

## 10. MITTAUS-, OHJAUS- JA SUOJAUSLAITTEISTOT

### 10.1. Virtamuuntajat

#### Yleistä virtamuuntajista

Virtamuuntajan tarkoituksena on muuntaa piirin virta ko. piirin suojauksessa, valvonnassa ja mittauksessa käytettäville pienjännitteisille maan potentiaalissa oleville releille ja mittareille sopiviksi virroiksi sekä eristää ensiö- ja toisiopiirit toisistaan.

Virtamuuntajien toiminnalle asetetut vaatimukset on esitetty kansainvälisissä ja kansallisissa standardeissa. Seuraava selostus perustuu standardiin IEC 60044-1 (1996).

Virtamuuntajien tärkeimmät teknilliset arvot ovat:

- terminen (lyhytaikainen) mitoitusvirta  $I_{th}$ ,
- dynaaminen mitoitusvirta  $I_{dyn}$ ,
- eristystaso,
- nimellisjännite,
- mitoitustaajuus,
- mitoitusensiövirta  $I_{pn}$ ,
- virta-alueen laajennuskerroin (ext %),
- mitoitustoisiovirta  $I_{sn}$ ,
- mitoitustaakka  $S_n$
- tarkkuusluokka,
- mittarivarmuuskerroin  $F_s$  tai tarkkuusrajakerroin.

**Terminen mitoitusvirta  $I_{th}$**  on suurin ensiövirta, minkä virtamuuntaja kestää 1 s ajan termisesti vahingoittumatta (toisiokäämit oikosuljettuina).

**Dynaaminen mitoitusvirta  $I_{dyn}$**  ilmoittaa, kuinka suuren ensiössä kulkevan virran aiheuttamat voimat muuntaja kestää vahingoittumatta (toisiokäämit oikosuljettuina).

**Mitoitusensiövirta  $I_{pn}$** , minkä standardisoidut nimellisarvot ovat:

10 - 12,5 - 15 - 20 - 25 - 30 - 40 - 50 - 60 - 75 A

sekä näiden kymmenpotenssikerrannaiset ja -osat. Suositeltavimmat arvot on alleviivattu. Virtamuuntajat voivat olla myös vaihtokytkettäviä kahdelle ensiövirrälle (merkintä esim. 50 - 100 A).

**Virta-alueen laajennuskerroin ext %** Ensiövirta, jolla lämpenemät eivät ylitä annettuja arvoja. Ilmoitetaan prosentteina mitoitusensiövirrasta.

**Mitoitustoisiovirta  $I_{sn}$** . Toisiovirran standardiarvot ovat 1 A, 2 A ja 5 A, joista suositeltavat arvot ovat 1 A ja 5 A.

**Mitoitustaakka** on suurin kuormitusimpedanssi, jolla virtamuuntajaa voidaan kuormittaa kyseessä olevassa tarkkuusluokassa. Tavallisesti nimellistaakka ilmoitetaan kuitenkin tehona (VA), joka on mitoitustaakka ( $\Omega$ ) kerrottuna nimellistoisiovirran (A) neliöllä. Mitoitustaakan standardiarvot ovat 2,5 - 5 - 10 - 15 ja 30 VA. Suuremmat tehot valitaan tarpeen mukaan.

**Sisätaakka**. Toisiokäämin hajaimpedanssi (resistanssin ja hajareaktanssin geometrinen summa). Tavallisesti sisätaakka ilmoitetaan tehona (VA).

**Virtamuuntajan sydämet.** Virtamuuntajassa on joko yksi tai useampia sydämiä. Jos sydämiä on useita, on niillä yhteinen ensiökäämi, mutta kullakin sydämellä on oma toisio-  
kääminsä. Mittaukseen käytettävää sydäntä nimitetään mittausydämeksi ja suojaukseen  
käytettävää sydäntä suojaussydämeksi.

**Mittausydämen tarkkuusluokat** määräytyvät suurimpien sallittujen virta- ja kulmavirheiden avulla. Virtavirhe määritellään yhtälöllä

$$\text{Virtavirhe} = \frac{K_n I_s - I_p}{I_p} \times 100\%, \quad (1)$$

jossa  $K_n$  = nimellismuuntosuhde =  $I_{pn} / I_{sn}$ ,  
 $I_p$  = todellinen ensiövirta,  
 $I_s$  = todellinen toisiovirta, kun ensiökäämin virta on  $I_p$ .

Kulmavirhe on ensiö- ja toisiovirran ajallinen vaihesiirtokulma. Se on positiivinen, jos toisio-  
virta on ensiövirran edellä.

Mittausydämelle sallitut virheiden maksimiarvot on esitetty taulukossa 10.1a.

Taulukko 10.1a. Mittausydämelle sallitut virheiden maksimiarvot.

Luokka	Virtavirhe ± %					Kulmavirhe ± min			
	$I_p = I_{pn} \times$					$I_p = I_{pn} \times$			
	0,05	0,2	0,5	1,0	1,2	0,05	0,2	1,0	1,2
0.1	0,4	0,2		0,1	0,1	15	8	5	5
0.2	0,75	0,35		0,2	0,2	30	15	10	10
0.5	1,5	0,75		0,5	0,5	90	45	30	30
1	3,0	1,5		1,0	1,0	180	90	60	60
3			3,0		3,0				
5			5,0		5,0				

Taulukossa 10.1a mainitut virherajat pätevät luokissa 0,1...1 taakoille 25...100 % mitoitus-  
taakasta ja luokissa 3 ja 5 taakoilla 50...100 % mitoitustaakasta. Virheitä mitattaessa on taa-  
kan tehokerroin 0,8 (ind), paitsi silloin kun taakka on alle 5 VA, jolloin tehokerroin on 1.

Lisäksi on määriteltä erityistapauksia varten luokat 0,2 S ja 0,5 S. Näissä tarkkuus määritel-  
lään 1 % virtaan asti.

Tarkkuusluokkien 0,1...1 virtamuuntajien virta-alue voidaan merkitä laajennetuksi, jos  
seuraavat kaksi vaatimusta on täytetty:

- Termisen (jatkuva) mitoitusvirran on oltava mitoitusensiövirta kertaa virta-alueen laajennus.
- Laajennetulla virta-alueella ei virta- ja kulmavirhe saa ylittää 120 % virralle annettuja virherajoja.

Standardisoidut arvot ovat 120 %, 150 % ja 200 % mitoitusensiövirrasta.

Mittausydämen **mittarivarmuuskertoimen**  $F_S$  ja nimellisensiövirran tulo  $F_S \cdot I_{pn}$  ilmoittaa  
sen ensiövirran arvon, jolla yhdistetty virhe on vähintään 10 %. Virtamuuntaja suojaa siihen  
kytkettyjä mittareita ylivirroilta sitä paremmin, mitä pienempi mittarivarmuuskerroin on. Ker-  
toimen arvoja ei ole standardisoitu. Käytännössä tavallisia arvoja ovat 5 ja 10.

**Suojaussydämen tarkkuusluokat.** Suojaussydämelle sallitut virheiden maksimiarvot ilme-  
nevät taulukosta 10.1b, jossa kirjain P on suojaussydämen tunnus.

Taulukko 10.1b. Suojaussydämelle sallitut virheiden maksimiarvot.

LUOKKA	Mitoitusensiövirtaa ja mitoitus- taakkaa vastaava	
	virtavirhe	kulmavirhe
5P	± 1 %	± 60 min
10P	± 3 %	- 1)

1) Linearisoidulla virtamuuntajalla 150 min.

Virheitä mitattaessa on taakan tehokerroin 0,8 (ind), paitsi taakan ollessa alle 5 VA, jolloin tehokerroin on 1.

