



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Masa Taittonen

# SYÖTÖNVAIHTOJÄRJESTELMÄ

Tekniikka  
2019

## TIIVISTELMÄ

|                    |                         |
|--------------------|-------------------------|
| Tekijä             | Masa Taittonen          |
| Opinnäytetyön nimi | Syötönvaihtojärjestelmä |
| Vuosi              | 2019                    |
| Kieli              | suomi                   |
| Sivumäärä          | 53                      |
| Ohjaaja            | Timo Männistö           |

---

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia eri vaihtoehtoja syötönvaihtojärjestelmän toteuttamiseen ohjelmoitavan logiikan avulla kaupalliseen käyttöön. Työ tehtiin tutkimustyönä CO- Engineering Oy:n käyttöön. Syötönvaihto on toteutettu aiemmin erillisellä ABB:n ATS-laitteella, joka ei vastaa nykyhetken vaatimuksia.

Tutkimuskohteena ovat erilaiset tahdistusreleet ja generaattorihjain, joita voidaan ohjata ohjelmoitavalla logiikalla. Lisäksi on tutkittu generaattorien säätötapoja. Uudet generaattorit ovat saatavissa tahdistusominaisuudella, joten erillistä tahdistusrelettä ei tarvita. Syötönvaihto toteutetaan katkollisesti kytkettäessä varasyöttöön ja katkottomasti palattaessa takaisin pääsyöttöön. Tiedonkeruu on toteutettu kirjallisuuskatsauksella sekä asiantuntijoiden haastatteluilla.

Turvallisuuskäsitteet huomioiden syötönvaihto on toteuttava siihen tarkoitukseen suunnitelluilla laitteilla ja automaattisen järjestelmän ohjaamana. Markkinoilla on laitteita usealta eri valmistajalta, mutta tässä opinnäytetyössä laitevalinnat on tehty haastatteluista saatujen tulosten pohjalta. Generaattoriverkon REG 615 generaattorisuojarele varmistaa generaattorin suojauksen ja varasuojaus toteutetaan ABB:n kompakti- ja ilmakatkaisijoihin saatavien suojausmoduulien avulla.

Tutkimuksen tulos antaa opinnäytetyön tilaajalle eri vaihtoehtoja toteuttaa syötönvaihtojärjestelmä asiakkaiden erilaisten vaatimusten perusteella.



# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

KUVALUETTELO

|   |   |    |
|---|---|----|
| 1 | JOHDANTO.....   | 8  |
| 2 | TYÖN TARKOITUS .....                                  | 9  |
|   | 2.1 Toimeksiantaja Co-Engineering Oy .....            | 9  |
|   | 2.2 Asiantuntija- ja käyttöönottopalvelut.....        | 10 |
| 3 | SYÖTÖNVAIHTOA KÄSITTELEVÄT OHJEET JA MÄÄRÄYKSET ..... | 11 |
|   | 3.1 Sähkön laatu.....                                 | 11 |
|   | 3.2 Generaattorin kuormitettavuus.....                | 12 |
| 4 | VARASYÖTÖN TOTEUTUSTAVAT .....                        | 13 |
|   | 4.1 UPS- laitteistot.....                             | 13 |
|   | 4.1.1 UPSin ominaisuuksia .....                       | 13 |
|   | 4.1.2 UPS:n akusto.....                               | 15 |
|   | 4.1.3 UPS-laitteiston topologiat .....                | 16 |
|   | 4.2 DRUPS- ja RUPS- järjestelmät .....                | 19 |
|   | 4.3 Dieselgeneraattori .....                          | 22 |
|   | 4.3.1 Generaattori.....                               | 22 |
|   | 4.3.2 Dieselgeneraattorin säätötavat .....            | 23 |
|   | 4.3.3 Dieselgeneraattorin säätö syötönvaihdossa.....  | 26 |
| 5 | SYÖTÖNVAIHTO ATS-021- JA ATS-022- LAITTEILLA.....     | 27 |
| 6 | SYÖTÖNVAIHTO OHJEMOITAVALLA LOGIIKALLA.....           | 30 |
|   | 6.1 Automaatiojärjestelmän määrittely .....           | 30 |
|   | 6.2 Logiikkaohjauksen etuja .....                     | 31 |
|   | 6.3 Syöttöverkon rakenne .....                        | 32 |
|   | 6.4 Syötönvaihtojärjestelmän rakenne .....            | 33 |
|   | 6.5 Syötönvaihdon suojaus REG 615 ja CM-PVE .....     | 33 |
|   | 6.6 Ohjausjännitteen varmennus.....                   | 35 |
|   | 6.7 Logiikka AC500 ABB .....                          | 36 |
|   | 6.7.1 CPU AC500 ABB .....                             | 37 |
|   | 6.8 Automaattinen tahdistus.....                      | 37 |

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 6.8.1 | Tapa 1: DEIF FAS-115DG ja G-Touch ABB-ilmakatkaisija .....           | 38 |
| 6.8.2 | Tapa 2: DEIF GPC 3-generaattorihjain + Ekip LI- katkaisija ..        | 42 |
| 6.8.3 | Tapa 3: Syncrotact 6-tahdistusrele ja EKIP G-touch-katkaisija .      | 44 |
| 6.9   | Käsintahdistus ja tahdistussuojaus: DEIF CSQ-3-synkronoskooppi ..... | 46 |
| 6.10  | Katkaisijatyypit ABB:llä.....  | 47 |
| 7     | JOHTOPÄÄTÖKSET .....   | 49 |
|       | LÄHTEET.....   | 51 |

## KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO

|   |    |
|---|----|
| <b>Kuva 1.</b> UPS- laitetaso rinnakkaisuus .....                                     | 14 |
| <b>Kuva 2.</b> Kaksi UPS- järjestelmää rinnankytkettynä .....                         | 15 |
| <b>Kuva 3.</b> OFF-line UPS-järjestelmien toimintaperiaatteet .....                   | 17 |
| <b>Kuva 4.</b> ON-line UPS-järjestelmän toimintaperiaate .....                        | 17 |
| <b>Kuva 5.</b> Line interactive UPS-järjestelmän toiminta.....                        | 18 |
| <b>Kuva 6.</b> DRUPS- järjestelmän rakenne .....                                      | 20 |
| <b>Kuva 7.</b> DRUPS- järjestelmä suodattaa verkon häiriöitä .....                    | 21 |
| <b>Kuva 8.</b> Jännitteensäädön periaatekytkentä, harjaton tahtigeneraattori .....    | 23 |
| <b>Kuva 9.</b> Dieselgeneraattorin pyörimisnopeuden säätö .....                       | 24 |
| <b>Kuva 10.</b> AVR: n rakenne .....  | 26 |
| <b>Kuva 11.</b> ATS- yksikön mittaamat suureet .....                                  | 28 |
| <b>Kuva 12.</b> ATS-ohjaimen toimintasekvenssi vikatilanteessa .....                  | 28 |
| <b>Kuva 13.</b> Voimalaitosverkon omakäyttömuuntajat + generaattori .....             | 32 |
| <b>Kuva 14.</b> CP-B 24/10.0 .....  | 34 |
| <b>Kuva 15.</b> REG-615 ABB-generaattorisuojarele .....                               | 34 |
| <b>Kuva 16.</b> CP-B 24/10.0-moduuli.....   | 36 |
| <b>Kuva 17.</b> DP-B-moduulien teknisiä ominaisuuksia .....                           | 36 |
| <b>Kuva 18.</b> ABB AC500 – tuoteperhe.....   | 37 |
| <b>Kuva 19.</b> Laitteisto FAS-115DG DEIF-tahdistusreleellä.....                      | 38 |
| <b>Kuva 20.</b> FAS-115DG DEIF-tahdistusrele .....                                    | 39 |
| <b>Kuva 21.</b> SACE 2 EKIP- katkaisijan suojausfunktiot. (L,S,I,G) .....             | 41 |
| <b>Kuva 22.</b> Ekip G-touch LSIG- suojausreleen käyttöliittymä.....                  | 41 |
| <b>Kuva 23.</b> Laitteisto GPC 3 -tahdistusreleellä .....                             | 42 |
| <b>Kuva 24.</b> DEIF GPC 3- generaattorihjain .....                                   | 43 |
| <b>Kuva 25.</b> GPC 3- sovellusesimerkit .....  | 43 |
| <b>Kuva 26.</b> Laitteisto Syncrotact 6- tahdistusreleellä.....                       | 44 |
| <b>Kuva 27.</b> Kahdennettu generaattorihjaus 6302-releellä .....                     | 45 |
| <b>Kuva 28.</b> Automaattinen generaattorin tahdistus .....                           | 45 |
| <b>Kuva 29.</b> Manuaalinen generaattorin tahdistus, tahdistuksen tarkastus- toiminto | 45 |
| <b>Kuva 30.</b> Syncrotact 6- laitetypit.....   | 46 |

|  |    |
|--|----|
| <b>Kuva 31.</b> DEIF CSQ-3-synkronoskooppi .....                 | 47 |
| <b>Kuva 32.</b> Synkronoskoopin kytkentä .....                   | 47 |
| <b>Taulukko 1.</b> Generaattorin suojaustoiminnot. ....          | 35 |
| <b>Taulukko 2.</b> FAS-115GS-tahdistureleen asetteluarvoja ..... | 40 |

## 1 JOHDANTO

Nykyajan lisääntyneet vaatimukset kustannustehokkuudesta ja tuottavuudesta teollisuuden aloilla on vaikuttanut myös taloudellisuusajatteluun energiansiirrossa teollisuuden prosesseissa ja voimalaitoksissa. Yritykset haluavat varmistaa katkotoman sähkönsyötön käyttämissään järjestelmissä, jotta käyttökatkot saadaan mahdollisimman pieniksi ja näistä tulevat taloudelliset tappiot minimoitua. Tämä kehitys on asettanut uusia vaatimuksia varasyöttöjärjestelmille ja niiden toteutukselle, joita tässä opinnäytetyössä käsitellään.

Sähköjakelujärjestelmien automaation lisääntyminen mahdollistaa tarkan ja laajan valvonnan jakeluverkoston eri osissa. Tämä kehitys asettaa syötönvaihtojärjestelmille uusia haasteita ja aiheen niiden toteutuksen tarkasteluun laitteistotasolta koko järjestelmään saakka. Nykyinen käytössä oleva ATS-pohjainen (Automatic transfer switch) ratkaisu tiettyine rajoituksineen ei tyydytä asiakkaiden tarpeita, joten tässä työssä etsitään korvaavaa ratkaisua ATS- järjestelmälle. Haetun ratkaisun on oltava kohtuullinen hinnaltaan, helposti laajennettavissa ja sen on oltava yhteensopiva liitettävän verkon valvonta- ja ohjausautomaatioon.

Teollisuus- tai voimalaitoksen sähkönsyöttöjärjestelmä sisältää pääsyöttöjärjestelmän sekä rinnalla olevan varajärjestelmän. Varajärjestelmää käytetään kun pääjärjestelmässä on vika tai se on huollettavana. Kun voimansyötössä siirrytään näiden kahden järjestelmän välillä, siirtymistä kutsutaan syötönvaihdoksi. Syötönvaihtoa ohjaa syötönvaihtolaitteisto, johon kuuluu ohjainyksikkö ja sen ohjaamat toimilaitteet.



## 2 TYÖN TARKOITUS

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia eri vaihtoehtoja syötönvaihtojärjestelmän toteuttamiseen ohjelmoitavan logiikan avulla. Työ tehtiin tutkimustyönä CO- Engineering Oy:n käyttöön. Tutkimustyö on mahdollisen kaupallisen ratkaisun pohjana.

Syötönvaihto on toteutettu aiemmin Co-Engineering Oy:ssä erillisellä ATS-laitteella. Sitä ei ole voinut ohjata muulla automaatiolla eikä sitä voinut kytkeä kenttäväylään. Logiikkaohjauksella järjestelmästä saadaan täysin automaattinen ja se on valvottavissa ja ohjattavissa valvonta-automaation avulla.

### 2.1 Toimeksiantaja Co-Engineering Oy

Co-Engineering Oy on Vaasassa toimiva teknisen alan suunnittelutoimisto. Pääasialliset yhteiskumppanit ovat ABB ja Wärtsilä. Co-Engineering työllistää n. 50 henkilöä Vaasassa yhteistyökumppaneillaan. Yritys on perustettu vuonna 2013. Nykyisin yrityksellä on toimipaikkoja Suomen lisäksi myös Ruotsissa.

Co-Engineering Oy:n palvelutarjonnan päätoimialat ovat suunnittelu-, asiantuntija-, käyttöönotto- ja kunnossapitopalvelut. Yrityksellä on toimipisteitä Tampereella, Vaasassa, Helsingissä, sekä Ruotsissa ja Norjassa./5/

Co-Engineering Oy:n suunnittelupalveluihin kuuluvat seuraavat toimialat:

- Sähkösuunnittelu. Sähkösuunnittelu paperi- selluteollisuudelle, sähköasemille, marine projekteihin ja teollisuuslaitoksiin. Jännitealueet ovat: pienjännite alle 1000V, keskijännite alle 66 kV ja suurjännite yli 66 kV.
- Relesuojaus: Relesuojausten suunnittelu, releiden toiminnan tarkastelu, suojavaatimusten kannalta, reletestaus ja käyttöönottokeustus
- Automaatiosuunnittelu: Valvomosuunnittelu, ohjelmoitavat logiikat sekä laitos- ja prosessiautomaatio, lisäksi on moottori- ja voimala-automaatiosuunnittelu
- Instrumentointisuunnittelu: Voimaloiden venttiilien, anturien ja mittauspisteiden sähkösuunnittelu

- Mekaniikka- ja kaapeliyhlysuunnittelu: Sähkönjakelun kaapeliyhlysuunnittelu, päätelineet, layout sekä maadoitus, lisäksi tehdään kaapeliyhlysuunnittelua eri teollisuuden kohteille. Suunnittelu tehdään 3-D ympäristössä ja tiiviissä yhteistyössä prosessisuunnittelun kanssa.
- Teollisuuden rakennussähkö- ja valaistussuunnittelu: teolliset laitokset, sähköasemat, energianjakelu, paperi- ja sellutehtaat

## 2.2 Asiantuntija- ja käyttöönottopalvelut

Asiantuntijapalveluihin kuuluvat maadoitusjärjestelmien suunnittelu sekä rele-suunnittelu- ja konfigurointi. Lisäksi tehdään erilaisia tutkimus- ja selvitysprojekteja. Näillä projekteilla tähdätään laitteen, komponenttien tai tuotteen tehokkaampaan hyödyntämiseen. Tämä parantaa tuotteen kilpailukykyä ja käytettävyyttä. Asiantuntijapalveluun sisältyy dokumentointi. Asiantuntijatyön tuloksena syntyy tietoa, joka kootaan asiakkaan toivomiksi dokumenteiksi, kuten käyttöohjeiksi, huolto-ohjeiksi tai muuksi asiakkaan haluamaksi dokumentiksi. Käännöstyö tehdään suoraan englannin kielelle. /5/

Käyttöönottopalveluita suoritetaan asiakkaiden puolesta Suomessa ja ulkomailla sähkö- ja automaatiojärjestelmille ja uusien teollisuuslaitosten koneille ja järjestelmille.

