

Készülékek és szigetelések

Koller László, Novák Balázs, Tamus Ádám

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Villamos Energetika Tanszék

Olvadóbiztosítók

A *közép-és kiefeszültségű olvadóbiztosító* olyan kapcsolókészülék, amely az áramkörbe beiktatott olvadó-elemének (egy vagy több párhuzamosan kapcsolt olvadószálának) megolvadásával és az azt követő ív oltásával automatikusan megszakítja az áramkört, ha az áramerősség egy meghatározott értéket meghalad. A biztosító kis keresztmetszetű olvadó-eleme a hálózati vezető egy szándékosan meggyengített szakaszaként is felfogható. Működési ideje (az áram fellépésétől az ív kialvásáig eltelt idő) zárlatkor a felperiódusidő tört része, túlterhelések esetén ennél sokkal nagyobb, akár óra nagyságrendű is lehet.

Feladata kettős: elsősorban a zárlatok elleni védelem (a túlterhelések elleni védelem korlátozott), de a névleges, vagy annál kisebb áramokat korlátlan ideig vezetnie kell. Az olvadóbiztosító tehát a megszakítóhoz hasonló kapcsolókészülék, de csak a zárlati áram *egyszeri* automatikus megszakítására szolgál. A hálózat soros elemeként védelmi szerepet lát el, normál üzemi állapotban is működik és ilyenkor is van feladata: a névleges, vagy annál kisebb áramok vezetése.

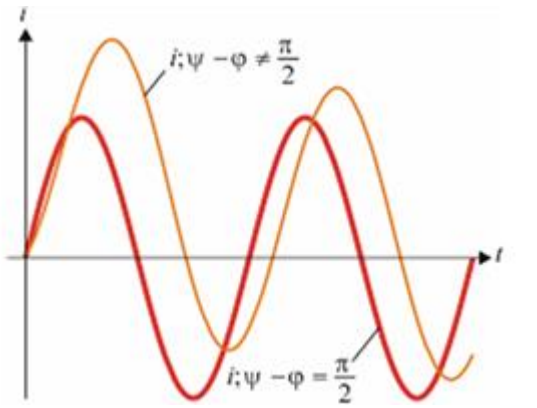
Az olvadóbiztosítók többféle szempont szerint osztályozhatók. Mivel az olvadóbiztosítók legfontosabb feladata a zárlati áramok megszakítása, ezért alapvető megkülönböztetést jelent a **zárlati működési jelleg** szerinti osztályozás. E szerint *megszakító és áramkorlátozó jellegű* biztosítók különböztethetők meg. A megszakító jellegű biztosítókon a független zárlati áram úgy folyik át, hogy annak csúcserőteke is kialakul, mielőtt az olvadó-eleme kiolvadna. Az áramkorlátozó jellegű biztosítók működése sokkal előnyösebb, mert ezeknek az olvadó-eleme a független zárlati áram csúcserőtekének kialakulása előtt kiolvad. Az áramkorlátozó jellegű olvadóbiztosítók terjedtek el általánosan, tehát csak azokkal foglalkozunk a továbbiakban és megnevezésükben általában elhagyjuk az „áramkorlátozó jellegű” jelzőt. Az olvadóbiztosítók **névleges feszültsége** is alapvető osztályozási szempont. Az olvadóbiztosítókat csak kis- és középfeszültségen alkalmazzák. Középfeszültségnél nagyobb feszültségre nem gyártanak olvadóbiztosítókat, mert már középfeszültségen is komoly problémákkal kell szembenézni. A *középfeszültségű* olvadóbiztosítók (főként hosszirányban) korlátozott méreteiből valamint a szerkezeti kialakításából adódó működéséből következik, hogy zárlati megszakítóképességük erősen csökken (a tartományon belül) a feszültség növekedésével. Áramkorlátozó jellegük ugyanis csak egyre kisebb névleges áramú változatuknál tud (egyre kevésbé) érvényesülni. Például egy középfeszültségű olvadóbiztosító legnagyobb névleges árama $I_e=100$ A, amelyhez $I_z=50$ kA zárlati megszakítóképesség tartozik $U_e=7,2$ kV névleges feszültségnél. Ha $U_e=40,5$ kV, akkor a legnagyobb névleges áram csak $I_e=25$ A, amely mindössze $I_z=10$ kA zárlati megszakítóképességgel jár együtt. Ezen problémák a *kiefeszültségű* olvadóbiztosítók esetében általában nem vagy csak kisebb mértékben jelentkeznek. Elegendően nagy (akár $I_z=100$ kA) zárlati megszakítóképesség mellett a névleges áram növelése okoz nehézséget, főként a túlságosan nagy (energetikailag is számottevő) veszteség, valamint az abból adódó hőelvezetési, szerkezeti és méretbeli korlátok miatt. Egy $I_e=1250$ A-es betétben például $P_v=90$ W veszteségi teljesítmény keletkezik. A kiefeszültségű olvadóbiztosítókat $I_e=1600$ A névleges áramerősségig gyártják.

Szerkezeti felépítés és kioldási jelleggörbe szerinti további osztályozást csak a kiefeszültségű olvadóbiztosítók esetében érdemes elvégezni. Ezek ugyanis D-rendszerű, késes és csöves rendszerűek, valamint gyors (hirtelen), igen gyors (ultragyors), késleltetett (lomha) és kombinált (lomha-gyors) jelleggörbéjűek is lehetnek.

1. Bár a kis- és középfeszültségű olvadóbiztosítók szerkezeti felépítése lényegesen különbözik egymástól, működési elvük azonban közös alapokon nyugszik. Amikor az olvadóbiztosítók ismertetését a középfeszültségűvel kezdjük, bemutatjuk a működési elv közös részét is. Ezekre a kiefeszültségű biztosítóknál már nem térünk ki, csak azokra a speciális tulajdonságokat mutatjuk be, amelyek az eltérő szerkezeti felépítésből és a különböző kioldási jelleggörbékből adódnak. Magától értetődik, hogy az olvadóbiztosítók kiválasztását a kiefeszültségű biztosítóknál tárgyaljuk, hiszen ezek a problémák elsősorban kiefeszültségen jelentkeznek.

Középfeszültségű olvadóbiztosítók

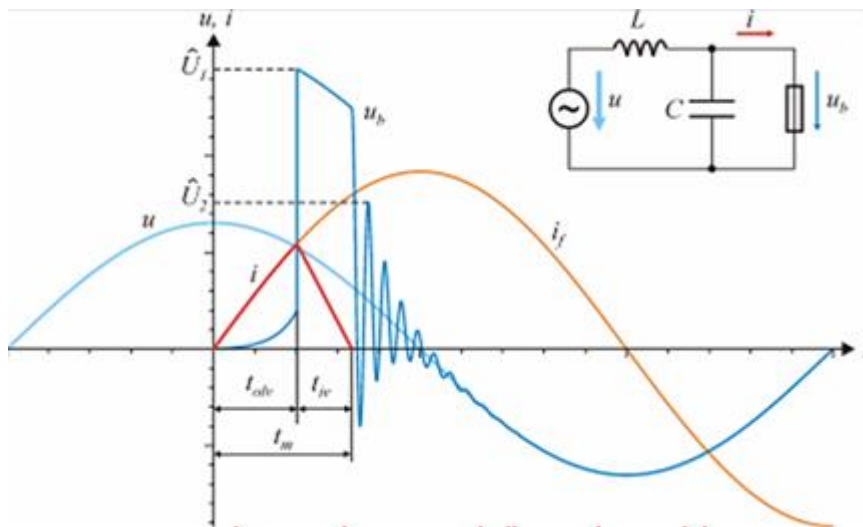
A középfeszültségű olvadóbiztosítók ismertetését három pontban foglaltuk össze: működés zárlatkor, működés túlterheléskor és szerkezeti felépítés.



6.33. ábra. Zárlati áramok időfüggvénye

Működés zárlatkor

Az olvadóelem akkor melegszik a leggyorsabban, ha a zárlati áramnak nincs egyenáramú összetevője (lásd a 2.1.1 pontot), tehát a zárlat fellépésekor rögtön a szinuszos stationer áram folyik, mert ekkor növekszik a leggyorsabban a zárlati áram (6.33. ábra vastagon kihúzott görbéje). Ezt az esetet tételezzük fel az időfüggvények bemutatásakor.



6.34. ábra Középfeszültségű olvadóbiztosító. Időfüggvények zárlatkor.

Ha az olvadóbiztosító középfeszültségű zárlatot szakít meg, akkor jó közelítéssel használható a soros csillapítás nélküli modell (6.34. ábra). Ennek alapján:

$$u = L \cdot \frac{di}{dt} + u_b \quad (6-4)$$

ahol a u_b a biztosító kapcsain mérhető feszültség. A szál feszültsége a kiolvadás után $u_b = u_{iv}$, tehát

$$u_{iv} = u_b = u - L \cdot \frac{di}{dt} \quad (6-5)$$

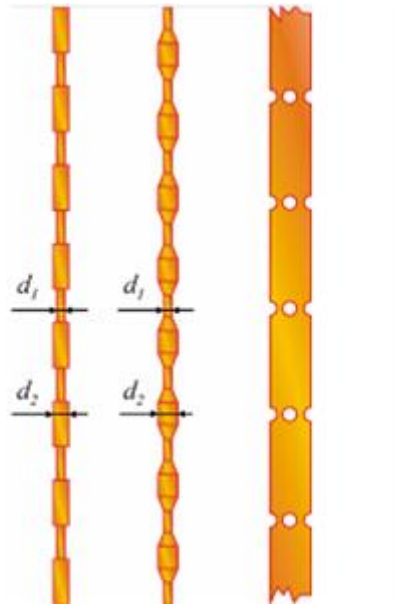
Mivel az áram csökkenésekor di/dt negatív, a tápfeszültség értékéhez az induktivitás feszültsége hozzáadódik, tehát a működés során az áramnak csökkennie kell az ívelés szakaszában, azaz $u_b > u$ feltételnek kell fennállnia. A 6.34. ábrán megfigyelhető, hogy a szál már akkor kiolvad, mielőtt a független zárlati áram (i_F) a csúcsertékét elérné. Ebből következik áramkorlátozó tulajdonsága. Kiolvadása előtt a biztosító feszültsége azért növekszik, mert a szál ellenállása is nő a melegedés hatására. Ez a feszültség azonban az ív létrejötte után növekszik jelentősen (a tápfeszültség pillanatértékénél nagyobbra). Látható, hogy az olvadóbiztosító kapcsain a legnagyobb feszültség két esetben is létrejöhet: az olvadószál kiolvadása (\hat{U}_1), vagy az áramkör végleges megszakítása után (\hat{U}_2). A kis névleges

áramerősségű középfeszültségű biztosítóknál általában \hat{U}_2 a nagyobbik csúcserték. A szabványok által megengedhető legnagyobb csúcserték középfeszültségen:

$$\hat{U} = 2,2 \cdot \hat{U}_n$$

(6-6)

ahol \hat{U}_n a névleges (vonali) feszültség csúcsertéke, pl. $U_n=40,5$ kV esetén $\hat{U}=126$ kV.