**Tarkkuusrajakerroin** on mitoitus tarkkuusrajavirran ja mitoitusensiövirran suhde. Tarkkuusrajavirta on puolestaan se ensiövirran arvo, jolla yhdistetty virhe  $\varepsilon_c$  on enintään 5 % luokassa 5P ja 10 % luokassa 10P. Yhdistetty virhe määritellään.

$$\varepsilon_c = \frac{100}{I_p} \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T (K_n i_s - i_p)^2 dt} \% \approx \frac{I_o}{I_p} \times 100 \% , \quad (2)$$

jossa

- $I_p$  = ensiövirran tehollisarvo,
- $i_p$  = ensiövirran hetkellisarvo,
- $i_s$  = toisiovirran hetkellisarvo,
- $T$  = jakson aika ja
- $I_o$  = tyhjäkäyntivirta.

Tarkkuusrajakertoimen on oltava suuri silloin, kun suojausalueen on toimittava virtamuuntajan nimellisvirtaan verrattuna suurella, muuntosuhteen mukaisella virralla. Tarkkuusrajakertoimen standardiarvot ovat:

5 - 10 - 15 - 20 - 30.

Tarkkuusrajakerroin ilmoitetaan luokkamerkinnän yhteydessä, esim. 5P10 (tarkkuusluokka 5P ja tarkkuusrajakerroin 10).

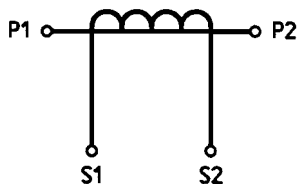
**Suojaussydämen linearisoiminen** Jos virtamuuntajan tulee toimia oikein myös epäsymmetrisellä oikosulkuvirralla, tarkkuusrajakerroin valitaan suuremmaksi kuin symmetrinen oikosulkuvirta edellyttäisi. Tarvittava ylimitoitus riippuu mm. toisiosion aikavakiosta, jonka alarajan määrää mitoitusvirralla sallittu kulmavirhe. Aikavakion (ja remanenssin) pienentämiseksi virtamuuntajan rautasydämessä on tällöin yleensä ilmavälejä. Tällaista virtamuuntajaa sanotaan linearisoiduksi. Linearisoituja virtamuuntajia käytetään yleensä vain tärkeimmissä suojauskohteissa, kun relesuojauksen on toimittava nopeasti. Linearisoidun virtamuuntajan tarkkuusrajakertoimen suositellut arvot ovat:

50 - 75 - 100 - 150 - 200 - 300 - 400 - 500.

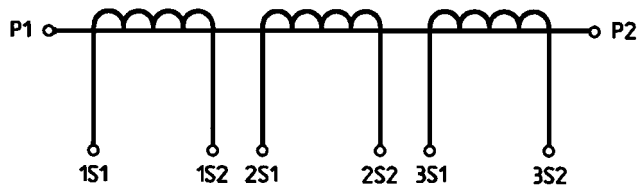
Linearisoidun virtamuuntajan tarkkuusluokaksi suositellaan 10P:tä.

**TPS, TPX, TPY, TPZ -luokat.** IEC 60044-6 -standardi määrittelee suojausvirtamuuntajien transienttikäyttäytymisen. Tätä varten on määriteltä luokat TPS, TPX, TPY ja TPZ. Näitä luokkia on syytä käyttää vain erittäin tärkeissä suojauskohteissa.

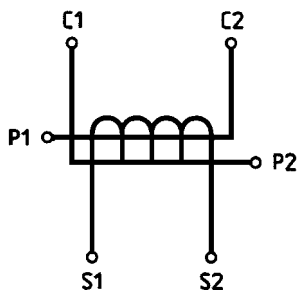
**Liitinmerkinnät**  
IEC 60044-1



KUVA 10.1a. Yksisydäminen ja yksivirtainen virtamuuntaja.



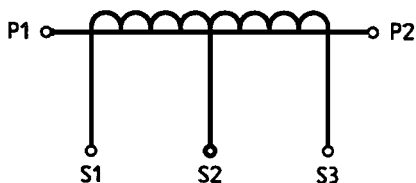
KUVA 10.1b. Kolmisydäminen ja yksivirtainen virtamuuntaja.



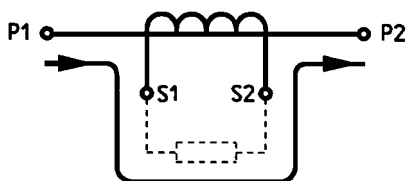
Ensiövirta	Oikosulje
50 A	C2 - C1
100 A	P1 - C1 P2 - C2

KUVA 10.1c. Ensiöpuolelta kahdelle eri virrälle kytkettävä (sarja- / rinnakkaiskytkentä) 1- sydäminen virtamuuntaja.

Liittimillä, jotka on merkitty P1, S1, C1 ja C2, tulee olla sama napaisuus.



KUVA 10.1d. Yksisydäminen virtamuuntaja, jossa toisiossa väliulosotot.



KUVA 10.1e. Ensiövirran näennäinen kulku toisiossa.

**Virtamuuntajien valinnasta**

**Taakat.** Mittareiden ja kojeiden taakat on selvitettävä valmistajien datalehdiltä ja johtimien taakat on laskettava mittauskytkennän ja johdinpituuksien ja -poikkipintojen pohjalta.

**Tarkkuusluokka.** Mittaussydämen tarkkuusluokan tulee energiamittauksessa olla taulukon 10.1c mukainen (SFS 3381).

Taulukko 10.1c. Mittarien ja mittamuuntajien tarkkuusluokat

Vuosittainen energian kulutus MWh	Mittarien tarkkuusluokka	Mittamuuntajien tarkkuusluokka
alle 1 000	2	0.5
1 000...10 000	1	0.2
yli 10 000	0.5 <sup>1)</sup>	0.2

1) Hyvin suurten energiamäärien mittauksessa käytetään tarkkuusluokan 0,2 mittareita.

Valvontamittauksissa käytetään tarkkuusluokkia 1 ja 3. Ylivirtasuojaukseen käytettävän suojaussydämen tarkkuusluokaksi suositellaan 10P:tä. Ylikuormitussuojaukseen käytettävälle sydämelle suositellaan tarkkuusluokkaa 5P.

**Tarkkuusrajakerroin** tulee valita käytettävien suojauslaitteiden mukaan siten, että tarkkuusrajakerroin kattaa releiden asettelualueet. Mikäli muuntajan tulee toistaa myös täysin epäsymmetrinen oikosulkuvirta, on tarkkuusrajakerroin ylimitoitettava linearisointikerroimen  $f_I$  ilmoittamalla määrällä.

Tarkkuusrajakerroin (samoin kuin mittarivarmuuskerroinkin) ilmoitetaan mitoituskaavalla. Todellisen taakan poiketessa tästä voidaan se laskea kaavasta:

$$F_a = F_{an} \frac{|\overline{S}_j + \overline{S}_n|}{|\overline{S}_i + \overline{S}_k|}, \quad (3)$$

jossa  $F_a$  = tarkkuusrajakerroin,  
 $F_{an}$  = tarkkuusrajakerroin mitoituskaavalla,  
 $S_j$  = sisätaakka,  
 $S_n$  = nimellistaakka ja  
 $S_k$  = todellinen taakka.

Sisätaakan voidaan useimmiten olettaa olevan puhtaasti resistiivinen.

**Linearisointi.** Jotta muuntaja toistaisi täysin epäsymmetrisen oikosulkuvirran, on tarkkuusrajakerroin ylimitoitettava linearisointikerroimen  $f_I$

$$f_I = 1 + \omega \tau_1 \quad (4)$$

osoittamalla määrällä. Kaavassa  $\tau_1$  = oikosulkupiirin aikavakio. Linearisointikerrointa voidaan pienentää pienentämällä muuntajan tyhjäkäynti-induktanssia ja siten toisio aikavakioita  $\tau_2$ , joka on toisio tyhjäkäynti-induktanssin ja toisio kokonaisinduktanssin summa jaettuna toisio kokonaisresistanssilla. Toisioon lasketaan tässä kuuluvan toisiokojeet ja -johtimet sekä toisiokäämin hajaimpedanssi (sisätaakka). Linearisointikerroin on tällöin:

$$f_I = 1 + \omega \tau_1 \left( \frac{\tau_1}{\tau_2} \right)^{\frac{\tau_1 / \tau_2}{1 - \tau_1 / \tau_2}} \quad (5)$$

Muuntajan linearisoiminen merkitsee aina lisäkustannuksia, ja sitä tulee käyttää vain tärkeissä suojauskohteissa.