Co-Engineering on erikoistunut automaatio- ja sähköjärjestelmien ylläpitoon ja tuulivoiman tuotantolaitteiden ja sähkökeskusten kunnossapitoon. Osaaminen kattaa kunnossapidon sähköasemista tuuliturbiineihin ja tuotantolaitosten automaatiojärjestelmään. Co-Engineering Oy on ABB:n system integrator partner, joten yrityksellä on saatavissa ABB:n täydellinen tuotetuki./5/

### **3 SYÖTÖNVAIHTOA KÄSITTELEVÄT OHJEET JA MÄÄRÄYKSET**

Sähkön jakelun varmentamisen perusteena ovat aina joko turvallisuusnäkökohdat tai taloudelliset syyt. Varmennukselle on asetettu vaatimuksia lainsäädännössä ja määräyksissä. Näillä turvataan yhteiskunnallisia toimintoja ja huoltovarmuutta sekä henkilöitä ja omaisuutta.

ST- kortistossa on omat korttinsa varasyöttökonetta ja syötön varmennusta koskien. ST 31- kortti käsittelee varavoimajärjestelmän suunnittelua, toteutusta ja varavoimajärjestelmää koskevia standardeja. Teollisuudessa ja voimalaitostekniikassa varavoimajärjestelmää ja syötönvaihtoa koskevat pääasiassa asiakaan vaatimukset. Sairaaloissa potilasturvallisuuden takaamiseksi on säädetty erikseen standardi SFS 6000-7, kohdassa 710, Lääkintätilat. Lisäksi löytyy ISO- Ja IEC- standardit koskien lääkintätilojen varavoimajärjestelmää. /19/

ST-31- kortin mukaan on otettava huomioon seuraavat asiat varavoimalaitoksen käyttötarkoitusta määritettäessä:

Varavoima- ja turvasyöttöjärjestelmille asetettavia vaatimuksia on käsitelty mm. standardeissa SFS 6000-7, kohdassa 710, Lääkintätilat; ISO 8528 - 12, Emergency power supply to safety services, 1997; IEC 60364-5-56, Safety services, 1996. /19/

#### **3.1 Sähkön laatu**

Jännitteen laadun tulee täyttää standardin SFS-EN50160:n vaatimukset. Kuormille syötettävän jännitteen on oltava laadultaan sellaista, että sitä voidaan syöttää laitteille. Jännitetason on pysyttävä vakaana ja kuormituksen lisäyksessä jännitetaso ei saa heilahtaa liikaa eikä taajuus saa muuttua. Jännitesuojan ja taajuuden laatu testataan kuormittamalla generaattoria nimelliskuormalla ja 10 % ylikuormalla. THF (jännitteen painotettu särökerroin) on enintään 5 % luokkaa generaattorin ollessa kuormittamaton tehoalueella 30-100KVA, mutta se on sovellettavissa myös pienempään varavoimalaitokseen. /19/

### 3.2 Generaattorin kuormitettavuus

Varavoimajärjestelmän kuormituskokeessa on generaattorin kestävä 1,5 kertaisen nimellisvirran suuruinen ylivirta 30 sekunnin ajan. Hetkellinen kuormitettavuus tulee olla 100 % muutaman sekunnin ajan, jonka aikana sallitaan enintään 10 % jännitteenalenema. Jatkuvan oikosulkuvirran antokyky on oltava vähintään 2,5-kertainen nimellisvirtaansa nähden napaoikosulussa kolmen sekunnin ajan. /19/

Generaattorin käynnistymisestä on määrätty ST-31- käsikirjan mukaan:

- Käynnistysaika mieluiten 5 sekuntia, suurin sallittu aika 10 sekuntia.
- Käynnistymisen todennäköisyys vähintään 99 % ensimmäisellä automaattisella käynnistyksellä.
- Esilämmitys kytkettynä, laitoksen on kyettävä käynnistymään automaattisesti ympäristön lämpötilan ollessa + 5 °C ja ilman esilämmitystä lämpötilassa +10 °C.
- Dieselgeneraattorin on kyettävä käynnistymään riippumatta kampiakselin asennosta, johon se on pysähtynyt.
- Dieselgeneraattorin akselilta tuleva teho on ilmoitettu standardin ISO8528-5 mukaan.

## 4 VARASYÖTÖN TOTEUTUSTAVAT

Varasyötön jännitelähteenä käytetään UPS- järjestelmiä ja generaattoreita. UPS n syöttää pääasiallisesti tietokoneita ja kommunikaatiolaitteita. UPS antaa lyhytaikaista tehoa, eli syöttää järjestelmää sen aikaa, että generaattori ehtii käynnistyä ja tahdistua oikeaan jännitteeseen ja taajuuteen. UPS- varmennetussa järjestelmässä jännitekatkossa jännitteen syöttö siirtyy akkujen varaan.

### 4.1 UPS- laitteistot

UPS-järjestelmä suojaa it- laitteistoa ja muita laitteita sähkönsyötön laadun vaihteuilta ja katkoilta. Sillä on kolme perustehtävää.

Se suojaa laitteistoa yli- ja alijännitteen aiheuttamilta häiriöiltä ja estää niitä vahingoittumasta jännitevaihtelujen vuoksi. UPS säätelee jatkuvasti tulovirtaa, jotta syötettävä sähkö olisi mahdollisimman laadukasta.

UPS estää tietojen turmeltumisen ja häviämisen. Sähkökatkossa laitteiden tiedot voivat hävitä kokonaan tai turmeltua. Sähköhallintaohjelmisto mahdollistaa hallitun järjestelmän alasajon automatiikan avulla.

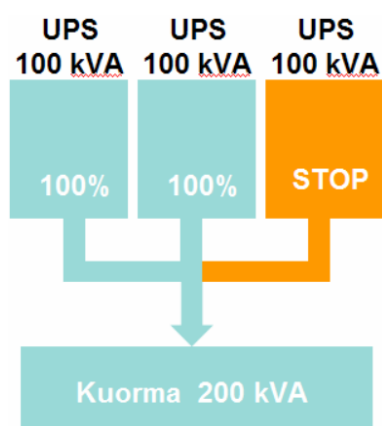
UPS mahdollistaa verkkojen ja sovellusten korkean käytettävyyden ja estää palvelu- ja laitepysähdykset. UPS-järjestelmää voidaan käyttää yhdessä generaattorin kanssa varmistamaan riittävästi aikaa generaattoreiden käynnistymiselle sähkökatkon alkaessa.

#### 4.1.1 UPSin ominaisuuksia

Eri UPS-topologiat eli teknologiat UPS-järjestelmässä antavat järjestelmälle eriasteinen suojauksen. UPS- suojauksen tason määrittelevät useat erilaiset muuttujat, esimerkiksi millaista käytettävyyttä ja luotettavuutta vaaditaan, suojattavan laitteiston tyyppi ja ominaispiirteet, ympäristö sekä käyttösovellus. Seuraavassa esitellään kolme yleisintä topologiaa IT-laitteistojen jännitteen syötössä UPS-järjestelmällä. Vaikka ne kaikki täyttävät tulojännitteen laatuvaatimukset, niiden

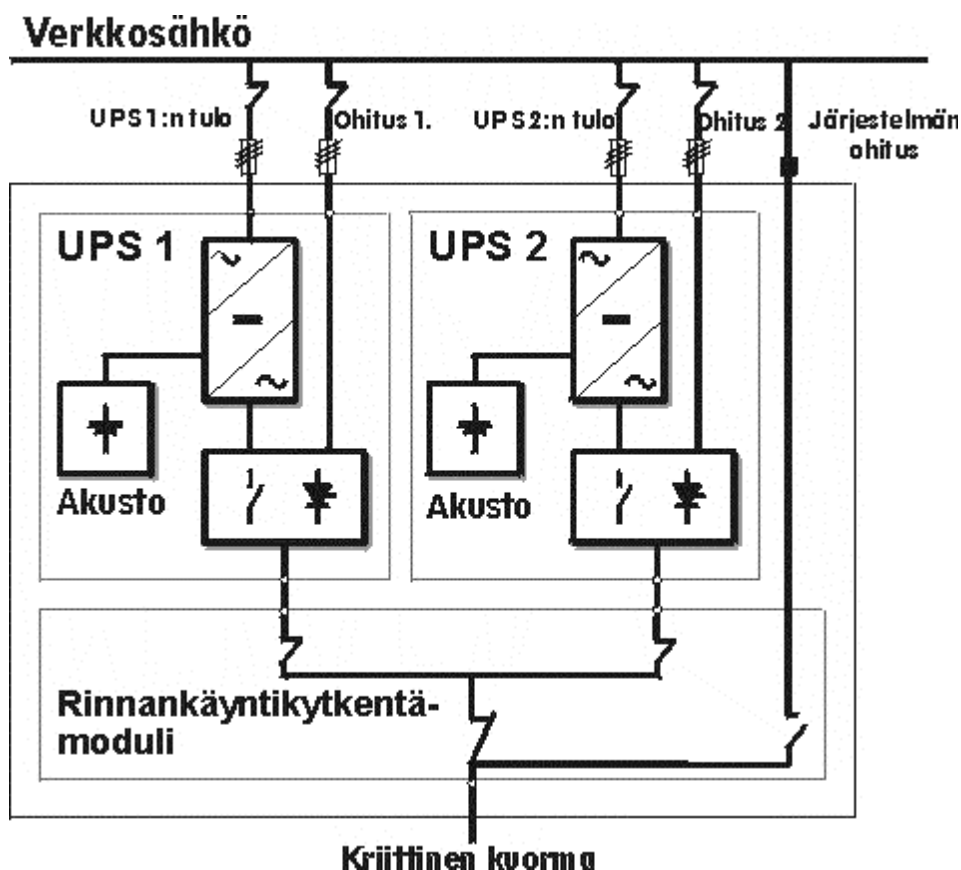
toiminnassa, taajuudessa ja akkukäytön kestoa koskevissa vaatimuksissa on eroa.  
/23/

Suurimpiin teollisuuslaitoksiin, voimalaitoksiin sekä sairaaloihin on rakennettu pääsähkönsyöttöjärjestelmän rinnalle varajärjestelmä, jonka tarkoitus on huolehtia sähkönsyötöstä pääjärjestelmän vikaantumisen tai huoltoseisokin varalta. Siirtymistä näiden kahden järjestelmän välillä kutsutaan syötönvaihdoksi. Varajärjestelmän ollessa käytössä, yleensä ns. sekundaariset kuormat otetaan irti verkosta ja syötetään vain tärkeitä toimintoja ja turvallisuuteen liittyviä prosesseja, kuten hissit, UPS- järjestelmien laturit, hätäpoistumistieopasteet, sekä ilmastointi varauksin ja voimalaitosten tai teollisen prosessin venttiilit. Sairaaloissa ja voimalaitoksissa on erittäin tärkeää, että tietyistä prosesseista ei jännite katoa hetkeksikään. Sairaaloissa perussähköverkko teho-osastoilla ja tavallisilla osastoilla on kytketty laitteiden kytkentäpaneeliin potilashuoneissa. UPS- järjestelmät ovat yleensä akkuvarmennettuja n. 30 min ajalle, jonka aikana latureille on saatava varasyöttö kytkettyä, ennen kuin akuston tuottama jännite laskee liian alas. Voimalaitoksissa ohjelmoitavat logiikat saattavat kadottaa ohjelmalohkoja jännitteensyötön katketessa, jolloin voidaan hukata prosessin kannalta tärkeää tietoa, mikä johtaa vaaratilanteisiin. Lisäksi prosessin kannalta tärkeisiin laitteisiin on turvattava jännitteensyöttö.



**Kuva 1.** UPS- laitetaso rinnakkaisuus

Kuvassa 1 UPS- laitteiden yhteenlaskettu kapasiteetti on 300 kVA, mutta tarvittava teho saadaan käyttämällä kahta yksikköä yhden olleessa huollossa tai korjauksessa. On tärkeää huomioida, että seisokissa olevan yksikön korjauksesta ym. huolehditaan ajoissa, sillä kahden UPS- yksikön vikaantumista samaan aikaan järjestelmä ei kestä. Kuvassa 2 on kaksi UPS-järjestelmää kytketty rinnan./24/



**Kuva 2.** Kaksi UPS- järjestelmää rinnankytkettynä

#### 4.1.2 UPS:n akusto

IEEE on määritellyt, että UPS- akuston käyttöikä on päättynyt, kun se ei enää pysty tuottamaan 80 % nimellistehostaan ampeeritunteina. 80 % nimellistehollaan toimiva akku alkaa elinkaarensa lopussa, koska sen vanhenemisprosessi on kiihtynyt ja se olisi vaihdettava.

Akkujen perusteknologiat UPS- järjestelmissä vaihtelevat UPS- järjestelmän koon mukaan. Pienissä UPS- järjestelmissä on yksi VRLA- akku, joka tuottaa virran kuormalle ja tarvitsee huoltoa. Suuremmat akustot ovat monimutkaisempia. Suuremmat järjestelmät vaativat moninkertaisia akkusarjoja, jolloin akuston huolto on mutkikkaampaa. Akustoon on rakennettava kattava valvontapiiri, ettei yksi viikaantunut akku kaada koko akkusarjan toimintaa. Suuremmissa järjestelmissä hyödynnetään nestekennoakkuja./3/

ABM-akustoissa käytetään kehittynyttä tunnistuspiiriä ja kolmiportaista lataustekniikkaa, joka optimoi akkujen käyttöikää optimoimalla akkujen varauksen kuluvan ajan. ABM-teknologia antaa varoituksen 60 päivää ennen akkujenkäyttöään päättymistä, jolloin akuston vaihtoon on aikaa varautua. /23/

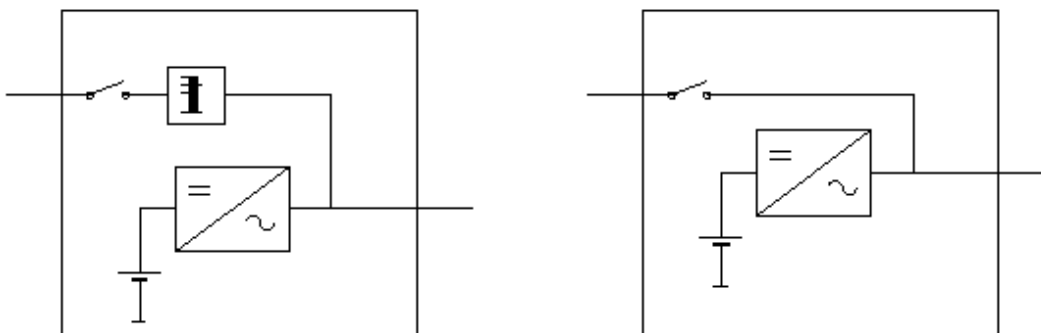
#### **4.1.3 UPS-laitteiston topologiat**

OFF-LINE UPS (stand-by UPS) soveltuu PC-laiteiden, työasemien, kassapääätteiden, kotimikrojen ym. pienten kuormien syöttämiseen. Normaalisissa tapauksissa verkkosähkö suodatetaan tietokoneille. Jännitekatkossa ja suurien jännitevaihteluiden aikana vaihtosuuntaaja käynnistyy ja sähkö syötetään akustosta vaihtosuunnattuna tietokoneille.

