



## SIIRRETTÄVÄN, PIENJÄNNITTEISEN MOOTTORIGENERAATTORIN LIITTÄMINEN SÄHKÖLAITTEISTOON

### SISÄLLYS

#### 1 JOHDANTO

#### 2 AGGREGAATTIEN YLEISET OMINAISUUDET

- 2.1 Generaattori ei syötä pysyvää oikosulkuvirtaa
- 2.2 Generaattori syöttää oikosulkuvirtaa
- 2.3 Generaattorin suojausmenetelmänä suojaerotus
- 2.4 Isommat moottorikäyttöiset aggregaatit
- 2.5 Traktorikäyttöiset aggregaatit
- 2.6 Aggregaattien varusteet
- 2.7 Valinta- ja sijoitusperusteita

#### 3 ASENNUKSEN SUOJAUSVAATIMUKSET

- 3.1 Vikasuojaus
  - 3.1.1 Kiinteästi asennettu sähkölaitteisto, TN-järjestelmä
  - 3.1.2 IT-järjestelmä
  - 3.1.3 Maadoituselektrodi

#### 3.2 Asennuksen tai laitteen ylivirtasuojaus

- 3.2.1 Ylikuormitusuojaus
- 3.2.2 Oikosulkusuojaus

#### 4 AGGREGAATTIN LIITTÄMINEN SÄHKÖLAITTEISTOON

- 4.1 Yksivaiheiset aggregaatit
- 4.2 Kolmivaiheiset aggregaatit
  - 4.2.1 TN-järjestelmän syöttö
  - 4.2.2 Siirrettävät ja tilapäislaitteistot

#### 5 YHTEENVETO HANKINTAAN LIITTYVISTÄ VALINTAKRITEEREISTÄ

#### 6 VARAVOIMAN KÄYTTÖÖNOTTO, HUOLTO JA KOEKÄYTTÖ

- 6.1 Käyttöönotto ja käyttö
- 6.2 Säilytys ja huolto
- 6.3 Koekäyttö
- 6.4 KytKentä sähkökatkon aikana ja sen jälkeen

#### 7 LÄHDETEOKSET

## 1 JOHDANTO

Tämä kortti on tarkoitettu ohjeeksi valmistajille, suunnittelijoille, urakoitsijoille ja pienjännitteisten moottorigeneraattoreiden käyttäjille. Kortti antaa ohjeita käyttäjille laitteiston valinnasta, huollosta ja koekäytöstä.

Moottorigeneraattoreiden syöttämien sähköasennusten suojauksessa joudutaan käyttämään tavanomaisista sähköasennuksien suojaustavoista poikkeavia ratkaisuja. Moottorigeneraattoreiden liittäminen kiinteään asennukseen vaatii lähes aina kiinteiden sähköasennusten muutostöitä, joita voivat tehdä vain sähköalan ammattilaiset.

Useimmat käytännön ongelmat johtuvat siitä, että pääsääntöisesti moottorigeneraattoreiden sähköiset suojaukset perustuvat TN-S-järjestelmän maasulku- tai vikavirtaan ja olisi tarkoitus syöttää TN-C- tai TN-C-S-laitteistoa, jossa ei ole erillistä PE-johdinta. Käytössä olevat nollaukset, PEN-johtimien käyttö tai ainakin N- ja PE-piirien eriyttämiskappale kiinteässä asennuksessa estävät laitteiston normaalin toiminnan ilman asennusmuutoksia.

Moottorigeneraattorien asennusta koskevat yleiset perusvaatimukset on esitetty standardisarjassa SFS 6000. Erityisesti generaattoreita koskevia lisävaatimuksia on esitetty standardin SFS 6000-5-55 kohdassa 551. Tässä ST-kortissa annetaan käytännön lisäohjeita moottorigeneraattorilla syötettyjen asennusten suojaukseen ja muutostöihin huomioiden myös maatalouden erityispiirteet. Standardisarja kokonaisuudessaan on julkaistu myös käsikirjana, SFS-käsikirja 600-1, Sähköasennukset, Osa 1: SFS 6000: 2012. Suluissa esitetyt standardikohdat ovat jatkossa viittauksia tuon julkaisun eri osiin.

Generaattori voi saada käyttövoimansa traktorin voimulosotosta tai sillä voi olla oma kiinteä moottori. Tässä kortissa käytetään yksinkertaisuuden vuoksi jatkossa termiä **aggregaatti** kattamaan kaikki tässä julkaisussa käsiteltävät siirrettävät pienjännitteiset moottorigeneraattorilaitteistot.

## 2 AGGREGAATTIEN YLEISET OMINAISUUDET

Tämän ST-kortin tarkoittamia aggregaattien käyttötarkoituksia on

- olla teholähteenä yleisen jakeluverkon ulkopuolella oleville kiinteille, siirrettäville tai tilapäisasennuksille
- toimia yleiseen jakeluverkkoon liitetyille sähköasennuksille tai -laitteille varavoimana, joka käynnistetään käsin eikä käy rinnan jakeluverkon kanssa.

Automaattisesti käynnistyville ja mahdollisesti jakeluverkon kanssa rinnankäyville aggregaateille on perusvaatimukset annettu kohdassa 6000-5-55 (551.7) (ei käsitellä tässä ST-kortissa). Muita ohjeita on mm. ST-käsikirjassa 31, Varavoimalaitokset. Lisäksi jakeluverkkoon liittämässä voi olla jakeluverkkokohtaisia vaatimuksia toteutukselle ja rinnankäytön ehdoille sähköisine suojauksineen. Siksi tällaiset laitteistot on suunniteltava ja toteutettava kiinteässä yhteistyössä jakeluverkkoyhtiön kanssa. Jakeluverkon kanssa rinnan toimivia laitteistoja koskee myös standardi SFS-EN 50438, Tekniset vaatimukset yleisen pienjännitejakeluverkon kanssa rinnan toimiville mikrogeneraattoreille.

Moottorigeneraattoreiden rakenteita on käsitelty standardissa SFS-EN 60 034-22. Se perustuu standardisarjoihin ISO 8528 ja IEC 60 034. Niissä annetaan perusvaatimukset, raja-arvot ja testausohjeita sekä voimakoneelle että generaattorille.

Aggregaatit voidaan jakaa eri luokkiin monenlaisten ominaisuuksien perusteella:

- käytössä oleva vaiheluku, 1- tai 3-vaiheiset
- synkroniset (tahti-) ja asynkroniset (epätahti)generaattorit
- moottori- tai traktorikäyttöiset
- pienikokoiset helposti siirrettävät tai konttiin rakennetut
- bensiini- tai dieselmoottorikäyttöiset
- oikosulkuvirtaa syöttävät tai ei oikosulkuvirtaa syöttävät generaattorit
- käytössä olevat suojalaitteet ja -järjestelmät
- sisä- tai ulkokäyttöön tarkoitetut
- kuormituksen mukaan (resistiivinen, reaktiivinen tai elektroninen kuorma), ks. kuva 9.

Nykyiset koneturvallisuutta koskevat säädökset eivät salli aggregaattivalmistajan antaa lupaa käyttää niitä erilaisten laitteiden syöttöön. Esimerkiksi television käyttö aggregaattilla on siis säädösten näkövinkkelistä mahdollista vain, jos television valmistaja näin omassa käyttöohjeessaan vakuuttaa. Näin siitä huolimatta, että erityisesti invertteriaggregaattien käytössä elektronisten laitteiden syöttöön ei ole käytännössä ollut mitään ongelmia. Kiinteitä sähkölaitteistoa syötettäessä joudutaan siihen lähes aina tekemään muutoksia. Muutostöiden tarkoituksena on

- estää aggregaatin ja verkon rinnankäyttö
- varmistaa luotettava erotus jakeluverkkoon päin ja täten jakeluverkossa tehtävien töiden turvallisuus
- varmistaa aggregaatin suojalaitteiden oikea toiminta
- varmistaa aggregaatin ja kiinteän asennuksen yhteensovitus.

Isoimissa aggregaateissa on usein mahdollisuus valita ja säätää suojalaitteita, kuten

- ali- ja ylijännitelaukaisun arvoa ja laukaisuviivettä
- ylivirran tai vikavirran laukaisuvarvoa ja -viivettä.

Generaattori voi olla rakenteeltaan asynkroninen tai synkroninen. Pienet asynkroniset generaattorit ovat yksinkertaisempia rakenteeltaan, eikä niissä ole erillistä jännitteen säätöä. Niitä voidaan käyttää lähinnä resistiivisten kuormien syöttöön. Pienissä asynkronisissa generaattoreissa ei välttämättä ole ollenkaan erillistä ylivirtasuojaa, vaan suojaus perustuu generaattorin virransyötön ominaisuuksiin. Magnetointivirtaa pienentämällä niiden jännite laskee voimakkaasti ylikuormitettaessa ja putoaa lähes nolnaan vikatilanteessa.

Synkroninen generaattori sopii hyvin yleiskäyttöön. Synkroninen generaattori joko syöttää tai ei syötä jatkuvaa oikosulkuvirtaa vikatapauksessa.

Generaattoreiden rakennestandardit edellyttävät pääjännitteeltä riittävän pientä särökerrointa. Vaihejännitteen osalta vaatimuksia ei ole esitetty, joten sen särökerroin voi olla suurikin. Karkeasti ottaen jännitteen laatu voi vaihejännitteellä vaihdella siksi lähes kanttiaallosta pienisäeroiseen siniaaltoon. Uusimmissa laitteissa säröä pienennetään mm. invertteriratkaisuilla.

Generaattoreissa on usein lisäksi jännitteen hienosäätöön säätönuppi ja volttimittari.

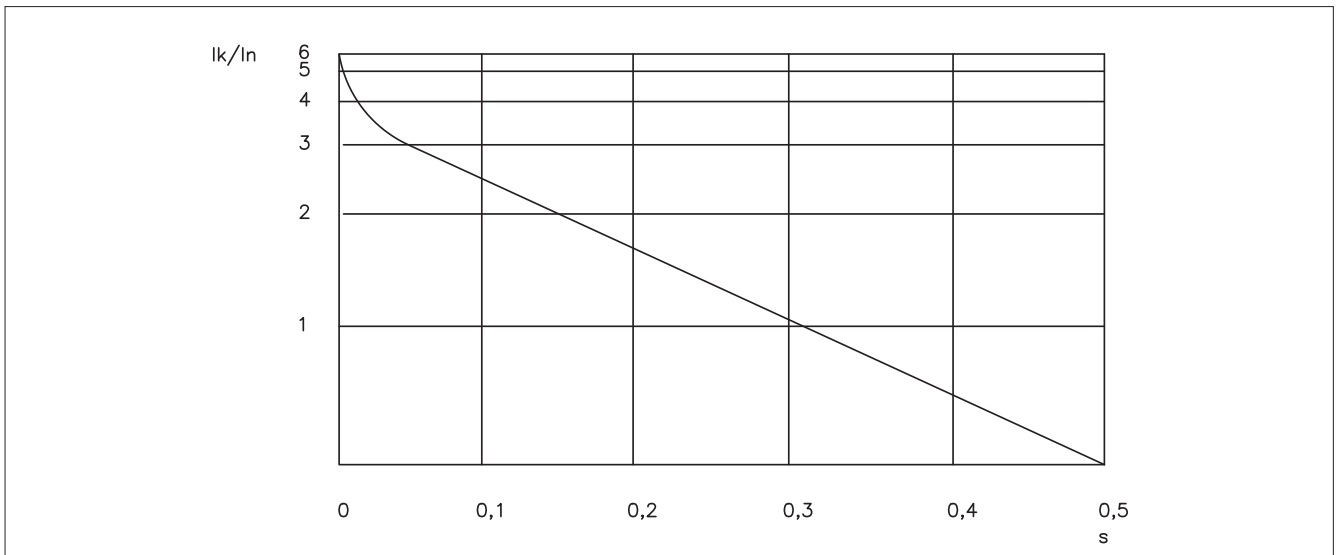
Seuraavaksi annetaan lyhyt kuvaus erilaisten aggregaattien ominaisuuksista joidenkin edellä kuvattujen kriteerien perusteella. Näiden ominaisuuksien tunteminen on erittäin tärkeää, jotta osataan valita oikea laite tiettyyn ympäristöön.

