

VOIMALAITOSTEN JÄRJESTELMÄTEKNISET VAATIMUKSET

Johdanto

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

Verkon normaalin käyttötilan aikana on käyttövarmuuden ylläpidon kannalta välttämätöntä, että tuotannon ohjaukseen ja säätöön on käytettävissä riittävä määrä tuotantokapasiteettia, jolla on kuormituksen muutosnopeuksiin, säätönopeuksiin ja käynnistysaikoihin nähden sekä riittävät että tarpeellisessa määrin samanlaiset ominaisuudet.

On myös tärkeää, että voimalaitokset pysyvät verkossa ja käyttäytyvät halutulla tavalla myös verkkohäiriöiden sattuessa. Muussa tapauksessa häiriö voi laajeta suurhäiriöksi, 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.

Nämä vaatimukset noudattavat soveltuvin osin Nordelin suositusta "Operational Performance Specifications for Thermal Power Units larger than 100 MW" sekä STYV-84:ssä voimalaitoksille asetettuja käyttötekniisiä vaatimuksia.

Soveltaminen

Seuraavassa esitetyt vaatimukset koskevat voimajärjestelmään liitettäviä uusia voimalaitoksia, mutta niitä on syytä soveltaa myös silloin, kun perusparannusten avulla muutetaan käytössä olevien laitosten järjestelmätekniisiä ominaisuuksia esim. uusimalla säätölaitteita. Muutoin vanhojen laitosten edellytetään täyttävän vähintään voimassa olleen STYV-84 yhteiskäyttöjärjestelmän vaateet.

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

Mikäli laitoksen käyttötapa tai muut ulkoiset seikat estävät jonkin järjestelmätekniisen ominaisuuden hyväksikäytön, kyseinen vaatimus ei koske tätä yksikköä (esim. puhtaan vastapaineyksikön osalta tuotannonohjaus).

Esitettyjä ominaisuuksia on pidettävä minimivaatimuksina. Laitoksen korkeampi vaatimustaso on järjestelmän kannalta aina toivottavaa, jos sitä voidaan muista syistä taloudellisesti perustella.

1 KÄYTTÖTEKNISET OMINAISUUDET

1.1 Minimiteho

Voimalaitoksen jatkuvan käytön minimitehon² tulee olla mahdollisimman pieni. Käytännön ohjeena voimalaitosten minimitehoksi voidaan esittää:

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

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

1.2 Ylikuormitettavuus

Fossiilisia polttoaineita käyttävät voimalaitokset varustetaan ainoastaan sellaisella ylikuormituskyvyllä, jonka laitoksen normaali toteutustapa mahdollistaa. Höyryturpiinilla varustetuissa laitoksissa tämä merkitsee esimerkiksi korkeapaine-esilämmittimien ohitusta ylikuormitustilanteissa.

Laitoksen ylikuormitettavuusaluetta tulee käyttää rajoitusti, sillä se pienentää laitoksen hyötysuhdetta ja/tai lyhentää laitoksen elinikää.

Laitos ja sen omakäyttö tulee suunnitella siten, että ylikuormitettavuutta käytetään korkeintaan 2 tuntia päivässä ja korkeintaan 500 tuntia vuodessa.

1.3 Käynnistysaika

Käynnistysajan määrää laitoksen suunniteltu käyttötapa.

Tuotannon ohjausta toteuttavat laitokset on suunniteltava siten, että käynnistysajat täyteen kuormaan ovat mahdollisimman lyhyet. Ohjearvot fossiilisia polttoaineita käyttävien voimalaitoksien käynnistysajaksi on esitetty taulukossa 1. Esitetyt käynnistysajat koskevat kaikkia laitoksen toimintaan vaikuttavia laitteita kuten esim. rikinpoistolaitosta.

Vesivoimalaitosten ohjeelliset käynnistysajat täyteen kuormaan ovat 2 - 5 minuuttia.

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

² Sana teho merkitsee tässä asiakirjassa laitoksen verkkoon syöttämää pätötehoa.

Taulukko 1. Fossiilisia polttoaineita käyttävien voimalaitosten ohjeelliset käynnistysajat.