Line interactive off-line UPS-ratkaisu eroaa edellisestä siten, että virta syötetään säätäjän kautta kuormalle. Säätäjä toimii käännytyksenperiaatteella korjaten lähtöjännitettä verkkojännitteen vaihdelta. Jännitekatkon vallitessa, vaihtosuuntaaja aktivoituu ja syöttää kuormaa akulta saatavalla energialla. Tämä UPS- ratkaisu soveltuu ympäristöön, jossa verkkojännitteen vaihtelut ovat suuria. Akuston energiaa käytetään vain jännitekatkon aikana. /24/

Kun verkkojännitteessä on taajuusvaihteluja, kuten varavoimakäytössä esim. aggregaateissa, sähkönsyöttö siirretään akustolle. Tässä tapauksessa akustoa puretaan ilman sähkökatkoa. Kuvassa 3 on Line interactive off-line UPS- ja OFF line UPS- järjestelmien periaatekuva. /24/



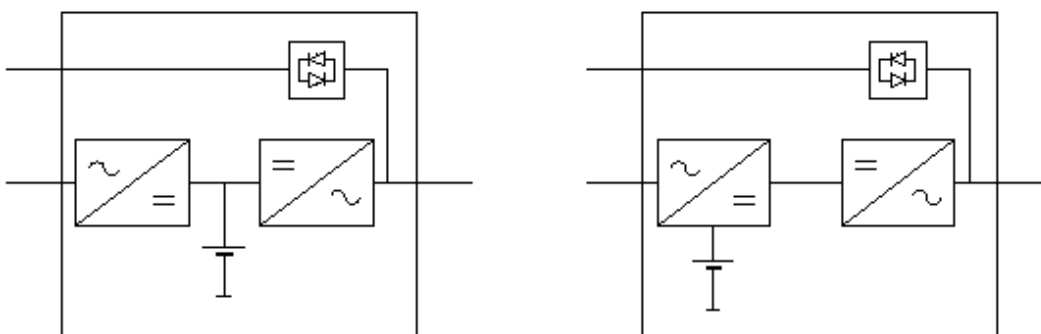


Line-interactive OFF-LINE UPS

OFF-LINE UPS

### Kuva 3. OFF-line UPS-järjestelmien toimintaperiaatteet

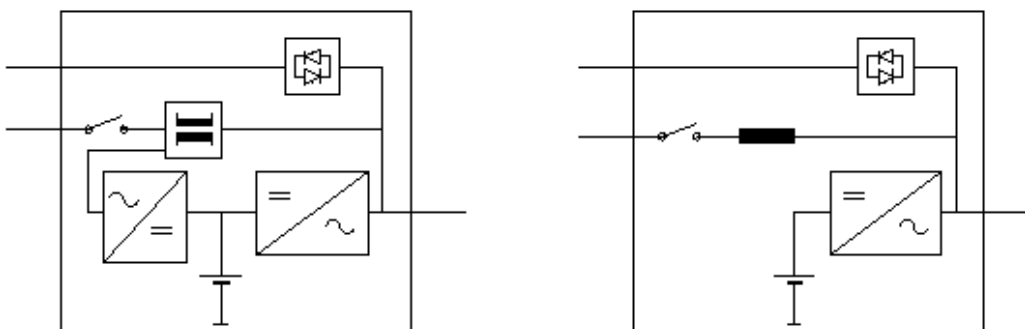
On-line UPS, Double conversion eli kahden muunnoksen UPS, soveltuu kaikkien kriittisten kuormien sähkönsyöttöön. Sähkö syötetään tasasuuntauksen vaihtosuuntauksen kautta kriittisille kuormille. Tästä nimitys Double conversion. Toimintaperiaate takaa sen, että lähtöjännite on vakio. Lähtöjännitteeseen ei vaikuta syöttävän sähköverkon jännitteen vaihtelut, kuten jännitepiikit, taajuusvaihtelut ym häiriöt. Suuretkaan jännite- ja taajuuspoikkeamat eivät siirrä UPS-järjestelmää akustolle, vaan tasasuuntaaja kykenee syöttämään tarvittavan virran vaihtosuuntaajalle. Kuvassa 4 on esitetty ON-line UPS-järjestelmän rakenne. /24/



### Kuva 4. ON-line UPS-järjestelmän toimintaperiaate

UPS-laitteet varustellaan staattisella ohituskytkimellä. Sähkönsyöttö siirtyy ohitukselle ylivirtatilanteissa, kuten käynnistysvirtapiikeissä, sulakkeen laukeamisessa yms. Kaikki siirrot ohitustilaan ja takaisin tapahtuvat ilman katkoja. /24/

Line interactive UPS, single conversion eli yhden muunnoksen UPS, perustuu ratkaisuun, jossa syöttävän verkon rinnalla toimii rinnakkaissäätäjä. Nimellisellä verkon jännitteellä sähkö syötetään kuormalle suoraan verkosta suodattimien kautta. Jännitteen vaihdelta UPS:in lähtöjännite säädetään nimelliseksi rinnakkaissäätäjällä. Sääto tehdään vaihekulmaa muuttamalla. Tämä säätötapa on hyvin induktiivinen. Vaihekulman korjaaminen toteutuu varustamalla UPS Delta converterilla. Varavoimakäytössä taajuus voi vaihdella sallittuja raja-arvoja enemmän. Tätä taajuuden vaihtelua UPS ei pysty korjaamaan, vaan UPS siirtyy akkukäytölle ja katkaisee verkon syötön. Taajuuden palatessa nimelliselle tasolle, syöttö siirtyy jälleen verkkosyötölle ja akkujen lataus käynnistyy. Kuvassa 5 on delta converter- ja line interactive UPS-järjestelmän periaatekuva. /24/



Line interactive UPS Delta converter

Line interactive UPS

**Kuva 5.** Line interactive UPS-järjestelmän toiminta

UPS-laitteiden luokitus on standardin ENV 500091-3:1998 mukainen. Luokitusstandardi määrittää UPS-ratkaisut ja ne saavat oman luokituskoodinsa. Tämän avulla eri UPS-järjestelmiä voidaan vertailla keskenään, kun tehdään valintaa erilaisten UPS-ratkaisujen välillä.

Vaatimukset UPS-järjestelmän tuottaman sähkön laadulle lisääntyvät. Käytettävyydeltä vaaditaan yhä enemmän. Tavoitteena on 99.999.% käytettävyys, eli katkoja olisi alle tunti vuodessa. /23/

## Järjestelmä

Luotettavuus

|   |                                  |
|---|----------------------------------|
| Yksittäinen UPS ilman staattista ohituskytkintä | 43 000 tuntia = n. 5 vuotta      |
| Yksittäinen UPS staattisella ohituskytkimellä   | 358 333 tuntia = n. 40 vuotta    |
| Kaksi UPS-järjestelmää rinnakkain               | 1 979 708 tuntia = n. 235 vuotta |

Kahdella rinnakkaisella UPS- järjestelmällä on suurin luotettavuus.

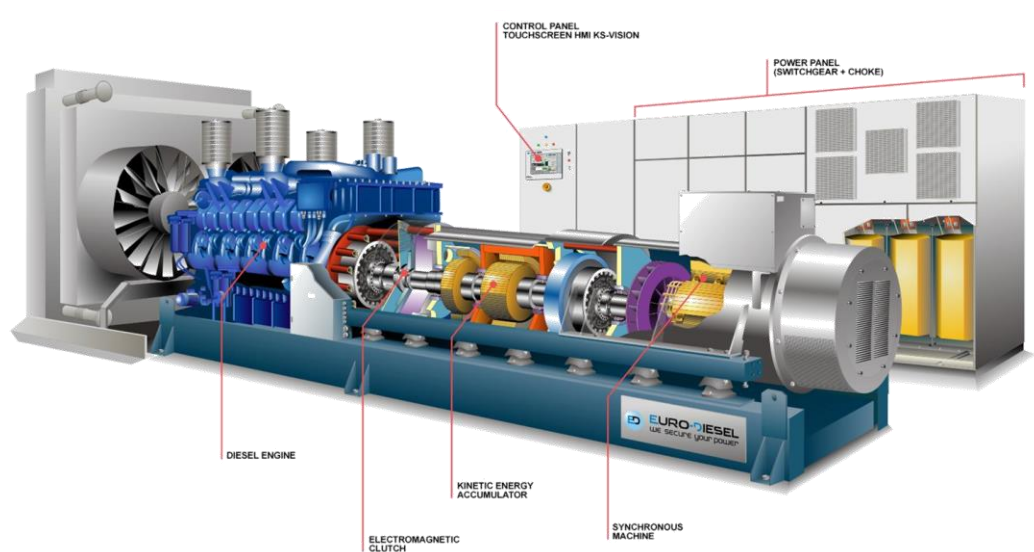
Lisäksi:

- Järjestelmä ei kaadu yksittäiseen vikatilanteeseen.
- UPS-järjestelmältä saadaan kaksinkertainen oikosulkuvirta akkukäytöllä
- UPS-järjestelmän vikaantuessa toinen UPS korvaa /23/

### 4.2 DRUPS- ja RUPS- järjestelmät

Eräs uusi sovellus generaattorin ja UPS-järjestelmän kombinaatiosta on DRUPS-generaattori eli Diesel Rotary Uninerruptible Power Supply, joka perustuu Inertiin eli huimamassapyörän energian hyväksikäyttöön

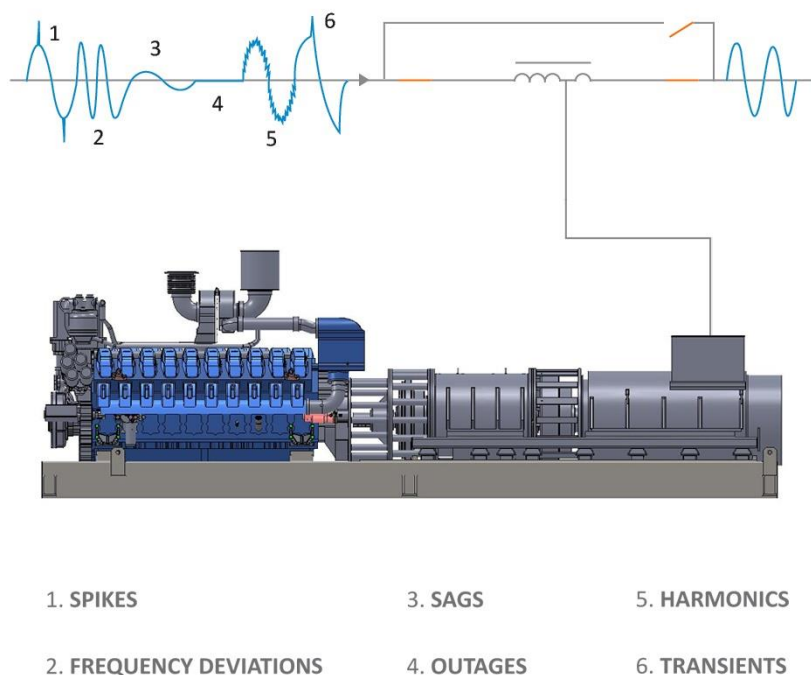
DRUPS- järjestelmät eroavat perinteisistä UPS-järjestelmistä ja varavoimakoneista. Yleensä UPS- laitteet käyttävät akuston energiaa. Nämä laitteet ovat heti käytettävissä, kun syöttöverkon jännite katkeaa. Ne voivat varastoida vain pienen määrän energiaa. Kuvassa 6 on esitetty DRUPS-järjestelmän rakenne. /11/



**Kuva 6.** DRUPS- järjestelmän rakenne

DRUPS-järjestelmän etuja ovat:

- Mahtuu pienempään tilaan kuin perinteinen UPS akustoineen.
- Jopa 10- 20- kertainen oikosulkuvirta syötettävään verkkoon päin.
- Yksi varavoimaverkko pitää varavoimajärjestelmän yksinkertaisena.
- Suuri oikosulun sulkemiskyky, kykenee rajoittamaan vian yhteen ryhmään.
- Yksinkertainen rakenne mahdollistaa jopa 50 vuoden käyttöelinkaaren.
- Varmennetun verkon sisäiset oikosulkuvirrat eivät aiheuta vaaraa jännitteen katkeamiselle.
- Voidaan rakentaa suuriakin verkkoja impedanssin vuoksi.
- Harva huoltoväli.
- Lyhyt huolto kerran vuodessa, jolloin pysäytysaika on n. 9 tuntia. Huollon aikana syöttö varmennetaan ohitusverkolla tai muiden DRUPS- laitteiden avulla.
- Laaja huolto 10 vuoden välein.
- Ei synny akustojätettä. /11/



**Kuva 7.** DRUPS- järjestelmä suodattaa verkon häiriöitä

DRUPS-järjestelmää käytetään pääasiassa lyhyissä muutaman sekunnin sähkökatkoissa korkeintaan muutamia minuutteja kestävästä sähkökatkon aikana. DRUPS-järjestelmässä on ylimääräinen massapyörä, jota pyöritetään pääsyöttöverkon teholla korkeammalla pyörintänopeudella kuin muuta generaattorijärjestelmää. Kun sähkökatko tulee, huimamassapyörän energia pyörittää generaattoria niin kauan kunnes dieselgeneraattori on käynnistynyt ja saavuttanut nimellispyörintänopeuden. Tällöin magneetikytkin kytkee dieselin generaattoriin ja huimamassapyörä jää pyörimään vapaasti ja hidastuu. Kun verkon jännite palautuu, kytketään huimamassapyörä verkkoon ja sen pyörintänopeus palautetaan alkuperäiseksi. Generaattori on varustettu kuristimella, jonka avulla generaattoria käytetään normaalisuoritusverkon aktiivisena häiriönpoistajana. Lisäksi DRUPS-järjestelmä suodattaa verkon yliaaltoja ja taajuusvaihteluja. DRUPS-järjestelmän rinnalla voidaan käyttää akustoa. Huimamassapyörän antamaa energiaa voidaan käyttää akkujen rinnalla, jolloin akkujen kuormitus vähenee, kun huimamassapyörän antama energia pienentää akkujen kuormitusta tasoittaen syötettävän verkon laitteiden kytkentävirtasysäyksiä. Kuva 7 esittää DRUPS-järjestelmän syöttöjännitteen suodatuseräominaisuuksia /11/

RUPS-järjestelmä eroaa DRUPS-järjestelmästä siten, että RUPS-järjestelmästä puuttuu dieselmoottori.