### 2.1 Generaattori ei syötä pysyvää oikosulkuvirtaa

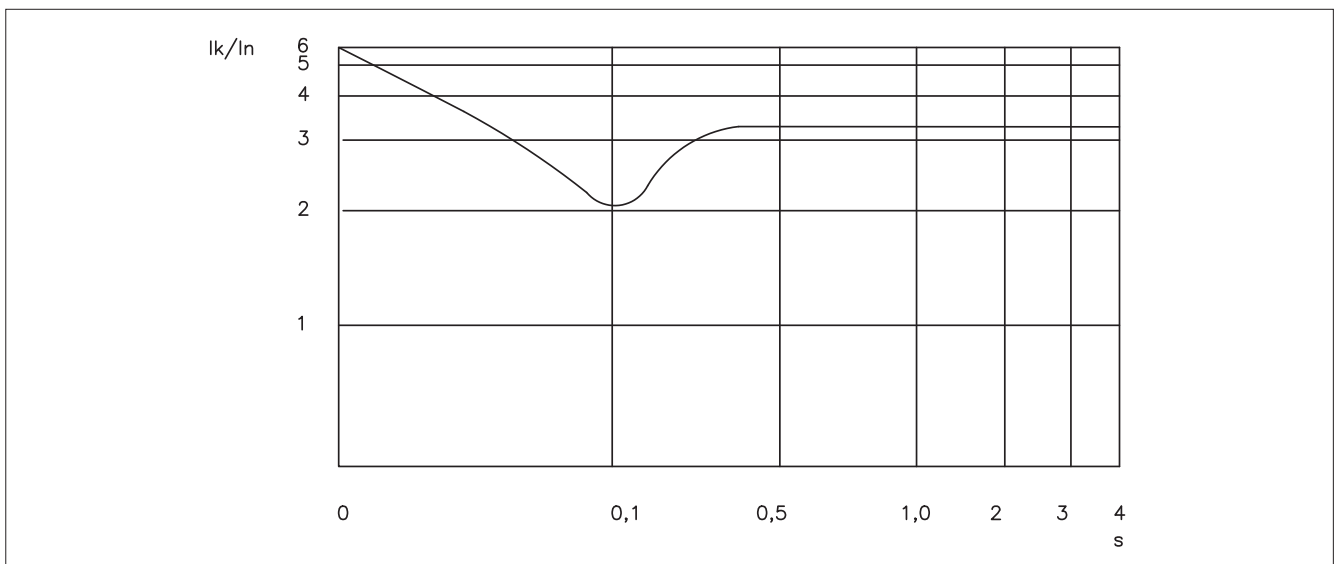
Tällaiset generaattorit eivät pysty vikatilanteessa syöttämään jatkuvaa oikosulkuvirtaa, vaan ainoastaan nopeasti häviävän virtatransientin oikosulun alussa. Tällaisissa tapauksissa suojautuminen vikoja vastaan perustuu generaattorissa muuhun kuin riittävän suureen ja pitkäaikaiseen oikosulkuvirtaan.

Yksi tällaiseen tilanteeseen sopiva suojausmuoto on vakioaikaylivirtasuojaus, joka toimii oikosulkusuojana. Vikatilan-teessa oikosulkuvirran arvo laskee nopeasti alle ylivirtasuojan havahtumisarvon johtuen puuttuvasta magnetointivir-rasta. Silloin voidaan käyttää suojalaitetta, jossa on myös alijänniteporras. Se pitää yllä ylivirtahavahtumaa asetellun ajan, vaikka virta-arvo olisi laskenut jo alle asetellun ajan. Se katkaisee syötön vakioajan kuluttua, jos jännite ei vian vuoksi palaa sallitulle alueelle. Suojalaite toimii siis varmasti tietyssä ajassa, jos vika ei poistu. Jos vika poistuu ja jännite nousee takaisin yli havahtumisrajan ennen kuin havahtumissignaalin pitoaika on kulunut umpeen, palautuu ylivirtasuojaa normaaliin toimintaansa.

Näiden generaattoreiden navoissa tapahtuva 3-vaihevisa aiheuttaa hetkellisesti jopa 6-kertaisen vikavirran. Virta putoaa tyypillisesti jo 0,1 sekunnissa alle 2,5-kertaisen vikavirran arvon ja 0,5 sekunnissa lähes nolnaan. Normaalit – kuormituksiin perustuvat – oikosulkusuojina toimivat laitteet eivät joko ehdi reagoida tai vian sattuessa riittävän kaukana generaattorista virta ei yksinkertaisesti riitä laukaisuun. Jäljelle jäävä vikapaikkaa syöttävä pieni vikavirta voi kuitenkin aiheuttaa palovaaran.



**Kuva 1. Esimerkki generaattorin virtakäyrästä vikatilanteessa. Generaattori ei syötä jatkuvaa oikosulkuvirtaa.**



**Kuva 2. Esimerkki generaattorin virtakäyrästä vikatilanteessa. Generaattori syöttää pidempiaikaista oikosulkuvirtaa.**

Edellä olevan johdosta ylivirtasuojaukset eivät useasti voi perustua pelkästään kiinteässä asennuksessa oleviin suojalaitteisiin. Suojaus perustuu usein elektronisiin valvontalaitteisiin, joilla jännitettä säädetään ylivirta- tai yllämpötilatapauksissa.

Esimerkeissä esitetään, minkälaiset johdonsuojakatkaisijat voisivat toimia asennuksessa, jos vika on riittävän pieni-impedanssinen eikä verkko ole liian suuri.

Esitys perustuu kuvan 1 mukaiseen generaattorin alkuoikosulkuvirran käyttäytymiseen. Johdonsuojakatkaisijoiden omista laukaisukäyristä on etsitty sellaiset virtarajat (0,05 s,  $I_k/I_N = 3$ ), joilla nopeasti pienenevä alkuoikosulkuvirta on riittävän suuri suojalaitteen momenttilaukaisuun.

Tulppasulakkeiden osalta on esitetty kokemukseräisiä arvioita sulakekoosta, joka saattaisi toimia. Viime kädessä asia tulee varmistaa aggregaatin valmistajalta tai kokeilemalla. Jos suojalaitteet ovat suurempia, suojauksena toimii

aggregaatin päävirtapiiriin suojaus, jolloin vian poiskytkentä ei tapahdu selektiivisesti.

1. Aggregaatin nimellisvirta on 24 A  $\cos \phi = 1$ , jatkuva nimellisteho 6 kVA:
  - B-tyyppin johdonsuojakatkaisija 10 A asti
  - C-tyyppin johdonsuojakatkaisija 6 A asti
  - gG-tyyppin tulppasulake 6 A asti
2. Aggregaatin nimellisvirta 100 A  $\cos \phi = 1$ , jatkuva nimellisteho 69 kVA:
  - B-tyyppin johdonsuojakatkaisijat 50 A asti
  - C-tyyppin johdonsuojakatkaisijat 25 A asti
  - D-tyyppin johdonsuojakatkaisijat 10 A asti
  - gG-tyyppin tulppasulake 35 A asti.

Tyypillisesti käyttökelpoisten gG-tyyppin sulakkeiden nimellisvirta jää kokemukseräisesti korkeintaan puoleen tai jonkin verran alle aggregaatin nimellisvirran.

Pienillä aggregaatin nimellisvirroilla eivät asennuksen normaalit suojalaitteet yleensä toimi, kuten 1. esimerkistä voi päätellä.

Generaattorin ja sen pääsyötön oikosulkusuojauksen pitää siis perustua muihin suojausmenetelmiin. Käyttökelpoisia menetelmiä ovat mm. vikavirtasuojakytkimen käyttö TN-S-järjestelmässä ja alijännitelaukaisun käyttö.

Ryhmäjohtotason oikosulkusuojaus pyritään saamaan toimivaksi olemassa olevilla suojalaitteilla. Selektiivisyyttä ei yleensä voida saavuttaa koko asennuksessa, jos ylivirtasuojaus suurelta osin perustuu aggregaatin päävirtapiiriin suojalaitteisiin.

## 2.2 Generaattori syöttää oikosulkuvirtaa

Monissa nykyaikaisissa aggregaateissa generaattorin oikosulkutilanteen magnetointi vikatapauksessa varmistetaan generaattoriin kuuluvalla kiinteällä lisämagnetointilaitteella. Tällaiset aggregaattit pystyvät syöttämään vikatilanteessa jatkuvaa oikosulkuvirtaa laitteistoon. Sen ansiosta oikosulkusuojien valinta on helpompaa ja selektiivisyys on helpompi saavuttaa. Varjopuolena ovat jännitteen vaihtelut ehjissä vaiheissa 1- ja 2-vaiheisissa vioissa.

Vian alussa generaattorin navoissa syntyy hetkellisesti jopa 6-kertainen oikosulkuvirta nimellisvirtaan nähden aivan kuten kohdan 2.4 vastaavan kokoisessa aggregaatissakin. Se putoaa tavanomaisesti kuvan 8 mukaisesti nopeasti vakiintuen sitten vakioarvoon. Generaattorilta edellytetään rakenteesta riippuen yleensä 2,2–2,9-kertaista oikosulkuvirtaa, mutta useimmat generaattorit tuottavat 3,0–3,5-kertaisen jatkuvan oikosulkuvirran. Oikosulkuvirta ei yleensä voi olla tätä suurempi mekaanisen mitoituksen ja voimakoneen tehon riittävyyden johdosta.

Pidempiaikainen oikosulkuvirran syöttäminen mahdollistaa kiinteissä asennuksissa myös 5 sekunnissa toimivien suojalaitteiden käytön. Niissä laitteiston osissa, joissa edellytetään lyhyempiä laukaisuaikoja tai vikavirtasuojakytkimen käyttöä, niitä on myös käytettävä. Suojalaitteet voivat sijaita joko aggregaatissa (esim. aggregaatin pistorasioiden vikavirtasuojakytkimet) tai syötettävässä laitteistossa. Koska kiinteiden asennusten olosuhteet sähköstä aiheutuvan vaaran suhteen eivät muutu normaali- tai varavoimakäytössä, sijaitsevat ryhmäjohtotason suojalaitteet tavallisesti itse asennuksessa. Silloin tehtäväksi jää varmistua siitä, että suojalaitteet toimivat riittävän nopeasti myös varvoimatilanteessa. Jos laitteiston normaalit suojalaitteet eivät toimi, on aggregaatin suojalaitteiden toimittava, vaikkakin epäselektiivisesti.

Seuraavissa esimerkeissä on arvioitu, minkälaiset johdonsoajakatkaisijat voisivat toimia asennuksessa, jos vika on riittävän pieni-impedanssinen eikä verkko ole liian suuri. Jos suojalaitteet ovat suurempia, suojauksena toimii aggregaatin päävirtapiiriin suojaus, mutta epäselektiivisesti.

Arviot perustuvat kuvan 2 mukaiseen generaattorin alkuoikosulkuvirran käyttäytymiseen. Johdonsuojakatkaisijoiden omista laukaisukäyristä on etsitty sellaiset virtarajat, joilla nopeasti pienenevä alkuoikosulkuvirta on riittävän suuri suojalaitteen momenttilaukaisuun. Alkuoikosulkuvirta ja sen muuttuminen riippuu generaattorin ominaisuuksista.

Tulppasulakkeiden (gG-sulake) osalta on arvioitu kuvan mukaisen vakiintuneen oikosulkuvirran ja gG-sulakkeiden

sulamiskäyrien perusteella, minkälainen suojalaite voisi toimia 5,0 sekunnissa.

Tulppasulakkeiden arvot ovat kokemukseräisiä arvioita kokoluokasta, joka saattaisi toimia oikosulkuvirran vakiintunutta. Valitut laukaisuajat eivät tässä perustu asennusten suojausvaatimuksiin, vaan on käytetty gG-sulakkeiden sulamiskäyriä. gG-sulakkeita käytettäessä asia tulee vielä varmistaa aggregaatin valmistajalta tai kokeilemalla. On huomioitava myös se maksimiaika, jonka generaattori saa rakenteensa puolesta syöttää oikosulkuvirtaa. Se riippuu generaattorin ominaisuuksista, ja tiedon antaa laitetoimittaja.

