



Kuva: Tuulivoimayhdistys ry

Rahoittaja
Jatkuvan oppimisen ja
työllisyyden palvelukeskus



Euroopan unionin rahoittama –
NextGenerationEU

OSAAMISTA TUULIVOIMA-ALAN ASENNUS- JA YLLÄPITOTÖIHIN (JOTPA)

Sisäverkon käyttötyöt

Esityksen aiheet...

- Turvallisuus ja riskien hallinta
- Sähkö- ja käyttötyö sekä sähköalan ammattilainen
- Energian matka tuulesta töpseliin
- Jakeluverkon käyttötyöt
- Jakeluverkon työt jännitteettömänä
- Muuntaja
- Relesuojauksen toimisen perusteet maakaapeliverkossa
- 110 kV verkon rakenne, liittyminen ja vastuurajat

TURVALLISUUS JA RISKIENHALLINTA

Päätavoite on sähköverkon turvallinen käyttö

- Varmistetaan ettei synny vahinkoja ulkopuolisille
- Varmistetaan työturvallisuus
- Varmistetaan taloudellinen toiminta



TURVALLISUUS JA RISKIENHALLINTA

KÄYTÖN MENETTELYOHJEET, TURVALLISUUSOHJEET JA AUDITOINNIT

Verkonhaltijan ohjeet

- Määrittävät mitä, missä, miten ja kuka saa toimia
- Prosessit esim. keskeytyspyynnöille tai JT-työluvalle
- Toiminta poikkeustilanteissa
- Määrittävät selkeät vastuut
- Auditoinnit

Urakoitsijan ohjeet

- Vastuut ja velvollisuudet
- Esim. työnaikaisen sähköturvallisuuden valvojan nimeäminen
- Auditoinnit

TURVALLISUUS JA RISKIENHALLINTA

SÄHKÖTURVALLISUUTTA VALVOVAT HENKILÖT JA VALVONTA-ALUEET

Henkilö	Sähköturvallisuuden valvonta-alue
<p>sähkö- töiden johtaja</p> <p>työsuorituksesta vastaava henkilö, esim. työnjohtaja</p> <p>työnaikaisen sähköturvallisuuden valvoja</p> <p>työntekijä</p>	<p>oma työ ja sen välitön vaikutuspiiri</p> <p>työkohteessa tehtävä työ</p> <p>koko työ- kokonaisuus</p> <p>koko työ- järjestely</p>

TURVALLISUUS JA RISKIENHALLINTA

KÄYTTÖTURVALLISUUTTA VALVOVAT HENKILÖT JA VALVONTA-ALUEET

Henkilö	Käyttöturvallisuuden valvonta-alue
<p>käytön johtaja</p> <p>käyttöä valvova henkilö, kytkennänjohtaja/-suunnittelija</p> <p>paikallis-kytkijä</p>	<p>oma työ kytkentätöiden turvallisuus</p> <p>koko kytkennän turvallisuus</p> <p>koko käytön turvallisuus</p>

SÄHKÖ- JA KÄYTTÖTYÖN MÄÄRITELMÄ

SÄHKÖTURVALLISUUSLAKI 16.12.2016/1135

4 luku

Sähkötöitä ja käyttötöitä koskevat vaatimukset

53 §

Sähkö- ja käyttötyön määrittely

Sähkötyöllä tarkoitetaan sähkölaitteen korjaus- ja huoltotöitä sekä sähkölaitteiston rakennus-, korjaus- ja huoltotöitä.

Sähkötyöksi ei katsota sähkölaitteen eikä -laitteiston purkutyötä, jos laite tai laitteisto on tehty luotettavasti ja asianmukaisesti jännitteettömäksi.

Käyttötyöllä tarkoitetaan sähkölaitteiston käyttötoimenpiteitä ja sähkölaitteistoon kohdistuvia tarkastustoimenpiteitä.



**TUKES 2024:
Maadoituselektrodien ja -
johtimien asentaminen on
sähkötyötä**

SÄHKÖ- JA KÄYTTÖTYÖN MÄÄRITELMÄ

SÄHKÖTURVALLISUUSLAKI 16.12.2016/1135

73 §

Sähköalan ammattihenkilö

Riittävän ammattitaitoiseksi valvomaan ja itsenäisesti tekemään koulutustaan ja työkokemustaan vastaavan alan sähkö- ja käyttötyötä katsotaan se, joka on mainittuihin töihin opastettu ja joka on:

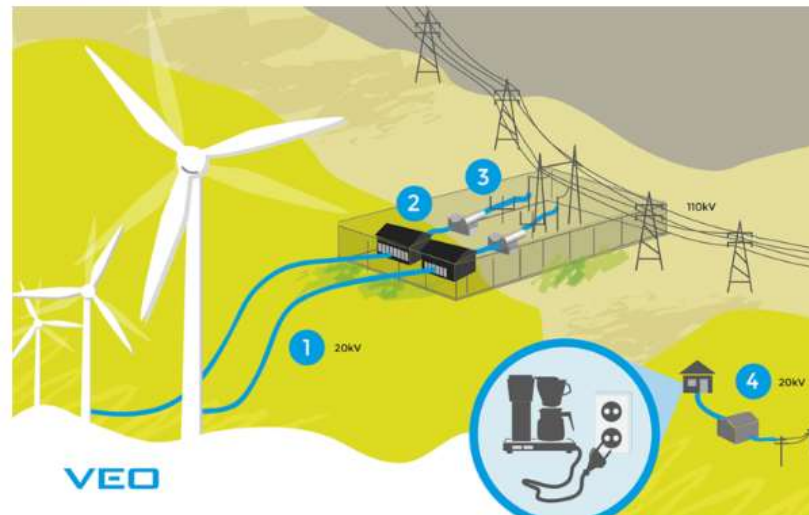
- 1) suorittanut soveltuvan tekniikan alan korkeakoulututkinnon ja hankkinut kuuden kuukauden työkokemuksen sähkötöissä;
- 2) suorittanut soveltuvan sähköalan insinöörin tai teknikon tutkinnon ja hankkinut kuuden kuukauden työkokemuksen sähkötöissä;
- 3) suorittanut soveltuvan ammattitutkinnon, erikoisammattitutkinnon tai vastaavan aiemman koulutuksen tai tutkinnon ja hankkinut kuuden kuukauden työkokemuksen sähkötöissä;
- 4) suorittanut soveltuvan ammatillisen perustutkinnon tai vastaavan aiemman koulutuksen tai tutkinnon ja hankkinut vuoden työkokemuksen sähkötöissä; tai
- 5) hankkinut kuuden vuoden työkokemuksen sähkötöissä ja riittävät alan perustiedot.



ENERGIAN MATKA TUULESTA TÖPSELIIN

TORKKOLAN BLOGI 2014

1. Tuuliturbiinista sähköaseman kojeistolle
2. Sähköaseman kojeistosta muuntajalle
3. Muuntajalta kantaverkkoon
4. Kantaverkosta muuntajan ja sähköaseman kautta kotitalouksiin



Torkkolan sähköasema ja kojeistot on valmistettu Vaasassa

JAKELUVERKON KÄYTTÖTYÖT

- Testaukset
- Mittaukset
- Tarkastukset
- Käyttöönotto
- Erottimien ja katkaisijoiden ohjaus
- Huoltotoimenpiteet kaikille sähkölaitteistoille
- Viankorjaukset



KYTKENTÄSUUNNITELMA

Kirjallinen kytkentäsuunnitelma

- Tehdään aina suurjännitelaitteistojen kytkennöistä (yli 1 kV)
- Työaikaisten sähköturvallisuuden valvojen ja työkohteiden yhdyshenkilöiden nimeäminen, sekä yhteystiedot
- Määritellään kytkentäjärjestys
- Työmaadoituspaikkojen määrittäminen
- Häiriötilanne- ja hätäkytkennöistä ei sitä tehdä
- Tarvittaessa kytkentäohjelman laatijan lisäksi toinen asiantunteva henkilö tarkastaa ohjelman

alo.fi: 582723



4		PÄÄKYTRIN KIINNI M001 TUOMI	M001 TUOMI
5		Pienjännitekatkaisija JTK2 PJ KIINNI	M002 KETOLA
6		PÄÄKYTRIN AUKI M1 KETOLA	M002 KETOLA
7		MUUNTAJAEROTIN M002 KETOLA KIINNI	M002 KETOLA
8		E-055 EROTIN AUKI LUKKO JA LAPPU	M002 KETOLA
9		E-056 EROTIN KIINNI	M002 KETOLA
10		E-060 EROTIN KIINNI	PYLVASEROTIN
11		E-071 EROTIN KIINNI	EA001 RAILO
12		E-072 EROTIN KIINNI	EA001 RAILO
13		E-070 EROTIN KIINNI	EA001 RAILO
14		E-061 EROTIN KIINNI	PYLVASEROTIN
15		E-062 EROTIN KIINNI	PYLVASEROTIN
16		PYLVÄSVAROKERYTRIN AUKI	M021 SAARTOALA
17		PYLVÄSVAROKERYTRIN AUKI	M020 LEHTONEN
18		SÄHKÖASEMAN KATKAISUJA J04 AUKI LUKKO JA LAPPU	SA001 TALVITTE
19		SÄHKÖASEMAN KATKAISUJA J05 AUKI LUKKO JA LAPPU	SA001 TALVITTE
20	Headpower Marko Rantakallio 10.3.2022	PIENJÄNNITEKATKAISUJA JTK1 PJ KIINNI	M001 TUOMI
21		SÄHKÖKENTTÄ ON VALMIS 20kV JÄNNITETÖIHIN	
22			

JAKELUVERKON TYÖT JÄNNITTEETTÖMÄNÄ

SÄHKÖTÖIDEN TURVALLISUUSOHJE 2022, TTK

Sähkölaitteisto on varmistettava jännitteettömäksi koko työsuorituksen ajaksi. Lisäksi työkohde tulee merkitä ja tunnistaa selkeästi. Kun työalue on merkitty ja tunnistettu, on tehtävä seuraavat olennaiset toimenpiteet:

1. täydellinen erottaminen
2. jännitteen kytkeytymisen tai kytkemisen estäminen
3. laitteiston jännitteettömyyden toteaminen
4. työmaadoitus
5. suojaus lähellä olevilta jännitteisiltä osilta.