### 4.3 Diesgeneraattori

Diesgeneraattorissa käytetään yleensä suorasuihkutteista monisyylinteristä turbomoottoria. Dieselmoottorit antavat paremman vääntömomentin bensiinimoottoriin verrattuna. Dieselpolttoaine kestää paremmin säilytystä, se on bensiiniä vähemmän palonarkaa ja on halvempaa. Huoltoväli on dieselmoottorissa pidempi. Varavoimakoneissa käytetään yleensä nelitahtisia dieselmoottoreita. Dieselmoottorin tehoa ohjataan polttoaineen määrää säätämällä. Bensiinimoottorissa säätö tapahtuu kaasuläpällä. Dieselmoottori pidetään lämpimänä lämmittämällä jäähdytysnestettä. Esilämmitetty moottori on heti valmis ottamaan täyden kuorman käynnistyksen jälkeen ja sen kestoikä pitenee. Dieselmoottori kytketään generaattoriin jäykästi tai joustavan kytkimen välityksellä. Joustavaa kytkintä käytetään kaksilaakerigeneraattorissa. /19/

#### 4.3.1 Generaattori

Tahtikoneille on ominaista, että ne pyörivät tahtikerrosluvulla.  $f/p$ .  $f$ = taajuus,  $p$ = napapari-luku. Tahtikoneissa on napapyörä yleensä erillismagnetoitu, joskus myös kestmagnetoitu. Sama tahtikone voi toimia joko generaattorina tai moottorina riippuen käyttöakselin vääntömomentin suunnasta. Eri kuormitustiloja vastaa tietty magnetoimisvirta. Yksin käyvän generaattorin jännitettä säädetään magnetoinnilla. Verkkoon liitetyllä tahtikoneella sähköverkko määrää tahtikoneen napajännitteen ja magnetoinnilla säädetään tahtikoneen loistehon suunta ja määrä. /1/

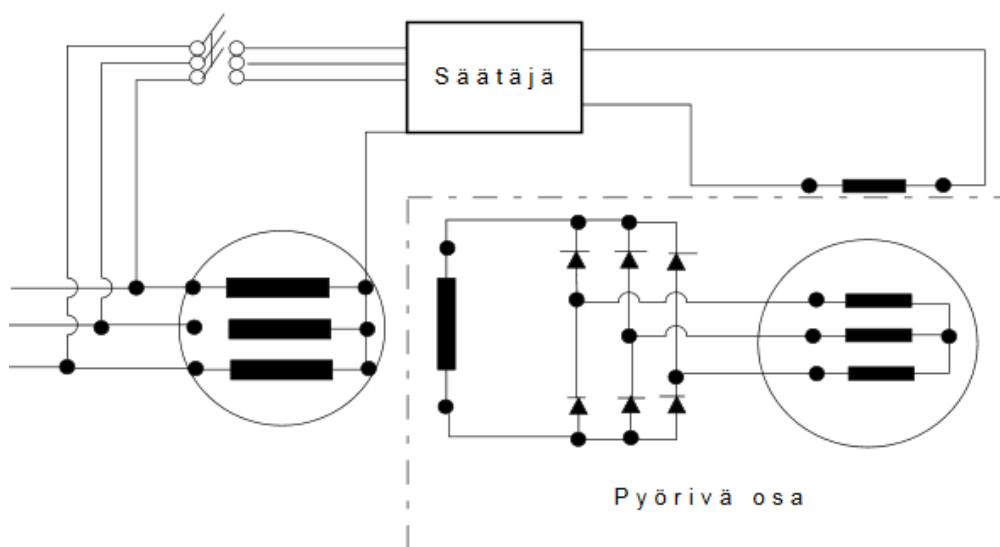
Tahtigeneraattoria käynnistettäessä sen kierrosluku yleensä nostetaan ensin voimakoneella, esimerkiksi diesel tai turbiini, lähelle tahtikierroslukua ( $f/p$ ) ja sitten se magnetoidaan ja tahdistetaan verkkoon. Tahdistus tapahtuu automaatiikan avulla. /1/

Tahtikone magnetoit napapyörän tasavirralla. Hiiliharjallisessa tahtikoneessa DC syötetään ulkopuoliselta magnetointilaitteelta hiiliharjojen ja liukurenkaiden ja läpi napapyörään. Magnetoimisvirta saadaan diodisillan pyörivästä ankkurista.

Harjattomaan tahtikoneeseen on rakennettu pieni vaihtovirtageneraattori, jonka kautta saadaan magnetoimisvirta. Tarvittava magnetoimisvirta on pieni ja se on syötettävissä suoraan ulkopuolelta. Magnetoimisgeneraattorissa on kiinteät navat, jotka sijaitsevat staattorissa. /1/

#### 4.3.2 Dieselgeneraattorin säätötavat

Generaattorissa käytetään jännitteensäätäjää, joka säätää tahtikoneen magnetoimintia. Generaattori pysyy tavoitearvossa säätäjän avulla, riippumatta taajuuden, kuormituksen tai lämpötilan vaihteluista. Käytettäessä generaattoreita rinnan, säätäjä säätää verkon reaktiivista tehoa aseteltujen arvojen mukaan. Kuvassa 8 on generaattorin jännitteensäätimen periaatekytkentä /1/



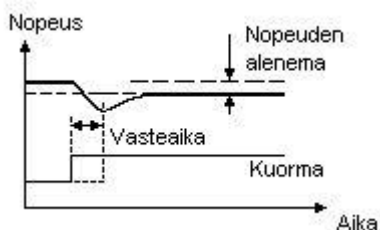
**Kuva 8.** Jännitteensäädön periaatekytkentä, harjaton tahtigeneraattori

Varakäyntiaika on tyypillisesti 10-20 min. Vaarakäyntiaika valitaan kunkin kohteen vaatimusten mukaan. Prosessikäytössä varakäyntiaika voi olla useita tunteja.

Kuormanmuutokset aiheuttavat generaattorille säädöntarpeen. Käyttötarkoitus määrittelee generaattorin kierrosnopeuden säädölle tarkkuusvaatimuksen, jonka mukaan säädin valitaan. Generaattorin säädön ajatellaan olevan yksinkertaista, koska sen odotetaan toimivan vain yhdellä kierrosluvulla ja taajuudella. Diesel ei

kykene tuottamaan tasaista pyörintänopeutta kuormituksen heilahteluissa, mikä asettaa omat vaatimukset säätimelle./9/

Kierrosnopeuden säädin on mekaaninen, sähköinen tai hydraulinen laite. Se on asennettu generaattorin dieselmoottoriin. Se säätää kierrosnopeutta siten, että se pysyy määriteltyjen rajojen sisällä. Kun generaattorin kuormitus kasvaa, laskee dieselin kierrosnopeus, ennen kuin dieseliin on ehditty lisätä polttoaineensyöttöä, että se kykenee tuottamaan suuremman vääntömomentin moottorin nimellispyörintänopeudella generaattorille. Säädin tunnistaa pyörintänopeuden muutoksen ja säätää polttoaineensyöttöä suuremmalle. Kuvassa 9 on havainnollistettu generaattorin kuormituksen muutoksen vaikutusta sen pyörimisnopeuteen. Vasteaika on reagointiaika, joka dieselgeneraattorilla kuluu äkillisestä kuormitusmuutoksesta siihen hetkeen kunnes dieselin pyörintänopeus nousee /8/



**Kuva 9.** Dieselgeneraattorin pyörimisnopeuden säätö

Säädön vähimmäisvaatimus on  $\pm 5\%$  nimelliskierrosnopeudesta (taajuus). Hetkellinen nopeudenmuutos kuorman muuttuessa 60 % suuremmaksi tai pienemmäksi saa olla enintään 15 % taajuudesta. Nopeuden palautumisaika vaihteluväliin nostettaessa 60 % kuormitukseen ei saa ylittää 15 sekuntia. Suurin nopeuden alenema saa olla 5 %. Edellä mainitut arvot voidaan saavuttaa useimmissa dieselgeneraattoreissa laadukkaalla mekaanisella säätimellä ja sen tarkkuus riittää useimpiin tavallisimpiin kuormitustapauksiin. /8/

Dieselgeneraattoria hankittaessa on määriteltävä minkä tasoisen säädön kohde tarvitsee, jos säädön vaatimukset oleellisesti eroavat vakioratkaisun arvoista. Olisi tärkeää asettaa rajat seuraaville arvoille:



- Suurimmalle nopeuden vaihteluvälille.
- Suurimmalle hetkelliselle nopeuden vaihtelun kuormituksen laskiessa tai noustessa.
- Suurimmalle sallitulle ajalle nopeuden säätämiseksi takaisin tavoitearvoonsa.
- Suurimmalle askelmaiselle muutokselle kuormanvaihtelussa ja sen kestolle.
- Suurimmalle askelmaiselle kuormituksen laskulle. /8/

On hyvä ottaa myös huomioon laitteiston inertiaavoima eli huimamomentin kyky tuottaa suuren osan hetkellisen kuormien tarvitseman energian ja siten vähentää nopeasti reagoivan säädön tarvetta.

Vakiosäädintä tarkempaa säätöä tarvitaan

- viestintälaitteissa
- sairaaloissa ja muut lääketieteellisissä sovelluksissa
- tietokoneissa ja tietokoneohjatuissa laitteistoissa
- laitteissa, jotka sisältävät elektronisia ajastimia
- televisiolähetyksissä ja vastaanottimissa
- instrumentoinnissa

Edellä mainitut sovellukset vaativat vakionopeussäätöä eli vakiotaajuutta. Mekaaninen säädin ei ole riittävän tarkka siihen, edellytetään vakioratkaisua tarkempaa nopeuden säätelyä. Sähköistä säädintä käytetään, kun dieselgeneraattori on tahdistettava toiseen verkkoon tai toiseen generaattoriin, esim. rinnankäytölle. /8/

Useimmat mekaaniset säätimet pystyvät  $\pm 0,5$  % tarkkuuteen eli 50 Hz taajuudella 0,5 Hz. Hydrauliset säätimet pystyvät toimiaan 0.2 %:in vaihteluvälillä, jolloin taajuuden vaihtelu on 0,25 Hz. Sähköiset säätimet kykenevät pitämään nopeuden vaihteluvälin alle 0,1%:ssa. Pyrintänopeuden muutosta ei voida hyväksyä laitteissa, joissa tarkka taajuuden säätö on tarpeellista. Mekaanisissa säätimissä nopeuden alenemaa tarvitaan stabiliteetin vuoksi ja se on niiden luontainen ominaisuus. Mekaanista säädintä ei voida juurikaan säätää. Hydraulisissa ja sähköisissä säätimissä

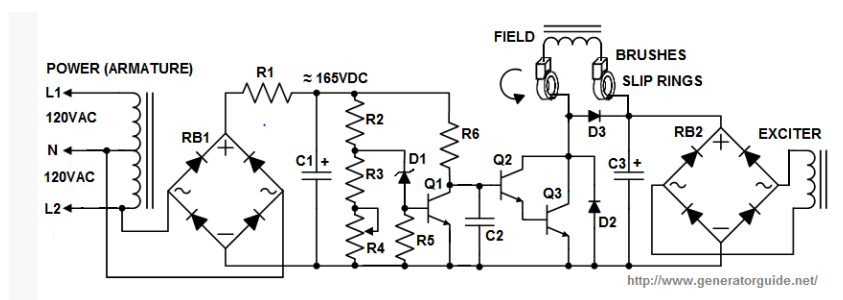
on esiasettelumahdollisuus. Ne voidaan asettaa myös vakiotaajuuskäytölle poistamaan pysyvät taajuuden vaihtelut kuormituksen muuttuessa.

Hydraulinen ja sähköinen säädin pystyvät asettelemaan dieselgeneraattorin pyörintänopeuden nopeammin oikeaan arvoon ja siten pienentävät taajuuden heilahteluja kuormituksen muuttuessa.

Rinnankäynti toteutetaan sähköisillä säätimillä niiden tarkkuuden vuoksi. Säädin voidaan kytkeä myös vakionopeuden antavaan kuormanjakoyksikköön (Load share unit). Kuormanjakoyksikkö antaa erikseen ohjaussignaalin jokaiselle erilliselle käynninsäätäjälle, jotta laitteisto tuottaisi koko ajan nimellistaajuuttaan ja jakaisi kuormansa tasaisesti samaan verkkoon kuuluville laitteille ilma takatehoa tai voimakkaita pyörrevirtoja. /8/

### 4.3.3 Dieselgeneraattorin säätö syötönvaihdossa

Generaattorin jännitettä säädetään AVR:n (automatic voltage regulator) avulla ja taajuutta speed governor-laitteen eli generaattorin nopeussäätäjän avulla. Kumpikin on elektroninen laite ja niitä voidaan ohjata tahdistuslaitteella jännitepulsseilla generaattorin oman säädön ohi, kunnes saavutetaan sama tahdistus pääsyyttöverkon kanssa. Normaalitilanteessa generaattori ottaa jännite- ja taajuusreferenssin tuottamastaan tehosta. On generaattorikohtaista, millaisella aikasyklillä pulsseja voidaan lähettää. Säätyminen tapahtuu pienellä viiveellä, mikä on polttomoottorille ominaista kuormitettuna. Lisäksi säätymiseen vaikuttaa generaattorin ja moottorin huimamassa, eli miten hyvin ne säilyttävät liike-energiaansa erilaisissa kuormitusmuutoksissa. Kuvassa 10 on AVR-laitteen kytkentä ja rakenne.