**Remanenssi.** Oikosulkuvirtojen katkaisujen yhteydessä voi muuntajan sydämiin jäädä jäännösvuo, joka on suurimmillaan n. 80 % kyllästymisvuosta. Tämän vaikutuksesta voi erityisesti epäsymmetrisillä oikosulkuvirroilla ensimmäisten jaksojen toisto vääristyä.

Remanenssivuon pienentäminen tapahtuu käytännössä tekemällä sydämeen ilmarakoja (linearisoimalla muuntaja). Ilmarakojen vaikutus ilmoitetaan toision aikavakion avulla. Ohjearvona voi pitää  $\tau_2 < 100$  ms, jolloin remanenssivuon on hyvin pieni.

## 10.2. Jännitemuuntajat

### Yleistä jännitemuuntajista

Jännitemuuntajien tarkoituksena on muuntaa ensiöpiirin jännite toisiokojeille sopivaksi ja eristää ensiö- ja toisiopiiri toisistaan.

Jännitemuuntajille asetetut vaatimukset on esitetty useissa kansainvälisissä ja kansallisissa standardeissa. Seuraava selostus perustuu standardiin IEC 60044-2 (1997).

Jännitemuuntajan tärkeimmät teknilliset arvot ovat:

- eristystaso,
- mitoitustaajuus,
- mitoitusensiöjännite  $U_{pn}$ ,
- mitoitusjännitekerroin,
- mitoitustoisiöjännite  $U_{sn}$ ,
- mitoitustaakka  $S_n$  ja
- tarkkuusluokka.

**Mitoitusensiöjännite  $U_{pn}$ .** Standardisoidut mitoitusjännitteet (pääjännitteet) ovat taulukkojen 3.2b, 3.2c ja 3.2d mukaiset.

Jos jännitemuuntaja on kytkettävä 3-vaiheverkon vaiheiden väliin, ilmoitetaan mitoitusensiöjännite pääjännitteenä, esim. 20000 V. Jos jännitemuuntaja on kytkettävä vaiheen ja tähtipisteen väliin tai verkon tähtipisteen ja maan väliin, ilmoitetaan mitoitusensiöjännite vaihejännitteenä, esim.  $20000:\sqrt{3}$  V.

**Mitoitusjännitekerroin.** Mitoitusjännitekertoimen ja mitoitusensiöjännitteen tulo ilmoittaa suurimman ensiöjännitteen, jolla muuntajaa on voitava käyttää tietyn ajan. Lämpenemä ei tällöin saa ylittää sallittua arvoa ja mittaustarokkuuden on pysyttävä määrätyissä rajoissa. Jännitekertoimen suuruus riippuu verkon maadoituksesta ja siitä, miten muuntajan ensiökäämi on kytketty verkkoon. Jännitekertoimen standardiarvot ilmenevät taulukosta 10.2a, jossa on mainittu myös sallittu käyttöaika ko. jännitteellä.

Taulukko 10.2a. Mitoitusjännitekertoimen arvoja.

Nimellisjännitekerroin	Aika	Ensiön kytkentä ja verkon maadoitus
1,2	Jatkuva	Vaiheiden välissä kaikissa verkoissa. Tehomuuntajan tähtipisteen ja maan välissä kaikissa verkoissa
1,2	Jatkuva	Vaiheen ja maan välissä tehollisesti maadoitetuissa verkoissa
1,5	30 s	
1,2	Jatkuva	Vaiheen ja maan välissä ei-tehollisesti maadoitetussa verkossa, jossa on automaattinen maasulkulaukaisu
1,9	30 s	
1,2	Jatkuva	Vaiheen ja maan välissä maasta erotetussa tai
1,9	8 h	sammutetussa verkossa, jossa ei ole automaattista maasulkulaukaisua.

**Jännitemuuntajan toisiokäämit.** Jännitemuuntajassa voi olla yksi tai kaksi toisiokäämiä samalla sydämellä. Toisiokäämien käyttö jaotellaan kolmeen eri tapaukseen:

- mittauskäämiä käytetään mittaukseen,
- suojauskäämiä voidaan käyttää sekä suojaukseen että mittaukseen ja
- avokolmiokäämiä käytetään maasulkusuojaukseen.

Tällöin kolmen yksivaiheisen jännitemuuntajan muodostamassa kolmivaiheryhmässä ko. toisiokäämit kytketään avokolmioksi, so. kolmioksi, jonka yksi kulma jätetään auki. Koska eri käämeillä on yhteinen sydän, vaikuttaa yhden käämin kuormitus muiden käämien mittausvirheen suuruuteen.

**Mitoitustoisiojännite  $U_{sn}$ .** Mitoitustoisiojännitteen standardiarvot on esitetty taulukossa 10.2b.

Taulukko 10.2b. Toisiojännitteen standardiarvot.

	Ensiökäämi kytketty kahden vaiheen väliin tai verkon tähtipisteen ja maan väliin.	Ensiökäämi kytketty vaiheen ja maan väliin
Mittaus- ja suojauskäämeille	<u>100 V</u> , 110 V ja 200 V	<u>100 : <math>\sqrt{3}</math> V</u> , 110 : $\sqrt{3}$ ja 200 : $\sqrt{3}$ V
Avokolmiokäämille		<u>100 : 3 V</u> , 110 : 3 ja 200 : 3 V

Suomessa suositellaan käytettäväksi vain alleviivattuja arvoja. Jos avokolmiokäämin mitoitustajännite on 100 : 3 V, tarkoittaa se yksivaihemuuntajan ko. toisiokäämin jännitettä normaalikäytössä. Kun kolme yksivaihemuuntajaa on kytketty kolmivaiheryhmäksi ja avokolmiokäämit on kytketty yhdestä kulmasta avoimeksi kolmioksi, niin ko. kulman liittimien välillä on 100 V jännite verkon yksivaiheisessa täydessä maasulussa.

Esimerkkejä muuntosuhteen merkitsemisestä:

Ensiökäämit kytketty kahden vaiheen väliin; toisiopuolella mittauskäämi:  
20000 / 100 V.

Ensiökäämi kytketty vaiheen ja maan väliin; toisiopuolella mittaus- ja avokolmiokäämi:  
20000 :  $\sqrt{3}$  / 100 :  $\sqrt{3}$  / 100 : 3 V.

Ensiökäämi kytketty verkon tähtipisteen ja maan väliin; toisiopuolella suojauskäämi:  
20000 :  $\sqrt{3}$  / 100 V.

**Mitoitustaakka.** Mitoitustaakka on suurin kuormituksen admittanssi (johtavuus), jolla jännitemuuntajaa voidaan kuormittaa kyseessä olevassa tarkkuusluokassa. Tavallisesti mitoitustaakka ilmoitetaan kuitenkin näennäistehona  $S$  [VA], joka on mitoitustaakan admittanssi  $Y$  [S] kerrottuna mitoitustoisiojännitteen  $U$  [V] neliöllä. Mitoitustaakan standardiarvot ovat:

10 - 15 - 25 - 30 - 50 - 75 - 100 - 150 - 200 - 300 - 400 - 500 VA.

Suosittelavimmat arvot on alleviivattu.

**Mittauskäämin tarkkuusluokat.** Tarkkuusluokat määräytyvät suurimpien sallittujen jännite- ja kulmavirheiden avulla. Jännitevirhe määritellään yhtälöllä

$$\text{Jännitevirhe} = \frac{K_n U_s - U_p}{U_p} \times 100 \%, \quad (1)$$

jossa  $K_n$  = mitoitusmuuntosuhde =  $U_{pn} / U_{sn}$ ,

$U_p$  = todellinen ensiojännite ja

$U_s$  = todellinen toisiojännite, kun ensiökäämi on kytketty jännitteeseen  $U_p$ .



Kulmavirhe on ensiö- ja toisiojännitteen ajallinen vaihesiirtokulma. Se on positiivinen, jos toisiojännite on ensiöjännitteen edellä.

