

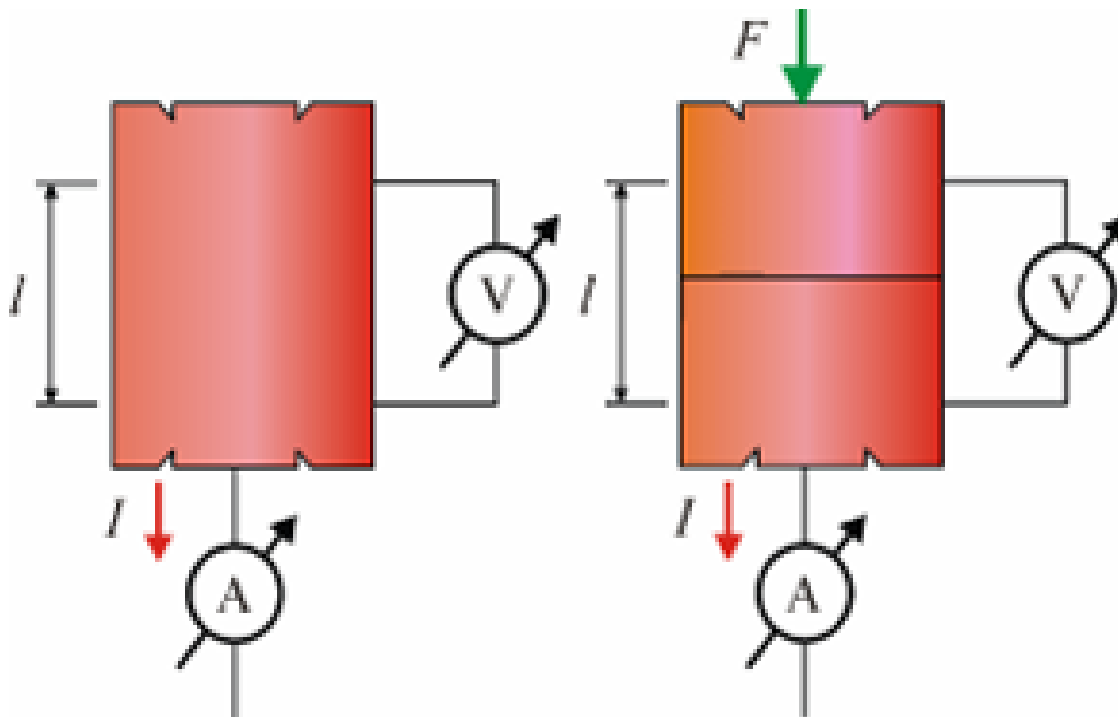
Érintkezők, átmeneti ellenállás, kapcsolók,
biztosítók

Vill vont 2/4.

- **Villamos érintkezők**

- Az érintkezők a villamos kapcsolókészülékek és berendezések igen fontos elemei, mert ezek teszik lehetővé, hogy az áramkörökben az áramvezetés létrejöjjön, fennmaradjon, és megszakadjon.
- Az érintkezők helytelen megválasztása és/vagy működtetése a villamos berendezések tönkremeneteléhez és üzemzavarhoz vezethet.
- Az érintkezők viselkedésének jellemzői az alábbiak:
 - átmeneti ellenállás, melegedés és hegedés,
 - pattogás,
 - anyagok, erózió, valamint
 - alak és felépítés.

- **Átmeneti ellenállás az érintkezők között**
- Végezzük el a következő kísérletet (5.1. ábra). Egy hosszú fémrúdon bocsássunk át I egyenáramot, és mérjük meg a feszültségesést a fémrúd két, egymástól l távolságra lévő pontja között. Ebből kiszámítható az l hosszúságú vezetődarab R hatásos ellenállása.

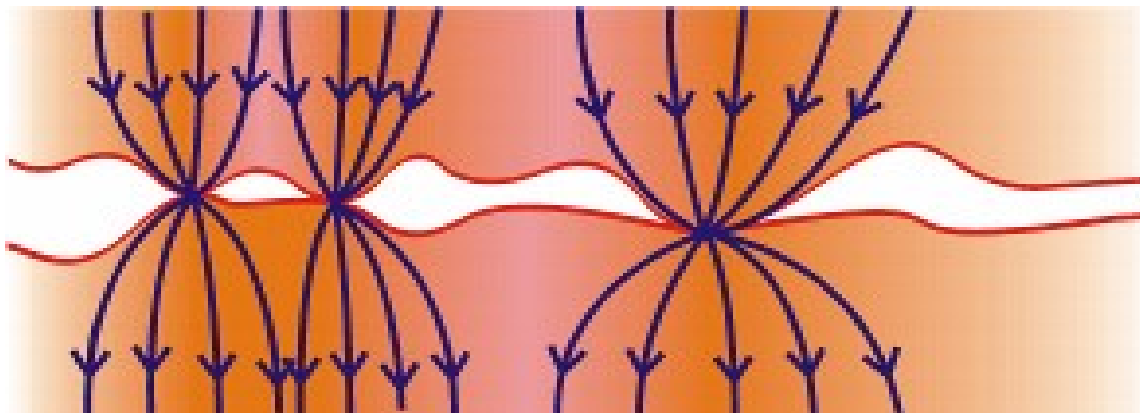


Kísérleti elrendezés az átmeneti ellenállás méréséhez

- Vágjuk ketté a fémrudat, és a két felet F erővel összenyomva, ismételjük meg a mérést. Kiszámítva a most már két darabból álló, de l hosszúságú vezetődarab R' hatásos ellenállását, azt tapasztaljuk, hogy $R' > R$. A két ellenállás különbségét nevezzük az R_a átmeneti vagy érintkezési ellenállásnak:

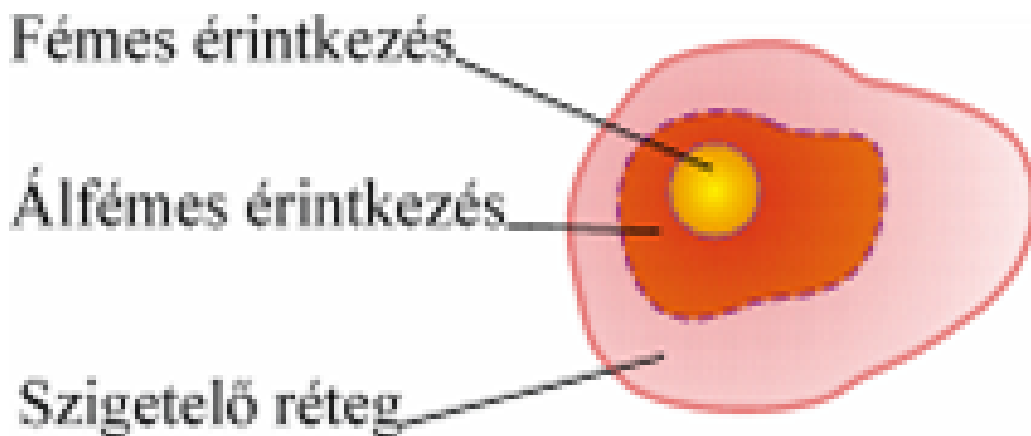
$$R_a = R' - R$$

Az F összenyomó erőt változtatva, azt is tapasztaljuk, hogy R_a értéke F összenyomó erő növekedésével csökken.



Az érintkezési felületeken áthaladó „áramszálak”

- A szétvágott és összenyomott felek ellenállása növekedésének az *egyik oka*, hogy az érintkező fémfelületek nem teljesen simák, tehát az áram nem tud átfolyni a teljes felületen, hanem csak az érintkezési „pontokon” - ahol az „áramszálak” összesűrűsödnek (ábra). Ezek az áramszűkületek ellenállás-növekedésre vezetnek, mert az áramnak a) hosszabb úton, és b) kisebb keresztmetszeten kell áthaladnia. A szűkületből adódó ellenállás-növekedést *szűkületi ellenállásnak* (R_{sz}) nevezzük.



Az érintkezési felület

- Az egyik érintkezési „pont” felülete kinagyítva látható az előző ábrán. Megfigyelhető, hogy a tényleges fémes érintkezési felület a teljes felületnek csak egy részét képezi, mivel van olyan fémfelület, amelyet monomolekuláris gázcsepp vagy vékony félvezető réteg fed be, és ezen keresztül csak korlátozott mértékű áramvezetés jöhet létre az alagúthatás következtében.
- Van továbbá olyan felületrész is, amelyet szigetelő réteg borít. Ezek nagy fajlagos ellenállású oxidok (a legtöbb fém felületén már rövid idő alatt $10^{-8} \dots 10^{-6}$ cm vastagságú oxidréteg keletkezik), szulfidok vagy polimer porok.
- A szigetelő réteg összetörhet az érintkezőket összenyomó erő hatására, vagy villamos átütés következtében is vezetővé válhat, miközben vékony fémhidacsok keletkeznek.
- Az ellenállás-növekedés *másik oka* tehát a csak mérsékelt vezetőképességű vagy éppen szigetelő tulajdonságú fénoxid-hártya megléte.

- Abban az esetben, ha F erő kicsi, és a feszültség is kicsi, tehát a hártya mechanikailag és villamosan nem sérül meg, akkor az R_a értéke a szigetelési ellenállás nagyságrendjébe eshet. Az erőhatás növekedésével azonban a még sértetlen hártya ellenállása folyamatosan csökken. A tisztán fémes érintkezéshez képest bekövetkező ellenállás-növekedéshez tehát még az ún. R_h hártyaellenállás is hozzáadódik, így $R_a = R_{sz} + R_h$.
- A síkérintkezőknél általában - különösen a nyugalmi érintkezőkhöz tartozó sínkötéseknél a síneket összeszorító csavarokkal - olyan nagy erővel nyomjuk össze az érintkező feleket, hogy az érintkezési keresztmetszetben az anyag „megfolyik”, amelyhez tartozó σ_F igénybevétel állandósága mellett, az erőhatás növelésével nő az érintkezési felület.

- F növelésével közelítőleg arányosan nő az érintkezési pontok száma is, melyek parallel kapcsolódnak. A részletes indokolást mellőzve az átmeneti ellenállás számítható:
- $R_{\text{átm}} = c/F^k$, ahol
- ahol a k kitevő értéke elsősorban az érintkezők alakjától (1. táblázat), és c értéke az érintkezők anyagától, és az érintkező felületek állapotától (2. táblázat) függ
- A k értékei:

Alak	k
sík-sík	1
csúcs-sík	0,5
gömb-sík	0,5
gömb-gömb	0,5
kefe(lemezes)	1

- A **c** értékei:

Érintkezők anyaga	Érintkező felületek állapota	1000 · c
réz-réz	oxidtól megtisztítva	0,008...0,14
ónozott réz-ónozott réz	száraz	0,1
ónozott réz-ónozott réz	olajozott	0,07
ónozott réz-ónozott réz	részben oxidos	0,03

- **Melegedés és hegedés**
- Az érintkezés helyén az áramszűkület koncentrált hőforrásként viselkedik, ahonnan a hő vezetéssel távozik a szűkület kisebb hőmérsékletű részeinek irányában. Legnagyobb tehát az érintkezési ponton a hőmérséklet. Ha ez eléri az érintkező anyagának olvadáspontját, létrejön a tapadás, illetve a hegedés. Tapadásról akkor beszélünk, ha az érintkezők nehezebben ugyan, de üzemszerűen szétnyithatók. A tapadás esetén mérhető átmeneti ellenállás gyakorlatilag azonos a normál értékkel ($R_{\text{átap.}} \approx R_{\text{á}}$). Hegedéskor már nem nyithatók szét az érintkezők és $R_{\text{áheg.}} < R_{\text{á}}$.

- **Alak és felépítés**
- Az érintkezőknek három fő csoportja van:
- - Nyugalmi vagy rögzített érintkezők. Ilyenek a sínek és vezetékek csavaros kötése.
- - Záró-nyitó érintkezők. Ilyenek a villamos kapcsolókészülékek mechanikus érintkezői.
- - Csúszó és gördülő érintkezők. Ilyenek a csúszógyűrűk és az áramszedők.

