

Voolulised kaitsed

Voolulised kaitsed on kõige vanemad ja kõige laialdasemalt kasutusel olevad elektriseadmete kaitsed.

Voolulised kaitsed reageerivad voolu suurusele. Valitud rakendusväärtuse I_{rak} ületamisel kaitse rakendub, katkestades ahela valitud viitega t_{rak}

Kaitse **teostamise**, vooluahela katkestamise viis

* sularitega

* RK (voolureleedega) + VL

Voolureleed. Omadused.

Voolulised kaitsed

* reageerivad kas

faasivooludele või

järgnevusvooludele : pärijärgnevus , vastujärgnevus , nulljärgnevus

* reageerides voolu

efektiivväärtusele (RMS)

põhiharm. väärtusele (DFT)

tipust-tipuni väärtusele (peak-to peak)

* kontrollides voolu suunda (koos polariseeriva suurusega) - suunatud: ette või taha

* Relee rakenduskarakteristika

Relee rakendub (pick up), kui teda läbiv vool I_k ületab rakendussätte I_{rak} , ning peale viiteaja t_{rak} möödumist annab väljalülimisimpulsi (trip).

Kui vool I_k alaneb enne väljalülimist alla tagastusvoolu I_{tg} väärtuse, siis relee tagastub (drop off) ja väljalülimist ei toimu, I_{tg} on seotud I_{rak} -ga nn tagastusteguri K_{tg} kaudu (digireleedel $K_{tg} \sim 0.95$)

$$K_{tg} = I_{tg}/I_{rak}$$

Viite t_{rak} seisukohalt on **kahte liiki** rakenduskarakteristikaid

a. läbiva voolu I_k suurusest **sõltumatu** viitega (DT) karakteristika, st üks kindel viide t_{rak} (ei sõltu voolu suurusest).

DT astme (50,50N) sätted: $I_{rak}; t_{rak}$

b. läbiva voolu I_k suurusest **sõltuva** viitega (IDMT) karakteristika.

Sõltuvus võidakse anda erinevate avaldistega

IEC variandis on erinevad kõverad antud ühise avaldisega, kus koeffitsiendid A, k määravad kõvera tüübi.

$$t = A \cdot T_p / ((I_k / I_p)^k - 1)$$

(1)

T_p - ajategur, määrab viiteajad

I_p - voolutegur, määrab rakendusvoolu

I_k - kaitset läbiv lühisvool

kõvera tüübid

NI- $A=0.14, k=0.02$

VI- $A=13.5, k=1$

EI- $A=80, k=2$

LI- $A=120, K=1$

IDMT kaitse rakendub viitega t_{rak} kui $I_k > I_p$,

kusjuures t_{rak} arvutatakse valemiga (1),

($I_{rak}=I_p$ ja $t_{rak}=t$)

Graafiliselt kirjeldatakse IDMT karakteristikut

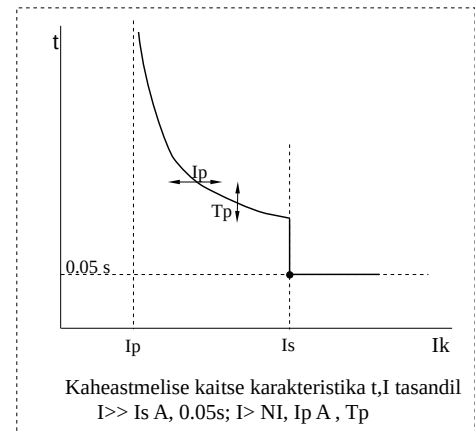
(t, I) tasapinnal, tavaliselt log-log teljestikus

Log-log teljestiku head omadused

* surub suure voolude, viidete piirkonna kompaktsemaks

* objektide I^2t tüüpi taluvuskõverad muutuvad sigeteks

IDMT astme (51,51N) sätted: Kõvera tüüp; $I_p; T_p$;



Suunatud liigvoolukaitused

Kaitse aste võib olla **suunatudlik**, ning võib rakendada kas ainult päri (lühis ees) või vastassuunalise (lühis selja taga) voolu läbimisel.

Suunatudlikuse (67) saavutamiseks peab funktsioon kasutama lisaks mingit teist nn polariseerivat suurust mille nurk erisuunaliste lühiste puhul ei muutu, selleks on tavaliselt mingi pinge (erijuhul ka vool). Seega suunatud kaitse kasutamisel peab olema kasutada pingetrafo ja lisanduvad pingeahelatega seotud probleemid (kaitse töökindlus väheneb).

