elektrische Bahnen (1950) H. 5. s. 120-122.
- [2] E. Ilgen: Die Bewegungen und Spannungen eines nachgespannten Fahrdrahtes mit Pendelaufhängung. Elektrische Bahnen (1950) H. 3. s. 63.
- [3] E. Heide: Die Entwicklung im Fahrleitungsbau der Berliner Strassenbahn. Elektrische Bahnen (1950) H. 2. s. 45.
- [4] G. Kienitz: Der Bügelstromabnehmer. Elektrische Bahnen (1950) H. 7. s. 169.
- [5] E. Schwaiger: Hídáramszedő Maschinenbau u. Wärmewirtschaft (1949) s. 41.
- [6] H. Nibler: Dynamisches Verhalten von Fahrleitung und Stromabnehmer bei elektrischen Hauptbahnen. Elektrische Bahnen (1950) H. 10. s. 234.
- [7] H. Nibler: Neuerungen im Fahrleitungsbau. Elektrische Bahnen (1951) H. 6. s. 151.
- [8] E. Schwaiger: Rechnerische Ermittlung der reduzierten Masse eines Stromabnehmers. Elektrische Bahnen (1951) H. 9. s. 241.
- [9] M. Wittgenstein: Beschreibung der vollelastischen Einfachfahrleitung für Trolleybus und Strassenbahn. Elektrische Bahnen (1951) H. 3. s. 59.
- [10] E. Heide: Wechselbeziehungen zwischen Fahrleitung und Stromabnehmer bei Strassenbahnen und Werkbahnen. Elektrische Bahnen (1952) H. 5. s. 115.
- [11] O. Clausen: Graphische Methode zur Bestimmung der reduzierten Masse eines Stromabnehmers. Elektrische Bahnen (1952) H. 9. s. 234.
- [12] J. Tipp: Rundfunkstörungen durch elektrische Fahrzeuge Elektrische Bahnen (1952) H. 10. s. 254.
- [13] M. Süberkrüb: Berechnungsverfahren für die Ermittlung von Höchstspannweiten für Fahrleitungen. Elektrische Bahnen (1953) H. 2. s. 25.
- [14] J. Göttinger: Der Scherenstromabnehmer für hohe Fahrgeschwindigkeiten. Elektrische Bahnen (1953.) H. 2. s. 36.
- [15] E. Schwaiger: Über die Abnützung des Stromabnehmer - Schleifstückes. Elektrische Bahnen (1953) H. 3. s. 58.
- [16] M. Süberkrüb: Die Elastizität und die Dynamik von Fahrleitung und Stromabnehmer. Elektrische Bahnen (1959) H. 3. s. 49, II. 4. s. 77.
- [17] E. Sieg: Áramszedő gyorsvonatok részére. Elektrische Bahnen (1934) s. 188.
- [18] B. Wachsmuth: Széncsúszók bevezetése városi és elővárosi vasutaknál. Elektrische Bahnen (1934) s. 184.
- [19] B. Fink: Az áramszedő dinamikus értékelése. Elektrische Bahnen (1931) s. 272.
- [20] J. Beier: Áramszedő építési jelek és azok dinamikája. Elektrische Bahnen (1933) s. 18, s. 40.
- [21] O. Kasperowski: Kontaktprobleme der Stormübertragung von Fahrleitungen auf elektrische Fahrzeuge. Internationale Tagung über elektrische Kontakte. Graz 4, 5, 6 mai 1964.
- [22] J. Göttinger: Berechnung der Seitensteifigkeit eines Scherenstromabnehmers. E und M. (1950) H. 4. s. 107.

DR. KÖVESSI FERENC

Félvezetők alkalmazása a Ganz Villamossági Művek 3000 Le-s egyenirányítós mozdonyán és az alkalmazás távlatai

Részlet a szerzőnek a Lengyel - Magyar Elektrotechnikai Héten (Varsó 1964. szeptember 28.-október 3.) tartott előadása szövegéből. Megjelent a konferencia anyagában lengyel nyelven.

Félvezetőket alkalmazó áramkörök a 3000 Le-s mozdonyon

Mi sem bizonyítja jobban a magyar vasút új 3000 LE-s mozdonyának korszerű voltát, mint az elektrotechnika legújabb vívmányának, a félvezetőnek széleskörű és sokoldalú alkalmazása. Nemcsak a főhajtás áramkörében használjuk fel a félvezető adta előnyöket, hanem sok más segéd- és mellék-áramkörben teljesítenek jó szolgálatot, fokozván az egyszerűséget és üzembiztonságot. A főáramkör szilícium teljesítménydiódáin túlmenően megtalálhatók a mozdonyon a kisteljesítményű diódák, Zener-diódák, tranzisztorok, termisztorok, négyrétegű diódák, sőt kapuszelepek (tirisztorok) is mindazokon a helyeken, ahol azok révén előnyök voltak elérhetők. De megemlíthetjük még az ugyancsak félvezető készületeknek tekinthető túlfeszültség-levezetőket is.

Hogy a felhasználás helyeit áttekinthessük, vessünk egy pillantást a mozdony vázlatos kapcsolására (1. ábra és magyarázata), ebben a fő alkalmazási pontok 7. és 15. jelzéssel szerepelnek és ezek kétségtelenül zömmel képviselik a félvezető családot, de korántsem merítik ki a lehetőségeket, mert a részletek területén a sokrétű és szellemes megoldások sorát találjuk, amelyeket egy összefoglaló kapcsolási rajz keretében nem is lehet fel tüntetni.

Mindezeket egybevetve kilencféle célra használunk jelenleg félvezetőt a mozdonyon:

- Ezek: 1. a főhajtás egyenirányítóiban,
2. a segédüzemi egyenirányítóban,
3. az akkumulátortöltőben,
4. a működtető, ill. jelző részben áramkörök szétválasztására,

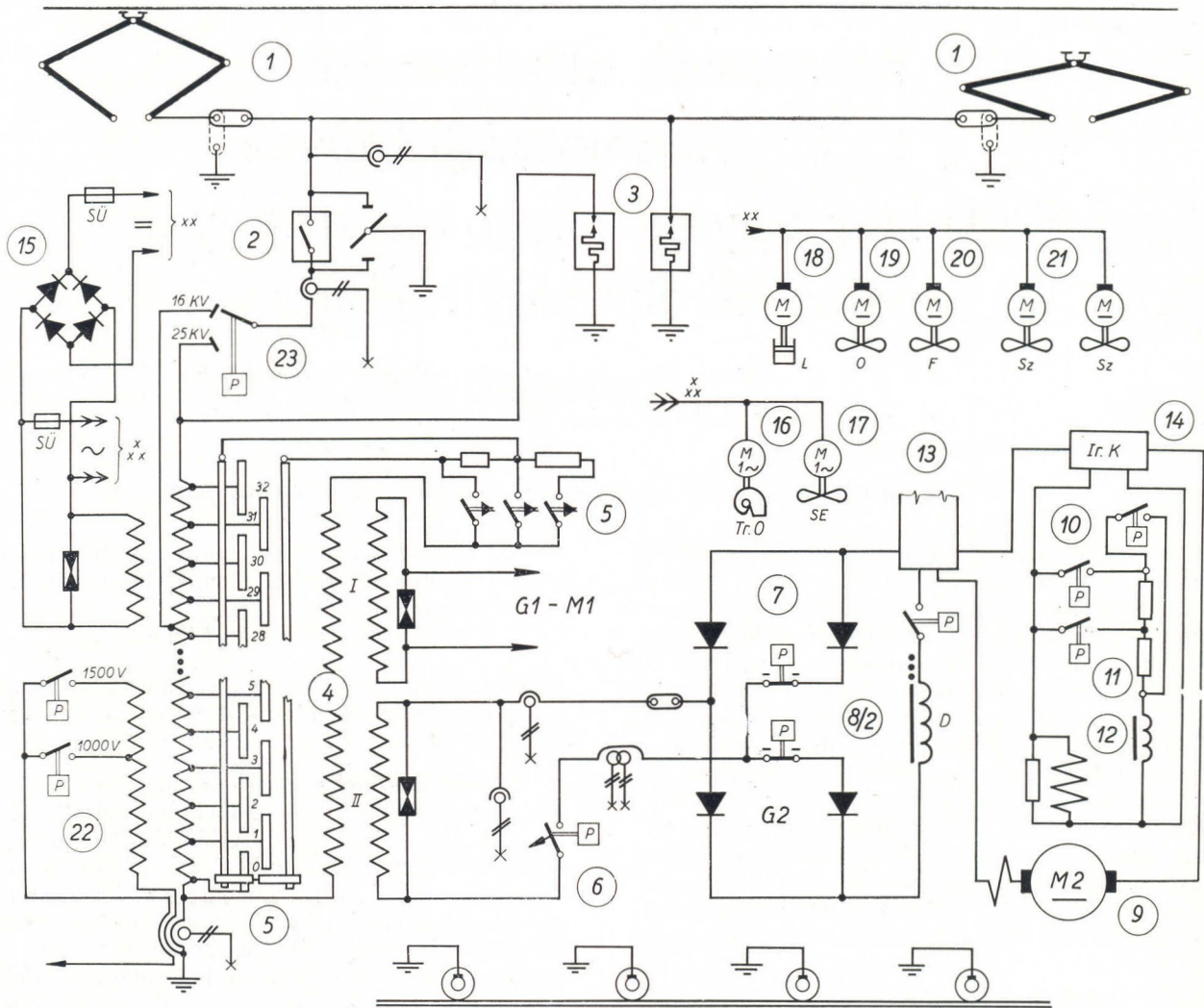
5. tekercsek védelmére mint szabadfutást biztosító diódákat,
6. relék késleltetésénél,
7. kapcsolási sorrend biztosítására,
8. az egyenirányítók szinkron gyorsszakaszoló védelménél a kioldó áramkörökben (egyenirányító hidak, kapuáramkörök, valamint tranzisztoros billenőkörök és erősítők formájában), valamint, egyéb védelmi célra,
9. a túlfeszültség-levezetőkhöz.

Ezekre a megoldásokra talán érdemes kissé bővebben kitérni, miután műszaki szempontból sok érdekeset tartalmaznak:

1. A *főhajtás egy-egy egyenirányítója* az első mozdonyoknál 128 db szilíciumcellából áll (2. ábra, ill. az 1. ábrán 7 sz. alatt). A 600 V zárófeszültségű elemekből 4 van hídáganként sorba kapcsolva és egy hídágban 8 ilyen elem kapcsolódik párhuzamosan. Az egyfázisú híd 4 ágában tehát összesen $4 \times 4 \times 8 = 128$ db található. Az egyenirányító elemek a villamosvezetést és hőátadást megfelelő mértékben biztosító felfekvő felülettel csatlakoznak vörösréz bordás hűtőtestjeikhez (3. ábra). Egy ilyen egység névleges terhelhetősége mesterséges hűtés mellett 210 A (számítási közép az egész periódusra vonatkoztatva). A párhuzamos kapcsolás miatt ennek biztonságából csak 80%-át véve alapul, egy négytagú híd 350 A állandó árammal terhelhető és így a 8 párhuzamos elem miatt az egész híd állandó terhelhetősége 2800 A. Jellemző az egyenirányító óvatos méretezésére, hogy ezt a terhelést a legkedvezőbb tapadás melletti indításnál sem tudják a motorok

felvenni. E biztonságos méretezés ellenére egy egyenirányító mérete, gyorszakaszolóval és működtető-jelzőberendezésével egybeépítve csak 1600x600x2000 mm. Képét a 4. ábra mutatja. Az egyenirányítónak nincsen külön szellőzője, a megoldás olyan, hogy a közelben elhelyezett motor-szellőző beszívott levegője egy részét - mellékágot képezve - az egyenirányítón keresztül nyeri. Az 5. ábrán a mellékág ferde légvezető csatlakozását láthatjuk.

A 6. ábra bemutatja még a hazai gyártású 150 A-es teljesítménydiódát. Az egyenirányító elemek belső túlfeszültség elleni védelmét - amelyet a töltéshor-do-zó halmozódás váltana ki beavatkozás nélkül - csillapító ellenállásokkal sorbakötött kondenzátorok látják el. (2. ábra). Ezek egyúttal a sorbakapcsolt diódák közti feszültségosztást, valamint a külső kapcsolási túlfeszültségek elleni védelmet is részben ellátják.



1. ábra. A 3000 LE-s mozdony kapcsolási rajza

1 - áramszedő, 2 - főmegszakító, 3 - túlfeszültség-levezetők, 4 - főtranszformátor, 5 - nagyfeszültségű fokozatkapcsoló, 6 - motorleágazási megszakítók, 7 - főegyenirányítók (2 db mozdonyonként), 8 - simító-fojtótekercs, 9 - főáramkörű egyenáramú motorok, 10 - mezőgyengítési kontaktorok, 11 - mezőgyengítési ellenállások, 12 - mezőgyengítési induktív söntök, 13 - selejtező kapcsoló, 14 - irányváltó kapcsolók, 15 - segédüzemi egyenirányító, 16 - transzformátor olajszivattyú, 17 - segédüzemi egyenirányító szellőzője, 18 - légsűrítő, 19 - transzformátorolaj szellőző, 20 - fojtótekercs szellőző, 21 - hajtómotor szellőzők, 22 - vonatfűtési kapcsolók, 23 - vonali feszültség-átkapcsoló, SÜ = egyenáramú segédüzem, SÜ \approx váltakozóáramú segédüzem

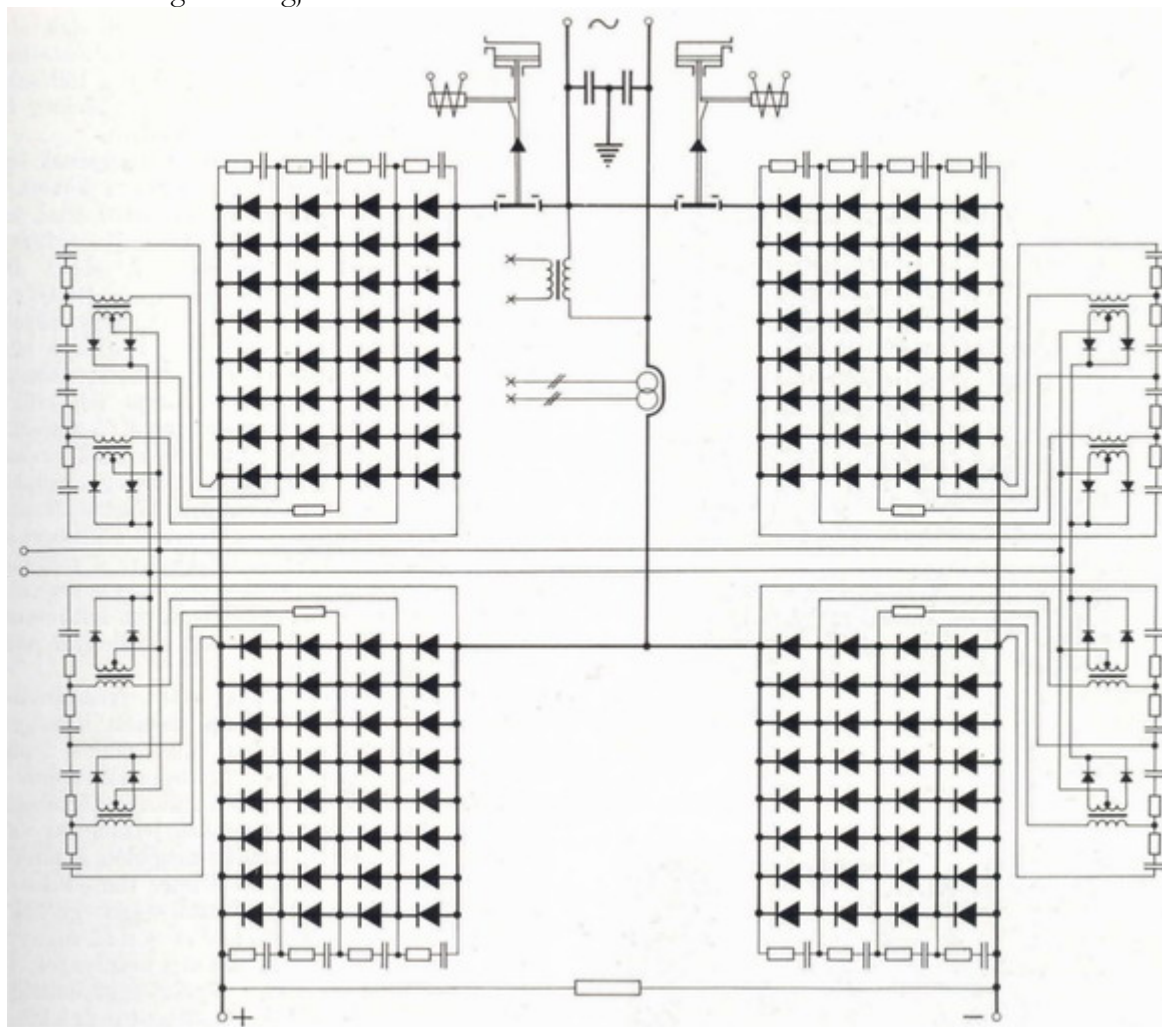
Az ábrán látható még a belső zárlat kifejlődése elleni védelem megoldása is, (a két szélén). Az egyes párhuzamosan kapcsolt elemcsoportok úgy vannak kondenzátorokkal összekapcsolva, hogy a szomszédos csoportokkal hidat képeznek, amely

hidak a váltakozóáramú összetevőt kiegyensúlyozzák mindaddig, amíg a kapcsolás szimmetriát mutat. A híd átlójában elhelyezett transzformátor tehát ilyenkor árammentes. Ha azonban a főáramkörben akár egy dióda is zárlatosra válik, megbomlik az

egyensúly, a differenciál-transzformátorok egyike áramot fog vezetni, annak szekunder áramkörében tehát váltakozó feszültség jelenik meg, amelynek egyenirányítása útján nyert árammal a belső zárlat elleni védelem kioldását, ill. jelzését működtetni lehet, mint ahogy a későbbiek folyamán azt látni fogjuk.

Megtaláljuk még ezen az ábrán a gyorszakaszolókat olyan vázlatos ábrázolásban, amelyből elhelyezésük, kioldásuk módja és a pneumatikus visszaállításuk megoldása kitűnik. Az egyenirányító kimenetét lezáró alapterhelés az üresjárási feszültségemelkedést akadályozza meg, amely a beépített kondenzátorok következtében e nélkül fellépne. A feltüntetett áram- és feszültségváltó csatlakozását az alkalmazott elektronikus védelmi kioldókörhöz a későbbiekben még látni fogjuk.

2. A *segédüzemi egyenirányító* (7. és 8. ábra, ill. az 1. ábrán 15 sz. alatt) azonos elemekből felépült 220 V, 700 A egyenáramot szolgáltató hídkapcsolású egység azzal a különbséggel, hogy a szellőzést saját egyfázisú motorhajtású szellőző látja el (lásd az 1. ábrán 17. sz. alatt) a hűtés kimaradása elleni védelmet pedig légáramlás-érzékelő biztosítja. Emellett a túláramvédelem ellátására gyorsított kioldású biztosítók szolgálnak. E biztosítók jelzőérintkezővel bírnak, amelyek kiolvadáskor zárnak. Bár az egyenirányító méretezése megengedi, hogy egy kiolvadt biztosító mellett a teljes üzem még fenntartható legyen, a jelzés révén a mozdonyvezető mégis értesül arról, ha az egyenirányító felülvizsgálatra szorul.



2. ábra. A főegyenirányító kapcsolási rajza

Az itt alkalmazott jelzőrendszer elve, hogy akár a légáramlás érzékelő, akár egy biztosító jelzése esetén egyaránt kigyullad az egyenirányítón elhelyezett jelzőlámpa és a mozdonyvezető fülkében lévő

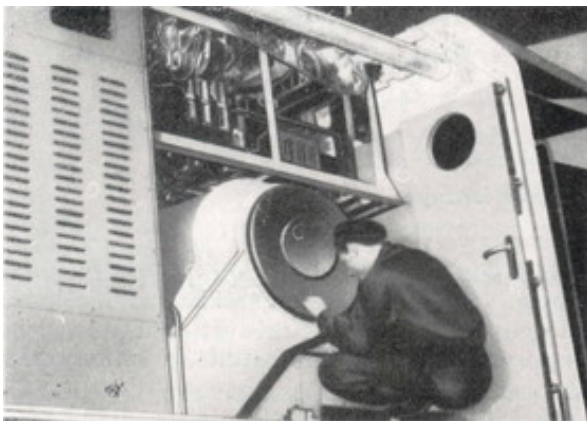
összesítő hibajelző lámpa. Az egyenirányítóban elhelyezett dióda révén lehet azt elérni, hogy az egyenirányító jelzőlámpája olyan esetben nem jelez, ha a többi - külső - jelzőérintkező valamelyike zár;

annak ellenére, hogy a központi jelzőlámpa minden esetben kigyullad, bármelyik, a mozdonyon elhelyezett jelzőérintkező záródása esetén.

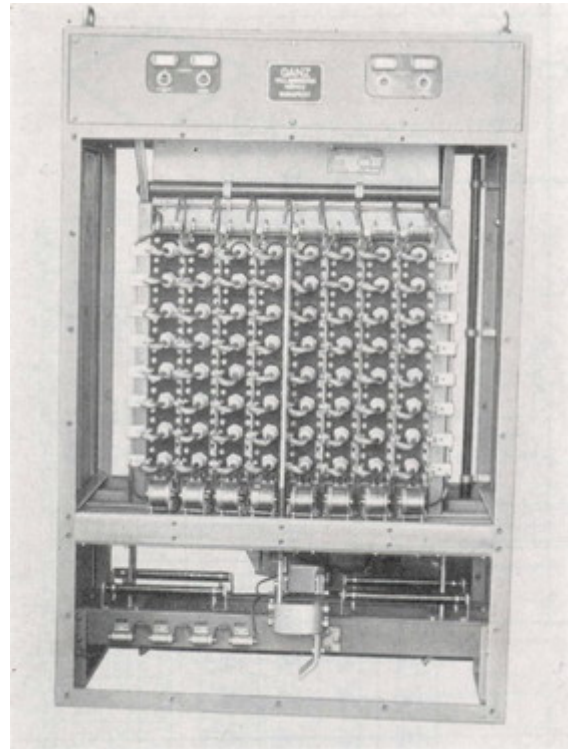
3. A 9. ábra az *akkumulátortöltő* mutatja. A 72 V-os 78 A-os akkumulátor maximálisan 18 A-es töltőáramát szolgáltatja transzduktoron át táplált híd-kapcsolásban. A bemenő szóró-transzformátor alkalmazása következtében a töltő a transzduktor szabályozási sávjának kimerítése után letörő jellegű görbét hoz létre. A szabályozási sávban a transzduktor befolyásoló áramának Zener-diódákkal stabilizált feszültsége miatt a töltő jellegű görbéje vízszintes. Így egyszerű eszközökkel az ideális UI jellegű görbét a gyakorlat igényét kielégítően lehet megközelíteni. Az állandó feszültségű szakasz szintje átkapcsolóval állítható Zener-diódák által képzett alapfeszültség 2 V-onkénti változtatható beállításával, 78,4 V-100,4 V-ig. Így a töltőáram az akkumulátor töltési fokának megfelelően félautomatikus eljárásban szabályozható.