Mittauskäämille sallitut virheiden maksimiarvot on esitetty taulukossa 10.2c.

Taulukko 10.2c. Jännitemuuntajan jännite- ja kulmavirheet eri tarkkuusluokissa.

Luokka	Jännitevirhe ± %	Kulmavirhe ± min
0.1	0,1	5
0.2	0,2	10
0.5	0,5	20
1	1,0	40
3	3,0	-

Mainitut virherajat pätevät jännitteellä 80...120 % mitoitusjännitteestä ja taakoilla 25...100 % mitoitustaakasta, kun taakan tehokerroin on 0,8 (ind). Jos muuntajassa on muita erillisiä käämejä, tulee mitattavan käämin täyttää virherajavaatimukset toisten käämien taakan vaihdella 0...100 % niiden mitoitustaakasta (satunnaisesti ja lyhytaikaisesti kuormitetun käämin, kuten avokolmiokäämin, vaikutusta ei tarvitse ottaa huomioon).

Tarkkuusluokka valitaan energiamittauksessa standardin SFS 3381 mukaan, ks. kohta 10.1.

**Suojaus- ja avokolmiokäämin tarkkuusluokat.** Suojaus- ja avokolmiokäämin tarkkuusvaatimukset on esitetty taulukossa 10.2d. Suojauskäämille (ei kuitenkaan avokolmiokäämille) on määrättävä myös jokin mittauskäämin tarkkuusluokka. Avokolmiokäämille suositellaan tarkkuusluokaksi 6P. Pelkästään kippivärähtelyn vaimentamiseen käytettävälle avokolmiokäämille ei tarvita tarkkuusluokkavaatimusta.

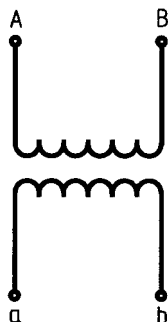
Taulukko 10.2d. Suojaus- ja avokolmiokäämien tarkkuus.

Luokka	Jännitevirhe ± %	Kulmavirhe ± min
3P	3,0	120
6P	6,0	240

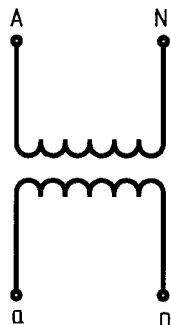
Mainitut virherajat pätevät jännitteellä 5 % mitoitusjännitteestä ja mitoitusjännitekertoimen mukaisella jännitteellä. 2 % jännitteellä on virheraja kaksinkertainen. Taakan edellytetään olevan 25...100 % mitoitustaakasta ja sen tehokerroimen 0,8 (ind).

Jos muuntajassa on muita käämejä, tulee mitattavan käämin täyttää virherajavaatimukset toisten käämien taakan vaihdella 0...100 %. (Satunnaisesti ja lyhytaikaisesti kuormitetun käämin, kuten avokolmiokäämin vaikutusta ei tarvitse ottaa huomioon).

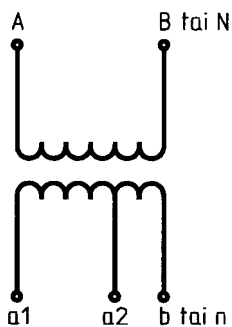
### Liitinmerkinnät IEC 60044-2



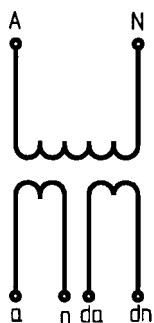
KUVA 10.2a. Yksivaihemuuntaja, jonka molemmat ensiöliittimet on eristetty täyttä jännitettä vastaavasti.



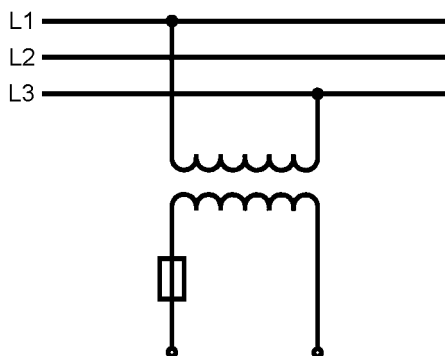
KUVA 10.2b. Yksivaihemuuntaja, jossa on maadoitettava ensiöliitin.



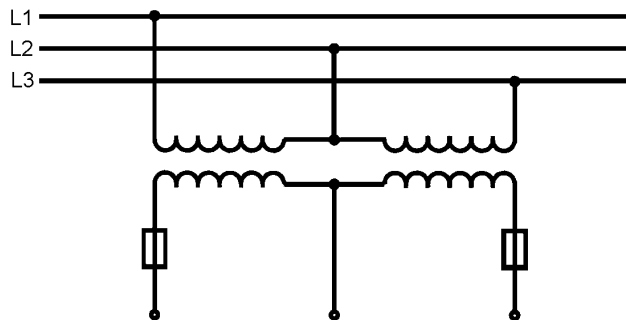
KUVA 10.2c. Yksivaihemuuntaja, jonka toisiokäämeissä on väliulosotto.



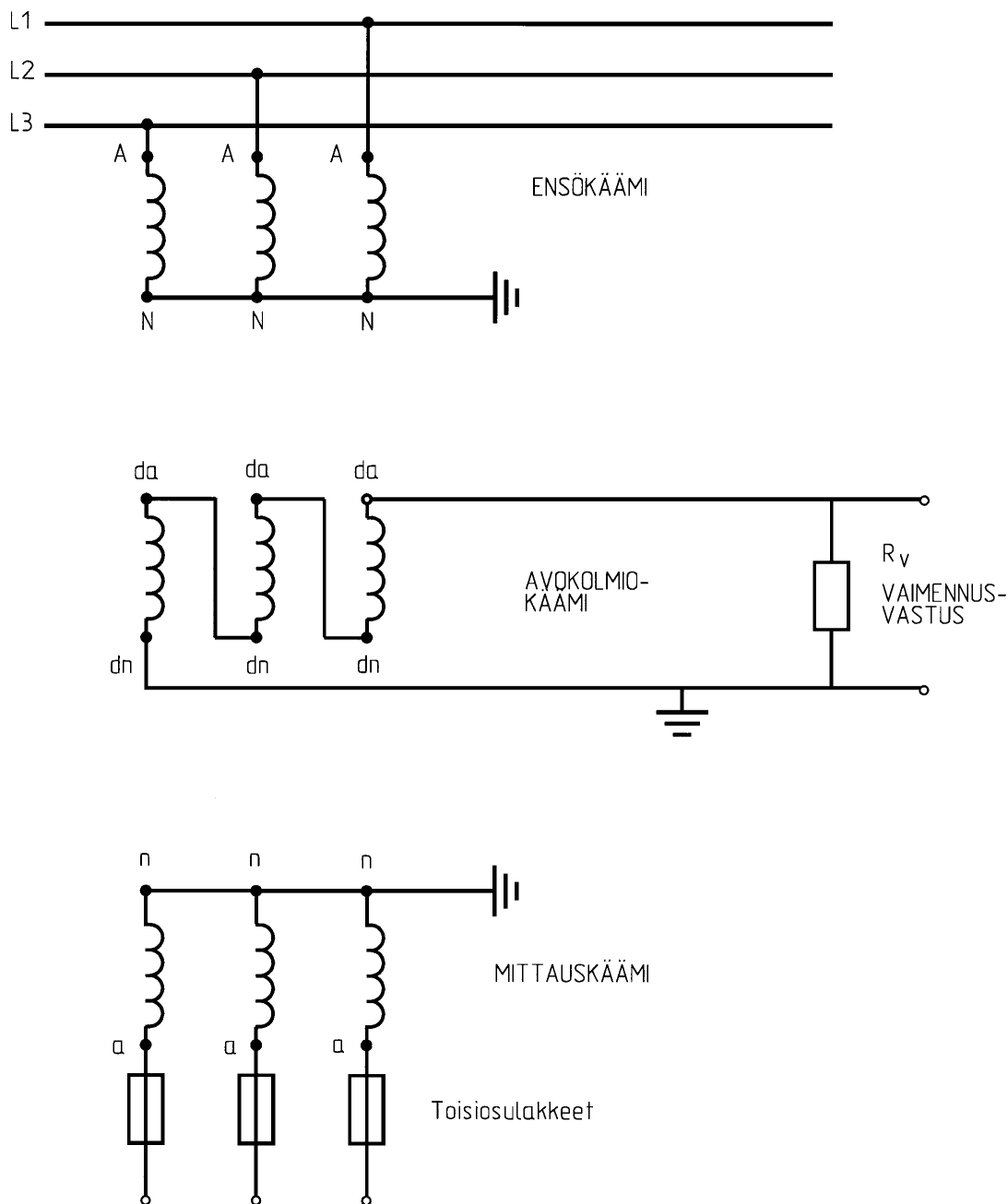
KUVA 10.2d. Yksivaihemuuntaja, jossa on kaksi toisiokäämiä, joista toinen on avokolmiokäämi.