Suunatud võivad olla nii faasi kui järgnevusvoolu kaitused, nii DT kui IDMT karakteristikuga kaitused. Polariseerivaks suuruseks saab valida nii faasipingesid kui järgnevuspingesid olenevalt kaitse tüübist ja vajadusest.

Suunatud kaitsete (ANSI tähistus 67,67N) sätetes lisakas voolu ja viite sättele, ka **suunamäärang**.

Suunamäärangu sätted sõltuvad paljus rele tüübist (firmast) kuid sisaldavad valikuid, suunatud: ETTE, TAHA, SUUNAMTA, ning nn **karakteristlikku nurka**, mis määrab suunavahetusjoone asendi (või 0 momendi joone asendi)

Kaasaegsed digireleed omavad palju erinevate omadustega voolulisi funktsioone, (olenevalt kontekstist nimetatakse ka kaitseteks) ning milledel omakorda on veel mitu sõltumatut astet.

Näitena relees 7SJ64 liigvoolukaitused,

faasivoolu (50,51) $I_{>>>}, I_{>>}, I_{>}, I_p$ - 4 astet
nulljärgnevusvoolu (50N,51N) $I_{E>>>}, I_{E>>}, I_{E>}, I_{Ep}$ - 4 astet
suunatud faasivoolu ((67) $I_{dir>>}, I_{dir>}, I_{pdir}$ - 3 astet
suunatud 0järg.voolu ((67N) $I_{Edir>>}, I_{Edir>}, I_{Epdir}$ - 3 astet
kus $I_p = (51)$ tähistab ITMD kar. astmeid

Lisaks neile on veel palju spetsiifilisemaid voolulisi funktsioone

Vooluliste kaitsete kasutamine

Voolulisi kaitseid kasutatakse nende lihtsuse tõttu mitmesugusteks otstarveteks väga laialt, nagu

ülekoormuskaitsetena - seadmete kaitseks lubamatute koormusolukordade vastu, liigvoolu kaitsetena - võrguelementide kaitseks lühiste esinemisel

---- Kasutus liigvoolukaitsetena

Olenevalt kaitstava objekti tähtsusest, kasutatakse liigvoolukaitset nii põhikaitsetena kui reservkaitsetena ning kaitseobjekti konkretiseerimata saab vaadelda ainult mõningaid väga üldisi omadusi.

Sageli on kaitset olenevalt selle asukohast objekti suhtes üheaegselt mitu funktsiooni.

---- Kaitse suunamise vajadusest

Suunamata kaitsetega on võimalik kaitsta ainult radiaaltalitluses võrguosa

Kui on tegemist // liinide, kahepoolse toite või konfiguratsioonidega kus toite suund mõnede liinide suhtes muutub, siis võrguosa teatud objektide kaitsmiseks on vajalik kasutada **suunatud kaitseid**. Viimasel juhul erinevate suundade viidete valik ja liikumine toimub vastava toite suunas, lõpp etapis on sageli võimalik osa suunatud astmeid asendada suunamata astmetega.

---- Üldnõuded liigvoolukaitse (sätestuse) valikul

* Kaitse **peab rakenduma** kõikide rikete (lühiste) puhul kaitsetsoonis ja nn läbivate lühiste puhul mis ei ole lubatud **taluvuskarakteristikaga**.

* Kaitse **ei tohi rakendada** kaitstava objekti normaalsete töörežiimide puhul, mis on seadme taluvusnäitajate järgi lubatud (magneetimisvoolu tõuked, käivitusvoolud jne)

* Kaitse peab toimima kooskõlas temale järgnevate ja temale eelnevate kaitsetega nii et kogu kaitsesüsteem **oleks selektiivne**.

