

VOIMALAITOSTEN JÄRJESTELMÄTEKNISET VAATIMUKSET¹⁾

Johdanto

Voimajärjestelmän käyttövarmuus edellyttää, että voimalaitokset ja siirtoverkko toimivat kokonaisuutena luotettavasti kaikissa käyttötilanteissa, järjestelmän häiriötilanteet mukaanlukien.

Edellytyksenä on, että voimalaitokset pysyvät verkossa ja toimivat luotettavasti verkkohäiriöiden sattuessa. Muussa tapauksessa häiriö voi laajeta suurihäiriöksi, jolloin voimajärjestelmän toiminnan palauttaminen vaikeutuu ja viivästyy huomattavasti.

Järjestelmätekniisten vaatimusten asettamisella pyritään säilyttämään järjestelmän käyttövarmuus siten, että

- voimalaitos kestää järjestelmän sille aiheuttamat jännite- ja taajuusvaihtelut,
- voimalaitos ei verkossa ollessaan aiheuta muille järjestelmään kytketyille laitoksille haittaa.

Käyttövarmuuden ylläpitoa auttaa merkittävästi, jos voimalaitoksilla on kuormituksen muutosnopeuksiin, säätönopeuksiin ja käynnistysaikoihin nähden sekä riittävät että tarpeellisessa määrin samanlaiset ominaisuudet.

Järjestelmätekniiset vaatimukset ja suositukset perustuvat Nordelin suositukseen "Operational Performance Specifications for Thermal Power Units larger than 100 MW" vuodelta 1995.

Soveltaminen

Vaatimukset koskevat voimajärjestelmään liitettäviä uusia voimalaitoksia, mutta niitä tulee soveltaa myös silloin, kun käytössä olevien laitosten järjestelmätekniisiä ominaisuuksia muutetaan esimerkiksi uusimalla säätölaitteita. Muutoin vanhojen laitosten edellytetään täyttävän ne vaatimukset, jotka olivat voimassa liitettäessä niitä sähkövoimajärjestelmään.

Vaatimukset ovat minimivaatimuksia ja koskevat kaikkia yli 50 MW laitoksia¹, ellei tekstissä ole erikseen mainittu muuta tehorajaa. Vaatimuksia suositellaan sovellettavaksi myös alle 50 MW laitoksissa.

Kaikkien laitosten tulee täyttää kohdissa 1 - 5 esitetyt vaatimukset. Voimalaitoksen tehonsäätöominaisuuksiin liittyen on lisäksi kohdassa 6 esitetty suosituksia. Mikäli voimalaitos osallistuu taajuudensäätö- ja hetkellisen häiriöreservin ylläpitoon, sovitaan laitoksen säätötekniisistä ominaisuuksista ja reservin ylläpidosta kuitenkin erillisellä sopimuksella.

Näiden vaatimusten lisäksi saattaa laitokseen kohdistua siihen liittyvästä alueellisesta verkosta aiheutuvia lisävaatimuksia, joista tulee sopia erikseen liityntäverkon haltijan kanssa.

¹ Laitos koostuu yhdestä tai useammasta tuotantoyksiköstä, joka irttaa verkosta yksittäisen laitoksen seurauksena.

1) Ilmoitettu Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 98/34/EY, muut. 98/48/EY mukaisesti.

1 GENERAATTORIN JA JÄNNITTEENSÄÄTÄJÄN OMINAISUUDET

1.1 Generaattorit

Generaattorin ja generaattorimuuntajan reaktanssien tulee olla niin pieniä kuin teknisesti ja taloudellisesti on mahdollista, jotta tuettaisiin järjestelmän stabiilisuutta ja loistehon kompensointia.

Alle 500 MVA generaattorilta vaaditaan

- kyllästynyt tyhjälähtöolosuhteen $K_C \geq 0,5$
- kyllästynyt pitkittäinen muutostahtereaktanssi $X_d' < 0,35$

Sallitut arvot yli 500 MVA generaattorilla ovat $K_C \geq 0,43$ ja $X_d' \leq 0,42$.

Jokaisen generaattorin tulee pystyä toimimaan jatkuvasti nimellispäätöteholla tehokertoimen ollessa vähintään alueella $0,95_{kap}$ (alimagnetoitu) - $0,9_{ind}$ (ylimagnetoitu). Tämän tulee olla mahdollista kohdassa 3.1 esitetyissä jännite- ja taajuusolosuhteissa. Tällöin voidaan kuitenkin käyttää normaalia verkkojännitettä 90 % jännitteen sijasta kun generaattori on alimagnetoitu.