Oikosulkusuojana syötetyssä laitteistossa pieni-impedanssissa viassa voidaan käyttää esimerkiksi seuraavia:

1. Aggregaatin nimellisvirta on  $24 \text{ A} \cos \phi = 1$ , jatkuva nimellisteho 6 kVA:
  - B-typin johdonsuojakatkaisija 10 A
  - C-typin johdonsuojakatkaisija 6 A
  - gG-typin tulppasulake 16 A asti
2. Aggregaatin nimellisvirta  $100 \text{ A} \cos \phi = 1$ , jatkuva nimellisteho 69 kVA:
  - B-typin johdonsuojakatkaisijat 63 A
  - C-typin johdonsuojakatkaisijat 25 A
  - D-typin johdonsuojakatkaisijat 10 A asti
  - gG-typin tulppasulake 63 A asti
3. Aggregaatin nimellisvirta  $433 \text{ A} \cos \phi = 1,0$ , jatkuva nimellisteho 300 kVA:
  - B-typin johdonsuojakatkaisijoita 125 A
  - C-typin johdonsuojakatkaisijat 125 A asti
  - D-typin johdonsuojakatkaisijat 63 A asti
  - gG-typin tulppasulake 400 A asti

## 2.3 Generaattorin suojausmenetelmänä suojaerotus

Pienen siirrettävän aggregaatin tavallisin suojausmenetelmä on sähköinen erotus (413.5). Pienillä siirrettävillä aggregaateilla tarkoitetaan tässä teholtaan enintään noin 5 kVA:n yksivaiheisia, bensiini- tai dieselmootorilla varustettuja aggregaatteja.

Tällaisen aggregaatin pistorasian suojakosketin on yhdistetty vain generaattorin runkoon ja muihin aggregaatin jännitteelle alttiisiin osiin. Generaattorin käämitys on eristetty ja yhdistetty vain pistorasian äärijohtimiin. Tällaisen aggregaatin runkoa ei saa tarkoituksella kytkeä maapotentiaaliin.

Laitteissa on usein ulkoinen maadoituksen liitäntäpiste erillisen maadoituselektrodin käyttöä varten. Niitä käytetään silloin, kun syötetään TN- tai IT-järjestelmiä.

## 2.4 Isommat moottorikäyttöiset aggregaattit

Suurempia aggregaatteja rakennetaan putkikehikoihin, perävaunuihin tai kontteihin. Niiden tehot saattavat ulottua aina 2000 kVA:iin asti. Ne eroavat edellisistä mm. siten, että ne ovat useimmiten kolmivaiheisia ja niihin voidaan kytkeä kuorma joko puolikiinteästi tai pistokytkimellä.

Voimanlähteenä hieman yli 5 kVA:n aggregaateissa on useimmiten bensiinimoottori ja isommissa dieselmootori. Oikein mitoitettuna on käytön kannalta samantekevää, kumman tyyppisestä voimalaitteesta on kysymys.

## 2.5 Traktorikäyttöiset aggregaatit

Traktorikäyttöiset aggregaatit muodostavat oman erikosen ryhmänsä. Ne saavat voimansa traktorin voimausotosta. Generaattorin ja moottorin yhteensovittaminen jää siis ostajan eikä valmistajan vastuulle. Mitoittamisen peukalo-sääntö on, että traktorin akselitehon tulisi olla 1,3–1,5-kertainen generaattorin nimellistehoon (kVA) nähden. Silloin tavanomainen traktorin 50 kW:n moottori jaksaa pyörittää 30 kVA:n generaattoria täydellä teholla.

## 2.6 Aggregaattien varusteet

Aggregaattien rakennetta koskevat standardit antavat vain rakenteellisia ja toiminnallisia raja-arvoja. Suojalaitteisiin ja varusteisiin ei rakennestandardissa esitetä kaikilta osin vaatimuksia.

Aggregaatit on varustettava suojalaitteilla, jotka takaavat henkilöturvallisuuden ja estävät generaattorin aiheuttamista vaurioita muille laitteille sekä järjestelmille, unohtamatta itse generaattoria ja voimakonetta.

Käytönvalvontaa varten tulisi laitteisto varustaa sekä jännite- että taajuusmittauksella lukuun ottamatta pieniä moottorigeneraattoreita. Vaihekohtaisista A-mittareista on myös käytännössä paljon hyötyä.

Laitteissa on arvokilvet sekä laitteiston asennusta, käyttöä ja hoitoa varten kirjalliset ohjeet. Laitteen arvokilven tiedot määritetään laitestandardissa.

Arvokilvessä ilmoitetaan esimerkiksi

- nimellisjännite
- mitoitus-teho
- tehokerroin
- nimellispyörimisnopeus 1/min
- nimellistaajuus Hz
- kotelointiluokka
- moottorigeneraattorin valmistaja
- tyyppi
- sarjanumero.

Laittevalmistajan tulee ilmoittaa laitteen sähköiset suojausominaisuudet, kuten sen syöttämän oikosulkuvirran suuruus ja sallittu kesto-aika. Lisäksi valmistaja voi ilmoittaa, mikä on suurin oikosulussa toimiva johdonsuojakatkaisija laukaisukäyrineen kuorman puolella. Muita tarvittavia tietoja ovat esimerkiksi suurin kerralla kytkettävä kuorma, jolloin laite vielä toimii sallituissa taajuus- ja jänniterajoissa.

Laittevalmistajan on myös toimitettava käyttö- ja huolto-ohjeet käyttäjän kielellä. Erityisesti laitteiden runkoon tehtaalla kiinnitetyt turvaohjeet ja kilvet ovat useimmiten englanninkielisiä.

Aggregaatit tai niiden syöttämät laitteistot tulee varustaa sellaisilla erotuslaitteilla, että laitoksen käyttö ei aiheuta vaaraa tai häiriötä laitteiston käyttäjälle, asennukselle tai jakeluverkolle. Erottamista koskevat yleiset vaatimukset on annettu standardissa SFS 6000-5-53.

Lisäsuojaksi mahdollisesti tarvittavan alijännitesuojauksen toteuttaminen on useimmiten valmistajan vastuulla. Alijännitelaukaisu voidaan toteuttaa alijännitereleen ohjauksella kontaktorilla. Sen kelajännite on otettu generaattorin jännitteestä riippumattomasta apujännitelähteestä, kuten (käynnistys)akusta. Alijännitereleellä voidaan ohjata myös

kompaktikatkaisijaa, joka on varustettu laukaisukelalla ja alijännitereleen ohjauksella kondensaattorilaukaisulaitteella. Tällöin voidaan käyttää laukaisuviivettä, jolloin moottorikäynnistykset tai muut suuret kuormitusmuutokset eivät aiheuta tarpeetonta laukaisua. Usein alijännitesuojalaitteen asettelut ovat  $\pm 8\%$  5 s:n laukaisuajalla. Suojalaitte voi olla sinetöity, jotta asetuksia ei muutettaisi.

Suoraan generaattorijännitteellä ohjattuja kontaktoreita ei päävirtapiireissä pidä käyttää, koska oikosulkutilanteessa generaattorin jännite laskee ja kontaktori päästää. Tällöin generaattorin jännite nousee ja kontaktori ohjautuu uudelleen kiinni. Kontaktori jää pumpaamaan, kunnes se hajoaa tai jokin muu suojalaitte toimii. Kuormien kytkeytyminen saattaa aiheuttaa saman ilmiön.

Ylijännitesuojaus toteutetaan vastaavasti omalla suojalaitteellaan, eikä siinä yleensä käytetä viivettä.

## 2.7 Valinta- ja sijoitusperusteita

Syötettävän laitteiston ominaisuudet tulee tuntea, jotta voidaan arvioida tarvittava kokonaistehontarve, suurin kerralla kytkettävä kuorma, suojalaitteiden toimivuus jne. Aggregaattityyppien soveltuvuutta erilaisille kuormille on havainnollistettu kuvassa 9. Erilaisten kuormien ja laitteiden ominaisuuksia vertaillaan esimerkiksi kuvassa 9.

Kokonaistehontarvetta arvioitaessa tulee huomioida oikosulkumoottorien suuri käynnistysvirta suorassa käynnistyksessä. Käynnistysvirta voi nousta jopa 6–7-kertaiseksi nimellisvirtaan nähden. Suorassa käynnistyksessä oikosulkuvirtamoottorin nimellisvirta ei saisi olla enempää kuin 10 % generaattorin nimellisvirrasta. Muussa tapauksessa generaattorin jännite ei pysy sähkölaitteiden toiminnan edellyttämässä rajoissa. Toleranssien ylittyessä voi aiheutua ongelmia mm. kontaktorien kiinni pysymisessä. Myös aggregaatissa mahdollisesti oleva alijännitelaukaisulaite saattaa lauetta.

Tärkeä valintaperuste on myös kiinteässä asennuksessa käytetty jakelujärjestelmä. Asennusten suojausvaatimusten kannalta asiaa on tarkasteltu enemmän kohdassa 3. Aivan pienimpiä aggregaatteja lukuun ottamatta tulee pyrkiä hankkimaan aggregaatti, joka pystyy syöttämään jatkuvaa oikosulkuvirtaa.

Esimerkiksi TN-C-verkkoja syötettäessä pitää pyrkiä käyttämään jatkuvan oikosulkuvirran syöttävää aggregaattia. Suuria käynnistysvirtoja vaativissa laitteistoissa ei voi käyttää alijännitelaukaisua jne. TN-S-verkkoja syöttävissä aggregaateissa voidaan päävirtapiiriin vikasuojaus toteuttaa käyttämällä joko vikavirtasuojakytkintä tai alijännitelaukaisua. Pieniä siirrettäviä aggregaatteja lukuun ottamatta vikavirtasuojakytkintä päävirtapiirissä käytettäessä sen tulee olla viivästettyä mallia (S-tyyppi) ja nimellistoimintavirrallaan riittävän suuri, esim. 300 mA. Tällaista voidaan käyttää myös maatalouden asennusten syötöissä, mikäli kiinteä asennus on toteutettu TN-S-järjestelmää käyttäen. Näin se ei laukea liian herkästi kumulatiivisista vikavirroista ja verkko on mahdollisesti tehtävissä selektiiviseksi verkossa jo olevien muiden – esimerkiksi henkilösuojaukseen tarkoitettujen – vikavirtasuojakytkimien kanssa.

Aiottaessa syöttää aggregaattilla vanhoja kiinteitä asennuksia kannattaa suunnittelussa huomioida myös aggregaatinärkein liitännispiste kiinteään verkkoon. Asiaan vaikuttavia

seikkoja ovat mm. laitteiston käytettävyydelle asetetut vaatimukset, käytettävissä oleva aggregaattiteho, jakokeskusten rakenne ja syötettävän verkon johtopituudet.

Esimerkiksi maatiloilla harvoin järkevä sijoituspaikka on mittauksen yhteydessä pylväskeskukseksi. Laite tulisi sijoittaa kuormien kannalta edullisesti eli lähelle kulutusposteita. Maatiloilla johdot ovat yleensä varsin pitkiä. Jotta tarvittavien tehojen ja suojausten toimivuuden vuoksi ei tarvitsisi ylivoimaita laitteistoja, voi joskus olla järkevää useamman pienitehoisen laitteen kytkeminen maatilalla eri jakokeskuksiin. Mikäli käytettävissä oleva laitteen teho ei riitä koko keskuksen perässä olevan kuorman syöttämiseen, ei kuvien mukaisella vaihtokytkimellä yksinään voida ratkaista asiaa. Tällöin pitää keskuksen kytketyt kuormat ryhmitellä sopivasti ja lisätä keskuksen kytkimiä osakuormille. Näin voidaan keskuksista erottaa ensin vähemmän tärkeä kuormitus pois ja kriittiset kuormat syötetään aggregaattilla (ks. kuva 7).