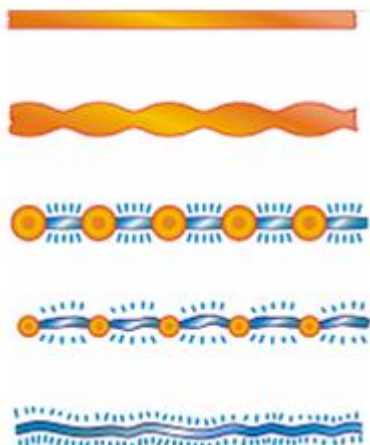
6.35. ábra. Középfeszültségű olvadóbiztosítók olvadószállai

Ha a zárlati működés során a szál egész hosszában egyszerre olvadna és gőzölné el, akkor nagy túlfeszültség keletkezne. Ezért gondoskodni kell arról, hogy a szál csak fokozatosan olvadjon el, több kisebb feszültségcsúcs jelentkezzen egymás után, amelyek mindegyike csak kis mértékben legyen nagyobb *upillanatértékénél*. Ebből a szempontból is kedvező működést eredményeznek a biztosítók sűrű osztásban változó keresztmetszetű olvadószállai. Ezekre a kör- és lapos keresztmetszetű szálak esetében látunk példákat a 6.35. ábrán. A szálak kisebb keresztmetszete a biztosító névleges áramerősségéhez igazodik, amelyet állandó keresztmetszet esetén kellene használni, ha nagyobb keresztmetszetű szakaszokat is alkalmaznak. Mivel a szál(ak) a kisebb keresztmetszetű szakasz(ok)on olvadnak el először, ezért az áramkorlátozó képesség is növekszik. Ha az olvadó elem ilyen, minél kisebb keresztmetszetű párhuzamos szálakból épül fel, akkor az egyes szálakban egyre csökken az elgőzölő fémennyiség és az ív ionozottsága.

A szál hossza a feszültségtől függ, pl. állandó keresztmetszetenél pl. a minimális hossz (Mihajlov szerint):

$$l_{min}^{[mm]} = 160 + 70 \cdot U_n^{[kV]}$$

(6-7)



6.36. ábra. A szál kiolvadása és az ív kialakulása.

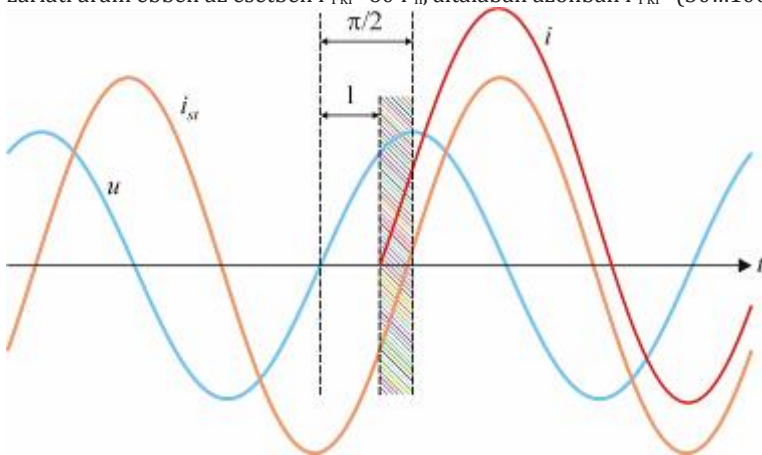
Mivel kvarcchomok veszi körül az olvadószálat, annak kiolvadása után az ív olvadékcsatornákban (szintercsatornákban) ég. Kisebb szálátmérő esetén kisebb lesz a szintercsatorna belső átmérője, továbbá kisebb lesz az egyes csatornákban a fémgőz mennyisége és jobb a hűtés. Az ív először a kis keresztmetszetű részekben jön létre. A szál elolvadása után először cseppekre esik szét és a sorba kapcsolt ívek miatt az anód- és katódésések megsokszorozódnak. A szál teljes elgőzölgése után az ív a kiskeresztmetszetű szakasz teljes hosszában ég (6.36. ábra). A nagynyomású 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. Az ívoltás utáni állapotban láthatók egy 5 párhuzamos szálból álló középfeszültségű olvadóbetét szintercsatornáit a 6.37. ábrán. A vastagabb csatornák a szálak vékonyabb részein képződtek, mert itt állt fenn leghosszabb ideig az ív.



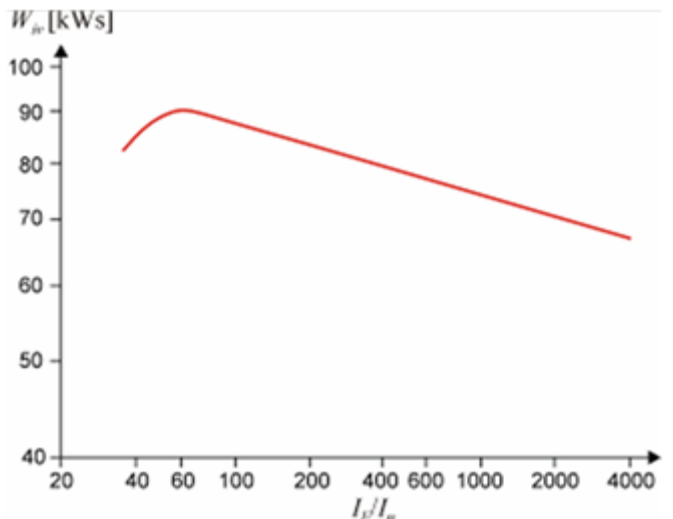
6.37. ábra. Középfeszültségű olvadóbetét szintercsatornáit.

Az olvadóbiztosítót a megszakítási folyamat alatt az ívenergia termikusan, a nyomás pedig mechanikusan veszi igénybe.

A **termikus igénybevétel** szempontjából mértékadó W_{iv} ívenergia *adott (egyenáramú összetevőt is tartalmazó) zárlati áramnál* akkor éri el a legnagyobb értékét, ha a zárlat a feszültség hullám felmenő ágában következik be, pontosabban akkor, ha a feszültség nullaátmenetétől számítva kb. 1 rad-ra kezd el folyni az áram, és az ívelés a 6.38. ábrán látható vonalkázott tartományban kezdődik. Mivel a biztosító áramkorlátozó hatása az I_F független zárlati áram nagyságától is függ, és annak ún. kritikus értékénél W_{iv} a lehetséges legnagyobb értékét éri el. A 6.39. ábrán egy $U_n=10$ kV-os és $I_n=25$ A-es olvadóbiztosító esetében látható W_{iv} változása az I_F/I_n függvényében. A kritikus zárlati áram ebben az esetben $I_{Fkr}=60 \cdot I_n$, általában azonban $I_{Fkr}=(30 \dots 100) \cdot I_n$.

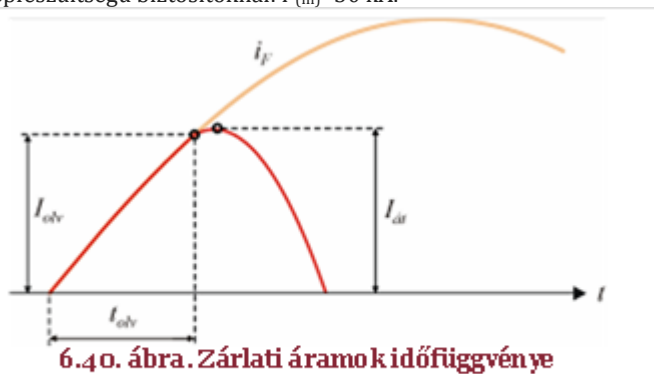


6.38. ábra. A termikus igénybevétel szempontjából mértékadó energia meghatározása



6.39. ábra. A termikus igénybevétel szempontjából mértékadó energia változása

A **mechanikai igénybevétel** a biztosító megszakítóképeségének megfelelő névleges megszakítási áramnál $I_{(m)}$ a legnagyobb, mert az átengedett áram, az elgőzölögés sebessége és a nyomás ilyenkor a legnagyobb. A névleges megszakítási áram effektív értékét a szabványok megadják. Pl. az $U_n=12$ kV-os és $I_n=10...100$ A névleges áramú közép feszültségű biztosítóknál: $I_{(m)}=50$ kA.



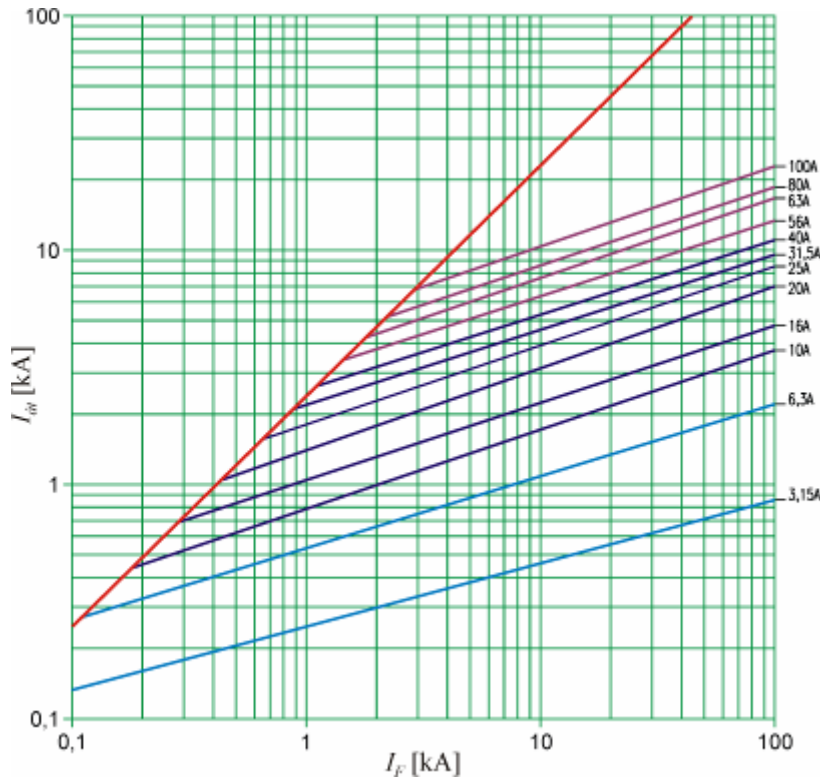
6.40. ábra. Zárlati áramok időfüggvénye

6.40. ábra. Zárlati áramok időfüggvénye

Az olvadóbiztosító zárlati méretezése tulajdonképpen az **áramkorlátozó képességre** való méretezést jelenti. Valójában azonban nem az átengedett áramra, hanem a kiolvadási áramcsúcsra méretezünk. A 6.40. ábrán látható, hogy az átengedett áram némiképpen (7...10%-kal) nagyobb a kiolvadási áram csúcserékénél, mert a kis keresztmetszetű szálrészek kiolvadásakor $u_{iv} < u$. Ha a gyors (zárlati) melegedésre felírt összefüggéseket (lásd a 3.2 pontot) alkalmazzuk úgy, hogy a kiolvadáskor érvényes t_{olv} időig, valamint a ϑ_k kezdeti hőmérsékletől a ϑ_{olv} olvadási hőmérsékletig, illetve a $\tau_k = \vartheta_k - \vartheta_o$ melegedéstől a $\tau_{olv} = \vartheta_{olv} - \vartheta_o$ melegedésig integrálunk, akkor:

$$\int_0^{t_{olv}} i^2 dt = A^2 \cdot \frac{c_0}{\rho_0 \alpha_0'} \ln \frac{1 + \alpha'(\vartheta_{olv} - \vartheta_0)}{1 + \alpha_0'(\vartheta_k - \vartheta_0)}, \quad (6-8)$$

ahol az egyenlet bal oldalán szereplő **kiolvadási Joule-integrál** (jelölése: $(I^2t)_{olv}$) az olvadó elem A keresztmetszetével (párhuzamos szálak esetén a szálak keresztmetszetének összegével) arányos. A (6-7) egyenletből tehát kiszámítható adott kiolvadási időhöz, tehát gyakorlatilag az áramkorlátozási képességhez szükséges olvadó elem keresztmetszet. A Joule-integrálokat is a független zárlati és a névleges áram (I_z és I_n) függvényében diagramokon adják meg a gyártók. A 6.41. ábrán láthatók a közép feszültségű ($I_n=6,3...100$ A) névleges áramerősségű biztosítók áramkorlátozási jelleggörbéi.

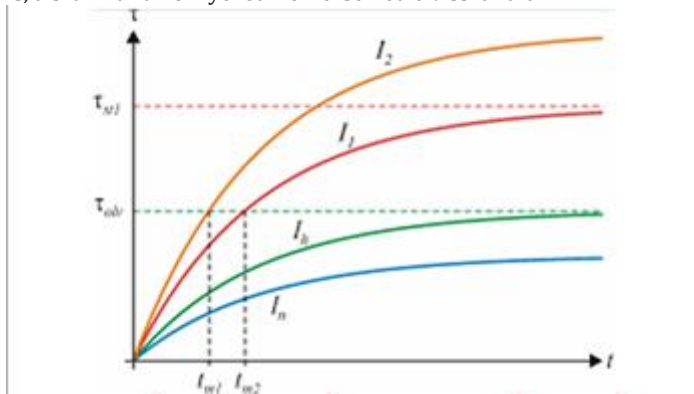


6.41. ábra. Középfeszültségű olvadóbiztosítók áramkorlátozási jelleggörbéi

A biztosító **működési Joule-integrálját** (jelölése: $(I^2t)_m$) akkor kapjuk, ha az áram időfüggvényének négyzetét 0-tól a t_m működési időig integráljuk az idő szerint.

Működés túlterheléskor

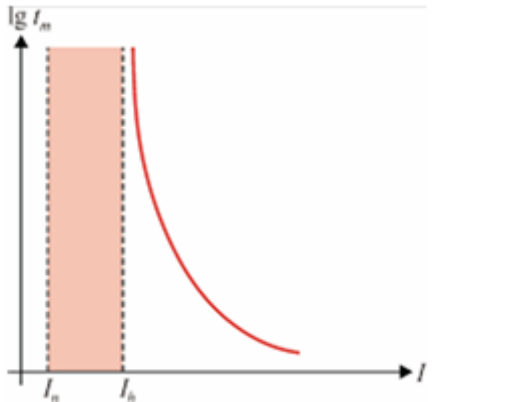
Túlterhelés esetén - a hosszú működési idő miatt - a bekapcsolási áramtranzিয়েns hatását elhanyagolva, az olvadó elemekben keletkező hőteljesítmény az áram effektív értékének (I) négyzetével vehető arányosnak. Ennek hatására - a lassú melegedés (Lásd a 3.1 pontot) összefüggési alapján - melegszik fel az olvadó elem, és elérve olvadási hőmérsékletét kiolvad. Az ív idő ebben az esetben elhanyagolható, tehát a működési idő a kiolvadási idővel azonosnak tekinthető. A 6.42. ábrán látható melegedési diagramok alapján jól megérthető az olvadóbiztosító működése a túlterhelési áramok nagyságrendjében. Az egyes melegedési görbék paramétereit az áramok. Az egyszerűség kedvéért a $t=0$ időpillanatban a melegedés zérus, tehát feltételezzük, hogy megelőzően a szálon nem folyt áram, illetve ha folyt is, a szál már a környezeti hőmérsékletre visszahűlt.



6.42. ábra. Az olvadó elem melegedési görbéi

Az I_h határáramhoz tartozó melegedés stacioner értéke épp a szál olvadási hőmérsékletéhez rendelt melegedéssel (τ_{olv}) egyezik meg, tehát a szál a határáram hatására ∞ idő múlva olvad ki. A határáramnál nagyobb áram hatására ($I > I_h$) az olvadó elem kiolvad, ellenkező esetben ($I < I_h$) pedig nem. A τ_{olv} értékhez tartozik a biztosító működési ideje. Az 6.42. ábrán látható, hogy a határáramnál nagyobb áramok közül a nagyobbik működési ideje kisebb, tehát $I_2 > I_1$ esetén $t_{m2} < t_{m1}$. Ezt felhasználva, megrajzolható az elvi áram-működési idő karakterisztika (6.43. ábra). Látható, hogy az olvadóbetét névleges árama (I_n) kisebb a határáramnál ($I_n < I_h$), bár kedvező volna, ha azonos lenne a határárammal, de ez elvben két okból sem lenne betartható:

1. az olvadó elem az olvadáspont környékén üzemelne állandó jelleggel, ezért oxidáció és diffúzió miatt bekövetkező öregedés miatt hamar tönkremenne, valamint
2. az olvadáspont környékén, a fajlagos ellenállás növekedése miatt, 4...5-szörös ellenállása (és vesztesége) lenne az olvadó elemnek.



6.43. ábra. Elvi áram-működési idő karakterisztika

A gyakorlatban a gyártási pontatlanságok, és a felhasználás eltérő körülményei egyébként is kedvezőtlen esetben az $I_h = (1,3 \dots 2,0) \cdot I_e$, kedvező esetben pedig az $I_h = (1,2 \dots 1,5) \cdot I_e$ betartását teszik lehetővé. Mivel olvadóbetétre mindig a névleges áramot adják meg, ebből következik, hogy a biztosító az $I = (1,3 \dots 2,0) \cdot I_e$ vagy az $I = (1,2 \dots 1,5) \cdot I_e$ túlterhelési áramtartományban (a 6.43. ábrán a vonalkázott tartomány) nem biztosítja a védelmet.

Az olvadóbiztosító tehát túlterhelés elleni védelemre csak korlátozottan, gyakorlatilag azonban nem alkalmazható. Ha pl. egy $I_e = 16$ A-es biztosítóval akarnánk megvédeni a hálózatot egy 2x-es, azaz 32 A-es áramú tartós túlterhelés ellen, akkor ($I_h = 2 \cdot I_e$ figyelembevételével) a 32 A-es áram nem olvasztaná ki a biztosítót, de ez az áram négyszeres túlmelegedést okozna a vezetéken, amelynek szigetelése ettől elolvadhatna és könnyen tűz is keletkezhetne.

A határáramnál kisebb értékű névleges áramot a gyártónak kell megadnia, de a szál méretezése- az előbb elmondottak alapján - csak a határáramra történhet. Az olvadó elem egy állandó A keresztmetszetű és l hosszúságú szakaszára közelítőleg felírható:

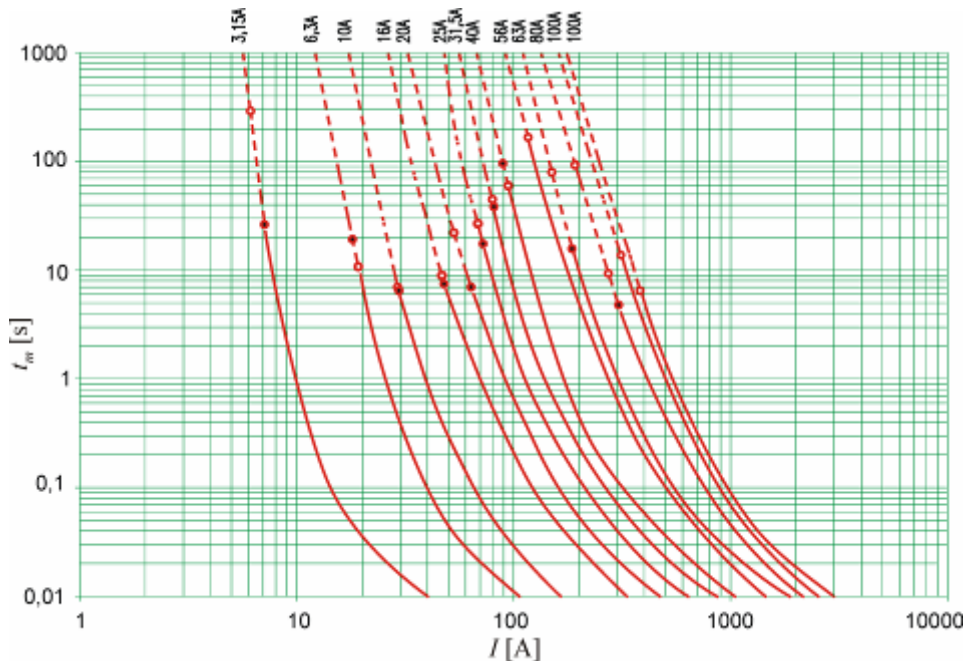
$$\tau_{olv} = \frac{I_h^2 R_{olv}}{\alpha_{olv} S} = \frac{I_h^2 \rho_{olv} l}{\alpha_{olv} A \cdot k}, \quad (6-9)$$

ahol R_{olv} , α_{olv} és ρ_{olv} , a szál olvadási hőmérsékletéhez tartozó ellenállása, hőátadási tényezője és anyagának fajlagos ellenállása, továbbá S a szál hőleadó felülete és k a kerülete. Az összefüggésből I_h értékét kifejezve:

$$I_h = \sqrt{\frac{\tau_{olv} \alpha_{olv}}{\rho_{olv}}} \cdot \sqrt{A \cdot k}, \quad (6-10)$$

tehát a határáram értéke az $A \cdot k$ szorzattal arányos. Láttuk, hogy a zárlatkorlátozó képességre való méretezés A -t írta elő. Ebből következik, hogy mindkét feltétel lapos és/vagy párhuzamos szálak alkalmazásával elégíthető ki (kör keresztmetszetű szálak esetén csak a párhuzamos szálak alkalmazásának alternatívája jöhet szóba).