1.2 Jännitteensäätö

Suosittelut normaalin tilan dynaamiset ominaisuudet määritetään mittauksin seuraavasti:

Tyhjälähtävän, verkosta irti olevan generaattorin jännitteen-säätäjän asetteluarvoa muutetaan askelmaisesti siten, että se aiheuttaa 10 % muutoksen generaattorin liitinjännitteeseen. Mittaukset tehdään jännitteen asetteluarvosta 95 % arvoon 105 % ja arvosta 105 % arvoon 95 %. Molemmissa tapauksissa generaattorin liitinjännitteen askelvasteen tulee toteuttaa seuraavat ehdot:

- Askelvaste ei värähtele.
- Nousuaika 0 -> 90 %:iin muutoksesta on staattisella magnetoinnilla 0,2 - 0,3 sekuntia ja harjattomalla magnetoinnilla 0,2 - 0,5 sekuntia kun jännite nousee sekä 0,2 - 0,8 sekuntia kun jännite laskee.
- Ylitys on korkeintaan 15 % muutoksesta.

Magnetointipiirin on oltava siten mitoitettu, että sen kattojännite on staattisella rakenteella vähintään kaksi kertaa ja harjattomalla rakenteella vähintään 1,6 kertaa generaattorin nimelliskuormituspistettä vastaava magnetointijännite ottaen huomioon kuitenkin muut jännitteensäädölle asetettavat vaatimukset. Piirin on kyettävä antamaan kattojännitteensä 10 sekunnin ajan.

Järjestelmän käyttövarmuuden turvaamiseksi jännitteen-säätäjä tulee toteuttaa kaksikanavaisena tai automaattisen säätäjän reservinä tulee olla vähintään magnetointivirran käsiasäätö.

1.3 Lisästabilointi (PSS)

Kaikissa generaattoreissa tulee pääsääntöisesti olla lisästabilointipiiri. Lisästabilointi on viritettävä vaimentamaan generaattorin ja voimajärjestelmän heilahteluja, erityisesti pientaajusten (0,2 - 1,0 Hz) heilahtelujen vaimennuksella on suuri merkitys. Lisästabiloinnin on oltava poiskytkettävissä ja stabilointisignaalin suuruutta on rajoitettava rajoitimilla, joiden asettelut voidaan valita.

1.4 Muut jännitteensäädön laitteet

Säätöjärjestelmään tulee kuulua jännitteensäätäjän ja lisästabiloinnin (PSS) lisäksi suojaavia rajoitussäätöjä sekä loistehostatiikkalaitteita.

Generaattorin roottorin ja staattorin virranrajoittimilla tulee olla käänteinen aikakarakteristika, jotta generaattorin jännitteensäätölaitteiden ylikuormitusalueita voidaan hyödyntää erilaisissa käyttötilanteissa.

1.5 Jännitteensäädön käytötapa

Generaattorin jännitteensäädön käytötapa on liitinjännitteen vakiojännitesäätö.

Mikäli erityisistä syistä on tarvetta käyttää muuta säätötapa, kuten vakioaloisteho- tai vakiotehokerroinsäätöä, tulee säädön tällöinkin pystyä vastaamaan jännitteen muutoksiin kuten vakiojännitesäädön. Poikkeavien säätötapojen käytöstä on sovittava järjestelmävastaavan kanssa.

2 TAAJUUSHÄIRIÖKESTOISUUS

2.1 Taajuusalue 49 - 51 Hz

Voimalaitoksen tulee toimia jatkuvasti täydellä teholla² taajuusalueella 49 - 51 Hz verkkojännitteen ollessa alueella 90 - 105 % normaalista käyttöjännitteestä³. Taajuusalueella 50,3 - 51 Hz edellytetään korkeintaan 10 tunnin vuotuista käyttöä yksittäisen käyttötilanteen kestoajan ollessa korkeintaan 30 minuuttia. Yli 50,3 Hz:n taajuudella on pieni pätötehon lasku sallittu, mikäli laitoksen stabiili käyttö täydellä teholla voidaan säilyttää taajuuden palatessa alle 50,3 Hz:n (Kuva 1).

2.2 Taajuusalue 49 - 47,5 Hz

Voimalaitoksen tulee toimia yksittäisissä häiriötilanteissa 30 minuutin ajan taajuusalueella 49 - 47,5 Hz verkkojännitteen ollessa alueella 95 - 105 % normaalista käyttöjännitteestä. Sallittu tehonlasku taajuudella 47,5 Hz on korkeintaan 15 % täydestä tehosta, ja taajuudella 49 Hz on tuotettava täysi teho. Väliarvot määrätään lineaarisella interpolatiolla. On pyrittävä mahdollisimman pieneen tehonlaskuun, mikäli tämä on mahdollista ilman suuria lisäkustannuksia.