JAKELUVERKON TYÖT JÄNNITTEETTÖMÄNÄ

SFS 6002 SÄHKÖTYÖTURVALLISUUS

1. täydellinen erottaminen

- Jos jännitteen kytkeminen voi tapahtua **useammasta kuin yhdestä suunnasta**, tai jos on **monia kytkentämahdollisuuksia**, on työ tehtävä erityisen huolellisesti erehdyksien välttämiseksi (riskien kartoitus!)
- on tarkistettava, ettei vaarallista jännitettä tule kohteeseen takatietä ***rinnankäyvien muuntajien, varavoimalaitteisto, aurinkosähköjärjestelmä, UPS-laitteisto, omakäyttökeskuksen tilapäissyötön eikä ohjaus-, mittaus-, tms apuvirtapiirien välityksellä.***
- Työkohde on erotettava käyttöjännitteestä **erottimella, erotuskytkimellä, poistamalla sulakkeet, erottamiseen soveltuvalla katkaisijalla tai vikavirtasuojalla tai muulla luotettavalla tavalla.**

JAKELUVERKON TYÖT JÄNNITTEETTÖMÄNÄ

SFS 6002 SÄHKÖTYÖTURVALLISUUS



2. jännitteen takaisinkytkemisen estäminen

- Pitää varmistaa uudelleen kytkennän estämiseksi mieluummin **lukitsemalla käyttömekanismi**
- jos lukituslaitetta ei ole käytettävissä, pitää käyttää vastaavia **vakiintuneen käytännön mukaisia toimenpiteitä uudelleen kytkemisen estämiseksi**



JAKELUVERKON TYÖT JÄNNITTEETTÖMÄNÄ

SFS 6002 SÄHKÖTYÖTURVALLISUUS



3. Laitteiston jännitteettömyyden toteaminen

- Erillisten jännitteenkoettimien ja jännitteenilmaisujärjestelmien **toiminta pitää kokeilla välittömästi ennen käyttöä** ja jos mahdollista myös käytön jälkeen
- maakaapeleilla sopien katkaisu- tai lävistyslaitteiden käyttö
- pienjännitteellä luotettava pidetään **kaksinapaista jännitteenkoetin tai jännitemittari**
- pienjännitteellä äärijohtimien jännitteettömyyden lisäksi pitää varmistaa **myös nolla- tai keskipistejohtimen jännitteettömyys**



Jännitteenkoetin					
SN	Tuote	Ur max	a (mm)	b (mm)	
6426903	Jännitteenkoetin Comet BS-A, sis. Kantolaukun	5 - 36 kV	1570	690	
6426904	Jännitteenkoetin TPI, sis. kantolaukun	5 - 12 kV	920	540	
6426905	Jännitteenkoetin TPI, sis. kantolaukun	12 - 24 kV	920	540	
6426906	Jännitteenkoetin TPI, sis. kantolaukun	24 - 36 kV	920	540	
6426922	Jännitteenkoetin BLH, sis. seinätelineen	12 - 24 kV	1570	762	

JAKELUVERKON TYÖT JÄNNITTEETTÖMÄNÄ

SFS 6002 SÄHKÖTYÖTURVALLISUUS

3. Laitteiston jännitteettömyyden toteaminen

- Kun sähkölaitteiston jännitteettömyyden varmistamiseen käytetään **kauko-ohjattuja oikosulkemiseen soveltuvia maadoituskytkimiä**, kauko-ohjaus- tai valvontajärjestelmän pitää siirtää luotettavasti **viesti maadoituskytkimen kytkentäasennosta.**

- Jos tätä maadoituskytkintä käytetään paikallisesti ja jos maadoituskytkimen toiminta voidaan havaita silmämääräisesti, **on varmistettava kytkimen kaikkien johtimien maadoittuminen.**



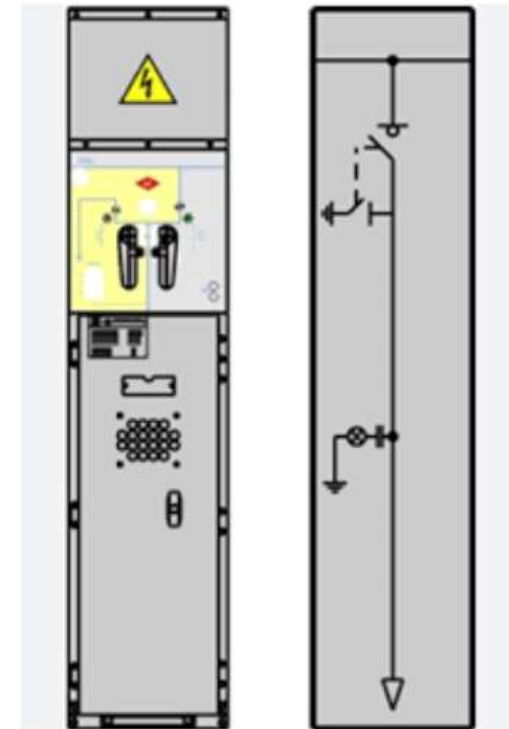
JAKELUVERKON TYÖT JÄNNITTEETTÖMÄNÄ

SFS 6002 SÄHKÖTYÖTURVALLISUUS

4. Päätyömaadoittaminen

- Pienjännite- ja pienoisjänniteasennuksissa työmaadoittaminen on tarpeen silloin kun **on vaara laitteiston tulosta jännitteiseksi**, esim.

- johtoja, joiden kanssa muut johdot risteävät
- varavoimageneraattoreista

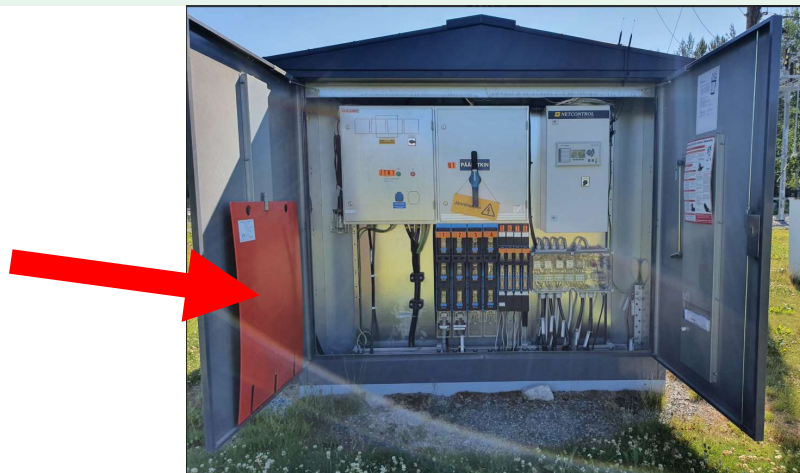


JAKELUVERKON TYÖT JÄNNITTEETTÖMÄNÄ

SFS 6002 SÄHKÖTYÖTURVALLISUUS

5. Suojaus läheltä olevilta jänniteisiltä osilta

- ennen työn aloittamista ryhdyttävä erityisiin toimenpiteisiin **sähköstä aiheutuvan vaaran välttämiseksi**
- Jännitteisistä osista johtuvan vaaran torjumiseksi ne voidaan suojata **suojilla, suojuksilla, koteloilla tai eristävillä päällyksillä**
- Nämä suojalaitteet pitää valita ja asentaa siten, että ne kestävät riittävän hyvin odotettavissa olevat **sähköiset ja mekaaniset rasitukset**



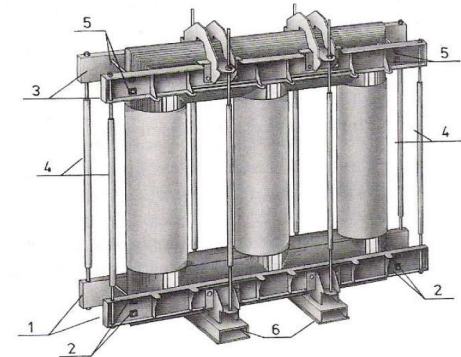
MUUNTAJA

MARKKU MONNI: SÄHKÖVERKKOASENNUKSET S.53

- Muuntaa vaihtosähkön jännitteen tai virran toiseksi saman taajuiseksi jännitteeksi tai virraksi
- Yksinkertaisessa muuntajassa on saman rautasydämen ympärillä kaksi toisistaan eristettyä käämiä: ensiökäämi ja toisiokäämi
- Teho ilmoitetaan näennäistehon kVA, joka tarkoittaa sitä, että muuntajaa saa kuormittaa nimellistehon suuruisella pätöteholla kW:na tehokerroin $\cos\phi$ ollessa 1.
- Jos tehokerroin on pienempi voidaan pätötehoa käyttää vähemmän.

$$S_n = 100 \text{ kVA}, P = S_n \times \cos\phi$$

$$\begin{array}{ll} \cos\phi = 1 & P = 100 \times 1 \text{ kW} = 100 \text{ kW} \\ \cos\phi = 0,8 & P = 100 \times 0,8 \text{ kW} = 80 \text{ kW} \\ \cos\phi = 0,5 & P = 100 \times 0,5 \text{ kW} = 50 \text{ kW} \end{array}$$



Kuva 5. jakelumuuntajan rautasydän puristuspalkkeineen ilman käämiä

1. Alaikkeen puristuspalkit
2. Puristuspalkkien puristusruuvit (alaies)
3. Yläikkeen puristuspalkit
4. Käämien kiristyspultit
5. Puristuspalkkien puristusruuvit (yläies)
6. Pohjapalkit

MUUNTAJA

- Muuntaja on sähkökone, jonka tehtävänä on muuttaa sähköisen järjestelmän jännitetasoja
- Muuntajia on moneen eri käyttötarkoitukseen, mutta kaikille muuntajille yhteistä on rautasydän, jonka ympärillä on toisistaan eristettyä käämityksiä
- Energian siirtyminen käämistä toiseen tapahtuu keskinäisinduktanssin avulla
- Magneettikentän vaihtelut indusoivat jännitteen toisiokäämiin ja tämän takia muuntaja toimii ainoastaan vaihtojännitteellä



MUUNTAJA

- Muuntajat voidaan niiden tehtävien perusteella jakaa seuraaviin ryhmiin:
 - Tehomuuntajat, joiden tehtävänä on muuntaa jännite toiseksi jännitteeksi sähköenergian siirron vaatimien tarpeiden mukaisesti
 - Suojamuuntajat, joiden tehtävänä on eristää jokin sähkölaite yleisestä sähköverkosta (mahdollistaa galvaanisen erotuksen syöttävän ja syötettävän virtapiirin välille)
 - Mittamuuntajat eli jännite- tai virtamuuntajat, joiden tehtävänä on muuntaa jännite tai virta mittakojeille tai releille sopivaan arvoon

