

Elektrivõrkude neutraali olekud.

Võrgu all mõeldakse siin ühisepingelist seotud võrguosa. Võrgu neutraalirežiim on määratud selle trafode neutraalide olekuga (maandatud jäigalt, üle takistuse, maandamata) .

Võrgu neutraali maandusrežiim on väga oluline näitaja, ning sellest sõltuvad võrgu maaühenduse lühisvoolud st võrguelementide releekaitse, aga ka võrgu elementide isolatsiooni tase jne.

Põhikriteerium: tervete faaside faasipinge tõusu **suurus** nimipinge U_{nf} suhtes, maaühenduse kohas.

Maandusrežiimi iseloomustamiseks kasutatakse kahte kriteeriumi (omavahel seotud)

- a. maaühenduse tegur (earth- fault factor) EFF

$$EFF = U_{kf} / U_{nf}$$

U_{kf} - terve faasi pinge lühise olukorras

U_{nf} - võrgu nimi faasipinge

- b. maandustegur (coefficient of grounding) COG

$$COG = U_{kf} / U_n$$

$$EFF = 1.73 * COG$$

U_n – võrgu nimi liinipinge

Olenevalt neutraali maanduse viisist võib võrke klassifitseerida mitmel viisil , põhiklassifikatsioon:

- a. efektiivselt** maandatud neutraaliga võrk, $EFF < 1.39$ – tavaliselt põhivõrk pingetel 110kV ja üle, alaliigiks võib lugeda ka nn jäigalt maandatud neutraaliga võrkku, milleks on meil 0.4kV madalpingevõrk

- b. mitteefektiivselt maandatud** võrk $EFF > 1.39$

viimasel juhul eristatakse mitmeid alaliike, näiteks

- b1 Madalaloomiliselt maandatud neutraaliga (LRG) võrk

Tähendab seda et neutraal on maandatud üle madalaloomilise resistori või üle reaktori nii et võrgu maaühendusvooluks kujuneb 500A ja üle.

- b2 Kõrgeoomiliselt maandatud neutraaliga (HRG) võrk

Tähendab seda et neutraal on maandatud üle resistori või üle reaktori mille impedants on ligikaudu = võrgu mahtuvusliku reaktantsiga

- b3 Resonantsmaandatud võrk

tähendab seda et neutraal on maandatud üle reaktori mille reaktants ideaaljuhul on = võrgu mahtuvusliku reaktantsiga (resonants), reaktants on muudetav vastavalt võrgu mahtuvuse C_v muutumisele, reaktorit nim Peterseni pooliks (kaarekustutuspool)

- c. maandamata neutraaliga** võrk M_{nv} - väikese ulatusega keskpingevõrk

Efektiivselt maandatud neutraaliga võrk (**E_{fmv}**)

Võrk kus kas kõik trafode neutraalid on maandatud otse , või mõningane hulk on maandamata või maandatud üle väikese impedantsi, nii et on täidetud $EFF < 1.39$

Kasutatakse ka ligikaudset määratlust

$$E_{fmv} \text{ nõue : } X_0/X_1 < 3 \text{ ja } R_0/X_1 < 1$$

kus - R_0, X_0, X_1 võrgu ekvivalentsed järgnevustakistused lühispunkti suhtes

EFF-i saab leida ebasüm režiimi arvutuse alusel või ka järgmiselt

$$EFF = | a - (a * Z_1 + a^2 * Z_2 + Z_0) / (Z_1 + Z_2 + Z_0) |$$

$$a = -0.5 + j0.866$$

$$a^2 = -0.5 - j0.866$$

kus - Z_0, Z_1, Z_2 võrgu ekvivalentsed järgnevustakistused lühispunkti suhtes

$EFF < 1.39$ näitab seda, et E_{fmv} võrgu mitte üheski punktis, faas-maa (F_m) või faas-faas-maa (F_{fm}) lühise korral, ei tohi tervete faaside pinge tõusta üle 1.39 korra.

Maandamata neutraaliga võrk (**Mnv**)

Maandamata neutraaliga võrgus ei ole ühtegi maandatud neutraali ega kunstlikku neutraali. Mnv võrgus $EFF=1.73$, ning maaühenduse korral võrgus tervete faaside pinge maa suhtes tõuseb liinipingeni st selline võrk peab omama täisisolatsiooni.

Efmv ja Mnv erinevustest.

- **Efmv** võrgu isolatsiooni tase võib olla 0.8 korda madalam kui Mnv võrgu isolatsiooni tase, mis on majandulikult oluline, eriti kõrgematel pingetel (110kV ja üle).
 - Efmv maaühendusvoolud on samas suurusjärgus 3f lühisvooludega (võivad olla ka suuremad) ja kasutatakse mõistet „lühis”, st
Fm – ühefaasiline lühis, FFm – kahefaasiline lühis maaga.
 - Efmv **lühisvoolu suurus** on määratud Z_0/Z_1 suhtega, on erinev igas võrgu punktis ja on induktiivse iseloomuga.
 - Efmv võrgu elemente kaitstakse maaga lühiste vastu nagu teiste lühiste vastu.
- Eestis 110kV ja kõrgema pingega võrk töötab Efmv võrguna.

- **Mnv** puhul kasutatakse terminit „maaühendus”, **maaühendusvool $I_c = 3I_0$** on vool faasi maaühenduse kohas ja määratud kogu elektriliselt seotud võrguosa mahtuvusega maa suhtes, on mahtuvusliku iseloomuga ja tunduvalt väiksem teistest lühisvooludest.

$$I_c = j3\omega C_m U_f$$

kus $C_m = C_0$ – võrgu faasi mahtuvus maa suhtes = võrgu nulljärgnevusmahtuvus

U_f – faasipinge

Kui Mnv võrgus maaühendusvool I_c on suurem teatud suurustest (sõltub võrgu pingest ja konstruktsioonist), siis on nõutud kasutada I_c piiramist mis võib olla teostatud resistantsi või induktiivsuse, põhiliselt kaarekustsuspoolsi (KKP) lülitamisega neutraali või kunstlikku neutraali.

Mõnedes riikides kasutatakse ka nn mitte-efektiivselt maandatud neutraaliga võrke, millede $EFF \sim 1.73$, kuid millede Fm, FFm lühisvoolud (nulljärgnevusvoolud $3I_0$) on piiratud mingile tasemele üle 500A - (nn üle väikese impedantsi maandatud neutraalid) – võrgu kaitsmise seisukohalt käituvad need nagu Efmv.

Mnv võrgu kaitse maaühenduse vastu on tunduvalt erineva iseloomuga, alates sellest et olenevalt võrgu ehitusest ja iseloomust võidakse maaühendust taluda mõõdetuna tundides ning ainult signaaliseerida maaühenduse olemasolu võrgus.

Uutes digikaitsetes on spetsiaalsed tundlikud suunatud funktsioonid maaühenduse kindlakstegemiseks ja väljalülitamiseks maandamata neutraaliga ja resonantsmaandatud neutraaliga võrgus.

Eestis 35-6 kV jaotusvõrk on kas maandamata neutraaliga (väikesed võrgud) või resonantsmaandatud neutraaliga.

Kirjandust EFF arvutusest : [K1](#), [K2](#)

Koostas :
Vello Zupsmann
zups.ve@gmail.com