KUVA 10.2e. Yksivaihejännitemuuntajan kytkentä.



KUVA 10.2f. Kaksi yksivaihemuuntajaa V-kytkennässä.



KUVA 10.2g. Kolme yksivaihejännitemuuntajaa tähtikytkennässä, ensiöpuolen nollapiste maadoitettu ja muuntajat varustettu avokolmioon kytkeytyin apukäämeihin. Kippivärähtelyn vaimennusvastuksen kytkentä.

## Kippivärähtely

Yksinapaisesti maadoitetun induktiivisen jännitemuuntajan ja verkon kapasitanssien kesken voi syntyä resonanssivärähtelyä, jolle on ominaista:

- Värähtely alkaa äkillisesti usein jonkin kytkentätoimenpiteen seurauksena.
- Värähtely lakkaa kytkettäessä mukaan lisää kuormaa.
- Vaihejännitteet ovat hyvin vääristyneitä. Sen sijaan pääjännitteet pysyvät sinimuotoisina.
- Värähtely saattaa aiheuttaa ylilyöntejä ja helposti jännitemuuntajien tuhoutumisen termisen ylikuormituksen vuoksi.

Kippivärähtelyn vaimentamiseksi on paras ratkaisu avokolmioon kytkettävä vaimennusvastus. Kytkentä on esitetty kuvassa 10.2g. Vaimennusvastusta mitoitettaessa on otettava huomioon, että jännitemuuntajan termistä kuormitettavuutta ei saa ylittää maasulkutilanteessa. Vastuksen koko riippuu käytetystä jännitemuuntajatyypistä. Esimerkiksi 12 ja 24 kV jännitemuuntajien kanssa suositellaan käytettävän 450 W:n vaimennustehoa. Avokolmiokäämin jännitteellä 100 : 3 V vaimennusvastus on siis 22  $\Omega$  ja 110 : 3 V jännitteellä 27  $\Omega$ .

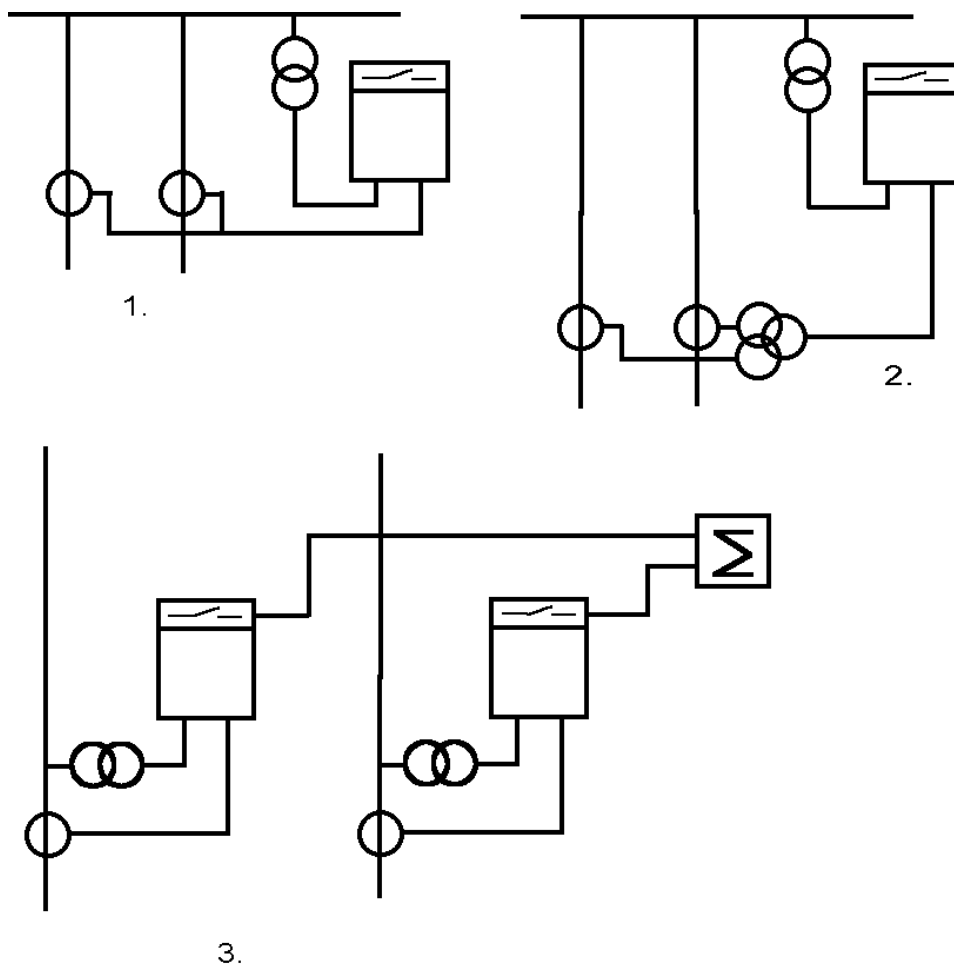
Yksittäisen yksinapaisen jännitemuuntajan käyttöä verkossa ei suositella, koska vaadittu vaimennusteho pahimmassa tapauksessa voi olla neljä kertaa suurempi kuin käytettäessä avokolmiokäämiin sijoitettua vaimennusvastusta. Lisäksi tämä teho kuormittaisi jatkuvasti jännitemuuntajaa.

### 10.3. Mittauskytkentöjä

Mittauskytkennät on standardoitu ja niitä kuvataan 4-numeroisin luvuin (SFS 2537). Rivi-liittimien käyttö on mittauspiireissä tarpeellista. Liittimien tulee olla rakenteeltaan sellaisia, että niihin voidaan liittää lisä- ja tarkistusmittareita (SFS 2537, 3381). Energian mittauksessa erotetaan yleisesti seuraavat kolme erilaista mittaustapaa:

- suora mittaus,
- epäsuora mittaus virtamuuntajia käyttäen ja
- epäsuora mittaus virta- ja jännitemuuntajia käyttäen.

Mittalaitteiden käyttöjärjestelmistä eräänä esimerkkinä energian summamittaus.



KUVA 10.3a. Energian summamittaus.

1. Virtamuuntajat samanlaiset
2. Virtamuuntajat erilaiset
3. Virta- ja jännitemuuntajat erilaiset

Sovitusmuuntajat ovat yhteinen nimitys mittaus- ja suojauspiireissä käytettäville välivirta- ja välijännitemuuntajille. Niiden käyttö on vähenemässä suojaussovelluksissa. Esimerkiksi uusissa erovirtareleissä tehdään digitaalisesti suojattavan muuntajan kytkentäryhmäkompensointi, nollavirran kompensointi ja virtamuuntajien muuntosuhdekorjaus, eikä välivirtamuuntajia siten enää tarvita.

## 10.4. Suojareleet

### Suojareleiden toiminnasta

Suojarele on mittaava laite, joka toimii tietyllä mittasuureen arvolla. Rele havahtuu, kun mitattava suure sivuuttaa releen toiminta-arvon ja antaa toiminta-ajan kuluttua katkaisijalle laukaisuvirikkeen. Releen toiminta on hetkellinen, jos releen toiminta-aika ei sisällä tahallista hidastusta. Hidastetun releen toiminta-aikaan sisältyy vakioaikareleellä vakiohidastus ja käänteisaikareleellä mittaussuureeseen kääntäen verrannollinen hidastus.