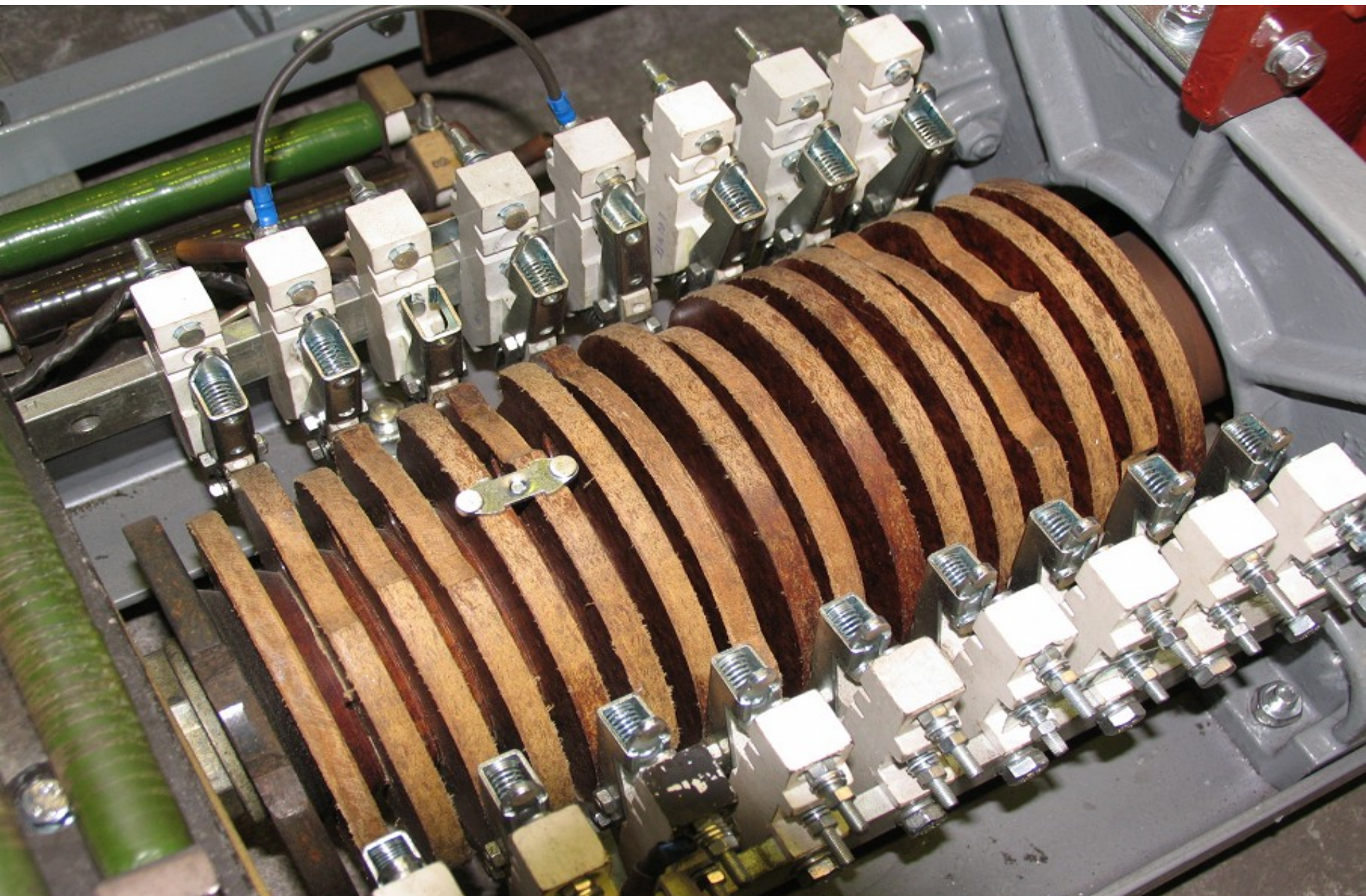
- Néhány érintkező kivétel látható egyenáramú motoros metrókocsikhoz a következő ábrákon:

Egyenáramú motoros hajtásokban alkalmazott
motoros, elektromágneses és pneumatikus
működtetésű kapcsolók, kontaktorok érintkezői

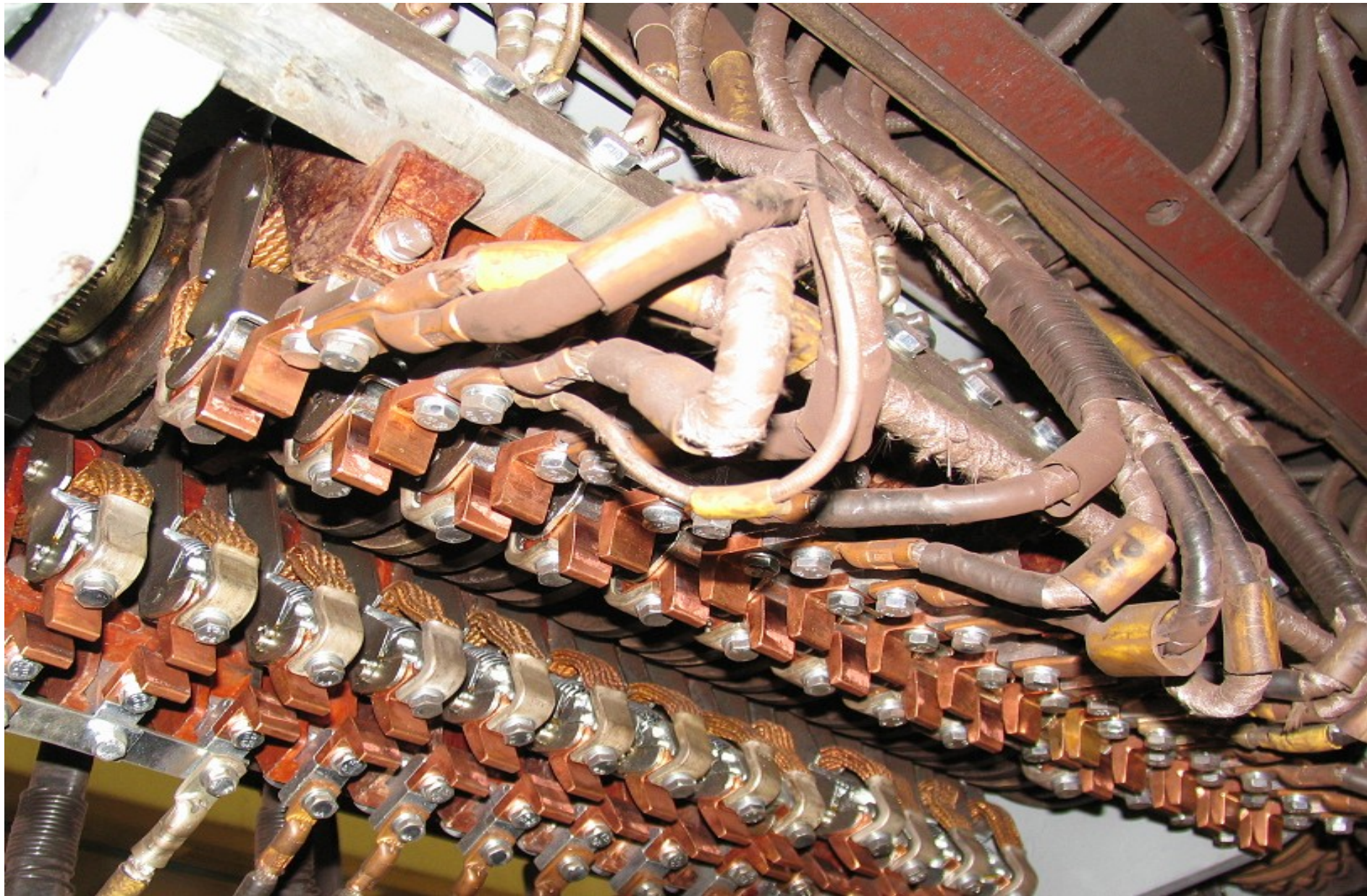
Motoros hajtású kapcsolóhenger főérintkezői és vele együtt forgó vezérlési célú kapcsolóhengere. A berendezés a vontatási- illetve a féküzem ellenállás-fokozatait iktatja ki



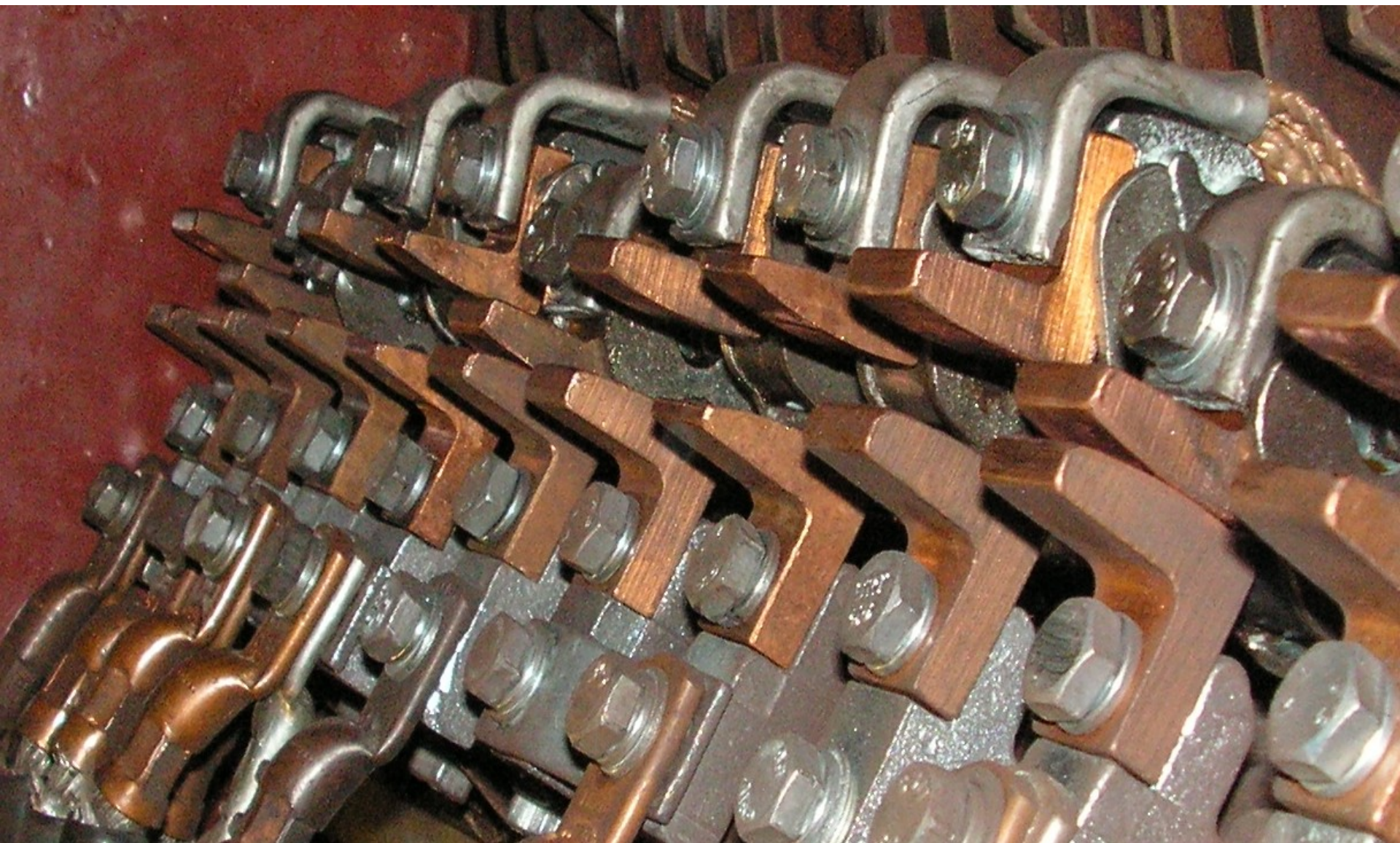
Az ónozott mozgó érintkezőket a kapcsolóhengerként forgatott profilos tárcsáinak pályája mozgatja