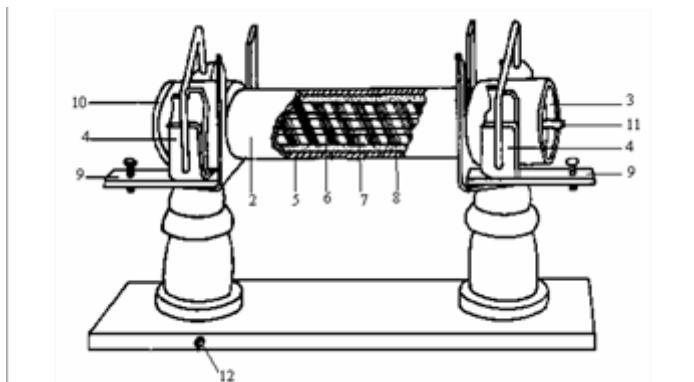
Különböző névleges áramú középfeszültségű olvadóbiztosítók jellegsvámainak átlagolásából számított áram-működési idő karakterisztikái a 6.44. ábrán láthatók, amelynél a 10 ... 50 ms-nál kisebb kiolvadási idők az ún. virtuális kiolvadási idők, amelyeket a működési Joule-integrál és a független megszakítási áram négyzetének hányadosából számítanak ki.



6.44. ábra Középfeszültségű olvadóbiztosítók áram-működési idő karakterisztikái

Szerkezeti felépítés

A 6.45. ábrán látható egy középfeszültségű olvadóbiztosító betét, elhelyezve egy hagyományos aljzatban (újabbban a belsőtéri fémtokozott kapcsolóberendezésekhez másfajta aljzatokat és betéteket is alkalmaznak). Az ábrán használt számok a következő szerkezeti elemeket jelentik: 2. olvadóbetét, 3. csőérintkező, 4. rugózott érintkezők, 5. porceláncső, 6. olvadószálok, 7. kerámia olvadószáltartó, 8. kvarchomok töltet, 9. csatlakozókapcsok, 10. védősapka, 11. kioldásjelző kiütő csapja, 12. földelő csavar. Látható, hogy a betétben egy porceláncső belsejében vannak a párhuzamosan kapcsolt olvadószálok, amelyek kerámia hengerre vannak feltekerkeselve. Ezt veszi körül a finomszemcsés (0,15...0,4 mm szemcsenagyságú) kvarchomok-töltet. A nagyon kis szemcsenagyság jobb hűtési viszonyokat biztosít, de akadályozhatja a fémgőzök diffúzióját. A kiütő csapban végződő, és kioldáskor egy előfeszített rugó energiáját felszabadító kioldásjelző szerkezet más készülékeket (pl. egy kapcsolót is) képes működtetni. A középfeszültségű betétek méretei szabványosítva vannak.



6.45. ábra. Középfeszültségű olvadóbiztosító szerkezeti felépítés

Kisfeszültségű olvadóbiztosítók

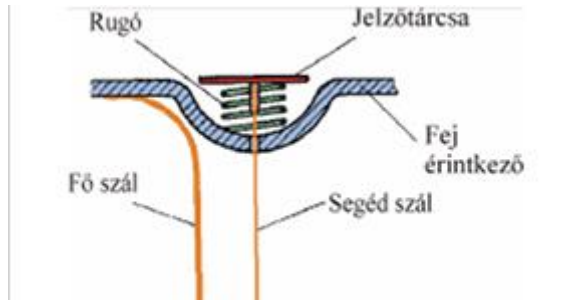
Először a különböző kisfeszültségű biztosítók szerkezeti felépítését és főbb jellemzőit ismertetjük. Ezután a szerkezetüktől független, de középfeszültségű olvadóbiztosítóktól eltérő működésük jellegzetességeit mutatjuk be zárlati és túlterhelési áramok hatására. A kisfeszültségű olvadóbiztosítók működését azonban alapvetően a szerkezet olvadó elemeinek kialakítása és környezete is meghatározza. A működés ismertetésekor tehát nem kerülhető el, hogy itt térjünk ki ezen részek kialakításának alapelveire, és szerkezeti részleteire. A működéssel összefüggésben, ugyancsak itt kell bemutatnunk az olvadóbiztosítók jelleggörbéit, de nem térünk ki az olvadó elemek keresztmetszetének méretezésére, mert az a középfeszültségűével azonos. Végezetül az olvadóbiztosítók kiválasztásával is foglalkozunk egy külön pontban.

Szerkezeti felépítés, jellemzők

Három egymástól különböző szerkezeti felépítésű (D- késes, és csöves rendszerű) kiefeszültségű olvadóbiztosítót mutatunk be. Mindegyikük a betét befogadására alkalmas és a hálózathoz csatlakozó *aljzatból* vagy *foglalatból* és az olvadó elemet is tartalmazó *betétből* áll.

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.

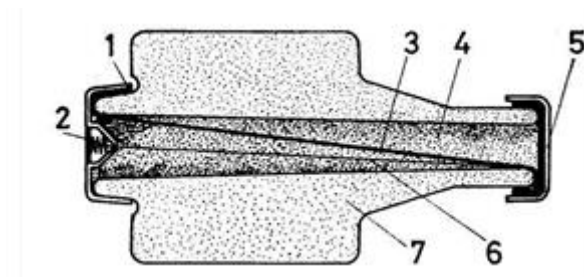


6.46. ábra. Kiefeszültségű olvadó biztosító kiolvadásjelző szerkezete

Mindhárom típusú olvadóbiztosítót egy- és háromfázisú áramkörökben egyaránt használják. Háromfázisú zárlat megszakításakor az elsőként működő olvadóbiztosítón kb. $U_{VT}=1,4 \cdot U_f$ értékű visszatérő feszültség jelenik meg. Kettős földrovidzárlat esetén pedig a vonali feszültség is felléphet a biztosító kapcsain. Ebből adódik, hogy a 400/230 V-os hálózatban alkalmazott biztosítók névleges feszültsége $U_n=500$ V.

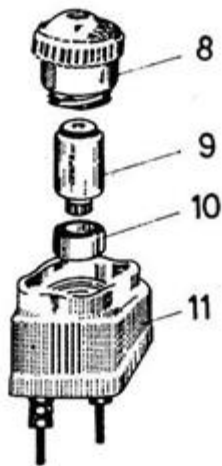
a.) D-rendszerű olvadóbiztosítók

A D-rendszerű kiefeszültségű 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.



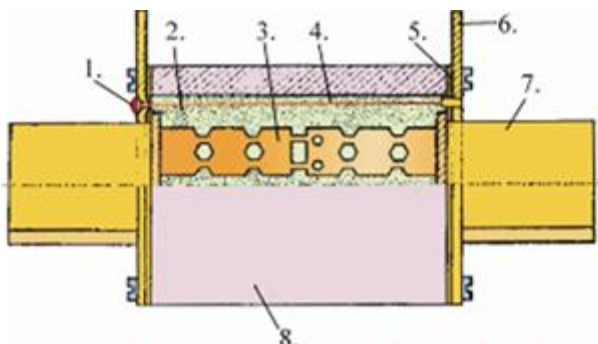
6.47. ábra. D-rendszerű olvadóbetét

6.47. ábrán látható a D-rendszerű olvadóbetét, amelynek hő és nyomásálló kerámia (porcelán vagy szteatit) tokozatában (7) kvarchomok töltetben (4) helyezkedik el az általában fő olvadószál (3) és a kiolvadásjelző szerkezet segéd-olvadószála (6). A betét tokozatához a fej- (1) és lábérrintkező (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 lábérrintkező átmérője a betét névleges áramerősség-fokozatának növekedésével növekszik.



6.48. ábra. D-rendszerű olvadóbiztosító

Az olvadóbetétet (9) a kétrészes - kerámiából készült és fém foglalat-elemekkel is ellátott - aljzat fejrészébe (8) kell behelyezni, majd a kettőt együttesen az aljzatba (11) becsavarni (6.48. ábra). A betétet a fejrészben lévő rugó rögzíti, így a betét nem tud kiesni belőle, tehát a fejrész kicsavarásakor vele együtt távolítható el a betét is. Ez érintésvédelmi szempontból fontos. A fejrész el van látva egy üveglappal is, amelyen keresztül a kiolvadásjelző tárcsa megléte alapján a betét állapota, vagy színe alapján névleges árama ellenőrizhető. Az aljzat a betéttel együtt csak akkor csavarható be, tehát a betét lábérintkezői az alaprész fenékérintkezőjével csak akkor kapcsolódnak, ha az alaprészben lévő illesztógyűrű (10) belső átmérője a betét lábérintkezőjének átmérőjénél kisebb. Az illesztógyűrű és a betét azonos névleges áramerőssége esetén éppen teljesül a „laza” illesztés követelménye. Ezzel tehát megvalósítható, hogy az aljzatba az illesztógyűrűnél nagyobb névleges áramú betét nem helyezhető el. A D-rendszerű olvadóbiztosítók összeszerelt állapotában nem lehet feszültség alatt álló részeket megérinteni. Kiszert olvadóbetét esetén azonban ez nem áll fenn, de csökkenthető az áramütés valószínűsége, ha a tápoldali vezeték a fenékérintkezőhöz csatlakozik.