Konkreetsed kaitsekäitumised antakse kaitse astmetele rakendussuuruste ehk

sätetega, sätete komplektid DT ja IDMT karakteristikute puhul nagu eespool toodud

Järgmiseks on kaitstavate objektide **taluvuskarakteristikate** määramine

ja naaberkaitsetega kooskõlalise saavutamiseks sobivate

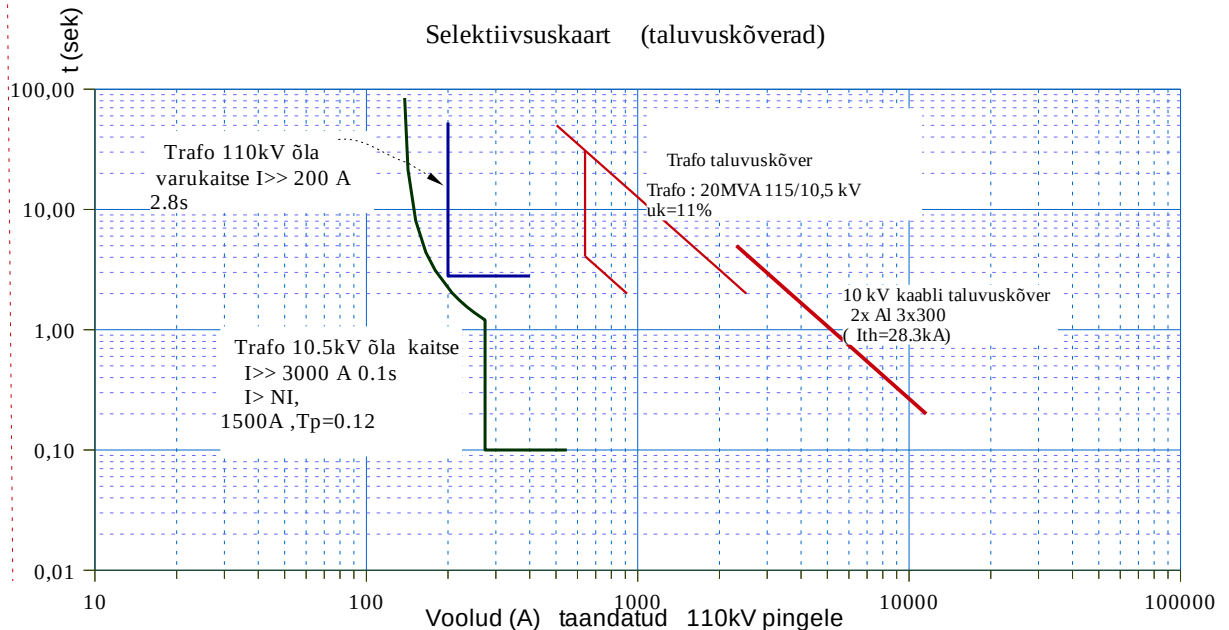
selektiivsuspõhimõtete valimine.

Esimesena sammuna määratletaksegi kaitstava **objekti liigvoolutaluvus**.

Objekti, näit trafo, ühenduskaablite liigvoolu taluvust iseloomustatakse tavaliselt nn taluvuskõveraga (IEEE standard), $t_e = f(I_k)$, kus t_e on voolu I_k taluvusaeg.

Objekti kaitse tähendab seda et valitud kaitseastmete summaarne rakenduskarakteristika asub taluvuskarakteristika $t_e = f(I_k)$ suhtes vasakul all (kaitse rakendub enne $t_e = f(I_k)$ -d).

Vt järgnev joonis



Eelnevast tuleneb et põhimõtteliselt tuleks objekti kaitstust ja kaitsete toimeid analüüsida (t, I) tasandil st teha nn **selektiivsuse kaart** (joonisel). Kaitsemise poolelt vaadatuna oleks kõige loogilisem kasutada IDMT karakteristikaid, kuid kuna DT kar. -ga kaitsete kooskõlastamine ja kontroll on palju lihtsam, siis püütakse võimalikult kasutada DT sätestust. IDMT valikul jäävad määravaks tagavarad kuni taluvuskõverani ning järgneva ja eelneva objekti kaitse tüübid, st kooskõlastuse võimalused. Toodud skeemi näitel on sätestuse valikul taluvuskõverate suhtes tagavarad suured. IDMT kar puhul järjestikuste kaitseastmete vajalikud vahekaugused (selektiivsus) tuleks valida vastavalt valitud releede juhenditele

---- Vooluliste kaitsete **kooskõlastuspõhimõtted** (mis tagavad kaitsete omavahelise selektiivsuse)

Eristatakse nn **voolulist selektiivsust** ja **viitelist selektiivsust**, koos viitelise selektiivsusega nõutakse ka **selektiivsust tundlikkuse järgi**. Digireleede puhul kasutatakse sageli nn **loogilist selektiivsust** mida nimetatakse ka tagasiblokeeringuks (reverse blocking).