Suunniteltu seisona-aika	Käynnistysaika
2 tuntia lyhyt seisokki	0,5 - 1 tunti
8 - 10 tuntia vuorokausiseisokki	1 - 3 tuntia
35 - 50 tuntia viikonloppuseisokki	2 - 5 tuntia

Seuraavia ohjearvoja käytetään häiriöreservi- ja huippukuormakaasaturpiineissa (käynnistyksestä täyteen tehoon):

- lentokonemootorilla varustetut kaasaturpiinit 3 - 3,5 minuuttia
- teollisuuskaasaturpiinit 10 - 15 minuuttia.

4 Toiminta omakäytöllä

Omakäytöllä toimivaa laitosta kuormittavat ainoastaan laitoksen omat apujärjestelmät.

2 TEHONSÄÄTÖLAITTEIDEN OMINAISUUDET

2.1 Käyttötavat

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

Laitoksen säätäjässä tulee olla aseteltavissa oleva taajuuden ohjearvo, jonka vaihtelualue on 49,9 - 50,1 Hz. Ohjearvon epätarkkuus tulee olla $\leq 0,05$ Hz.

Pätötehostatiikan tulee olla portaattomasti aseteltavissa välillä 2 - 8 %, ja normaalissa käyttötilanteessa aseteltu on 4 - 6 %.

Säätäjässä voidaan käyttää aseteltavissa olevaa kuollutta tetta 0 - 0,05 Hz. Kuollut alue tulee olla ohitettavissa.

2.2 Tehon muutoksen rajoitin

Laitokset on varustettava aseteltavissa olevilla laitteilla, joilla tehon muutoksen suuruutta ja nopeutta rajoitetaan. Rajoittimien asetelun tulee olla vapaasti valittavissa nollan ja annetun maksimiarvon välillä normaalikäytössä ja häiriötilanteissa.

2.3 Tehonsäätö - normaalitila ja häiriötila

Laitoksen teho asetellaan normaalin käyttötilan aikana manuaalisesti. Taajuuden mittaukseen perustuva laitos-säätäjä (tai turpiinisäätäjä) muuttaa tätä manuaalisesti aseteltua tehoarvoa. Tehonsäädön on täytettävä kohdassa 3 esitetyt vaatimukset.

Häiriötilan aikaiseen tehonsäätöön siirrytään taajuutta mittaavan laitteen avulla (esim. taajuusrele). Tehonsäädön on täytettävä tällöin kohdassa 4 esitetyt vaatimukset.

Verkon normaalitila muuttuu häiriötilaksi taajuuden muutosnopeuden ylittäessä arvon $\pm 0,5$ Hz/s tai taajuusvirheen ollessa yli 0,5 Hz.

3 TEHON MUUTOSOMINAISUUDET VERKON NORMAALISSA KÄYTTÖTILASSA

3.1 Tuotannon (tehon) ohjaus

Lauhdevoimalaitokset suunnitellaan siten, että niitä voidaan käyttää päivittäiseen ja viikoittaiseen tuotannon ohjaukseen, kun kuormituksen muutosnopeudet ovat kohdissa 3.2 - 3.5 esitetyn mukaiset.

Laitokset on suunniteltava siten, että tarvittaessa niiden tehon ohjauksella kompensoidaan satunnaisten kuormitusvaihteluiden aiheuttamia taajuusvaihteluita yhteiskäyttöverkossa. Tämä merkitsee sitä, että laitosten on pystyttävä muuttamaan tehoaan jatkuvasti ± 2 % täydestä tehosta 30 sekunnin aikana. Laitosten on pystyttävä esitetyihin tehonmuutoksiin niille määritetyllä tehoalueella. Ydinvoimalaitosten tehonmuutos saa olla alle ± 2 % mikäli verkkoyhtiö hyväksyy asian.

3.2 Tehon muutosnopeus ja tehoalue - öljy ja kaasu

Öljyä ja kaasua polttoaineena käyttävät laitokset on suunniteltava siten, että niiden tehonmuutosnopeus on vähintään 8 % (täydestä tehosta) minuutissa.

Edellä esitetty tehon muutosnopeus tulee olla sovellettavissa mihin tahansa 30 %:n 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 %.

3.3 Tehon muutosnopeus ja tehoalue - hiili

Hiiltä polttoaineena käyttävät laitokset on suunniteltava siten, että niiden tehonmuutosnopeus on vähintään ± 4 % (täydestä tehosta) minuutissa.