3. ábra. Si-dióda a hűtőtestén



5. ábra. A főgyenirányító mozdonyon szellőzőcsatlakozásával



4. ábra. Főgyenirányító szekrény



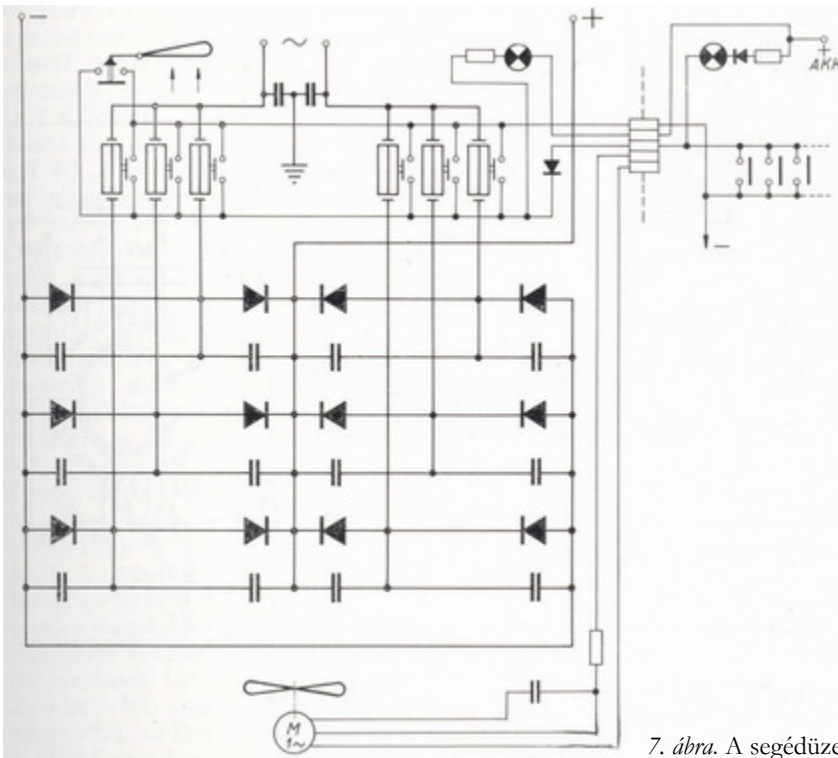
6. ábra. Hazai gyártmányú teljesítménydióda

4. A félvezető elemek felhasználhatóságának sokoldalúságára adunk néhány példát a következő 10. ábrán. Az áramkörök szétválasztásának egy módjával már megismertkedtünk a segédüzemi egyenirányító jelzőáramkörében (7. ábra). Hasonló alkalmazást látunk a 10a. rajzon. Itt *két csatolt mozdony jelzőrendszerét* látjuk. A négy vezetőállás mindegyikén van két-két jelzőlámpa elhelyezve, ezek a korábban már említett összesítő hibajelzőlámpák, a mozdony közepe felé esők a vezetővel bíró mozdony hibáit jelzik, a szélsők a csatolt mozdony hibáira gyulladnak ki. Természetesen csak az a két lámpa éghet tényleg, amelynek a mozdonyvezető az általa elfoglalt fülkében (a. mellett) levő kapcsoló bekapcsolásával feszültséget ad. A jelzőrendszer helyes működéséhez a mozdony közepére berajzolt kapcsolót kell még a vezetővel bíró mozdonyon a megfe-

lelő, a rajzon feltüntetett állásba hozni (itt lefelé), a csatolt mozdonyon pedig ellenkező véghelyzetbe. Ilyen kivétel mellett, a beépített egyenirányítók nélkül ebben az egyszerűsége mellett is nagyon sokat nyújtó kapcsolásban hibaáramok lépnének fel. Például a csatolt mozdony jobbszélső - zártnak feltüntetett - jelzőérintkezőjét figyelembe véve amellet, hogy a balszélső jelzőlámpa világít, még a szaggatott vonallal megjelölt áramúton át második áramkör is létesülne. Bár ebben az áramkörben csak harmad feszültséggel égnének a lámpák, mégis alkalmas lenne ez is a mozdonyvezető félrevezetésére, mert hiszen a mozdonyon előforduló megengedett nagy feszültségkülönbségek miatt és a teljes feszültségre kapcsolt lámpa kiegészének lehetőségét is számításba véve, mégis létrejöhetne a helyesen jelzés látszata. A hibakeresés során ennek következtében jelentkező fölösleges idővesztés elkerülése tehát a vázolt állapotnak a megszüntetését tanácsossá teszi, ezt azonban a feltüntetett diódák alkalmazásával egyszerűen lehet megoldani. A hibaáramok mindig találnak így egy záróirányba

kapcsolt diódát, míg a helyes értelemben működő áramok mindig csak nyitó irányban találják a diódákat.

Másik példa a 10b. ábrán látható. Itt a mozdony két motorja főkapcsolójának tartóáramkörét záró két relé van feltüntetve. Ezeknek áramkörét három légáramlás érzékelő kapcsolja úgy, hogy a középsőnek a simító fojtótekercs szellőzése kimaradásának esetén bekövetkező működése leoldja mindkét motort. A két motorszellőző bármelyikének üzemszavara esetén a megfelelő légáramlás érzékelő kapcsol át, de ilyenkor már csak a hibás motort oldja le a reteszelő védelem. Minden esetben kigyullad a légáramlásjelzők segédérintkezőjén át az összesítő hibajelzőlámpa a vezetőfülkében (szaggatottan berajzolva). Ha már most nem építjük be a berajzolt diódákat, úgy előfordulhat, hogyha az egyik motornak és a fojtótekercsnek a szellőzője egyszerre hibásodik meg, a 10c. ábrán vázolt hibaáramkör létesül a jelzőáramkörök és a tartóáramkörök összekeveredése miatt.



7. ábra. A segédüzemi egyenirányító kapcsolási rajza

Ez azt jelenti, hogy ebben a helyzetben a baloldali motor működése nincsen megakadályozva annak ellenére, hogy a fojtótekercs nem kap szellőzést; ez a fojtótekercs elégsét vonhatja maga után. Meg lehet ezt a hibát akadályozni. a diódák beépítése által. Itt is záróirányban találja a hibaáram a diódát.

5. Igen elterjedt alkalmazása a diódáknak a 10d. ábrán mutatott szabaddfutást biztosító kapcsolás. Nagy induktivitású tekercsek áramának szükségsszerű hirtelen megszakítása a nagy belső túlfeszültségek miatt veszélyeztetheti a berendezés épségét pl.: elektropneumatikus szelepek esetében. Egy dióda

segítségével a tekercsben tárolt energiának szabad lefutást biztosíthatunk.

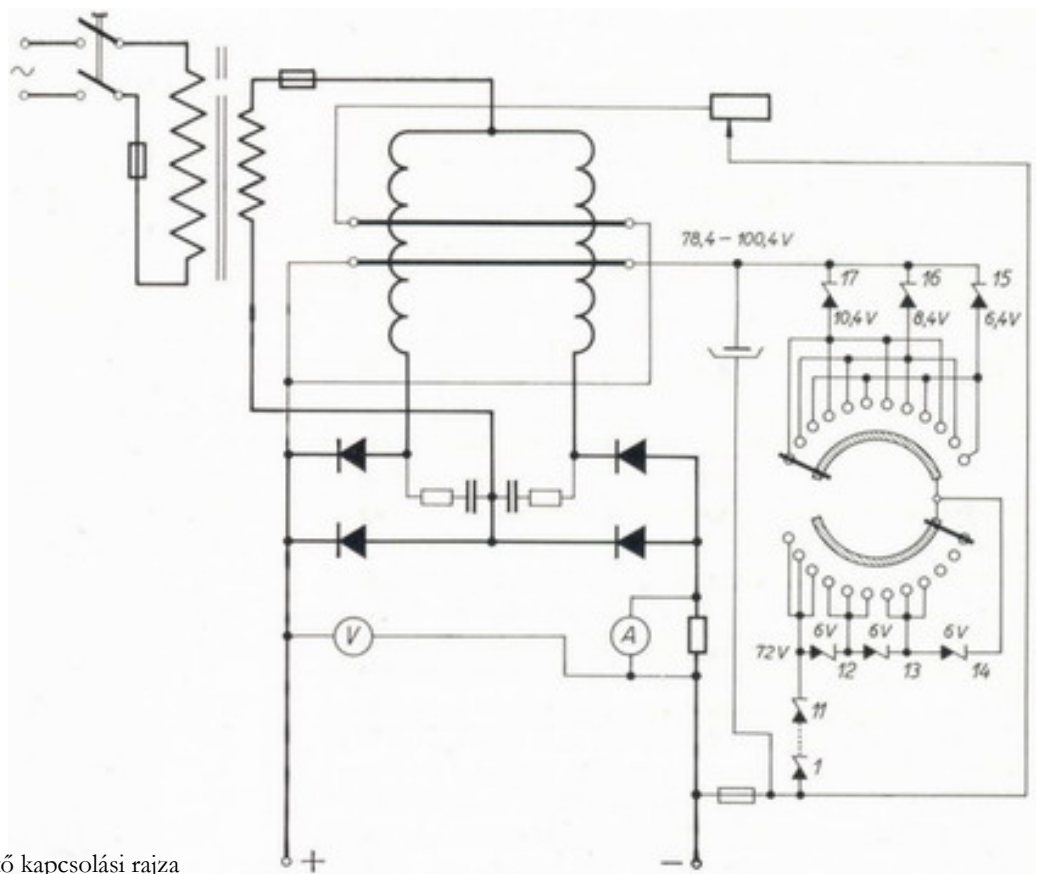
6. Ugyanezt az elvet fel lehet használni *relé-késleltetésre* is. A 10e. ábrán R relé leesési idejét késleltetni kívánjuk. Ennek megfelelően szabadfutást biztosító diódát ellenálláson át kapcsolunk a relétekercs sarkaira. Ekkor a fluxuscsökkenésnek, a tárolt energia megsemmisítésének ideje az ellenállás nagyságától függően változik, a relé leejtési ideje ezzel beállítható.

7. Áramkörök működése egyértelmű egymásután sorolásának *termisztorral* való megoldását mutatja a 10f. ábra, amelynek felső részén a segédüzem fő-áramkörének egy része látható egy feszültségérzékelő relével, a légsűrítő-, az olajhűtő szellőző-, a fojtótekercs-szellőző- és egy hajtómotor-szellőző-motor kapcsolóáramkörével (lásd az 1. ábrát is 18, 19, 20 és 21. sz. alatt). A fojtótekercs-szellőző kivételével ezek kétfokozatú ellenállással indulnak. Mintán eme gépek teljesítménye a segédüzemi egyenirányító teljesítményéhez képest nagy, olyan működtető áramkört kell hozzá kiképezni, hogy a nagyobb motorok egyszerre való indulását mindenképpen el lehessen kerülni. A 10f. ábra alsó

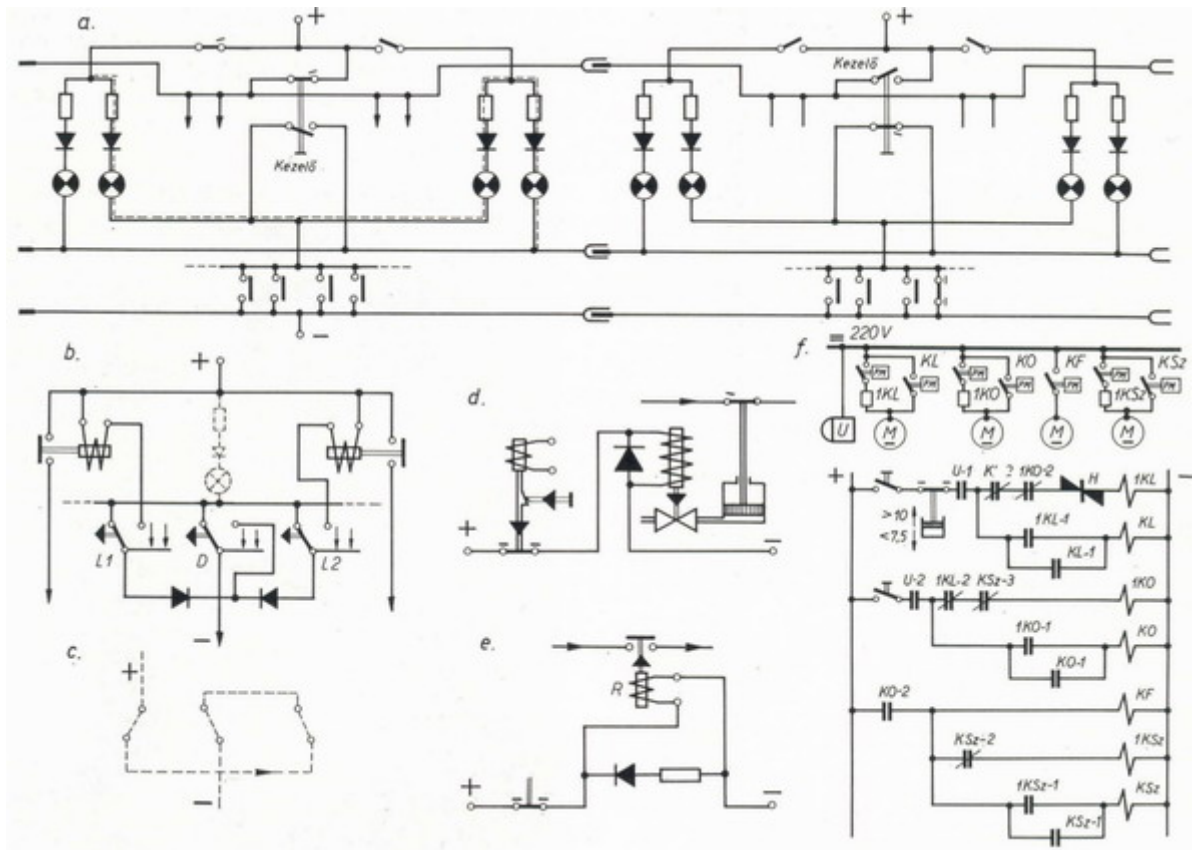
része mutatja ezt a működtetést áramútrajz formájában.



8. ábra. Segédüzemi egyenirányító szekrény



9. ábra. Az akkumulátortöltő kapcsolási rajza



10. ábra. Félvezetők különféle alkalmazása a mozdonyon

a) Áramkörök szétválasztása diódával jelzőberendezésben b), c) áramkörök szétválasztása diódával védelmi kapcsolásban, d) Szabadfutást biztosító dióda, e) Dióda alkalmazása relé-készleteténél, f) Termisztor alkalmazása időbeli sorrendiség biztosítására

A légsűrítőt külön kell venni, mert annak indítását és leállítását üzem közben a nyomáskapcsoló működteti. A többi motor a feltüntetett sorrendben reteszelési láncba kapcsolva egymás után indul. Az 1 KO-2 nyitó érintkező biztosítja, hogy amíg az alsó lánc indít, a légsűrítő nem indulhat meg, az 1 KL-2 nyitó érintkező miatt viszont a légsűrítő indulása alatt az alsó lánc nem tud beindulni. Ha tehát a mozdonyvezető rendes körülmények között egymás után kapcsolja be a két kézi kapcsolót, a két indítási folyamat mindenképpen egymás után fog bekövetkezni az indítási lökések egymásra helyezkedése nélkül.

Előfordulhatna azonban, hogy rövid feszültségkimaradás után, amikor is a feszültségérzékelő relé a segédüzemet leállította (U-1 és U-2 érintkezőkkel), a feszültség visszatérésekor az 1 KL és 1 KO kapcsolók egyszerre csapódnának össze és ezzel mégis létrejönne - bár rövid ideig - a két nagy motor indítóáramának összeadódása, ami azonban ezalatt a rövid idő alatt is kiolvaszthatná a segédüzemi egyenirányítóba beépített igen gyors kioldású biztosítókat.

Ennek a megakadályozására van beépítve az 1 KL megszakító működtető áramkörébe a termisztor

(H), amelynek kezdeti nagy ellenállása következtében az 1 KL megszakító csak késleltetve tudna bekapcsolni, amikor már az 1 KO behúzott és így az 1 KO-2 érintkező következtében ez lehetetlenné válik.

8. Ismeretes a félvezető elemek kisszámú kevésbé jó tulajdonságainak leglényegesebbje, a kis hőkapacitás, ami miatt a zárlati védelem különösen gyors megoldásokat kíván meg. Az *egyenirányító gyors túláram-védelmének* egyik módja a szinkronizált szakaszolókkal való lekapcsolás. Ezzel a módszerrel a teljes lekapcsolás a legrosszabb esetben a zárlat bekövetkeztétől számított egy félperiódus alatt megtörténik. A módszer elvi elgondolása az, hogy a híd két ágában elhelyezett szakaszolókat (11. ábra) azokban a félperiódusokban nyitjuk, amikor azok árammentesek.

Ehhez szükség van:

- a zárlati árammal arányos jel képzésére
- a megszólalási küszöb átlépésének érzékelésére.
- a váltakozó-feszültség normalizálására.
- a két félperiódusban külön-külön ki kell azt az időszakaszt emelni, amely alatt a

félperiódushoz hozzárendelt gyorsmegszakító kinyitása megengedett, figyelemmel a szakaszolók önidejére és az egyenirányító-áram kommutálási időszakára.

E. a B és D feltételek egyidejű bekövetkeztének érzékelésére.

F. a gyors kikapcsolás érdekét a következő készülékek szolgálják:

FA. Erősítők, az ÉS-feltétel bekövetkeztekor adnak impulzust.

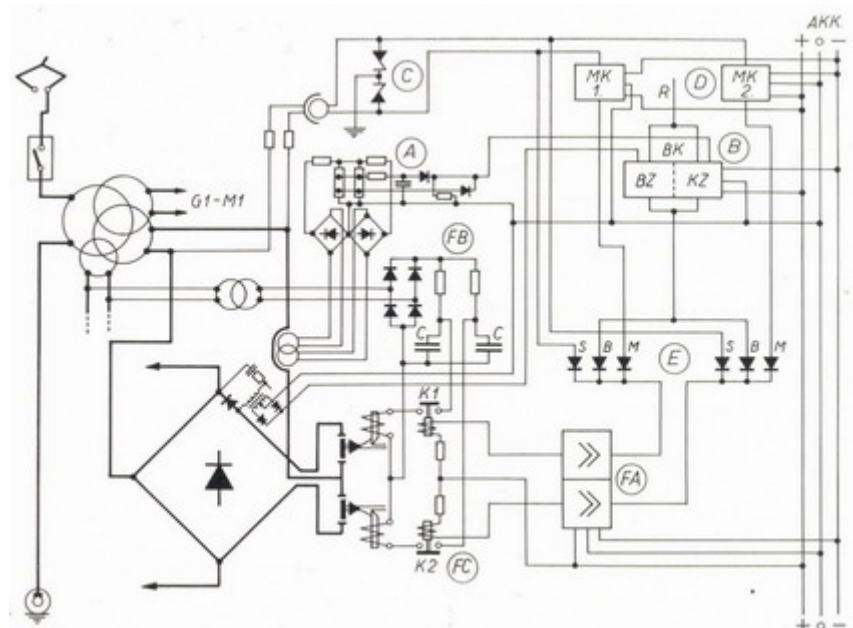
FB. C-C kondenzátorok kioldáshoz szükséges energia tárolásához; egyenirányítós töltőberendezéssel.

FC. Gyorsműködésű billenőrelék (K1, K2), amelyek FA-tól kapott impulzus követke-

tében zárnak és a C-C kondenzátorokat egymásután rákapcsolják a gyorsszakaszoló kioldótekercsére.

G. Az ismertetett berendezéssel nemcsak külső okból bekövetkező zárlat ellen védjük meg az egyenirányítónkat, hanem a diódák zárlata, az ún. belső zárlat esetén is lekapcsoljuk a berendezést. Ennek érzékelését a már ismertetett differenciál transzformátorok útján végezzük el.

Mindezek a készülékek a billenőrelék kivételével érintkező nélküli, félvezetős áramkörökből állnak, diódák, Zener-diódák, tranzisztorok felhasználásával.



11. ábra. A. főegyenirányító szinkron gyorsszakaszoló védelmének vázlata

Nem tüntettük fel a biztonsági-, visszaállító- és jelzőberendezések sorát, amelyekkel csak az áttekintést csökkentettük volna (kivéve a bistabil multivibrátorok visszaállítására célzó R csatlakozást).

A működés gyorsaságának lényegét a B és D alatti multivibrátor csoportok és az E alatti diódás ÉS-kapu áramkörök adják. Az áramváltóra csatlakozó A alatti kioldójel-képző áramkör a küszöbfeszültség elérésekor a KZ bistabil multivibrátort átbillenti, amiktől az E kapu B diódáin feszültségjel jelenik meg.

Elvileg ehhez hasonlóan a feszültségváltóra csatlakozó C alatti jelformáló impulzusa egyik félperiódusban MK1, a másikban MK2 monostabil multivibrátort billenti át. Ezek a meghatározott ideig maradnak átbillent állapotban, aminek eltelte után visszabillennek. Az átbillentés ideje alatt -

amely idő a szakaszoló megengedett kapcsolási időszakának felel meg - az E kapuk megfelelő M diódáján jelenik meg feszültség. Az E kapu S diódái biztonság kedvéért a hálózathoz való szinkronizálást erősítik.

A külső zárlat jeléhez hasonlóan történik a *belső zárlat* jelének képzése is. A differenciál transzformátorokon megjelenő feszültség a BZ bistabil multivibrátor átbillenését váltja ki, az E kapu B diódáin ilyenkor is megjelenik a feszültség.

Az E-vel jelzett ÉS-kapuk átengedési időpontjában azután a már leírt úton félperiódusnyi követéssel kinyitó működtetés kiváltása jön létre a gyorsszakaszolóknál.