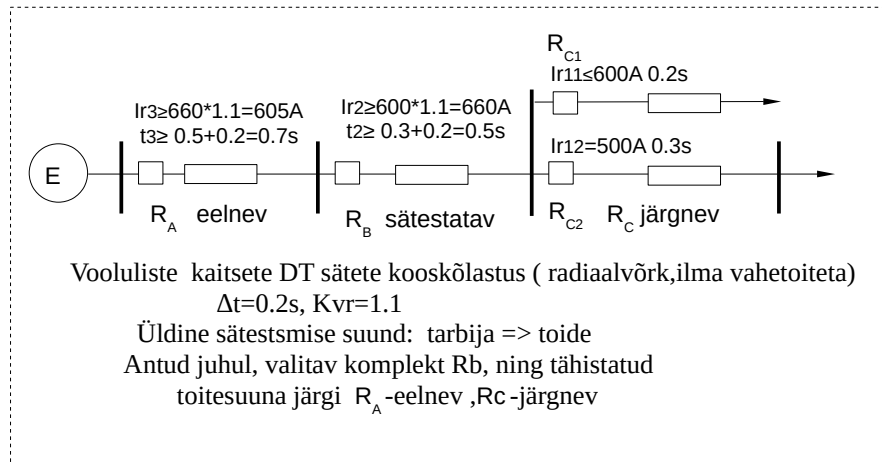
-- **Vooluline selektiivsus** tähendab seda et astme voolusäte **I_{rak}** valitakse nii kõrge et ta ei rakenduks järgmise objekti (liini) lühistel (st objektist väljapoole). Mis omakorda tähendab ka seda et aste ei tööta liini lõpuni ning sellise astme viiteks on võimaldab võtta näit 0.0s. Voolulist selektiivsust on võimalik rakendada suhteliselt pikkade liinide või trafode kaitsmisel, kui lühisvool objekti piires muutub oluliselt. Sellist voolulist astet (kaitset) nim **voolulõikeks**. **Voolulõike ärahäälestustegur** K_{vr} võetakse $K_{vr} = 1.1-1.3$ samaaegselt peab voolulõike voolusäte olema piisavalt tundlik liini alguse lühistel ($K_t = 1.5$). Nende nõuete rahuldamisel on võimalik panna tööle voolulõige.

Kui on tegemist kahepoolse toitega siis tuleb kontrollida ka voolulõike rakendumist seljatagustel lühistel ja kui vajalik teha **suunatud lõige**. Kasutatakse trafode ja pikkade liinide puhul, eriti nulljärgnevuskaitsete puhul.

-- **Vooluliste** kaitsete põhivariandis kasutatakse **viitelist selektiivsust**, ning seda koos selektiivsusega tundlikkuse järgi. Viiteline selektiivsus tähendab seda et vaadeldava astme viide **trak** on järgnevate kaitsete (R_{C1}, R_{C2}) kõige pikemst viitest Δt võrra pikem ja eelnevast Δt võrra lühem. Samaaegselt kasutatud vooluline säte **Irak** peab olema järgnevast lühem (vooluiselt kõrgem), varutegur $K_{vr}=1.1-1.2$ ja eelnevast pikem (vooluiselt madalam). Kui võrgus järjestikuste kaitsete vahel (näit C lattidel) esineb voolude jagunemine (nulljärgnevuskaitsete puhul maandatud neutraal) siis tuleks arvestada ka voolude jagunemise tegurit $K_{vj}=I_{kB}/I_{kA}$

$$st \text{ } I_{rAk} > 1.1 \cdot K_{vj} \cdot I_{rAk} \quad (2)$$

Kui kasutatakse IDMT kar. ga astmeid siis kooskõlastus üldjoontes sama, kuid peab toimuma **selektiivsus kaardil**, kus selektiivsuse iseloomustajaks on kõverate omavaheline asend. Eelnevate -järgnevate kaitsete karakteristikud ei tohi lõikuda ja peavad omama vahekaugust nii et $\min \Delta t = 0.3-0.5s$.