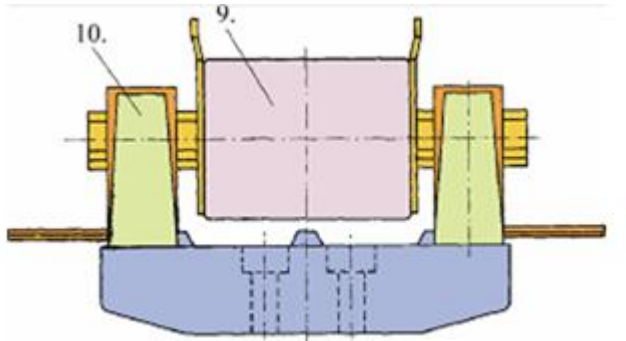


6.49. ábra. Késes rendszerű olvadóbetét

A D-rendszerű, $U_n=500$ V névleges feszültségű betétek általában $I_{(m)}=50$ kA zárlati megszakítóképességűek, és $I_n=2...63$ A névleges áramúak. A betétek és az aljzatok általában 3 méret nagyságban készülnek. A legkisebb E16 foglalatú aljzatba $I_n=2...25$ A, az E27 foglalatúba ugyancsak $I_n=2...25$ A, az E33 foglalatúba pedig $I_n=35...63$ A névleges áramú betétek helyezhetők el.

b.) Késes rendszerű olvadóbiztosítók

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 olvadószázból áll. Végeiket ponthegesszettel rögzítik az érintkezők (7) homlokfelületeihez. A tokozat végeihez nagy szilárdságú fémötvözetből készült zárólemezek (6) vannak csavarozva hőszigetelő alátét (5) közbeiktatásával.



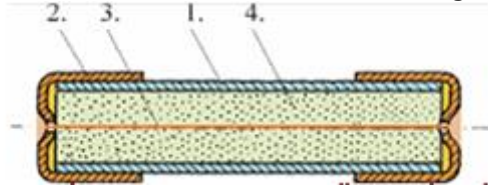
6.50. ábra. Késes rendszerű olvadóbiztosító

Késes érintkezőkéseivel az aljzat rugózó érintkezői (10) közé elhelyezett olvadóbetét (9) látható a 6.50. ábrán. Megfigyelhető, hogy a szokásos áramvezető-csatlakozás esetén nyitó irányú elektrodinamikus erő működik. A nyitás elkerülhető a rugózó érintkezők nyomóerejének kellő nagyra választása esetén ébredő súrlódó erővel, és esetleg külön kiegészítő bilincs alkalmazásával. A késes betét aljzatba való behelyezése valamint kiemelése tehát meglehetősen nagy erő kifejtést és koordinált mozgást igénylő feladat lenne még feszültségmentes állapotban is. Ennek megkönnyítésére szigetelő anyagból készült fogantyút használnak, amellyel feszültség alatti berendezésekben is elvégezhető a késes betétek cseréje.

A késes rendszerű olvadóbetétek általában $I_{(m)}=100$ kA zárlati megszakítóképességűek, és $I_n=2...1250$ A névleges áramúak. Az aljzatok és betétek általában 6 méret nagyságban készülnek. Ezek nagyság szerint növekvő sorrendben: 00, 0, 1, 2, 3, és 4 méretjelölésűek. Az egyes aljzatokban elhelyezhető betétek névleges áramai a következők: 00/2...160 A, 0/6...160 A, 1/6...250 A, 2/25...400 A, 3/63...630 A és 4/400...1600 A.

c.) Csöves rendszerű olvadóbiztosítók

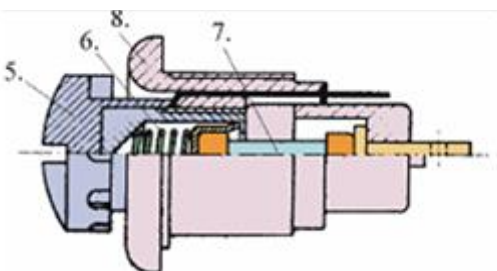
A csöves rendszerű olvadóbiztosítókat olyan egyfázisú 250 V-nál kisebb feszültségű és kis teljesítményű készülékek, műszerek zárlat elleni védelmére használják, amelyeknek áramkörökben a független zárlati áram erőssége 100 A-nél kisebb. A csöves biztosítókat $I_n=5$ mA...15 A névleges áramerősség-tartományban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



6.51. ábra. Csöves rendszerű olvadóbetét

A csöves biztosító betétjének metszetrajza a 6.51. ábrán látható. Egy kb. 25 mm hosszú üvegcső (1) két végéhez szorított fémsapkához (2) van beforrasztva a teljes hosszában kör keresztmetszetű olvadószál (3), amelyet az ábrán látható esetben kvarchomok töltet (4) vesz körül. Kiseb névleges és zárlati áramerősség esetén nem használnak kvarchomokot sem, a töltet tehát levegő.

A védendő készülék burkolatán belül a betét fémsapkáival rugózott villás aljzathoz csatlakoztatható. Sokkal előnyösebb azonban a burkolatra szerelhető szigetelő anyagból készült aljzat alkalmazása (6.52. ábra). Ebben az esetben könnyen megvalósítható a betét feszültség alatti cseréje az aljzat fejrészének (5) - a benne lévő rugóval (6) és betéttel (7) együtt - az aljzatba (8) való ki- és becsavarásával.



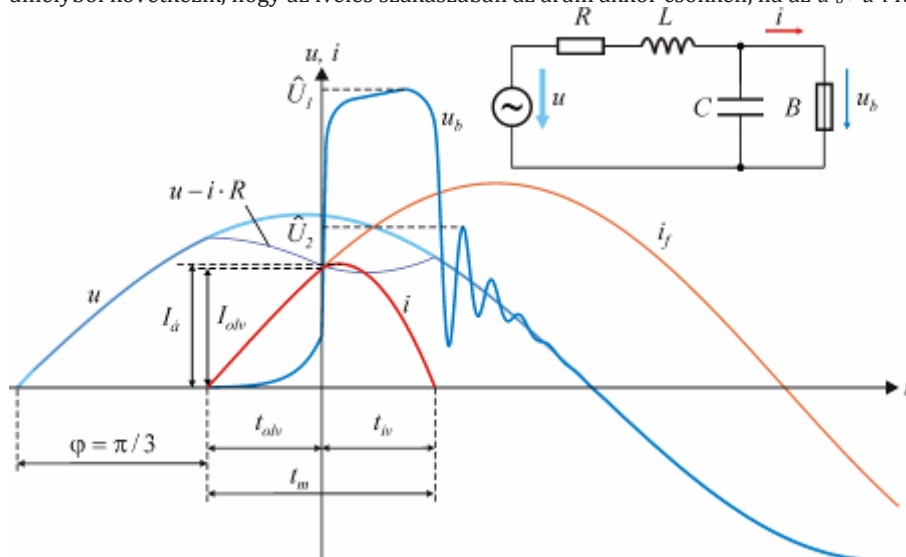
6.52. ábra. Csöves rendszerű olvadóbiztosító

Működés zárlatkor

A középfeszültségű olvadóbiztosítók zárlati működését a 6.3.1.1 pontban megismertük. Ezzel elvben azonos a kisfeszültségűeké is, de néhány eltérő sajátosságra azért utalnunk kell. Az egyik az, hogy a kisfeszültségű zárlati körökben a soros hatásos ellenállásnak is fontos szerepe lehet. Egy ilyen $\cos\varphi=0,5$ teljesítménytényezőjű kisfeszültségű zárlati áramkörben (a leggyorsabban növekvő áram esetén) tanulmányozzuk az olvadóbiztosító működését (6.53. ábra). Erre az áramkörre felírható egyenlet:

$$u_{iv} = u_b = u - i \cdot R - L \cdot \frac{di}{dt}, \quad (6-11)$$

amelyből következik, hogy az ívelés szakaszában az áram akkor csökken, ha az $u_b > u - i \cdot R$ fennáll.



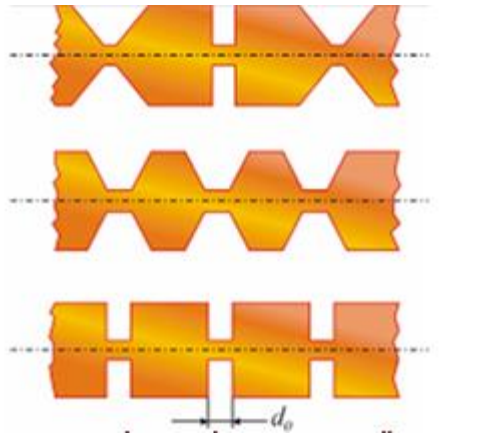
6.53. ábra Kisfeszültségű olvadóbiztosító; időfüggvények zárlatkor

A 6.53. ábra időfüggvényei alapján is megfigyelhető, hogy az olvadóelem már az I_{olv} áramértéknél kiolvad, és az áram ezután kismértékben (7...10%-kal) növekszik $I_{át}$ átengedett áram értékéig, mielőtt a független zárlati áram (i_F) a csúcserértékét elérné (lásd a 6.40. ábrát is). Az ívfeszültség csak az olvadóelem kiolvadása után kezd jelentősen növekedni (az áramcsökkenés meredekségének megfelelően) az $u - i \cdot R$ feszültség pillanatértékénél nagyobbra. Ennek hatására a csökkenő zárlati áram - elérve nulla értékét - véglegesen megszakad, ha az ív (kialvása után) nem gyullad újra. Zárlatkor az olvadóbiztosító t_m működési ideje (a zárlat fellépésétől az áram megszűnéséig eltelt idő) jelen esetben is két részből tevődik össze, a szál kiolvadásáig eltelt t_{olv} olvadási és a t_{iv} ív időből. Az olvadóbiztosító kapcsain a legnagyobb feszültség most is két esetben jöhet létre: az ívelés szakaszában (\hat{U}_1), vagy az áramkör végleges megszakítása után (\hat{U}_2). Az $U_n=500$ V névleges feszültségű olvadóbiztosítók működésekor a túlfeszültség szabvány által megengedett legnagyobb csúcserértéke: $\hat{U}=2500$ V. A 6.53. ábra alapján még az is látható, hogy a kisfeszültségű zárlati áramkörben figyelembe vett R hatásos ellenállás miatt némiképpen kisebb lehet az ív feszültsége, tehát az \hat{U}_1 értéke is, mint a tiszta induktívnek tekintett középfeszültségű körben. Ugyanakkor az ennek megfelelő amplitúdójú rárezgési feszültségösszetevő - a zárlati áram $\pi/2$ -nél kisebb fáziseltolása miatt - az áram nullaátmenete után nagyobb visszatérő feszültséghez adódik hozzá, amely \hat{U}_2 értékét jelentősen megnöveli.