Aggregaatin koteloitiluokkaan ja suojaamiseen on myös kiinnitettävä huomiota. Koteloitiluokkia koskevan standardin SFS-EN 60 529 +A1 kohdan 8 mukaisesti käytetään koteloitiluokkakoodissa lisäkirjaimia. Aggregaattikäytöissä on huomioitava, onko vesisuojaus koestettu laitteen pyörievien osien liikkussa (lisäkirjain M) vai niiden ollessa paikoillaan (lisäkirjain S). Vain lisäkirjaimella M varustetut aggregaatit täyttävät pyöriessään koteloitiluokkansa vaatimukset. Ne eivät esim. IP 34 M -rakenteisena vedä jäähdytysilman mukana ympäristöstään laitteen sisään haitallisessa määrin vettä tai lunta.

Käyttöympäristöt voivat laitteen IP-luokituksen mukaan ilman lisäsuojauksia olla seuraavanlaisia:

- IP 20 (ei vesisuojausta) kuivissa sisätiloissa
- IP 21 M (tippuvalta vedeltä suojattu) sisä- ja ulkotiloissa katoksen alla > 0,5 m:n korkeudella tai kotelossa
- IP 23 M (sateelta suojattu) vähintään 0,5 m:n korkeudella maasta
- IP 34 M tai IP 44 M (roiskuvalta vedeltä suojattu) myös maanpinnan tasalla.

Sähköasennusten yleiset koteloitiluokkavaatimukset on annettu kohdassa 6000-8-804.

Käytettäessä IP 21 M -rakennetta on huomioitava katoksen reunan ulottuminen riittävän paljon aggregaatin ulkopuolelle, jotta satava vesi tai lumi ei pääse esim. tuulen mukana laitteeseen. Mikäli aggregaatti koteloidaan, on huolehdittava riittävän jäähdytysilman saannista.

## 3 ASENNUKSEN SUOJAUSVAATIMUKSET

### 3.1 Vikasuojaus

Tässä luvussa tarkastellaan suojausvaatimuksia asennusvaatimusten kannalta. Näin voidaan arvioida erilaisten aggregaattien ja niiden suojausjärjestelyjen toimivuutta asennusstandardin kannalta erilaisissa jakelujärjestelmissä.

Aggregaattilla syötettyjen sähköasennusten vikasuojaus on toteutettu esimerkiksi standardin SFS 6000-4-41 mukaisesti. Vikasuojaus voidaan toteuttaa kohtien 413 ja 551.4 mukaisesti eri jakelujärjestelmissä. Käytännössä pienen siirrettävän aggregaatin suojausmenetelmänä käytetään

sähköistä erotusta (413 ja liite 41C) ja suuremmilla aggregaateilla kiinteää asennusta syötettäessä syötön automaattista poiskytkentää. Liitteen 41C mukaan sähköinen erotus syöttämään useampaa kuin yhtä kulutuslaitetta on sallittua vain silloin, kun asennusta valvoo ammattihenkilö tai opastettu henkilö.

Ongelmalliseksi suojauksen tekee yleensä aggregaatin tuottaman oikosulkuvirran riittämättömyys tai liian lyhyt kesto aika nopeaan syötön poiskytkentään kiinteässä asennuksessa olevilla suojalaitteilla. On huomioitava myös johdonsuojakatkaisijoiden eri laukaisukäyrien vaikutus nopeaan laukaisuun: B-typin johdonsuojakatkaisija laukee varmasti enintään 0,1 sekunnissa vähintään 5-kertaisella oikosulkuvirralla nimellisvirtaan verrattuna. Vastaavasti C-tyyppi tarvitsee 10-kertaisen ja D-tyyppi 20-kertaisen oikosulkuvirran.

Koska aggregaatin syöttämässä sähkölaitteistossa ei siis aina voida toteuttaa syötön automaattista poiskytkentää tavallisilla ylivirtasuojilla, voi suojauksen toteuttaa käytännöllä **joko erilaisia vikavirtasuojakytkimiä tai maasulku-, vakioaikaylivirta- tai alijännitesuojalaitteen ohjaamaa kompaktikatkaisijaa**. Tarvittaessa voidaan apuna käyttää kondensaattorilaukaisulaitetta.

**Vikavirtasuojakytkin** täyttää nopean laukaisun ehdot rakenteensa perusteella helposti. Nimellistoimintavirrallaan 30 mA:n vikavirtasuojakytkin toimii 0,3 sekunnissa jo nimellisellä toimintavirrallaan. Mikäli vikavirran arvo nousee esim. 150 mA:iin, suojalaite toimii 0,04 sekunnissa. Vikavirtasuojakytkin toimii kuitenkin käytännössä vain TN-S-järjestelmässä, jossa generaattorin tähtipiste on maadoitettu. Tämä edellyttää siis maadoituselektrodin asentamista aggregaattiin, jos suojalaite on aggregaatissa.

Edellä kuvattua, enintään 30 mA:n vikavirtasuojakytkintä edellytetään vain tietyn tyyppisissä henkilösuojaukseen liittyvissä tapauksissa, kuten esimerkiksi pistorasioiden ja tiettyjen maa- ja puutarhatalouden asennusten lisäsuojauksessa. Kiinteän asennuksen nopean laukaisun ehdot voidaan normaalisti TN-S-järjestelmissä toteuttaa käyttäen vikavirtasuojakytkintä.

**Muussa kuin henkilösuojauksessa (esim. yli 32 A virtapiirin suojaus) voidaan käyttää 100, 300 tai 500 mA:n vikavirtasuojakytkimiä.** Riittävä selektiivisyys (tarvitaan laukaisu-aika- ja virtaporrastusta) peräkkäisten vikavirtasuojakytkinten välillä voidaan saavuttaa käyttämällä syötön puolella esimerkiksi 500 mA:n S-typin vikavirtasuojakytkintä. Tarkempia tietoja laitteiden selektiivisyydestä saa niiden valmistajilta. Palosuojaukseen käytettävien vikavirtasuojakytkimien nimellisvirta saa kuitenkin olla enintään 300 mA.

Asennusstandardin kohdan 411.3.2 (ja 411.3.2.5) mukaan vaarallinen kosketusjännite pitää kytkeä pois, jos sen pidempiaikainen arvo (> 0,4 s 32 A asti, muut > 5 s) ylittää 50 V (vaihtojännitettä, jos muuta ei mainita). Pienten aggregaattien turvallisuus perustuukin siihen, ettei rajaa pitkäaikaisesti ylitetä. Niissä napajännite häviää oikosuolussa nopeasti.

Kosketusjännite on esiintyvän oikosulkuvirran ja vikapiirin suojajohtimen resistanssin tulo:

$$U_t = I_k \times R_{PE}$$

Jos esimerkiksi ryhmäjohtajan suojajohtimen impedanssi olisi 0,1–0,2 Ω vikapaikan ja pääpotentiaalintasauksen välillä, oikosulkuvirran pitäisi tällöin olla suuruusluokkaa 250–500 A, jotta kosketusjännite nousisi yli 50 V:n.

Tämä tarkoittaa sitä, että generaattorit, jotka eivät pysty syöttämään jatkuvaa oikosulkuvirtaa, eivät yleensä aiheuta kosketusjännitevaaraa. Generaattorit, jotka syöttävät jatkuvaa oikosulkuvirtaa, voivat sen sijaan aiheuttaa vaarallisia kosketusjännitteitä edellisen esimerkin mukaisessa tapauksessa, jos niiden nimellisvirta ylittää 70–150 A. Tehoalueena tämä tarkoittaa noin 50–100 kVA:n laitteita.

Suojausten toimivuutta voidaan tarkastella myös aggregaattilla syötettävien ryhmäjohtojen pituuden perusteella. Kun tunnetaan aggregaattilla jatkuvana syötetty oikosulkuvirta, voidaan käyttää enintään julkaisun D1-2012 taulukoiden 41.7-41.10 mukaisia johtopituus- ja suojalaiteyhdistelmiä.

### 3.1.1 Kiinteästi asennettu sähkölaitteisto, TN-järjestelmä

Suojauksessa noudatetaan standardin SFS 6000-4-41 kohdan 411.4 perusvaatimuksia ja standardin SFS 6000-5-55 kohdan 551 lisävaatimuksia.

Aggregaattien syöttämien laitteistojen suojausvaatimukset täyttyvät kätevimmin käyttämällä TN-S-järjestelmää ja vikavirtasuojakytkimiä. Pienitehoisten siirrettävien tai kannettavien laitteiden syöttäessä kiinteätä asennusta tämä on käytännössä ainoa käytökelpoinen tapa.

Aiemmin rakennetuissa laitteistoissa on kuitenkin usein TN-C-järjestelmän mukaisia osia, jolloin vikavirtasuojakytkimiä ei voi käyttää. Tällöin on käytettävä aggregaatin ominaisuuksista riippuen alijännite- tai vakioaikaylivirtasuojauksista suojausvaatimusten toteuttamiseksi. Pelkästään vakioaikaylivirtasuojauksista käytettäessä on kuitenkin aina varmistettava poiskytkentäehtojen toteutumisesta.

### 3.1.2 IT-järjestelmä

IT-järjestelmä tulee harvoin sovellettavaksi. Suojauksessa noudatetaan standardin SFS 6000-4-41 kohdan 411.6 vaatimuksia. IT-järjestelmän sähkölaitteiston jännitteelle alttiit osat suojamaadoitetaan suojamaadoitusjohtimen välityksellä maadoituselektrodiin. Järjestelmässä voidaan käyttää laukaisevaa eristystilan valvontalaitteistoa tai vikavirtasuojakytkimiä tietyn edellytyksin.

Sähkölaitteistolla on oltava maasulkuvalvonta. Ensimmäistä vikaa ei edellytetä kytkettäväksi pois, jos vika ei aiheuta 50 V:a suurempaa kosketusjännitettä. Ensimmäinen vika suositellaan kuitenkin kytkettäväksi mahdollisimman nopeasti pois. IT-järjestelmässä toisen vian poiskytkennän on tapahduttava kuten TN-järjestelmissäkin.

Pienitehoisilla aggregaateilla suojaus on tavallisesti toteutettu käyttäen suojaerotusta yhdelle tai useammalle laitteelle. Tällöin syötetään muita kuin kiinteitä asennuksia. Sähköisen erotuksen vaatimukset on esitetty standardin SFS 600-4-41 kohdassa 413. Sähköisessä erottamisessa useammalle laitteelle ei suojajohdinpiiriä maadoiteta, vaan käytetään maasta eristettyä potentiaalintasausjohtinta. Tämä toteutuu käytännössä luonnostaan käyttämällä suojausluokan 1 jatkojohtoa tms. Erillistä maadoituselektrodiä ei tällöin vaadita eikä saakaan käyttää. On kuitenkin huomioitava käyttäjän opastamisvelvoite liitteen 41C kohdan 41C.3 mukaisesti.

Mikäli siirrettävällä pienitehoisella generaattorilla syötetään siirrettävää tai tilapäistä sähkölaitteistoa ja suojajohdinpiiri maadoitetaan käyttämällä suojamaadoituselektrodiä (IT-järjestelmä), täytyy syötön automaattisen poiskytkennän varmistamiseksi suojata asennus enintään 30 mA:n vikavirtasuojakytkimellä tai muulla kohdan 411.6.3 mukaisella tavalla.

### 3.1.3 Maadoituselektrodi

Mikäli aggregaattilla on mahdollista syöttää kiinteää sähkölaitteistoa siten, että laitteisto on erillään yleisen jakeluverkon maadoituksesta, tulee sähkölaitteistolle aina rakentaa oma maadoituselektrodi (551). Maadoituselektrodi tarvitaan myös TN- ja IT-järjestelmille. Messujen ja näyttelyiden aggregaattisyötöissä voidaan käyttää erillistä elektrodia.

Mikäli käyttöpaikka on aina sama, voi elektrodi olla valmiiksi asennettu.

## 3.2 Asennuksen tai laitteen ylivirtasuojaus

Aggregaattien syöttämien sähkölaitteistojen ylivirtasuojaus on toteutettava kohtien 43 ja 551.5 mukaisesti.

### 3.2.1 Ylikuormitussuojaus

Ylikuormitussuojaus tulee toteuttaa siten, että se toimii kaikissa generaattorin käyttötilanteissa ottaen huomioon käynnistystilanteet kuten suurimmat moottorikäytöt yms. Se toteutetaan käyttämällä ylikuormitussuojia (lämpörele tai vastaava terminen suojalaite). On huomattava, että sulakkeet toimivat luotettavasti johdon ylikuormitussuojana vasta riittävän suurella ylivirralla, vähintään 1,45 kertaa johdon kuormitettavuus (6000-4-43, kohta 433.1), kun sulake on johdolle taulukoista oikein valittu.