MUUNTAJA

- Tehomuuntajat voidaan käytännössä jakaa kahteen ryhmään, jakelu- eli pientehomuuntajiin ja suurtehomuuntajiin
- Jakelumuuntajat jakautuvat rakenteeltaan seuraavasti: paisuntasäiliölliset jakelumuuntajat, hermeettisesti suljetut (kaasutiiviisti suljetut) jakelumuuntajat ja valuhartsieristeiset jakelumuuntajat
- Näistä kaksi ensimmäistä muuntajaa ovat öljyeristeisiä ja –jäähdytteisiä
- Kuivamuuntajat ovat valuhartsieristeisiä
- Yleisin öljyeristeisistä muuntajista on paisuntasäiliöllä varustettu muuntaja. Hermeettisissä muuntajissa ei ole paisuntasäiliötä. Ne ovat täynnä öljyä ja kaasutiiviisti suljettuja. Säiliö on mitoitettu kestämaan ylikuormituksenkin aiheuttamaa ylipainetta. Hermeettisissä muuntajissa öljy vanhenee hitaammin kuin paisuntasäiliöllisissä muuntajissa. Yleensä muuntaja öljyyn on lisätty vanhenemista hidastava inhibiitti

MUUNTAJAT

■ Hermeettiset jakelumuuntajat

- soveltuu sisä- ja ulkoasennukseen
- itsejähdytteinen
- öljyeristeinen
- ei paisuntasäiliötä, öljy vanhenee hitaammin



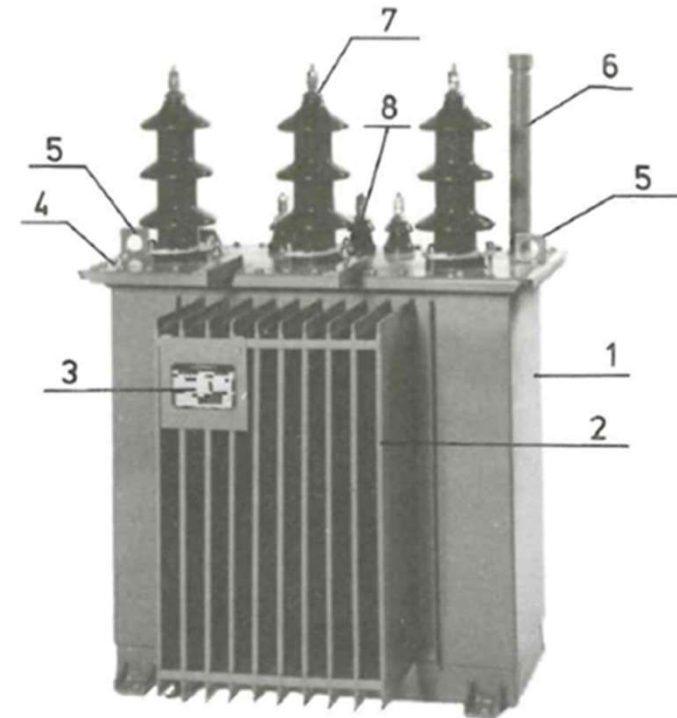
■ Valuhartsieristeiset jakelumuuntajat

- palovaarallisissa tai ympäristön saastumisvaara
- kaivoksissa, maanalaisissa rautateissä
- sairaaloissa, tavarataloissa, tms. kokoontumistiloissa



MUUNTAJA

- Hermeettisen muuntajan osat:
 - 1. Öljysäiliö
 - 2. Jäähdytysrimat
 - 3. Arvokilpi
 - 4. Kansi
 - 5. Nostosilmukat
 - 6. Täyttöputki
 - 7. Yläjännitepuolen liitännät
 - 8. Alajännitepuolen liitännät



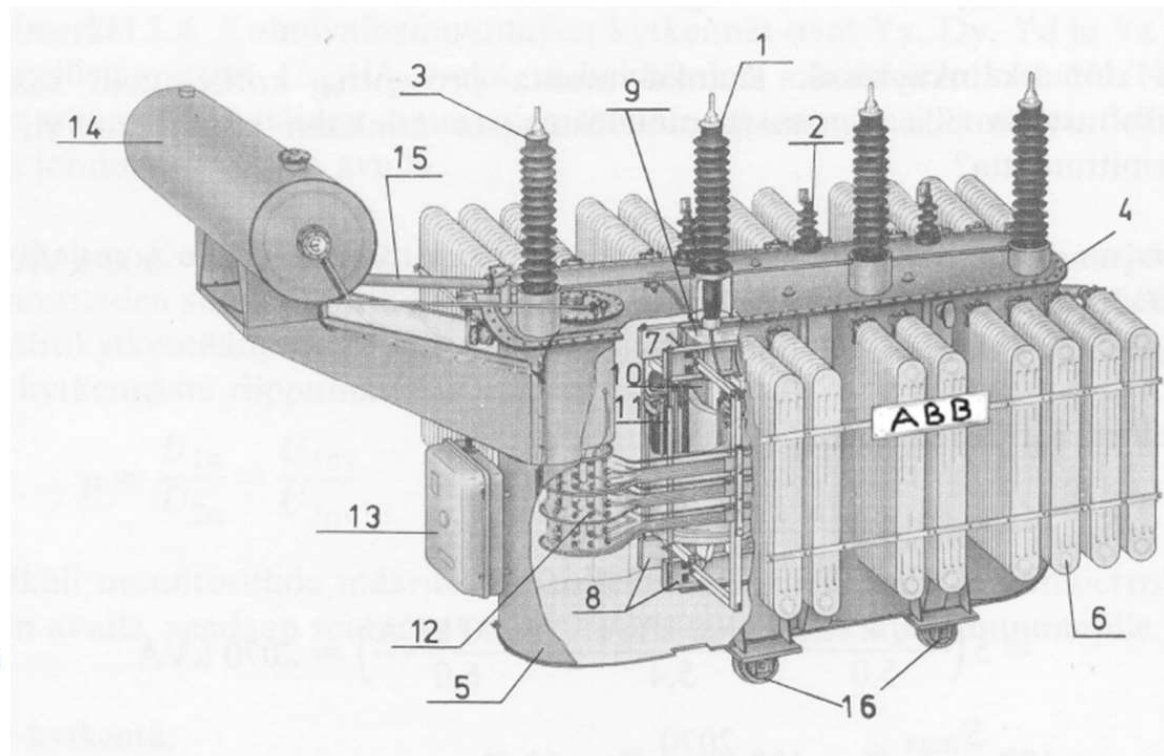
MITTAMUUNTAJAT

- Mittamuuntajia käytetään mittaus- ja suojaustekniikassa muuttamaan ensiöpiirin jännite- ja virtasuureet toisiopiirissä oleville mittareille tai suojarelleille sopivaan arvoon (esim. 200/1 A)
- Yleisimmin käytössä ovat virta- ja jännitemuuntajat
- Mittamuuntajia käytetään, koska ei ole teknisesti ja taloudellisesti järkevää rakentaa mittareita ja releitä kestävästi ensiöpuolen korkeita virtoja ja jännitteitä
- Mittamuuntajan tehtävät:
 - Muuntaa ensiöpiirin korkeat virta- ja jännitearvot mittalaitteelle tai suojarelleelle sopivaksi
 - Eristää toisiopiiri ensiöpiiristä, joka saattaa olla korkeajännitettä
 - Releet ja mittarit voidaan tarvittaessa sijoittaa etäälle mittamuuntajasta

TEHOMUUNTAJA 110/20 KV

Jakelumuuntajan rakenne

1. Yläjänniteläpivienti
2. Alajänniteläpivienti
3. Tähtipisteläpivienti
4. Muuntajan kansi
5. Muuntajan öljysäiliö
6. Radiaattori
7. Yläkeen puristus-palkki
8. Alaikeen puristus-palkki
9. Muuntajan rautasydän
10. Alajännitekäämi
11. Yläjännitekäämi
12. Käämikytkin
13. Käämikytkimen ohjain
14. Paisuntasäiliö
15. Öljyastian ja paisuntasäiliön yhdistysputki
16. Kuljetuspyörät



MUUNTAJAT

Muuntajan arvokilpi

1. Muuntajan koko näennäistehona. Suurin teho jolla muuntajaa voidaan jatkuvasti kuormittaa

4. Viisiasteoinen väliottokytkin. Yläjännitettä voidaan nostaa esim. 2- asento 21013 V

2. Alajännite eli toison nimellijännite on 410 V

8. Ilmoittaa muuntajan oikosulkujännitteen prosentteina.

5. Ilmoittaa muuntajan ylä- ja alajännitekäämeissä syntyvät kuormitushäviöt (kuparihäviöt), kun muuntajaa kuormitetaan nimellisteholla kuormitushäviöt ovat 1879 W.