Az előbbi, járműbe építve



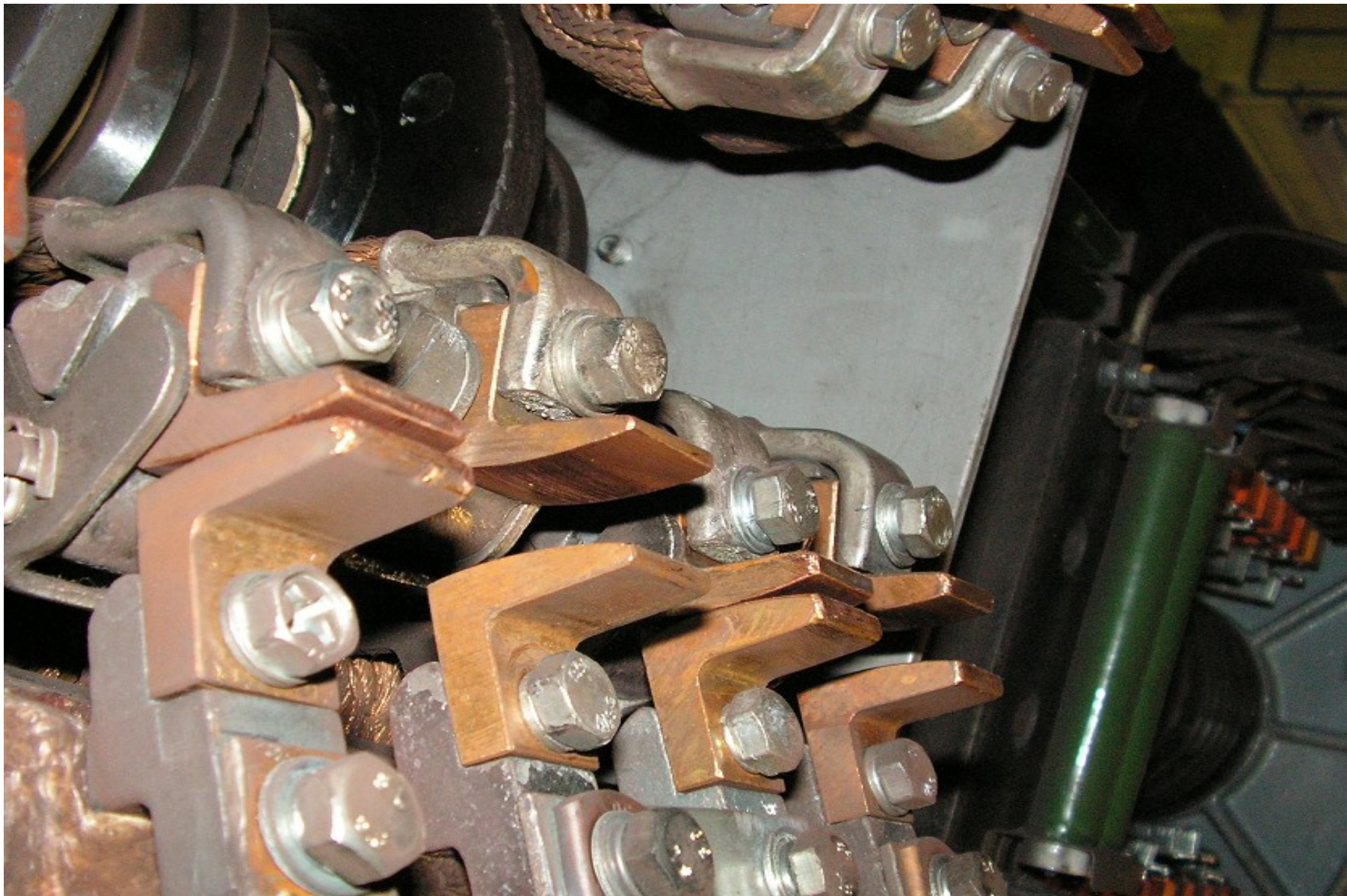
Az érintkezők közelebbről. Kezdődő ívhúzási és kopási nyomok láthatók



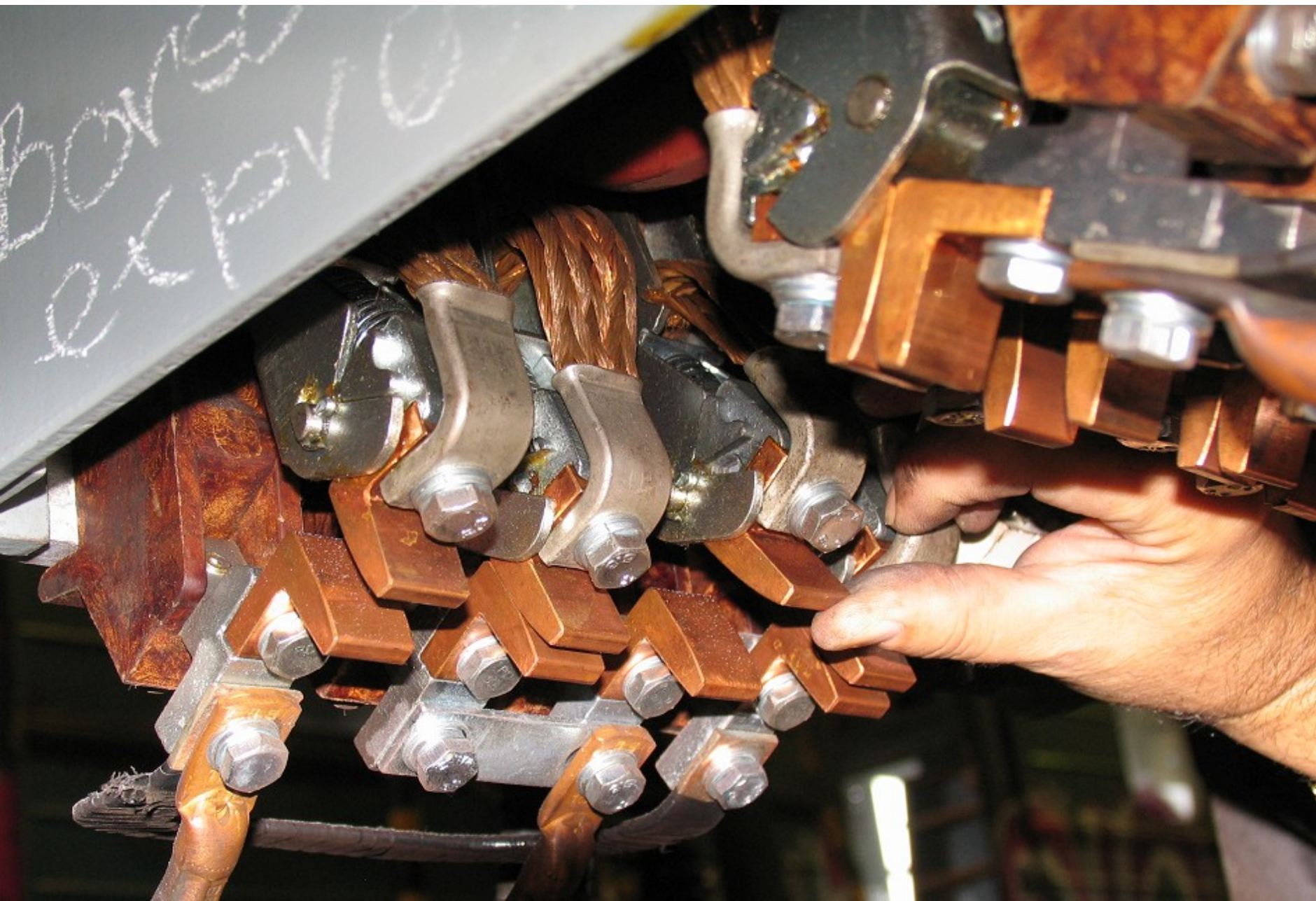
Kisebb méretű kontaktor-érintkezők, hajlékony sodrott kábel csatlakozással