### 3.2.2 Oikosulkusuojaus

Oikosulku aiheuttaa yleensä napajännitteen ja vikavirran putoamisen nopeasti niin pieneksi, että tavanomaisten oikosulkusuojien toiminta voi olla epävarmaa. Viallisen kohdan häviöteho voi aiheuttaa palovaaran, ja mikäli oikosulku ei voida kytkeä riittävän nopeasti pois tavanomaisilla ylivirtasuojilla, tulisi suojausta täydentää ja käyttää lisänä muita suojalaitteita kuten alijännitelaukaisua. Oikosulkusuojaus voi perustua pienillä aggregaateilla myös niiden rakenteellisiin ominaisuuksiin.

Tietojen suojalaitteista kytkentöineen tulee löytyä valmistajien esitteistä ja käyttöohjeista.

## 4 AGGREGAATIN LIITTÄMINEN SÄHKÖLAITTEISTOON

Aggregaatti voidaan liittää kiinteään laitteistoon joko pistokytkimellä, puolikiinteästi tai kiinteästi. Esimerkkikuvissa liitännät aggregaattiin on tehty kiinteän asennuksen puoli-kiinteällä liitosjohtolla.

Liitettäessä generaattori pistokytkimellä tulee pistokytkiten täyttää julkaisun SFS 6000 vaatimukset (813). Liitäntäjohtossa on käytettävä nollajohtimesta erillistä suojajohdinta.

Aggregaatin ja yleisen jakeluverkon virtapiirien rinnankytkennän tulee tämän ohjeen esimerkeissä olla estetty.

Vaatus voidaan toteuttaa esimerkiksi kolmiasentoisella nelinapaisella vaihtokytkimellä, joka katkaisee toisen syötön, ennen kuin toinen syöttö kytkeytyy.

Suunniteltaessa generaattorin kytkemisjärjestelmiä kiinteistöverkkoon tulee kiinteästi kytkettäville laitteistoille ensimmäiseksi suunnitella normaaliverkon ja aggregaatin vaihtokytkentä. Kytkentäjärjestely riippuu eniten syötettävän laitteiston jakelujärjestelmästä ja aggregaatin suojalaitteista. Kytkentöjen tarkoituksena on estää normaaliverkon ja aggregaattiverkon rinnankäyttö ja mahdollistaa verkon ja aggregaatissa olevien suojalaitteiden toiminta. Vaihtokytkin voi olla omassa kotelossaan, jolloin sen voi sijoittaa minkä tahansa sopivan pää- tai jakokeskuksen yhteyteen. Sopivimpia ovat kuormitusten painopisteiden lähellä olevat keskuskeskukset. Vaihtokytkin voidaan asentaa tilan sallissa myös olemassa olevaan keskuskeskukseen tai vaihtaa se olemassa olevan pääkytkimen tilalle. Oikea nimellisvirta ja 4-napainen rakenne ovat lähtökohtia. Ainoastaan TN-C-järjestelmiä syötettäessä riittää 3-napainen vaihtokytkin.

Jos aggregaatti liitetään jakelujärjestelmään paikassa, jossa myös syötettävän verkon puolella on TN-S-järjestelmä, on aggregaatin ja verkon välisen vaihtokytkimen oltava 4-napainen. Aggregaatin nollapiiri on yhdistetty maadoitettussa tähtipisteessä suojamaadoitusjohtimeen. Ilman 4-napaista vaihtokytkintä TN-S-järjestelmän erilliset nolla- ja suojamaadoitusjohtimet yhdistyisivät normaaliverkon tilanteessakin. Tämä ei ole standardin mukaan sallittua (mm. kohdat 312.2.1 ja 543.4.3).

Verkko- ja generaattorisytön **eriytetyn nollapiirin** tulee kulkea vaihtokytkimen kautta. Ilman vaihtokytkintä voi syöttää vain järjestelmiä, joita ei ole lainkaan kytketty jakeluverkkoon.

Aggregaatin liitäntäpistettä syötettävän verkon PEN-johdinta ei pidä katkaista generaattorisytöissä. Jos PEN-johdin katkaistaan, on generaattorin syöttämälle kiinteälle asennukselle asennettava oma maadoituselektrodinsa. Sähkölaitteistolla on oltava kiinteistöön kuuluva maadoituselektrodi. Vikavirtavalvontajärjestelmiä ei voi käyttää TN-C-järjestelmissä.

On myös huomioitava mahdolliset suuret kuormitukset, esim. sähkölämmityskuormat, jotka voivat odottamatta kellokytkimellä tai jakeluverkkoyhtiön kauko-ohjauksella kytkeytyä päälle varavoimalla varmistettuun verkkoon. Ellei generaattori jaksaa näitä kuormia syöttää, tulee generaattorin ylikuormittuminen estää näiden kuormien ryhmittelymuutoksien tai estämällä kauko-ohjauksen toiminta esimerkiksi ketjuttamalla ohjaus vaihtokytkimen apukeskustimien kautta.

Suuritehoisten moottoreiden käynnistäminen on myös suunniteltava tarkasti. Suoraan verkkoon kytkemisen vaihtoehtona voidaan käyttää tähti-kolmio-käynnistystä. Tähti-kolmio-käynnistimellä voidaan käynnistysvirta pudottaa kolmasosaan suorasta käynnistyksestä. Näin aggregaatilla syötettyyn verkkoon voidaan kytkeä kolme kertaa edellistä suurempia moottoreita. Pehmokäynnistin mahdollistaa vielä suurempien moottoreiden käynnistämisen.

Kiinteän asennuksen keskus tai muu liitäntäpaikka, johon aggregaatti liittyy, suositellaan varustettavaksi varoitus- ja

ohjekilvillä: "Kiinteistöasennusten, generaattorin tai liitäntäkaapelin muutostöiden yhteydessä työtä tekevän sähköalan ammattilaisen on tarkistettava laitteiston ja aggregaatin yhteensopivuus."

Kun generaattori liitetään kiinteään verkkoon kojepistokytkimellä, suositellaan kiinteän asennuksen generaattorisytön pääkytkimen koskettimien avausväliksi vähintään 8 mm:ä.

Yleisen jakeluverkon jännitteestä suositellaan ilmaisua esimerkiksi merkkilampulla tai jännitemittarilla, jolla normaalitytilanne katkoksen jälkeen havaitaan. Mikäli aggregaatti on kaukana vaihtokytkimestä, voisi jännitteenilmaisina olla kuvien mukaisesti myös vaihtokytkimen takapuolella osoitamassa aggregaatin jännitesyöttöä.

Liitettäessä laitteisto TN-C-järjestelmään ei suojaus siiv voi perustua vikavirran valvontaan. Tällöin aggregaatin tulee pystyä syöttämään sellainen riittävän pitkään jatkuva oikosulkuvirta, että vikasuojaukseen käytetyt normaalit ylivirtasuojalaitteet toimivat enintään 0,4 tai 5 sekunnissa. Vaihtoehtoisesti on käytettävä esimerkiksi alijännitelaukaisua. Kun vikatilanteessa jännite laskee tietyn rajan alle, tapahtuu jännitteen katkaisu säädetyn viiveen jälkeen.

Esimerkkejä kytkennöistä on esitetty kuvissa 3–7.

Kiinteät asennukset suojalaitteineen voivat olla uusia tai vanhoja. Ne on rakennettu kulloisenkin rakentamisaikakohdan määräysten mukaisesti, mikä on syytä myös huomioida, jos suojaukset perustuvat syötettävän laitteiston omiin suojalaitteisiin.

## 4.1 Yksivaiheiset aggregaatit

Tavallisesti yksivaiheisella aggregaatilla syötetään siirrettäviä tai tilapäislaitteistoja.

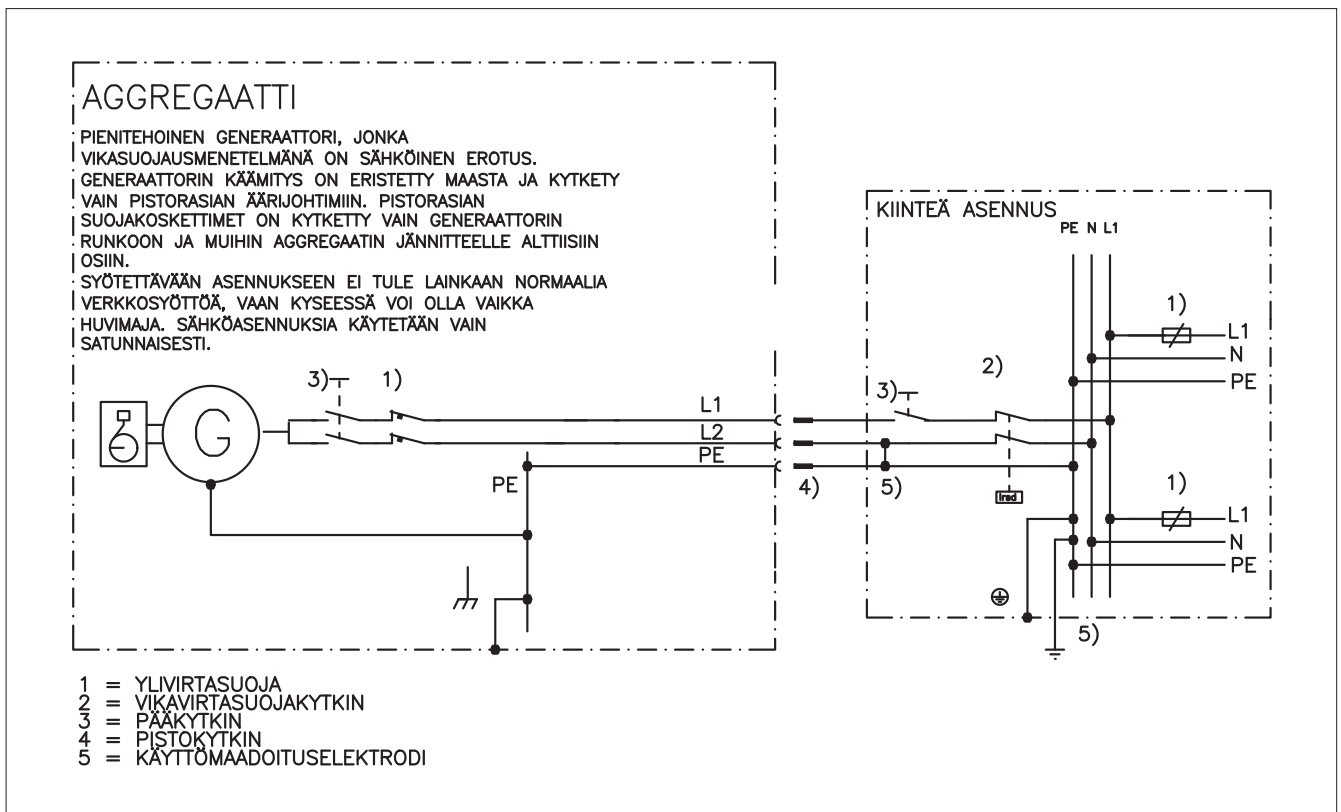
Pienellä aggregaatilla voi syöttää tilapäisesti myös sen teholle sopivaa kiinteätä sähköasennusta kojevastakkeen kautta, ks. kuva 3. Kiinteä asennus voi olla vaikka kesähuvi tai erämaja. Uusimmat aggregaatit ovat niin hiljaisia (alle 60 dB / A / 7 m), että tämäntyyppinen käyttö on yleistymässä.

Kuvan 3 mukaisesti kiinteätä asennusta syötettäessä on kyseessä kiinteän asennuksen osalta TN-S-järjestelmä, jossa nopea laukaisu saadaan aikaan vikavirtasuojakytkimellä.

Kuvan 3 mukaisessa tilanteessa on huomioitava, että suojaus toimii vasta kiinteässä asennuksessa vikavirtasuojakytkimen jälkeen. Asennuksessa on käytettävä vikavirtasuojakytkimiä nopean laukaisun ehtojen täyttämiseksi.