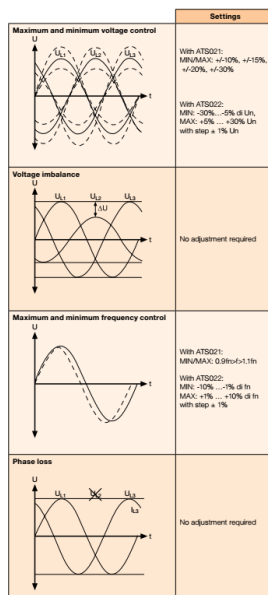


**Kuva 10.** AVR: n rakenne

## 5 SYÖTÖNVAIHTO ATS-021- JA ATS-022- LAITTEILLA

Syötönvaihtojärjestelmä toteutetaan nykyisessä järjestelmässä ABB:n ATS-021 tai ATS-022 ohjausyksiköllä. ATS-022 eroaa ATS-021-laitteesta siten että siinä on LCD- näyttö, sekä ATS-022 on paremmin säädettävissä mm. kytkentäaikojen pituuksien osalta kytkentäsekvenssissä. ATS on lyhenne sanoista Automatic transfer switch. ATS-021- ja -022- ohjaimelle on ominaista se, ettei se ole yhteensopi- va jakeluautomaatiojärjestelmien kanssa. Siihen ei saa väyläohjausta eikä siitä saa mittaustietoja eikä muitakaan tietoja välitettyä automaatiolle. ATS on periaatteen- taan itsenäinen yksikkö, joka suorittaa syötönvaihdon ilman kommunikaatiota muun automaation kanssa. Co-Engineering Oy: kokemusten mukaan projekteissa on havaittu tilanteita, jossa ATS- ohjain on mennyt vikatilaan, kun sitä on yritetty ohjata ulkopuolelta. ATS:lle asettaa rajoituksen myös se, että sillä voidaan ohjata maksimissaan kolmea katkaisijaa (malli ATS 022), mikä on nykyvaatimusten mu- kaan liian vähän. Tyypillinen ATS-ratkaisu kolmella katkaisijalla on kaksi pää- katkaisijaa ja yksi kiskokatkaisija tai syöttökatkaisija, joka erottaa sekundaariset kuormat irti syöttöverkosta. /2/

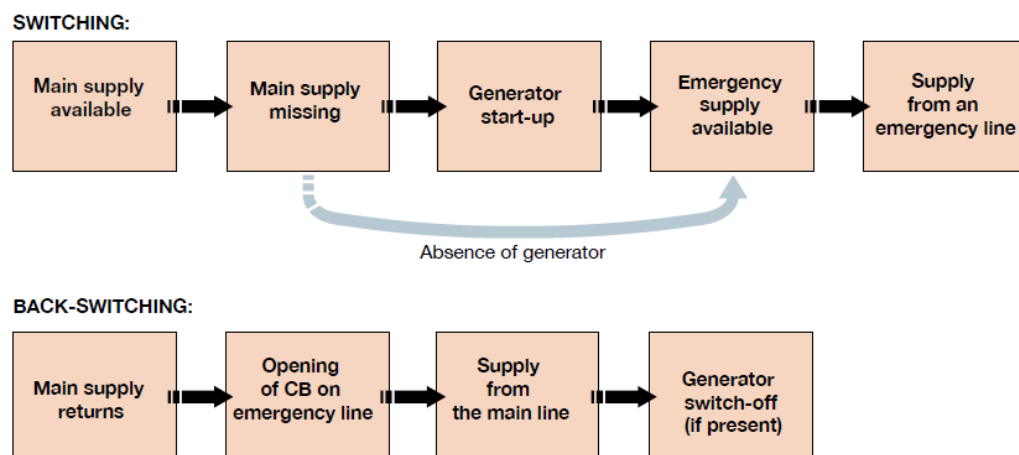
ATS:llä suoritettuna syötönvaihto on katkollinen sekä kytkeydyttäessä varasyötöl- le että siirryttäessä takaisin normaalisyöttöön. Eli kummassakin syötössä on jän- nitteetön hetki, kun vaihdetaan pääsyötöltä varasyötölle ja palattaessa takaisin. ATS voidaan liittää 1- tai 3-vaihesyöttöön, jossa on nollajohdin, tai sitten nollat- tomaan 3-vaihesyöttöön, kuten moottorilähtöjä sisältävään verkkoon. /10/



**Kuva 11.** ATS- yksikön mittaamat suuret

Kuvassa 11 on esitetty ATS-yksikön mittaamat suuret, joiden mukaan ATS reagoi ja vaihtaa syöttöjen välillä. ATS mittaa minimi ja maksimi jännitteitä ja niiden eroa ohjearvoihin. ATS mittaa myös yksittäisten vaiheiden jännitepoikkeamia. Lisäksi ATS mittaa syöttöjännitteen taajuutta. Verkon syöttö on yleensä ylikuormittunut kun taajuus alkaa laskea. ATS tarkkailee myös vaihekatkoa.

Edellä mainittujen suureiden perusteella ATS tekee syötönvaihdon, jos jokin suureista poikkeaa ohjearvosta. Kuva 12 esittää ATS-järjestelmän toimintasekvenssiä vikatilanteessa.



**Kuva 12.** ATS-ohjaimen toimintasekvenssi vikatilanteessa

Yllä olevassa kuvassa 14 on esitetty syötönvaihdon toimintakuvaus. Kun pääsyöttö katoaa, ATS ajaa generaattorin ylös ja kytkee sen verkkoon, kun generaattori on käynnistynyt ja jännite on vakioitunut. Vastaavasti takaisinkytkentä suoritetaan, kun ATS havaitsee, että pääsyöttö on jälleen käytettävissä. ATS avaa varasyötön katkaisijan ja kytkee pääsyötön katkaisijan kiinni. Tämän jälkeen suoritetaan generaattorin jäähdytysajo ja sammutetaan generaattori./2/

## 6 SYÖTÖNVAIHTO OHJEMOITAVALLA LOGIIKALLA

Logiikkaohjauksella saadaan käyttöön hajautetun IO- järjestelmän edut. Pääsyötö- ja varasyöttöverkosta saadaan kerättyä halutut tiedot halutusta verkon osasta. Verkon instrumentointi voidaan toteuttaa melko vapaasti erityyppisillä komponenteilla. Ainoa rajoite on oikeastaan soveltuvuus etäohjattavaksi ja mahdollisuus saada tarvittavat logiikan tulo -ja lähtötiedot. Retrofit- kohteissa, joissa päivitetään vanhaa olemassa olevaa järjestelmää uudempaan, on tärkeää tietä esim. vanhojen kytkinten ja katkaisijoiden teknisestä soveltuvuudesta ja sitä kautta on mahdollisuus olla vaihtamatta niitä uusiin synnyttäen samalla kustannussäästöä.

### 6.1 Automaatiojärjestelmän määrittely

Automaatio on järjestelmä, joka perustuu valmiisiin komponentteihin. Niitä voidaan yhdistää toisiinsa valmiiksi kokonaisuuksiksi, Automaation etuja ovat hyvä laadunvalvonta, toistettavuus, parantunut työturvallisuus, tuotannon tehostuminen ja vähäisempi työvoiman tarve.

Automaatiojärjestelmä voidaan rakentaa käyttämällä ohjelmoitavia logiikoita, jotka hoitavat eri prosessin tehtäviä. Logiikoihin voidaan kytkeä erilaisia lähtöliitäntöjä, joilla ohjataan automaatiojärjestelmän toimilaitteita kuten moottoreita, pumppua, sylintereitä ja venttiileitä. Logiikoissa on myös tuloliitäntöjä, joilla mitataan lämpötilaa, toimilaitteen asemaa, painetta ja lasketaan kappaleita. Automaatiolaitteita voidaan kytkeä toisiinsa väyläliitännöillä, jotka siirtävät tietoa eri laitteiden välillä. Väylätekniikan avulla voidaan liittää toisiinsa etäällä olevat laitteet vähäisellä kaapeloinnilla. /15/

Ohjelmoitava logiikka PLC = (programmable logic cotroller) on itsenäinen automaatiojärjestelmä, joka hoitaa määritettyä osaprosessia. Ohjelmointilaitteena toimii yleensä PC. Ohjelma tallennetaan Logiikan ohjelmamuistiin. Logiikkaohjelma etenee tyypillisesti askel kerrallaan vaiheesta toiseen, kunnes kaikki toiminnot on läpikäyty. Tämän jälkeen ohjelmakierto alkaa alusta. Ohjelmamuutokset on helppo tehdä PC:n avulla, koska monet muutokset voidaan tehdä pelkästään ohjelmaa muuttamalla. Tästä syystä PLC on korvannut reletekniikalla toimivan automaati-

on, jonka muutokset ovat vaatineet johdotuksen muuttamista. Suurimpia PLC-valmistajia ovat Siemens, Omron ja Beckhoff. /15/

## 6.2 Logiikkaohjauksen etuja

Logiikkaohjausta voidaan käyttää logiikkajärjestelmän sekä pää- että alijärjestelmän konfiguraatiossa riippuen onko se itsenäinen toimiyksikkö, vai onko se osana suurempaa teollisuus- tai voimalaitosverkkoa. Suurissa verkoissa logiikalla ohjattu syötönvaihtojärjestelmä voidaan alistaa pääverkon hallintaan, jossa se on yhteisen verkonvalvontajärjestelmän osa pääsyöttöverkon kanssa. Täten saadaan koko verkon mittaustiedot koottua pääverkon ohjauksen käyttöön ja voidaan suorittaa varavoiman kytkentä automaattisesti, jos annetut parametrit varasyötön kytkennästä täyttyvät. Varasyöttöverkko voidaan ohjata suorittamaan ajoittain automaattinen testisykli, jossa sen toiminta tarkastetaan riippumatta pääsyöttöverkon tilasta. Tällöin varasyöttö syöttää varsinaiseen verkkoon tehonsa pääverkon rinnalla. /17/

Logiikkaohjatulla syötönvaihdolla voidaan määrittää verkon eri osien prioriteetit, mitkä syöttöpisteet ovat tärkeitä tai missä järjestyksessä verkkoa ajetaan ylös. Logiikan avulla voidaan ohjata generaattori tukemaan verkkoa suuren kuorman käynnistyessä. Päinvastoin voidaan estää generaattorin käynnistyminen antamalla logiikalle raja-arvot, joiden sisällä varavoimaa ei käynnistetä. Lisäksi voidaan ohjata varavoimajärjestelmä käynnistymään aina tiettyjen kuormien käynnistyessä tasaamaan kuormitushuippuja. Logiikka voidaan asettaa ohjaamaan verkon kuormia stabiiliin tilaan, että tahdistusjännitteet saavutetaan luotettavasti ja nopeasti. Yleensä se syöttömuuntaja tai generaattori, joka on ensimmäisenä saavuttanut nimellisen jännitteen ja taajuuden, kytketään ensimmäisenä verkkoon, jos järjestelmässä on rinnakkaisia tehon lähteitä. /17/

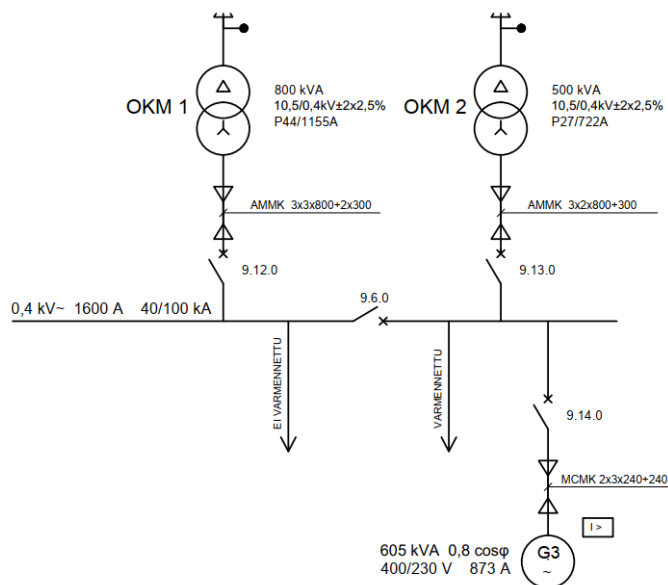
Näyttöpaneelin avulla varavoimaverkkoa voidaan valvoa visuaalisten näyttöjen avulla. Lisäksi voidaan muuttaa manuaalisesti ohjausparametreja, kuten käynnistysaikoja, ja pakko-ohjata testiajo ym. On järkevää suunnitella logiikkaohjaus ja näyttöpaneelin ohjelmisto siten, että varavoimaverkon kaikkia toimintoja voidaan

ajaa käsin lukitus- ja turvallisuusehtojen mukaan. Täten testaaminen ja ohjaaminen voidaan suorittaa käsin esim. huolto- ja vikatilanteissa.

Kun varavoimaverkkoa suunnitellaan, on selvitettävä onko pääsyötön ja generaattorin rinnankäyttö sallittua. Rinnankäyttö voi vikatilanteessa kuormittaa virtakiskosta yli sen keston ja aiheuttaa kiskoston ylikuumentumisen ja sulamisen. /26/

### 6.3 Syöttöverkon rakenne

Kuvassa 13 on tyypillinen ratkaisu verkon rakenteesta voimalaitoskäytössä. Verkossa on kaksi omakäyttömuuntajaa, joiden kautta ohjataan voimalaitoksen ohjausautomaatiikkaa ja kiinteistöautomaatiota. Generaattori alkaa syöttää jännitettä jos molempien omakäyttömuuntajien jännite katkeaa. OKM1:sen jännitteen katketessa, on mahdollista erottaa se avaamalla katkaisija 9.6.0, jolloin jännite menee vain varmennettuun kuormaan muuntajan OKM2 syöttämänä. Jos myös OKM2 menee jännitteettömäksi, käynnistyy generaattori katkaisijoiden 9.6.0 ja 9.13.0 avauduttua. /25/



**Kuva 13.** Voimalaitosverkon omakäyttömuuntajat + generaattori



#### **6.4 Syötönvaihtojärjestelmän rakenne**

Turvallisuusnäkökohdat huomioiden, automaattien syötönvaihto on suositeltava tapa tahdistuksen ja verkkoliittynän toteuttamiseen. Manuaalisesti toteutettua tahdistusta ei suositella jatkuvaan käyttöön. Syötönvaihto on sallittua toteuttaa vain siihen tarkoitukseen suunnitelluilla laitteilla, ei matemaattisten laskelmien ja mitausten avulla. /28/

Automaattinen syötönvaihto voidaan toteuttaa pääpiirteissään kahdella eri tavalla generaattorivarmennetussa verkossa. Voidaan käyttää joko erillistä tahdistusrelettä tai vaihtoehtoisesti generaattorihjainta, joka ohjaa generaattorin toimintaa ja kykenee tahdistamaan sen. Laitteita on markkinoilla usealla eri valmistajalla. Tarkoituksena on löytää kustannustehokas ratkaisu ja tarkastella samalla mahdollisia erilaisia laitteisto- ja ominaisuusvaatimuksia. Tarkasteluun valitaan kaksi erityyppistä tahdistusrelettä ja yksi generaattorihjain.

Oleellinen asia on verkon suojaus. Eri laitekokonaisuuksille on valittu perussuojaukseen soveltuvia komponentteja, joita voidaan soveltaa asiakkaan tarpeen mukaisesti.

Pääsyöttöverkkoa valvotaan varavoimaverkkona kannalta kahdella tavalla. Valvotaan statusta ja pääsyötön katketessa tarkastetaan, onko pääsyöttöverkossa varasyötön käynnistymisen estävä vika. Erillinen kiskokatkaisija helpottaa tilannetta, mutta mikäli sitä ei ole käytössä, valvonnan on ulotuttava piirin kauimmaiseen auki olevaan katkaisijaan saakka. Tieto vikaantumisesta saadaan pääsyötön suoja-releeltä, joka voi olla esimerkiksi tyyppiä ABB REG 615.