Megfigyelhető a mozgó érintkezőn a legördülés viszonylag hosszú szakasza

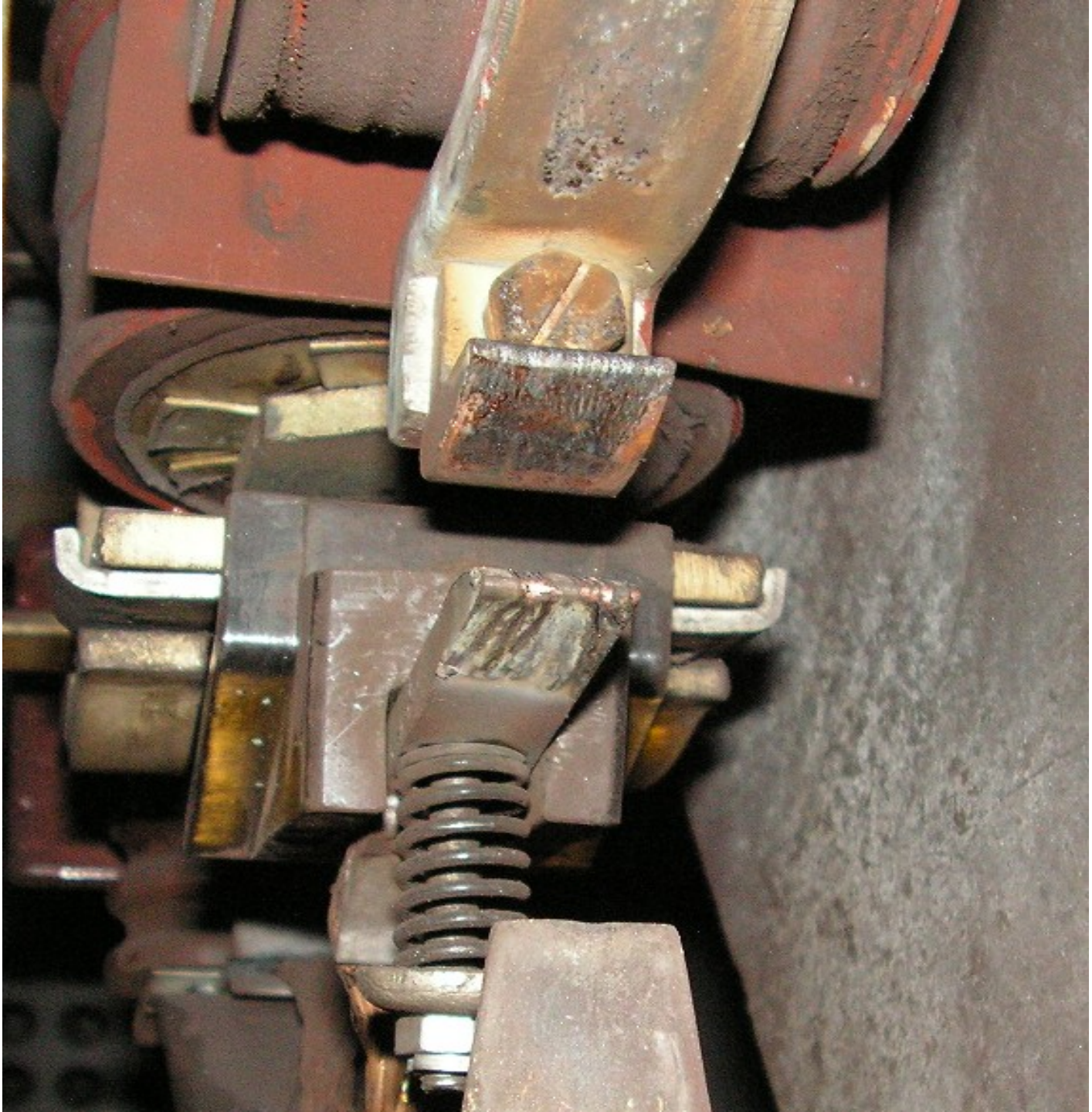


Az mozgó érintkező rugója ellenében kézzel is nyitható, állapota ellenőrizhető

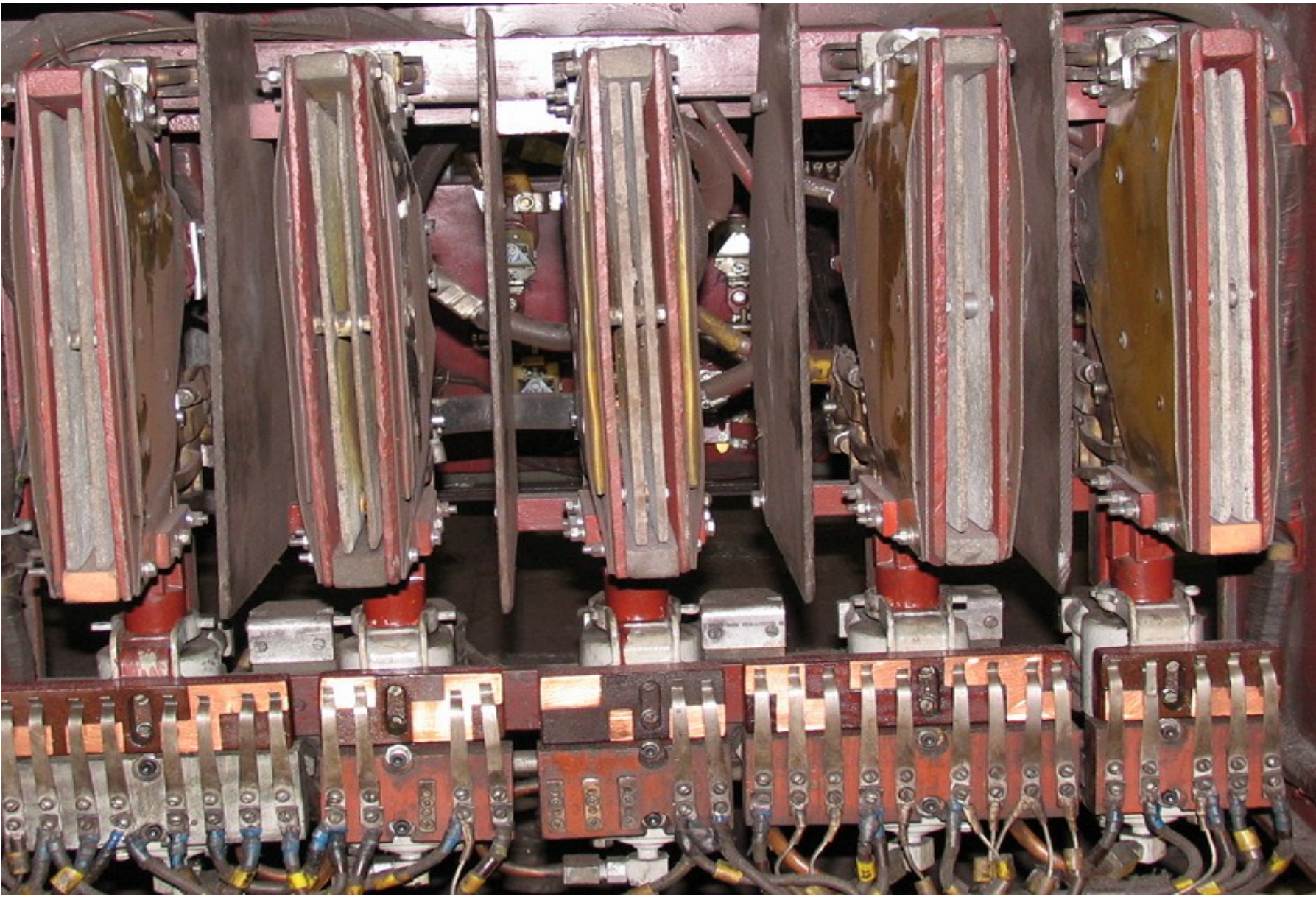


Sok ívhúzási
nyommal, de
még jól
használható
érintkező.

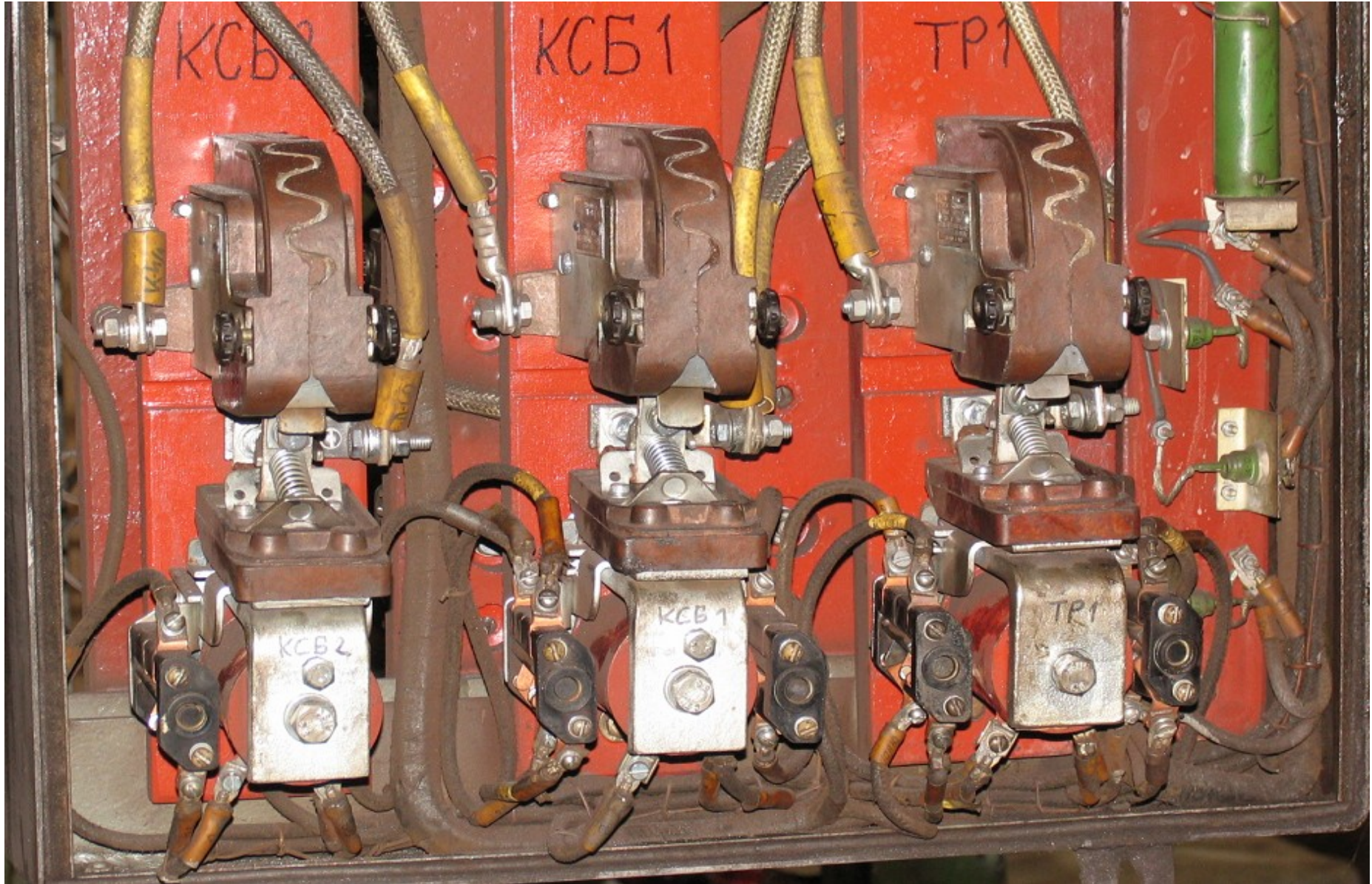
Fent az ívfúvó
tekercs, hátul a
behúzó mágnes
tekerce



Nagy (itt irányváltó) kontaktorok lángtölcséreikkel, lent csúszópályás vezérlő érintkezőik, amelyek az előírt teljes mozgás megtörténtét ellenőrzik



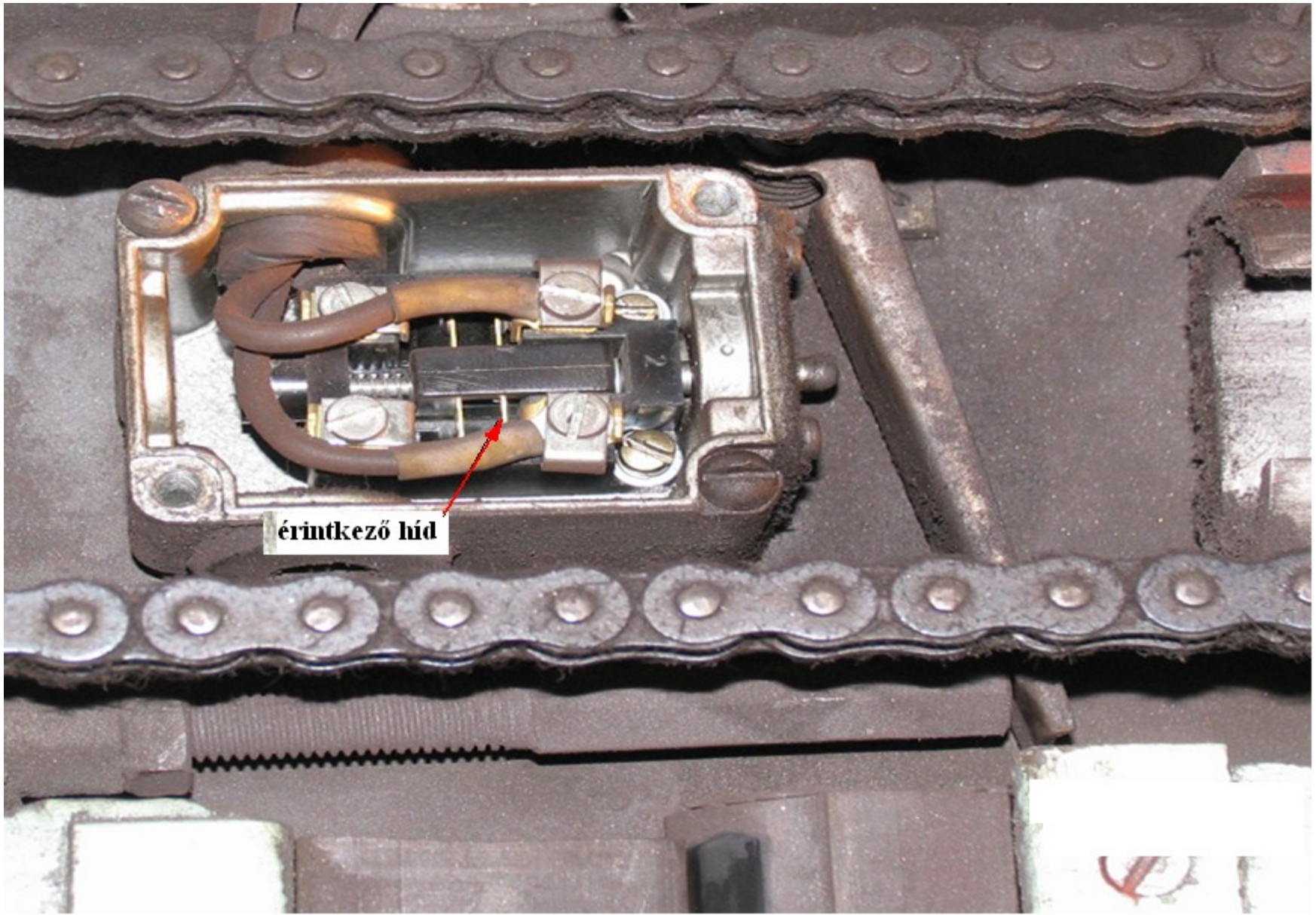
Elektromágneses kontaktorok, fent zárt tokozású ívzó kamráikkal, lent vezérlő segédérintkezőikkel