VALMISTAJA						
3~	muuntaja	Tyyppi	N:o	Vuosi	2014	
100	kVA	Kytk.	Dyn 11	50	Hz	
YJ	20 500 ± 2 x 2,5 %	V	YJ	2,82	A	
AJ	410	V	AJ	140,8	A	
Eristystaso	YJ	LI125AC50	AJ	AC8	IP 00	
Standardi	EN (IEC) 60076			Jäähd.	ONAN	
U_k	4,0	%	Maksimi oikosulun kesto	2	s	
P_k	1879	W	P_0	228	W	
Sallittu lämpenemä:	Käämi	65	K	Öljy	60	K
Kokonaispaino	560	kg	Öljyn paino	166	kg	

10. Muuntajan kytkentä Dyn 11
 D= yläjännitepuoli on kytketty kolmioon
 y= alajännitepuoli on kytketty tähteen
 n= alajännitepuolen tähtipiste on muuntajan kannella
 11= ylä- alajännitepuolen jännitteillä on 30°:n aseteen (330°:n) vaihe-ero

7. Yläjännitekäämin virta 2,82 A

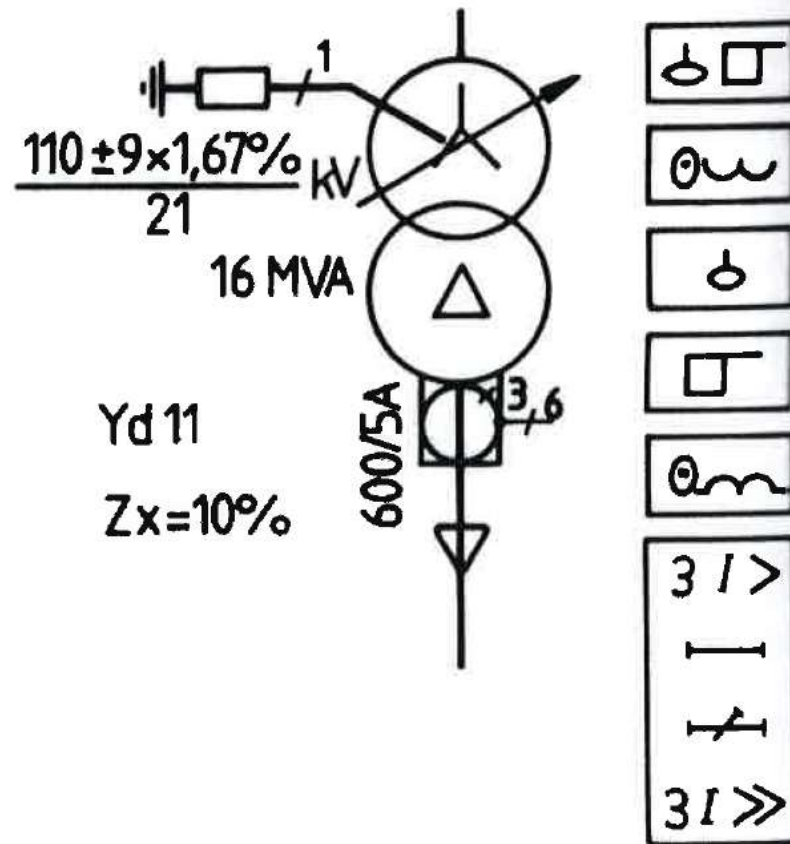
3. Alajännitepuolen nimellisvirta on 140,8 A

9. Muuntajan jäähdytystapa
ONAN = öljyn ja ilman kierto luonnollinen
ONAF = öljyn kierto luonnollinen, mutta ilman kierto tehostettu puhaltimella

6. Muuntajan sydämessä syntyvät rautahäviöt. Häviöitä kutsutaan myös tyhjäkäyntihäviöiksi. Muuntajan tyhjäkäyntihäviöt ovat 228 W.

MUUNTAJAT

PÄÄMUUNTAJA 110/20 KV



Muuntajan suojaus

- Kaasurele
- Öljyn lämpötilan valvonta
- Öljyn pinnan korkeuden valvonta
- Virtausrele tai painerele käämikytkimen suojaukseen
- Käämin lämpötilan valvontarele
- Ylivirtarele

MIKÄ ON SUOJARELE?

SUOJARELE

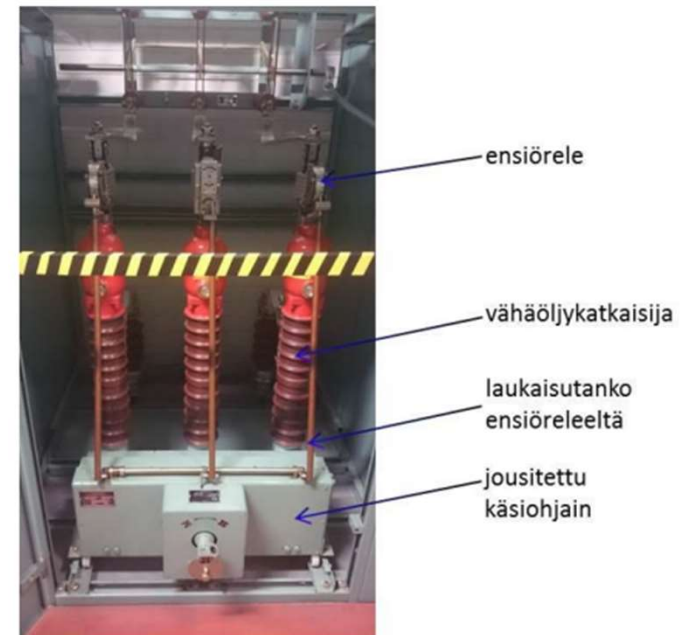
- Verkon “aivot” ja “poliisi”
- Valvoo verkkoa taukoamatta, erottaa viat, mittaa haluttuja suureita, kommunikoi väylän kautta haluttavat tiedot eteenpäin
- Selektiivisyys
- Liian monimutkaista suojausfilosofiaa tulisi välttää



SUOJARELETTYYPIT

1. Ensiö- eli primäärireleet

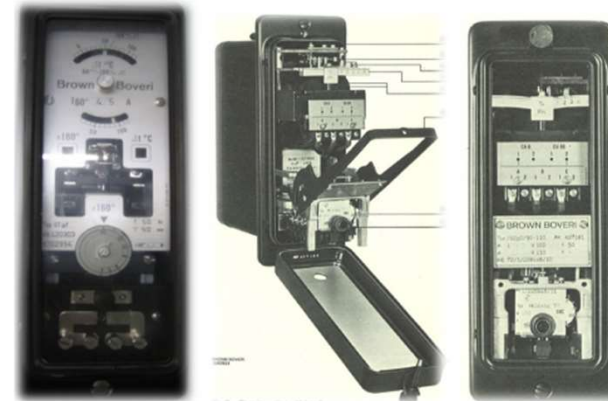
- Toiminta perustuu releen läpi kulkevan virran aiheuttamaan smg-muutokseen
- Mekaanisesti jäykkiä -> epätarkka -> lähinnä varasuojana
- Ei tarvitse apuenergiaa



Lähde: Suojareleen käyttöönotto, Niklas Vierämo

2. Sähkömekaaniset toisioreleet

- Toiminta perustuu releen läpi kulkevan virran aiheuttamaan smg-muutokseen -> kosketintointa aktivoituu -> sähköinen katkaisijalaukaisu
- Myös melko jäykkiä -> epätarkkuus
- Osa vaatii apujännitteen, laukaisupiiri lähes tosin aina



Lähde: ABB

SUOJARELETTYYPIT

3. Staattiset releet (elektroniset)

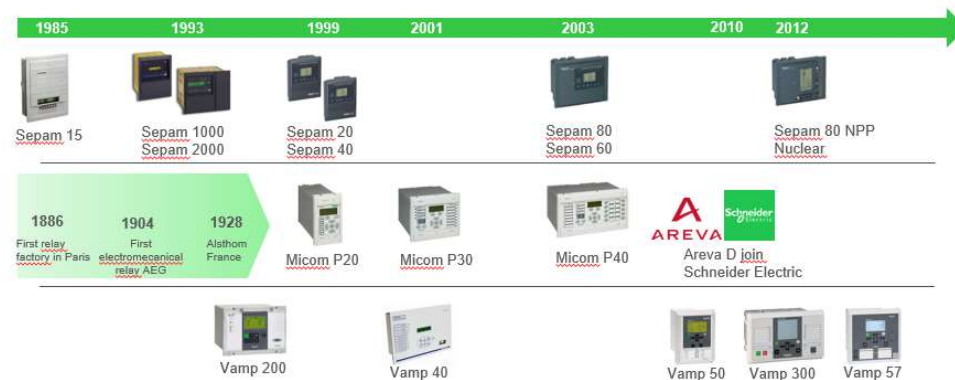
- Toiminta perustuu elektroniikan käyttöön (mittaussignaalit -> muokkaus)
- Melko tarkkoja
- Nopeita



Lähde: ABB

4. Mikroprosessori-/Numeeriset releet

- Suojaustoimintojen lisäksi paljon erilaisia ohjelmoitavuutta ja tukitoimintaa (logit, häiriötallennin, itsevalvonta...)
- Kommunikointia (eri protokollat, useita väyliä ja kieliä)
- PC-ohjelmoitava, etäkäyttö, wifi/bluetooth (Huom! Dataverkon suojaus)
- Eri kielituet, jne..





SUOJARLEIDEN JAKO KOHTEEN MUKAAN

SUOJARELEIDEN JAKO KOHTEEN MUKAAN

Kennotermiäli (one to all) perussovelluksiin



I & U

P3U10/20/30

- Johtolähtö
- Moottori
- Jännite
- Taajuus
- Kondensaattori

Dedikoidut suojaukset vaativammat sovellukset



I & U

P3F30 = Johtolähtö

P3M30 = Moottori

P3G30 = Generaattori

P3L30 = Linjadifferentiaali ja distanssi

P3T32 = Muuntajadifferentiaali

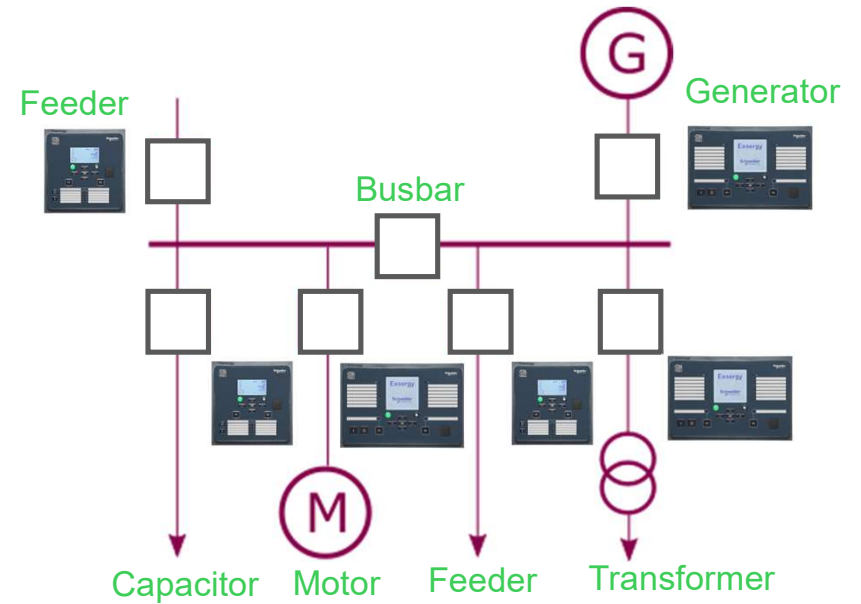
P3M32 = Moottoridifferentiaali

P3G32 = Generaattoridifferentiaali

SUOJARELEIDEN JAKO KOHTEEN MUKAAN



Current	✓	✓
Voltage	✓	✓
Phase & earth basic protection	✓	✓
Directional protection	✓	✓
Differential protection	-	✓
I/O (up to)	16/8	36/21
Temperature inputs	12	12
Communication ports	RJ45 / LC RS485 / RS232	RJ45 / LC RS485 / RS232
Programmable logic equation	✓	✓
Analog inputs / output	4/4	4/4
Detachable connectors	✓	-
Single Line Diagrams (mimic)	✓	✓