#### **6.5 Syötönvaihdon suojaus REG 615 ja CM-PVE**

Generaattoriverkon suojaus vaatii suojiilta hyvää erottelukykä dieselgeneraattorin antaman pienen oikosulkuvirran vuoksi. On tarpeellista miettiä miten suojaus ja varasuojat toteutetaan. ABB:n REG 615-generaattorisuojarele ja ABB CM-PVE-jännitevalvontarele ovat hyvä perussuojaus, jonka ympärille voidaan rakentaa varasuojaus. Kuvassa 14 on CM.PVE jännitevalvontarele.

CM-PVE- jännitevalvontarele valvoo varasyöttöjärjestelmän verkkoa yli- ja alijänniteiltä. CM-PVE 1SVR550870R9400 on malli, jossa on yli- ja alijännitevalvonta sekä epäsymmetrisyyden valvonta, joka valvoo vaiheiden välistä nollapiste-siirtoa./4/



**Kuva 14.** CP-B 24/10.0

REG 615 ABB- generaattorisuojarele on generaattorin suojaukseen tarkoitettu suojarle. Se voidaan kytkeä väylään. Se tukee Modbus, DNP3- ja IEC 60870-5-103-tiedonsiirtoprotokollia. REG-615 sisältää tahdistuksen tarkastusominaisuuden, jota voidaan käyttää hyödyksi varmentamassa tahditusta varsinaisen tahdistuslaitteen kanssa Jos automaattitahdistimen ja suojarleen arvot poikkeavat tahdistusikkunasta, kytkentää ei suoriteta. Kuvassa 15 on REG 615- generaattorisuojarele /12/



**Kuva 15.** REG-615 ABB-generaattorisuojarele

Taulukossa 1 on esitetty generaattorisuojareleen suojasuosituksset teholuokittain. Tyhjä piste on vaihtoehtoinen suojaus. Tummalla pisteellä on merkitty vaaditut suojaustoiminnot. /27/

**Taulukko 1.** Generaattorin suojaustoiminnot.

| Toiminto (ANSI-koodi)                         | Symboli             | Nimellisteho (MVA) |        |
|---|---------------------|--------------------|--------|
|   |                     | 5-50               | 50-200 |
| Staattorin 90% maasulkusuojaus (59N, 64, 67G) | V0>, 3I0>           | •                  | •      |
| Staattorin 100% maasulkusuojaus (64G(100 %))  | V0 (3. harm.)       |                    | •      |
| Differentiaalisuojaus (87G, 87T)              | $\Delta I$          | •                  | •      |
| Vakioaikaylivirtasuojaus (51)                 | I>                  | •                  | ○      |
| Impedanssisuojaus (21)                        | Z<                  |                    | •      |
| Roottorin maasulkusuojaus (64R)               | R<                  | •                  | •      |
| Vinokuormitussuojaus (46)                     | I2>                 | •                  | •      |
| Alimagnetointisuojaus (40)                    | 1/xd                | •                  | •      |
| Epätahtisuojaus (78)                          | $\Delta Z/\Delta t$ |                    | ○      |
| Staattorin ylikuormitussuojaus (49)           | I <sup>2</sup> t    | •                  | •      |
| Roottorin ylikuormitussuojaus (49R)           | I <sup>2</sup> t    |                    |        |
| Ylijännitesuojaus (59)                        | V>                  | •                  | •      |
| Taajuussuojaus (81)                           | f<, f>              | •                  | •      |
| Takatehosuojaus (32)                          | -P                  | •                  | •      |
| Ylimagnetoimissuojaus (24)                    | V/f                 | ○                  | •      |

## 6.6 Ohjausjännitteen varmennus

Jännitekatkon varalta on syytä varmistaa logiikan ja syötönvaihdon muiden komponenttien katkoton jännitteen saanti. ABB on kehittänyt CP-B UPS- moduulin, joka pystyy puskuroimaan 24 VDC jännitettä. Laitteisto perustuu ultrakondensattoritekniikkaan, joten se on huoltovapaa verrattuna akkuvarmennukseen. Lisäksi sillä on hyvä lämpötilankesto. Hyötysuhde on yli 90 %. Latausaika on nopea, 135 sekunnissa laite on latautunut täyteen kapasiteettiinsa. Käyttöaika selviää kuvasta 17. /16/

Nimellisjännite on 24 VDC, nimellisvirrat ovat 3 A DC, 10A DC ja 20 A DC. Kapasiteettia on mahdollista kasvattaa CP-B ext.2 – moduulilla. CP-B 24/3 A DC ja CP-B 24/20,0- moduuliin on mahdollista saada laajennusmoduuli CP-B-EXT.2 (2kW). Laitteen statusta on mahdollista valvoa relekontakteilla. (kosketintieto). Käyttölämpötila on -40..+ 60°C. Laite voidaan kiinnittää Din-kiskoon. Kuvassa 16 on CM-PVE- UPS-laite. /4/

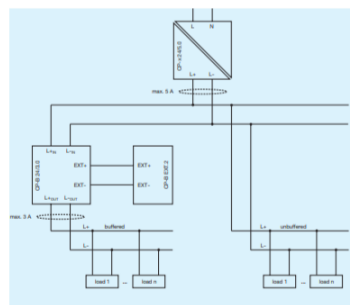


**Kuva 16.** CP-B 24/10.0-moduuli

Product selection table and order data

| Typ                               | CP-B 24/3.0        | CP-B 24/10.0       | CP-B 24/20.0       | CP-B EXT.2         |
|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Order code                        | 1SVR 427 060 R0300 | 1SVR 427 060 R1000 | 1SVR 427 060 R2000 | 1SVR 427 065 R0000 |
| Rated input voltage               | 24 V DC            | 24 V DC            | 24 V DC            | -                  |
| Rated current                     | 3 A DC             | 10 A DC            | 20 A DC            | -                  |
| Energy storage (min.)             | 1000 Ws            | 10000 Ws           | 8000 Ws            | 2000 Ws            |
| Typical charging time             | 65 s               | 134 s              | 135 s              |                    |
| at load current                   | 56 s               | 82 s               | 62 s               |                    |
| Typical buffer time <sup>1)</sup> |                    |                    |                    |                    |
| at load current                   | 13 s               | 38 s               | 15 s               |                    |
| 50 %                              | 28 s               | 76 s               | 30 s               |                    |
| 25 %                              | 66 s               | 140 s              | 60 s               |                    |
| 10 %                              | 148 s              | 380 s              | 150 s              |                    |
| <b>Dimensions</b>                 |                    |                    |                    |                    |
| Width                             | 60 mm              | 116 mm             | 84 mm              | 60 mm              |
| Height                            | 99 mm              | 170 mm             | 197 mm             | 99 mm              |
| Depth                             | 120 mm             | 147 mm             | 213 mm             | 120 mm             |

Application example



$$^1 \text{ buffer time} = \frac{\text{energy storage} \times 0.9}{\text{load current} \times \text{output voltage (buffer mode)}}$$

Document number 3CDC114585 L0282 Printed in Germany (11/11)

**Kuva 17.** DP-B-moduulien teknisiä ominaisuuksia

## 6.7 Logiikka AC500 ABB

AC500-logiikka on oma laitekokonaisuus, joka ohjaa syötönvaihtojärjestelmää ja joka voidaan kytkeä kenttäväylän välityksellä AC800-tehdasautomaatiojärjestelmän osaksi sopivalla kenttäväyläprotokollalla. Suositeltava kenttäväylätyyppi on esimerkiksi Modbus TCP. Modbus TCP on yksi oletusväylistä AC500-logiikoissa, joten se olisi edullinen ratkaisu hankintahinnaltaan, ilman maksullista lisäprotokollaa.

AC500-logiikkaan on aiemmin saanut moduulin, joka on pystynyt suorittamaan generaattorin tahdistamisen ja kytkennän valtakunnanverkkoon. Moduulin käyttö kiellettiin ilmenneiden vaaratilanteiden ja järjestelmän epäluotettavan toiminnan takia. Nykyisin syötönvaihto on toteutettava erillisin laittein ja logiikan tehtäväksi jää huolehtia kommunikoinnista tehdasautomaation suuntaan ja antaa ohjauskäskyt prosessin läpiviemiseksi. Kuvassa 18 on AC500 tuotevalikoima /14/

### ABB AC500 PLC

Tuotevalikoima



**Kuva 18.** ABB AC500 – tuoteperhe

#### 6.7.1 CPU AC500 ABB

Syötönvaihtolaitteiston ohjaukseen riittää perusmallinen CPU. Tarkastelussa on otettava huomioon järjestelmän turvamäärittelmän mukaiset liitynnät. AC500 Eco ei sisällä itsessään SIL/Ple turvamäärittelmän mukaisia liityntöjä. Sil sisältää turvastandardit: EC 61508, IEC 62061, IEC 61511, ja Ple: ISO 13849-turvastandardin. AC500 V2 CPU sisältää SIL/Ple turvaprotokollaliitettävyyden. Se on AC500 Eco:a 30€ kalliimpi. /14/

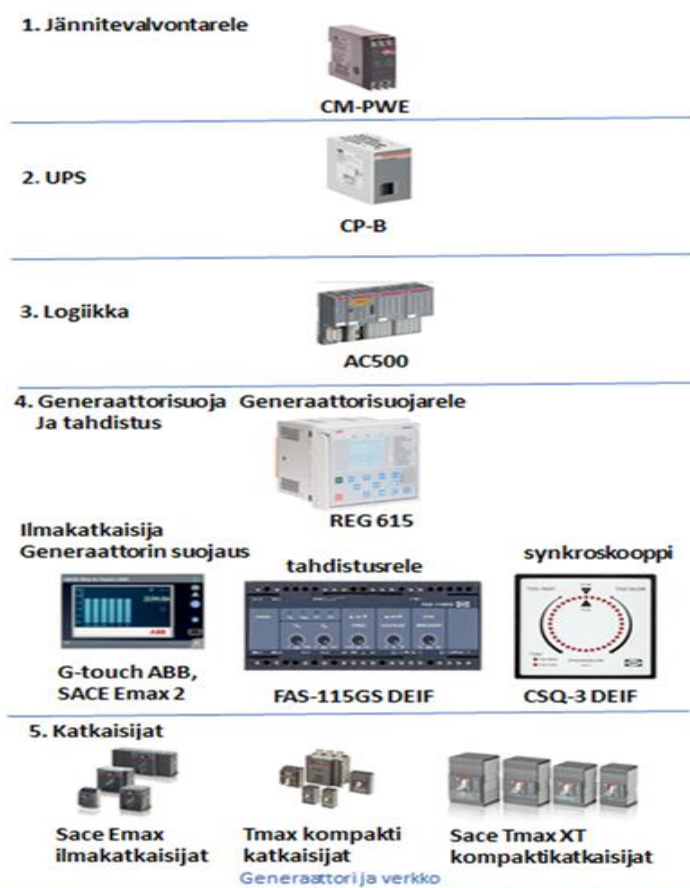
#### 6.8 Automaattinen tahdistus

Tahdistus voidaan suorittaa erillisellä tahdistusreleellä tai vaihtoehtoisesti generaattorihajaimella, jossa on tahdistusominaisuuden lisäksi generaattorin suojausfunktiot. Laitteiksi on valittu DEIF FAS-115GS-automaattinen tahdistusrele,

Syncrotact 6-automaattinen tahdistusrele ja DEIF CSQ-3-generaattoriohjain. Eri laitekokonaisuudet on esitetty alla.

### 6.8.1 Tapa 1: DEIF FAS-115DG ja G-Touch ABB-ilmakatkaisija

DEIF FAS-115DG- automaattinen tahdistusrele ja Sace 2 Ekip G-touch- katkaisija ja generaattorisuoja yhdistelmä suojaa generaattoria REG 615:sta varasuojana. Ekip- katkaisijan käyttö voisi olla perusteltua kohteissa, joissa on tilarajoitteita, kuten laivat. Tilasäästön lisäksi säästetään myös johdotuksessa. Kuvassa 19 on laitteisto FA-115DG-tahdistusreleellä.



**Kuva 19.** Laitteisto FAS-115DG DEIF-tahdistusreleellä

DEIF FAS-115DG- tahdistusrele ei sisällä väyläliityntöjä. Se toimii ainoastaan PLC-ohjaamana ja se suorittaa tahdistuksen loppuun asti, mikäli se on

mahdollista. Laitteesta on mahdollista saada status yhtenä kärkeä logiikalle. Tahdistusreleen lähettämät ohjauspulssit voidaan asettaa ohjaamaan hitaasti reagoivia dieselgeneraattoreita tai nopeasti reagoivia höyryturbiineja.

FAS-115DG-tahdistusrele on säädetty positiiviselle jättämälle, eli tahdistustaajuus on aina hieman pääverkon taajuutta korkeampi takatehotilanteen estämiseksi kytkentähetkellä.

FAS-115DG:ssä on lähdöt generaattorin jänniteensäätöyksikköä AVS (automatic voltage regulator) säätöä varten. Tahdistusrele mittaa reaaliajassa todellista taajuuden jättämää ja vertaa sitä generaattorikatkaisijan viiveaikaan määrittäessään oikeaa katkaisijan sulkemishetkeä. Kun taajuuden ero ja jännitepoikkema ovat säädettyjen rajojen sisällä, ylläoleva laskenta suoritetaan ja tahdistusrele lähettää sulkemissignaalin katkaisijalle. Edellä mainitulla tavalla rele kompensoi katkaisijan sulkemisviiveen vaikutuksen. Katkaisijan sulkemiskäsky lähetetään X-astetta etu-käteen, riippuen katkaisijan sulkemisviiveestä. Tällöin vaiheiden tahdistusero ei pääse kasvamaan katkaisijan viiveen vuoksi./20/

Tahdistusreleessä on suojaus harmonisten yliaaltojen ja jännitehäiriöiden varalta. Rele sisältää ROCOF- (rate of change of frequency) suojauksen.