Suoraan suojattavaan päävirtapiiriin kytkettävät ensiö- eli primäärireleet toimivat tavallisesti katkaisijaa mekaanisesti ohjaavina laukaisimina. Ensiörelesuojauksen toimintatarkkuus on suurillakin ylivirroilla hyvä, koska mittamuuntajavirheitä ei ole; asettelutarkkuus voi sen sijaan olla huono. Ensiöreleiden käyttöä rajoittavat dynaaminen kestoisuus, apukoskettimien puute sekä asettelun ja koestuksen hankaluus jännitteisessä laitoksessa. Yleisimmin käytetyt, mittamuuntajan toisiopiireihin liitettävät toisioreleet ohjaavat katkaisijaa apusähkön avulla. Sähkömekaanisessa suojareleessä tapahtuu mittaus yleensä vertaamalla mittasuureen aiheuttamaa sähkömagneettista voimaa mekaaniseen, esimerkiksi jousen voimaan. Toimintahidastus aikaansaadaan kellokoneistolla. Staattiset suoja-releet eivät sisällä liikkuvia osia, lukuunottamatta kosketintoimintojen edellyttämiä apureleitä. Mittaustietojen käsittely ja hidastusten muodostus tapahtuu elektroniikkapiireissä. Staattisten releiden etuja ovat suuri toimintanopeus, suuri toiminta-arvojen tarkkuus ja asetelujen pysyvyys. Toiminta-aika on tarkka myös hyvin pienillä toiminta-arvon ylityksillä. Koska myös palautumisaika on tarkka, voidaan staattisilla releillä käyttää, esim. oikosulkusuojauksessa, hyvin lyhyitä porrasaikoja selektiivisen suojauksen aikaansaamiseksi.

### Relesuojaukseen liittyviä käsitteitä

- Toiminta-arvo on sellainen mitattavan suureen arvo, jonka ylittyminen tai alittuminen aiheuttaa suojareleen havahtumisen ja laukaisun, jos suojarele ei palaudu vaan pysyy havahtuneena tietyn ajan. Tätä aikaa kutsutaan toiminta-ajaksi.
- Tietyn mittaussuureen ylitymisestä havahtuva suojarele palautuu, jos mittaussuureen arvo laskee palautumisarvon alapuolelle riittävän pitkäksi aikaa. Tätä aikaa kutsutaan palautumisajaksi.
- Tietyn mittaussuureen alittumisesta havahtuva suojarele palautuu, jos mittaussuureen arvo nousee palautumisarvon yläpuolelle riittävän pitkäksi aikaa. Tätä aikaa kutsutaan palautumisajaksi.
- Palautumissuhde on palautumis- ja toiminta-arvojen suhde. Palautumissuhde on staattisilla ylisuurereleillä tyypillisesti 0,96 ja alisuurereleillä 1,04; mekaanisilla ylisuurereleillä palautumissuhde vaihtelee 0,8...0,9.
- Pyörtöaika eli retardaatioaika on aikamarginaali, joka määrittelee, kuinka paljon ennen tulossa olevaa laukaisua releen on palauduttava, jotta rele peruuttaa laukaisupäätöksensä.
- Suojareleen tai yksittäisen suojaustoiminnon lukitseminen tarkoittaa joko pelkästään releen laukaisun estämistä tai lisäksi toiminta-aikalaskurin pysäyttämistä. Toisinaan käyttäjä voi vapaasti valita jommankumman tai molemmat lukitustavat käyttöön.
- Porrasaika on säteittäisverkossa kahden peräkkäisen ylivirta- tai maasulkureleen toiminta-aikojen erotus, jolla taataan suojauksen toiminnan selektiivisyys siten, että vain lähinnä vikakohtaa oleva suojarele laukaisee. Tällöin puhutaan aikaselektiivisyydestä. Käytettävät porrasajat ovat ylivirtasuojauksessa numeerisilla releillä n. 150 ms, analogielektronisilla n. 300 ms ja mekaanisilla n. 500 ms. Maasulkusuojauksessa aikaportaat ovat pidempiä, numeerisilla releillä esim. 300 ms.
- Mikäli vikavirtataso laskee johdolla hyvin jyrkästi, voidaan kahden peräkkäisen ylivirta- tai maasulkureleen toiminta-ajat pitää samoina ja saada aikaan selektiivisyys erisuuruusilla toiminta-arvoilla. Tällöin puhutaan virtaselektiivisyydestä.

Staattiset releet ottavat tavallisesti apuenergiansa erillisestä apusähköliitännästä, joten mittauspiirin kuormitus jää hyvin vähäiseksi, tyypillisesti 0,5 VA. Apusähkön kulutus on staattisilla releillä luokkaa 3 W lepotilassa ja toimineena n. 8 W. Mekaaniset releet ottavat toimintaan tarvittavan energian mittauspiiristä, kuormitus on releestä riippuen 1...15 VA. Numeerisissa releissä tietoa käsitellään numeerisessa muodossa. Analoginen mittautieto muutetaan A/D-muuntimella digitaalisesti. Varsinainen mittaus- ja suojaus-toimintojen toteutus on tehty mikroprosessorin avulla. Numeeristen releiden toimintatarkkuus ja pitkän ajan stabiilisuus ovat erittäin hyvät. Tunnusomaista numeerisille releille on, että asettelumahdollisuudet ovat hyvin monipuoliset ja asetteluarvot ovat digitaalisesti luettavissa ja usein myös digitaalisesti aseteltavissa. Numeeristen releiden monipuolisuutta lisäävät releiden sisältämät loogiset toiminnot. Näiden avulla rele voidaan sopeuttaa erilaisiin käyttötilanteisiin. Tällaisia toimintoja ovat esimerkiksi pikalaukaisuarvon kahdentaminen moottoria käynnistettäessä ja katkaisijavikasuojan integroiminen ylivirtareleeseen eli laukaisun ohjaaminen seuraavalle katkaisijalle, mikäli vikaa lähinnä oleva katkaisija ei toimi. Numeeriset releet taltioivat muistiinsa häiriötilanteen mittausarvot. Tämä helpottaa huomattavasti häiriötilanteen selvitystä.

Suojausteknisesti numeeristen releiden merkittävin ominaisuus on itsevalvonta. Tämä lisää oleellisesti suojausten luotettavuutta. Aiheettomien toimintojen todennäköisyys pienenee, sillä itsevalvonta estää lähtöreleen toiminnan mikäli itsevalvonta havaitsee releen vialliseksi. Myös käytettävyys lisääntyy, sillä itsevalvonta hälyttää ja indikoi viallisen yksikön. Tämä mahdollistaa releen nopean toimintakuntoon saattamisen.

Suojarelettä nimitetään käyttöalueen tai mitatun suureen mukaan. Nimitys ilmaisee tavallisesti myös releen toiminnan luonteen:

- Ylisuurerele (ylivirtarele, ylijänniterele, ...) toimii mitatun suureen ylittäessä toimintarvon, jonka asetteluelintä tavallisesti merkitään  $I > I_n$ ,  $U > U_n$ , ... Ylempää toimintaporrasta merkitään  $I > I_n$ .
- Alisuurerele (alijänniterele, ...) toimii vastaavasti mitatun suureen alittaessa toimintarvon, asettelumerkintä esim.  $U < U_n$ .
- Suuntarele tai suunnattu rele sisältää virran ja jännitteen välisen vaihekulman mittauselimen, joka mahdollistaa toiminnan vain tietyllä vaihekulma-alueella eli toimintasuunnalla. Tehoreleet ovat tavallisesti luonteeltaan suunnattuja releitä.
- Vertorele vertailee suojausalueen eri kohtien vastaavia suureita (erovirta- eli differentiaalirele) tai eri vaiheiden vastaavia suureita (epäsymmetriareleet, kuten vinokuormitusreleet ja jännite-epäsymmetriareleet). Rele toimii mittaussuureista muodostetun komponentin tai, kuten vakavoidussa releessä, komponentin ja pääsuureen suhteen ylittäessä toiminta-arvon.