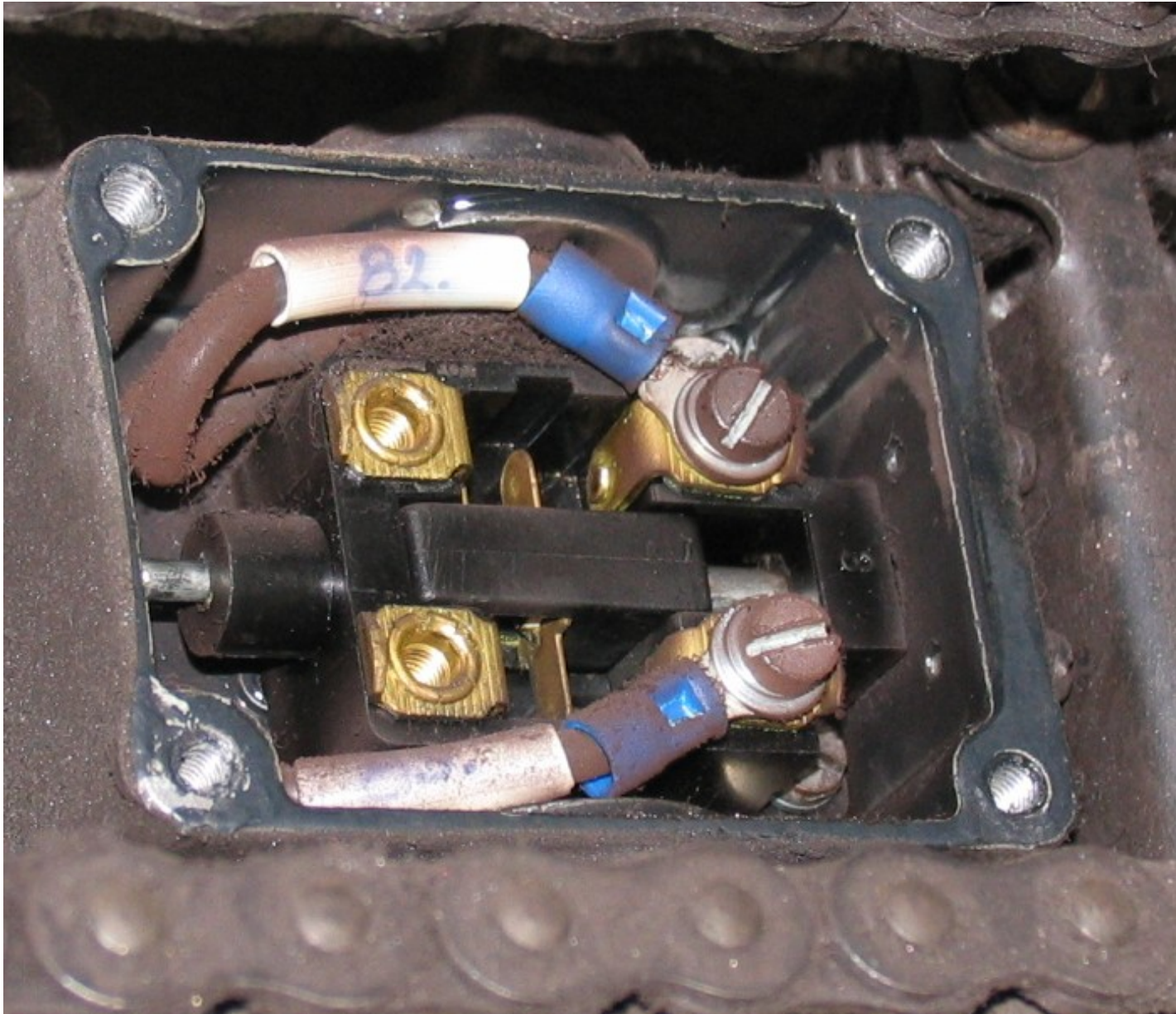
Az érintkezőhidas megoldás egy másik egyenáramú mágneskapcsolóban $8+8=16\text{mm}$ ívhosszúságot tud kikapcsolni, ami néhány A-es induktív áramkörben nagyon hatékony



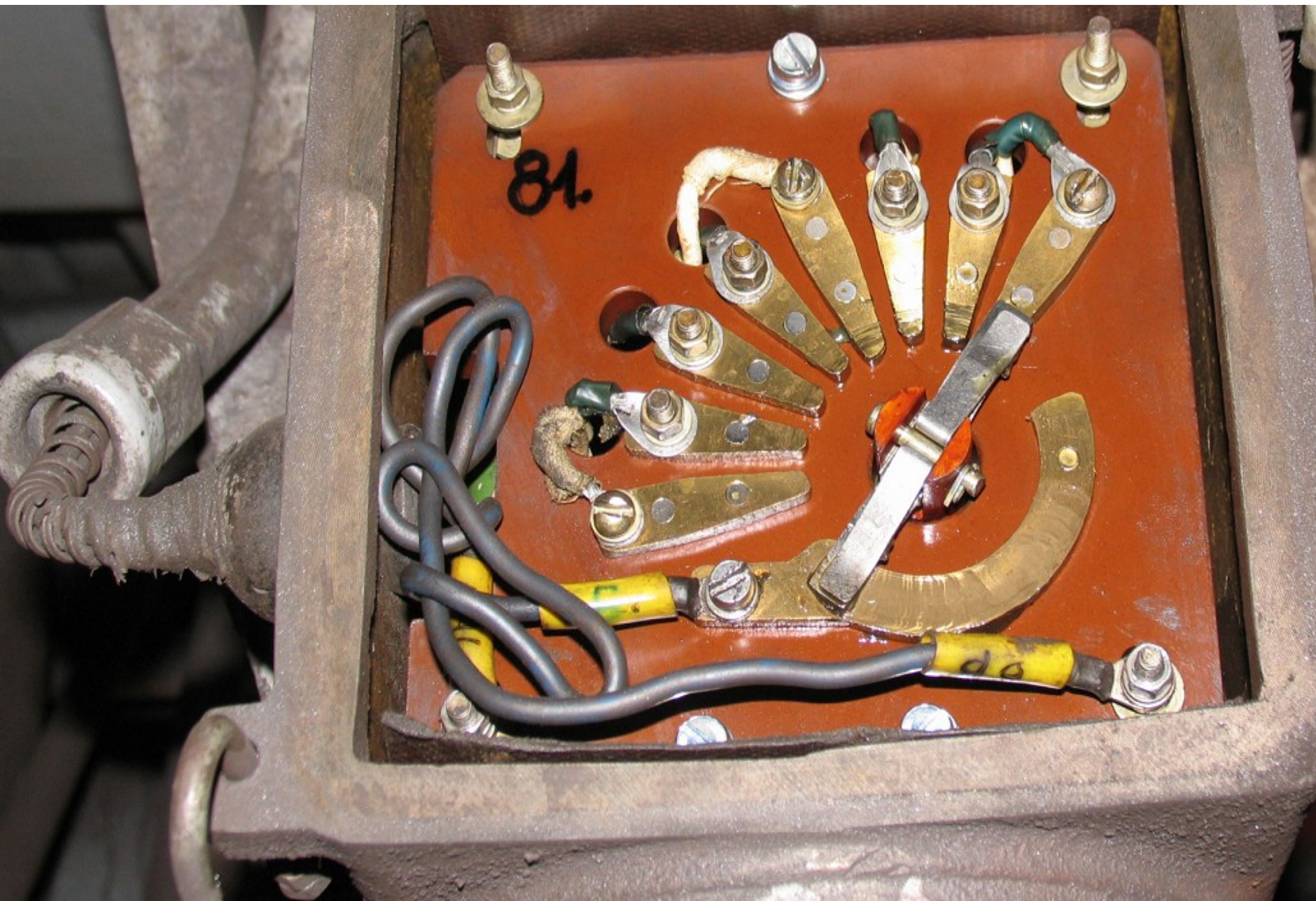
Ajtó (lent) mozgás végálláskapcsolója zárt ajtónál, két érintkező híddal. Csak a jobboldali van bekötve. A lenti csavarorsóval a kapcsolási helyzet állítható.



Az mozgó érintkező híd, és az álló érintkezők közül a felső, amely látható

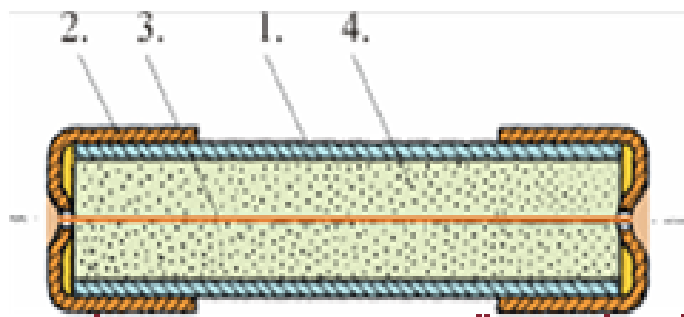


Járműtömeg-érzékelő 8 fokozatú potenciométer a hajtás- és féküzemhez, a közel azonos gyorsulás beállítására




Olvadó biztosítók

A csöves rendszerű olvadóbiztosítókat olyan egyfázisú 250 V-nál kisebb feszültségű és kis teljesítményű készülékek, műszerek zárlat elleni védelmére használják, amelyeknek áramköreiben a független zárlati áram erőssége 100 A-nél kisebb. A csöves biztosítókat $I_n = 5 \text{ mA} \dots 15 \text{ A}$ névleges áramerősségtartományban gyártják.



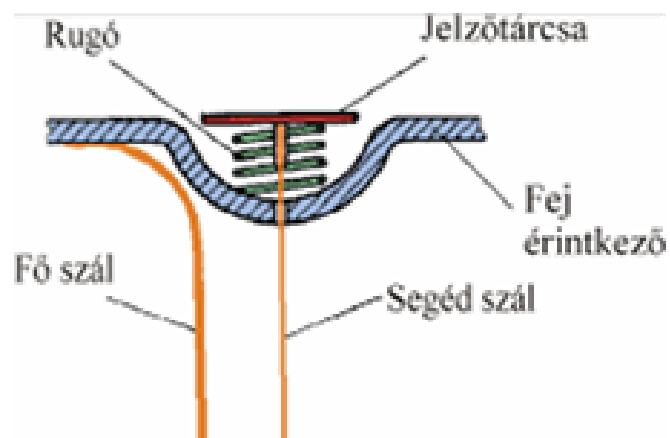
6.51. ábra. Csöves rendszerű olvadóbetét

A csöves biztosító betétjének metszetrajza a  ábrán látható. Egy kb. 25 mm hosszú üvegcső (1) két végéhez szorított fémsapkához (2) van beferrasztva a teljes hosszában kör keresztmetszetű olvadószál (3), amelyet az ábrán látható esetben kvarchomok töltet (4) vesz körül. Kisebb névleges és zárlati áramerősség esetén nem használnak kvarchomokat sem, a töltet tehát levegő.

Kiolvadás jelzése

A betétekben lévő olvadó elemek anyaga réz, ezüstözött réz, vagy ezüst, amelyeket alacsony olvadáspontú rátétfémmel is kiegészíthetnek. Az olvadó elemeket általában 0,3 mm-nél nagyobb szemcseméretű tisztított, kiszáritott és rázással tömörített kvarchomok töltet veszi körül.