Väiksemates AJ-des keskpingel, kasutatakse lattide kaitsmisel sageli **tagasi blokeerimist**, mis tähendab seda et toiteini kiire aste blokeeritakse lattidelt väljuvate liinide lühistel (väljuvate liinide kaitsed annavad bl. impulsi). Blokeerimist ei toimu ainult lattide lühistel, mis võimaldab lattide lühise välja lülitada lühikese viitega (0.05-0.2s)

Nõuded voolukaitsete sätetele

Kaitse peab rakenduma ka kõige raskemas rikkeolukorras st minimaalse lühisvoolu puhul kaitstavas tsoonis: iseloomustajaks sätte tundlikkus K_t ,

$$K_t = I_{kmin} / I_{rak} \quad (2)$$

kus I_{kmin} - minimaalne lühisvool kaitse põhi või reservtsoonis, nõutud $K_t > 1.5$ lühistel põhikaitsetsoonis

$K_t > 1.2$ lühistel reserveerivas tsoonis

a. **voolusäte Irak** peab olema piirtundlikkusega või üle selle (st kaitse **peab rakenduma** ka kõige raskemas rikke olukorras)

$$I_{rak} < I_{kmin} / K_t \quad (3)$$

kus I_{kmin} all mõistetakse min. lühisvoolu, nii lühise asukoha kui lühise liigi järgi, mõõdetuna kaitse asukohas vt ka *1.

b. **voolusäte Irak** peab tagama kaitse **mitterakendumise** objekti normaalsete töörežiimide puhul. Iseloomustatakse, mitmesuguste varuteguritega K_v . Kaitse ei tohi rakenduda

ba. max koormusvoolude puhul I_{mkoor}

$$I_{rak} > (K_v / K_t) \cdot I_{mkoor}$$

bb. Koormuse käivitusvoolu tõugete puhul

bc. Trafode kaitses ei tohi rakenduda magneetimisvoolu tõugetest, digikaitsetes kasutatakse valerakendumise vältimiseks mitmesuguseid 2.hr. blokeeringuid

c. Voolusäte Irak peab olema kooskõlas järgnevate ja eelnevate kaitsete sätetega, kogu kaitsesüsteem peab olema selektiivne

d. Väljalülimise kiirusnõuded, viited

DT korral -viited **trak**, selektiivsusintervall $\Delta T \approx 0.2-0.3s$
 IDMT korral karakteristika asend, mis tuleb naaber kaitsete karakteristikate suhtes valida piisavalt kaugelt, siin tuleb jälgida nõudeid valitud releede juhenditest (väga orienteeruvalt nihutus 0.3-0.5s)

Pingesõltuvusega vooluline kaitse.

Reaalsetes olukordades esineb olukordi kus voolulise kaitse ärahäälestus töövooludest või selektiivsus tagavarad jäävad liiga väikeseks. Üks probleemi lahendusi on mitmesuguste pingeblokeeringute või pingekäivituste kasutamine. See võimalus põhineb pingel käitumisel rele asukohas. Jämedalt tüüpiline olukord. Nõrga toite või generaatori puhul võib tundlik voolusäte olla max koormusvoolu tõukele liiga lähedal, kuigi samal ajal rele asukohas mõõdetav pingel äärmuslikus koormustalitluses ja lühisel on oluliselt erinevad. Viimane asjaolu ongi pingesõltuvuse kasutamise aluseks. Lihtsustatud juhtum, kaitse rakendamine eeldab lisaks voolu tõusule üle voolurakendussätte Irak, ka rele asukoha pingel, (jääkpingel lühise korral) langemist alla mingi väärtuse U_{rak} . RK-le lähedastel lühistel on jääkpinged väikesed ja häälestus lihtne

$$U_{j\ddot{a}ak} = 1.73 \cdot Z_{RL} \cdot I_k,$$

kus Z_{RL} -impedants rele ja lühisekoha vahel
 I_k -lühisvool

Ebasümmeetriliste lühiste äratundmiseks on kasutatud ka nn kombineeritud blokeeringut kus kontrollitakse ka vastujärgnevuspinge U_2 teket, kui $U_2 > U_{2rak}$ siis on tegemist samuti lühisega seega pingekontrollitingimus lühis kui: $U_{j\ddot{a}ak} < U_{rak}$ või $U_2 > U_{2rak}$

Uuemate releede puhul teostatakse kontrolli liinipingete järgi, Näiteks releedes RE_630, RE_620 on eraldi liitfunktsioon: pingest sõltuv liigvoolukaitse PHPVOC ($51V; 3I(U) >$)

01.03.2017
 Koostas Vello Zupsmann