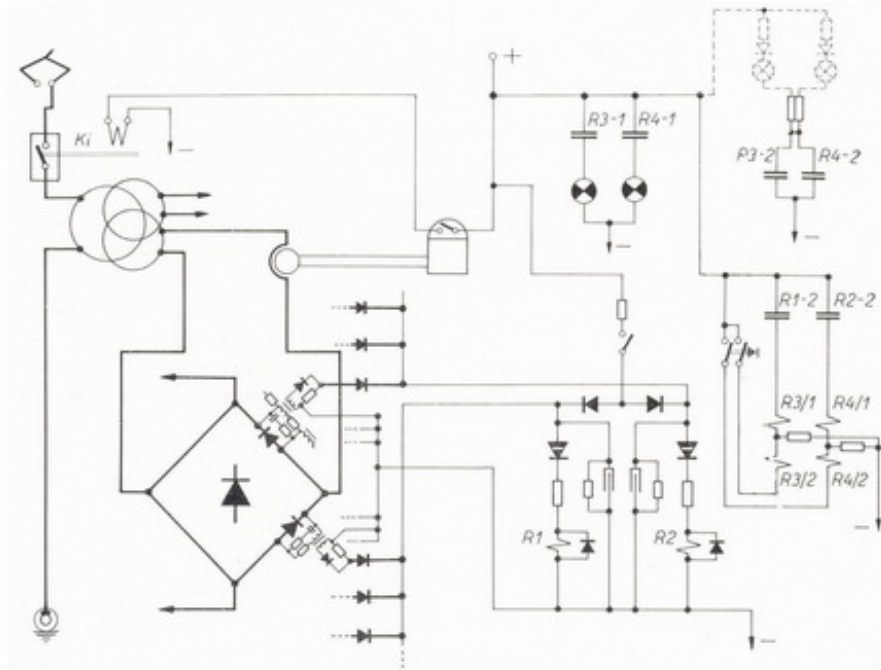
A félvezetők fejlődése lehetőséget adott arra, hogy ezt a védelmet a következő mozdonsorozatoknál már egy ennél is egyszerűbb megoldás váltsa fel. A

diódák túlterhelhetősége az utóbbi időben annyira növekedett, hogy a zárlati lekapcsolást rá lehet bízni egy klasszikus kivitelű megszakítóra is, ha annak önideje elég rövid (12. ábra). A 3000 LE-s mozdonyon alkalmazott megszakító (1. ábra 2. sz. alatt) ebből a szempontból is kielégítő. Ennél a megoldásnál egyszerű relés kioldás jele működteti a megszakító kioldó tekercsét. Az így adódó 80 msec önidő a korszerű diódák alkalmazásánál megengedhető.

Ennél a megoldásnál külön kell a belső zárlat jelzéséről gondoskodni; itt csak jelzésről, mert a leoldás nem lévén olyan sürgős, elég, ha a mozdonyvezető figyelmét felhívjuk a hibára, aki is csökkentett feszültséggel az üzemet még fenntarthatja a berendezés veszélyeztetése nélkül. Figyelemreméltó e jelzőberendezés azért, mert itt újabb félvezetőelem alkalmazását látjuk. A *négýrétegű dióda* (Shokley-dióda) a sarkaira adott meghatározott feszültségnél átbillen vezető állapotba és a rákapcsolt kondenzá-

tor segítségével meghúzza az R1 vagy R2 relét, amely érintkezőivel jelző helyzetbe hozza az R3 vagy R4 relét. Így mind a készüléken elhelyezett jelzőlámpa, mind pedig a vezetőállásban levő hibaösszegezõ lámpa kigyullad. Az egyenirányító mind a négy ágához egy-egy négyrétegű dióda, ill. jelzőlámpa tartozik. Ha tehát az egyenirányító bármelyik ágában bármelyik dióda zárlatosná válnék, az ág többi diódáján a zárófeszültség 4:3 arányban felemelkedik és a rákapcsolt transzformátor által adott impulzus elégségesse válik ahhoz, hogy a négyrétegű diódát átbillentse.

Végül még egy korszerű, teljesen hazai kifejlesztéssel megvalósított védelmi megoldást mutatunk be a 13. ábrán. Itt a lekapcsolás az előbbihez hasonló módon, a főmegszakító útján történik, de a kioldást vezérelt félvezetők alkalmazásával érjük el. Az áramváltó után kapcsolt áramkör a zárlati áram megjelenésekor a K1 kapuszelep (tirisztor) rácsfeszültségét a küszöbfeszültségig emeli.

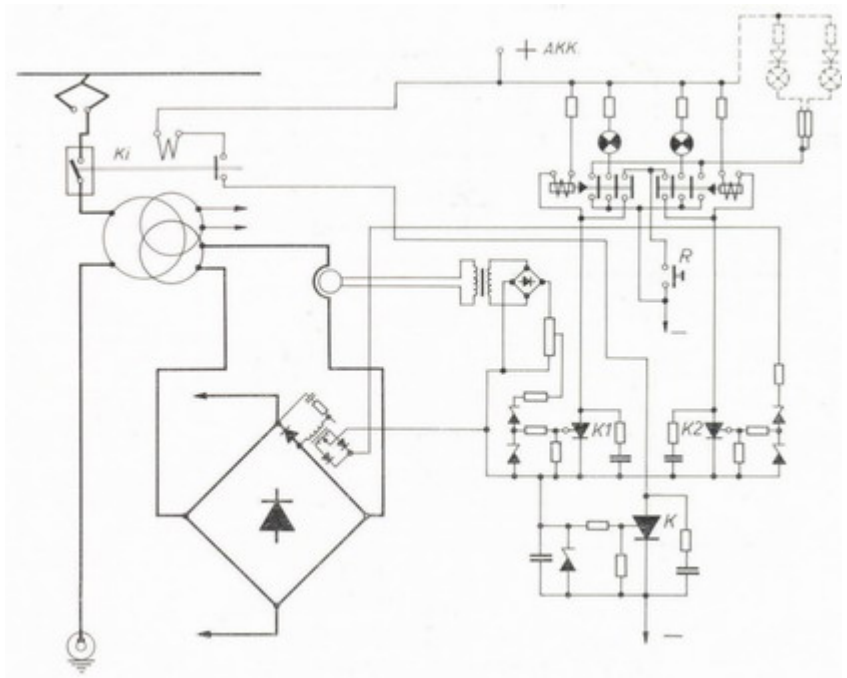


12. ábra. A főegyenirányító főmegszakító, relés kioldású védelmének vázlata

A begyűjtő kapuszelep gyűjtőfeszültséget ad a K kioldó kapuszelepre, amely a megszakító kioldótekercsére áramot kapcsol és kiváltja a leoldást. Ezzel az eljárással 50 msec kioldási időt lehet elérni. Ehhez a kioldási lánchoz a belső zárlati védelem is csatlakoztatható. Ugyanazt a differenciál transzformátoros védelmet lehet alkalmazni, mint a 7. ill. 11. ábrán ismertettünk, csak itt a K2 kapuszelep átbillenését hozza létre a hibafeszültség. A leoldás azután ugyanúgy jön létre, mint a külső zárlat esetén. A jelzés az eddigiekhez hasonlóan jelzőrelével

történik. A főkapuszelepet (R) a megszakító segédérintkezője árammentesíti, a kioldó kapuszelepeket azonban visszaállító áramkörrel kell árammentes állapotba hozni. Ez az R. nyomógomb megnyomásával történik, ezáltal ugyanis a kapuszelepek anódját a negatív sarokra kapcsoljuk, mire kialusznak.

9. Korszerű, igen kis megszólalási feszültségű túlfeszültség-levezetőköt fejlesztett ki a magyar ipar mind a primér oldal (1. ábra 3. sz. alatt) mind a transzformátor szekunder tekercsei (1. ábra) védelmére.



13. ábra. A főgyenirányító főmegszakítóskapuszelep kioldású védelmének vázlata

Félvezetők jövőbeni alkalmazási lehetőségei a villamos vontatás területén

A félvezetők ismertetett széleskörű alkalmazása joggal vetheti fel a kérdést, hogy milyen irányban várható a *jövőbeli fejlődés* a vasúti vontatás területén. A *működtetés területén* a félvezetős logikai áramkörök nagyfokú elterjedésével kell számolni. A *védelmi áramkörökben* a különböző billenő kapuszelepes kapcsolások egyre nagyobb szerepet fognak kapni. A *fűhajtás* tekintetében több főirányzatot lehet megkülönböztetni. Ezek két nagy csoportra oszthatók, amelyek azonban egységesek abban, hogy mindegyik a vezérelt félvezetőre alapítja működését. Az egyik az egyenáramú motorból indul ki, a másik az aszinkronmotoros megoldást helyezi előtérbe.

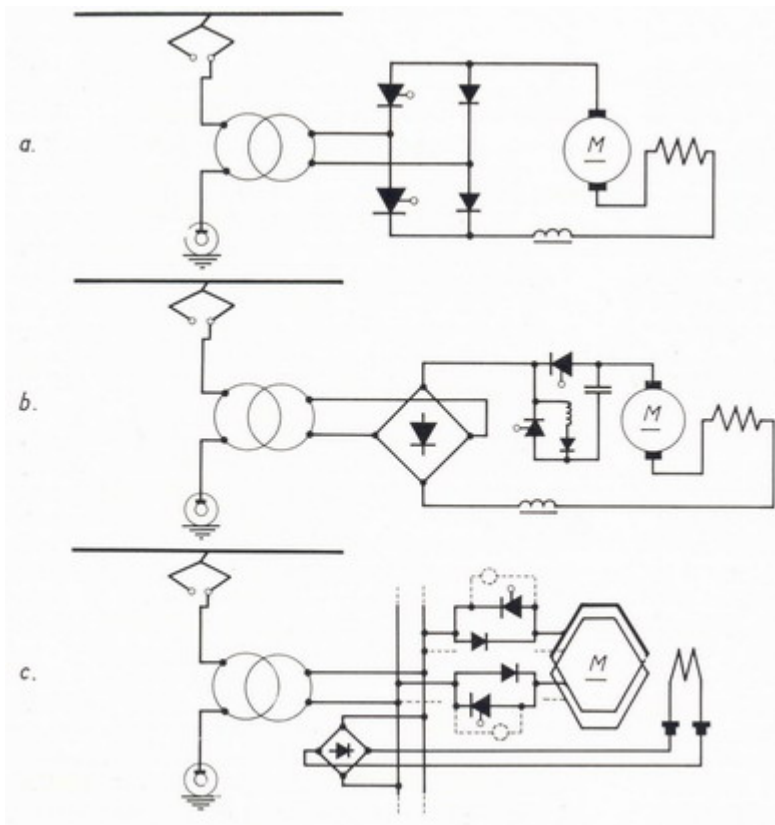
Az *egyenáramú motort* választó megoldások főbb típusait együtt mutatja be a 14. ábra. A legfelső megoldás tulajdonképpen az eddig alkalmazott hídkapcsolás vezérelt kivitelű változata, ahol a feszültségváltoztatást nem a transzformátor csapolásával, hanem vezérlés útján valósítják meg.

A különlegessége e kapcsolásnak mégis az, hogy csak a híd egyik felét vezérlik. Ezzel a meddő áramigény csökkentésére van lehetőség, ami a nem vezérelt ágak nullanód működésével magyarázható. Másik irányzat az egyenáramú motor változó feszültséggel való ellátására a 14b. ábrán ismertetett utódszer, amelynél az egyenirányító után beiktatott kapuszeleppel és rákapcsolt oltókörral az egyenirá-

nyított áram szaggatásával érjük el célunkat. A szaggatás ütemének módosításával kapjuk a változó motorfeszültséget. Ennek a kivitelnek nagy jelentősége van a többáramnemes járművek megoldásánál, mivel ugyanazt a szabályozási rendszert lehet akár egyen-, akár váltakozóáramú felsővezeték mellett alkalmazni.

A 14c. ábra már egy lépéssel tovább megy, célja a kollektor kiküszöbölése. A motor tekercselése megtartja a szokott egyenáramú armatúratekercselés kivitelét, de itt az állórészbe kerül. A forgórész viszont főáramkörű pólustekercsekkel kiképzett, mint az egyenáramú motor állórésze.

Az armatúra kollektor-kivezetései itt az ábrán látható szeleppáramkörökre csatlakoznak. A kapuszelepek vezérlésével, az oltóáramkörök (itt csak jelöltük, de azok a 14b. ábrán használt kivittel lehetnek azonosak) alkalmazásával a forgórész helyzetétől függő vezérlési ütem betartása mellett le lehet képezni mindig a pólusosztásnak megfelelő kommutálási zónát. Így hát a motor működése tulajdonságok tekintetében azonos az egyenáramú motoréval, csak a kommutátort, küszöböli ki, ezért „kommutátor nélküli motornak” szokták ezt a kivitel nevezni. Nem egészen alakult még ki ennél a megoldásnál a 100 Hz-es felhullám kiszűrésének, ill. az energiaáramlás egyensúlya biztosításának kérdése.



14. ábra. Vezérelt félvezetős (tirisztoros) mozdonykapcsolások egyenáramú motorral

a) Félvezérelt hídkapcsolással, b) szagatásos szabályozással, c) Kommutátor nélküli egyenáramú motor

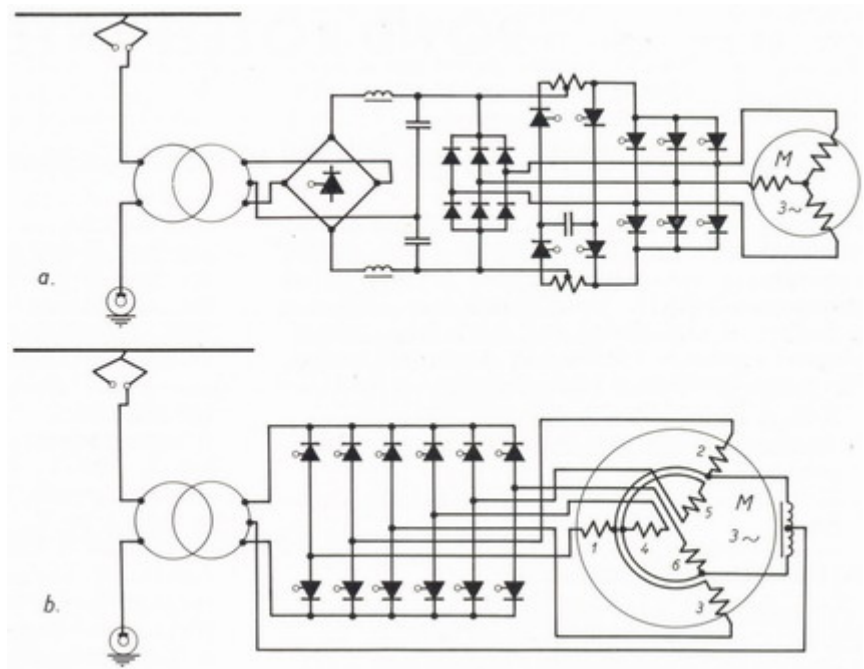
Az ismertetett kapcsolások révén elérhető folytonos feszültségváltoztatásnak a lehetősége vontatási szempontból az állandó vonóerővel való indítás megoldását hozza magával, ami a mozdonyok tapadósúlyának jobb kihasználását teszi lehetővé.

Az *aszinkronmotort* javaslatba hozó megoldásoknál két nagy csoportot lehet megkülönböztetni. Az egyik az eddigiekhez hasonlóan egyenáramból indul ki, eme kiviteli módot mutatja a 15a. ábra. A simított egyenirányított áramot egy kondenzátoros segéd-kapuszelepes kommutáló oltókör és egy háromfázisú vezérelt híd kapcsolja rá a közönséges háromfázisú rövidrezárt forgórészű aszinkronmotorra olyan kapcsolásban és ütemben, hogy abban a változó periódusnak megfelelő változó sebességű forgómozgás keletkezzék. Az első vezérelhető hiddal a feszültséget, a másodikkal pedig a frekvenciát lehet tehát változtatni, így a motor leadott nyomatéka kézben tartható és elvben vele a legkisebb frekvenciáktól a hálózattól független, annál lényegesen nagyobb frekvencia és annak megfelelő fordulatszám is elérhető, természetesen az állandó vonóerővel való indítás lehetőségét beleértve.

Ezzel az egyenáramú közbeső körrel dolgozó megoldással szemben egy másik irányzat a közbeső egyenáramú kör nélküli kivitel, amelyet a 15b. ábra mutat és amelyet a szerző 1935-ben ismerte-

tett. Ez a rendes szerkezetű motortól csak kis mértékben eltérő rövidrezárt aszinkronmotort alkalmaz és egyszerűségével, valamint azzal tűnik ki, hogy az áram simítását nem igényli. A feltüntetett szívófojtótekercs viszonylag kis méretű. A kapcsolással vezérlés útján a legkisebb frekvenciától kb. 40 Hz-ig terjedő sáv fogható át, közbeső feszültségváltoztatás lehetőségével. Ezzel a korszerű vasúti üzem igényei kielégíthetők. E kapcsolás a fázisváltó analógiájára a fázisirányító nevet nyerte. Hogy a fent ismertetett megoldások versenyében melyik fog a műszaki és gazdaságossági jellemzők legmagasabb szintjének elérésével a többi fölé emelkedni, az ma még nem látható tisztán. Az mindenesetre már ma is nyilvánvaló, hogy ebben a fejlődésben az 50 Hz-es átalakítás mozdony elve, Kandó Kálmán eredeti elgondolása, még tovább fog emelkedni a tökéletesedés útján, mind nagyobb területet hódítván meg magának a villamos vontatás köréből. Reméljük, hogy ebből a fejlődésből a magyar mérnököknek ismét módjuk lesz kivenniük részüket.

Kiegészítésként a varsói konferencia során elhangzó vitaindító előadás keretében az akkor legújabb fejlődést vázoló részletet is közöljük. Meg kell jegyeznünk, hogy az előadás papírosra vetése óta a legutóbb ismertetett területen máris komoly haladást lehel elkönyvelni.



15. ábra. Vezérelt félvezetős mozdonykapcsolások indukciós motorral
a) Egyenáramú közbenső körrel. b) Egyenáramú közbenső kör nélkül (fázisirányító).

Bár a vezérelt egyenirányítós technika kétségtelenül az Északamerikai Egyesült Államokban, a félvezető szülőföldjén, áll a legmagasabb fokon, különlegesen a vasúti vontatás területén mégis az európai vezető két villamos vállalat, a Siemens és az AEG halad ebben az élen. Ez valószínűleg azért van, mert a villamos vontatás fejlődését napjainkban a tengerentúli közlekedés-gazdasági viszonyok nem a legelőnyösebben támogatják; viszont a francia-német terület a villamos vontatás mai reneszánszában annál inkább kedvez e fejlődésnek. A francia vonalakon mindkét említett vállalatnak egy-egy kísérleti motorkocsija fut a 14a. ábra kapcsolása szerint, tehát félig vezérelt hídkapcsolással. Teljesen vezérelt híddal is készülnek ugyancsak mindkét vállalat részéről mozdonyok a rajnai külszíni fejtésű bányák részére. Itt az energia-visszatáplálásos megoldás miatt kell a híd mindegyik ágát vezérelni. A 14b. ábra szerinti kapcsolást még teljesen megvalósítani eddig nem sikerült, bár ennek a több-áramnemes mozdonyok területén nagy előnye lenne. Ezzel szemben akkumulátoros tolatómozdonyt

mindkét említett vállalat készített már, az ismertett kapcsolásnak csak a jobboldalát felhasználva.

A 15a. ábra szerinti, az aszinkronmotort alapulvevő kapcsolással a Siemens cégnek készülöben van egy kísérleti motorkocsija, így hát ez az irányzat is rövidesen a megvalósulás állapotába lép. Egy, az előadásban nem ismertetett szerepet kap még a közeljövőben a vezérelt félvezető. Ennek révén ugyanis fokozatkapcsolóval ellátott mozdonyokat folytonos vonóerővel lehet indítani: sőt hagyományos rendszerű ilyen mozdonyokat viszonylag könnyen át lehet majd e módszerűvé alakítani, ami tekintélyes vonóerő növelést hoz magával. A Siemens műveknél ilyen kísérleti berendezés már üzemben van és kilátás van általános bevezetésére a Német Szöv. Vasútnál.*

* Ebből azóta megvalósult az elgondolás bevezető lépése, ti. az 1. ábra 5. sz. alatti átkapcsoló megszakítók kapuszeleppel való helyettesítése. A Német Szövetségi Vasút legújabb E 03 típusú 200 km/órás mozdonyai ezzel vannak felszerelve.

RÖVID KÖZLEMÉNYEK

Gyárunk tevékenysége a helyi közlekedés járműveinek területén

A vasúti járműveknek gyárunk profiljába tartozó villamos berendezései között a felsővezetékes egyenáramú vontatást a közúti és helyi érdekű járművek képviselik. Ilyen járműveket elsősorban a budapesti közlekedési vállalatok részére készítünk. A legutóbbi 15 évben az alábbi járműveket, ill. komplett villamos berendezéseket szállítottuk:

Közúti vasúti motorkocsik (fővállalkozásban).

Trolibuszok villamos berendezése (alvállalkozóként).

Helyi érdekű vasúti motorkocsik (fővállalkozásban).

A) Közúti vasúti motorkocsik

A Fővárosi Villamos Vasút (FVV) részére 1956-65 között készültek az UV típusú kétirányú forgalomra alkalmas négytengelyű távvezérlésű motorkocsik [1]. Ezek a kocsik közbeavatolt pótkocsival hármas szerelvényként ma döntő szerepet játszanak a főváros közlekedésében. A járműrészt a Ganz-Mávag Vagon Gyáregysége készítette.

Az évenként kibocsátott kocsik száma:

1956-ban	44	1961-ben	25
1957-ben	56	1962-ben	25
1958-ban	46	1963-ban	25
1959-ben	54	1964-ben	25
1960-ban	50	1965-ben	25

(Összesen: 375 kocsi.) Az utolsó 100 kocsi (UV 5 típus) csak egy vezetőállással és szélesített középsőajtóval készült.

Az UV kocsik 550 V felsővezeteki feszültségre készültek és üzemszerű villamos fékezésre vannak berendezve. A motorok tekercselése félfeszültségű (520/2 V). A beépített órás teljesítmény $4 \times 44 = 176$ kW. A megengedett legnagyobb sebesség 50 km/ó. Menetkapcsolásban két-két motor állandóan sorba van kapcsolva. Fékezéskor ugyanezek kereszt-kapcsolásban egymással párhuzamosan dolgoznak és így két egymástól független áramkör alakul ki. A többes távvezérlés érdekében a kapcsolóberendezés elektromágneses kontaktorokból áll. A vezérlőfeszültség 24 V.

A főváros megnövekedett forgalmi igényeinek kielégítésére és a villamos berendezés korszerűsítésére a Ganz-Mávaggal együtt fejlesztettük ki a *nyolctengelyű kétirányú csuklós motorkocsikat*. Gyárunk szállítja a teljes villamos berendezést. 1964-ben két prototípus készült el [2]. Az első 10 sorozatkocsi 1967-ben fog pályára kerülni. Az utána következő években a főváros ebből a típusból nagyobb számú kocsit kíván beszerezni.

A csuklós motorkocsi villamos berendezése 600 V névleges feszültségre készült. Az FVV ui. a felsővezeték feszültségét az eddigi 550 V-ról 600 V-ra emeli fel. Az üzemi fék a villamos ellenállásfék.