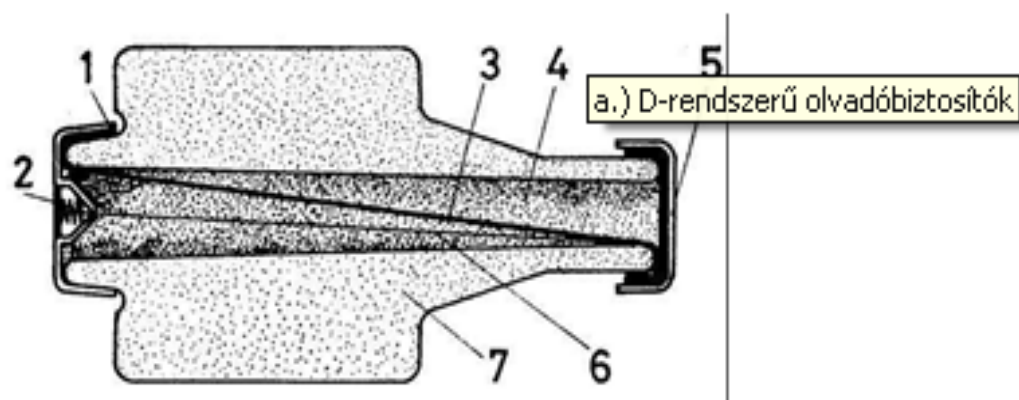
A D- és a késes rendszerű olvadóbetéteket kiolvadásjelző szerkezettel is ellátják, hogy az olvadóelem (főszál) kiolvadása vizuálisan érzékelhető legyen. Egy ilyen szerkezet vázlatja a 6.46. ábrán látható. A fő olvadószál kiolvadása után, a vele párhuzamosan kapcsolt nagy fajlagos ellenállású anyagból készült segéd-olvadószál is kiolvad és az összenyomott rugó hatására (a névleges áram szerint különböző színűre festett) jelzőtárcsa elugrik a helyéről.



Kisfeszültségű olvadó biztosító kiolvadásjelző szerkezete

D-rendszerű biztosítók

A D-rendszerű kisfeszültségű olvadóbiztosítót a hazánkban régebben, de külföldön most is használatos „Diazed” megnevezés kezdő betűjével jelölik. Ez utóbbiból a „Dia” arra utal, hogy a biztosító betét felcserélhetetlensége az átmérők (diaméter) rendszerén alapul, „z” a „zweiteilig” kétrészes aljzat, az „ed” az Edison-foglalatba (E16, E27 vagy E33) való becsavarhatóság rövidítése.

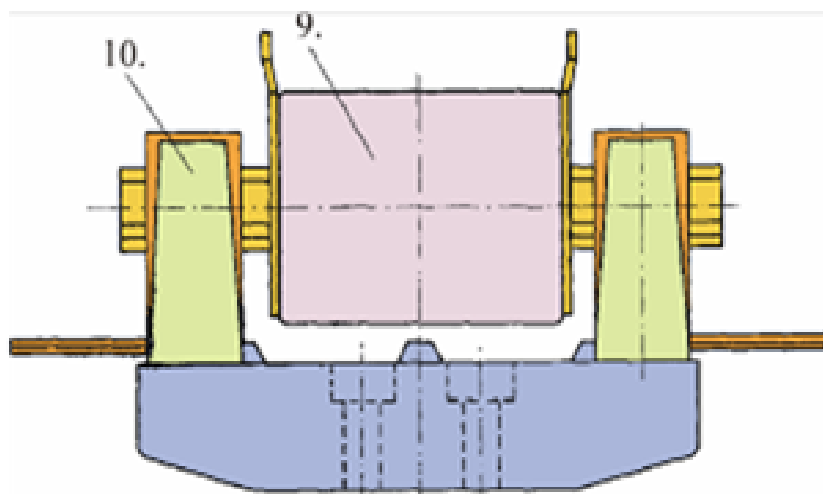


. D-rendszerű olvadóbetét

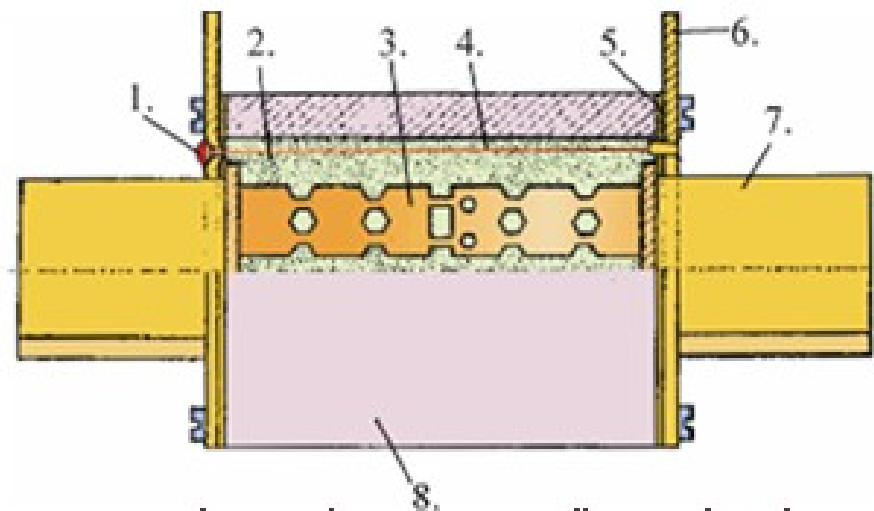
ábrán látható a D-rendszerű olvadóbetét, amelynek hő és nyomásálló kerámia (porcelán vagy szteatit) tokozatában (7) kvarcok töltetben (4) helyezkedik el az általában fő olvadószál (3) és a kiolvadásjelző szerkezet segéd-olvadószála (6). A betét tokozatához a fej- (1) és lábérintkező (5) van préselve a közöttük lévő főszálak végeivel és a segédszál egyik végével együtt. A segédszál másik vége a jelzőtárcsához (2) van kötve. A fő olvadószál teljes hosszában állandó kör keresztmetszetű, vagy lapos, változó keresztmetszetű. A tokozat csapszerűen kialakított végén lévő lábérintkező átmérője a betét névleges áramerősség-fokozatának növekedésével növekszik.

Késes biztosítók

A késes rendszerű, nagy teljesítményű olvadóbiztosítókkal nagyobb zárlati áramokat szakíthatunk meg mint a D-rendszerűekkel, és ezek sokkal nagyobb a névleges áramértékig vehetők igénybe. Egy késes rendszerű olvadóbiztosító betétjének szerkezeti felépítése a 6.49. ábrán látható. Ennek hő és nyomásálló (általában kerámia) tokozatában (8) lévő kvarchomok töltetben (2) helyezkedik el az olvadó elem (3), és a kiolvadásjelző szerkezet (1) segéd-olvadószála (4). Megjegyezzük, hogy a kiolvadásjelző szerkezet a tokozat közepén is elhelyezhető. Az olvadó elem általában több egymással párhuzamosan kapcsolt lapos, változó keresztmetszetű fő olvadószálból áll. Végeiket ponthegesztéssel rögzítik az érintkezőkések (7) homloklemezeihez. A tokozat végeihez nagy szilárdságú fémötvözetből készült zárólemezek (6) vannak csavarozva hőszigetelő alátét (5) közbeiktatásával.



Késes rendszerű olvadóbiztosító




Késes rendszerű olvadóbetét

A D-rendszerű biztosító működése

a D-rendszerű és a csöves rendszerű kifestültségű biztosítókhoz egész hosszában változatlan keresztmetszetű olvadó szálat is használnak. Ez a szál tehát teljes hosszában egyszerre olvad és gőzölög el, hirtelen nagy ívfeszültség (illetve ívellenállás) iktatódik be az áramkörbe, ami az áram hirtelen csökkenésével jár együtt ($I_{át} \approx I_{olv}$ áll fenn). Az olvadóbiztosító megszakító-képessége (a t_{iv} idő csökkentése) az ívfeszültséggel növelhető. Ehhez a szál kvarchomokba történő beágyazása is hozzájárul, mert így $E_{iv} \approx 280 \text{ V/cm}$ értékű ívgradiens érhető el, a levegőben mérhető 14 V/cm-hez képest. Egy ilyen szál megolvadási, elgőzölögési és ívelési folyamatait az 6.36. ábra kapcsán már megismertük. Ha már a kvarchomok ívgradiens-növelő hatását is kihasználtuk, akkor csak az ív (tehát a szál) hosszúságát növelhetjük. Ezt azonban csak addig a határig (amely egyébként sem túl nagy, mert a D-rendszerű és a csöves rendszerű kifestültségű biztosítók rövidék) érdemes növelni, amíg a keletkező túlfeszültség elviselhető mértékű marad. A teljes hosszában egyszerre elolvadó és elgőzölögő szál ugyanis a szükségesnél sokkal nagyobb (esetleg nem megengedhető) feszültséget, illetve visszaszökő feszültséget eredményez. Csak a visszaszökő feszültség csökkenthető (adott esetben ez is lényeges lehet), ha az állandó keresztmetszetű fő olvadószállal magas olvadáspontú segédszálat kapcsolnak párhuzamosan. A wolframból készült segédszál ellenállása - olvadáspontjához közeledve - szobahőmérsékleti értékének közel 16 szorosára növekszik. Megfelelő méretezéssel elérhető, hogy a főszál kiolvadása és az áram megszűnése után (különösen áramlevágás esetén) a visszaszökő feszültséget aperiodikussá tegye, tehát \hat{U}_2 értékét a hálózati feszültség pillanatértékére csökkentse, és végül maga is kiolvadjon.

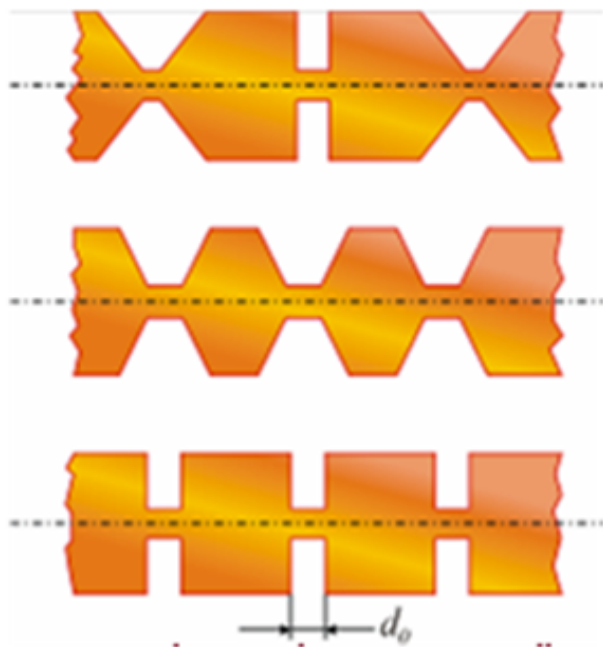
Késes biztosító

Sűrű osztású, többszörös megszakítást eredményező olvadóelemekkel nagy megszakító- és áramkorlátozó képesség mellett elfogadható értékű túlfeszültségek lépnek fel. A késes rendszerű kifestésű nagyteljesítményű olvadóbiztosítók szalag alakú (lapos) olvadószálainak néhány kiviteli alakja a  ábrán látható (hasonló alakú olvadószálakkal a D-rendszerű betéteknél is találkozhatunk). Mivel a biztosító feladata a névleges áramának tartós vezetése, nyilvánvaló, hogy kisebb keresztmetszetű részeknek ezt teljesíteni kell. Ezeknek a keresztmetszete - a nagyobb keresztmetszetű részek hőelvonó hatása miatt - kisebb annál az értéknél, amelyet állandó szálkeresztmetszet esetén kellene használni. A kisebb keresztmetszetű részeknek a nagyobbakhoz viszonyított keresztmetszeti aránya: $1/8 \dots 1/4$.