FAS-115DG- tahdistusrele on yhteensopiva LSU-yksikön DEIF LSU-113DG kanssa. Käyttämällä edellä mainittujen laitteiden yhdistelmää, voidaan yhdistää yhdellä FAS-115DG tahdistuslaitteella liittää kaksi generaattoria verkkoon. Talukossa 2 on FAS-115DG-synkronisointireleen säätöarvoja ja säätäjälähtöjen tiedot. Kuvassa 20 on FAS-115DG-generaattoritahdistin. /20/



**Kuva 20.** FAS-115DG DEIF-tahdistusrele

**Taulukko 2.** FAS-115GS-tahdistureleen asetteluarvoja

| Setting of                                      | Range   |
|---|---|
| T <sub>N</sub> Control pulse length             | 25...500 ms   |
| X <sub>p</sub> Proportional band                | ±0.25...±2.5Hz  |
| f <sub>set</sub> Slip frequency                 | 0.1...0.5Hz   |
| ΔU <sub>max</sub> Acceptable voltage difference | ±2...±12% of U <sub>BB</sub>  |
| T <sub>BC</sub> Breaker closure time            | 20...200 ms   |
| <b>LEDs</b>                                     | <b>Light</b>  |
| U <sub>G</sub> Generator voltage*               | Green,<br>when value is within the acceptable range<br>Switched off,<br>if outside this range |
| U <sub>BB</sub> Busbar voltage*                 |   |
| Δf Frequency difference*                        |   |
| ΔU Voltage difference*                          |   |
| SYNC Synchronising                              | Yellow,<br>when relay is activated  |
| SG ▲ Increasing speed (frequency)               |   |
| SG ▼ Decreasing speed (frequency)               |   |
| AVR ▲ Increasing voltage                        |   |
| AVR ▼ Decreasing voltage                        |   |

Ekip G-touch on generaattorin suojausfunktion sisältävä ilmakatkaisija. Se sisältää Ekip touch suojausfunktioiden lisäksi tarvittavat suojaus- ja valvontatoiminnot, generaattorisuojaukseen kaksi tasoa, Ekip G-touch ja Hi-touch. SACE Ekip 2 - katkaisijan peruslähtökohtana on yhdistää katkaisijatoiminnon lisäksi verkon valvonta ja suojaus. /18/

G-touch-releen suojausfunktiot:

- jänniteohjattu ylivirtasuojaus. (S(V))
- jäännösjännitesuojaukseen (RV)
- takateho- ja kentänmenetyssuoja (RQ)
- maksimi loistehosuoja (OQ)
- maksimi pätötehosuoja (OP)
- minimi pätötehosuojaukseen (UP)
- Suojaukseen taajuuden äkillisiä muutoksia vastaan (Rocof) huom: (vain Hi-touch)

Ekip G-touch soveltuu generaattorisuojaukseen 170 kVA-7,MVA kokoisille generaattoreille ilman erillisiä virta- ja jännitemuuntajia. Kuvassa21 on SACE 2 Ekip-suojareleen saatavilla olevat suojausfunktiot. /18/



- e) The following is a complete list of the protections (and related parameters) available with all the trip units equipped with a display, in the Protections and Advanced menus:

| Name                                 | Protection against                        | Threshold | Time | Function | Auxiliary functions <sup>(1)(2)</sup>                                       |
|--------------------------------------|---|-----------|------|----------|---|
| L <sup>(1)</sup>                     | Overload with long-time delay             | X         | X    | X        | Thermal memory, Pre-alarm threshold   |
| S <sup>(1)</sup>                     | Selective short-circuit                   | X         | X    | X        | Trip enable, Zone Selectivity, Thermal Memory, Startup enable, Lock         |
| I <sup>(1)</sup>                     | Instantaneous short-circuit               | X         | --   | --       | Startup enable, Lock  |
| G <sup>(1)(2)(3)(4)</sup>            | Earth fault                               | X         | X    | X        | Trip enable, Zone Selectivity, Startup enable, Locking, Pre-alarm threshold |
| 2I                                   | Instantaneous short-circuit programmable  | X         | --   | --       | --  |
| MCR <sup>(1)</sup>                   | Instantaneous short circuit on closing    | X         | --   | --       | Monitoring period, Locking  |
| IU                                   | Current unbalance                         | X         | X    | --       | Trip enable   |
| OT <sup>(1)</sup>                    | Temperature outside range                 | --        | --   | --       | Trip enable   |
| IInst                                | Instantaneous short-circuit               | --        | --   | --       | --  |
| Hardware Trip                        | Circuit-breaker internal connection error | --        | --   | --       | --  |
| Harmonic Distortion                  | Distorted waveforms                       | --        | --   | --       | --  |
| Current thresholds <sup>(1)(2)</sup> | Programmable signal thresholds            | X         | --   | --       | Direction of current flow   |
| Neutral                              | Neutral protection                        | X         | --   | --       | --  |

**Kuva 21.** SACE 2 EKIP- katkaisijan suojausfunktiot. (L,S,I,G)



**Kuva 22.** Ekip G-touch LSIG- suojausmoduulin käyttöliittymä

Ekip G-touch on generaattorin suojausfunktion sisältävä ilmakatkaisija. Se sisältää Ekip touch-suojausfunktioiden lisäksi tarvittavat suojaus- ja valvontatoiminnot. Generaattorisuojaukseen kaksi tasoa, Ekip G-touch ja Hi-touch. SACE Ekip 2 - katkaisijan peruslähtökohtana on yhdistää katkaisijatoiminnon lisäksi verkon valvonta ja suojaus. Täten säästetään johdotuksessa ja tilassa. Kuvassa 22 on G-touch-suojausmoduulin ohjainpaneeli /9/

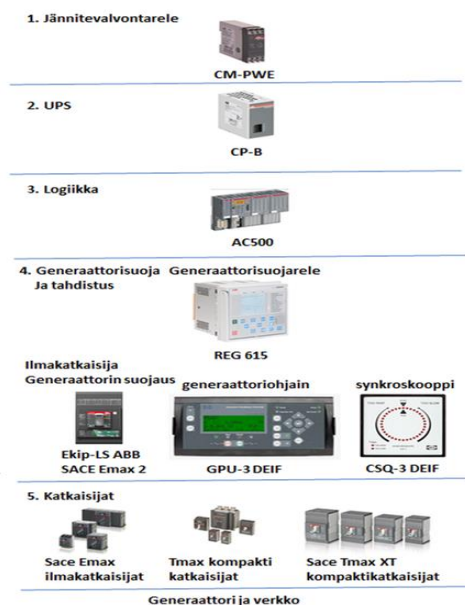
G-touch- releen suojausfunktiot:

- jänniteohjattu ylivirtasuojaus. (S(V))
- jäännösjännitesuojaus (RV)
- takateho- ja kentänmenetyssuoja (RQ)
- maksimi loistehonsuoja (OQ)
- maksimi pätötehosuoja (OP)
- minimi pätötehosuojaus (UP)
- Suoja taajuuden äkillisiä muutoksia vastaan (Rocof) huom: vain Hi-touch

Ekip G-touch soveltuu generaattorisuojakseen 170 kVA-7 MVA kokoisille generaattoreille ilman erillisiä virta- ja jännitemuuntajia. /18/

### 6.8.2 Tapa 2: DEIF GPC 3-generaattoriohjain + Ekip LI- katkaisija

DEIF GPC 3- generaattoriohjain sisältää generaattorin ohjauksen ja tarvittavan generaattorin suojauksen. Generaattorikatkaisijana voidaan käyttää generaattoriohjaimelle ABB SACE 2 Ekip- LI- suojausfunktiolla varustettua katkaisijaa. Kuvassa 23 on laitteisto DEIF-generaattoriohjaimella.

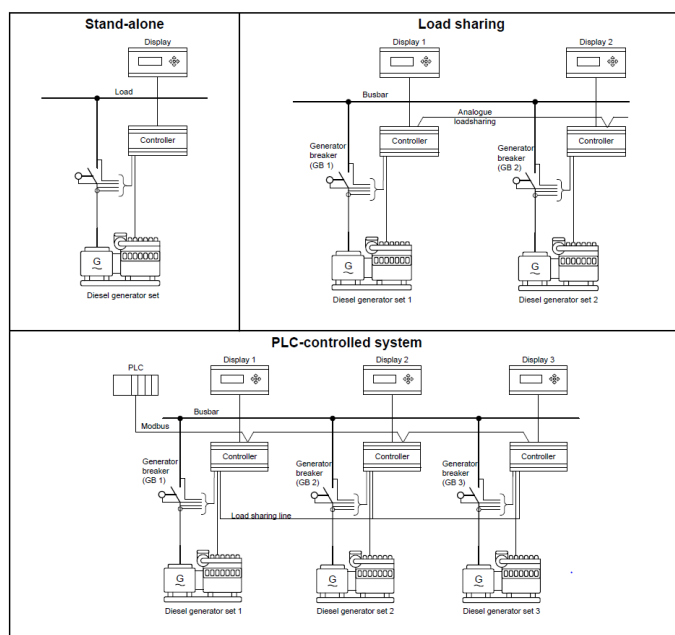


**Kuva 23.** Laitteisto GPC 3 -tahdistusreleellä

DEIF GPC 3-generaattoriohjaimen etuihin voidaan laskea sen ohjattavuus PLC: llä. Sen kaikkia toimintoja voidaan ohjata ja monitoroida PLC: n avulla. DEIF:ltä löytyy myös ohjaimia, jotka pystyvät tekemään tahdistuksen täysin itsenäisesti ilman PLC-ohjausta. GPC 3-ohjain sisältää tahdistustoiminnon, jolla generaattori voidaan tahdistaa pääsyötön kanssa. Lisäksi GPC 3-ohjain sisältää generaattorin suojausfunktiot. GPC 3- ohjaimen voidaan liittää lisänäyttöpaneelit kuvan 25 mukaan. GPC 3-ohjain tukee väyläteknikkaa. Siihen on saatavilla Modbus TCP/IP-, Ethernet/Ip- tiedonsiirtoprotokollat ja tekstiviestillä/sähköpostilla hälytykset. Kuvassa 24 on DEIF generaattoriohjain /7,13/



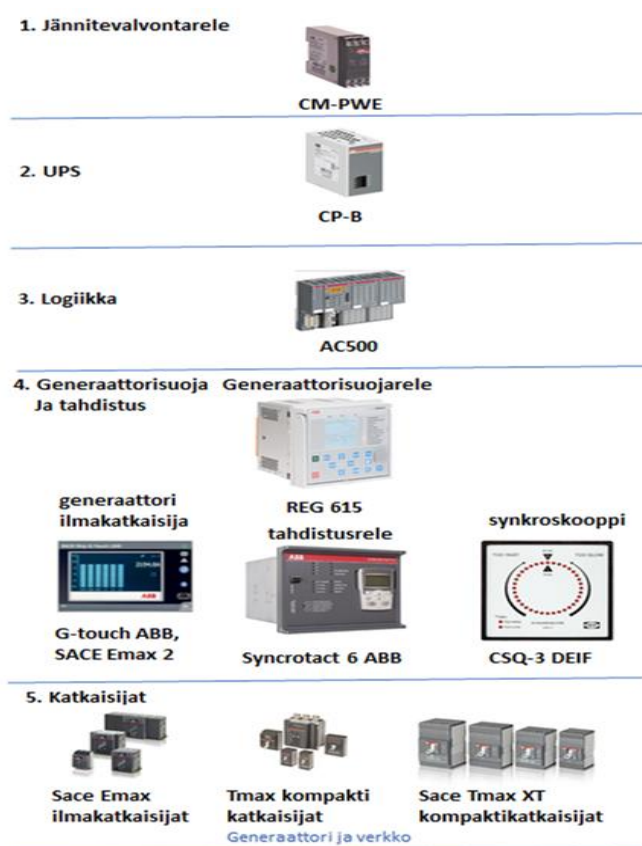
**Kuva 24.** DEIF GPC 3- generaattoriohjain



**Kuva 25.** GPC 3- sovellusesimerkit

### 6.8.3 Tapa 3: Syncrotact 6-tahdistusrele ja EKIP G-touch-katkaisija

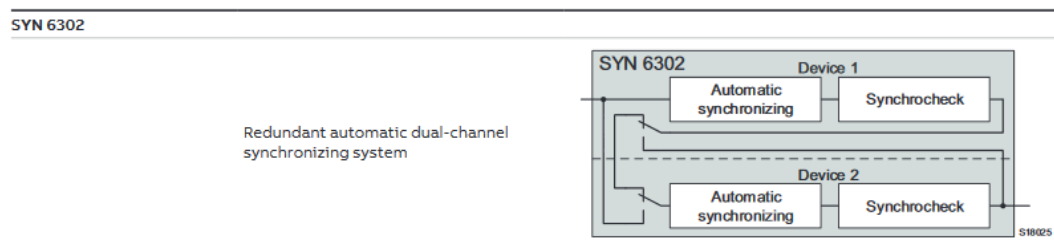
ABB:llä on myynnissä Syncrotact 6-tahdistusrele. Sen käyttö on perusteltua kriittisissä kohteissa, joissa vaaditaan varmaa toimivuutta. Relettä on saatavilla kahdennettuna versiona, jolloin varmistetaan laitteen toimivuus kriittisellä hetkellä vaikka laite olisi vikaantunut. Lisäsuojana Syncrotact 6- releelle voidaan käyttää Ekip LSI- relettä. Kuvassa 26 on järjestelmä Syncrotact 6 releellä /26/



**Kuva 26.** Laitteisto Syncrotact 6- tahdistusreleellä

On tilanteita, joissa varavoimasyötön pitää käynnistyä ja toimia varmasti. Tällöin käytetään kahta varavoimageneraattoria ja yhtä suojarelettä Syncrotact 6 6302:ta, jolloin toisen kanavan vikaantuessa toinen vielä ohjaa generaattoreita. ABB:n Syncrotact 6- rele on rakenteeltaan kahdennettu, ja kummassakin puoliskossa on kaksi kanavaa, joten kumpaankin puoliskoon voidaan kytkeä kahden generaattorin ohjaukset. Kahdennus on esitetty kuvassa 27. Yksi Syncrotact 6-rele pystyy tah-

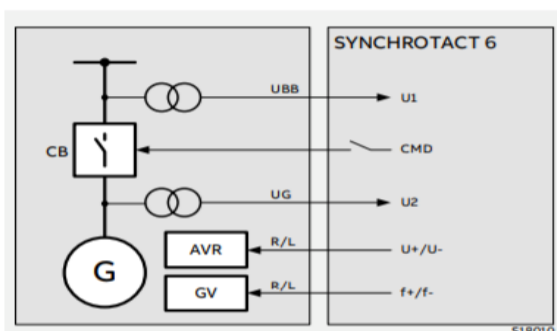
distamaan 20 eri tavalla konfiguroitua katkaisijaa. Syncrotact 6 voidaan kytkeä Modbus RTU- tai Profibus DP-väylään joka mahdollistaa kommunikoinnin AC500- logiikan kanssa. /21/



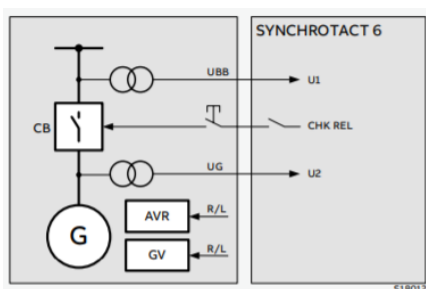
**Kuva 27.** Kahdennettu generaattorihjaus 6302-releellä

Tahdistusreleen ominaisuudet:

- Mittaa tahdistettavien verkkojen taajuuden, jännitteen ja aallonmuodon.
- Tahdistaa jännitteen ja taajuuden generaattoria säätämällä.
- Valvoo jännitettä ja taajuutta.