Tietyn sovellutuksen mukaan nimitetty rele on toiminnaltaan ja asteikoltaan tähän käyttötarkoitukseen rakennettu. Tällainen on esim. maasulkurele, joka on nollajännitettä ja nollavirtaa mittaava, tavallisesti suunnattu rele.

Tällainen rele saattaa myös olla useita k.o. kohteen suojaustoimintoja sisältävä yhdistelmäsuojarele, kuten ylikuormitusreleen, vakioaikaylivirtareleen, vinokuormitusreleen ja maasulkureleen toiminnat sisältävä moottorinsuojarele.

Suojareleen toimintaehdot saattavat joissakin sovellutuksissa täytyä myös tietyissä eivikatilanteissa, jolloin virhelaukaisun estämiseen on käytettävä tarpeellisia lisätoimintoja sisältävää salparelettä. Salparele toimii niistä tekijöistä, jotka erottavat näennäsvikatilanteen aidosta, laukaistavasta vikatilanteesta, ja estää tai rajoittaa toimiessaan suojausreleen toimintaa. Tällaisia ovat esimerkiksi oikosulkusuojan toimintaa monesti täydentävät yliaaltosalparele ja heilahdussalparele.

Erillisreleitä, yhdistelmäreleitä ja relejärjestelmiä sisältävien SPACOM-releiden ominaisuuksia on lueteltu liitetaulukoissa.

IEC 60617 ja ANSI/IEEE C 37.2-1991 -standardien mukaisia relesuojaukseen liittyviä kojenumeroita on selitetty seuraavassa taulukossa :

- 2 Aikarele
- 12 Laite, joka toimii koneen pyörimisnopeuden ylittäessä asetellun arvon
- 14 Laite, joka toimii koneen pyörimisnopeuden alittaessa asetellun arvon
- 21 Distanssirele
- 25 Synkronointi- ja jännitetarkistusrele
- 26 Laite, joka toimii lämpötilan ylittäessä tai alittaessa asetellun rajan
- 27 Alijänniterele
- 32 Tehonsuuntarele
- 37 Alivirta- tai alitehorele
- 40 Koneen alimagnetointisuoja
- 46 Virtoihin perustuva vaihejärjestys- tai epäsymmetriasuoja
- 47 Jännitteiden myötä- tai vastakomponenttia tai vaihejärjestystä mittava suojarele
- 48 Rele, joka toimii, jos laitteen normaali käynnistys, käyttö tai pysäytys ei onnistu
- 49 Lämpörele
- 50 Ylivirtasuoja, pikalaukaisu
- 50N Nollavirtaa mittaava ylivirtasuoja, pikalaukaisu
- 51 Tavallinen ylivirtasuoja, vakioaika- tai käänteisaikatoiminta
- 51N Tavallinen nollavirtaa mittaava ylivirtasuoja, vakioaika- tai käänteisaikatoiminta
- 52 Vaihtovirtakatkaisija
- 55 Rele, joka toimii vaihtovirtapiirin tehokertoimen ylittäessä tai alittaessa asetellun arvon
- 59 Ylijänniterele
- 60 Tasapainorele, joka toimii kahden jännitteen tai kahden virran erotuksen ylittäessä asetellun tason
- 67 Suunnattu ylivirtarele
- 67N Suunnattu maasulkurele
- 68 Lukitusrele, joka estää toisen releen laukaisun esim. siirtojohdon ulkopuolisessa viassa tai siirtoverkon tehoheilahtelujen aikana
- 78 Vaihekulmarele tai tahdistaputoamisrele, joka toimii kahden jännitteen tai kahden virran tai jännitteen ja virran välisen vaihekulman ylittäessä asetellun rajan
- 79 Jälleenkytkentärele
- 81 Taajuusrele, joka toimii asetellulla taajuuspoikkeamalla tai asetellulla taajuuden muutosnopeudella
- 87 Erovirtarele
- 87N Nollavirtaa mittaava erovirtarele

Relesuojausta täydentävää jälleenkytkentäautomaatiikkaa käytetään avojohtoverkoissa, joissa usein sattuvat valokaariviat tavallisesti häviävät relesuojauksen erottaessa viallisen johto-osuuden jännitteettömäksi. Nopea jälleenkytkentä vähentää tällöin huomattavasti vian aiheuttamaa häiriövaikutusta. PJK- eli pikajälleenkytkentärele ohjaa katkaisijan kiinni lyhyen ajan kuluttua suojareleen laukaisusta. Lyhin asettelu-aika (aika suojareleen laukaisukäskystä K-releen kiinniohjauskäskyyn), riippuu valokaaren ionisaation poistumisajasta, sekä katkaisijan toiminta-ajasta.

AJK- eli aikajälleenkytkentäreleellä jännitteetön aika on minuuttiluokkaa. Tässä ajassa ehtivät takajännitettä syöttävät koneet pysähtyä tai ehditään erottaa niitä verkosta. Yhdistetty jälleenkytkentärele suorittaa pysyvässä vikatapauksessa ensin PJK:n ja sen jälkeen AJK:n, jonka jälkeen rele lukkiutuu.

Toiminnaltaan suojareleeseen rinnastettavan valvontareleen tehtävänä on valvoa, että järjestelmän tai piirin tilaa kuvaavat suureet ovat tiettyjen rajojen sisällä, ja suorittaa poikkeamisista hälytykset. Valvontareleitä ovat esim. tasasähköverkon valvojat (110 V tasasähköverkon alijännitteen, ylijännitteen ja maasulun/eristystason valvontaan), sekä



valvovat apulaitteet (suojauslaitteiden elektroniikkajännitteen valvoja ja laukaisupiirin valvoja).

### Suojareleiden valinta

Suojarele valitaan seuraavat tarkoituksenmukaisuuteen, luotettavuuteen ja taloudellisuuteen vaikuttavat seikat huomioonottaen:

- Nimellisarvot yhdessä mittamuuntajien ja muiden toisilaitteiden valinnan kanssa
- Asettelualueet sekä normaalin että poikkeavan verkkotilanteen mukaan - mahdolliset laajennukset mukaanlukien
- Toimintatarkkuus, epäsymmetrisen mittasuureen vaikutus ja selektiivisyyden vaatiman porrastuksen suuruus
- Palautumissuhde eli kyky palautua, kun häiriö menee ohi ennen laukaisua, vaikuttaa mm. kuormitusasteeseen
- Lähtökoskettimien lukumäärä, kuormitettavuus ja katkaisukyky, soveltuvuus laukaisu-, hälytys- ja automatiikka- yms. piireihin
- Toimintamerkit, lukumäärä ja toiminta
- Apusähkön tarve, laatu, jännitteen suuruus ja tehonkulutus
- Releen mittamuuntajille muodostama taakka
- Dynaaminen ja terminen kestoisuus oikosulkuvirtojen suuruuteen (varsinkin ensioreleet) ja virtamuuntajien tarkkuusrajavirtoihin nähden
- Ympäristöluokitus
- Jännitelujuus ja häiriönsietokyky
- Koestettavuus

### Relesuojauksesta

Säteittäisverkkojen oikosulkusuojaus voidaan parhaiten toteuttaa vakioaikaylivirtareleillä, joiden toiminta-aikojä pörrastamalla saadaan suojaus selektiiviseksi. Suojauksen toiminta-aikaa voidaan huomattavasti lyhentää käyttämällä suojausportaiden välisiä lukituksia: suojauslaitteen havahtuminen lukitsee edeltävän suojauslaitteen toiminnan.

Mikäli suojattava haara sisältää impedanssia runsaasti lisääviä laitteita (esim. muuntajia), voidaan suojauksessa käyttää virtaselektiivisyyttä. Virtaselektiivisyyteen perustuvissa suojauksissa on suojauksen toiminta aina varmistettava erillisellä varasuojauksella, jossa releenä käytetään esim. ylivirtarelettä.