Zárlatkor a váltakozó keresztmetszetű szál nem egyszerre, teljes hosszában olvad és gőzölög el, tehát nem egyetlen (a szükségesnél sokkal nagyobb) feszültségcsúcs jelentkezik, hanem csak a szál kis keresztmetszetű részei (esetleg ezek csoportjai) egymás után fokozatosan olvadnak és gőzölögnek el úgy, hogy a sorba kapcsolt ívek eredő feszültsége csak a szükséges (az áramcsökkenés kívánatos mértékének megfelelő) értékkel haladja meg az U_{DR} feszültség pillanatértékét. Az első kis keresztmetszetű szálrészek kiolvadásakor még ez még nem teljesül, tehát az áram rövid ideig növekszik,

Késes biztosítók

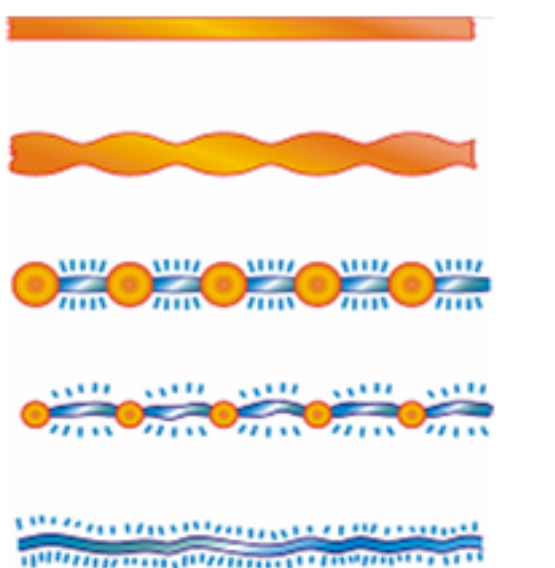
Állandó keresztmetszetű olvadóelem alkalmazásával tehát csak a zárlati megszakító- és áramkorlátozó képesség adott (de a gyakorlat számára nem elegendő) mértékig lehetséges kisfeszültségű biztosítókat készíteni. A gyakorlati igényeket kielégítő nagy zárlati megszakító- és áramkorlátozó képességű olvadóbiztosítók esetében tehát az állandó keresztmetszetű olvadóelemek nem használhatók.



Késes rendszerű betétek olvadószálai

Kiolvadási folyamat

Mivel kvarchomok veszi körül az olvadószálat, annak kiolvadása után az ív olvadékcsatornában (szintercsatornában) ég. Kisebb szálátmérő esetén kisebb lesz a szintercsatorna belső átmérője, továbbá kisebb lesz az egyes csatornában a fémgőz mennyisége és jobb a hűtés. Az ív először a kis keresztmetszetű részekben jön létre. A szál elolvadása után először cseppekre esik szét és a sorba kapcsolt ívek miatt az anód- és katódcsapások megsokszorozódnak. A szál teljes elgőzölgése után az ív a kiskeresztmetszetű szakasz teljes hosszában ég . A nagy nyomású fémgőzök a hideg kvarcsemcsék felületén lecsapódnak. Az ív környezetében a szemcsék összeolvadnak, összeragadnak. Az így kialakuló szintercsatorna az ív oltásához hatásosan járul hozzá. Egyrészt összeszorítja az ívet, miáltal növekszik a nyomás, másrészt pedig az ívvel párhuzamosan kapcsolódva, az áram nullaátmenete felé közeledve fokozatosan hűl és csökken a vezetőképessége.



A szál kiolvadása és az ív kialakulása.

Többszálas biztosító kiolvadási folyamata

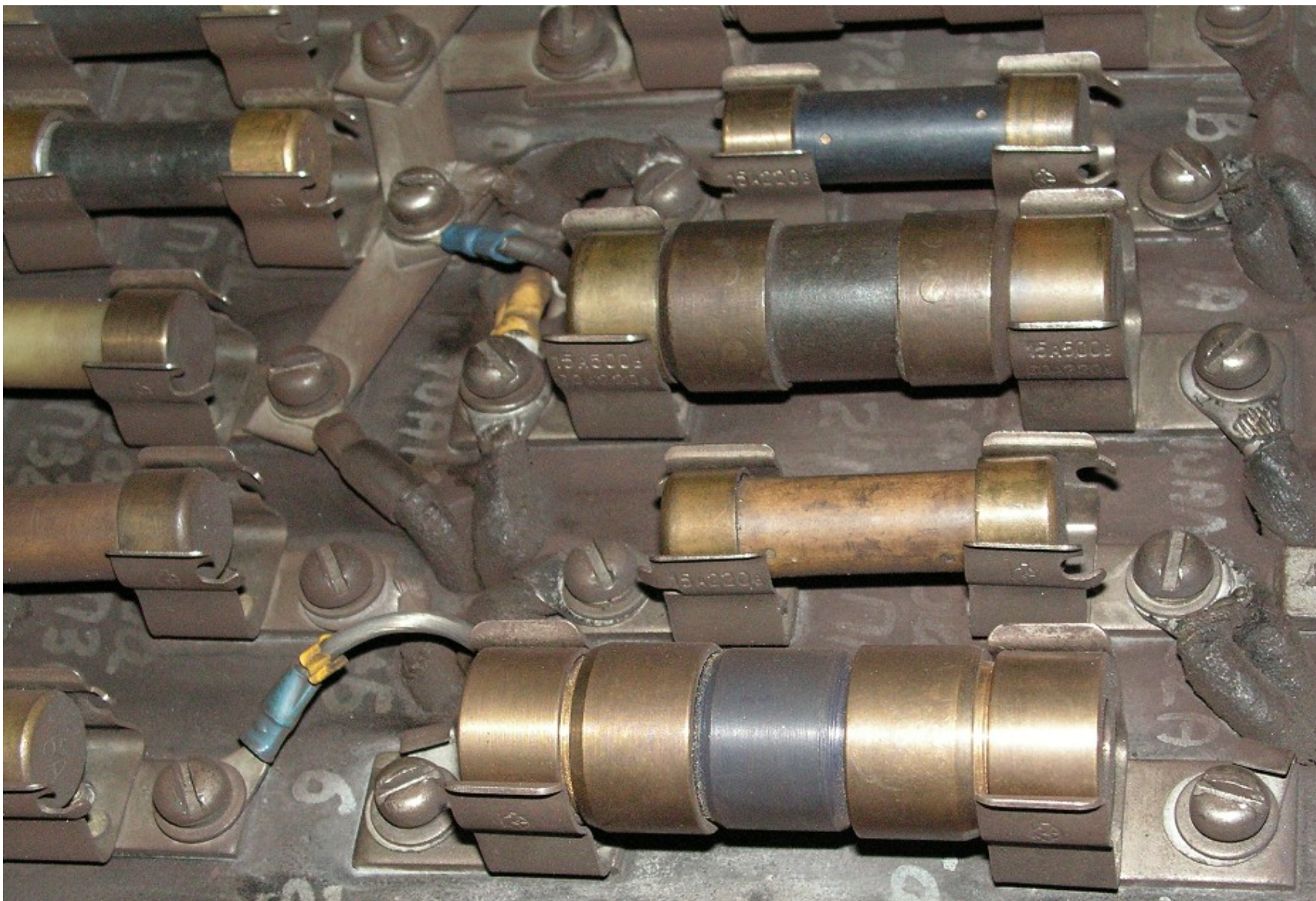
Túlterheléskor **egyetlen** olvadószálból álló biztosító esetén a szál egy (vagy néhány) pontján olvad meg. Itt ív keletkezik, amelynek hossza hosszú ideig (több félperióduson keresztül) növekszik, amíg a hálózati feszültség nem tudja újragyújtani. **Több** párhuzamos olvadószál esetén a kiolvadási folyamat ennél bonyolultabb módon zajlik le. Két párhuzamos szál esetén pl. először az egyik olvad ki egy rövid szakaszon ív nélkül. Ezután a másik dupla áramsűrűséggel gyorsan kiolvad, az ívhossz megnő, majd az ív kialszik. Ezután (vagy közben) az ívfeszültség hatására az első rövid szakasz átüt, újragyullad az ív, és megfelelő hossz elérésekor kialszik. A hosszú kiolvadási és ívidők alatt a szál és a betét erősen felmelegszik. A betét a legnagyobb melegezését általában $I=(1,4...2,0)I_n$ túlterhelési áramok esetén éri el.

A kisfeszültségű olvadóbiztosítók olvadóelemének csekély méreteiből a védendő berendezésnél vagy a vezetéknél sokkal kisebb hőtehetetlenségére és termikus időállandójára következtethetünk. Ebből adódik, hogy változó áramigénybevétel esetén a védendő berendezések termikusan nem lennének kihasználhatók, vagy egyszerűen nem is lennének üzemeltethetők, ha pl. a gyors (hirtelen) működésű olvadóbiztosító a motorok indításakor fellépő áramlökés hatására kioldana. Az olvadóbiztosító működését tehát a rövid idejű túlterhelések tartományában késleltetni kell. Ezért használják a késleltetett (lomha) vagy kombinált (lomha-gyors) működésű olvadóbiztosítókat. A félvezetők zárlat elleni védelme pedig ezzel ellenkező értelmű beavatkozást, a működés gyorsítását, tehát igen gyors (ultragyors) működésű biztosítók használatát igényli.

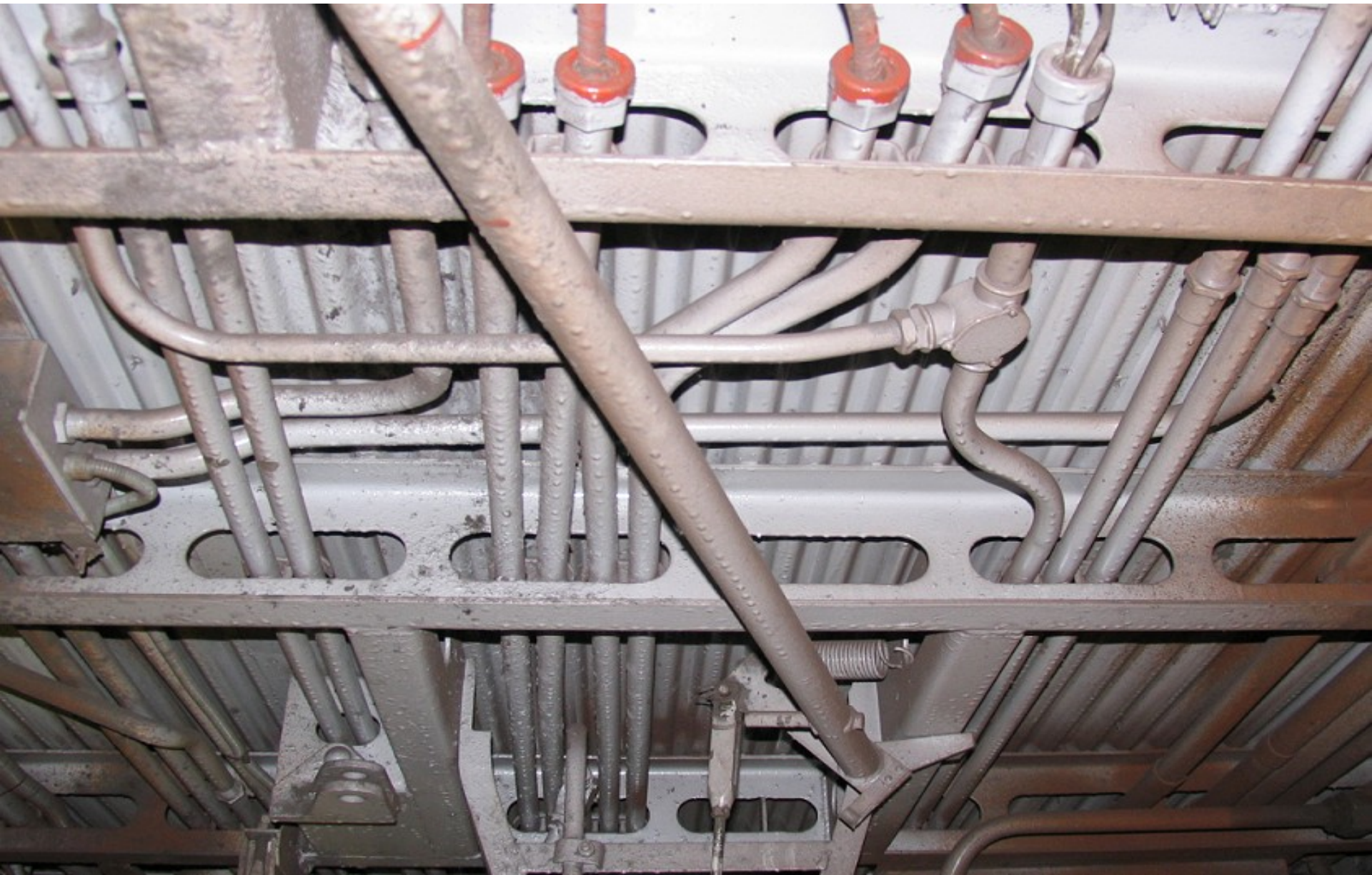
Biztosíték-szekrény és 750 V 10 A - 30 A védelmet adó egyenáramú, hosszú testű biztosítékok a metrókocsiban