SUOJARELEEN TOIMINNOT

SUOJARELEEN TOIMINNOT

Selektiivisyys:

- Aika (vakio- / käänteisaika)
- Virtaehdot voidaan käyttää lisänä (yleensä näin on), vikavirran suuruus sitä isompi mitä lähempänä syöttävää pistettä ollaan
- Lukitussuojaus (block matrix), vian havainnut rele lähettää suojausketjussa itseään edellä olevalle lukituskäskyn (tai viive), jotta vian havainnut rele ehtii suorittaa laukaisun
- Suuntaselektiivisyys, tarkastellaan vian suuntaa releen sijaintipaikkaan nähden

SUOJARELEEN TOIMINNOT

- Mitä suojariele tekee?
 - Suojausfunktiot (ANSI xxx)
 - Tukifunktiot (tapahtumalogi, häiriötallennin, CBFP, WD..)
 - Mittaukset (energia, tehot, virrat, jännitteet, jännitedipit/kuopat..)
 - Ohjaukset (DI, DO, VI, VO, objektit..)
 - Kommunikaatio (IEC61850, Modbus, SPA, IEC101/103..)

Phase overcurrent I>>	50/51
Phase overcurrent I>>>	50/51
Switch on-to-fault	SOTF
Voltage-dependent o/c Iv>	51V
Dir. phase overcurrent Iφ>	67
Dir. phase overcurrent Iφ>>	67
Dir. phase overcurrent Iφ>>>	67
Dir. phase overcurrent Iφ>>>>	67
Directional power P<	32
Directional power P<<	32
Phase undercurrent I<	37
Broken conductor I2>	46BC
Thermal overload T>	49F
E/F overcurrent Io>	50N/51N
E/F overcurrent Io>>	50N/51N

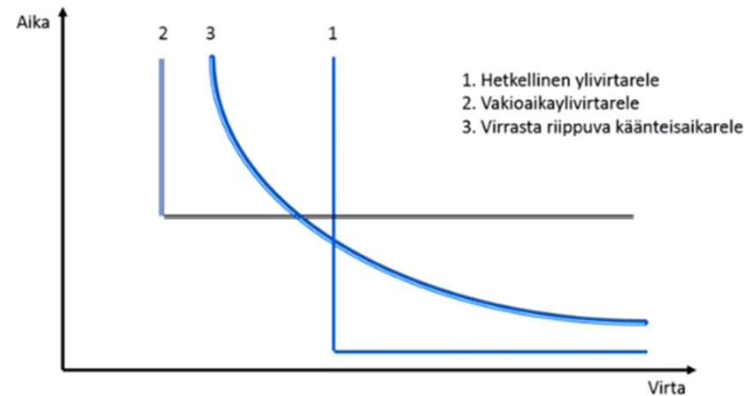
Disturbance recording:

Sampling	Max. Record length
32/cycle	6.66 s
16/cycle	13.33 s
8/cycle	26.66 s
1/10 ms	80 s
1/20 ms	2 min
1/200 ms	27 min
1/1 s	133 min
1/5 s	11 h
1/1 min	5.5 days!



SÄHKÖASEMAN TÄRKEIMMÄT SUOJAUSFUNKTIOT

YLIVIRTA (ANSI 50/51)



- Ylikuorimitus- ja oikosulkusuojaus
- Perustaajuisten vaihevirtojen mittaus ja niiden vertailu asteltuihin portaisiin (yleensä kolme $I >$, $I >>$, $I >>>$)
- Laukaisu- ja havahtumisvirrat, toiminta-ajan hidastus
- Ylikuorma ja oikosulku aiheuttavat tyypillisemmin ylivirran
- Myös ilmastolliset syyt voivat aiheuttaa, esim. ukkonen
- Oikosulussa ylivirta huomattavan suuri (valokaari myös mahdollinen)

YLI- JA ALIJÄNNITE SEKÄ NOLLAJÄNNITE (ANSI 59,27,59N)

- Perustuu verkon perjustaajuisten pääjännitteiden mittaukseen
- Varmistetaan verkon pysyminen oikeassa jännitetasossa
- Normaalissa tilanteessa muuntajan käämikytkin huolehtii jännitteestä
- Käämikytkimen mek. toiminta-ajasta johtuen $U>$ ja $U<$ suojiin toiminta-aikaa syytä hidastaa
- $U>>$ ja $U<<$ syytä myös hidastaa, mutta huomattavasti vähemmän, koska käämikytkin ehtii korjaamaan norm. käyttötilanteen jo $U>/U<$ portaiden havahtumisen aikan -> syy jossain muualla tyypillisesti
- Esim. Kuormituksen muutos, indusointi toisista siirtolinjoista, ukkonen

YLI- JA ALIJÄNNITE SEKÄ NOLLAJÄNNITE (ANSI 59,27,59N)

- Maasulkuviassa aiheutuu jännite-epäsymmetria -> verkon tähtipiste jännite muuttuu ja ei vastaa maan potentiaalia
- Seurauksena nolla-/maasulkujännite U_0
- Nollajännitettä voidaan mitata kiskostosta avokolmiokäämillä

MAASULKUSUOJAUS (ANSI 50N/51N/67N)

- Suojataan verkon virtajohtimen ja maan välisiltä eristysvioilta
- Maasta erotetussa ja sammutetussa verkossa kaikki vaiheet maata vasten symmetrisiä terveessä tilassa -> summa 0
- Vikatilanteessa tämä rikkoutuu ja verkon tähtipiste alkaa nousemaan kohti vaihejännitettä
- Sammutetussa verkossa päämuuntajan tähtipisteeseen (alajännite) on kytketty kuristin tai sitten käytetään maadoistusmuuntajaa, johon kuristin kytketään

MAASULKUSUOJAUS (ANSI 50N/51N/67N)

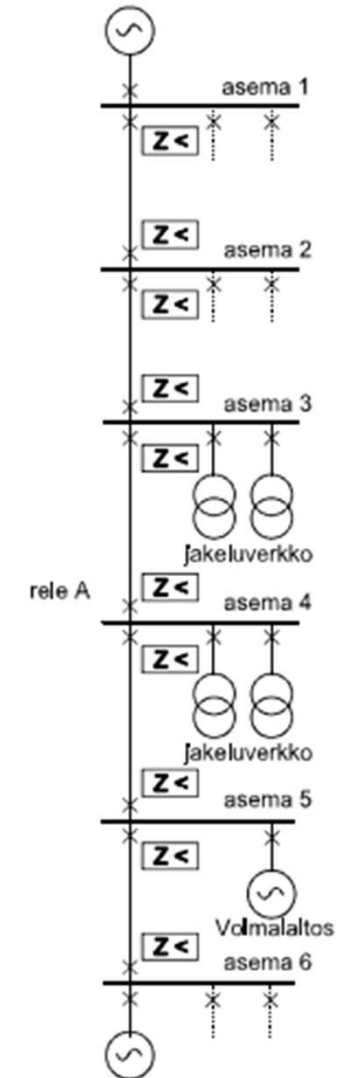
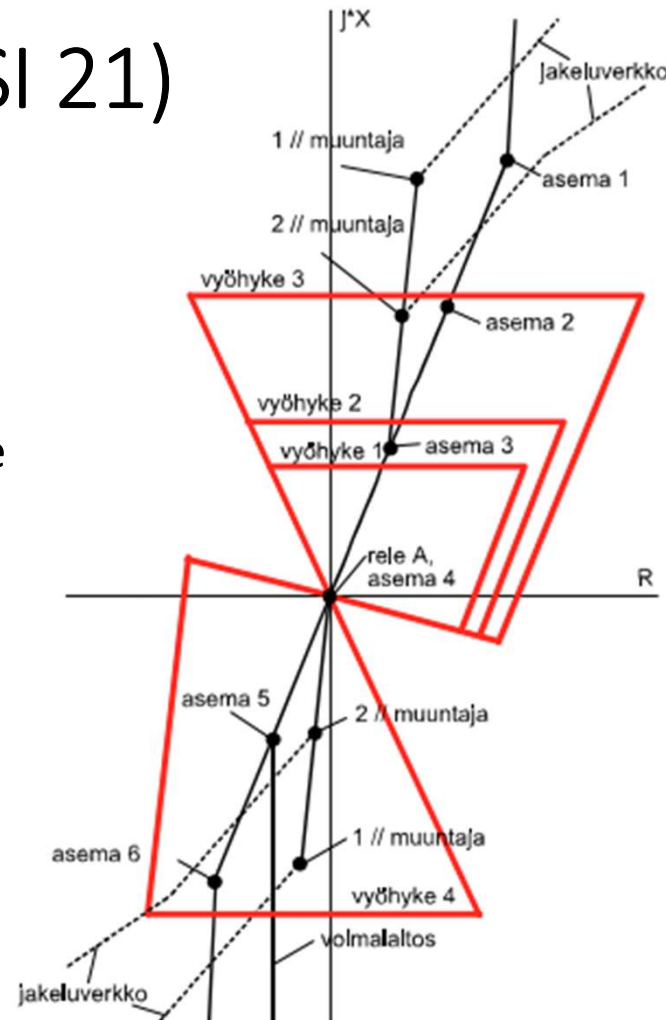
- Voi olla suunnattu (lo->) tai suuntaamaton (lo)
- Suuntaamaton perustuu terveiden johtojen kautta palaavaan nollavirran mittaukseen
- Suunnattu perustuu nollavirran ja –jännitteen suuruuksien ja suunnan mittaukseen
- Suunnattu toimii, kun virta ja jännite kasvaa riittävän suureksi ja niiden välinen vaihe-ero on toiminta-alueen sisällä
- Katkeileva (intermittent) nollajännitepulssit mukaan

DISTANSSISUOJA (ANSI 21)