Órás teljesítmény: $4 \times 66 = 264$ kW. Az UV kocsikhoz hasonlóan a motorok félfeszültségre (600/2 V-ra) készültek. Menetkapcsolásban a soros-párhuzamos indítás után a motorokat két fokozatban 37%, gerjesztési arányra söntöljük. Fékezéskor 2-2 motor körkapcsolásban egymással párhuzamosan dolgozik úgy, hogy két független fékáramkör alakul ki. A sorozatkocsik páronként egymással összecsatolhatók. Ennek érdekében a kapcsolóberendezés elektromágneses kontaktorokból áll. A vezérlőfeszültség 24 V.

Ugyanezzel a villamos berendezéssel fogjuk felszerelni a városligeti ún. millenniumi *földalatti villamos* részére most kifejlesztés alatt álló új többreszes vonategységeket. Az elhasználódás miatt ui. a meglévő kocsiparkot néhány év múlva ki kell cserélni, a különösen alacsony alagút miatt azonban a felszíni járművektől lényegesen eltérő kocsiszelektívt kell készíteni. Az új kocsik forgalomba állításával a vonal teljesítőképessége jelentősen meg fog növekedni.

Tervbe vettük még az FVV ugyancsak 1100 V-os szabadsághegyi fogaskerekű vonala részére új *négytengelyű* motorkocsi kifejlesztését. Az elhasználódás miatt ui. a jelenlegi kocsiparkot - amelyet korábban szintén gyárunk szállított - 6-8 év múlva ki kell cserélni. A vonal teljesítőképességének fokozására az FVV több motorkocsi összecsatolását irányozta elő, ezért ezeket a kocsikat is többes távvezérlésre alkalmas villamos berendezéssel irányoztuk elő. A visszatápláló fékezés érdekében kettős gerjesztésű motorokat szándékozunk alkalmazni.

E motorkocsik sorsát nagymértékben befolyásolja még a mechanikus rész Magyarországon történő kifejlesztésének lehetősége.

B) Trolibuszok

1952 és 1956 között gyárunk készítette az Ikarus gyár által az FVV-nak szállított 155 trolibusz villamos berendezését a kocsik szerelésével együtt [3].

Az évenként gyártott, kocsik száma:

1952-ben	8
1953-ban	18
1954-ben	72
1955-ben	36
1956-ban	21

A hajtómotor kettős gerjesztésű, feszültsége 600 V, órás teljesítménye: 86 kW. A megengedett legnagyobb sebesség 50 km/ó. A trolibuszok visszatápláló és ellenállásos villamos fékezésre vannak berendezve. A kapcsolóberendezés láb controllerrel közvetlenül vezérelt elektromágneses kontaktorokból áll.

C) Helyiérdekű vasúti motorkocsik

A Budapesti Helyiérdekű Vasút 1000 V feszültségű vonalai részére gyárunk 1952-ben 14 távvezérlésű négytengelyű motorkocsit szállított. Ezeket a ko-

csikat két motorkocsi közé csatolt négy pótkocsival gyorsvasútszerű forgalomra terveztük. A járműrész a Dunakeszi Járműjavító Vállalat készítette.

A motorok félfeszültségre készültek, 2-2 motor állandóan sorbakapcsolt egységet képez. A motorkocsik nincsenek villamos fékezésre berendezve. A motorok órás teljesítménye $4 \times 103 = 412$ kW. Maximális sebesség 70 km/ó. A kapcsolóberendezés elektropneumatikus kontaktorokból áll.

Ezt a sorozatot eddig nem követte újabb szállítás. A most kezdődő harmadik ötéves tervben gyárunk előirányozta a BHÉV részére korszerű, a gyorsvasúti forgalomnak mindenben megfelelő, automatikus működésű, villamos fékezésre is alkalmas teljesen új villamos berendezés kifejlesztését 2 motor és 1 közbeavatolt pótkocsiból álló szerelvények részére.

G. P.

IRODALOM

[1] Gábor P. A budapesti új négytengelyű közúti villamos motorkocsi. Elektrotechnika. (Bpest) 1958. 348. old.

[2] Gábor P. A „Ganz” csuklós közúti villamos motorkocsik prototípusainak villamos berendezése. Ganz Villamossági Közlemények 3. sz. (1966) 49. old.

[3] Déri E. A trolibuszok villamos berendezése megválasztásának szempontjai. - Az „Ikarus” trolibusz ismertetése. Villamosság 1955. 100. old.

Mérőtranszformátorok 60-400 kV-ra

Valamely gyártmány vagy gyártmány-sorozat műszaki értékelésénél általános irányelv a korszerűség és a gazdaságosság, más szavakkal: a gyakorlati igények kielégítése a legkisebb költség árán.

Mérőtranszformátorok esetén a korszerűség felhasználói szempontból az alábbi követelményeket jelenti:

1. Felügyelet és számottevő karbantartási igény nélküli zavartalan működést, minél hosszabb élettartam mellett.
2. Hálózati zárlatokkal és túlfeszültségekkel szembeni ellenálló képességet.
3. Előírt pontosságú, érték és fázishelyzet szerinti transzformációt, a szükséges teljesítmény szolgáltatása mellett,

- a primer oldali feszültség ill. áram névleges értékénél és ezek üzemszerű változásának tartományában (feszültségváltóknál $0,8 U_n$ és $1,2 U_n$ között, áramváltóknál $0,05 I_n$ és $1,2 I_n$ között).

- zárlatok alkalmával áramváltóknál a névleges áram kb. 20-szorosáig, feszültségváltóknál $0,05 U_n$ és $1,2 \sqrt{3} U_n$ között.

4. Zárlatok esetén a primer mennyiségek minél pontosabb leképezését a szekunder körben, már a zárlati áram első félhullámától kezdődően.

5. A lehetséges legkisebb körvonalméreteket, összszúlyt, olajsúlyt és előnyös beépítési lehetőségeket.

Az energiamennyiségek pontos mérése és a védett berendezések nagy értéke miatt a felhasználó szempontjából a felsorolt követelmények elengedhetetlenek s ezekhez képest az árkérdés másodlagos jelentőségű.

Másként jelentkezik a kérdés a gyártó szempontjából, ahol a fenti korszerűségi követelményeket az önköltséget csökkentő konstrukció és gyártási követelmények bővítik, így

- a legcélszerűbb konstrukció és anyagok kiválasztása,
- sorozat-jelleg biztosítása, növekedési törvények megállapítása, amelyek a legkedvezőbb anyagfelhasználást eredményezik, közös alkatrészek alkalmazása és szabványosítása,
- minél több variáció megvalósítása változatlan főméretek mellett, szerszámozhatóság, kézi munkák gépesítése stb.

A fenti sokrétű feltétel biztosítása alapos, tervszerű munkát és időt igényel. Mivel a hazai energiarendszer fejlődése által megkövetelt időre ezt a Ganz gyár adottságai mellett nem lehetett biztosítani, legcélszerűbbnek licenc-típusok honosítása látszott. Az adott lehetőségek mellett, erre a célra legmegfelelőbbnek a Sprecher és Schuh sorozatokat találtuk.

A következőkben megvizsgáljuk, hogyan felelnek meg a választott típusok a vázolt követelményeknek.

AOK típusú áramváltó-sorozat

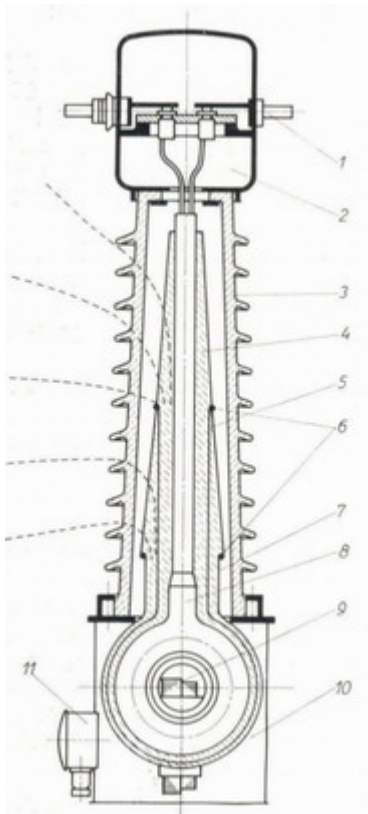
Az AOK típusú áramváltó-sorozat tagjai fazéktípusúak. A sorozat, azonos konstrukciós elv szerint épül fel: a szigetelt primertekercs és a gyűrű alakú vasmagok, a rájuk tekercselt toroid szekunder tekercsekkel, láncszemként egymásba hurkolódó, keresztgyűrűs rendszert alkotnak. A konstrukciós felépítést vázlatosan az 1. ábra mutatja. A primer tekercs, amelynek kábelsodrony-szerkezetű vezetői papírszigeteléssel vannak ellátva, az 1:2 vagy 1:2:4 arányú átkapcsolási lehetőségnek megfelelően 2 vagy 4 tekercsrészből áll. Az átkapcsolás a konzervátor külső oldalán történik.

A típusok normál kivitelben 1200 árammenettel készülnek. Termikus határáramuk $100 I_n$, dinamikus határáramuk $2,5 I_p$, azonban max. 75 kA. A zárati erők felvételére a meneteket ill. tekercsrészeket bandázs-szalagozás fogja össze, továbbá

függőleges síkkal osztott kétrészes sárgaréz burkolat és ahhoz csatlakozó, a kivezető-szálakra húzott rézcső rögzíti. Ez a burkolat a nagyfeszültségű elektróda, melyen gépi úton történő papírszalagozás képezi a potenciálvezérléssel ellátott főszigetelést. A primer tekercs gyűrűs részén lévő szigetelés külső felületén, réztextília szalagozásból, földelt potenciálfelület van kiképezve. Így a szekrényben levő olaj villamosan nincs igénybe véve és csak a megfelelően vákuumozott papírszigetelés olajteltettségét biztosítja. A földelt felület a szigetelőbe is benyúlik s ott egy sugárzó-gyűrűben végződik. A szigetelés egyenletes igénybevételének biztosítására a megfelelő rétegekben hasonló potenciálfelületek vannak elhelyezve, amelyek a kivezető részbe felnyúlva, annak kondenzátor átvezető-szerű vezérlést adnak. Egyúttal a nagyfeszültségű szigetelő külső felületén is egyenletes feszültségeloszlást hoznak létre. A 2. ábra a 170 kV-os típus gépi szigetelésének készítését mutatja.

A szigetelés fenti technikáját a Delle cég dolgozta ki [1] az 1940-es években, ahonnan a Sprecher és Schuh is átvette. Jelenleg mindkét cég alkalmazza. A típusok, a magok előírt teljesítményétől és rendeltetésétől függően, 1-4 magos kivitelben készíthetők, 5, 1 vagy 2 A névleges szekunder áramra. A vasmagokat hőkezelés után, gépi úton tekercselik be a primer tekercsbe, amelyekre egyenletesen elosztva tekercselik rá a szekunder tekercseket. A szekunder tekercsek végei, a kábel-fejjel ellátott kapocsszekrényben levő, kivezető-csavarokhoz csatlakoznak. Az áramváltók légmentesen zártak. A szigetelő fejrészére szilumin-öntvényből készült konzervátor van szerelve. Az olajteret gondos vákuumozás után nitrogén-gázpárna zárja le, amely az olaj tágulását biztosítja. A 3. ábrán GANZ-gyári AOK 150 prototípus-áramváltók vákuumozás, a 4. ábrán pedig egy kész AOK 150 típusú áramváltó látható. Az áramváltókat görgős alvázra szerelve, vagy alváz nélkül szállítjuk. A külső vasrészek tűzi horganyozása is lehetséges.

A sorozat minden tagja közönséges, nyitott vasúti kocsin szállítható, a 400 kV-os típus ferde állványra erősítve, döntött helyzetben.



1. ábra

1 - Primer kapcsolók, 2 - Konzervátor, 3 - Szigetelő, 4 - Papírszigetelés, 5 - Kondenzátor-betétlemez, 6 - Sugárgógyűrű, 7 - Földelt potenciál-felület, 8 - Primer tekercs, 9 - Vasmagok és szekunder tekercsek, 10 - Szekrény, 11 - Szekunder kapcsolószekrény, szekunder kapcsolók

Különleges kivitel

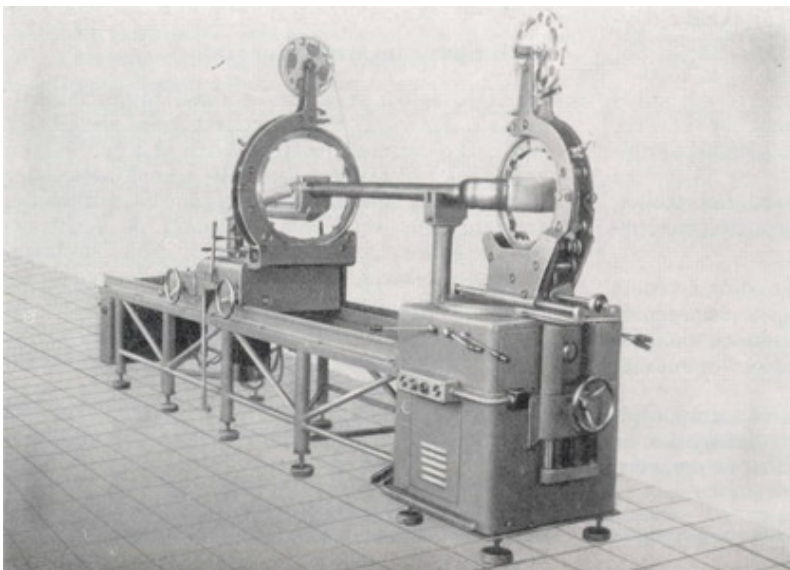
A durvafokozatú kondenzátor átvezetőként kialakított nagyfeszültségű kivezetés 20 kV-os betétrétegének kivezetéséhez 245 kV és nagyobb feszültségeken középfeszültségű induktív feszültségváltó

csatlakoztatható az 5. ábra szerint. Ez a szigetelés kapacitásaival kapacitív feszültségváltót alkot, amelyről 0,5 vagy 1-osztályú mérsékelt teljesítményt nyerhetünk. Ez szinkronozáshoz, távolságvédelem működtetéséhez stb. elegendő.

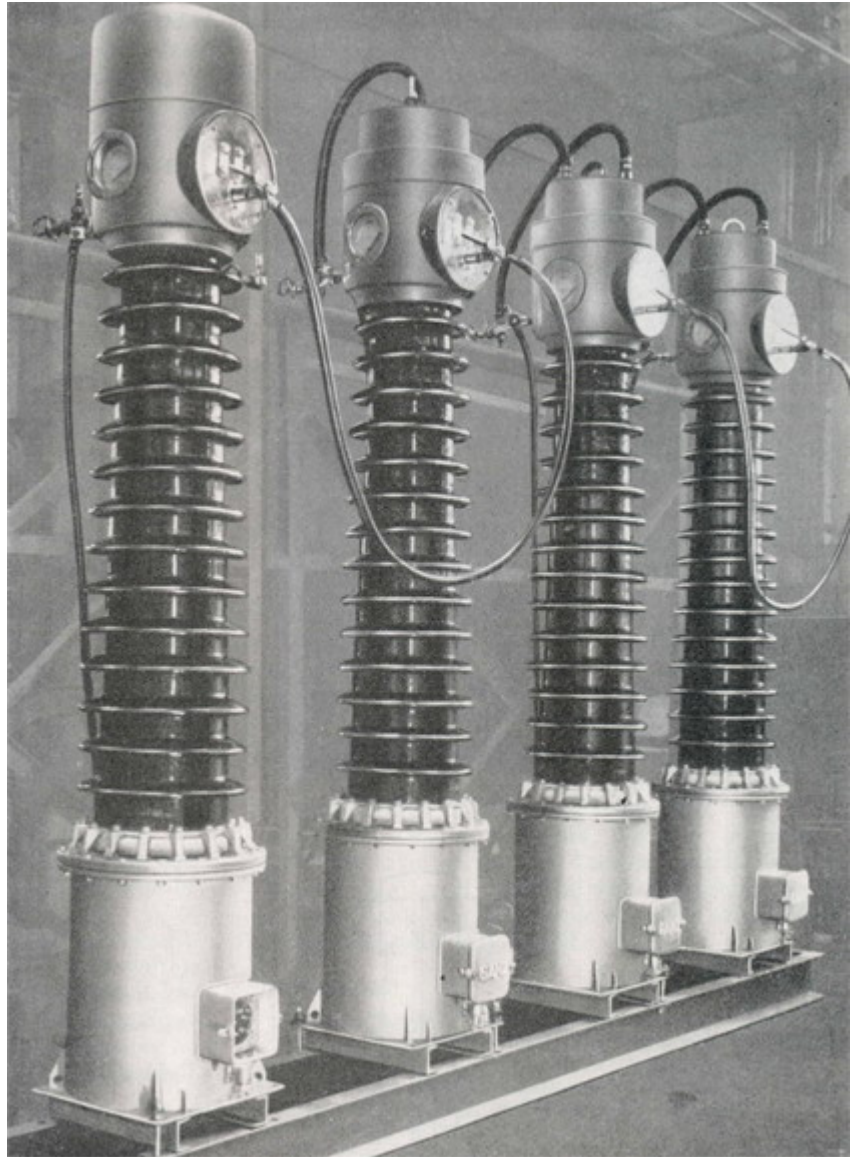
A normál kivittől eltérően az áramváltók - kívánásra - nagyobb termikus és dinamikus határárakokra is készíthetők s ködszigetelővel is szállíthatók.

FFOK típusú feszültségváltó sorozat

A sorozat tagjai külső formára támszigetelős típusok. A sorozat szigetelésteknikailag hasonló az áramváltókhoz, de nyitott vasmagú tagokból áll. (A 60 kV-os típus zárt vasmagú és hasonló a hazai VEOF 66-hoz, de korszerűbb kivitelű). Az elv első ízben az AEG által alkalmazott nyitott, osztott rúd vasmagos megoldás [2] szellemes továbbfejlesztése. Konstruktív felépítését a 6. ábra tünteti fel. A nyitott vasmagra először a szekunder tekercsre szerelik fel. A főszigetelést a szekunder tekercsre húzott szigetelőcsőre gépi úton felvitt papírszalagozás alkotja, amely a föld felé lépcsőzetesen csökken. A primer tekercsrészek kettős, peremes műgyantacsévére vannak tekercselve. A tekercstestek belső átmérője a szigetelés átmérő-lépcsőzéséhez illeszkedik. A tekercsek sorbakötési pontjaihoz a szigetelési lépcsők között elhelyezett potenciál felületek megfelelő kivezetései csatlakoznak. (6. ábra) Ezek a betétrétegek a szigetelés radiális és axiális vezérlése mellett, a szigetelő külső felületén is egyenletes feszültségeloszlást alakítanak ki. Ez a megoldás lökőfeszültségnél egyenletes eloszlást eredményez a tekercs mentén.



2. ábra



3. ábra. AOK 150 típusú áramváltók vákuumozása saját szekrényben

A feszültségváltók maximálisan két $100\sqrt{3}$ V-os vagy $200\sqrt{3}$ V-os szekunder tekercssel készíthetők. Kívánságra földzárlatjelző tekercs is lehetséges.

A nyitott vasmag következtében e feszültségváltók áttételi-hibagörbéje $0,05 U_n$ és $1,2 \cdot \sqrt{3} U_n$ között gyakorlatilag állandó, ami védelmi szempontból előnyös.

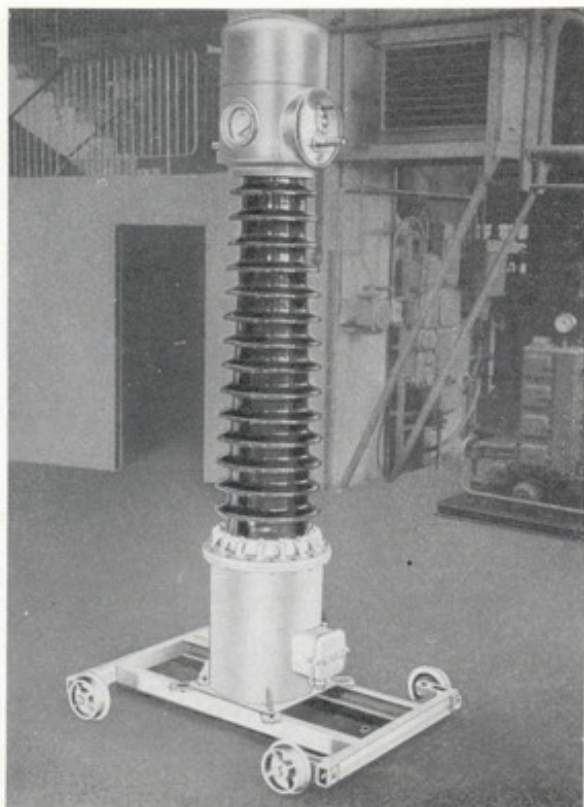
A nyitott vasmaggal együtt járó nagy induktív áram által okozott szöghiba kompenzálása a Sprecher és Schuh által szabadalmaztatott kapcsolás szerint történik. (7. ábra)

A támszigetelő alul sziluminöntvényhez csatlakozik, amelyre a teljes aktív rész is fel van erősítve. Ez az öntvény tartalmazza a kábelfejjel ellátott kapocsszekrényt, olajleeresztő szelepet és a korrekciós transzformatort is. A feszültségváltó típusok is légmentesen zártak. A konzervátor

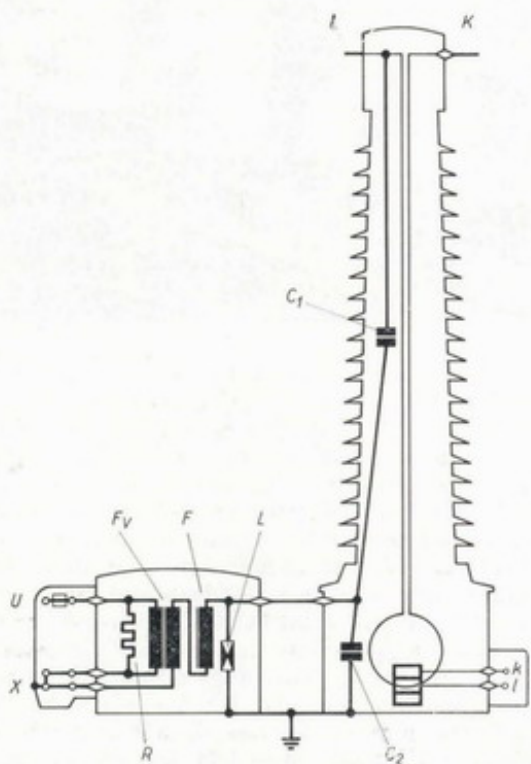
sziluminöntvény. Az olaj tágulását nitrogén gázpárna, vagy membránlemez teszi lehetővé.

