

3 SULAVKAITSE

3.1 Üldist

Sulavkaitse on lihtsaim ja odavam seade, mis katkestab vooluahela, kui vool selles ületab lubatud väärtuse. Sulavkaitsme põhiosa on enamasti kergsulavast metallist (tsingist, hõbedast) **sular** (traat, varras või riba), mis elektrivoolu toimel kuumeneb ja rakendumisvoolu juures sulab, ehk nagu tavaliselt öeldakse: *põleb läbi*. Rakendumisaeg sõltub voolutugevusest – mida tugevam on vool, seda kiiremini sular läbi põleb.

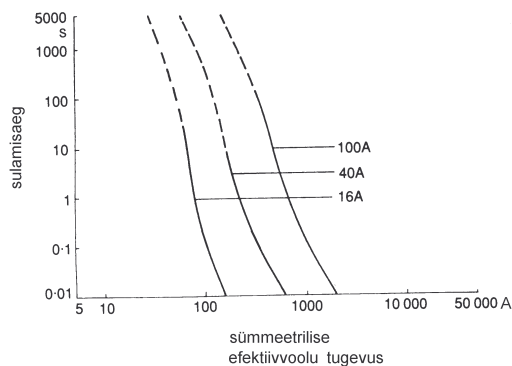
Sulavkaitsme ning ühe selle erivormi – korkkaitsme – leiutas 1881 T. A. Edison.

3.1.1 Põhimõte

Idee on selles, et kui tekib lühis, siis on võrratult lihtsam välja vahetada suhteliselt lühike voolujuht – sular või sulavkaitse – kui kaitstav jadamisi olev enamasti mõõtmatult pikem liin või elektrimasina mähis, et see jääks terveks. Sular peab olema valitud nii, et selle ristlõige ei taluks suuremat voolu kui kaitstava ahela juhid, ning et ta põleks läbi võimalikult madala vooluga, kuid võimaldaks seejuures kõiki tehnoloogiliselt vajalikke toiminguid ja talitlusi.

Erinevad vooluahelad vajavad erinevaid sulavkaitsmeid. Sellele vaatamata on neil sarnased põhiosad: sular, sularihoidik või kandur või kest, kontaktid ja kaarekustutusseade või kaare kustumist võimaldav keskkond.

Sulavkaitsme olulisim tunnusjoon on rakendumistunnusjoon – sulari sulamiskestuse sõltuvus voolutugevusest. Joonisel 3.1.1 on näitena tüüpilised 16, 40 ja 100 amprise nimivooluga sulari rakendumistunnusjooned.



Joon. 3.1.1 16, 40 ja 100 amprise nimivooluga sulari rakendumistunnusjooned

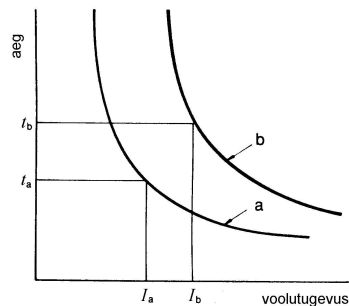
3.1.2 Põhinõuded

1. **Sulari rakendumistunnusjoon peab olema kaitstava objekti ohutustunnusjoonest allpool** (nagu on joonisel 3.1.2)



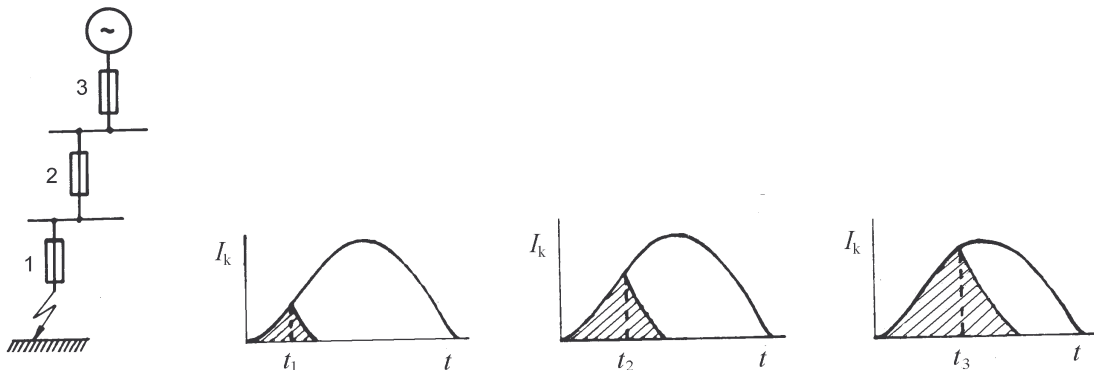
Joon. 3.1.2 Sulari rakendumistunnusjoone asend

Tuleb silmas pidada, et termilise protsessi korral on alati mingi võimalik tunnusjoone hajuvus, mille piirideks on minimaalne rakendumisvool (*minor fuselink characteristic*), mida sular peab etteantud aja vältel tingimusteta taluma ja maksimaalne mitterakendumisvool (*major fuselink characteristic*), mille ületamisel sular peab rakenduma (vt. joon. 3.1.3)



Joon. 3.1.3 Rakendumistunnusjoone hajuvus

2. **Kaitsmed peavad lühise korral rakenduma selektiivselt.** See tähendab, et alati peab varem rakenduma see sulavkaitse, mis on vahetult lühisekoha ees. Selle nõude täitmiseks ei tohi sularite tunnusjooned ristuda (vt. joonisel 3.1.1). Selgituseks on joonisel 3.1.4 näidatud sulavkaitsmete hierarhia – järjestus, milles igal kaitsel on üks vahetult eelnev, kuid suvaline arv vahetult järgnevaid (joonisel on näidatud vaid üks) ning iga kaitsmega piiratud lühisvool.