A csökkent mértékű fáziseltolásból eredő hatás különösen kedvezőtlenül befolyásolhatja \hat{U}_2 értékét, ha az olvadóbiztosítóban égő ív az áram nullaátmenete előtt instabillá válik, tehát áramlevágás lép fel. Ilyenkor a levágott áram néhány amper értékű, de igen nagy túlfeszültségek jöhetnek létre különösen az olvadóbiztosító kritikus megszakítási áramainak tartományában (lásd a 6.39. ábrát). Ebben az esetben ugyanis nagy a zárlati kör induktivitása, tehát a levágott áram miatt tárolt (és kapacitív energiává átalakuló) mágneses energia is. Igen nagy zárlati áramok esetén azonban az áramlevágás hatásának nincs különösebb jelentősége, mert a fáziseltolás sem sokkal kisebb $\pi/2$ -nél, és a zárlati kör induktivitása is kicsi.

Láttuk hogy a D-rendszerű és a csöves rendszerű kisfeszültségű biztosítókhoz egész hosszában változatlan keresztmetszetű olvadó szálát 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} ív idő csökkentése) az ívfeszültséggel növelhető. Ehhez a szál kvarchomokba történő beágyazása is hozzájárul, mert így $E_{iv} \approx 280$ V/cm értékű ívgradiens érhető el, a levegőben mérhető 14 V/cm-hez képest. Egy ilyen szál megolvadási, elgőzölgési 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 kisfeszültségű biztosítók rövidiek) 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) értékű ívfeszültséget, illetve visszaszökő feszültséget eredményez. Csak a visszaszökő feszültség csökkenthető (adott esetben ez is lényeges lehet), ha az állandó keresztmetszetű fő olvadószállal magas

olvadáspontú segédszálakat 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 \dot{U}_2 értékét a hálózati feszültség pillanatértékére csökkentse, és végül maga is kiolvadjon. 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.

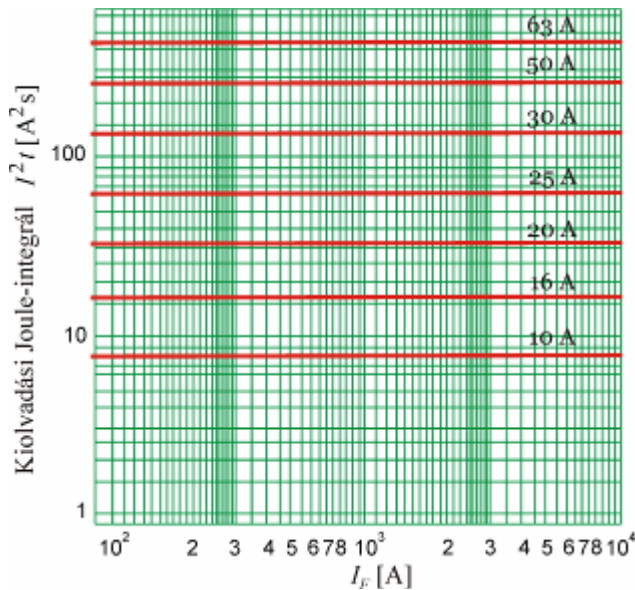


6.54. ábra. Késes rendszerű betétek olvasószálok

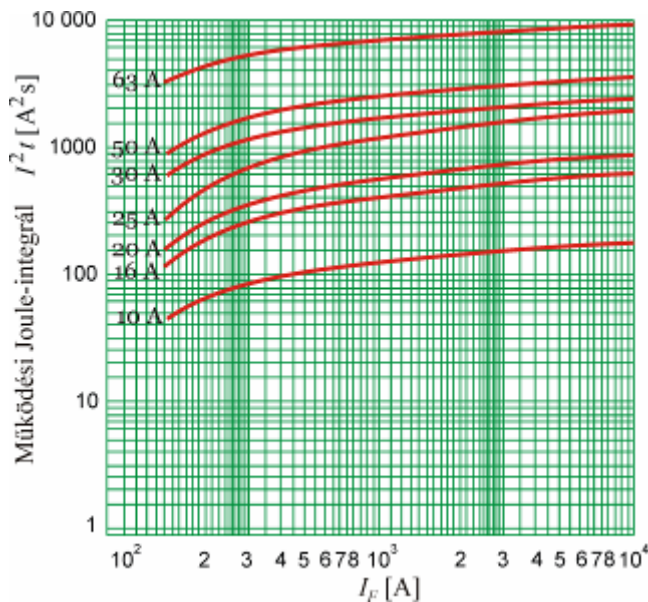
Sűrű osztású, többszörös megszakítást eredményező olvadóelemekkel nagy megszakító- és áramkorlátozó képesség mellett elfogadható értékű túlfeszültségek lépnek fel. A késes rendszerű kisfeszültségű nagyteljesítményű olvadóbiztosítók szalag alakú (lapos) olvasószáloinak néhány kiviteli alakja a 6.54. ábrán látható (hasonló alakú olvasószállakkal 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 értékénél, amelyet állandó szálkéretű keresztmetszet esetén kellene használni. A kisebb keresztmetszetű részeknek a nagyobbakhoz viszonyított keresztmetszeti aránya: 1/8...1/4.

Zárlatkor a változó 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 $u-i-R$ feszültség pillanatértékét. Az első kis keresztmetszetű szálrészek kiolvadásakor még ez még nem teljesül, tehát az áram rövid ideig növekszik, amint azt a 6.40. és 6.53 ábrán is megfigyelhettük. Megjegyezzük, hogy a kis keresztmetszetű szakaszok megolvadási, elgőzölögtetési és ívelési folyamatai a 6.36. ábrán bemutatotthoz hasonlóan zajlanak le, csak az ív a kis keresztmetszetű szakaszok d_0 távolságnál hosszabbra nő, mert az ív hatására a nagy keresztmetszetű szakaszok is elgőzölögnek.

A mérésrel meghatározott $I_{\text{át}}$ átengedett áram értékét és a kiolvadási és működési Joule-integrált az I_F független zárlati áram és a biztosító I_n névleges árama függvényében diagramokon adják meg a gyártók (egyébként $(I^2t)_{\text{olv}}$ és $I_{\text{át}}$ a (7-10) összefüggés alapján közelítőleg ki is számítható). A D- és a késes rendszerű biztosítók áramkorlátozási diagramjai azonos szerkezetűek, mint a közép- és nagyfeszültségűeké (lásd az 6.41. ábrát). Az $(I^2t)_{\text{olv}}$ változása a 6.55. ábrán, az $(I^2t)_m$ változása pedig a 6.56. ábrán látható D-rendszerű és ultragyors működésű olvadóbetétek esetén.



6.55. ábra. A kiolvadási Joule-integrál változása D-rendszerű olvadóbetétek esetén



6.56. ábra. A működési Joule-integrál változása D-rendszerű olvadóbetétek esetén

Működés túlterheléskor

Túlterheléskor **egyetlen** olvadószálból álló biztosító esetén a szál egy (vagy néhány) pontján olvad meg. Itt ív keletkezik, amelynek hossza hosszú ideig (több félpérióduson 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 ívdők alatt a szál és a betét erősen felmelegszik. A betét a legnagyobb melegedését általában $I=(1,4\dots2,0) \cdot I_n$ túlterhelési áramok esetén éri el.

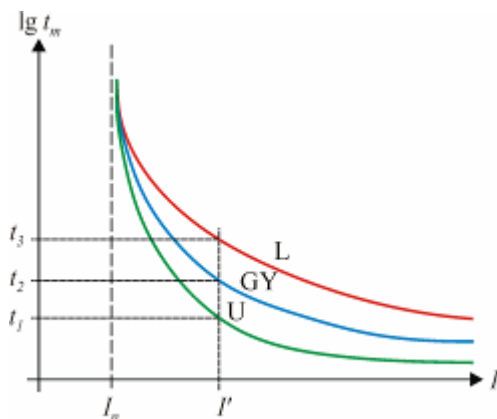
A kisfeszültségű olvadóbiztosítók olvadóelemének csekély méreteiből a védendő berendezésnél vagy a vezetéknél sokkal kisebb hőtehetetlenségére és termikus időállandójára következtethetünk. Ebből adódik, hogy változó áramigénybevétel esetén a védendő berendezések termikusan nem lennének kihasználhatók, 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.

A 6.57. ábrán láthatók a késleltetett (L), gyors (Gy) és igen gyors (U), a 6.58. ábrán pedig a kombinált (L-Gy) működésű biztosítók elvi kioldási jelleggörbéi. A jelenlegi szabványok szerint a kisméretű olvadóbiztosítók működését két karakterrel jelölik. A második betű az alkalmazási kategóriát jelöli, amelyek listája a 6.1 táblázatban áttekinthető. Az első betű a gyártó által megadott megszakítási tartományra utal a következőképpen:

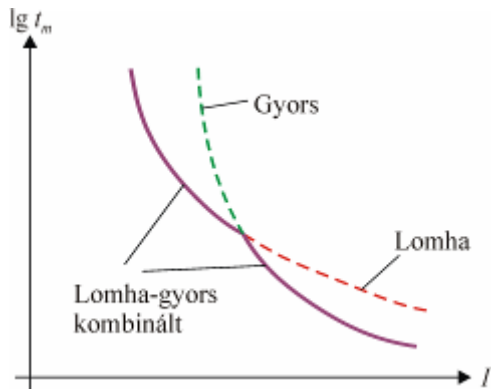
1. Részleges tartomány: A karakterisztika a működési időt egy adott áramérték felett adja csak meg.
1. Teljes tartomány: A teljes megszakítási áramtartomány definiált.

6.1. táblázat. Kisméretű olvadóbiztosítók alkalmazási kategóriái

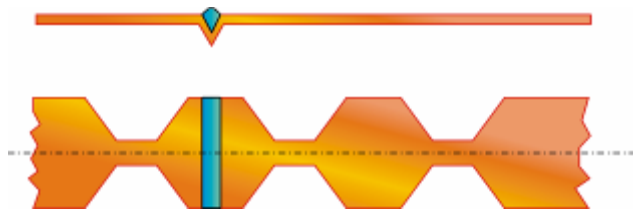
Típus	Alkalmazási kategória	Megszakítási tartomány
gG	Általános rendeltetésű, főként vezetékvédelem	Teljes
gM	Motor-áramkörök védelme	Teljes
gN	Általános rendeltetésű, vezetékvédelemre (Észak-Amerika)	Teljes
gD	Általános rendeltetésű, késleltetett (Észak-Amerika)	Teljes
gR, gS	Félvezető védelem	Teljes
gL, gF, gI, gII	Korábbi, vezetékvédelemre használt biztosító (felváltotta a gG típus)	Teljes
aM	Motor-áramkörök zárlatvédelme	Részleges
aR	Félvezető védelem	Részleges



6.57. ábra. L, GY és U működésű olvadóbiztosítók elvi kioldási jelleggörbéi



6.58. ábra. L-GY működésű olvadóbiztosító elvi kioldási jelleggörbéje

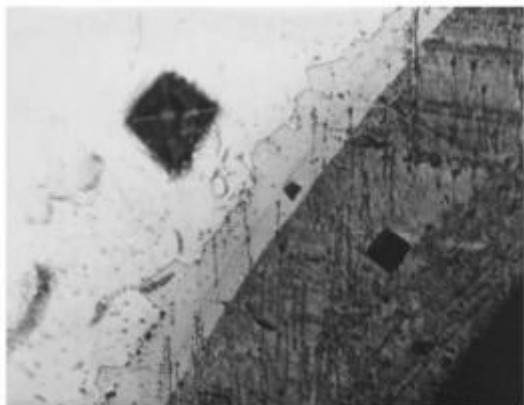


6.59. ábra. Rátétfém a lapos olvadó szálon.