Joissain pienissä aggregaateissa itsessään on vikavirtasuojakytkin, vaikka äärijohtimet ovat suojajohdinpiiristä eristettyjä. Tällaisella aggregaatilla voidaan edelleen syöttää kiinteää asennusta.

Kun pienen aggregaatin käämityksen virtapiiriä ei ole maadoitettu ja itse aggregaatissa on vikavirtasuojakytkimiä, on huomioitava, etteivät ne normaalisti toimi ensimmäisessä viassa. Jotta suojaus toimisi, pitäisi yhtä aikaa olla vika sekä syötettävässä järjestelmässä että harvinainen eristysvika generaattorin käämityksessä. Muutoin ei synny vikavirtasuojakytkimen toiminnan kannalta olennaista virtatietä vika paikasta generaattorin käämitykseen.



**Kuva 3. Esimerkki aggregaatti syöttää kiinteätä asennusta, jossa nopeaan poiskytkentään käytetään vikavirtasuojakytintä. Aggregaatissa ei välttämättä ole erillistä ylivirtasuojaa tai pääkytkintä.**

## 4.2 Kolmivaiheiset aggregaatit

### 4.2.1 TN-järjestelmän syöttö

Lähtökohtana on se, että kuvien mukaiset 3-vaiheiset aggregaatit ovat muita kuin SFS 6000 kohdan 551.7 mukaisia verkon kanssa rinnan käyviä laitteita.

Kuvan 4 esimerkissä aggregaatilla syötetään puhdasta TN-S-järjestelmää. Syötön automaattinen poiskytkentä toteutuu ylivirtasuojilla.

Kuvan 5 mukaisessa tapauksessa syötön automaattinen poiskytkentä voi toteutua joko ryhmäjohtotason vikavirtasuojakytimillä, ylivirtasuojilla (jos oikosulkuvirta on riittävän iso) tai päävirtapiirin alijännitelaukaisulla.

Enintään 20 A:iin saakka vaaditaan pistorasioille enintään 30 mA:n vikavirtasuojakytin yleiskäytössä. Isovirtaisen generaattorin päävirtapiirin suojana voi olla 30 mA:a suurempikin vikavirtasuojakytin (jotta se olisi käyttökelpoinen).

Nopean poiskytkennän ehtojen toteutuminen vikavirtasuojakytimellä edellyttää tähtipisteen maadoittamista. Lisäksi edellytetään erillisen maadoituselektrodin asentamista.

Ongelmaksi muodostuu esimerkiksi tällaisten traktoriaggregaattien käyttö ympäristössä, jossa jakelujärjestelmä onkin TN-C-järjestelmä. Silloin vikavirtasuojakytin ei pysy päällä.

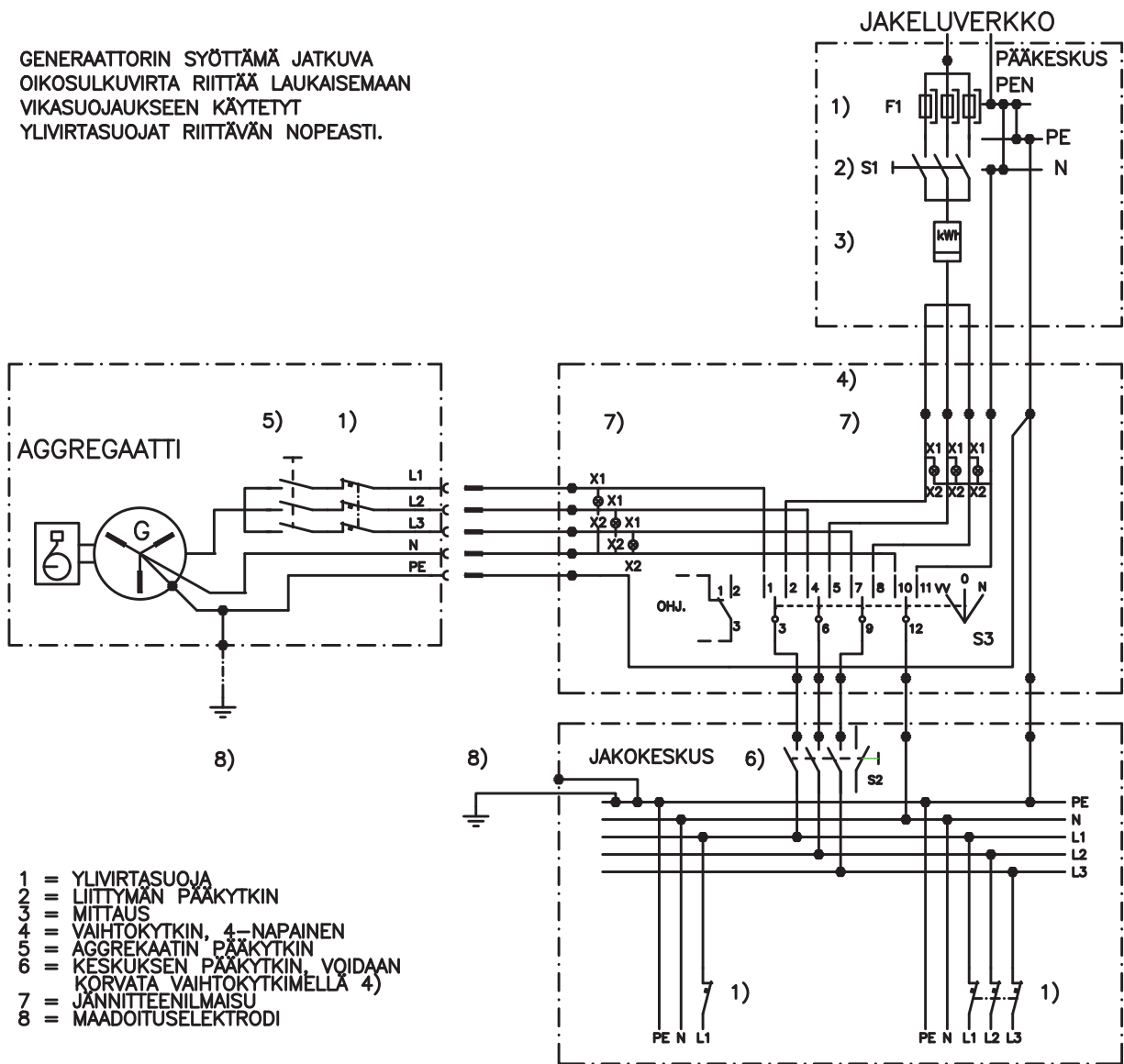
Kuva 6 edustaa tavanomaista maatalan sähköverkon liittämiskohtaa. Aggregaatin tulee syöttää riittävä oikosulkuvirta, jolloin syötön automaattinen poiskytkentä toteutuu kiinteässä asennuksessa olevilla ylivirtasuojilla. Muussa tapauksessa aggregaatin päävirtapiirissä pitää olla alijännitelaukaisulaite.

Mikäli ei haluta tai ei ole mahdollista syöttää koko keskuksen kuormaa aggregaatilla, voidaan keskuksen kuormitukset jakaa kuvan 7 mukaisesti kriittisiin ja vähemmän tärkeisiin kuormiin. Vaihtokytimessä on tällöin mekaanisesti kytkettynä lisäosa, joka erottaa sekä 0-asennossa että varavoima-asennossa (vv) vähemmän tärkeät kuormat pois kuormittamasta aggregaattia. Kuvan 7 mukainen kytkentä ei tavallisesti ole mahdollinen olemassa olevaan keskuksen toteutettuna, vaan keskus tulee vaihtaa. Silloin tulee huomioitua kuormien jaottelu oikein ja voidaan molemmilla puolilla varautua myös tehonlisäyksiin.

### 4.2.2 Siirrettävät ja tilapäislaitteistot

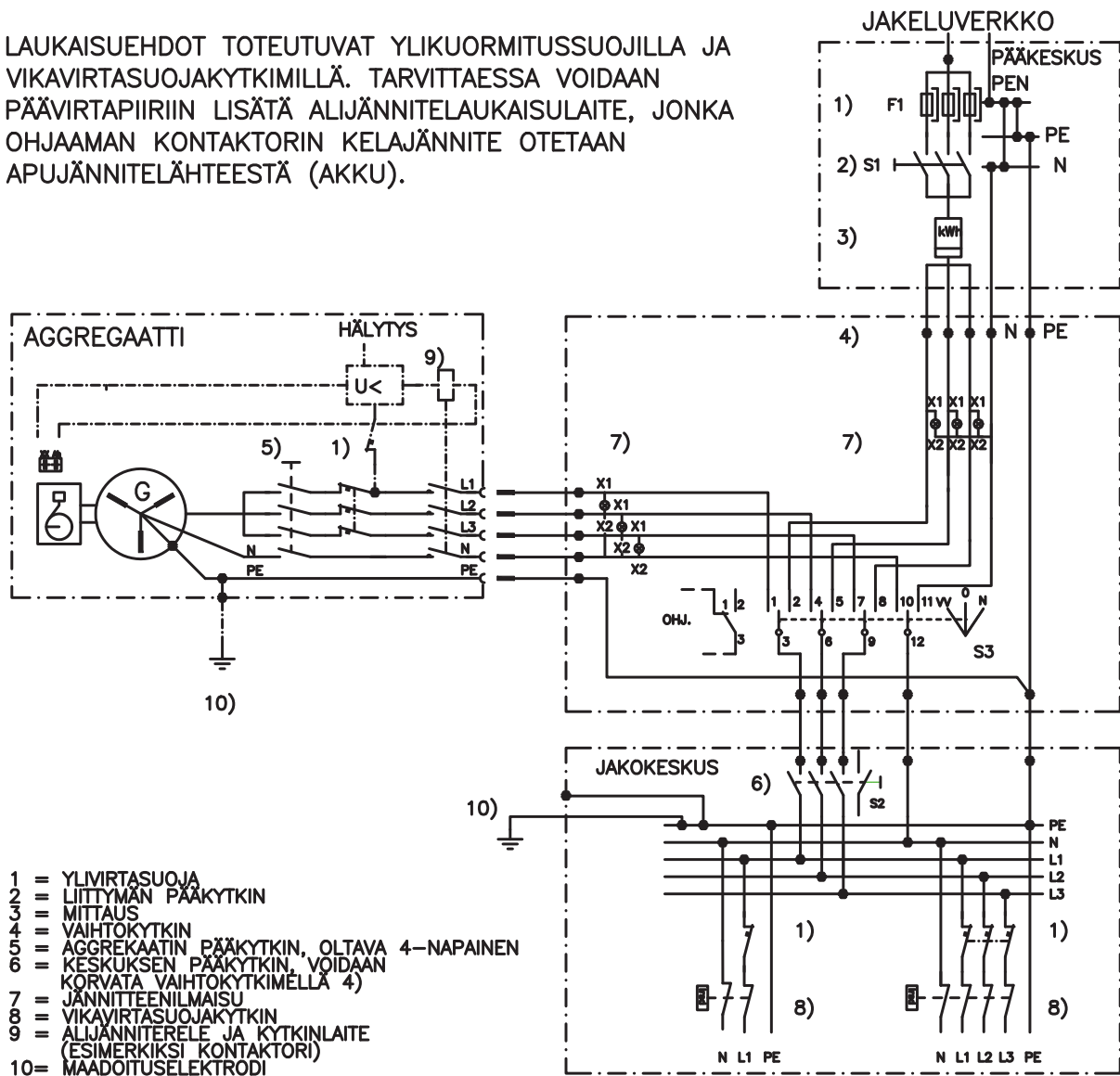
Tilapäislaitteistojen syöttämistä aggregaatilla on käsitelty tämän kartin alkuosassa. Kuvan 8 esimerkkiratkaisu, jossa generaattorin nimellisvirran tulee olla 20 A:a suurempi, edustaa hyvää ja toimivaa rakennetta siirrettävien ja tilapäislaitteistojen syötössä.

GENERAATTORIN SYÖTTÄMÄ JATKUVA  
OIKOSULKUVIRTA RIITTÄÄ LAUKAISEMAAN  
VIKASUOJAJUKSEEN KÄYTETYT  
YLVIRTASUOJAT RIITTÄVÄN NOPEASTI.