**Kuva 28.** Automaattinen generaattorin tahdistus


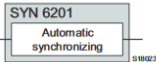

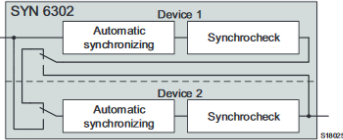


**Kuva 29.** Manuaalinen generaattorin tahdistus, tahdistuksen tarkastus- toiminto

Kuvassa 28 on automaattinen generaattorin tahdistustoiminto. Manuaalinen tahdistus on kuvassa 29. Siinä on tahdituksen tarkastus-toiminto. Kuvassa 30 on Syncrotact 6- tahdistimen mallivalikoiman selitys. SYN 6200 on tarkoitettu manuaaliseen tahdistukseen. SYN6201 on automaattinen yksikanavainen synkronointilaite. SYN 6202 on kaksikanavainen laite synkronoinnitarkistus-toiminnolla sekä automaattitahdistuksella. SYN 6302 on kahdennettu automaattinen tahdituslaite tahdituksen tarkastus- toiminnolla.

## SYNCHROTACT 6

### Device types

| Type     | Function  | Symbol   |
|----------|---|--|
| SYN 6200 | Synchrocheck or automatic paralleling unit without unit matcher |     |
| SYN 6201 | Automatic single-channel synchronizing device                   |    |
| SYN 6202 | Automatic dual-channel synchronizing device                     |  |
| SYN 6302 | Redundant automatic dual-channel synchronizing system           |  |

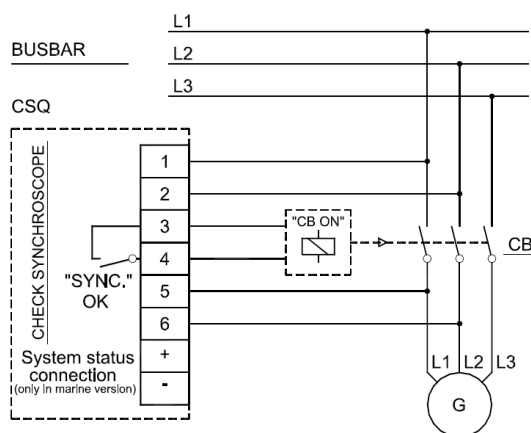
**Kuva 30.** Syncrotact 6- laityypit

### 6.9 Käsintahdistus ja tahdistussuojaus: DEIF CSQ-3-synkronoskooppi

DEIF CSQ-3-synkronoskooppia voidaan käyttää manuaaliseen tahdistukseen ja tahdituksen varmistamiseen automaattitahdituksen aikana kaikissa edellämäin-tuissa syötönvaihtotavoissa. Synkroskooppi sisältää tahdituksen tarkistus-toiminnon. Synkronoskoopin sulkeutuvaa kosketinta voidaan käyttää antamaan kärkitieto logiikalle, joka antaa sen perusteella synkronointilaitteelle tiedon, että katkaisijan sulkeminen on turvallista. Se voidaan kytkeä sarjaan synkronointi-laitteen kanssa tai AC500- logiikkaan. Synkronoskooppi ei sisällä kytkentämahdollisuutta väylään. Kuvassa 31 on DEIF- synkronoskooppi. Synkronoskoopin kytkentä on esitetty kuvassa 32. /6/



**Kuva 31.** DEIF CSQ-3-synkronoskooppi



**Kuva 32.** Synkronoskoopin kytkentä

## 6.10 Katkaisijatyypit ABB:llä

Katkaisijat ovat virtakestoisuuden mukaan jaettavissa kompakti- ja ilmakatkaisijoihin. Ilmakatkaisintyyppi ABB:llä on Emax2. Kompaktikatkaisijoihin luetaan Sace Tmax T-tuotteet. Ne kattavat virtakestoisuuden 320 - 3200 A. Katkaisijoita on saatavana sekä kolmi- että nelinapaiset versiot. XT4 ja XT5 on saatavana lisäksi ulosotettavina ja koot XT4, T5, T6, T7 ja T8 ulosvedettävänä malleina. ABB kompaktikatkaisijoita on saatavilla eri suojaustasoilla. Niiden selektiivisyyssarvoja voidaan parantaa aikaisella vian tunnistuksella ja estoalgoritmeilla.

Alla on lueteltu XT-katkaisijoiden virtakestoisuus. Lisäksi osa katkaisijoista korvautuu uusilla tämän vuosien aikana, T-malli korvautuu XT mallilla. /26/

- XT1, XT3 perusmalli MOD- moottoriohjaus Direct => Ei sovellu ATS:ään
- XT2 10-160A
- XT4 63-250A
- T4 320A
- T5 400A 570A (630A) (korvataan 2019 XT5:lla)
- T6 630-800A (1000A) (korvataan 2019 XT6:lla)
- T7M (630...1600A) kytkentä samantyylinen kuin Emax2 (M, YO, YC), korvataan 2019 XT7:lla.  
T7M / XT7 samankokoinen kuin Emax1.2 => 630A alkaen E1.2 myös huomionarvoinen vaihtoehto, yli 1250 A ilmakatkaisija (mm selektiivisyys parempi). /26/



## 7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Työn toteutusmenetelmä muuttui prosessin aikana asiakastoiveiden kartoituksen sijaan syötönvaihtojärjestelmän toteutustapojen tutkimukseksi. Mielestäni yhtä hyvää vaihtoehtoa laitteistokokoonpanoissa ei ole, vaan oli hyvä tuoda esiin useampi laitteistokokoonpano, joiden pohjalta voidaan kehittää markkinoitavaa järjestelmää.

Ohjelmoitavan logiikan käyttö syötönvaihdossa antaa monipuoliset mahdollisuudet ohjata ja valvoa syötönvaihtojärjestelmää. Logiikalla voidaan estää turhat generaattorikäynnistykset ja toisaalta sen avulla voidaan tasata kuormahuippuja käynnistettäessä esimerkiksi suuri sähkömoottori.

DEIF FAS-115GS- synkronointirele on yksinkertainen ja kustannustehokas ratkaisu, jota rajoittaa lähinnä se, ettei laitetta itsessään saa kytkettyä väylään. Se aktivoituu, kun logiikalla annetaan jännite releelle. Se suorittaa synkronoinnin ja kytkennän itsenäisesti. Rele ilmoittaa ainoastaan statuksensa logiikalle yhdellä kosketintiedolla. .

ABB:n Syncrotact 6- synkronointirele on hyvä laite tilanteissa, joissa vaaditaan suurta toimintavarmuutta releen kahdennusominaisuuden vuoksi. Lisäksi yhdellä releellä voidaan ohjata kahta rinnakkaista generaattoria. Rele soveltuu sairaala- ja voimalaitoskäyttöön. Rele on kytkettävissä väylään.

DEIF GPC 3- generaattorihjainta voi ajatella käytettävän vanhan voimakoneen ohjauksen päivittämisessä nykypäivään. GPC 3- ohjain kykenee toimimaan logiikan ohjaamana ja ohjain on myös kytkettävissä väylään. Täten generaattorista saadaan keskusvalvomoon kaikki valvonta- ja statustiedot tarvittaessa.

Työn aihe oli mielenkiintoinen ja antoi mahdollisuuden pohtia sähkönsyöttöverkon rakennetta ja toimintaa kokonaisvaltaisesti. Haasteellista oli muodostaa kokonaiskuva järjestelmästä ja ratkaisumalleista. Aiheesta ei löytynyt juurikaan tehtyjä lopputöitä eikä kirjallisuutta. Generaattoreiden säädöstä ja ohjauksesta luin enemmänkin, se oli mielenkiintoinen aihealue.

Jatkossa voisi olla aiheellista Comap- ja Deif- tuotemerkkien tarjontaa laajemmin. Comap- tuotemerkki valmistaa generaattoriohjaimia ja syötönvaihtojärjestelmän komponentteja. Deif ja Comap ovat keskittyneet varavoimajärjestelmien toteuttamiseen ja heillä on kattavasti laitteistoja generaattorien ohjaamiseen ja katkottomaan syötönvaihtoon. Sama laitteisto valvoo verkkoa, ohjaa generaattoreita, tasaa kuormat ja suorittaa katkottoman syötönvaihdon tarvittaessa. Laitteissa on integroituna tärkeimmät syöttöverkon suojausfunktiot, joten vain mahdollisia vara- ja lisäsuojauksia olisi tarpeellista hankkia erikseen. Lisäksi laitteet ovat kenttäväylään yhdistettävissä, jolloin ei välttämättä tarvitsisi AC500 logiikkaa välipor- taassa, vaan laitteet voitaisiin kytkeä suoraan pääjärjestelmään.

Kiitos kuuluu ABB:n edustajille, jotka antoivat aikaansa ja tietojaan opinnäytetyön toteuttamiseen.

## LÄHTEET

/1/ ABB 2000 Teknisiä tietoja ja taulukoita-käsikirja, ISBN95199366-0-2, Vaasa

/2/ ATS021-ATS022 Automatic transfer switching ABB.

/3/ Batteries – the heart of your UPS. Viitattu

18.11.2018.<http://www.eaton.com/content/dam/eaton/products/backup-power-ups-surge-it-power-distribution/backup-power-ups/eaton-abm-technology-ap162003en.pdf>

/4/ CM-PWE Phase monitoring relay. Viitattu 22.2.2019.

<https://new.abb.com/products/1SVR550870R9400/cm-pve-phase-monitoring-relay-1n-o-11-2-3-n-185-265vac>

/5/ Co- Engineering Oy:n kotisivut. Viitattu 4.4.2019. <https://www.co-engineering.fi>

/6/ DEIF CSQ-3 synkroskooppi. Viitattu 31.4.2019. <https://deif-cdn.azureedge.net/v-dj16bakbqya4/documentation/download/%7B8F0E3BE3-EFF4-4C28-9E24-5DC0305C9CC2%7D>

/7/ DEIF support ticket #995946. Email: 4.2.2019.

/8/ Dieselgeneraattorin käynninsäätö. Viitattu 1.11.2018. <https://medifast-tekniikka.fi/artikkelit/arti006.htm>

/9/ DOC. N° 1SDH001000R0002 - ECN000086018 - Rev. C SACE Emax 2.  
ABB

/10/ Doc. N° 1SDH000759R0002 – L 4106, Automatic transfer switch ATS021-  
ABB.

/11/ DRUPS-järjestelmä sairaaloiden varavoiman 25.11.2015. Viitattu  
23.10.2018.

[ssty.fi/sahkojaos/download/sairaaloiden\\_sahkotekniikan...25.../KWSetUPS.pptx](ssty.fi/sahkojaos/download/sairaaloiden_sahkotekniikan...25.../KWSetUPS.pptx)

/12/ Generator and Interconnection Protection REG615 ABB. Viitattu 20.4.2019.

<https://search-ext.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=1MRS758272&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>

/13/ GPC 3 DEIF. Viitattu 15.4.2019. [https://deif-cdn.azureedge.net/v-](https://deif-cdn.azureedge.net/v-dj16olujrfqc/documentation/download/%7BB10F2A3F-1D8F-4F5F-B01E-920CA72610C1%7D)

[dj16olujrfqc/documentation/download/%7BB10F2A3F-1D8F-4F5F-B01E-920CA72610C1%7D](https://deif-cdn.azureedge.net/v-dj16olujrfqc/documentation/download/%7BB10F2A3F-1D8F-4F5F-B01E-920CA72610C1%7D)

/14/ Hardware manual. AC500 PLC. Viitattu 20.2.2019. [https://search-](https://search-ext.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=3ADR020127M0201&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch)

[ext.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=3ADR020127M0201&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch](https://search-ext.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=3ADR020127M0201&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch)

/15/ Kippo, A. & Tikka 2008. Automaatiotekniikan perusteet. ISBN: 9789513749125. Edita.

/16/ Primary switch mode power supplies. Viitattu 30.1.2019.

[https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=2CDC110004C0210\\_03&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch](https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=2CDC110004C0210_03&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch)

/17/ Ramsila, Juha. Kotimaanmyynti ABB Oy. Haastattelu 12.12.2018.

/18/ SACE Tmax XT kompaktikatkaisijat. viitattu 1.5.2019.

<https://new.abb.com/low-voltage/fi/tuotteet/katkaisijat/tmax>

/19/ ST-31 Varavoimalaitokset. Sähkötieto 2013 ESPOO.

/20/ Synchronisers, FAS-115DG data sheet DEIF. Viitattu 10.3.2019. [https://deif-](https://deif-cdn.azureedge.net/v-dj16bb5etqmk/documentation/download/%7B2B2DD43A-A91A-415A-A15B-468EEBFD4EE1%7D)

[cdn.azureedge.net/v-dj16bb5etqmk/documentation/download/%7B2B2DD43A-A91A-415A-A15B-468EEBFD4EE1%7D](https://deif-cdn.azureedge.net/v-dj16bb5etqmk/documentation/download/%7B2B2DD43A-A91A-415A-A15B-468EEBFD4EE1%7D)

/21/ Syncrotact-6 tahdistusrele ABB. viitattu 25.4.2019. [https://search-](https://search-ext.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=3BHS860205E01&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch)

[ext.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=3BHS860205E01&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch](https://search-ext.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=3BHS860205E01&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch)

/22/ Tmax- pienjännitekatkaisijat ABB. Viitattu 4.4.2019.

[https://library.e.abb.com/public/ae33607b95acdaf8c1257af7004a0bca/1SDC210015D0202\\_FIN.pdf](https://library.e.abb.com/public/ae33607b95acdaf8c1257af7004a0bca/1SDC210015D0202_FIN.pdf)

/23/ UPS\_kasikirja. Viitattu 16.12.2018

[http://lit.powerware.com/ll\\_download.asp?file=ups-kasikirja.pdf](http://lit.powerware.com/ll_download.asp?file=ups-kasikirja.pdf)

/24/ UPS\_käsikirja 705, viitattu 1.0.1.2019.

[http://lit.powerware.com/ll\\_download.asp?file=UPS\\_kasikirja705.pdf](http://lit.powerware.com/ll_download.asp?file=UPS_kasikirja705.pdf)

/25/ Varavoimaverkon kaavio. Email [jouko.esko@fi.abb.com](mailto:jouko.esko@fi.abb.com). 2.2.2019. Tulostettu 5.2.2019.

/26/ Visser, Cornenelis. Kotimaanmyynti ABB Oy. Haastattelu 13.2.2019.

/27/ Voimalaitosgeneraattorien suojaus ja magnetointi. Ahokas Toni. 2011. Viitattu 7.1.2019

/28/ Voimalaitosten järjestelmätekniset vaatimukset VJV2018. viitattu 30.11.2018.

<https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/palvelut/kayttovarmasahkonsiirto/vjv2018.pdf>