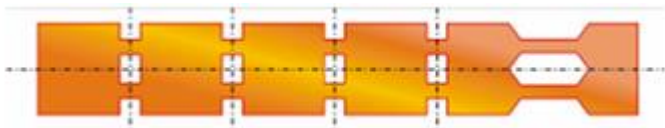
A működés kisebb mértékű *késleltetése* pl. a 6.54. ábrán bemutatott változó keresztmetszetű lapos szálak alkalmazásakor is megvalósul, mert túlterheléskor a kis keresztmetszetű részekből a nagy keresztmetszetű részek irányába hőáramlás indul meg, amely olyan hatást eredményez, mintha a szál melegedési időállandója megnőtt volna. A késleltetés mértéke fokozható, ha ezen szál nagyobb keresztmetszetű szakaszára, annak olvadáspontjánál lényegesen alacsonyabb olvadáspontú (pl. 300°C) ún. rátétfémet (valójában pl. ón-ólom ötvözetet) forrasztanak (6.59. ábra). Túlterhelés hatására a hó a rátétfém irányában áramlik, és annak hőmérséklete csak lassan (késleltetve) növekedik. Hosszabb idő elteltével azonban a rátétfém a szál olvadáspontjánál alacsonyabb hőmérsékleten belediffundál az olvadószálba, és azon a helyen a szál anyagával, annak olvadáspontjánál alacsonyabb olvadáspontú, nagy villamos ellenállású ötvözetet képez. Ezen a szakaszon olvad ki tehát a szál az ott keletkezett nagyobb hő hatására és (a kisebb olvadáspont következtében) gyorsabban, mintha nem lett volna rátétfémmel ellátva. A rátétfémmel ellátott olvadószál határárama tehát kisebb, mint a rátétfém nélkülié. Ebből következik, hogy az azonos névleges áramú késleltetett betétek olvadószála nagyobb keresztmetszetű, mint a gyors működésűeké. A rátétfém-ötvözet összetételével megváltoztatható, ill. beállítható az olvadószál névleges áramerőssége és a késleltetett működésű biztosító jelleggörbéje, valamint a kombinált jelleggörbéjű biztosító lomha szakasza (6.58. ábra). Itt kell utalnunk arra, hogy biztosító olvadószála öregszik a használata során átfolyó áram, különösen a névlegesnél nagyobb, de kioldást nem eredményező túlterhelési vagy zárlati áram hatására. Egy öreg betét újkori állapotához képest már sokkal rövidebb idő alatt, sőt a névleges áramánál is kisebb áram esetén olvadhat ki. Ez a fogyasztók indokolatlan kikapcsolását eredményezi, a szelektív működés megzavarása által is. Lomha-gyors jelleggörbéjű $I_n=40$ A névleges áramú késes betéteket 500 ciklusból (45 perc terhelés $1,2 \cdot I_n$ árammal és 15 perc szünet) álló mesterséges öregítési eljárásnak vetették alá. Azt tapasztalták, hogy sok betét már a vizsgálat közben is kiolvadt, az épen maradtak pedig új állapotukhoz képest csaknem a fele idő alatt olvadtak ki $2,5 \cdot I_n$ áram hatására. Ennek fő oka, hogy a rátétfém a réz olvadószál keresztmetszetébe részben vagy egészben bediffundál. A 6.60. ábrán látható, a teljes keresztmetszetében átrágódott szál fényképe. A 6.61. ábrán egy nagyobb nagyítású kép látható a rátétfém környezetéről egy részben átrágódott szálról. A keménységmérő hatására a legnagyobb lenyomat a rátétfém, a legkisebb a diffúzióval kialakult rétegben keletkezett. Ez a rideg vegyületfázis felelős elsősorban a biztosító kedvezőtlen működéséért. Főképp a terheléskor vagy annak megváltozásakor fellépő hő hatására keletkező mechanikai feszültségek következtében a szál ezeken a helyeken egyszerűen eltörik, és csak azután olvad el a fellépő ív hatására.



6.60. ábra. Teljes keresztmetszetében átrágódott olvadószál



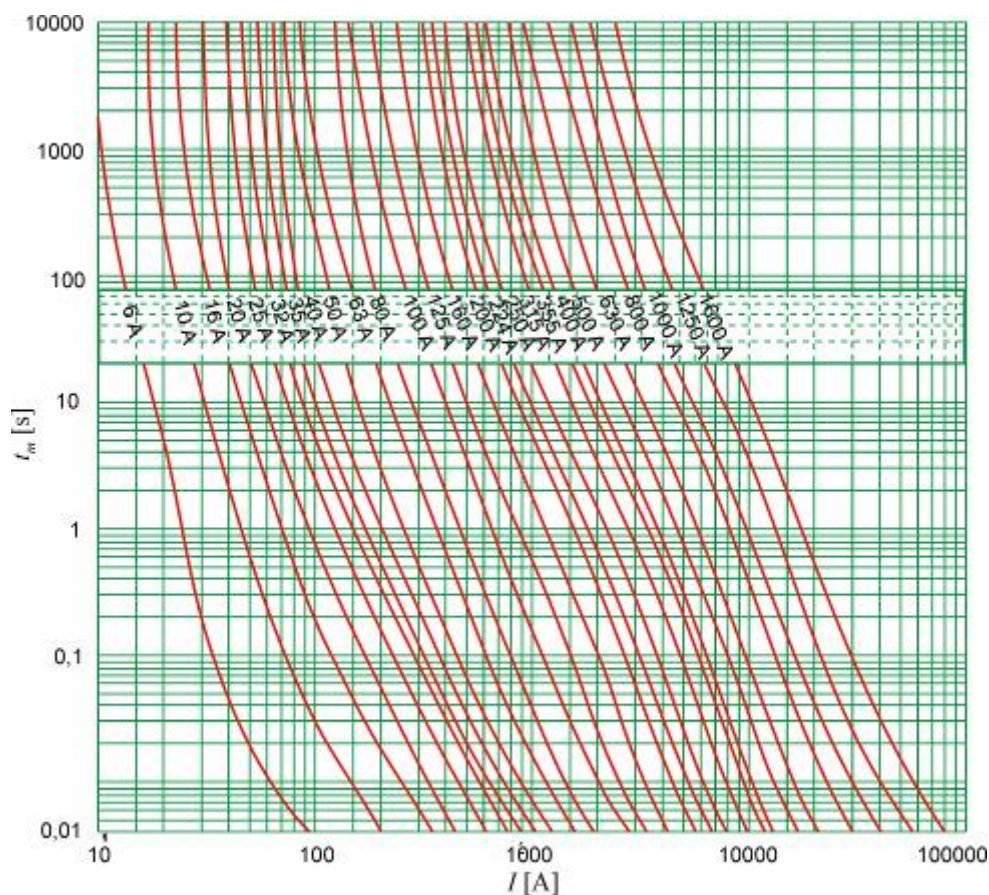
6.61. ábra. Részben átrágódott olvadószál a rátétfém környezetében



6.62. ábra. U működésű olvadószál.

Főként nagyteljesítményű félvezetők zárlat elleni védelmére, de megszakítóval sorba kapcsolva is használják azon D- vagy késes rendszerű olvadóbetéteket, amelyeknek *ultragyors működési karakterisztikáját* különleges kiképzésű (pl. a 6.62. ábrán látható) ezüstből készült olvadószállal valósítják meg. A szálon nagyon kis keresztmetszetű szűkületeket képeznek ki, tehát zárlatkor nagyon lerövidül a működési idő. A szűkületeket - szilárdsági és gyártástechnológiai okból - esetenként üvegszilikon lapokkal veszik körül. Ezek egyébként elősegítik az ív oltását is. A betéteket a Joule-integrálok egyeztetése alapján lehet a félvezetők zárlat elleni védelmére kiválasztani.

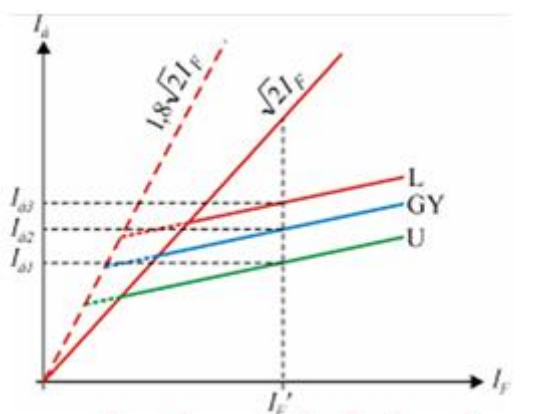
Különböző névleges áramú késes rendszerű és késleltetett működésű olvadóbiztosítók átlagos áram-működési idő karakterisztikái láthatók a 6.63. ábrán. Az egészen kis (10...50 ms-nál kisebb) működési idők a virtuális kiolvadási idők. A karakterisztikákat csak azon legkisebb kiolvadási időértéktől kezdve (esetünkben 4 ms-tól) érdemes ábrázolni, ahol már nem érvényesül az olvadóbiztosító áramkorlátozó hatása. Ehhez az időhöz akár $50 \cdot I_n$ áramérték tartozhat, így tehát így közelítőleg megállapítható az áramkorlátozó biztosítók túlterhelési áramtartományának felső határértéke.



6.63. ábra. Késes rendszerű és gG működésű olvadóbiztosítók

áram-működési idő karakterisztikái.

A különböző jellegű kioldási karakterisztikákkal rendelkező olvadóbetétek zárlati áramot korlátozó hatásuk tekintetében is különböznek egymástól. Azonos névleges áramú három változatuk közül a lassú kevésbé, az ultragyors pedig a nagyobb mértékben korlátozza a zárlati áramot, mint a gyors működésű (6.64. ábra). A lassú működésű betét kisebb áramkorlátozó képessége szálának nagyobb keresztmetszetével, az ultragyors működésű kisebb korlátozó képessége pedig szálának kisebb szűkületeivel magyarázható.