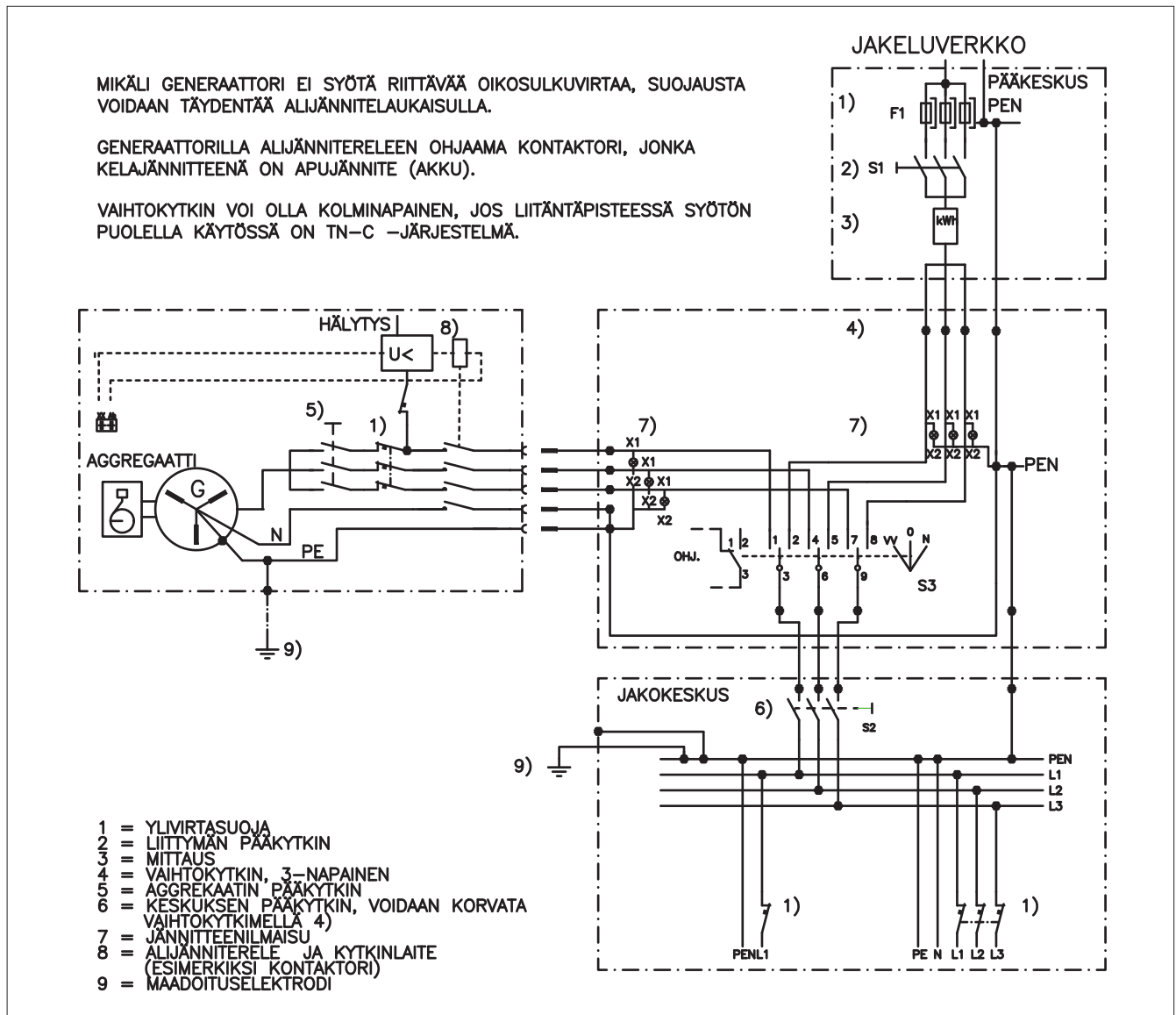


Kuva 4. Aggregaatilla syötetään puhdasta TN-S-järjestelmää. Syötön automaattinen poiskytkentä toteutuu ylivirtasuojilla.

LAUKAISUEHDOT TOTEUTUVAT YLIKUORMITUSSUOJILLA JA VIKAVIRTASUOJAKYTKIMILLÄ. TARVITTAESSA VOIDAAN PÄÄVIRTAPIIRIIN LISÄTÄ ALIJÄNNITELAUKAISULAITE, JONKA OHJAAMAN KONTAKTORIN KELAJÄNNITE OTETAAN APUJÄNNITELÄHTEESTÄ (AKKU).



Kuva 5. Esimerkki generaattorin liittämisestä kiinteään sähkölaitteistoon, TN-S-järjestelmä.



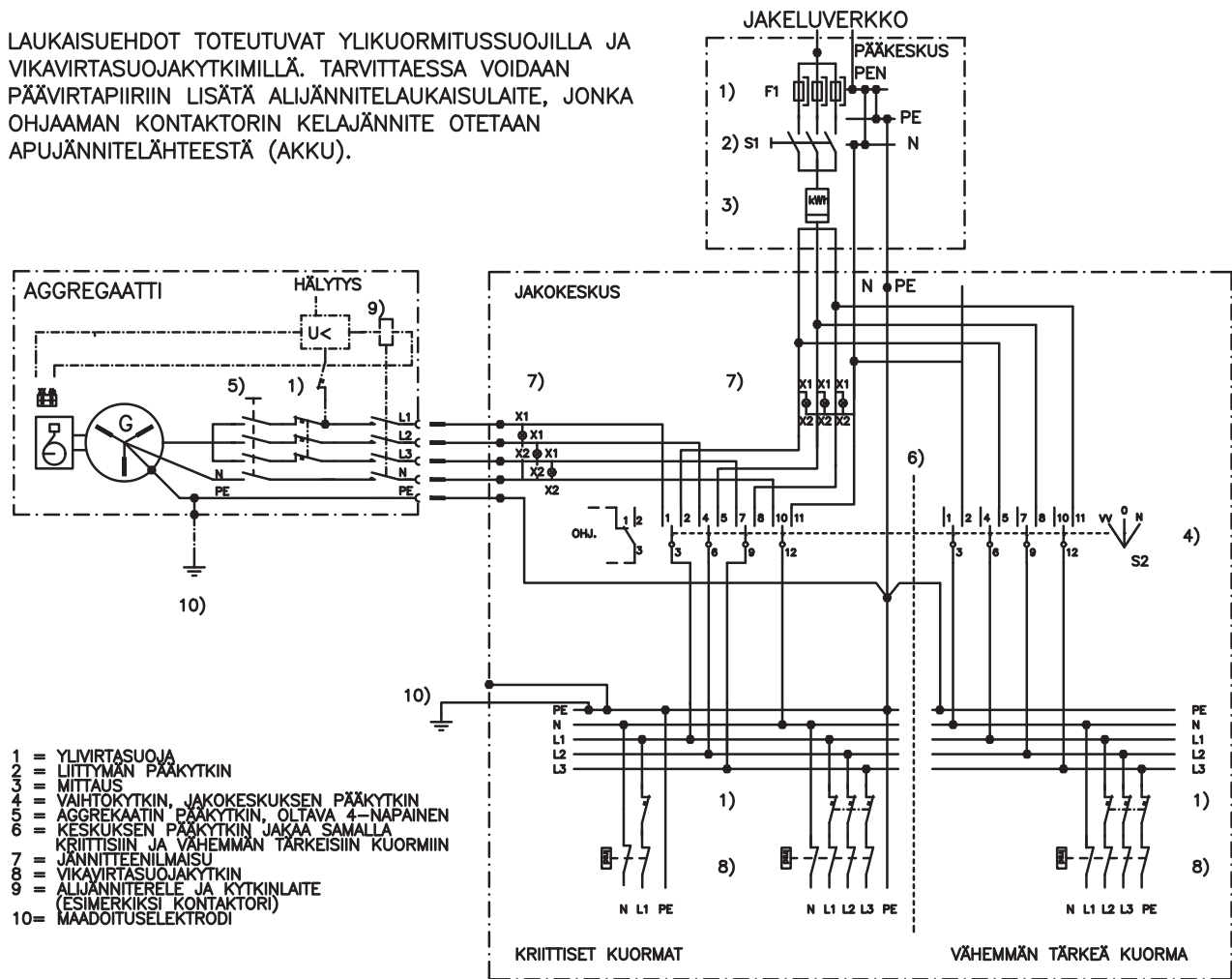
Kuva 6. Esimerkki generaattorin liittamisestä kiinteään sähkölaitteistoon (TN-C-järjestelmä).

## 5 YHTEENVETO HANKINTAAN LIITTYVISTÄ VALINTAKRITEEREISTÄ

Aggregaatin valinnassa huomioitavia asioita:

1. Vanhan verkon jakelujärjestelmän selvittäminen:
  - mikä TN-järjestelmästä käytössä
  - liityntä kiinteään verkkoon vain vaihtokytkimen avulla.
2. Eri jakelujärjestelmiin soveltuvia suojauksen toteutus-tapoja:
  - suojaerotus
  - vikavirtasuojakytkin
  - vakioaikaylivirtasuojaus
  - aggregaatin rakenteelliset ominaisuudet
  - alijännitelaukaisu.
3. Eri aggregaattien vaihtoehdot edelliseen:
  - asynkroniset generaattorit
  - synkronigeneraattori syöttää / ei syötä oikosulkuvirtaa
  - alijännitelaukaisulaite
  - lisäksi ylivirta- ja joissakin tapauksissa alijännitesuojaus.
4. Mitä laitteita ja laitteistoja on ehdottomasti liitettävä varavoimaan:
  - ilmastointi (kanalat, sikalat)
  - vesihuolto, ruokinta, lannanpoisto
  - lypsyasema, maidonjäähdytys
  - valaistus, tietokoneet
  - jäätymisen esto
  - mahdolliset epälineaariset kuormat ja niihin liittyvät ongelmat.
5. Suurimpien koneiden koko ja käynnistysvirta:
  - huomioidaan tehokertoimet laskelmissa
  - tarkistetaan, onko ilmoitettu aggregaatin pätö- vai loisteho.
6. Onko tietokoneiden käyttötarvetta vikatilanteessa:
  - valittava aggregaatti, jossa pienisäroinen vaihejännite
  - tarvittaessa esim. UPS-laite lisäksi.
7. Riittävä vesisuojaus aiotussa käyttöympäristössä aggregaatin käydessä (lisämerkintä M); tarvittaessa lisäsuojaus.

LAUKAISUEHDOT TOTEUTUVAT YLIKUORMITUSSUOJILLA JA VIKAVIRTASUOJAKYTKIMILLÄ. TARVITTAESSA VOIDAAN PÄÄVIRTAPIIRIIN LISÄTÄ ALIJÄNNITELAUKAISULAITE, JONKA OHJAAMAN KONTAKTORIN KELAJÄNNITE OTETAAN APUJÄNNITELÄHTEESTÄ (AKKU).



Kuva 7. Jakokeskus, jossa vain osa kuormista on varmistettu varavoimalla.

Maatiloilla erityisesti:

8. Omalla voimakoneella tai traktorilla käytettävä generaattori (traktorikäytön taajuustarkkuus ei yleensä riitä tietokoneille).

Yleisin moottorigeneraattorin käyttöteho traktoreille on 30 kVA, koska

- yleinen n. 50 kW:n traktorin teho riittää pyörittämään 30 kVA:n generaattoria täydellä teholla
- suurimmat yksittäiset sähkömoottorit tai yhtäaikaaisesti käytettävät laitteet jäävät yleensä teholtaan alle 25 kW:n ja järkevällä vuorottelulla saadaan kaikki toiminnot autettavasti tehtyä
- 30 kVA:n laitteistot ovat hinnaltaan kohtuullisia.

Suurimmilla tiloilla kannattaa harkita kahden noin 30 kVA:n aggregaatin hankintaa. Kahdennuksella saavutetaan käyttövarmuutta jakamalla yhtäaikaaisesti varavoimaa tarvitsevat käyttökohteet tarkoituksenmukaisesti eri käyttöryhmiin.