Edellä esitetty tehon muutosnopeus tulee olla sovellettavissa mihin tahansa 30 %:n tehonmuutokseen kuormaennusteen mukaisesti, kun laitoksen teho on 60 - 100 % täydestä tehosta. Tehonmuutos voidaan rajoittaa tapauskohtaisesti 20 %:iin. Tehon muutosnopeus voidaan rajoittaa turpiinien tai höyrykattiloiden suurimpaan sallittuun tehonmuutosnopeuteen, kun laitoksen teho on alle 60 % tai yli 90 %.

3.4 Tehon muutosnopeus ja tehoalue (PWR, ydinvoima painevesilaitos)

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

3.5 Tehon muutosnopeus ja tehoalue (BWR, ydinvoima kiehutusvesilaitos)

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

Huomautus kohtiin 3.4 ja 3.5: Laitoksissa, joissa on tavallinen 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 tulisi sen vuoksi suunnitella esitettyjen tehonmuutosnopeuksien mukaisiksi. Normaalin päivittäisen tai viikoittaisen tuotannonohjauksen vaatimat tehon muutokset tulisi kuitenkin tehdä asteittain parin tunnin aikana, jotta pienennettäisiin tehonmuutosten aiheuttamia rasituksia.

3.6 Tuotannon säädön ominaisuudet

Verkon normaalitilassa voimalaitoksen tulee pystyä sääntämään tehoaan sovitulla tehoalueella jatkuvasti kumpaankin suuntaan ja sen tulee kestää aiheutuvat rasitukset.

Vesivoimalaitoksen säätötehoksi verkon normaalitilassa lasketaan se tehoalue, joka täyttää seuraavat ominaisuudet:

- Tehon muutoksen tulee olla muodoltaan mahdollisimman tarkkaan $P = P_0 \cdot (1 - e^{-t/T})$, jossa P_0 on tehon ohjearvon askelmuutos.
- Ylitys saa olla korkeintaan 15% ja tehonmuutoksen ekvivalenttinen aikavakio tulee olla aseteltavissa alueella $30 \dots 100$ s.

Vastaavasti lämpövoimalaitoksen osalta lasketaan säätöalueeksi se hetkellinen tehon muutos, josta $2/3$ on saatavissa 100 sekunnin kuluessa; kuitenkin niin, että osa tehon muutoksesta on saatavissa muutaman sekunnin kuluessa tehon muutoksen jälkeen.

Suurten lämpövoimalaitosten ($P_N > 100$ MW) ja yhteiskäytön edellyttäessä pienempienkin lämpövoimalaitosten tulee pystyä edellä esitetyn mukaisesti taulukon 2 mukaiseen tehonsäätöön.

Lämmitysvastapainelaitosten säätöjärjestelmä on suunniteltava siten, että laitokset voivat osallistua taajuuden säätöön kaukolämpöverkon sallimissa rajoissa.

Verkon normaalitilassa vesivoimalaitosten tulee olla käytettävissä säätöön koko taloudellisen minimi- ja maksimitehon välisellä alueella

- Kaplan-turbiinit $10 - 100\%$
- Francis-turbiinit $40 - 100\%$

Taulukko 2. Suurten lämpövoimalaitosten tehon muutosominaisuudet tuotannonsäädössä. Tehon muutosarvot vastaavat tilannetta, jossa säätöjärjestelmän sisäänmenossa tapahtuu maksimitehonmuutosalueelta vastaava askelmuutos.

Primäärienergia	Hiili	Öljy/Kaasu	Ydinvoima
Kuormitusalue $\% P_N$	60 - 100	50 - 100	60 - 100 ¹⁾
Kuormituksen muutosnopeus kuollut aika mukaanlukkien $\% P_N$	$\pm 2\% / 30$ s $\pm 2/3 \cdot 5\% / 100$ s	$\pm 2\% / 30$ s $\pm 2/3 \cdot 10\% / 100$ s	$\pm 2\% / 30$ s
Maksimi tehonmuutosalue $\% P_N$	± 5	± 10	± 2

¹⁾Kiehutusvesilaitosten osalta tarkoitetaan tehoaluetta, jolla tehon muutos toteutetaan kiertovesipumpulla.