A feszültségváltók görgős alvázra szerelve vagy alváz nélkül rendelhetők. Szállításuk közönséges, nyitott vasúti kocsin lehetséges.

Mindkét sorozat tagjainak megfelelően előkészített olajjal való feltöltése a szigetelés gondos vákuumozása után (10^{-2} Torr) történik. A tömítések olaj alatt vannak. Az olajleeresztő szelep ólomzárral van lezárva. Felbontása és olajcsere csak a megadott gyári előírás szerint eszközölhető. Ilyenkor azonban 10^{-1} Torr-ral való vákuumozás szükséges. Az olajtér fölötti gáznyomást, kb. 3 évenként kell ellenőrizni. Egyébként a típusok felügyeletet és különösebb karbantartást nem igényelnek. Élettartamuk a tapasztalatok szerint igen hosszú.

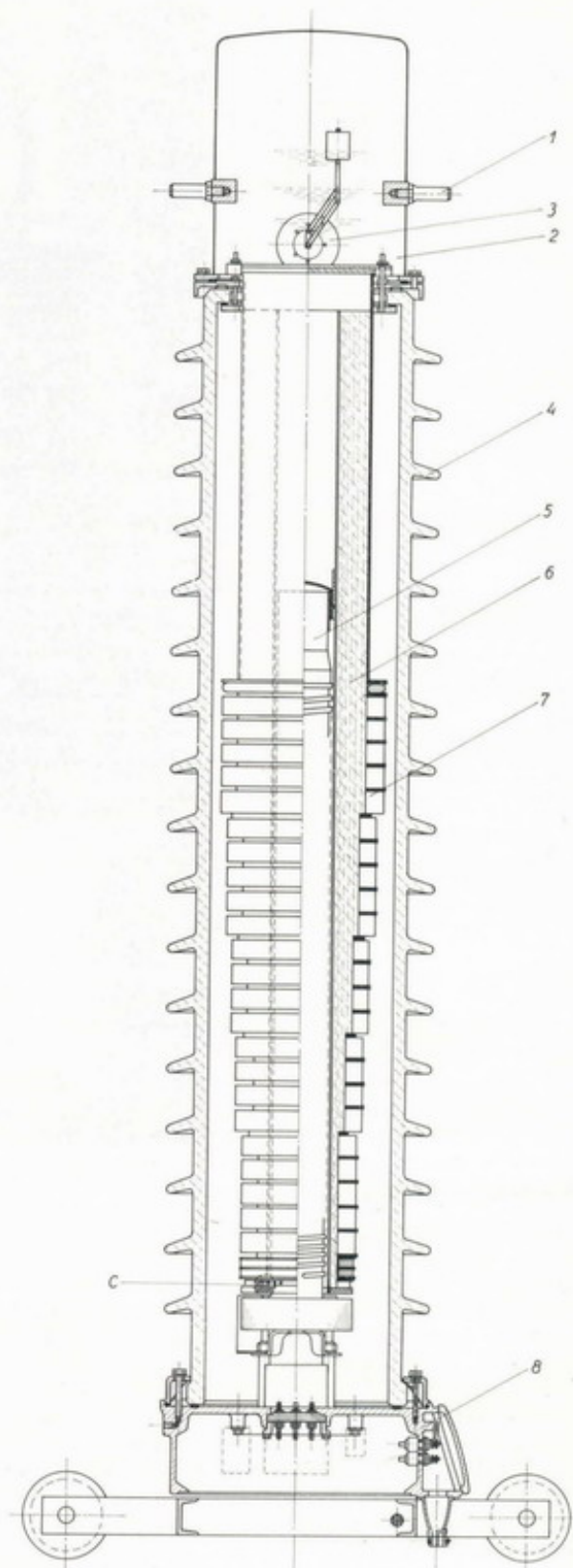


5. ábra. AOK típusú áramváltó



5. ábra. AOK típusú áramváltó kapacitív feszültségváltóval kombinálva.

C_1 - C_2 - kapacitív feszültségosztó, F - fojtótekercs, F_v - feszültségváltó, L - levezető, R - csillapító ellenállás, $u-x$ - a feszültségváltó szerk. kapcsai, $K-L$ - áramváltó primer kapcsai, $k-l$ - az áramváltó szek. kapcsai



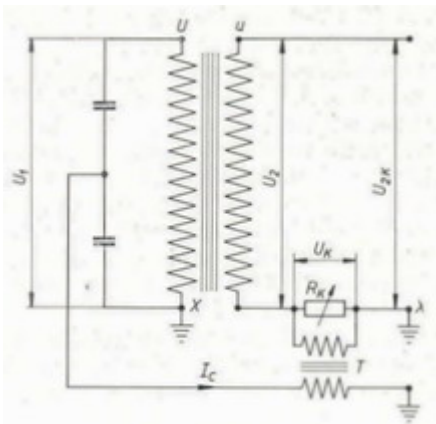
6. ábra. FFOK típusú feszültségváltók konstrukciós felépítése.

1 - Primer csatlakozó-kapcsok. 2 - Konzervátor 3 - Olajállás-mutató 4 - Nagyfeszültségű szigetelő 5 - Vasmag és szekunder tekercsek 6 - Főszigetelés, kondenzátor-betétrétegekkel 7 - Primer tekercs, 8 - Öntvénysekrény és szekunder kivezetések

A lényeges munkaműveleteket (szigetelés, vasmag-tekerceselés, stb.) gépesítettük. Az áramváltók fémburkolatának gyűrűs része sajtoltszerű felekből készül, a feszültségváltó tekercstestei műgyantaöntéssel. Egy tekercstest, ill. tekercsrész több típusnál is használható, közös alkatrész. Ezekből megfelelő előregyártás is lehetséges.

A típusok széleskörű felhasználhatóságára jellemző, hogy bármely szabvány szerinti követelmények kielégítésére alkalmasak, földelt vagy földetlen rendszerben egyaránt.

Körvonalméretei szállítási és beépítési szempontból is igen kedvezők. Előnyös összsúlyuk folytán a váltók alapozási költsége is csökken, betonoszlopokra is szerelhetők.



7. ábra. Szöghiba kompenzálás az FFOK típusú nyitottvasmagú feszültségváltóknál.

A típusok külső feszültségvezérlése folytán, egymás zavarása nélkül, közvetlenül egymás közelében is beépíthetők.

A választás célszerűségét indokolja az a fejlesztési irányzat is, mely a különálló egységek irányában halad, a kombinált típusokkal szemben. Feszültségváltóknál a kapacitív típusok ellen szól, hogy a 4. alatti követelmény teljesítésére elvi okok miatt nem alkalmasak, továbbá 0,2 osztálypontossággal nem készíthetők. Az induktív típusokkal szemben nem jelentenek komoly konkurenciát.

A fentiek alapján reméljük, hogy az új típusok gyártási szempontból is kedvező eredményeket hoznak és a hazai tapasztalatok is igazolni fogják e típusoknak a világpiacon elfoglalt színvonalát és választásunk helyességét.

IRODALOM

- [1] Charles Bresson: La technique actuelle des transformateurs de courant á très haute tension. RGE Editeur 1945.
- [2] R. Küchler: Ein Trockenspannungswandler für höchste Spannungen. ETZ 58 Jahrg. 1937. Heft 8. Seite 203
- [3] L. Erhart: Oelarme Störwandler für Höchstspannungen 60...400 kV. Neues von Sprecher und Schuh Jahrgang 1955. Nr. 2.
- [4] L. Erhart: Spannungswandler mit Stabkern für Höchstspannungen. BSEV 1956. Nr. 25.

Gábor Károly

Készülnek a gödi alállomás 400 kV-os berendezései

Göd mellett épül az első magyar 400 kV-os transzformátorállomás. Gyárunknak jutott, az a szép műszaki feladat, hogy az állomáshoz szükséges 400 kV-os berendezéseket elkészítse.

Transzformátorok

Az állomásra első kiépítésben egy 360 MVA névleges teljesítményű transzformátorcsoport kerül, amely 3 db üzemben levő, egyenként 120 MVA névleges teljesítményű egyfázisú transzformátorból és egy negyedik ugyanilyen tartaléktranszformátorból áll.

A transzformátorokban 400/126 kV névleges feszültségeknek megfelelő takarékkapcsolású főte-

kerceselés és 18 kV-os tercier tekercselés lesz. A 126 kV-os feszültség +10 és -11% határok közötti terhelés alatti szabályozásához minden transzformátorhoz különálló egyfázisú feszültségszabályozó tartozik, amelynek szabályozó tekercse a takarékkapcsolású főtekercsek és a csillagpont közé kapcsolódik. A 18 kV-os tercier tekercselés egyrészt a feszültségszabályozók gerjesztésére, másrészt a hálózat meddő teljesítményének kompenzálásához szükséges sönt fojtótekercsek, ill. szinkron kompenzátor táplálására szolgál. A 18 kV-os tercier tekercsek háromfázisú névleges teljesítménye 100 MVA.

A transzformátorok tervezéséhez több előkísérletet végeztünk. A tekercselések 1:1 léptékben elkészített modelljén megállapítottuk a lökőfeszültség-

eloszlást. Elektrolitikus kádban végzett modellmérésekkel meghatároztuk a villamos téreloszlást a nagyobb igénybevételű helyeken. Az így kapott, eredmények alapján méreteztük a szigetelést. Végül külön modellek készültek a szigetelés legjobban igénybevett részeiről és ezeket teljes próbafeszültséggel kiprobáltuk.

A transzformátorok jelenleg gyártásban vannak. Az első egyfázisú egység a hozzátartozó feszültségszabályozóval a tervek szerint 1967. végére készül el.

Az alállomás *400 kV-os mérőtranszformátorai* Sprecher és Schuh licencia alapján készülnek. E típusok a korszerű típusokon belül is élvonalhoz tartoznak: a legszigorúbb mérési- és védelmi követelmények üzembiztos kielégítésére alkalmasak, igen előnyös körvonalméretekkel, súlyadatokkal (minimális olajsúly), légmentes lezárással, karbantartási igény nélkül.

Az áramváltó jellemző adatai:

Névleges áttétele:	4x400/1-1-1-1 A,
Termikus határárama:	30 kA/1 sec.
Dinamikus határárama:	75 kA
Magadatok:	1. mag 2. mag (MSZ 1576 szerint)
Névleges telj.:	15 VA 30 VA
Hibaosztály:	0,2 0,5
Túl áram szorzó:	<10 <5
3. és 4. mag:	G 500 H 2,5 n _v 10, az MSZ 1577 szerint.

A feszültségváltó jellemző adatai:

Névleges áttétele:	$400000/\sqrt{3} // 2 * 220/\sqrt{3}$ V
A szekunder tekercsek adatai az MSZ 1576 szerint (tekercsenként):	
Névleges teljesítmény:	150 VA
Hibaosztály:	0,2
Határteljesítmény:	2000 VA

Az áramváltók és feszültségváltók névleges feszültsége 400 kV, de a típusjelben szereplő 420 kV maximális feszültségnél nagyobb, 460 kV-os feszültséget is időbeli korlátozás nélkül elbírnak. Próbafeszültségek az MSZ 9250 koordinációs szabvány szerint. A mérőváltók a transzformátorokkal egyidejűleg készülnek és kerülnek szállításra. (A típusok konstrukciós felépítését lásd az előző közleményben).

Készülékek

A *megszakító* annak az egységkamrás sorozatnak 400 kV-os egysége lesz, amelynek tagjai közül néhányat a Dunamenti Hőerőműben (120 kV), és a Győri Alállomáson (220 kV) már üzembe helyeztünk. Megszakítási teljesítménye 20000 MVA, 400 kV-nál, üzemi áramerőssége 2000 A. Korszerűségét tekintve élvonalbelinek nevezhetjük, mivel ilyen feszültségre nagyobb teljesítményű kis olajterű megszakító nincs a világpiacon, azon kívül különleges zárlatokat is biztonsággal szakít meg. Működető rendszere nagy nyomású olaj-pneumatikus hajtás, amely lehetővé teszi a gyors működésen kívül a gyors visszkapcsolási ciklusok végrehajtását is.

A megszakító egység szerelését és próbáit nagy gondossággal végzik gyárunkban. A beérkezett, anyagokat is már részletesebb vizsgálatoknak vetik alá, a szennyezések, ill. a rozsdásodás megakadályozására különleges gonddal kezelik. Forgácsolásnál nagy számú szerszám alkalmazása biztosítja az egyöntetűséget, a méretpontosságot és a cserélhetőséget. Szerelésnél az egyes részletekalkatrészeket, ill. egységeket (pl. szelepek) meghatározott próbáknak vetik alá, az egyes elemeknek a működését különállóan vizsgálják meg. A teljes berendezéshez előírt próbák nemcsak a működőképességet bizonyítják, de a berendezés tartósságára, pontosságára is biztosítékot adnak. A *400 kV-os szakaszoló* felépítésében eltér az eddig ismertektől, mert készmozgása függőleges irányú. Ez lehetővé teszi, hogy viszonylag közel helyezzük egymáshoz a pólusokat, ugyanakkor függőleges irányban a térigénye nem olyan nagy, hogy az állomás egész elrendezését zavarná. A szakaszolón levő feszültségvezérlő elemek biztosítják, hogy sugárzás, ill. koronajelenség üzem közben nem lép fel, erősített szigetelői pedig szennyezettebb légkörben is üzembiztosak. Szerelési szempontból nem jelent különösebb problémát, mivel az elemek kivitele az eddig gyártott szakaszolókéval azonos, így a kifogástalan gyártást nehézség nélkül biztosítani tudja. Üzemárama 2000 A, így bármilyen 400 kV-os megszakítóhoz használható. Mechanikai szempontból az alkalmazott háromlábú támszigetelők lehetővé teszik a nagy vezetékhúzást.

Új készülék lesz még ezen alállomáson a 120 kV-os, 2000 A-es szakaszoló, amely az új egységkamrás megszakítókkal együtt nagy energia továbbítására, ill. elosztására alkalmas. Az új szakaszoló felépíté-

sében csak kevéssé tér el az 1250 A-es típustól, így annak helyére nagyobb átalakítás nélkül beépíthető, vagyis a kétféle szakaszoló gyakorlatilag cserélhető. Nem említjük részleteiben a régebbi gyártású 120 kV, 6000 MVA és 220 kV, 12000 MVA megszakítási teljesítményű egységkamrás megszakítókat, a 120 kV, 1250 A-es és a 220 kV, 1250 A-es szaka-

szolókat. Ezek bevált, gyártmányok, amelyek itt is teljesíteni fogják feladataikat.

Szita Iván
Gábor Károly
Philippovich Győző

JANSEN-rendszerű fokozatkapcsolók szabályozós transzformátorok részére

Gyárunk a régebbi főtranszformátortól különálló szabályozós transzformátorok gyártásáról áttért a korszerű és gazdaságos egybeépített szabályozós transzformátorok gyártására. A fokozatkapcsolók a szabályozós transzformátorok üzemi feszültségét terhelés alatt szabályozzák úgy, hogy szabályozás közben a terhelő áramot nem szakítják meg. A fokozatváltás - azaz a szabályozós transzformátor egyik megcsapolásáról a másikra való átmenet - átkapcsoló ellenállás segítségével történik. Az átkapcsolás közben nagyon rövid időre az egy fokozatrészre eső menetszámot egy ohmos átkapcsoló ellenállás rövidre zárja, és így biztosítja a folyamatos áramátmenetet. Az átkapcsoló igen gyors működtetését rugóerőtárolós hajtás végzi. Az ilyen átkapcsolási elven működő kapcsolókat feltalálójuk után „Jansen rendszerű” kapcsolóknak nevezzük.

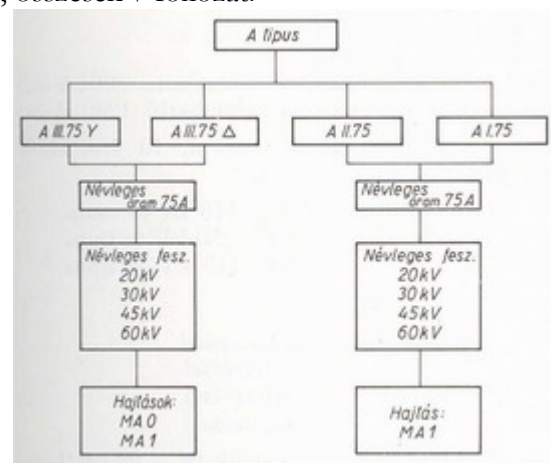
A szabályozós transzformátorokba beépített fokozatkapcsolóknál a beépíthetőség előfeltétele, hogy üzembiztonságuk közel azonos legyen a transzformátor üzembiztonságával. Ezt a feltételt úgy biztosítottuk, hogy olyan fokozatkapcsoló típust választottunk, amellyel kapcsolatban hosszú üzemi tapasztalat áll rendelkezésre és a legkorszerűbb műszaki igényeket is kielégíti. A Transelektro Magyar Villamossági Külkereskedelmi Vállalat gyárunk javaslata alapján megvásárolta a Maschinenfabrik Reinhausen Gebrüder Scheubeck nyugat-német cég Jansen kapcsolók gyártására vonatkozó licenciáját. A licencia révén, családellen felépített fokozatkapcsoló sorozathoz jutottunk.

A fokozatkapcsoló családrendszere a következő: „A” típusú fokozatkapcsolók, amelyek kis teljesítményű, szabályozós transzformátorokban alkalmazhatók.

CY, CA típusú fokozatkapcsolók, amelyek kis és középteljesítményű szabályozós, kályha és egyenirányító transzformátorokban alkalmazhatók.

„D” típusú fokozatkapcsolók, amelyek közép- és nagyteljesítményű, nagyfeszültségű szabályozós transzformátorokban alkalmazhatók.

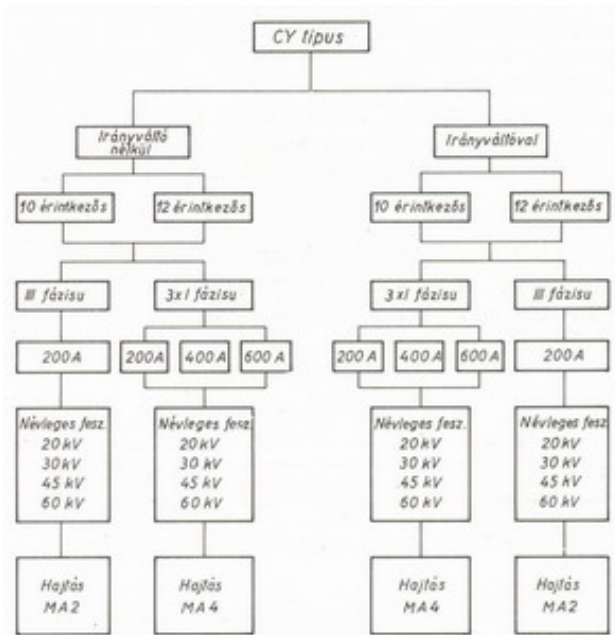
A fokozatkapcsoló a szabályozós transzformátor szekrényében, de annak olajterétől független olajtérben foglal helyet. A mechanizmus rendszere és hajtásai csak ezen a készülékcsaládon belül használhatók. Maximális fokozatszám ± 3 , +1 középállás, összesen 7 fokozat.



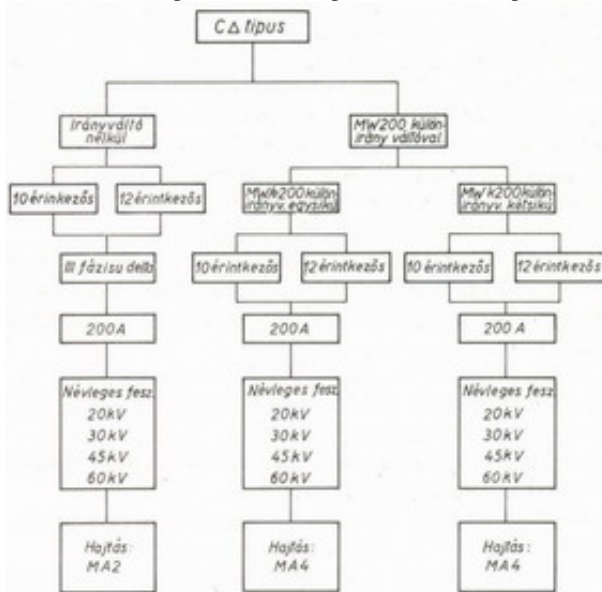
1. ábra. Az „A” típusú fokozatkapcsoló család felépítése.

A CY és CA fokozatkapcsoló a szabályozós transzformátor szekrényében foglal helyet, szintén a transzformátor olajterétől független olajtérben. A CA típusnál MW 200-as külön irányváltó a transzformátor olajterében helyezkedik el, mivel kizárólag feszültség alatt és árammentesen végzi a fokozatváltást, így nem szennyezi a transzformátor olaját.

A CY és CA típusú fokozatkapcsolók közel azonos mechanizmussal rendelkeznek és hajtásaik is megegyezők.



2. ábra. CY típusú fokozatkapcsoló család felépítése.



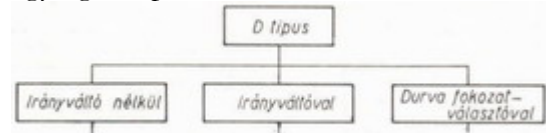
3. ábra. CA fokozatkapcsoló család felépítése.

A CY fokozatkapcsolók háromfázisú csillagponti, továbbá egyfázisú kivitelben fázisonkénti szabályozásra is alkalmasak, különböző áramerősségek és feszültség szintek mellett. A fokozatkapcsolóba irányváltót is be lehet építeni.

A CA típusú fokozatkapcsolók háromszögkapcsolású szabályozós transzformátorok kályha- és egyenirányító transzformátorok részére készülnek. Az irányváltó rész (MW 200) külön egységet képez. A fokozatkapcsolók fokozatszám növelési

lehetőségét (az eredeti fokozatszám 10, ill. 12 érintkező a kerületen) a beépített, ill. külön irányváltó teszi lehetővé.

Az A, CY, és CA fokozatkapcsoló típusoknál a választóhenger és a teljesítmény átkapcsoló a viszonylag kis lépés-átkapcsolási teljesítmény miatt egy egységet képez.



4. ábra. D típusú fokozatkapcsoló család felépítése.

Helyszűke miatt a teljes családot nem lehet ábrázolni. A D típusú fokozatkapcsolók kivételükben lehetnek 3 fázisú csillagponti, vagy egyfázisú delta szabályozásra alkalmas kapcsolók.