9. Onko kartoitettu eri tilojen yhteiskäyttömahdollisuudet:

- onko verkon vaiheistus sama eri tiloilla (vaihejärjestyksen ilmaisun ja ulkopuolinen suunnanvaihtaja)
- adapterikaapelit suunnanvaihtajalle tiloittain.

10. Aggregaatin suojalaitteet ja varusteet:

- huolelliset käyttöohjeet laminoituna käyttöpaikoille ja pikaohje portaittaiseen käynnistykseen.

11. TE-keskuksen tuki laitteistohankintaan.

12. Siirrettävät traktorikäyttöiset aggregaatit on yleensä suunniteltu nivelakselin pyörimisnopeudelle 500 r/min, jolloin generaattorin pyörimisnopeus on 1500 r/min tai 3000 r/min (mieluiten ylikuormitussuojalla varustettu nivelakseli).

## 6 VARAVOIMAN KÄYTTÖÖNOTTO, HUOLTO JA KOEKÄYTTÖ

### 6.1 Käyttöönotto ja käyttö

Aggregaatin käytössä ja huollossa on noudatettava valmistajan antamia ohjeita käyttötavoista ja huoltoväleistä.

Sähkökatkon varalle hankittua laitteistoa kannattaa opetella käyttämään huolellisesti. Käyttöohjeet kannattaa erityisesti yhteiskäytössä täydentää sellaiseksi tilakohtaiseksi ohjeeksi, että laitteisto voidaan tilanteen niin vaatiessa ottaa käyttöön selväpiirteisillä askel askeleelta etenevillä pikaohjeilla. Pikaohjeet voisi laminoida ja kiinnittää käyttöpaikalle pysyvästi.

Ennen laitteiston käynnistystä on selvitettävä ja myös tarkistettava käyttöohjeista, edellytetäänkö erillisen maadoituselektrodin käyttöä. Tarvittaessa sellainen tehdään esim. pystyelektrodista ja kunnollisista liitäntäosista.

### 6.2 Säilytys ja huolto

Valmistajat antavat useimmiten kaksitasoiset ohjeet: toisaalta laitteen käytön yhteydessä tapahtuvat tarkistus- ja huoltotoimenpiteet ja pidempiaikaisen varastoinnin varalle tehtävät toimet. Laitteen normaalin säilytyspaikan tulisi olla kuiva ja pölytön tila.

Käyttöön liittyviä toimenpiteitä ovat lähinnä polttoaineen ja voiteluöljyn määrän sekä suodattimien kunnon tarkistaminen. Toki laite on syytä myös silmämääräisesti tarkistaa ennen käynnistystä. Käynnissä olevan laitteiston suojalaitteet pyritään myös testaamaan. Ainakin vikavirtasuojakytkimien testaaminen niiden omista testipainikkeista on yksinkertainen toimenpide, joka osaltaan varmistaa suojalaitteen toiminnan vikatilanteessa. Myös aggregaatin pistorasioiden suojakosketinliuskojen kuntoa on syytä seurata, erityisesti korrosoivassa ympäristössä.

Pidempiaikaista säilytystä varten suositellaan mm. pienten aggregaattien polttoaineen uimurikammion tyhjentämistä, käynnistysnarusta vetäen venttiilien sulkemista ja akun siirtämistä kuivaan ja viileään paikkaan. Tarvittaessa tyhjenetään myös polttoainesäiliö. Tarkemmat ohjeet löytyvät valmistajan laitekohtaisista ohjeista.

Aggregaatin akustoa uusittaessa tulee huomioida aggregaatin ominaisuudet ja käyttötavat. Normaaleissa käynnistysakuissa ei ole kennojen välissä riittävän hyvää erotusta, koska liikkeen aiheuttama värinä poistaa mahdolliset kennojen väliset ”karstat”. Jos laite on jatkuvasti paikoillaan tai akusto on erillään värisevästä runko-osasta, on käytettävä sellaisia paikalliskäyttöön tarkoitettuja akkuja, jotka on riittävästi suojattu kennojen välisiltä oikosuluilta. Näistä käytetään usein nimityksiä putkilevyakku, trukkiakku tai paikallisakku.

### 6.3 Koekäyttö

Koekäyttö ja ylläpitohuolto tulisi tehdä vähintään vuosittain, jotta laite pysyy kunnossa ja takuehdot ovat voimassa. Huomionarvoista on myös varmistaa, että ylikuormitussuojalla varustettu nivelakseli on aina käytettävissä.

Pysyvämmässä, omalla polttomoottorilla varustetuissa laitoksissa koekäyttö kannattaa tehdä kerran kuukaudessa ja niin, että polttomoottori saavuttaa normaalin käyttölämpötilansa. Polttoainetankki kannattaa tyhjentää muutaman vuoden välein, varsinkin jos käyttötunteja on kertynyt vain koekäynnistyksissä.

Generaattoria koekäytetään kuukausittain käyttölämpötilaansa (eli ei vain käynnistys vaan käyttö myös kuormitetuna) ainakin 25 % kuormalla, mieluiten vielä suuremmalla teholla. Mikäli kuormituskokeita ei tehdä, voi moottori karstoittua niin, että täydellä kuormalla moottori sammuu. Polttomoottorikäytöissä laitoksissa tehdään samalla seuraavat tarkastukset:

- oikea akustojen nestetaso ja latausjännite
- oikea hihnojen kireys
- polttonestesäiliö täynnä
- oikea voiteluöljymäärä
- oikea jäähdytysnesteen määrä
- mittarien lukemat normaalit käynnin aikana
- jäähdytys toimii normaalisti
- käyntiääni, värinä ja pakokaasun väri ovat normaalit
- putkissa, liitoksissa ja laitteissa ei esiinny vuotoja, hankautumia tai resonanssivärinäitä.

### 6.4 Kytkentä sähkökatkon aikana ja sen jälkeen

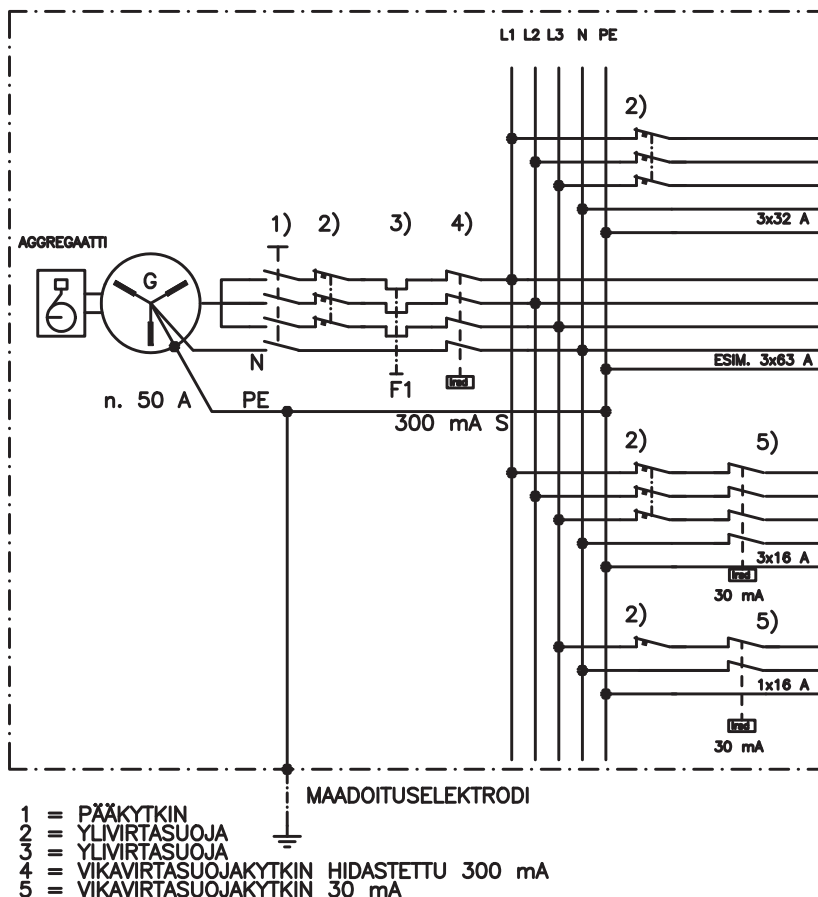
Kuvan mukaiset vaihtokytkimet sisältävät merkkivalot kaikille vaiheille sekä normaaliverkon että aggregaatin syötösuunnasta. Kun sähköt katkeavat yhdestä tai useammasta vaiheesta jakeluverkon vian vuoksi (osa normaaliverkon merkkilampuista ei pala), käännetään turvallisuussyistä ensin sekä pääkeskuksen pääkytkin että aggregaatin vaihtokytkin 0-asentoon. Näin estetään jännitteen pääsy jakeluverkkoon. Sillä hetkellä ei pala yksikään vaihtokytkimen merkkivaloista. Koska useimmat aggregaatit vaativat käynnistyksen ennen kuormien kytkemistä, pidetään aggregaattikytkin aluksi 0-asennossa. Aggregaatti käynnistetään sen omien käyttöohjeiden mukaisesti. Käynnin tasaannuttua voidaan kytkeä kuormitukset päälle kääntämällä vaihtokytkin aggregaatti-asentoon.

Jakeluverkon verkkohäiriön poistumista voi seurata joko verkkoyhtiön nettisivuilta tai vaihtokytkimen merkkivaloista. Yhden tai kahden vaiheen palautuminen ei mahdollista normaaliverkkoon palaamista, koska verkossa on edelleen vikaa. Pahimmillaan PEN-johdin on poikki ja tilanne voi polttaa sähkölaitteita tai sytyttää jopa tulipalon. Siksi on tärkeätä varmistua siitä, että jakeluverkon kaikki viat on korjattu ja kaikki kolme merkkivaloa palavat myös vaihtokytkimen jakeluverkkopuolella. Tällöin käännetään vaihtokytkin 0-asentoon ja sen jälkeen sammutetaan aggregaatti valmistajan ohjeiden mukaisesti. Tämän jälkeen käännetään pääkeskuksen pääkytkin 1-asentoon ja sen jälkeen vaihtokytkin normaaliverkon asentoon.

MALLIRATKAISU AGGREGAATISTA, JOKA SOVELTUU SELLAISENAAN SIIRRETTÄVIEN JA JA TN-S -JÄRJITELMÄN MUKAISTEN TILAPÄISTEN JA PYSYVIEN LAITTEISTOJEN SYÖTTÄMISEEN.

KOSKETUSJÄNNITESUOJAUS PERUSTUU ENSISIJAISETI VIKAVIRTASUOJAKYTKIMEN KÄYTTÖÖN. PÄÄVIRTAPIIRISSÄ ON S-TYYPIN 300 mA VIKAVIRTASUOJAKYTKIN, JOLLOIN SE ON SELEKTIVINEN LISÄSUOJINA TOIMIVIEN PIENEMPIEN VIKAVIRTASUOJAKYTKIMIEN KANSSA.

PÄÄVIRTAPIIRIN YLIKUORMITUSSUOJA SUOJAA MYÖS SUORAN SYÖTÖN PISTORASIAA. MUISSA GENERAATTORIN NIMELLISVIRTAA PIENEMMISSÄ PISTORASIOISSA ON ERILLISET YLIVIRTASUOJAT (JOHDONSUOJAKATKAISIJA).



Kuva 8. Esimerkki hyvän toteutustavan mukaisesta aggregaatista.

	Kondensaattori	AVR	D-AVR	Cyclo konvertteri	Invertteri
Resistilvinen					
Reaktiivinen					
Elektroninen					

Kuva 9. Aggregaattityyppien soveltuvuus erilaisille kuormille ([www.hondapower.fi](http://www.hondapower.fi)).

## 7 LÄHDETEOKSET

- Standardisarja SFS 6000: 2012
- SFS-käsikirja 600-1. Sähköasennukset. Osa 1: SFS 6000: 2012, Pienjännitesähköasennukset
- D1-2012. Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry
- Tiedonanto T85-91, Sähkötarkastuskeskus
- Standardi SFS-EN 60034-1:2010
- Standardi SFS-EN 60034-22:2010
- Standardi IEC 60 034-3:2007
- IEC 60 034-22:2009
- Standardi ISO 8528-5:2005

Kortin käsikirjoitus ja päivitys:  
Reijo Lintula, RTL-Palvelut Oy