4 TEHON MUUTOSOMINAISUUDET VERKKOHÄIRIÖIDEN AIKANA³

4.1 Hetkellinen häiriöreservi

Voimajärjestelmän asettama vaatimus on, että hetkellisen häiriöreservin on oltava käytössä 30 sekunnin kuluessa siitä kun taajuus laskee äkillisesti $49,5$ Hz:iin. Puolet kyseisestä häiriöreservistä on oltava käytössä 5 sekunnin kuluessa.

4.2 Välitön askelmainen tehonmuutos (fossiiliset laitokset)

Fossiilisia polttoaineita käyttävät lämpövoimalaitokset on suunniteltava siten, että ne sallivat välittömän askelmaisen tehonmuutoksen suuruudeltaan vähintään 5% täydestä tehosta laitoksen tehoalueella $50 - 90\%$, jos tuotantovalvomo pyytää tehonmuutosta. Puolet tästä tehosta tulee olla käytettävissä 5 sekunnin kuluessa taajuuden laskusta. Laitokset, joissa on yksi tai ei yhtään välitulistusta, on suunniteltava siten, että tämä välitön askelmainen tehonmuutos on käytettävissä 30 sekunnin kuluessa. Mikäli laitoksessa on enemmän kuin yksi välitulistus, voidaan hyväksyä näiden lisävälitulistusten aikavakioiden aiheuttama aikaviive.

Väliottolauhdeturpiinilla varustetut lämmitysvoimalaitokset tulee suunnitella siten, että häiriötilan aikana voidaan siirtyä maksimilauhdetehtoon noin 15 minuutin ajaksi ohjaamalla lämmitysteho lauhduttimeen.

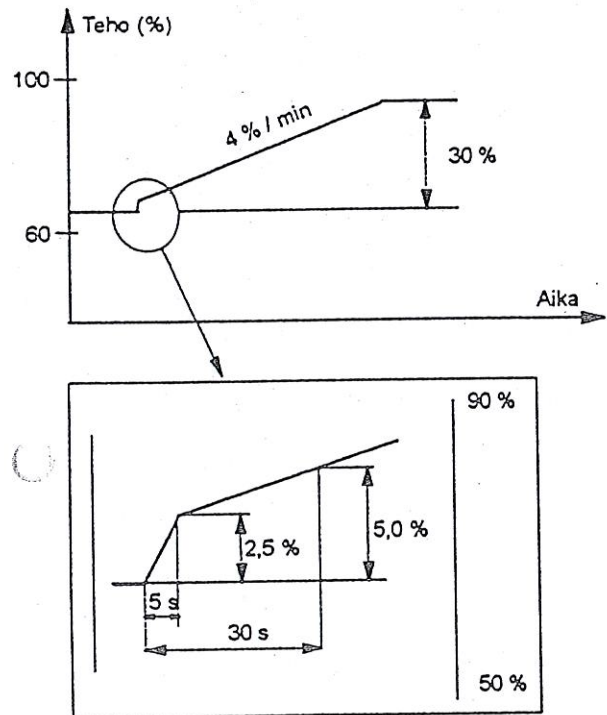
³ Verkkohäiriöt ovat taajuus- tai jännitehäiriöitä ja niihin sisältyvät vakavissa tapauksissa myös stabiiliisuushäiriöt.

4.3 Välitön askelmainen tehonmuutos (ydinvoimalaitokset)

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

4.4 Välittömän askelmaisen tehonmuutoksen jälkeinen tehonmuutos

Edellä esitetyn välittömän askelmaisen tehonmuutoksen jälkeen lämpövoimalaitosten tehoa tulee voida välittömästi ohjata kohdan 3 mukaisesti. Tehon kokonaisuutos voidaan kuitenkin tällöin rajoittaa kohdissa 3.2 - 3.5 esitettyihin arvoihin (kuva 1).



Kuva 1. Hiililaitoksen välitön askelmainen tehonmuutos ja sitä seuraava tehonmuutos verkon normaalissa käyttötilassa.

4.5 Pyörivä reservi

Voimalaitokset on suunniteltava siten, että niitä voidaan käyttää pyörivänä reservinä, jolloin ne säätävät tehoa edellä esitettyjen tehonmuutosten puitteissa vakavien häiriöiden yhteydessä.