Joon. 3.1.4 Sulavkaitsmete selektiivne hierarhia ning piiratud lühisvool

3. Sulari vahetuseks kuluv aeg peab olema võimalikult väike.
4. Energiakadu sularis peab normaaltalitusel olema võimalikult väike.

3.1.3 Nimiaandmed

IEC standardid sätestavad sulavkaitsme iseloomustamiseks järgnevad tunnussuurused:

1. **Nimipinge.**
See peab vastama võrgupingele. Madalpingekaitsmed testitakse nimipingest 10% kõrgema pingega. 230 V võrgus kasutatakse 250 V nimipingega kaitsmeid. Kõrgepingekaitsmetel on erinõuded.
2. **Nimivool.**
Kasutatakse erinevaid standardarvuridasid. R10 rea järgi (kus dekaad jagatakse kümneks) toodetakse 10 ja 100 A vahemikus sulareid nimivooluga 10, 12, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80 ja 100 A.

3. **Nimisagedus.**

Et rahuldada eri maid, nõuab IEC, et toodetavad sulavkaitsmed rahuldaks 45...62 Hz vahemikus. Veel on kaitsmed alalisvoolu jaoks.

4. **Kaovõimsusest põhjustatud temperatuuritõus.**

Kaod ei tohi tõsta oluliselt temperatuuri.

5. **Kontaktide võimsustaluvus.**

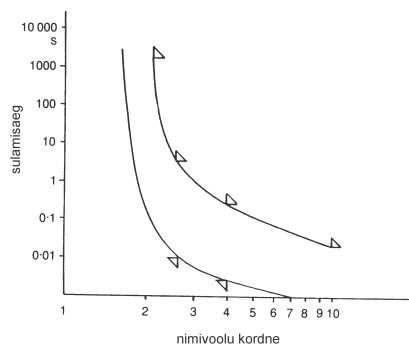
Kontaktid peavad talitlema oluliselt kuumenemata.

6. **Lahutusvõime.**

Madalaim lahutusvõime on väikekaitsmetel. See peab olema kümnekordne nimivool, kuid mitte alla 35 A. Suurim väärtus on 1500 amprit. Alla 500 V tööstustarbivate sulavkaitsmete lahutusvõime peab olema vähemalt 50 kA, kodutarbijatel 20 kA.

7. **Rakendumistunnusjoon.**

IEC annab väikekaitsme tunnusjoonte standardseid kontrollpunktid. Need on näha joonisel 3.1.5. Need on valitud nii, et iga kaitse taluks 1...2 tunni vältel 1,6 nimivoolu (mis tähendab kaht astet R10 sarjas).



Joon. 3.1.5 Väikekaitsmete tunnusjoonte kontrollpunktid

8. **Piirvool ja I^2t väärtus.**

Seda pole IEC standartinud, kuid tootjad teatavad selle.

Tarbijal peab olema teada nimivool, nimipinge, tootja, tüübitähis, tunnusjoone tähis ning standard, millele toode vastab.

3.1.4 Sulari talitus

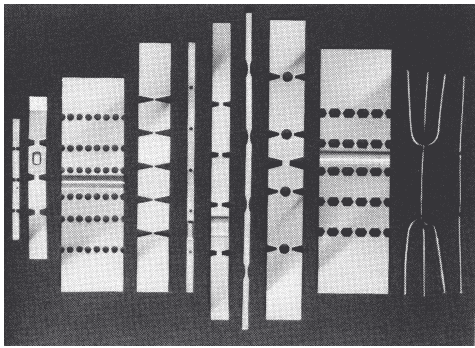
Sulavkaitsmel on kaks järsult erinevat talitusviisi. Normaalselt on see püsiolukord, mil kogu eralduv soojus hajub ümbruskonda. Lisaks sularile saavutavad püsi temperatuuri ka kõik teised sulavkaitsme osad. See ei tohi ületada lubatud väärtust. Sulari nimivool ongi vool, mida ta võib kestvalt taluda. See võib sulavkaitsme nimivoolust olla erinev. See tähendab, et sama kaitsme saab komplekteerida erinevate sularitega. Sulavkaitsme nimivooluks on siis suurim võimalik sulari vool.