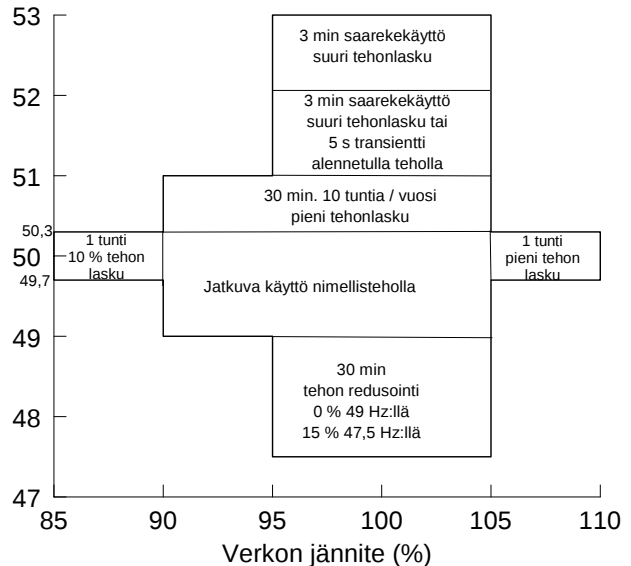
2.3 Hetkelliset taajuusvaihtelut alueella 51 - 52 Hz

Voimalaitoksen tulee toimia 5 sekuntia poikkeuksellisten verkkohäiriöiden yhteydessä esiintyvissä tilanteissa taajuusalueella 51 - 52 Hz verkkojännitteen ollessa alueella 95 - 105 % normaalista käyttöjännitteestä. Näiden muutosilmiöiden aikana tehoa voidaan pienentää, mikäli laitoksen stabiili käyttö täydellä teholla voidaan säilyttää taajuuden palatessa alle 50,3 Hz:n.

² Sana teho merkitsee myöhemminkin tässä asiakirjassa laitoksen tuottamaa pätötehoa.

³ Häiriöttömässä käyttötilanteessa jännitevaihtelu 400 kV: 380 - 420 kV, 220 kV: 215 - 245 kV ja 110 kV: 105 - 123 kV (säteittäisen verkon jännitevaihtelu 100 - 123 kV)

Taajuus (Hz)



Kuva 1. Tehon tuotannolle asetetut vaatimukset, kun verkon jännite (vaatimukset kohdassa 2) ja taajuus (vaatimukset kohdassa 3) vaihtelevat.

2.4 Taajuusalue 51 - 53 Hz

Syöttäessään erillistä verkkoa voimalaitoksen tulee kyetä toimimaan voimakkaasti alennetulla teholla 3 minuutin ajan taajuusalueella 51 - 53 Hz verkkojännitteen vaihdeltaessa alueella 95 - 105 % normaalista käyttöjännitteestä.

2.5 Taajuus alle 47,5 Hz

Voimalaitos voidaan kytkeä irti verkosta taajuuden laskiessa alle 47,5 Hz:n. Laitoksen tulee tällöin jäädä omakäyttöle. Irtyttyä ei saa tapahtua heti, vaan niin suurella aikaviiveellä kuin koneiston mitoitus sallii. Lisäksi on varmistettava, että omakäytölle siirtyminen onnistuu.

2.6 Taajuusgradientit

Voimalaitoksen säätöjärjestelmä on suunniteltava siten, etteivät verkon oikosulkujen tai kytkentätilanteiden muutosten synnyttämät hetkelliset taajuusmuutokset aiheuta kyseiseen verkkoon liitetyn voimalaitoksen irtoamista verkosta.

3 JÄNNITEHÄIRIÖKESTOISUUS

3.1 Verkkojännite 90 - 105 % normaalista käyttöjännitteestä

Voimalaitoksen tulee toimia jatkuvasti täydellä teholla verkkojännitteellä, jonka vaihteluväli on 90 - 105 % verkon käyttöjännitteestä taajuuden vaihdeltaessa välillä 49 - 51 Hz. Yli 50,3 Hz:n taajuuksilla sallitaan pieni pätötehon lasku, mikäli laitoksen stabiili käyttö täydellä teholla voidaan säilyttää taajuuden palatessa alle 50,3 Hz:n. Taajuusalueella 50,3 - 51 Hz edellytetään korkeintaan 10 tunnin vuotuista käyttöä yksittäisen käyttötilanteen kestoajan ollessa korkeintaan 30 minuuttia. (Samat vaatimukset kuin kohdassa 2.1) (Kuva 1)

3.2 Verkkajännite 85 - 90 % normaalista käyttöjännitteestä

Yksittäisissä häiriöissä voimalaitoksen tulee toimia tunnin ajan verkkajännitteen ollessa 85 - 90 % normaalista käyttöjännitteestä taajuuden vaihdellessa välillä 49,7 - 50,3 Hz. Tehon sallitaan pienentyvän enintään noin 10 % täydestä tehosta.

3.3 Verkkajännite 105 - 110 % normaalista käyttöjännitteestä

Yksittäisissä häiriöissä voimalaitoksen tulee toimia tunnin ajan verkkajännitteen ollessa 105 - 110 % normaalista käyttöjännitteestä, kun taajuus vaihtelee välillä 49,7 - 50,3 Hz. Tehon sallitaan pienenevän vain vähän.