D típusú fokozatkapcsolóink összesen 1060 féle változatban készülhetnek. Ezek a változatok sorozat-feszültség, áramerősség, a kerületen elhelyezett érintkezőszám (10, 12, 14, 16, vagy 18 érintkező) szempontjából térnek el egymástól. Készülhetnek ezek a fokozatkapcsolók továbbá irányváltó nélkül és irányváltóval, durva fokozatválasztóval, olajtömör kivitelű, vagy olaj ellen nem tömített kivitelű teljesítményátkapcsolóval, stb.

A D típusú fokozatkapcsolók eltérnek az A, CY, CA típusú fokozatkapcsolóktól, mivel külön teljesítmény átkapcsolóból és külön választó hengerből épülnek fel.

A mechanizmus is eltér az előző típusoktól, de egyes alkatrészek kis %-ban megegyeznek a CY, CA típusok alkatrészeivel.

A hajtások teljesen azonosak a CY és CA típusú fokozatkapcsolók hajtásaival.

A fokozatszámok növelése hasonló módon lehetséges, mint a CY, CA fokozatkapcsolóknál. Az alábbiakban az egyes típusokból egy-egy kapcsoló vázlatos felépítésű rajzát közöljük. Gyárunk a fokozatkapcsoló családok közül egyelőre a CY, CA, D típusok gyártásához kezdett hozzá.

A már átvett típusok egyes jellemzőit az alábbiakban foglalhatjuk össze.

A CY típust a 10191 W kapcsolásnak megfelelően 20, 30, 45 kV-os sorozatfeszültség szinten gyártjuk. A kapcsolási séma számában (10191 W) az első két szám az érintkező számot a kerületen, (tehát 10 érintkezős) a második 2 szám az összes fokozatszámot, (azaz 19 fokozatos) az utána következő 1 szám a középállások számát, (tehát 1 középállással) W a beépített irányváltót jelenti. A fenti feszültség-

sorozaton belül a 3 fázisú típus csak 200 A-es névl. áramerősségre, az 1 fázisú 200, 400, 600 A. névl. áramerősségre készül.

A CA típust az MW 200 külön irányváltóval 200 A névl. áramerősség mellett 20, 30, 45 kV-os sorozatfeszültség szinten 10191 GP, 10291 GP 10371 GP 12471 GP kapcsolási sémáknak megfelelő kivitelben dolgozzuk ki. (GP külön irányváltót jelent.)

A D típusokból a 3 fázisú 200, 400 A-es, 1 fázisú 400, 800, 1200 A-es fokozatkapcsolókat 30, 45, 60, 120, 150 kV sorozatfeszültségre 10191 W kapcsolásban gyártjuk. A D típusú fokozatkapcsolókhoz 3-féle feszültség szintű választóhenger tartozik, nevezetesen 60, 110, és 150 kV-os.

A D típusú kapcsolócsaládból a 180 MVA-es szabályozós transzformátorhoz kidolgoztuk a 950 kV-os 800 A-es 1 fázisú fokozatkapcsolót a 12231 W kapcsolásnak megfelelően.

A fenti kapcsolótípusokhoz a motoros távhajtások két típusa tartozik, nevezetesen az MA2 és MA4 hajtás.

A felszerszámozott alapegységekből a következő készüléksorozatokat állítjuk elő:

CY típusból (2. ábra) csak a 10 érintkezős fokozatkapcsoló típus készült el.

CA típusnál (3. ábra) a teljes készülékcsalád felépíthető.

D típusnál a helyszűke miatt a teljes családot nem lehet ábrázolni. Azokat az alap készülékeket, amelyek már gyárthatók, ill. gyárthatók lesznek, a következőkben foglalhatjuk össze:

Teljesítmény-átkapcsoló alapegységek 10 érintkezős kivitelben:

D III. 200 (D0240)

D III. 400 (D0466)

D I. 800 (D0466-ből áramosztó 800 A-es.)

D 1200 (D0466-ből áramosztó 1200 A-es)

Választóhenger \pm irányváltóval, 10 érintkezős kivitelben.

D III. 200/400 60 kV, 110 kV-os típus

D I. 800 110 kV, 150 kV-os típus

D I. 1200 60 kV, 110 kV-os típus

Motoros távhajtások.

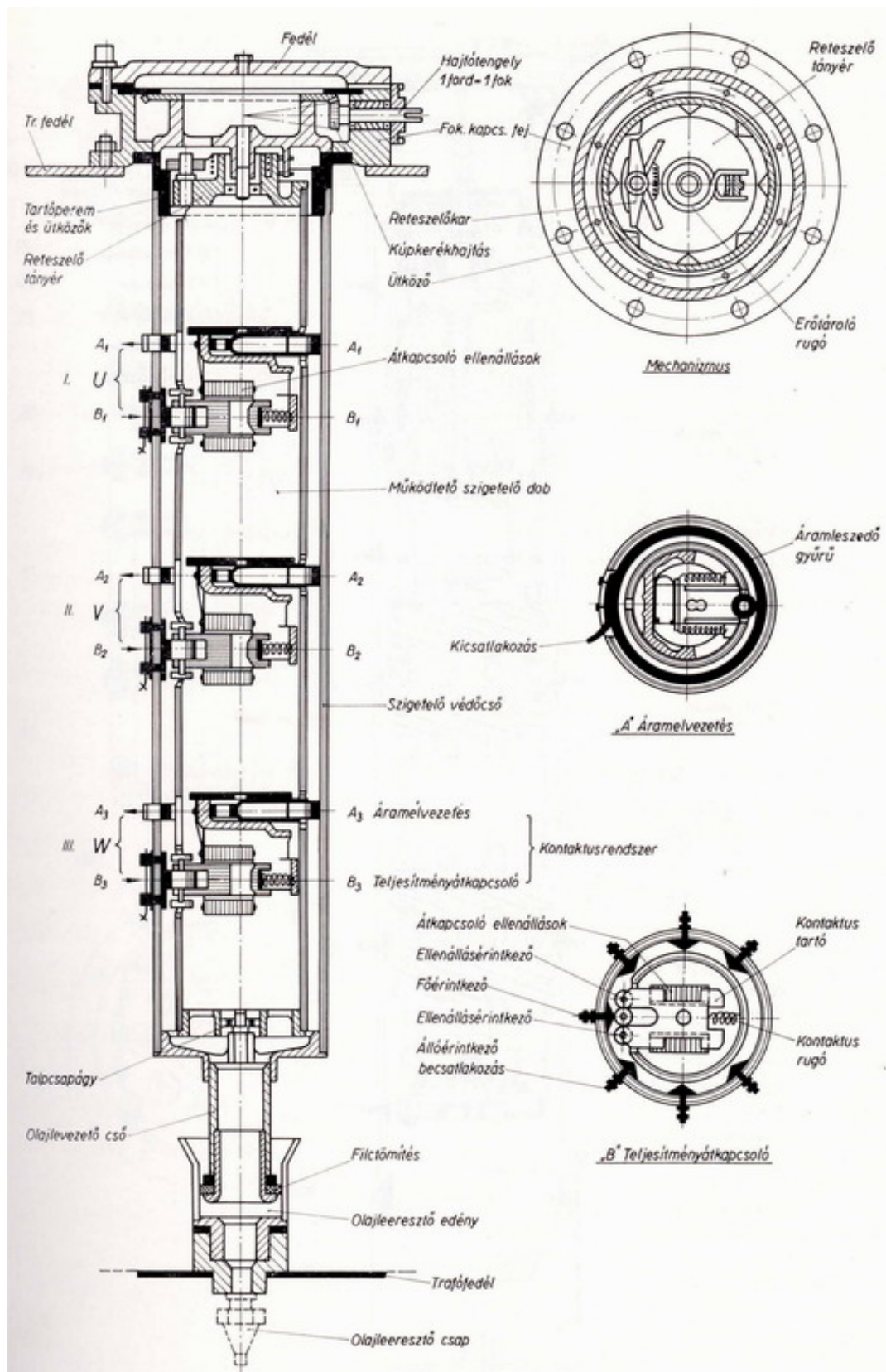
MA 2 műszeres fokozatjelzéssel

MA 2 lámpás fokozatjelzéssel

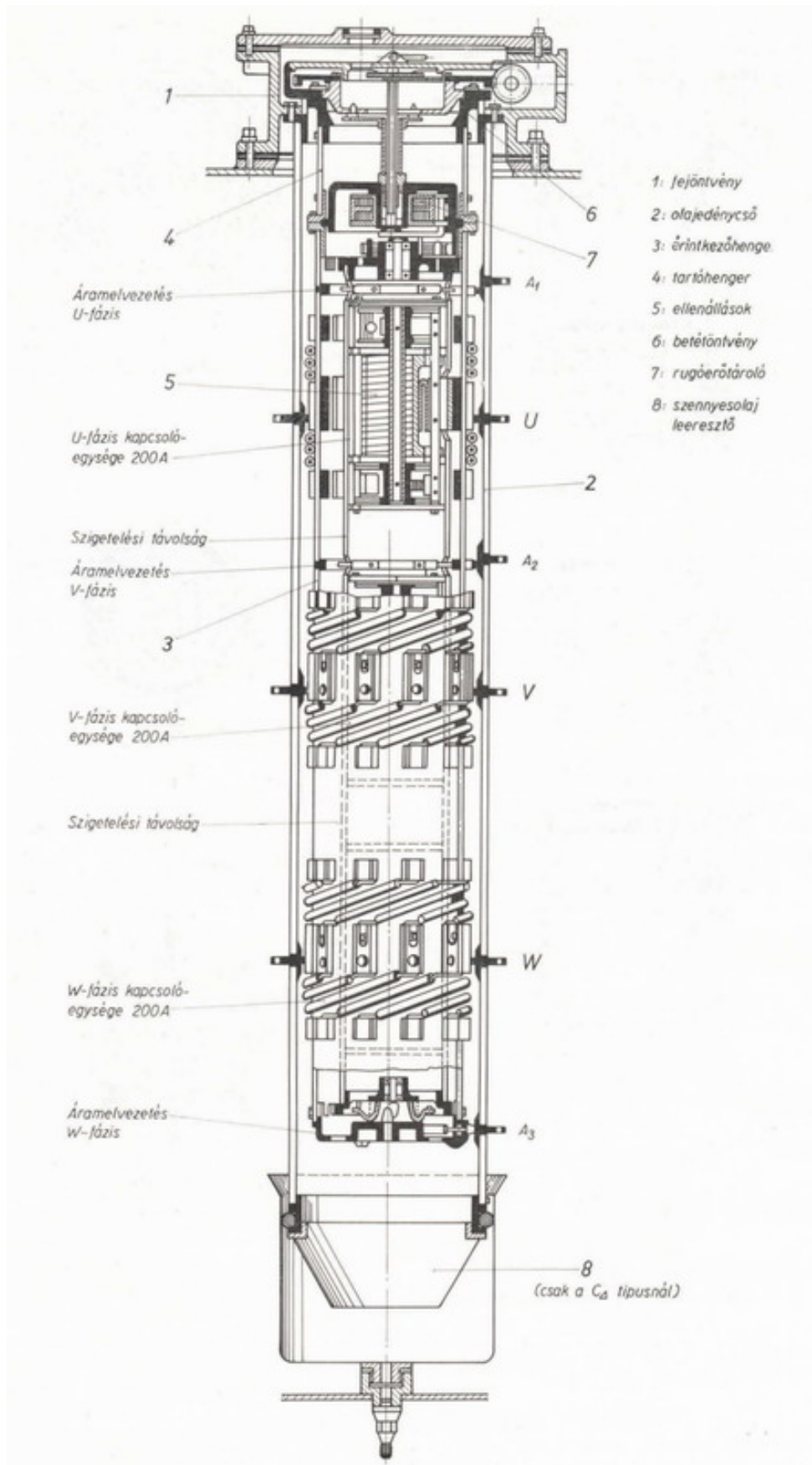
MA 4 műszeres fokozatjelzéssel

MA 4 lámpás fokozatjelzéssel

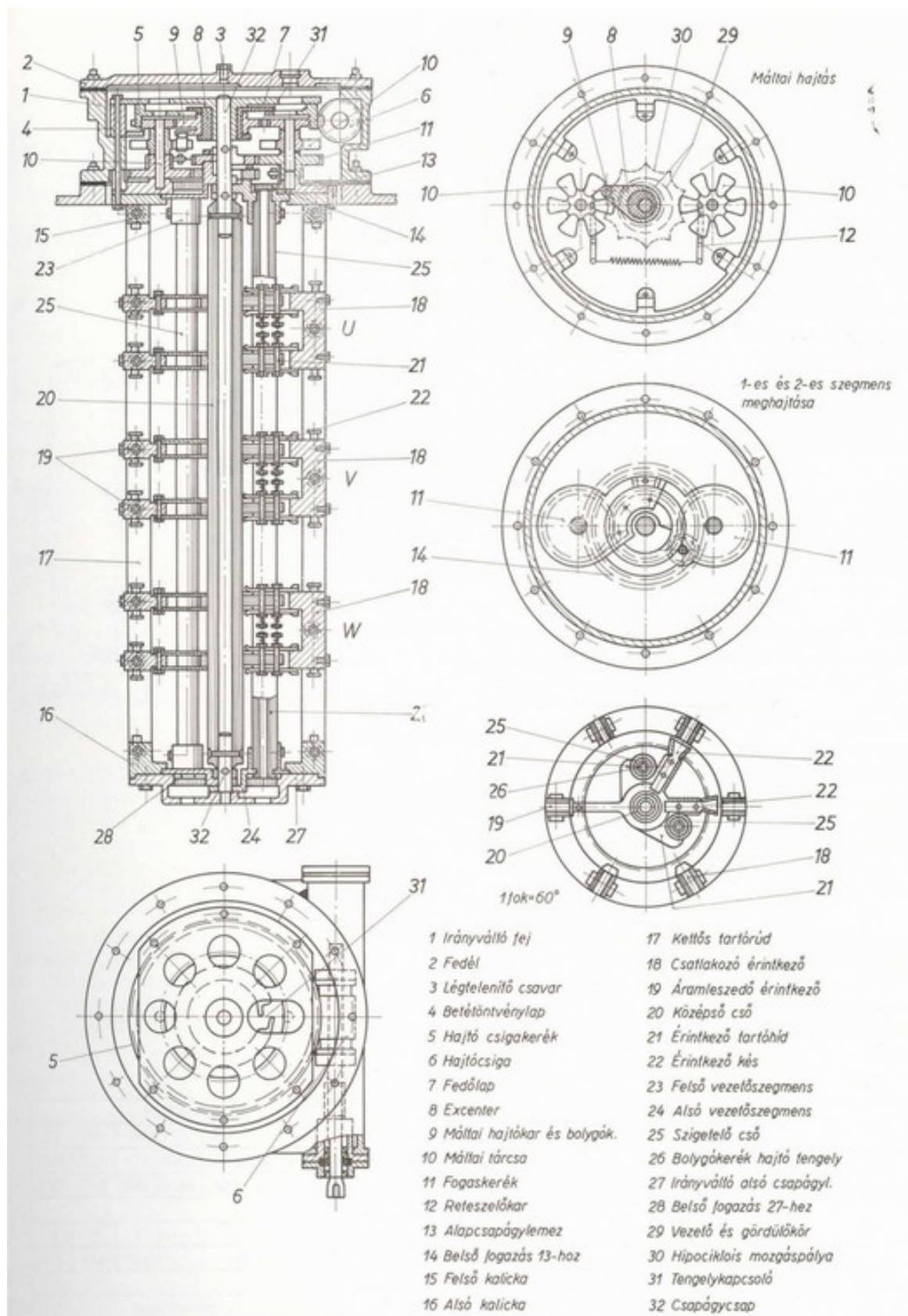
Ezen alaptípusokból építhetjük fel a fokozatkapcsolókat a megadott igényeknek megfelelően.



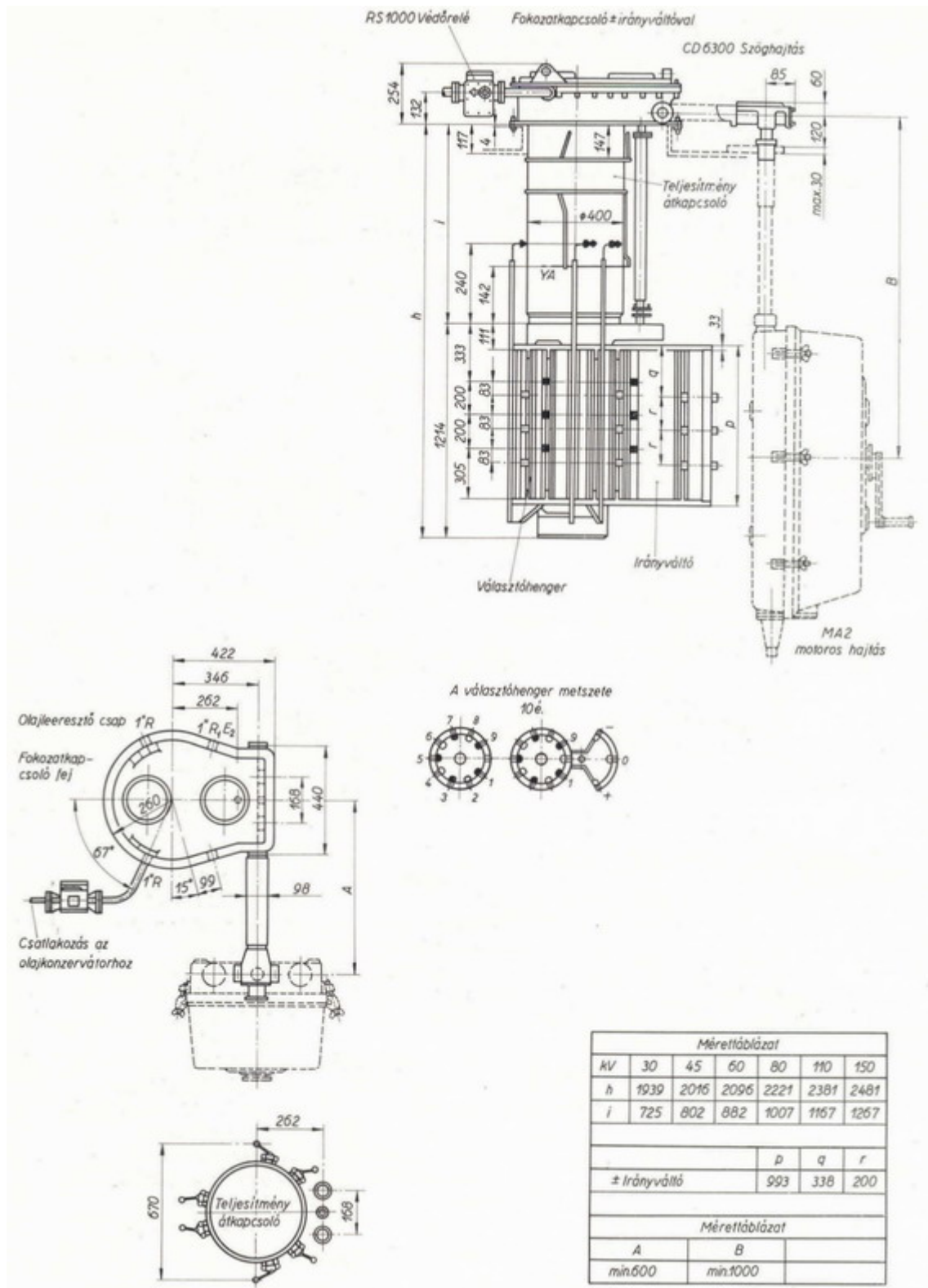
5. ábra. A típusú fokozatkapcsoló vázlatos felépítése



6. ábra. C típusú fokozatkapcsolók vázlatos felépítése



7. ábra. MW 200 külön irányváltó vázlatos felépítése



8. ábra. D típusú fokozatkapcsoló, D III. 200/400-110/60 típusú körvonalrajza.

Sárdi István

Kísérleti hidrogén- és vízűtéses turbógenerátor

Az ún. kísérleti turbógenerátor tervezésénél gyárunk azt a célt tűzte ki maga elé, hogy a gyakorlatban kipróbálásra kerüljenek mindazok a korszerű konstrukciós megoldások, amelyeket a 100 MW-tos és annál nagyobb teljesítményű saját tervezésű turbógenerátor típusainál alkalmazni kíván. Egy kísérleti gép felállítására, mint, legalkalmasabb, a Bánhidai Erőmű kínálkozott, mivel itt egy kb. 20 MW tengelyteljesítményű gőzturbina generátora amúgy is rekonstrukcióra szorult. A generátort úgy tervezték, hogy legalább 65 MVA látszólagos teljesítményt tudjon szolgáltatni, a kis turbinatelsítmény miatt $\cos\varphi=0,3$ teljesítménytényezővel, tehát erősen túlgerjesztve. Ilyen módon kívántuk biztosítani, hogy a gép típusnagysága révén kellő alapot nyújtson a nagy hatásos teljesítményű turbógenerátorok tervezéséhez és legyártásához.

A tervezett gép főbb műszaki adatai a következők:

Látszólagos teljesítmény	65 MVA (névleges)
Teljesítmény-tényező	$\cos\varphi=0,3$
Kapocsfeszültség	10500 V
Hidrogén nyomása	3 ata
Rövidzárási viszony	0,465
Forgórész súlya	22 t
Legnagyobb emelendő súly	62,5 t
Összsúly gerjesztővel	149 t

A gép legfontosabb jellemzője a forgórész közvetlen hidrogénűtésének teljesen új megoldása, amely a Ganz Villamossági Művek szabadalmát képezi. E hűtési rendszerben a forgórész palástja mentén a hűtőgáz a nagyszilárdságú alumíniumöt-vözetből készült horonyékek megfelelően kialakított nyílásain át, a légrésből jut a radiális elrendezésű hornyokba, és ugyancsak a légrésbe áramlik vissza. A hornyokban a hűtőgáz áramlási iránya - más hűtési rendszerekkel ellentétben - nem axiális, hanem a menetekben kialakított rövid csatornákon át tangenciális. Ugyanakkor a közvetlenül hűtött rézfelület a rotor palástfelületének kb. 6,3-szerese, az 1 cm³ rézre eső hűtőfelület pedig kb. 2,4 cm², tehát igen nagy. Jellemzője még a rotorhűtésnek, hogy a vezetők csatornáiban a hidrogén áramlása az aránylag kis gázsebességek mellett lamináris, de a felületi hőátadási tényező - és ebbe belejátszik a csatornák rövid áramlásiirányú hossza is - viszonylag kedvező. A tekercsfejekben a hűtőgáz átáramoltatását a bandázsgyűrűk végénél kialakított

radiális ventillátorok végzik. A hűtés e megoldása biztosítja a tekercselés egyenletes hőmérsékletét egész hossza mentén és az eddig ismert hűtési módoknál hatásosabbnak bizonyult, amint azt a mérési eredmények igazolják. A turbógenerátor vasteste 0,93 W/kg veszteségi számú, 11,35 mm vastag, lakkszigetelésű dinamó-lemezekből van felépítve. A lemeztestet 10 mm-es szellőzőrések kb. 50 mm vastag lemezcsoomagokra osztják. A szélső lemezcsoomagok lépcsős kiképzésűek, helyi túlmelegedések keletkezésének meggátolására. Ugyancsak ezt a célt szolgálják a vastest és az antimágneses acélból öntött szorítótárcsák között elhelyezett vörösréz árnyékolótárcsák. Az állórészvastest hornyai nyitottak. A tekercselés kétréteges, optimális lépésrövidítéssel, kupevolvens tekercsfejekkel. A hornyonkénti két rúd üvegszigetelésű elemi szálakból van összeállítva.