15 A 220 V és 500V egyenáramú olvadó biztosítékok, homoktöltettel és speciális olvadószállal



Zárlatok elleni védekezés: minden erősáramú kábel önálló acél védőcsőben fekszik. A vezérlőkábelek csoportosan is vezethetők



Túláram-, földzárlat- és túlfeszültség védelmek

- **Túláramvédelmek**
- a túlterhelések miatti nagyobb áramok ellen védik a berendezést, feszültségforrást, gépeket, kábeleket, készülékeket.
- A túláramvédelem eszközei a kapcsolókészülékek is, továbbá biztosítók, kismegszakítók.
- **Relés kivitelnél** a mérési célú túláramvédelmi relék érzékelik a védendő készülékbe folyó áramot, és ha az a relé beállítási értéke fölé nő, a relé meghúz, és érintkezői legfelső szintű beavatkozásként akár a főmegszakító működtető tekercsének áramát is megszakíthatják.
- E reléket kikapcsolt állapotban retesz védi, s csak ennek kezelése után lesz ismét alaphelyzetbe hozható, s a rendszer üzembe helyezhető.

védelmek

- *Statikus túláramvédelemnél* csak az áram értéke a fontos paraméter, amelyre a relé működni fog.
- *Dinamikus túláramvédelemnél* az **áram növekedési sebessége, di/dt értéke** lesz mértékadó.
- Ezt megfelelő körültekintéssel kell tervezni és beállítani, s akkor a túláram gyors növekedése már azelőtt lekapcsolja berendezést, mielőtt az áram tényleges értéke a nem megengedhető tartományba fut.
- Ehhez a korszerű megoldáshoz egyre gyakrabban használnak elektronikus jelfeldolgozó egységeket.

védelmek

- **Földzárlat védelem**

- Ha valamely, üzemszerűen nem földelt villamos vezeték testhez (földpotenciálon lévő berendezéshez) fémesen, galvanikusan hozzáér, testzárlat, vagy ha test földelt, földzárlat keletkezik.
- A vontató járművek nagy részének szekunder oldali fő- és segédüzemi áramkörei földfüggetlenek, azaz üzemszerűen nem földeltek. Az előbbi módon kialakult földzárlatot érzékelni és jelezni szükséges, mert még egy földzárlat bekövetkezése már nagy erősségű zárlati áramokat indíthat, amelyek égést, súlyos károsodást okozhatnak.
- A DC motorok kommutátorain előforduló körtűz villamos íve testzárlatot okoz, s ennek észlelésekor működésbe lépő földzárlatvédelem komoly további károsodásokat előz meg.

- A védelem érzékelési elve az, hogy az áramkör negatív sarkát nagy ellenálláson keresztül a jármű acélszerkezeti részéhez, a földhöz kapcsoljuk, és mérjük az itt folyó áramot.
- Ez mindaddig zérus, amíg csak ez az egy áramköri pont van a földdel összekötve.
- Bárhol, egy újabb helyen kialakuló galvanikus érintkezés a kérdéses áramkör és a föld között feszültségkülönbséget jelent a már két érintkezési pont között, és a védőellenállással korlátozott kicsiny áram indul meg.
- Ez fogja működtetni a védelmet, és egy rövid időre az üzemet még engedélyezheti.
- Egy további földzárlat bekövetkezte azonban már a két zárlatos pont közti feszültségkülönbség hatására áramot indít, de ezt már csak a rendszer kis ellenállásai korlátozzák, azaz nagy zárlati áramok és súlyos égések, károk alakulhatnak ki.

- **Túlfeszültségvédelem**

- A túlfeszültség a max üzemi feszültségnél nagyobb feszültség, amelyre a berendezést már nem méretezték.

-

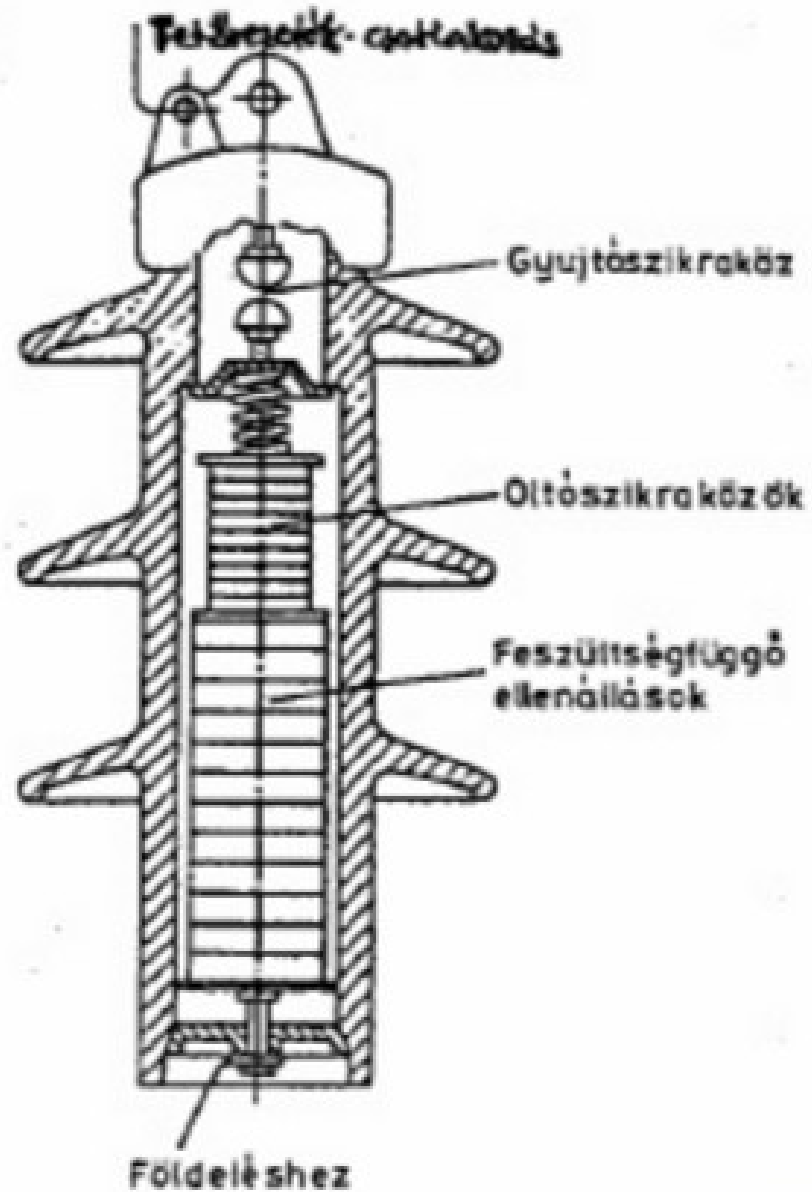
A túlfeszültségek eredete:

- *légköri eredetűek*: közvetett v közvetlen villámcsapás útján kapacitív vagy induktív csatolással okoz túlfeszültséget a villamos hálózatban.
- *Kapcsolási eredetűek*: induktív elemeken lezajló áramváltozások okozzák.

- *Védekezés a légköri eredetű túlfeszültségekkel szemben:*
- 1. Szikraközzel.
- A feszültség hullám a transzformátor induktivitásán vagy egy hullámtorlasztó tekercsen (néhány menetű légmagos tekercs, elhanyagolható ellenállással) visszaverődik, mivel az áramlökés számára nagy ellenállást jelent,
- és a szikraközbe bekényszerülve a föld felé levezetődik.
- Az utánfolyó áram a hálózaton zárlatot okoz, mely a táppont túláramvédelmét működteti, és az áramot megszakítva a keletkezett ívet a szikraközön kioltja.

- 2. Szelephatású túlfeszültség-levezető alkalmazásával.
- Ez a levezető sorbakapcsolt feszültségfüggő ellenállásokból és szikraközökből áll.
- A feszültségfüggő ellenállások ellenállás-értéke csökken a feszültség növekedésével.
- A feszültség hullám lefutása után az ellenállás ismét megnő, az áram csökken, s a szikraközben az ív kialszik.
- Mozdonyokon 30 kV-os túlfeszültség-levezetőket alkalmaznak, kb. 55 kV megszólalási feszültséggel.

Túlfeszültség-levezető



- **Védekezés a (ki-)kapcsolási eredetű túlfeszültségekkel szemben:** az egyenáramú táplálású működtető tekercsekre ún. szabadonfutó diódát kapcsolnak, záróirányú igénybevétellel.
- A kikapcsolási önindukciós feszültséget a tekercs ellenállása vezeti le, nyitóirányú igénybevétellel. Így a tekercs árama tovább fennmaradhat, bár erősen eső jelleggel. Kikapcsolási késleltetésre is használják.

- **A hagyományos főmegszakító** kikapcsolásakor is keletkezik túlfeszültség-hullám, melyet le kell vezetni, mert az oltókamrában nem alszik ki az ív.
- Erre szolgál az oltókamrával párhuzamosan kötött oltó ellenállás, amely feszültségfüggő szilíciumkarbid tárcsákból áll.
- **A vákuum főmegszakítók működése** igen gyors, emiatt nagy áramok megszakításakor jelentős túlfeszültség-lökések keletkezhetnek, és ellenük gyakran szelephatású típusú túlfeszültség levezetőket alkalmaznak.

Minimálfeszültség-védelmek

- Vontatójárműveken irányelv, hogy nem hozható létre addig valamely zárt fő- és segédüzemi áramkör, amíg az áramkör elemein nem áll rendelkezésre legalább a névleges feszültség minimuma, illetve,
- ha a a feszültség egy zárt áramkörben a minimum alá csökken, akkor azt a kört meg kell szakítani.

- E védelmek elektromechanikus mérőműves feszültségrelével, vagy újabban elektronikus szintérzékelő áramkörökkel alakíthatók ki.
- Itt a feszültség értéke ellenállásokkal leosztott nagyságú, mert az elektronikus érzékelő a megfigyelendő 250V –ot közvetlenül kapcsolva nem tudná elviselni.
- *Ha a felsővezetékben nincs legalább 17,5 kV feszültség,* akkor a minimál feszültség védelem nem engedi meg a főmegszakító bekapcsolását, illetve 17.5kV alá csökkenéskor kikapcsolja a főmegszakítót.
- *Késleltetett működésre van szükség,* hogy pl. az áramszedő lepattanások ne kapcsolathassák ki.
- A 29 kV-ot meghaladó feszültség hatására a túlfeszültség védelem –késleltetve- működésbe lép. A rövid idejű túlfeszültségeket a túlfeszültség-levezetők megszüntetik.