6.64. ábra. Áramkorlátozó- képesség változása.

Kiválasztás

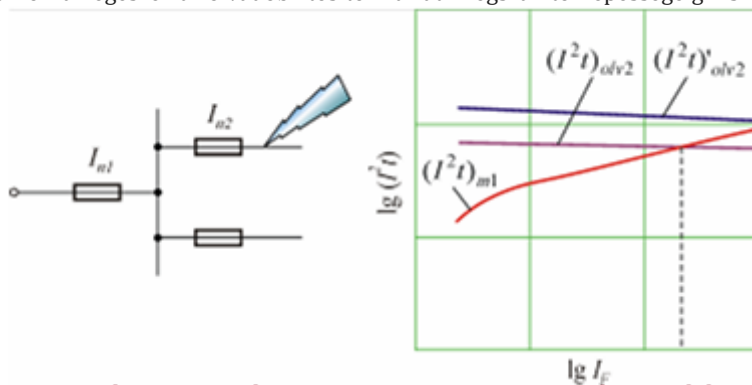
Az olvadóbiztosítók kiválasztásakor a kapcsolókészülékek kiválasztásának általános feltételeit kell figyelembe venni. Ezek közül a biztosítók néhány passzív és aktív villamos jellemzőjének, valamint a biztosítók szelektív működésének meghatározására és ellenőrzésére hívjuk fel a figyelmet a következőkben.

Először a következő **passzív és aktív villamos jellemzők** meghatározását valamint ellenőrzését tárgyaljuk.

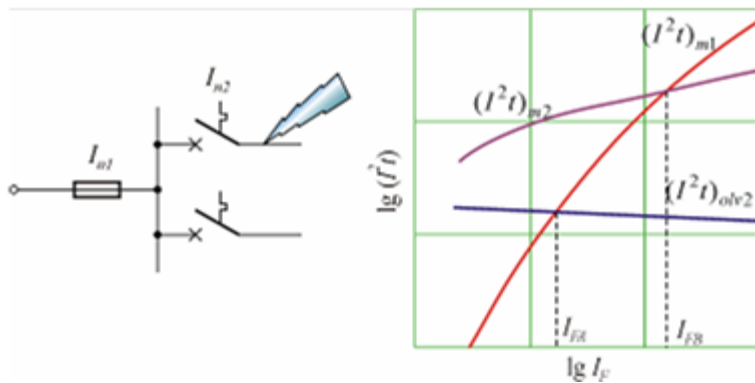
1. Az olvadóbiztosítónak nem szabad kiolvadnia az általa védett villamos berendezés üzemszerűen fellépő túlterheléseinek hatására. Ezen követelmény teljesítéséhez - a lomha, vagy lomha-gyors működésű olvadóbiztosító alkalmazása mellett - a védett berendezés működését és üzemviszonyait, tehát alkalmazási kategóriába való besorolását (lásd a „7.5 Kapcsolók” c. fejezetben) valamint annak I_{nber} névleges áramát is figyelembe kell venni. A biztosító I_n névleges áramát - a védett berendezés alkalmazási kategóriájától függően - az $I_n = (1,0 \dots 3,0) \cdot I_{nber}$ összefüggés szerint kell megválasztani. A zárójelben lévő szorzótényező értéke pl. kábel vagy vezeték védelmének: 1,0, csúszógyűrűs aszinkron motornál: 1,0...1,2, rövidrezárt forgórészű aszinkron motor könnyű indításakor: 1,2...1,5, nehéz indításakor pedig: 1,5...3 (a nagyobb értékeket külön túlterhelés elleni védelem esetén szokás választani).
2. Láttuk hogy az olvadóbiztosító határárama kedvező esetben: $I_h = (1,2 \dots 1,5) \cdot I_n$ értékű. Ebből következik, hogy olvadóbiztosító határárama (a védett berendezés alkalmazási kategóriájától függően): $I_h = (1,2 \dots 4,5) \cdot I_{nber}$, tehát az olvadóbiztosító az $I_n \leq I \leq (1,2 \dots 4,5) \cdot I_{nber}$ áramtartományban nem véd, így külön túlterhelés elleni védelmet kell alkalmazni. Ez az $(1,05 \dots 1,1) \cdot I_n \leq I \leq (1,2 \dots 4,5) \cdot I_{nber}$ áramtartományban is megvédi a berendezést. Még rosszabb a helyzet akkor, ha a zárlati szelektív működés érdekében, a zárlat helyétől távolabbi betáplálási biztosító olvadóbetéjének névleges áramát a leágazás ezen nagy névleges áramú olvadóbetéjénél is sokszor nagyobb névleges áramúra kell választani.
3. A biztosító névleges megszakítóképesége legalább akkora legyen, mint a beépítés helyén létrejövő független zárlati áram.
4. A biztosító I_a átengedett zárlati árama kisebb legyen, mint az általa védett berendezés I_{din} megengedett dinamikus határárama.
5. A biztosító zárlati működési Joule-integrálja kisebb legyen az általa védett berendezésre megengedett Joule-integrál értékénél.

A **szelektív működés** meghatározását és ellenőrzését egymással sorosan kapcsolt biztosítók, vagy biztosítóval sorosan kapcsolt kismegszakító esetén, illetve biztosítóval sorosan kapcsolt általános rendeltetésű megszakító vagy motorvédő kapcsoló esetén mutatjuk be. A szelektív működés azt jelenti, hogy túlterhelés vagy zárlat esetén a hibahelyhez közelebb lévő kapcsolókészüléknek kell működnie, vagy azt, hogy a biztosító képes-e szelektíven megvédeni a vele sorba kötött kapcsolókészüléket zárlat esetén.

1. A túlterhelési áramtartományban (láttuk, hogy ennek felső határa akár $50 \cdot I_n$ értékű is lehet), az egymással sorba kapcsolt biztosítók szelektív működés akkor biztosítható, ha az átlagos idő-áram jelleggörbék (megfelelő biztonsággal) nem metszik egymást, illetve, ha a jellegsvávok nem fedik egymást. A korszerű szabványoknak az idő-áram jelleggörbére vonatkozó előírásait teljesítő biztosítókkal (lásd a 6.63. ábrát) megfelelő szelektivitást lehet elérni a túlterhelési áramtartományban, ha a sorba kapcsolt biztosítók névleges áramerősségének aránya $I_{n1}/I_{n2} = 1,6$.
2. Az egymással sorosan kapcsolt olvadóbiztosítók zárlat, tehát áramkorlátozás esetén akkor működnek szelektíven, ha a hibahelyhez közelebb levő biztosító működési Joule-integrálja kisebb, mint a távolabbinak a kiolvadási Joule-integrálja. A 6.65. ábrán látható, hogy a leágazásban I_{n1} névleges áramú biztosítóval a betáplálásnál ennél nagyobb I_{n2} névleges áramú biztosító van sorba kötve. A Joule-integrálokat az I_F független áram effektív értékének függvényében ábrázolva megállapítható, hogy a szelektivitás csak az I_F^* áramértékig teljesül. Ennél nagyobb független zárlati áramoknál mindkét biztosító kiolvad. Az I_{n2} -nél nagyobb I_{n2}' névleges áramú és $(I^2 t)_{olv2}$ -nél nagyobb $(I^2 t)_{olv2}'$ kiolvadási Joule integrálú (esetleg lomha működésű) olvadóbetét választásával (lásd a szaggatott vonallal rajzolt karakterisztikát) a szelektív-vitás határa I_F^* -nál nagyobb áramokra - egészen az olvadóbiztosítók zárlati megszakító-képességéig - is kiterjeszthető.

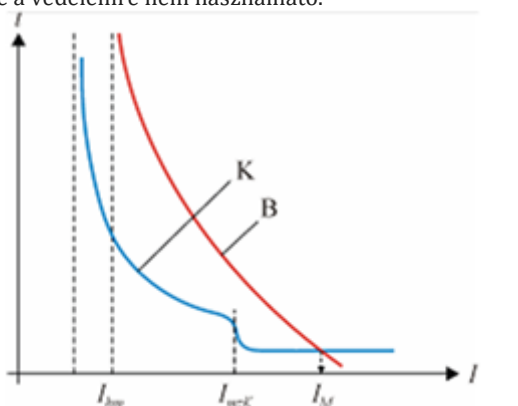


6.65. ábra. Egymással sorosan kapcsolt olvadóbiztosítók szelektivitása zárlat esetén



6.66. ábra. Egymással sorosan kapcsolt olvadóbiztosító és kismegszakító szelektivitása zárlat esetén

1. A 6.66. ábrán a leágazásban lévő I_{n1} névleges áramú és $(I^2 t)_{m1}$ működési Joule-integrálú áramkorlátozó kismegszakítóval (vagy meg-szakítóval) a betáplálásban $I_{n2} > I_{n1}$ névleges áramú valamint $(I^2 t)_{m2}$ működési és $(I^2 t)_{olv2}$ kiolvadási Joule-integrálú olvadóbiztosító van sorosan kapcsolva. A 6.66. ábrán szereplő diagramok alapján megállapítható, hogy zárlat esetén szelektivitás csak az I_{FA} független zárlati áramértékig áll fenn. Ennél nagyobb áramoknál mindkét kapcsolókészülék működik. Az I_{FA} és az I_{FB} közötti áramtartományban a kismegszakító $(I^2 t)_{m1}$, ennél nagyobb áramnál az olvadóbiztosító $(I^2 t)_{m2}$ működési Joule-integráljának megfelelően melegszik a védett berendezés. Az I_{FA} áramérték növelhető, ha a betáplálásban nagyobb névleges áramú (és esetleg lomha működésű) olvadóbetétet választunk.
2. Ha a B olvadóbiztosítóval egy másik K kapcsolókészülék (általános rendeltetésű megszakító vagy motorvédő kapcsoló) van sorba kötve, akkor a 6.67. ábrán szereplő védelmi karakterisztikák alapján látható, hogy az olvadóbiztosító az I_M áramértékeknél nagyobb (akár zárlati áramok esetén is) megvédi a kapcsolókészüléket. Ennél kisebb áramok esetén pedig csak a kapcsolókészülék védelme működik szelektíven. A szelektivitás különösen a túlterhelés elleni védelmi működés szempontjából fontos, mert (amint láttuk) az olvadóbiztosító erre a védelemre nem használható.



6.67. ábra. Biztosító és védett kapcsolókészülék karakterisztikái