Az elemi szálak különleges fonásúak, az áramkiszorítás okozta többletveszteségek csökkentésére mind a vastestben, mind a tekercsfejekben.

A rudak közvetlen vízűtésűek; minden harmadik elemi szál üreges a desztillált tekercshűtővíz vezetésére. Mivel az üreges és a tömör szálak közötti hőlépcső elhanyagolhatóan kicsi, továbbá mivel a víz és a réz közötti hőfoklépcső csupán néhány fok, ezért a tekercselés hőmérsékletét gyakorlatilag a benne folyó víz hőfoka határozza meg. A tekercshűtővíz kis hőfokemelkedését viszont az biztosítja, hogy a hűtővíz számos párhuzamos ágban folyik. A hűtővíznek az állórész-rudakba való be- és kivezetése a generátor turbina felőli oldalán a rudak végéhez forrasztott öntött rézhüvelyeken és az ezekhez csatlakozó politetrafluoretilén csöveken át történik.

E csövek két gyűrű alakú, antimágneses és rozsdamentes acélból készült csőhöz csatlakoznak, amelyek a hideg tekercshűtővíz szétosztására és a melegvíz összegyűjtésére szolgálnak.

Az állórész tekercselés e közvetlen vízűtése annyira hatásosnak bizonyult, hogy az állórész terhelhetőségét - ellentétben a konvencionális felületi hűtéssel - már nem a melegedés szempontjai korlátozzák.

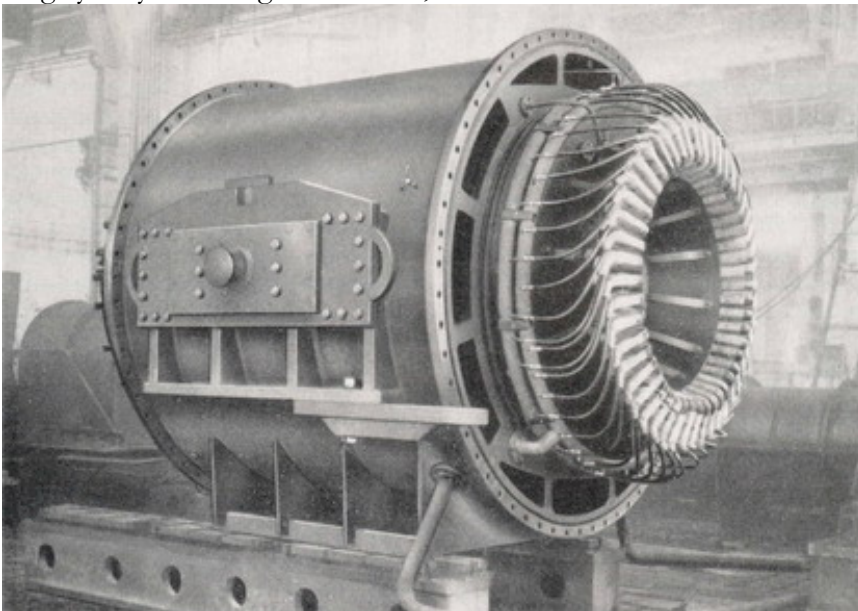
Az 1. ábrán a begombolyított állórész látható a gyűrű alakú vízelosztó csövekkel és az ezeket a rudakkal összekötő politetrafluoretilén csövekkel. Az állórészrudak szigetelése kompaundált folytonos

mikaszalagozás, amely megfelel a B szigetelési osztálynak.

Különös gondot fordítottunk az állórész tekercsfejeinek zárlatbiztos megfogására. Evégből a rudak egyenes részei szigetelőanyagból készült tárcsa fésűszerű hornyaiba illeszkednek; e hornyok a vastest hornyainak folytatását képezik. Ezáltal a zárlati erővel szemben a rudak egyenként vannak megfogva, és - ellentétben a donga-szerű kitámasztással - a rudakra haló zárlati erők, illetve a deformációk nem összegeződhetnek. A kúpos szakaszon a tekercsfejeket antimágnese anyagból készült csavarok és hevederek erősítik a szintén antimágnese acélból hegesztett konzolokhoz.

A turbógenerátor szellőzése tangenciális rendszerű, amelynél a hűtőgáz egy része a gép két végéről tengelyirányban a légrésbe ömlik, másik része az

állórész tekercsfejei mellett a vastest területén elhelyezkedő csatornába jut. E csatornákból a szellőzőrések beömlő szektorain át a hűtőgáz sugárirányban befelé ömölve a légrésbe jut, majd tangenciálisan irányt változtatva a szellőzőrések kiömlő szektorain át sugárirányban a hűtők felé távozik. A 4 db vertikális elrendezésű hűtő a hegesztett szerkezetű, háromrészes állórészház pajzsaiban helyezkedik el. Az állórészház külső átmérője 3150 mm. Az állórészbe megfelelő számú ellenálláshőmérő került beépítésre, amelyek révén a legfontosabb géprészek hőfoka üzem közben ellenőrizhető.



1. ábra

Az 2. számú fényképen a generátor állórésze szerelés közben próbatermünkben látható.

A turbina- és gerjesztőoldalon elhelyezkedő egy-egy axiális tengelyzár kétkamrás rendszerű, amelynél a persely axiális nyomóerejét létrehozó olajnyomása a záróolaj nyomásától függetlenül szabályozható. Ezáltal minden hidrogénnyomásnál legkedvezőbb üzemi viszonyok állíthatók elő.

A generátor gerjesztését 1000/perc fordulatszámú, külső gerjesztésű kompenzált egyenáramú generátor szolgáltatja. A gerjesztő hajtása a generátor tengelyvégéről Krupp gyártmányú bolygókerékes hajtóművön át történik. A gerjesztő csapágai között, a hajtásoldali pajzstérbe került beépítésre a 400 Hz frekvenciájú permanens mágnesű segédgenerátor, amely a mozgó alkatrész nélküli, transzduktoros feszültségszabályozó táplálására

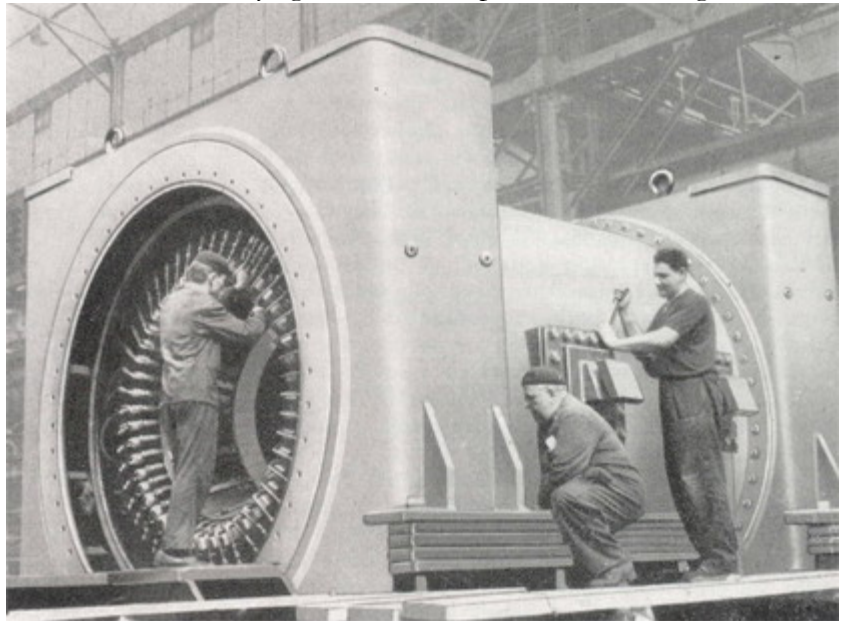
szolgál. A generátorral együtt szállítottuk a gyors szabályozón kívül a gázellátó, záróolajellátó, tekercs-hűtővízellátó, gázhűtő-vízellátó és villamos segédberendezéseket.

A próbatermi mérések szerint a generátor villamos jellemzői jól egyeznek a számított értékekkel. A próbatermünkben végrehajtott üresjárási és rövidzárási, valamint a helyszínen végzett terhelési mérések szerint az új forgórész hűtési rendszer halassága azonban nem csak megfelelt a várakozásnak, hanem felül is múlta azt.

A közel névleges terheléssel történt helyszíni melegedés-mérésnél a gerjesztőtekercselés túlmelegedése a hideg hűtőgáz felett 27°C volt, ellenállás növekedésből meghatározva. E terhelésnél a mért gerjesztőáram 1315 A, az áramsűrűség 9,5 A/mm². A rotortömb felügyeletességére eső gerjesztési

veszteség $42,5 \text{ kW/m}^2$. A forgórész hőleadó képességét jól jellemzi az 1 m^2 tömbfelületre és 1°C túlmelegedésre eső gerjesztési veszteség. A fentiek

alapján ez az érték $1,57 \frac{\text{kW}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$, ami rendkívül kedvező, különösen, ha tekintetbe vesszük a rotor aránylag kis, 132 m/mp kerületi sebességét.



2. ábra

(Más, de szintén közvetlen hűtésű rendszereknél $145\text{--}155 \text{ m/mp}$ kerületi sebességnél az azonos módon képezett, fajlagos hőleadó képesség $0,8\text{--}0,9 \frac{\text{kW}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$ körüli értékű.) Ugyanebben a terhelési pontban a horonydetektorok hőfoka kb. 8°C -al volt magasabb, mint a hideg tekercshűtővíz hőfoka. Már az eddig kapott mérési eredmények

alapján is megállapítható, hogy a generátor terhelhetőségét az erőműben a vele blokkba kapcsolt transzformátor 75 MVA teljesítménye határoolja. Ennél a terhelésnél a teljesítménytényező $0,27$, a forgórész túlmelegedése kb. 40°C . Ennek megfelelően a gyár a kísérleti turbógenerátort 75 MVA teljesítményűnek deklarálta.

Hörcher Frigyes

A bánhidai erőmű 100 MW-os turbógenerátora

Több éves fejlesztési munka fontos periódusa zárult le gyárunkban 1966. február 25-én. Ekkor helyeztük üzembe a bánhidai új erőműben a GANZ Villamossági Művek első 100 MW -os, hidrogén- és vízhűtésű turbógenerátorát.

Időbeli sorrendben megelőzte ugyan ezt a gépet az első 150 MW -os generátor legyártása, de míg ez utóbbi a leningrádi Elektroszila gyár dokumentációja alapján készült, addig ORV-100 típusú, 100 MW -os, 125 MVA -es turbógenerátorunk teljes egészében saját konstrukciónk.

A generátor forgórészén ugyanazt a GANZ rendszerű közvetlen vezetőhűtési módszert alkalmaztunk, mint a 75 MVA -es kísérleti turbógenerátor forgórészén. E hűtési módszer, amely gyárunk szabalmát képezi (148228 sz.), a legteljesebb mértékben beváltotta a hozzáfűzött reményeket. A forgórésztekercselés túlmelegedése a megvalósított nagy hűtőfelület és (a kis gázsebességek ellenére, a lamináris áramlás miatt) jó hőleadási tényező következtében sokkal kisebb, mint az eddig ismert rendszereknél. A gép gázszűrődási vesztesége szintén nagyon kedvező érték.

A generátor tervezésekor a lehető legkisebb emelési súly és külső átmérő elérése volt gyárunk célkitűzése anélkül, hogy a gép hatásfoka a forszírozott kihasználás miatt túlságosan lecsökkenne. 100 MW-os generátorunk fontosabb villamos adatai:

Látszólagos teljesítmény	125000 kVA
teljesítménytényező	$\cos \varphi = 0,8$
kapocsfeszültség	11500 V
Gáznyomás	3 ata*
Rövidzárási viszony	0,463
GOSZT szerinti stabilitási tartaléktényező	1,93
Hatásfok	98,3%
Tranziens reaktancia (telített)	30,6%
Szubtranziens reaktancia (telített)	23,6%
Szinkron reaktancia (telítetlen) 247%	

Gerjesztőáram kb. 1340 A

Forgórész áramsűrűség kb. 7,8 A/mm²

A forgórésztekercselés túlmelegedése a hideg gáz fölött kb. 30 °C

* Bár a rotormelegedés megfelelő értéken tartása céljából a gáznyomás 2 ata is lehetne, az állórész vízhűtés miatt - biztonságból - azt mégis 3 ata-ra emeltük fel.

A rotortömb felületegységére eső gerjesztési veszteség 46,5 kW/m². Az 1 m² tömbfelületre és 1°C túlmelegedésre vonatkoztatott gerjesztési veszteség 1,55 kW/m², °C.

A legnagyobb emelendő súly kb. 70 t

A forgórész súlya 27,4 t,

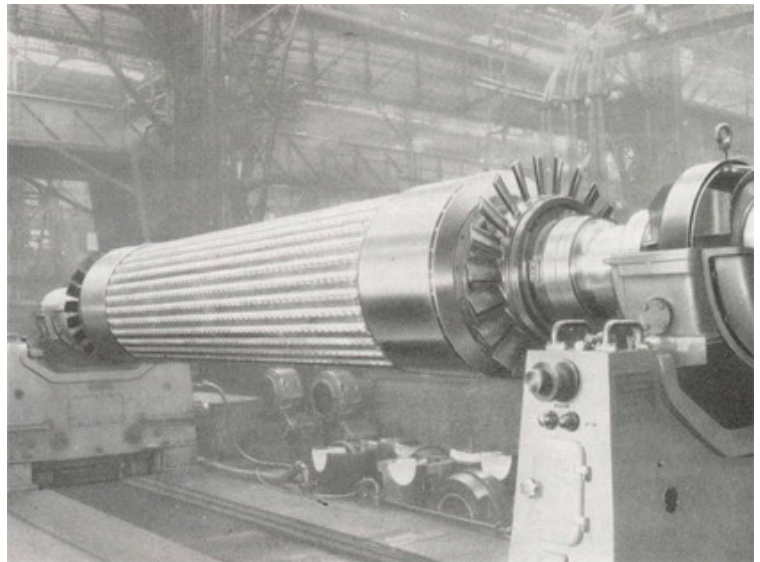
Összsúly (gerjesztő gépcsoporttal együtt) 188 t
A. generátor teljes hossza (a gerjesztő gépcsoporttal együtt) 13415 mm.

Az állórész a vasúti úrszelvényben szállítható.

A generátor próbatermünkben mért veszteségei az alábbiak:

Gázsúrlódás	108 kW
Csapágysúrlódás	170 kW
Tengelyzársúrlódás	46 kW
Vasvesztés	180 kW
Rövidzárási veszteség	710 kW
Gerjesztési veszteség	520 kW
Összesen	1734 kW

A generátor nyomásálló, gázzáró kivitelű állórészháza hengeralakú. Az állórész pajzsában helyezkedik el 4 db, függőleges elrendezésű gázhűtő. Az állórészvastest $v_{10}=0,93$ W/kg veszteségi számú, 0,35 mm vastag dinamólemezeit tengelyirányú átmenő csavarok szorítják össze; a lemeztest szellőzőréseiben antimágneseles anyagból készült támasztóbetétek találhatók. Az erősen lépcsőzött szélső lemezcsomagokban az aránylag széles állórészfogakat sugárirányú bemetszéssel két részre osztottuk az örvényáram veszteségek csökkentése céljából.



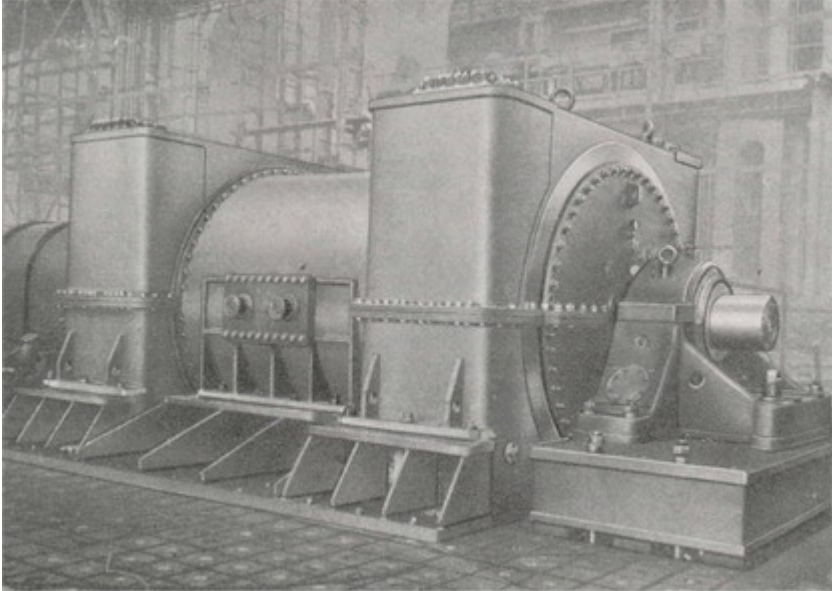
1. ábra.

A vastest 36 db nyitott hornyában kétréteges, kupevolvens tekercsfejekkel bíró, közvetlen vízhűtésű armatúratekercselés foglal helyet. A fonott állórészrudak a többletvesztések csökkentése érdekében négyoszlopos Roebel-rudak, a szokásosnál nagyobb mértékű elcsavarással. Minden harmadik elemi szál üreges vezető, ezekben áram-

lik a hűtővíz. A rudak végeit politetrafluoretilén csövek kötik össze, ezek szolgálnak a hűtővíz be- és kivezetésére. A desztillált hűtővíz visszahűtését segédberendezés végzi. Az állórésztekercselés szigetelése B osztályú, kompaundált folyamatos mikapapír szalagozás.

A forgórész hornyait könnyűfém ékek zárják le. A hűtőgáz bevezetését, a légrésből és a légrésbe való visszavezetését az ékek különleges kialakítása biztosítja. A gáz a hornyokban és a tekercsfejekben a tekercsek hosszirányára merőlegesen kialakított hűtőcsatornáknakban áramlik. A tekercsfejeket nagy-

szilárdságú antimágneses acélból készült bandásgyűrűk tartják a röperővel szemben. Az aránylag vékony, szalagformájú rézből készült forgórésztekercselés szigetelése F osztályú. A generátor forgórésze az 1. ábrán látható.



2. ábra.

A generátor szellőzési rendszere úgynevezett tangenciális szellőzés. A gépen átáramló hűtőgáz mennyisége kb. $30 \text{ m}^3/\text{mp}$.

A csúszógyűrűk a gerjesztőoldalon, a csapágyon kívül helyezkednek el. A turbina- és gerjesztőoldalon 1-1 axiális tengelyzár gondoskodik a generátor gáztömörségéről.

A gép gerjesztését a generátorhoz fogaskerék áttételen keresztül csatlakozó 1000/perc fordulátú, lemezezt állórészű kompenzált egyenáramú dinamó szolgáltatja. A főpólusokon két független gerjesztőtekercselés helyezkedik el. Ezek egyike söntkapcsolású és a gerjesztőgép légrésvonalának megfelelő gerjesztést szolgáltatja. A másik tekercselést a gyorsműködésű transzduktoros feszültségszabályozó berendezés táplálja. Ennek energiaszükségletét az egyenáramú gerjesztőgéppel egybeépített 400 Hz frekvenciájú, állandó mágnesekkel gerjesztett segédgenerátor szolgáltatja. A gerjesztő

és feszültségszabályozó rendszer gyors rágerjesztésre is alkalmas.

A gép a kísérleti generátorhoz hasonló tekercsfej-megfogással, rövidzárlat biztos kivitelben készült, erről a névleges kapocsfeszültség 70%-ának megfelelő 8 kV-ról végrehajtott közvetlen kapocszárlati próbával győződünk meg. A próbát és az utána végrehajtott 26 kV-os szigetelési próbát a generátor károsodás nélkül kiállotta. Ezen a feszültségen az oszcillogramok szerint a tranziens gépállandók a következők:

$$X_d' = 36\%$$

$$X_d'' = 27\%$$

$$T_d' = 0,73 \text{ mp}$$

$$T_d'' = 0,024 \text{ mp}$$

$$T_a = 0,275 \text{ mp}$$

ORV-100 típusú turbógenerátorunkat összeszerelt állapotban mutatja a 2. ábra.

Dr. Asztalos Péter

Mágneses erősítő-félvezető feszültséggyorsszabályozó

Az elmúlt években gyártott 75-125 MVA-es turbógenerátorok a Ganz Villamossági Művek és a Magyar Tudományos Akadémia Automatizálási Kutató Intézete által közösen kidolgozott MS típusú korszerű mágneses erősítő-félvezető feszültség-gyorszabályozókkal (1. ábra) kerültek üzembe. Az MS típusú szabályozó turbógenerátorok, vízturbina hajtású generátorok és szinkron kompenzátorok gerjesztés-szabályozására szolgál. Kiváló dinamikus és statikus tulajdonságokkal rendelkezik. Mozgó alkatrészt a védelmi reléken és a kapcsoló berendezésen kívül nem tartalmaz. Kizárólag megbízható statikus elemekből épül fel. Az alkatrészek megbízhatósága és élettartama igen nagy. A szabályozó blokkvázlata a 2. ábrán látható. A szabályozó önmagában asztatikus jellegű, de mivel az állórészárammal kompaundált kapocs feszültséget érzékel, induktív terheléskor az áram növekedésével a generátor kapocsfeszültségét előre beállítható mértékben csökkenti. Ez lehetővé teszi a közvetlenül párhuzamosan kapcsolt generátorok között a meddő teljesítmény megfelelő elosztását. Az érzékelt jel egyenirányítás után a (8) szintszabályozó ellenállás közbeiktatásával egy Zener-diódás különbségképzőkörré jut (1). A hibajelét mágneses előerősítő (2), majd egy tranzisztoros erősítő fokozat (3), végül ellenütemű háromfázisú amplisztat kapcsolású mágneses végerősítő (4) erősíti fel. A szabályozó energiaellátását a (G) turbógenerátor tengelyéről hajtott 400 Hz-es permanens mágneses segédgenerátorról (HG) kapja az (5) jelű tápegységen keresztül.