3.4 Lähellä voimalaitosta tapahtuvien verkkovikojen vaikutukset

3.4.1 Verkkovikojen aiheuttamien mekaanisten rasitustenkestokyky

Voimakoneistot on suunniteltava siten, että koneisto kestää generaattorimuuntajan yläjännitepuolella sattuvien kaikenlaisten yksi-, kaksi- ja kolmivaiheisten maa- tai oikosulkujen aiheuttamat mekaaniset rasitukset olettaen vian kestoajaksi enintään 0,25 sekuntia. Koneisto ei saa tällöin vioittua eikä tilanteesta saa seurata tarvetta laitoksen välittömään pysäyttämiseen seurausten tutkimiseksi.

3.4.2 Verkkovikojen stabiilisuusvaikutukset

Viat, jotka esiintyvät voimalaitokselta lähtevillä johdoilla johtokatkaisijan takana, erotetaan 400 kV jännitteisessä verkossa normaalisti alle 0,1 sekunnissa. Poikkeustapauksissa vika-aika saattaa kuitenkin pidentyä 0,25 sekuntiin. 220 kV ja 110 kV jännitteisissä verkoissa johtoviat erotetaan normaalisti alle 0,5 sekunnissa vika-ajan pidentyessä poikkeustapauksissa 1 sekuntiin.

Laitos on suunniteltava siten, että se pysyy verkossa stabiilisti, kun laitokselta lähtevän johdon vika erotetaan 0,25 sekunnin kuluessa.

Laitos, jossa on suuri yksiakselinen turpiini-generaattorikoneisto, voidaan irrottaa verkosta lyhyemmässä ajassa, mikäli stabiilisuutta ei kyetä säilyttämään 0,25 sekunnin vika-ajalla. Asiasta on sovittava erikseen järjestelmävastuun kanssa.

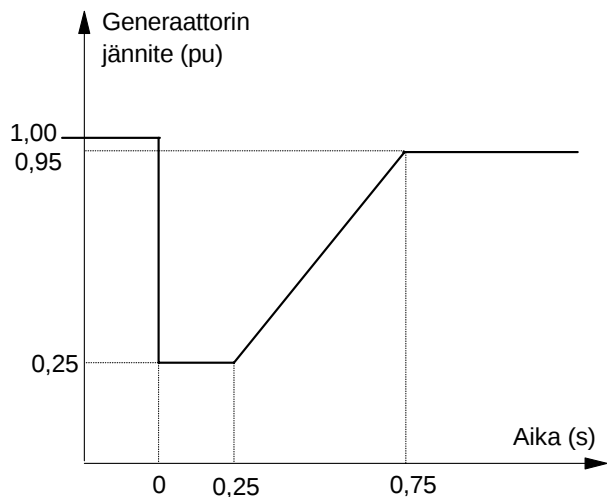
3.4.3 Syvä jännitekuoppa

Voimalaitokset omakäyttöineen on suunniteltava siten, että ne kestävät seuraavan verkkovian aiheuttaman generaattorijännitteen vaihtelun irtoamatta verkosta (kuva 2):

- Askelmainen 0,25 sekuntia kestävä generaattorin liitinjännitteen lasku 25 %:iin nimellisjännitteestä.
- Askelmuutosta seuraa liitinjännitteen lineaarinen nousu 95 %:iin 0,5 sekunnissa.
- Tätä seuraa vakio liitinjännite 95 %.

Ainoastaan pieni tehon lasku sallitaan.

Tässä kohdassa on käytetty generaattorijännitettä verkkajännitteen asemesta korostamaan verkkovikojen vaikutuksia laitokseen kokonaisuutena. Laitoksen jännitesuojausperiaatteet saattavat myös poiketa edellä esitetystä, sillä laitoksen täytyy selviytyä erilaisista verkkovioista useissa eri käyttötilanteissa.



Kuva 2. Verkkovian aiheuttama generaattorin liitinjännitteen vaihtelu.

3.5 Suuret jännitehäiriöt

Voimalaitos voidaan irrottaa verkosta, jos esiintyy laitoksen mitoituskriteerejä suurempia tai kestoaltaan pitempiä jännitevaihteluja. Laitos on irrotettava verkosta, jos se joutuu epätahtikäyttöön (putoaa tahdistaa).

Laitos ja sen omakäyttöjärjestelmä on mitoitettava sellaisille jännitevaihteluille, että laitos voi mahdollisuuksiensa mukaan siirtyä turvallisesti omakäytölle irrottuaan verkosta.

3.6 Loistehon tuotanto alhaisella jännitteellä

Generaattorin magnetointijärjestelmä ja tehokerroin on suunniteltava siten, että generaattori kykenee tuottamaan nimellisteholla toimiessaan likimain nimellispäätötehon suuruisen loistehon 10 sekunnin ajan verkkohäiriön yhteydessä generaattorin liitinjännitteen laskettua 70 %:iin liitinjännitteen nimellisarvosta.