- Käytetään harvoin keskijännitteellä, mutta yleinen korkeajännite siirtojohtojen suojauksessa
- Perustuu suojattavan johdon impedanssin mittaukseen
- Kykenee havaitsemaan vian suunnan, eli onko johdolla, vai sen takana
- Rele tarkastelee virran ja jännitteen vaihesiirtoa
- Vika edessä -> virta on 90 astetta jännitettä jäljessä
- Vika takana -> jännite 90 astetta virta jäljessä
- Suojaus toteutetaan jakamalla suojattava johto vyövykkeisiin (zone)
- Jokainen vyöhyke edustaa tiettyä etäisyyttä suojattavassa kohteessa

DISTANSSISUOJA (ANSI 21)

- Esim.
 - 4-portaiset vyöhykkeet
 - Vyöhykkeet 2 ja 3 toimii aikaselektiivisesti myötäsuntaan. Ovat yliulottuvia, eli ulottuu seuraavien suojien suojausalueelle (varasuojaus luonnostaan)
 - Vyöhyke 4 aikaselektiivisesti vastasuuntaan, tässä yliulottuva varasuoja
 - Vyöhyke 1 aliulottuva, eli ei mene muiden suojauksien päälle -> ei aikaviivettä



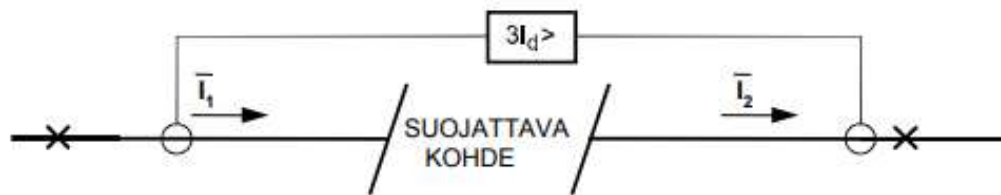
DIFFERENTIAALISUOJA (ANSI 87)

- Voidaan käyttää kaikkien yksittäisten osien suojaukseen (muuntaja, kiskosto, generaattori, johtolähtö..)
- Vertailee kohteeseen tulevien ja lähtevien virtojen vaiheita ja suuruuksia (KOFF 1)
- Voidaan helposti toteuttaa selektiivinen suojaus, koska suoja-alue rajoittuu mittamuuntajien väliseen alueeseen
- Perustuu erovirran I_d mittaamiseen. Onko I_d nolla normaalitilanteessa?

DIFFERENTIAALISUOJA (ANSI 87)

- Erovirtaa Id aiheuttaa mm.:
 - **Virtamuuntajien mittausvirheet**
 - Muuntajan tyhjäkäyntivirta
 - Käämikytkimen asento
 - Muuntajan kytkentäsysäysvirta
- Suoja on sopivasti vakavoitava, jotta virheelliseltä toiminnalta vältytään -> vakavointivirta Ib

DIFFERENTIAALISUOJA (ANSI 87)



$$I_d = |\bar{I}_1 - \bar{I}_2|$$

$$I_b = \frac{|\bar{I}_1 + \bar{I}_2|}{2}$$

$I_{1,2}$ Suojattavan kohteen eri puoleilta mitatut vaihevirrat

I_n Nimellisvirta

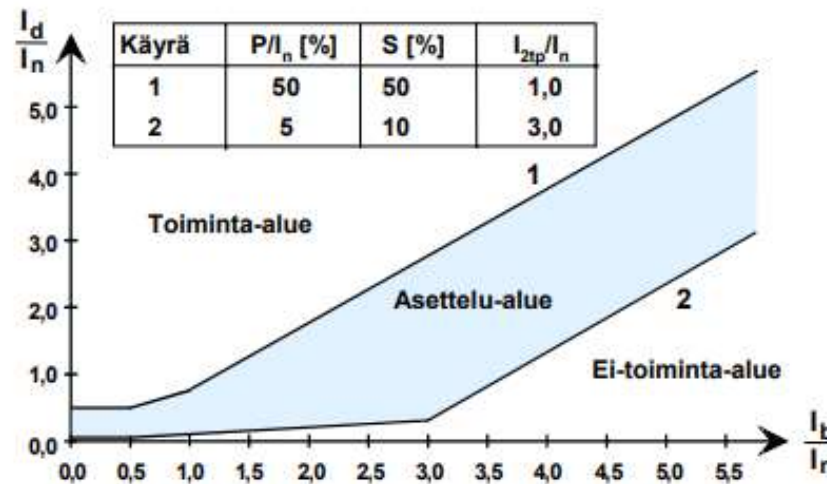
I_d Erovirta

I_b Stabilointivirta

P/I_n Perusasettelu
5 — 50 %

S Havahtumissuhde
10 — 50 %

I_{2tp}/I_n Toinen käännealue
1,0 — 3,0



Perusasettelu: peruserkkyys kohteen ollessa tyhjäkäynnissä. Oltava suurempi, kuin esim. magnetointivirta, johdon varausvirta suurimmalla jännitteellä

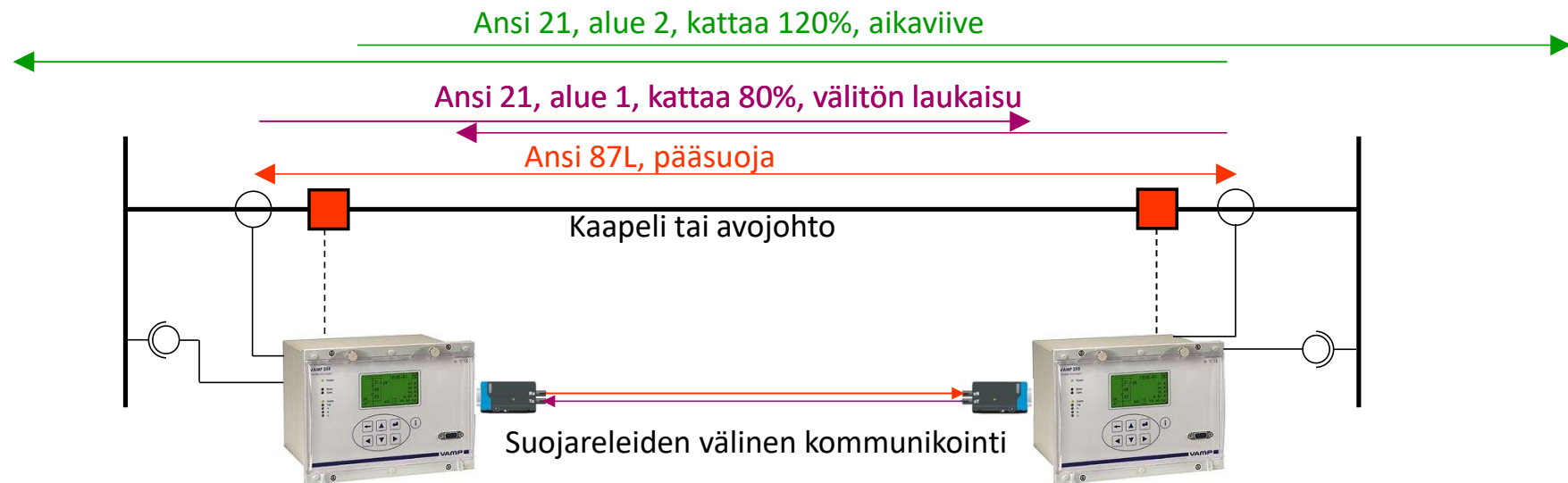
Havahtumissuhde: määrittää yhdessä toisen käännealueen kanssa toimintaherkkyden sisäisissä vioissa niiden ollessa kuormitettuina

Toinen käännealue: ulkoa tapahtuvien huomaaminen, eli ei toimi näistä. Mitä pienempi arvo sen stabiilimpi, toisaalta saattaa heikentää toimintaherkkyttä sisäisissä vioissa.