Kui koormusvool kasvab, siis sulari ja kogu sulavkaitsme temperatuur tõuseb. Suurim püsivool, mille juures sulavkaitsme veel ei rakendu, sõltub sulari ristlõikest, kujust, materjalist ja pikkusest, aga ka ümbruse temperatuurist. Tavaliselt on vool, millele sular ei tohi reageerida, vahemikus 1,3...1,4 nimivoolu. Suurim vool, millega sular peab 2 tunni vältel läbi põlema, on 1,6 nimivoolu. Veel suurema voolu korral peab kaitse reageerima kiiremini.

Selleks, et järsult vähendada sulari läbipõlemisaega, kasutatakse kahte võtet:

- 1) tehakse erilise kujuga sular
- 2) kasutatakse metallurgilist efekti.

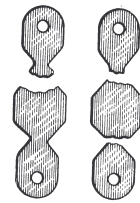
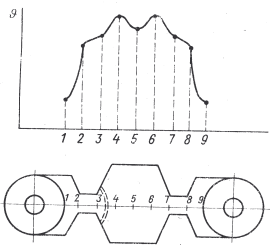
Sular on enamasti kohalike kitsenemistega; mõni näide on joonisel 3.1.6



Joon. 3.1.6 Sularite kujusid

Kohaliku kitsenemise kohas on voolutihedus suurem ning eraldub rohkem soojust. Nimivoolu puhul jaotub soojus metalli soojusjuhtivuse tõttu ümber ning kogu sular on praktiliselt ühesuguse temperatuuriga. Suurema voolu puhul soojenevad kitsaskohad kiiremini ning ainult osa soojust jõuab laiemasse ossa. Sular põleb läbi ühe kitsaskoha lähedal. Lühise puhul kuumenevad kitsaskohad nii kiiresti, et soojusülekannet ei saa arvestada ning sular põleb läbi üheaegselt kõigis või mitmes kitsaskohas.

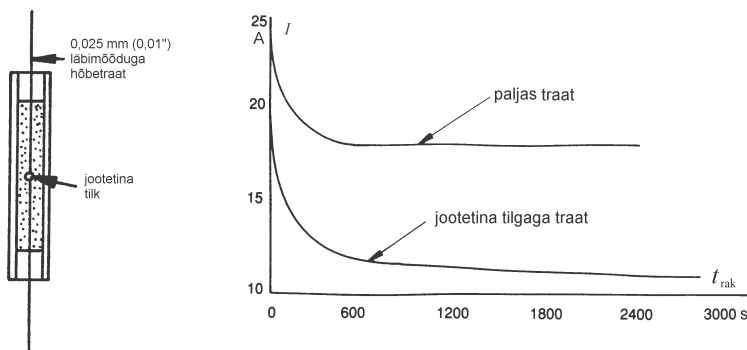
Joonisel 3.1.7 on näidatud temperatuurijaotus liigvoolu puhul, joonisel 3.1.8 – sularite läbipõlemiskohad liigvoolu ja lühise puhul.



Joon. 3.1.7 Temperatuurijaotus

Joon. 3.1.8 Sulari läbipõlemise kohad

Metallurgiline efekt avaldub selles, et mõni kergsulav metall, näiteks tina või plii võib vedelas olekus lahustada mõnda raskelt sulavat metalli, näiteks vaske või hõbedat. Selle lahuse elektriline takistus on suurem ja sulamistemperatuur väiksem. Nii põleb sular sama ajaga läbi väiksema vooluga või sama voolu puhul kiiremini. Joonisel 3.1.9 on näidatud A. W. Metcalfi 1939. aastal tehtud leiutuse olemus ning vastavad tunnusjooned.



Joon. 3.1.9 Metallurgilise efekti olemuse selgituseks

Niiviisi valmistatud sularid lahutavad lühisvoolu 2...5 korda madalama voolu juures. Kui lühisvoolu kolm korda vähendada siis väheneb elektrodünaamiline jõud üheksa korda.

Sulari läbipõlemise järgi tekib elektrikaar. Kaare kustumise aeg sõltub kaitsme ehitusest ja kaarekustutusviisist. Sellest sõltub lahutusvõime, mida sulavkaitsme puhul iseloomustab tegelikult lahutatav piirvool.

Kaare kustutamist kiirendab näiteks kaitsmepadrunis plahvatuslikult tekkiv rõhk. Kui kaitsmepadrun on täidetud inertmaterjali, näiteks kvartsliiduga, jahutab see kaart ning suunab kaare puistmaterjali tühemikesse. See võimaldab sama lahutusvõime juures valmistada väiksemaid kaitsmeid.

Sularid võivad olla valmistatud erinevast materjalist. Kergsulavad metallid, näiteks plii või tsink, sulavad juba 200...420 °C juures. Neil on aga väike juhtivus ning seetõttu on vajalik suur ristlõige. Tsingi aurul on hea ionisatsioonivõime, mis soodustab kaare kustumist.

Vasest või hõbedast sularitel on väike ristlõige, kuid oluliselt kõrgem sulamistemperatuur, mis seab kõrgendatud nõuded kogu kaitsme ehitusele. Vasksular vajab tingimata korrosioonikaitset. Katmata vase ristlõige aja jooksul väheneb ning niisugune sular rakendub väiksema voolu juures.