3.7 Loistehon tuotantokyky

Laitoksen generaattorimuuntajan ja omakäyttömuuntajan muuntosuhteet, niiden säädettävyys sekä generaattorin jännitealue ja magnetointi on yhteistyössä liityntäverkon haltijan kanssa mitoitettava ja sovitettava toisiinsa siten, että laitoksen generaattori voi verkon normaalilla käyttöjännitteellä tuottaa jatkuvasti generaattorin nimellisarvoilla laaditun PQ-diagrammin määrittelemän loistehon (generaattorin jännitetasossa), sekä toisaalta verkon normaalilla käyttöjännitteellä ottaa vastaan jatkuvasti generaattorin nimellisarvoilla laaditun PQ-diagrammin määrittelemän loistehon (generaattorin jännitetasossa).

Generaattorin on kyettävä ottamaan jatkuvasti vastaan loistehoa (alimagnetointi) generaattorin nimellisarvoilla laaditun PQ-diagrammin edellyttämällä tavalla myös verkon maksimijännitteillä 420, 245 ja 123 kV (mikäli stabiilin käytön muut edellytykset ovat olemassa).

4 TEHONSÄÄTÖÖN LIITTYVÄT VAATIMUKSET

4.1 Turbiinisäätäjä

Voimalaitokset tulee varustaa turbiinisäätäjällä ja siihen liittyvällä pyörimisnopeuden säädöllä.

4.2 Omakäyttötilanteet

Kaikki voimalaitokset on suunniteltava siten, että ne siirtyvät turvallisesti omakäytölle kohdissa 2.4, 2.5 ja 3.5 esitetyissä tilanteissa, eli verkon taajuuden ja/tai jännitteen poikkeamien ylittäessä näissä vaatimuksissa esitetyt mitoituskriteerit.

Omakäytöllä toimivaa laitosta kuormittavat ainoastaan laitoksen omat apujärjestelmät.

Voimalaitokset on suunniteltava siten, että ne toimivat omakäytöllä vähintään tunnin ajan. Ydinvoimalaitosten on toimittava omakäytöllä turvamääräysten edellyttämä aika.

4.3 Saarekekäyttötilanteet

Saarekekäyttötilanteella tarkoitetaan voimajärjestelmän jakautumista eri tahdissa käyviin osajärjestelmiin. Jotta saarekkeet voitaisiin tahdistaa yhteen, tulee niihin liittyvien voimalaitosten pystyä säätämään tehoa järjestelmävastaaavan antamien ohjeiden mukaisesti.

5 TODENTAMINEN

5.1 Kokeet

Esitettujen vaatimusten täyttyminen on todennettava mikäli mahdollista voimalaitoksella tehtävillä kokeilla.

Kokeet on tehtävä laitoksen käyttöönoton yhteydessä. Lisäksi laitoksen omistajan on tehtävä kokeita säännöllisin aikavälein voimalaitoksen koko eliniän ajan. Laitoksen toiminnasta tulostuvat rekisteröinnit on tarkistettava säännöllisesti vaatimusten täyttämisen osoittamiseksi.

5.2 Todentaminen käyttöönoton aikana

5.2.1 Verkkoon liittyvät kokeet

Verkkoon liittyvistä kokeista sovitaan erikseen järjestelmä-vastaavan kanssa. Tehtävät mittaukset ja kokeet:

- oikosulun aiheuttama syvä jännitekuoppa
- siirtyminen omakäytölle
- toiminta omakäytöllä yhden tunnin ajan.

5.2.2 Voimalaitokseen liittyvät kokeet

Tehtävät mittaukset ja kokeet:

- nimellisteho ja PQ-diagrammi
- generaattorijännitteen askelvaste
- lisästabiloitipiirin (PSS) koe
- ylikuormituskyky.

6 TEHONSÄÄTÖÖN LIITTYVÄT SUOSITUKSET

Tässä kohdassa esitetään suosituksia, joiden avulla pyritään ylläpitämään siirtoverkkoon liitetyillä voimalaitoksilla pohjoismaisen käytännön mukaisia tehonsäätöominaisuuksia. Näitä ominaisuuksia saatetaan tarvita esimerkiksi poikkeustilanteissa, joissa mitoitussuosituksen mukaisia vikoja varten erikseen varatut tehoreservit eivät riitä sähköjärjestelmän palauttamiseksi normaalitilaan.

6.1 Tehonsäätö - yleistä

6.1.1 Käynnistysaika

Tuotannon ohjausta toteuttavat laitokset suositellaan suunniteltaviksi siten, että käynnistysajat täyteen kuor-

maan ovat mahdollisimman lyhyet.

Häiriöreservi- ja huippukuormakaasuturpiineiden ohjeelliset käynnistysajat ovat (käynnistyksestä täyteen tehoon):

- lentokonemoottorilla varustetut kaasuturpiinit 3 - 3,5 minuuttia
- teollisuuskaasuturpiinit 10 - 15 minuuttia.