Silmukkaverkkojen oikosulkusuojauksessa vakioaikaylivirtareleiden ohella käytetään suunnattuja ylivirtareleitä tai distanssireleitä.

Mikäli verkkoa syötetään useasta eri pisteestä, saadaan syöttöpisteiden välille luotettava suojaus vertoreleillä (suuntavertosuoja, differentiaalirele).

Säteittäisverkkojen maasulkusuojaus voidaan toteuttaa nollajännitettä mittaavan ylijännitereleen ja nollavirtaa mittaavan ylivirtareleen tai maasulun suuntareleen avulla, ks. kohta 8.

Silmukkaverkoissa, samoin kuin sammutetuissa verkoissa, käytetään maasulun suuntarelettä. Koska kompensoiduissa silmukoiduissa verkoissa ei aina päästä selektiiviseen laukaisuun suunnatulla maasulku-releellä ja koska vikavirta on pieni, niin verkkoa saatetaan käyttää 1-vaiheisen vian aikana, jolloin suunnattu maasulkurele antaa pelkän hälytyksen. Laukaisu tapahtuu vain, jos vika kehittyy kaksivaiheiseksi maasuluksi. Laukaisevana maasulkusuojana käytetään tällöin toisinaan distanssirelettä myös keskijänniteverkossa.

Ylikuormitussuojaus voidaan toteuttaa ylivirtareleellä. Tärkeät kohteet, moottorit, generaattorit, kaapelit yms. suojataan integroivalla ylikuormitussuojalla, jollainen sisältyy mm. moottorisuojauslaitteeseen. Eroonkytkentä toteutetaan taajuusreleellä, jota tilanteen mukaan täydennetään alijännitereleellä ja suunnatulla ylivirtareleellä. Muuntajien ja pyöriä koneiden suojaus toteutetaan erityisesti tähän tarkoitukseen suunnitelluilla suojauslaitteilla, kts. kohdat 17.3 ja 18.6.

## Sähköaseman toisiokojejärjestelmä

SPACOM-toisiokojejärjestelmä on rakenteeltaan hajautettu ja hierarkkinen järjestelmä. Järjestelmässä on kaksi tasoa, alempi taso eli lähtötaso ja ylempi taso eli asemataso. Lähtötaso muodostuu johtolähtökohtaisista suojaus- ja ohjausyksiköistä. Järjestelmä on tässä mielessä hajautettu. Suojausyksiköt toimivat itsenäisesti verkon häiriötilanteissa. Tämän ohella ne toimivat tiedonkeruuyksikköinä asematason raportointi- ja tiedonvälitysyksikölle. Raportoivassa ja tietoja keräävässä järjestelmässä tietoa siirretään lähinnä alemmalta tasolta ylemmälle tasolle päin. Siirrettäviä tietoja ovat:

- virran ja jännitteen mittaustiedot,
- suojaustoimintojen asetteluarvot,
- suojaustoimintojen parametriarvot,
- valvontalaskurien sisältö,
- tapahtumatiedot ja
- häiriötilanteessa rekisteröidyt mittausarvot

Suojareleiden asettelu ja parametointi voidaan tehdä myös väylän kautta. Tällöin tietoa siirretään ylemmältä tasolta alemmalle. Täysin integroidussa järjestelmässä suojaus- ja ohjausyksikkö muodostavat rakenteellisesti yhtenäisen kennoterminaalin, pääteliitynnän. Tällöin myös katkaisija- ja erotinohjaukset kulkevat tämän terminaalin kautta, samoin myös tilatiedot. Terminaalin ohjausyksikön kautta on mahdollista välittää myös teho- ja energiatietoja ylemmälle tasolle. Lisäksi osassa ohjausyksiköistä on myös paikalliso- ja suojamahdollisuus. Katkaisijakennokohtaiset lukitukset tehdään ohjelmallisesti ohjausyksiköissä.

## RED 500 -releet

Suojareleteknikka kehittyi jatkuvasti joustavammaksi ja monipuolisemmaksi, mistä RED 500 -sarjan laitteet ovat hyvänä esimerkkinä. Uuden tuotesarjan releet toteutetaan kokoamalla testatuista standardiosista asiakkaan määrittelemällä tavalla toimiva kokonaisuus. Tällainen toimintatapa nopeuttaa myös tuotteistusta.

Halutut suojaustoiminnot toteutetaan valitsemalla ohjelmakirjastosta tarvittavat osat ja lataamalla ne prosessorikortille. Tässä vaiheessa konfiguroidaan valmis rele asiakkaan vaatimalla tavalla, mikä tarkoittaa eri ohjelmalohkojen loogista kytkemistä toisiinsa ja ulkoisten liityntöjen määrittelyä. Tarjolla on lukuisia valmiita standardikonfiguraatioita, mutta asiakas voi halutessaan tehdä konfiguroinnin myös itse.

Suojauksen lisäksi RED 500 -sarjan kennoterminaaleihin sisältyy ohjaus-, mittaus- ja kunnonvalvontatoimintoja. Toimilohkokirjasto voidaankin karkeasti jakaa neljään eri osaan seuraavasti :

Suojaus :

- ylivirtasuoja,
- suunnattu ylivirtasuoja,
- distanssisuoja,
- maasulkusuoja,
- suunnattu maasulkusuoja,
- suunnattu maasulkusuoja katkeileville maasuluille,
- nollajännitesuoja,
- lukitukseen perustuva kiskostosuoja,
- vinokuormitussuoja,
- katkaisijavikasuoja,
- taajuuteen perustuva kuorman erotus,

- takatehosuoja,
- kondensaattoriparistojen epäbalanssisuoja,
- moottorin uudelleenkäynnistyksen esto,
- moottorin käynnistyksen valvonta,
- moottorin jumisuoja,
- vaihejärjestyssuoja,
- moottorin alivirtasuoja,
- terminen suoja ja
- transientteihin perustuva maasulkusuoja

Ohjaus :

- katkaisijoiden ja erottimien ohjaus,
- tilatietojen osoitus ja
- hälytykset

Mittaus :

- 3-vaiheinen virtojen ja jännitteiden mittaus,
- nollavirta ja -jännite,
- virtojen ja jännitteiden yliaallot ja kokonaissärö,
- vaihevirtojen ja -jännitteiden symmetriset komponentit,
- taajuus,
- teho ja energia 3-vaiheisesti ja
- energian mittaus pulssilaskurilla

Kunnonvalvonta :

- katkaisijan kunnonvalvonta,
- sähköinen kuluminen,
- kaasun paine,
- laukaisupiirin valvonta,
- toimintalaskuri ja
- toimintaviiveen mittaus

Suojareleiden käyttöliittymät ovat myös muuttuneet entistä informatiivisemmiksi ja joustavammiksi. Isokokoinen LCD-näyttö mahdollistaa katkaisijoiden ja erottimien tilojen sekä muun informaation esittämisen paikallisesti aiempaa havainnollisemmin.

Lisääntyneeseen monipuolisuuteen kuuluu myös mahdollisuus käyttää perinteisten mitamuuntajien ohella uusia virta- ja jänniteantureita. Virtajohtimien ympärille sijoitettava rengasmainen Rogowskin kela antaa ulostulonaan virran derivaattaan verrannollisen pienen jännitteen. Jänniteanturit ovat pienikokoisia resistiivisiä jakajia, jotka sijoitetaan jokaiseen lähtöön toisin kuin perinteiset jännitemuuntajat, joita on tavallisesti vain yhdet kiskostoa kohti.

Relesuojauksen kannalta olennaisin anturitekniikan etu on Rogowskin kelan kylästämyttömyys, joka helpottaa selektiivisyyden varmistamista. Suojaustoimintojen vaatimat pää- ja nollajännitearvot saadaan laskennallisesti jännitteenjakajien mittaamista vaihejännitteistä.

RED 500 -sarjan releet kykenevät kommunikoimaan ylemmän tason järjestelmien kanssa kuten ennenkin. SPA-väylän ohella on käytettävissä myös nopeampi LON-väylä, jolla releet voivat itsenäisesti lähettää tietoa ilman ylemmän tason laitteen pyyntöä.