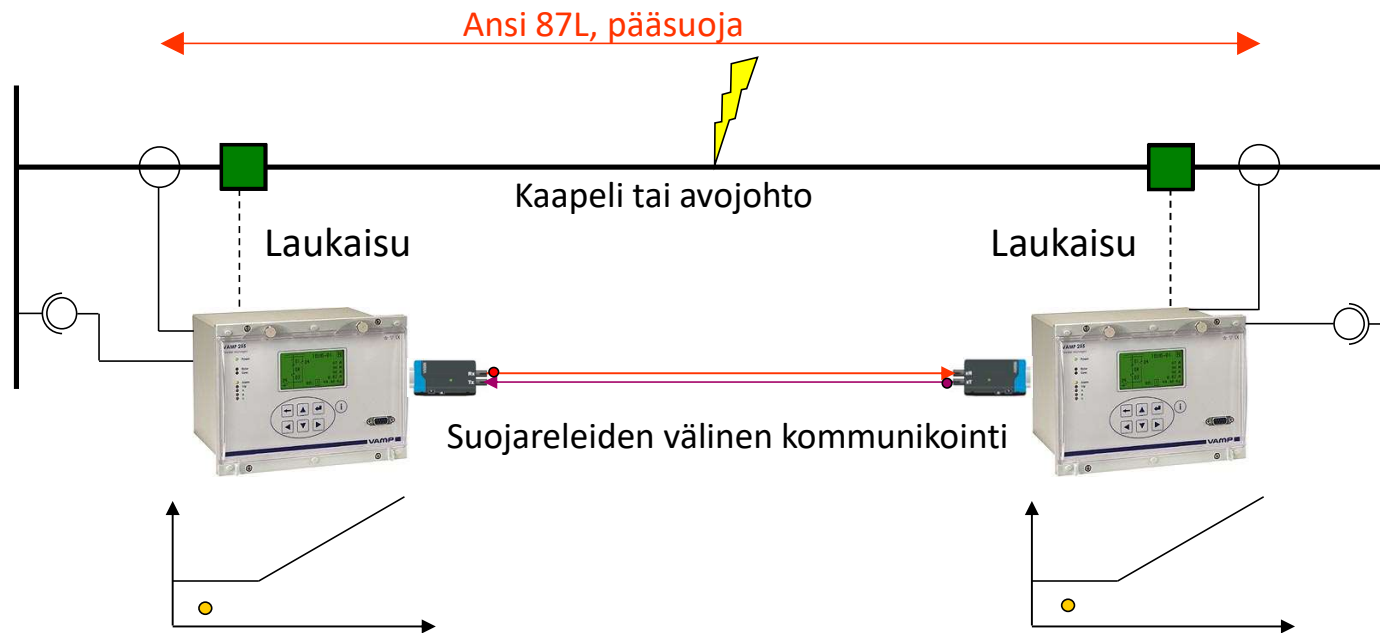
Lähde: ABB, TTT

LINJADIFFERENTIAALI- & DISTANSSISUOJAESIMERKKI

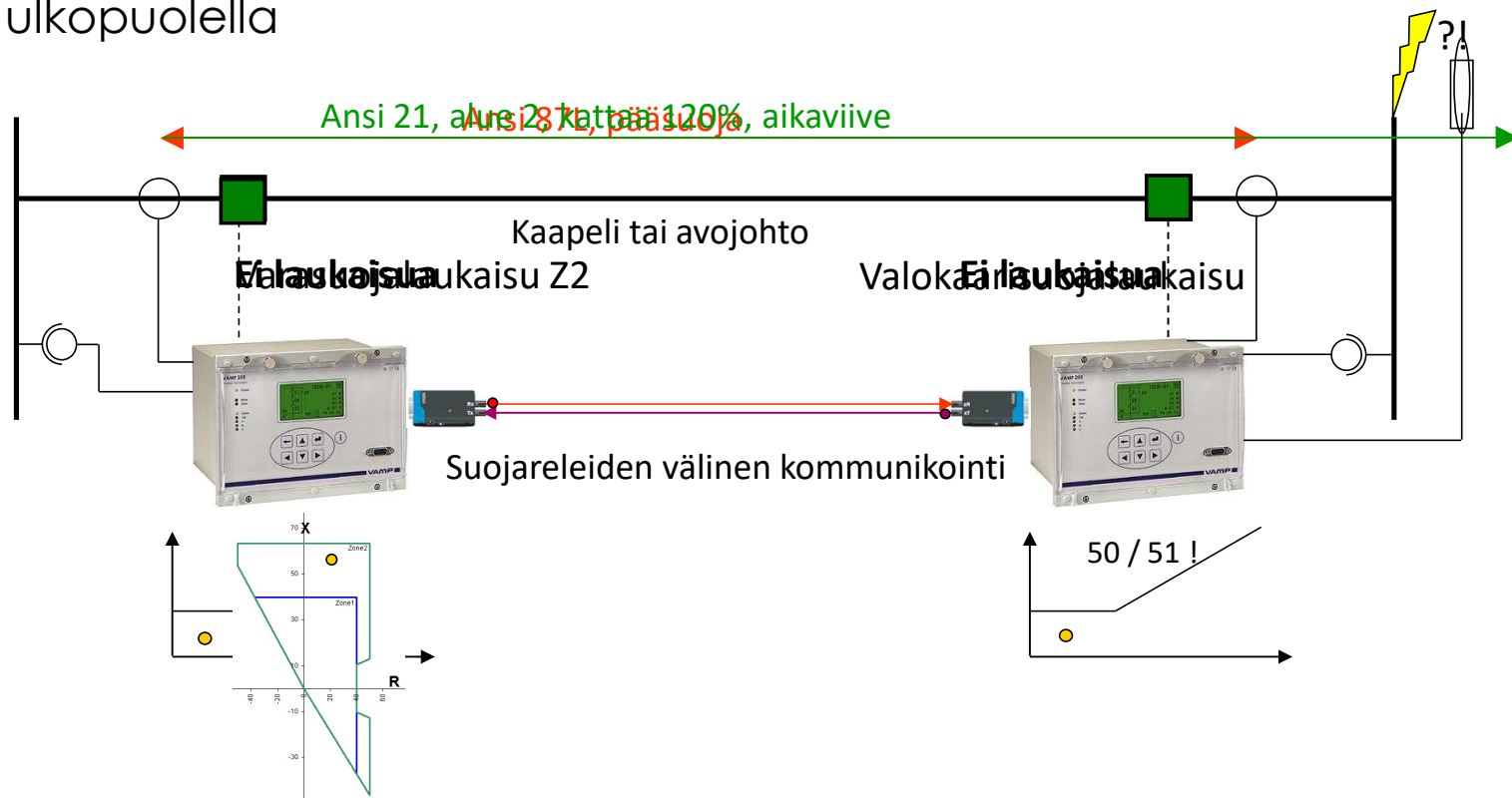
- Pääsuojana 87L linjadifferentiaalisuoja
 - Suojausalue rajoitettu mittauspisteiden välille
- Varasuojana distanssisuoja 21 ja ylivirta 50/51
 - Alue 1 kattaa 80 % linjasta. Alue 2 kattaa 120 % of linjasta (viivelaukaisu).
 - 50/51 on aseteltu kaapelin/johtimen termisen kestävyden mukaan (sis. marg.)



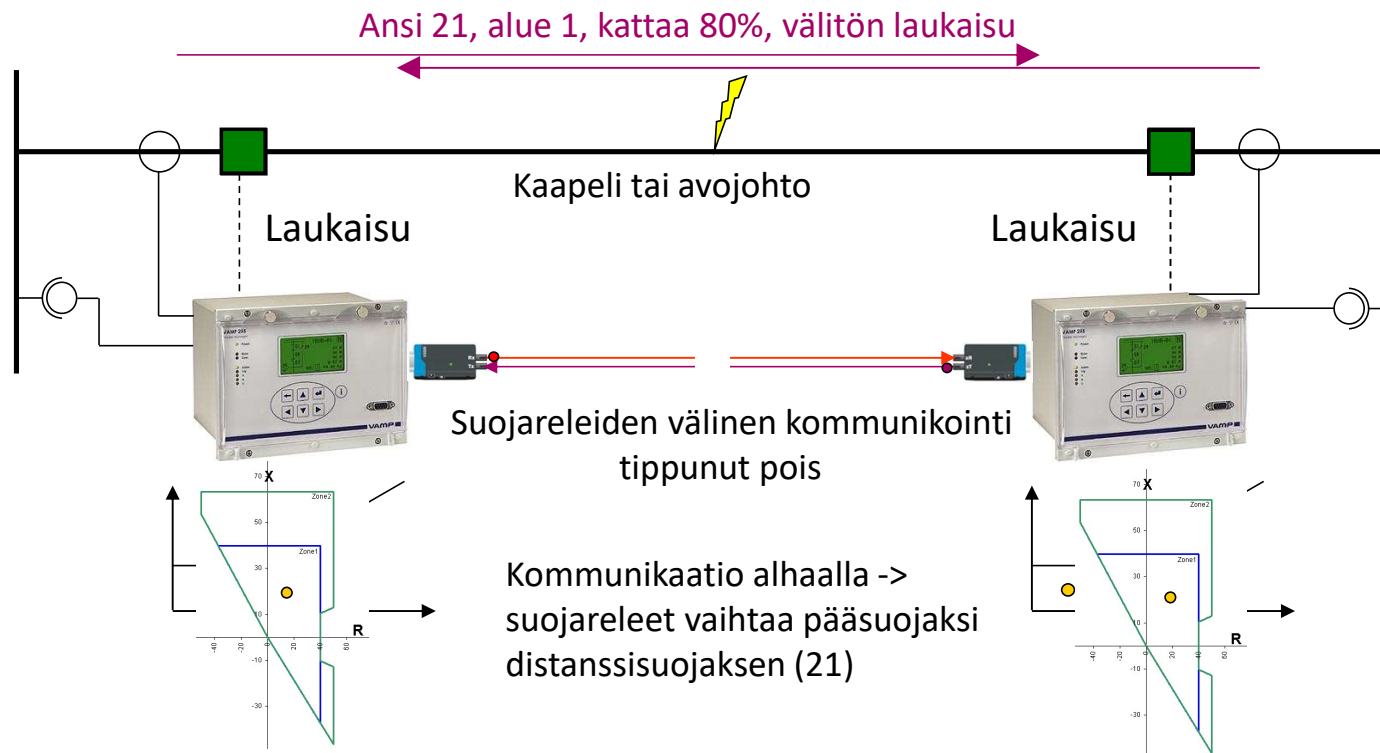
- Case 1: Normaali käyttötilanne, vika tapahtuu 87L suojausalueen sisäpuolella



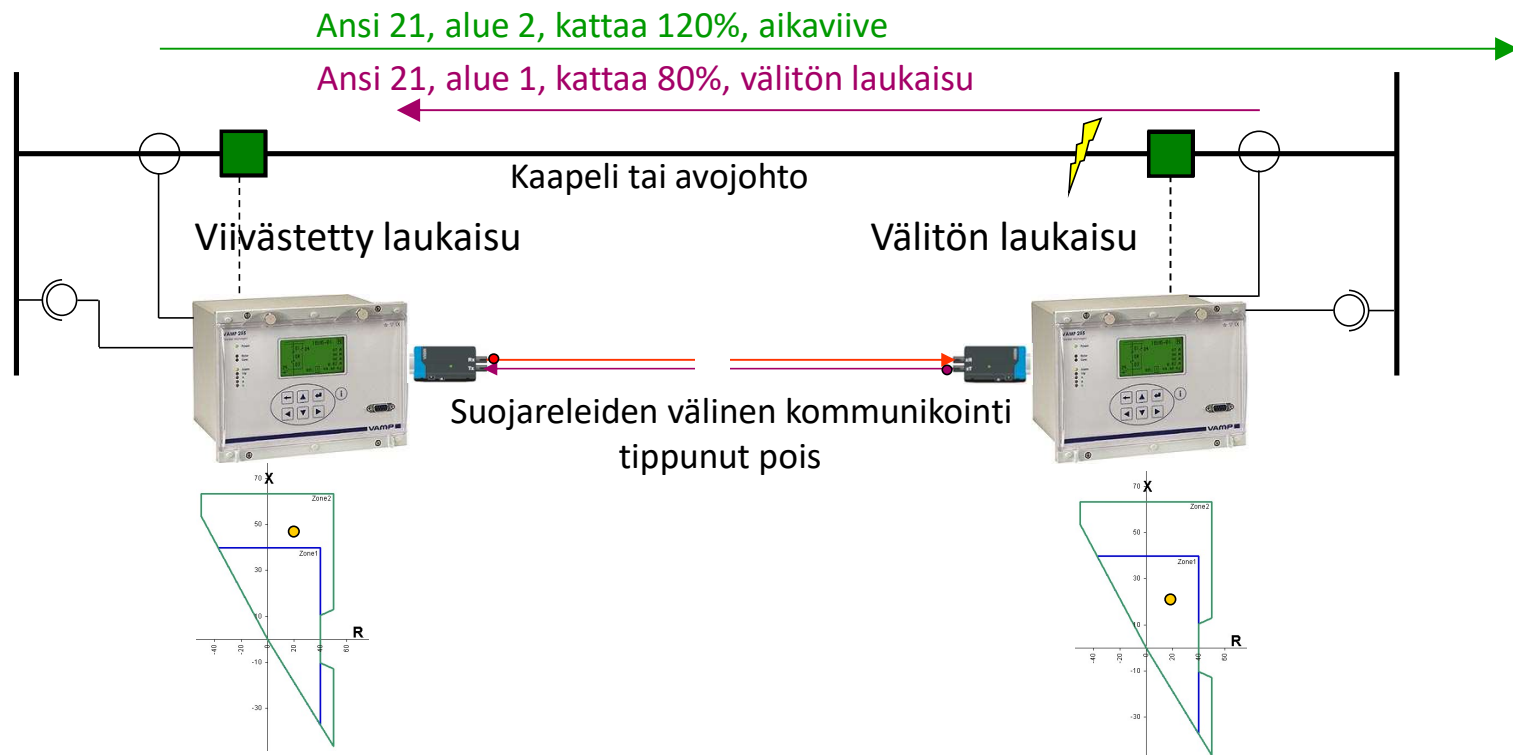
- Case 2: Normaali käyttötilanne, vika tapahtuu 87L suojausalueen ulkopuolella