6.1.2 Minimiteho

Voimalaitoksen jatkuvan käytön minimitehon tulisi olla mahdollisimman pieni. Voimalaitosten minimitehoksi suositellaan nykyisen käytännön mukaisesti:

- Hiililaitokset: 40 % täydestä tehosta
- Öljy- ja kaasulaitokset: 20 % täydestä tehosta
- Ydinvoimalaitokset: 20 % täydestä tehosta
- Vesivoimalaitokset (Francis): 20 % täydestä tehosta
- Vesivoimalaitokset (Kaplan): 10 % täydestä tehosta

Muiden voimalaitosten osalta voidaan noudattaa soveltuvien osin edellä mainittuja minimitehon ohjearvoja.

6.1.3 Ylikuormitettavuus

Suosituksen lähtökohtana on, että voimalaitokset varustetaan ainoastaan sellaisella ylikuormituskyvyllä, jonka laitoksen normaali toteutustapa mahdollistaa.

6.1.4 Käyttötavat

Voimalaitoksen tehonsäätö ja -ohjaus tapahtuvat verkon normaali- ja häiriötilassa joko manuaalisesti tai laitossäätäjällä.

Laitossäätäjän taajuuden ohjearvo on 50 Hz. Ohjearvon epätarkkuuden tai säätäjään mahdollisesti asetellun kuolleen alueen tulisi olla $\leq 0,05$ Hz. Kuolleen alueen tulisi tarvittaessa olla myös ohitettavissa.

Pätötehostatiikan suositellaan olevan portaattomasti aseteltavissa välillä 2 - 8 %. Normaalissa käyttötilanteessa asettelu on tyypillisesti 4 - 6 %.

6.1.5 Tehon muutoksen rajoitin

Laitokset on suositeltavaa varustaa aseteltavissa olevilla laitteilla, joilla tehon muutoksen suuruutta ja nopeutta voidaan rajoittaa.

6.1.6 Tehonsäätö - normaalitila ja häiriötila

Laitoksen teho asetellaan normaalin käyttötilan aikana manuaalisesti. Taajuuden mittaukseen perustuva laitos-säätäjä (tai turpiinisäätäjä) muuttaa tätä manuaalisesti aseteltua tehoarvoa. Normaalitilan tehonsäätöön liittyviä suosituksia on kohdassa 6.2. Mikäli voimalaitosta käytetään taajuudensäätöön, sovitaan laitoksen säätöteknisistä ominaisuuksista tarkemmin erillisessä sopimuksessa.

Verkon normaalitila muuttuu häiriötilaksi taajuuden muutoksenopeuden ylittäessä arvon $\pm 0,5$ Hz/s tai taajuusvirheen ollessa yli 0,5 Hz. Häiriötilan tehonsäätöön siirytään taajuutta mittaavan laitteen avulla (esim. taajuusrele). Häiriötilan tehonsäätöön liittyviä suosituksia on esitetty kohdassa 6.3. Mikäli voimalaitokseen varataan hetkellistä häiriöreserviä, sovitaan laitoksen säätöteknisistä ominaisuuksista tarkemmin erillisessä sopimuksessa.

6.2 Tehon muutosominaisuudet verkon normaalissa käyttötilassa

6.2.1 Tuotannon (tehon) ohjaus

Lauhdevoimalaitokset suositellaan suunniteltavaksi siten, että niitä voidaan käyttää tuotannon ohjaukseen, kun kuormituksen muutosnopeudet ovat kohdissa 6.2.2 - 6.2.5 esitetyn mukaiset. Mikäli laitoksen käyttämä polttoaine poikkeaa kyseisissä kohdissa mainituista polttoaineista, voidaan sille soveltuvien osien käyttöä kohdan 6.2.3 suosituksia.

6.2.2 Tehon muutosnopeus ja tehoalue - öljy ja kaasu

Öljyä ja kaasua polttoaineena käyttävät laitokset suositellaan suunniteltavaksi siten, että niiden tehonmuutosnopeus on vähintään $\pm 8\%$ (täydestä tehosta) minuutissa.

Edellä esitetyn tehon muutosnopeuden tulisi olla sovellettavissa mihin tahansa 30% tehonmuutokseen kuormaennusteen mukaisesti, kun laitoksen teho on $40 - 100\%$ täydestä tehosta. Tehon muutosnopeus voidaan rajoittaa turpiinien tai höyrykattiloiden suurimpaan sallittuun tehonmuutosnopeuteen, kun laitoksen teho on alle 40% tai yli 90% .

6.2.3 Tehon muutosnopeus ja tehoalue - hiili

Hiiltä polttoaineena käyttävät laitokset suositellaan suunniteltavaksi siten, että niiden tehonmuutosnopeus on vähintään $\pm 4\%$ (täydestä tehosta) minuutissa.