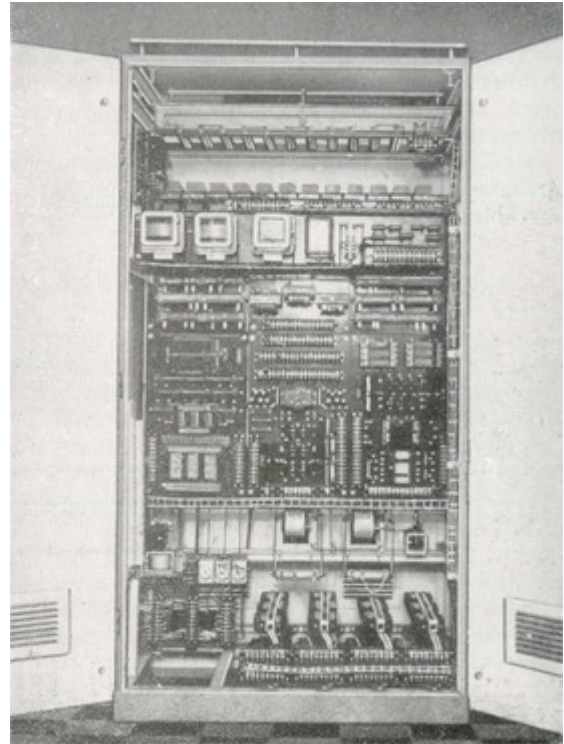
A végerősítő kimenő feszültsége az (E) főgerjesztő egyik gerjesztő tekercsére hat. A másik gerjesztőtekercs söntkapcsolású és a (9) ellenállás segítségével a légrésvonalra van állítva.

A gyorsműködés és a stabilitás biztosítására a főgerjesztő kapocsfeszültségéről frekvenciafüggő, a háromfázisú mágneses erősítő kimenetéről merev negatív visszacsatolás csatlakozik a mágneses erősítő bemenetére.

Szinkron kompenzátorok részére készülő szabályozóba a felsoroltakon kívül még meddő teljesítmény felvételt korlátozó és tartós túlterhelést megakadályozó limitáló áramköröket is beépítünk.

A szabályozó alapszintje a vezénylő pultban elhelyezett kisteljesítményű szintszabályozó ellenállással (8) a névleges érték körül -15% és +15 % között állítható. Párhuzamos üzemben az alapszint

kellő beállításával lehet a meddő teljesítményt a generátorok között a kívánt mértékben elosztani.



1. ábra.

Kézi gerjesztés céljára a szabályozó alkatrészekről független berendezés szolgál (7). Az áttérés a kézi szabályozásra a (6) átkapcsoló segítségével üzem közben elvégezhető. A beépített védelem bizonyos idő múlva kikapcsolja a szabályozót, ha a maximális gerjesztés hatására sem áll vissza a kapocsfeszültség a kívánt értékre. E védelem, amelynek időzítése 0-6 s között állítható, megóvja a generátor forgórészét és a főgerjesztőt a felesleges túlterhelésektől.

A szabályozási folyamat igen gyors, amit a nagy beavatkozó teljesítmény, a stabilizáló visszacsatolások és a szabályozó kis időkésése együttesen biztosítanak.

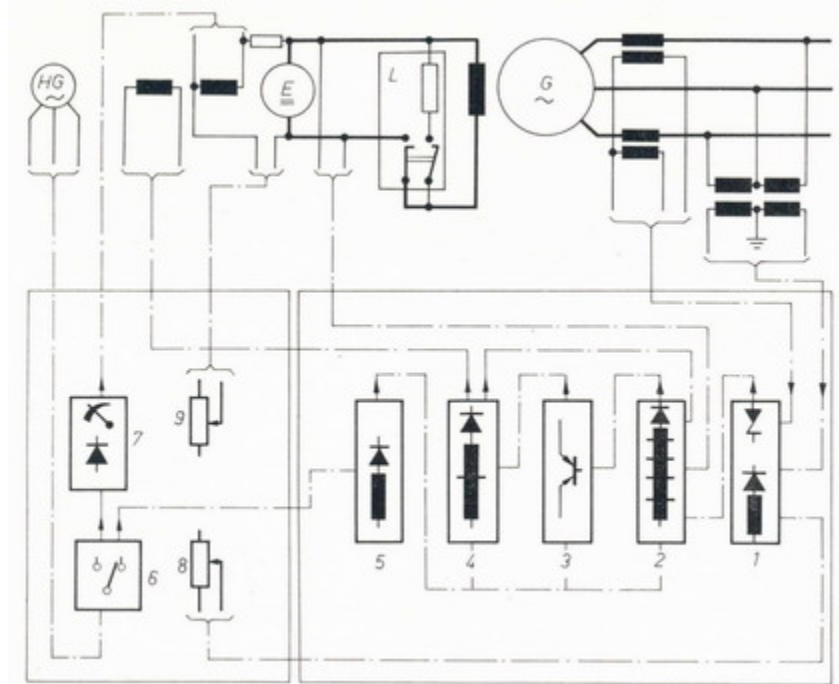
A szabályozónak holtávja gyakorlatilag nincs, ezért a generátor a mesterséges stabilitás tartományában is üzemeltethető.

A szabályozó előnyös tulajdonságai:

1. Pontos és gyors szabályozás.
2. Frekvencia független érzékelés.
3. Érzéketlenségi sávja nincs.
4. Negatív irányú gerjesztést is képes szolgáltatni.

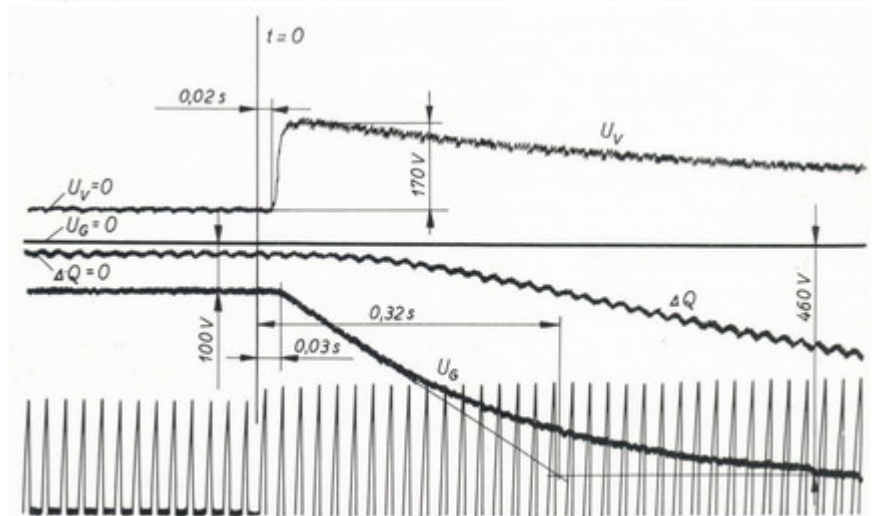
5. Védelmi reléken és az átkapcsoló berendezésen kívül mozgó alkatrészt nem tartalmaz, így üzembiztonsága igen nagy.
6. A gerjesztési rendszer külső áramforrástól független.

7. Kommutátoros segédgerjesztőre nincs szükség.
8. Karbantartást nem igényel.
9. Egyszerű a kezelése.

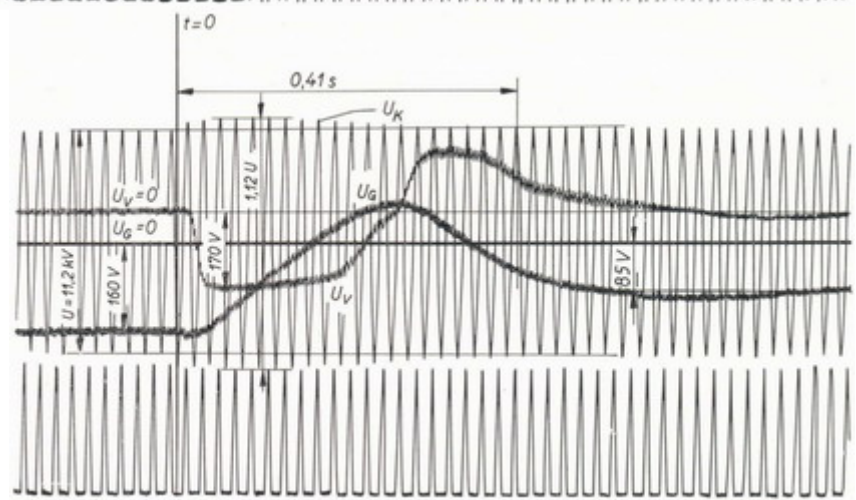


2. ábra. MS típusú szabályozó működési vázlat:

1 - Érzékelő elem, 2 - Mágneses előerősítő, 3 - Tranzisztoros erősítő, 4 - Mágneses végerősítő, 5 - Erősítő tápáramforrása, 6 - Átkapcsoló (kézi üzem, automatikus üzem), 7 - Kézi szabályozó, 8 - Szintszabályozó ellenállás, 9 - Sönt beállító ellenállás, G - Generátor, E - Előgerjesztő, HG - Permanens mágneses segédgerjesztő (400 Hz)



3. ábra. A gerjesztő feszültség (U_G) változása nagy hibajel esetén.



4. ábra. A generátor kapocsfeszültségének (U_K) változása induktív terhelés lekapcsolásakor.

Műszaki jellemzők:

A főgerjesztő kapocsfeszültség változási sebessége nagy hibajelek esetén a főgerjesztő jelleggörbájének lineáris szakaszán (UGN a 4/4 generátorterheléshez tartozó főgerjesztő kapocsfeszültség)

2,5-6,5 UGN/s

A szabályozó saját, időkésése 0,02-0,03s

Feszültség szint állítási lehetőség

-15% és +15 % között

Szükséges feszültségváltó teljesítmény H 3 hiba osztályban 2x30 VA

Szükséges áramváltó teljesítmény H 3 hiba osztályban (a hozzávezetések teljesítmény igénye nélkül) 2x15 VA

Szabályozó szekrény külső mérete

1070x610x2100 mm

A 3. és 4. ábrák MS típusú szabályozóval felszerelt 75 MVA-es turbógenerátorokon lefolytatott tranziens vizsgálatokat mutatják.

A 3. ábrán látható a szabályozó működése nagy hibajelek esetén (lökésgerjesztés). U_G a főgerjesztő kapocsfeszültsége, U_V a szabályozó kimenő feszültsége, ΔQ az állórész meddő teljesítményének változása.

Mint ahogy az adott esetben a névleges terheléskor a főgerjesztő kapocsfeszültsége $U_{GN}=180$ V, U_G görbe kezdeti 1130 V/s-os iránytangense 6,25 U_{GN} /s értéknek felel meg.

A 4. ábra oszcillogramja 50 MVA induktív terhelés hirtelen lekapcsolásakor előálló folyamatot mutatja, U_K a generátor kapocsfeszültsége, amely kezdeti 11,2 kV-os értékéről a lekapcsolás után 12%-kal nő meg, majd 0,41 s alatt eléri eredeti értékét.

Dr Tuschák Róbert

Új nagyteljesítményű, szabadtéri, kétkercselésű motorok

A por és egyéb szennyezőanyagokban dús környezetben, valamint szabadtéri létesítményeknél alkalmazott korszerű hajtásoknál nélkülözhetetlenek a zárt villamosmotorok. Jó minőségű szigetelőanyagok és kellőképpen megválasztott hűtési rendszer együttes alkalmazásával ma már olyan zárt villamosmotorokat lehet készíteni, melyeknek alkalmazása mind műszaki, mind gazdasági szempontból egyaránt előnyös.

Két korszerű, nagyteljesítményű hajtás igényeinek kielégítésére készültek a Ganz Villamossági Művek-ben a FOK 326/8-10 és FOK 356/12-16 típusú, nagyfeszültségű, kétféle fordulatszámra alkalmas, külső szellőzésű, zárt motorok.

A motorok állórészháza hegesztett. Az állórészházban elfordulás ellen retesszel rögzített, szegmensekből álló összesajtolott lemeztest 0,5 mm vastag lakkozott dinamólemezből van felépítve. Az állórész-lemeztest nyitott hornyokkal készült. A motorokban alkalmazott hurkos, berakott állórésztekercselés olyan, hogy technológiai szempontból egyetlen kétréteges, mindkét pólusszámon azonos lépésű tekercselés van az állórész hornyokban, amelynek egyes tekercsei felváltva az egyik ill. másik pólusszámmal tartoznak. Ez azt eredményezi hogy a tekercselés a kisebb pólusszámnál rövidített, a nagyobb pólusszámnál átmérős lépésű.

A kisebb pólusszámmal tartozó tekercsek kötési és kivezetési a vastest egyik oldalán, a nagyobb pólusszámmal tartozó tekercsek kötési és kivezetési a vastest másik oldalán helyezkednek el.

A motorok főbb műszaki adatai

Típus	FOK 326/8-10		FOK 356/12-16	
Üzem	8 pólus	10 pólus	12 pólus	16 pólus
Névleges teljesítmény kW	850	425	900	400
Névleges feszültség V	6000	6000	6000	6000
Kapcsolás	Y	Y	Y	Y
Frekvencia Hz	50	50	50	50
Névleges áram A	101	53	112	56
Névleges fordulatszám ford/perc ⁻¹	740	590	495	371
Hatásfok %	93	92	93	91
Teljesítménytényező (cos φ)	0,87	0,84	0,83	0,75
Billenőnyomaték/Névleges nyomaték	2,6	2,4	2,5	2,4
Indító nyomaték/Névleges nyomaték	1,25	1,1	1,4	1,6
Indítás áram/Névleges áram	6,5	6,0	5,3	4,9
Motor súlya kp	14000		19000	
Szigetelés	Kompaund „B”		Kompaund „B”	
Védettség (MSZ 806 szerint)	IP 44		IP 44	

Az állórész tekercsfejek a közvetlen hálózatra kapcsolással történő indításkor fellépő mechanikai igénybevételek miatt megfelelő merevítéssel vannak ellátva.

A motorok kétkalickás forgórészei hegesztett, küllős szerkezetű agyra melegen felhúzott lemezzel készültek, egymás alatt elhelyezett külső- és belső kalickarudakkal és külön rövidrezáró gyűrűvel.

Az állórész tekercselések fázisvégei a szabadtéri kivitel követelményeinek megfelelően tömített kapocsházba vannak kivezetve keripol átvezető szigetelőkön keresztül. A kapocscsavarokat és kábelsarukat a páralecsapódástól gumisapkák védik. A motorok melegedésének üzem közben történő ellenőrzése céljából fázisonként két db horonyhőmérő van beépítve. A horonyhőmérők végeit az

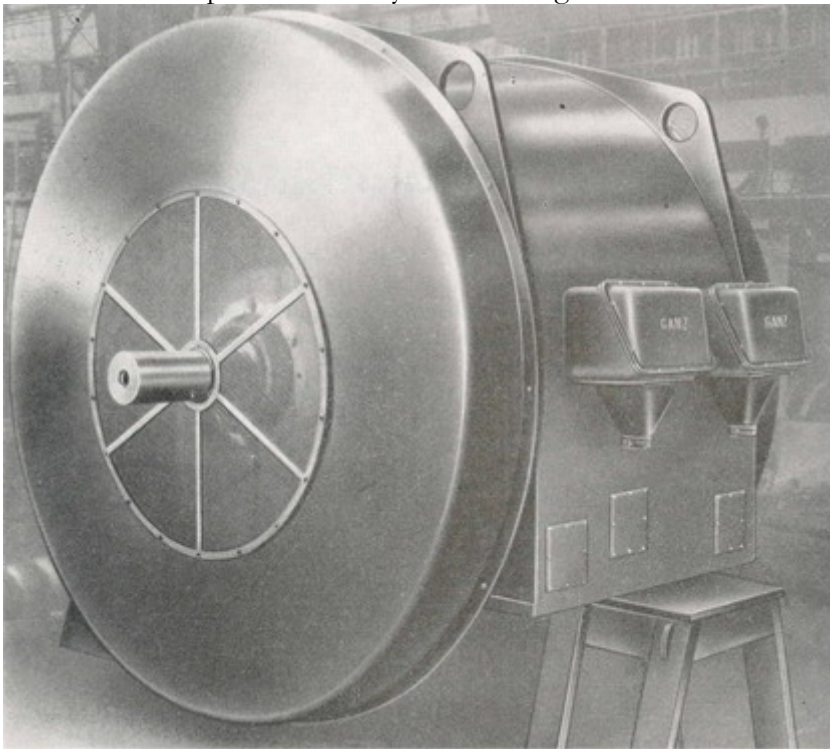
állórész oldalán elhelyezett sorozatkapcsolthoz vezettük ki.

A gépekbe csöves hőkicserélő van beépítve, a hűtési rendszer új magyar találmány.

A motorok csapágyazása zsírgátas. A zsírgát szerepe, hogy a csapágyból a felesleges kenőanyag mennyiséget a külső csapágyfedél alján levő nyíláson keresztül kinyomja a tartályba, ahonnan időnként eltávolítható. Így nem állhat elő túlkenés, mely a csapágy káros melegedését eredményezné.

A Ganz Villamossági Művek ilyen, és hasonló nagyságú, teljesen zárt motorok szállítását vállalja és a felhasználók igényeit igyekszik a lehető legjobban kielégíteni.

Géring Tibor



FOK 356/12-16 típusú motor.

HÍREK

Gyárunk az 1966. évi Budapesti Nemzetközi Vásáron termékeivel nagy sikert aratott. Kiállított gépeink közül a Spilling gőzmotorral összeépített OH 273/6 típusú szinkrongenerátor elnyerte a „KGM legszebb terméke” címet, a szabadtéren elhelyezett FO sorozatunk pedig BNV díjat nyert. A megjelenésében is új 3 fázisú 2 pólusú aszinkronmotor sorozat legnagyobb és legkisebb tagjának bemutatása a szakemberek között méltán keltett nagy fel-tűnést. A vasúti vontatómotor hajtás két változatát

bemutató működőképes TC motorunkat a nagyközönség is igen nagy érdeklődéssel szemlélte.

A fejlődésnek azt, az útját, amelyet gyárunk az erősáramú termékek gyártásában és fejlesztésében napjainkig megtett, gyártörténeti adatokkal szemlélte.

Kiállításunk külföldi látogatóinak neveit vendégkönyvünk tartalmazza. A népi demokratikus országok szakemberein kívül többek között nyugat-német, angol, libanoni, indiai érdeklődők keresték

fel kiállításunkat, majd a termékeinket exportáló TRANSELEKTRO Magyar Villamossági külkereskedelmi vállalatot.

Megtekintették kiállításunkat párt és állami vezetőink is, akik elismeréssel nyilatkoztak a látottakról. Az idei kiállításon szerzett tapasztalataink hozzásegítenek ahhoz, hogy jövő évi szereplésünkkel is méltóan reprezentálhassuk a magyar erőáramú ipart.

*

A Transzformátor Főosztály Fejlesztési Osztályán készülnek a Magyarországon eddig gyártott legnagyobb teljesítményű - 270 MVA-es - géptranzformátorok tervei.

Feszültségátvitel: 242/15,75 kV.

Szállítási súly: 185 tonna.

Összsúly : 245 tonna.

A transzformátorok szállítása a súlykorlátozások miatt olaj nélkül, nitrogén védőgázalattal történik.

A transzformátorok a Gyöngyösi Hőerőmű blokktranszformátorai lesznek.

*

A Dunamenti hőerőműben üzembe helyezték az első DHM 200000/120 típusú $132 \pm 5\%$ /18 kV feszültségátvitelű, 200 MVA névleges teljesítményű géptranzformátort.

A Ganz Villamossági Művek ebből a típusból eddig 3 db-ot gyártott a Dunamenti Hőerőmű részére.

*

Indiai rendelésre elkészültek az első - Sprecher és Schuh licenc alapján gyártott - AOK 170 típusú mérőváltók.

A világpiacon igen nagy az érdeklődés mérőváltó gyártmányaink iránt. Csak a legutóbbi időben Kuwait, Marokkó, India, Törökország, Pakisztán, Jugoszlávia stb. fordultak hozzánk ajánlatleéréssel. Ez idő szerint egy nagyobb volumenű kuwaiti rendelés kielégítésén dolgozunk.

*

Terhelés alatt szabályozható elosztó transzformátoraink egyre nagyobb hányadát szállítjuk exportra. Valamennyi típus a sorozatjellemzőtől eltérő műszaki paraméterekkel rendelkező, a rendelő fél különleges kívánságait is kielégítő egyedi gyártmány, amelyeknek elkészítése fokozottabb terheket ró mind a tervezésre, mind a gyártásra.

*

Befejezéshez közelednek a szovjet rendelésre készülő EM 70-45 típusú egyenáramú motorok első példányának szerelési munkálatai.

Ez a 70 Mpm nyomatkú, $n=45 \div 90$ /perc fordulatú hengersonhajtó motor a legnagyobb egyenáramú gép, amely eddig gyárunkban készült és a Ganz Vill. Művek legkorszerűbb gyártmányai közé tartozó nagymotor sorozat egyik tagja.

A sorozat gépei a kohászati gyakorlatban előforduló minden 10 Mpm feletti nyomatkú előállítására alkalmasak.

Az ugyancsak ezen sorozathoz tartozó „fliegend” kivitelű EM 16-76 típusú bányafelvonó motor gyártási előkészületei, valamint a hasonló kivitelű EM 22-42 típusú gép szerkesztési munkái folyamatban vannak.

*

Gyárunk Készülékszerkesztési Főosztályán elkészültek a 400 kV-os készülékek (megszakító, szakaszoló, szakaszoló-földelő, támszigetelő és ezek működtetéséhez szükséges hajtások) konstrukciós rajzai és megindult azok gyártása.

Ezek a készülékek a szovjet-magyar kooperációs hálózat gödi állomásán kerülnek felállításra, az 1967-1968 években.

A 400 kV-os Delle rendszerű megszakító az ismert egységkamrás kis olajterű sorozat harmadik, legnagyobb tagja, pólusonként 3 oszlopon 6 egységkamrából áll. Megszakítási teljesítménye 20 GVA, üzemárama 1600 vagy 2000 A, gyorsvisszakapcsolásra alkalmas kivitelű, 0,3 sec holtidővel, pólusonkénti olajnyomású hajtással ellátva.

A 400 kV-os szakaszoló jellegében eltér az eddigi sorozattól.

Pólusonként két gúlaszigetelőre épül az áramvezető rész, a szakaszolóké függőleges mozgású, motoros távhajtással. Egy pólus mindkét gúlaszigetelőjéhez csatlakozik a pantográfyszerű működésű

földelőkés, amelyet kézzel vagy motorhajtással lehet működtetni.

A 400 kV-os támszigetelő gúlaszerűen kiképzett azonos elemekből áll, mint a szakaszoló támszigetelője.

A 400 kV-os készülékek szennyezett környezetbeni felállításra is alkalmasak szigetelőiknek megnövelt kúszóútja következtében.



GANZ

VILLAMOSSÁGI
MŰVEK

1024. BUDAPEST, II., LÖVŐHÁZ UTCA 39.
TELEFON: 168-210, TELEX: 22-5363