- Case 3: Suojareleiden välinen kommunikointi on alhaalla, vika tapahtuu 87L:n suojausalueella

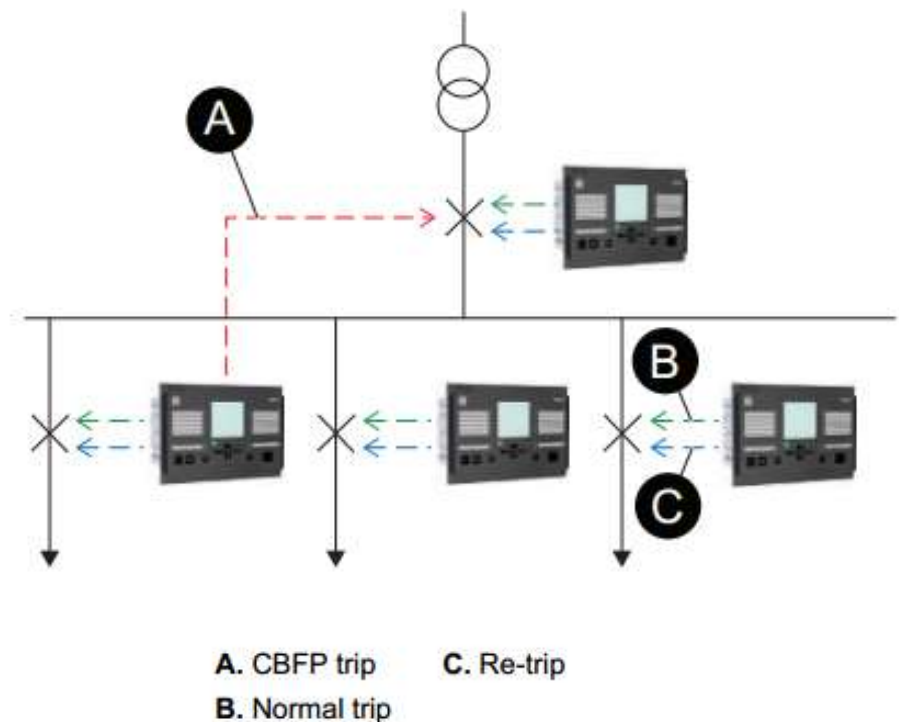


- Case 3: Suojareleiden välinen kommunikointi on alhaalla, vika tapahtuu 87L:n suojausalueella



KATKASIJAVIKASUOJA (ANSI 50BF)

- Seuraa katkaisijan toimintaa vikatilanteissa ja sen mahdollista toimimattomuutta
- Perustuu katkaisijan apukoskettimilta saatuun tilatietoon
- Kun jokin suoja antaa laukaisukäskyn käynnistyy myös 50BF:n aikaviive
- Mikäli aikaviiveen päätyttyä katkaisija on edelleen kiinni, annetaan laukaisukäsky ylemmälle katkaisijalle



VOIMALAITOKSEN VERKKOLIITYNNÄN EHDOT, VAATIMUKSET JA SÄÄNNÖT

FINGRIDIN YLEISET LIITTYMISEHDOT

- Varmistetaan liitettävän osapuolen laitteiston ja sähköverkon tekninen yhteensopivuus
- Huomioidaan sähköntuotanto erikseen ja niissä ehdoissa määritellään voimalaitoksen koon ja tekniikan perusteella verkkoon liittymistapa
- Voimalaitos liitetään Fingridiin pääsääntöisesti kytkinlaitoksen katkaisijakenttään, pois lukien pienet alle 30 MW tuulivoimalapuistot, jotka voidaan liittää siirtokapasiteetin salliessa suoraan 110 kV Fingridin voimajohtoon
- Suoraan voimajohtoon liitettävä yli 5 MW tuulivoimalaitos pitää varustaa eroon kytkennän viestiyhteydellä, jotta kantaverkon pikajälleenkytkentä olisi mahdollista

FINGRIDIN YLEISET LIITTYMISEHDOT

- Jännitesäädöissä, loissähkön tuotannossa ja loistehoreservin ylläpidossa pitää noudattaa Fingridin ohjeita ja raja-arvoja
- Fingrid määrittelee uuden sähköliittymän liittymistavan ja –paikan
- Kantaverkon liittymismaksu pitää sisällään muutokset kantaverkkoon, paitsi jos voimajohto tai kytkinlaitos rakennetaan uuteen paikkaan, milloin liittyjä on vastuussa omaan laitteistoonsa kohdistuvista muutoksista
- Jos liittyjän omat tarpeet vaativat uusia rakenteita tai lisälaitteita niin kustannuksista sovitaan tapauskohtaisesti Fingridin kanssa
- Yleisessä liittymisehdossa määritellään myös toimintavaatimuksia sähkölaitteille ja muita määritelmiä, mitä tulee noudattaa rakennettaessa sähköasemia tai uutta verkkoa

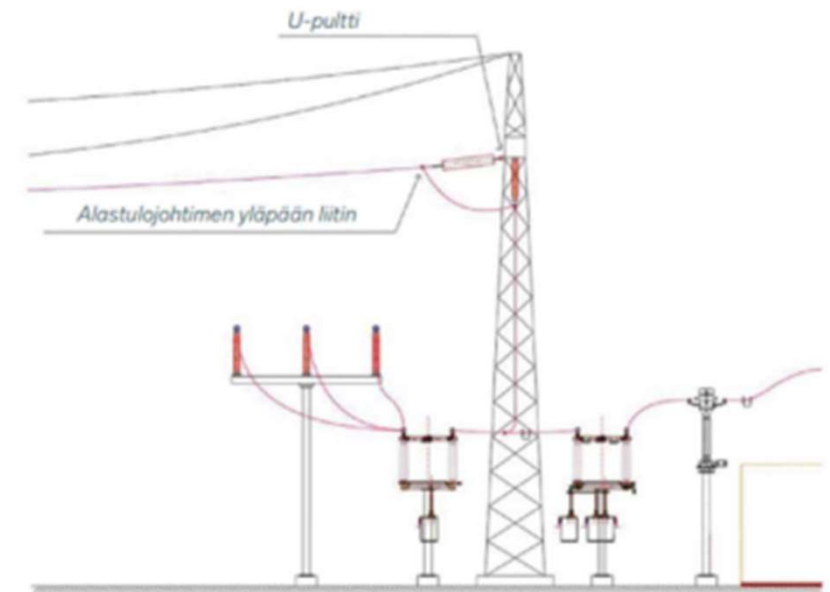
LIITTYMISPROSESSI

- Kantaverkkoon liittyminen on pitkä prosessi, joka etenee vaiheittain
- Asiakas toimittaa Fingridille liittymistiedot, minkä pohjalta Fingrid selvittää liittymismahdollisuudet
- Jos suunniteltu liittymispiste sijaitsee jakeluverkkoyhtiön alueella, joutuu jakeluverkkoyhtiö varmistamaan liittymän liitettävyyden kantaverkkoon Fingridiltä
- Kantaverkon liittymismaksut luokkaa 1-2 M€

Liityntähankkeen vaihe	Asiakkailta tarvittavat tiedot
Liitettävyys	Asiakkaan yhteystiedot Liitynnän perustiedot ja alustava sijainti Muuntajan ja haarajohdon tiedot
Suunnittelu	Sijoitus- ja leikkauspiirustukset Aluekartta Pääkaavio Energiamittauksen tiedot Maadoitukset Sijaintikoordinaatit Haarajohdon tiedot Relesuojaus- ja viestiyhteystiedot
Toteutus ja käyttöönotto	Aikataulu Loppudokumentit ja sähköiset arvot Käyttöönottotarkastukset Kytkenän suunnittelu

LIITTYMISTAPA

- **Kytkinlaitosliityntä**
- Kytkinlaitosten lähelle suunniteltavat sähköliittymät liitetään pääsääntöisesti kytkinlaitokseen eikä voimajohtoon
- Kytkinlaitosliityntää käytettäessä liittyminen kantaverkkoon tapahtuu 110 kV, 220 kV tai 400 kV kytkinlaitoksen kautta
- Asiakkaan vastuulle jää mahdollisesti vaadittavien liittymisjohtojen suunnittelusta ja toteuttamisesta koituvat kustannukset
- Sähkötekniisten syiden takia teholtaan 250 MW ja sitä suuremmat liittymät on aina liitettävä 400 kV kytkinlaitoksen kautta
- Alle 250 MW liittymät voidaan kytkeä 110 kV tai 220 kV kytkinlaitoksien kautta



LIITTYMISTAPA

- **Voimajohtoliityntäliityntä**
- Liittyminen suoraan 110 kV voimajohtoon on mahdollista, jos johtimen siirtokapasiteetti ja tekniset ehdot täyttyvät
- Voimajohdon siirtokapasiteetti pitää tarkistaa aina kantaverkkoyhtiötä
- Käyttövarmuuden ylläpitämiseksi 220 kV ja 400 kV voimajohtoihin ei hyväksytä voimajohtoliityntöjä