Edellä esitetyn tehon muutosnopeuden tulisi olla sovellettavissa mihin tahansa 30% tehonmuutokseen kuormaennusteen mukaisesti, kun laitoksen teho on $60 - 100\%$ täydestä tehosta. Tehonmuutos voidaan rajoittaa tietyissä tapauksissa 20% :in. Tehon muutosnopeus voidaan rajoittaa turpiinien tai höyrykattiloiden suurimpaan sallittuun tehonmuutosnopeuteen, kun laitoksen teho on alle 60% tai yli 90% .

6.2.4 Tehon muutosnopeus ja tehoalue (PWR, ydinvoima painevesilaitos)

Ydinvoimalaitokset, jotka ovat painevesilaitoksia, suositellaan suunniteltavaksi siten, että niiden tehonmuutosnopeus on vähintään $\pm 5\%$ (täydestä tehosta) minuutissa tehoalueella $60 - 100\%$ täydestä tehosta. Tehon muutosnopeus voidaan rajoittaa turpiineille sallittuun suurimpaan tehonmuutosnopeuteen, kun laitoksen teho on alle 60% .

6.2.5 Tehon muutosnopeus ja tehoalue (BWR, ydinvoima kiehutusvesilaitos)

Ydinvoimalaitokset, jotka ovat kiehutusvesilaitoksia, suositellaan suunniteltavaksi siten, että niiden tehonmuutosnopeus on vähintään $\pm 10\%$ (lähtötehosta) minuutissa. Tämä suositus on voimassa tehoalueella, jolla laitoksen tehoa säädetään pääkiertovesipumppujen pyörimisnopeutta muuttamalla. Tämän tehoalueen tulisi olla vähintään 30% lähtötilanteen tehosta. Jäljelle jäävällä tehoalueella, joka on minimitehon ja täyden tehon välillä, tehon muutosnopeuden tulisi olla vähintään 1% (täydestä tehosta) minuutissa.

Huomautus kohtiin 6.2.4 ja 6.2.5: Laitoksissa, joissa on tavanomainen kevytvesireaktori, tehonmuutosnopeudet ovat yleensä riittävät. Näiden laitosten tehonmuutosnopeuteen kohdistuu nykyisin kuitenkin joitakin polttoaine-elementtien rakenteesta johtuvia rajoituksia. On odotettavissa, että nämä rakenneongelmat ratkaistaan, ja laitokset olisi sen vuoksi suositeltavaa suunnitella esitettyjen te-

honmuutosnopeuksien mukaisiksi. Normaalin päivittäisen tai viikoittaisen tuotannonohjauksen vaatimat tehon muutokset tulisi kuitenkin tehdä asteittain parin tunnin aikana, jotta pienennettäisiin tehonmuutosten aiheuttamia rasituksia.

6.3 Tehon muutosominaisuudet verkkohäiriöiden⁴ aikana

6.3.1 Välitön askelmainen tehonmuutos (fossiiliset laitokset)

Fossiilisia polttoaineita käyttävät lämpövoimalaitokset suositellaan suunniteltavaksi siten, että ne sallivat tarvittaessa välittömän askelmaisen tehonmuutoksen suuruudeltaan vähintään 5% täydestä tehosta laitoksen tehoalueella $50 - 90\%$.

Väliottolauhdeturpiinilla varustetut lämmitysvoimalaitokset suositellaan suunniteltavaksi siten, että häiriötilan aikana voidaan siirtää maksimilauhdetehoon noin 15 minuutin ajaksi ohjaamalla lämmitysteho lauhduttimeen.

6.3.2 Välitön askelmainen tehonmuutos (ydinvoimalaitokset)

Painevesilaitokset, joissa tehon muutos toteutetaan turpiinin säätöventtiilin avulla, suositellaan suunniteltavaksi siten, että 10% välitön askelmainen tehonmuutos (täydestä tehosta) saadaan aikaan 30% tehoalueella. Painesäätöä käyttävät kiehutusvesilaitokset suositellaan suunniteltavaksi siten, että pumpun säätöalueella ne pystyvät 10% välittömään askelmaiseen tehonmuutokseen (lähtötehosta).

6.3.3 Välittömän askelmaisen tehonmuutoksen jälkeisen tehonmuutos

Edellä esitetyn välittömän askelmaisen tehonmuutoksen jälkeen lämpövoimalaitosten tehoa on suositeltavaa voida välittömästi ohjata kohdan 6.2 mukaisesti. Tehon kokonaismuutos voidaan kuitenkin tällöin rajoittaa kohdissa 6.2.2 - 6.2.5 esitettyihin arvoihin.

6.3.4 Pyörivä reservi

Voimalaitokset on suositeltavaa suunnitella siten, että niitä voidaan tarvittaessa käyttää pyörivänä reservinä. Järjestelmävastaavalla on oikeus vaatia laitoksia säätämään tehoa edellä esitettyjen tehonmuutosten puitteissa, mikäli sähköjärjestelmää ei kyetä häiriön jälkeen palauttamaan normaalitilaan erillisin sopimuksin varatun reservin avulla. Kyseinen poikkeustilanne voi syntyä kantaverkon mitoitussuositusten mukaista mitoittavaa vikaa vakavaman häiriön tai muun odottamattoman syyn seurauksena.

6.3.5 Saarekekäyttö

Laitosten on suositeltavaa pystyä edellä mainittuihin tehon muutoksiin (nostamaan tai pienentämään tehoa) ja tehon muutosten kautta saavuttamaan stabiili käyttötila ja kohdan 6.2 mukaiset säätöominaisuudet myös erittäin vakavien (ja odottamattomien) häiriöiden yhteydessä, jolloin voimajärjestelmä on jakautunut pienempiin osajärjestelmiin. Osajärjestelmien laitokselle aiheuttamat vaatimukset tulee tällöin ottaa erikseen huomioon. 14.4.2000 / JYJU

⁴ Verkkohäiriöt ovat taajuus- tai jännitehäiriöitä ja niihin sisältyvät vakavissa tapauksissa myös stabiilisuushäiriöt.

Omistaja(t): _____

Voimalaitos: _____

Päiväys: _____

GENERAATTORI

1. Nimellisarvot:

Nimellisjännite U_n	_____	kV
Jännitealue (% nimellisjännitteestä)	_____	%
Nimellisteho S_n	_____	MVA
Nimellinen pätöteho P_n	_____	MW
Nimellisvirta I_n	_____	A
Nimellistehokerroin $\cos \phi_n$	_____	
Nimellispyörimisnopeus n	_____	1/min
Nimellinen magnetointijännite U_{mn}	_____	V
Nimellinen magnetointivirta I_{mn}	_____	A

2. PQ-diagrammi (rajoittimet otettu huomioon)

Kuva tai seuraavat loistehon arvot:

Nimellisellä pätöteholla P_n :

$Q_{\max}$	_____	Mvar
$Q_{\min}$	_____	Mvar

Pätöteholla $P = 0$:

$Q_{\max}$	_____	Mvar
$Q_{\min}$	_____	Mvar

3. Staattori- ja roottoriin rajoittimien asettelut

4. Tyhjäkäynti- ja oikosulkukäyrät

5. Sähköiset parametrit:

Staattoriresistanssi R _____ %

Reaktanssit:

Pitkittäinen tahtireaktanssi X_d	_____	%
Pitkittäinen tahtireaktanssi X_d (kyllästynyt)	_____	%
Poikittainen tahtireaktanssi X_q	_____	%
Pitkittäinen muutosreaktanssi X_d'	_____	%
Pitkittäinen muutosreaktanssi X_d' (kyllästynyt)	_____	%
Poikittainen muutosreaktanssi X_q'	_____	%
Pitkittäinen alkureaktanssi X_d''	_____	%
Poikittainen alkureaktanssi X_q''	_____	%
Vastareaktanssi X_2	_____	%
Nollareaktanssi X_0	_____	%
Staattorin hajareaktanssi X_l	_____	%

Aikavakiot:

Tasakomponentin aikavakio T_a	_____	s
Pitkittäinen tyhjäkäyntimuutosaikavakio T_{do}'	_____	s
Poikittainen tyhjäkäyntimuutosaikavakio T_{qo}'	_____	s
Pitkittäinen tyhjäkäyntialkuaikavakio T_{do}''	_____	s
Poikittainen tyhjäkäyntialkuaikavakio T_{qo}''	_____	s
Pitkittäinen muutosaikavakio T_d'	_____	s
Poikittainen muutosaikavakio T_q'	_____	s
Pitkittäinen alkuaikavakio T_d''	_____	s
Poikittainen alkuaikavakio T_q''	_____	s

6. Mekaaniset parametrit:

Generaattorin hitausmomentti J_g	_____	kgm ²
Kunkin turbiinin hitausmomentti $J_{t1}, J_{t2}, J_{t3}, \dots$	_____	kgm ²
Hitausvakio (generaattori + turbiini) H	_____	s

SÄÄTÖJÄRJESTELMÄ

7. Magnetointijärjestelmä:

Tyyppi: staattinen/harjaton/muu

Lohkokaavio asetteluineen (sekä mahdollinen kyllästyskäyrä)

Askelvastekokeen tulokset tai seuraavat arvot:

Aikavakio t_{10} Aikavakio t_{90}

Ylitys

S

S

%

8. Jännitteensäädön lisästabiloointipiirin lohkokaavio asetteluineen

9. Turbiinisäätäjä:

Lohkokaavio asetteluineen tai

Askelvastekokeen tulokset

10. Pyörimisnopeussäädön statiikka

%

11. Loistehostatiikka

%

KONEMUUNTAJA

Kytkentäryhmä ja maadoitustiedot

Nimellisteho S_n Nimellisjännitteet $U_{n1}(+väliottokytkin)/U_{n2}$ Oikosulkuresistanssi R_k Oikosulkuimpedanssi Z_k

MVA

kV/kV

%

%