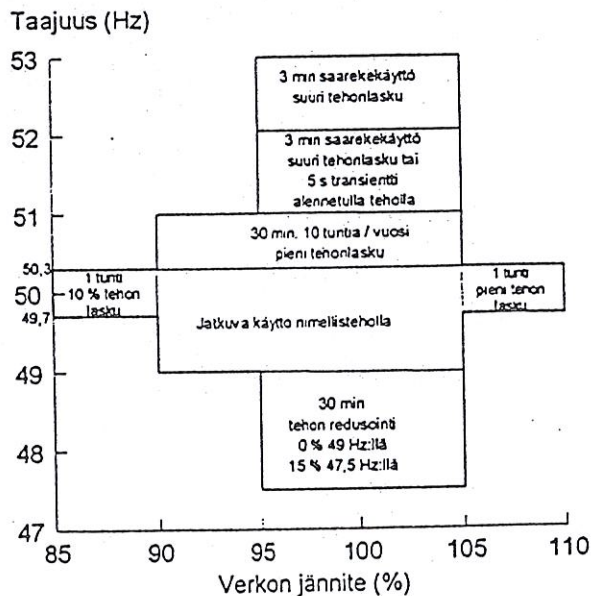
4.6 Saarekekäyttö

Laitosten tulee pystyä edellä mainittuihin tehon muutoksiin (nostamaan tai pienentämään tehoa) ja tehon muutosten kautta saavuttamaan stabiili käyttötila ja kohdan 3 mukaiset säätöominaisuudet myös erittäin vakavien (ja odottamattomien) häiriöiden yhteydessä, jolloin voimajärjestelmä on jakautunut pienempiin osajärjestelmiin.

5 TAAJUUSHÄIRIÖKESTOISUUS

5.1 Taajuusalue 49 - 51 Hz

Voimalaitoksen tulee toimia jatkuvasti täydellä teholla taajuusalueella 49 - 51 Hz verkkojännitteen ollessa alueella 90 - 105 % normaalista käyttöjännitteestä⁴. 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 2).



Kuva 2. Tehon tuotannolle asetetut vaatimukset kun verkon jännite (vaatimukset kohdassa 5) ja taajuus (vaatimukset kohdassa 6) vaihtelevat.

5.2 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.

⁴ 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)

nitteestä. Sallittu tehonlasku taajuudella 47,5 Hz on korkeintaan 15 % täydestä tehosta, ja taajuudella 49 Hz on tuotettava täysi teho. Väliarvot määrätään lineaarisella interpolaatilla. On pyrittävä mahdollisimman pieneen tehonlaskuun, mikäli tämä on mahdollista ilman suuria lisäkustannuksia.

5.3 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 muutoksien aikana tehoa voidaan pienentää, mikäli laitoksen stabiili käyttö täydellä teholla voidaan säilyttää taajuuden palatessa alle 50,3 Hz:n.

5.4 Taajuusalue 51 - 53 Hz

Voimalaitoksen syöttäessä erillistä verkkoa sen tulee toimia voimakkaasti alennetulla teholla 3 minuutin ajan taajuusalueella 51 - 53 Hz, verkkojännitteen vaihdellessa alueella 95 - 105 % normaalista käyttöjännitteestä.

5.5 Taajuus alle 47,5 Hz

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

5.6 Taajuusgradientit

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

6 JÄNNITEHÄIRIÖKESTOISUUS

6.1 Verkkojännite 90 - 105 % normaalista käyttöjännitteestä

Voimalaitoksen tulee toimia jatkuvasti täydellä teholla verkkojännitteellä, jonka vaihteluväli on 90 - 105 % verkon käyttöjännitteestä taajuuden vaihdellessa välillä 49 - 51 Hz. Yli 50,3 Hz:n taajuuksilla sallitaan pieni päätötehön 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 5.1.) (Kuva 2)

Huomautus: Suurin sallittu käyttöjännite on 400 kV:n verkossa 420 kV, 220 kV:n verkossa 245 kV ja 110 kV:n verkossa 123 kV (kts. myös alaviite 4).

6.2 Verkkojännite 85 - 90 % normaalista käyttöjännitteestä

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

6.3 Verkkojännite 105 - 110 % normaalista käyttöjännitteestä

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

6.4 Lähellä voimalaitosta tapahtuvien verkkovikojen vaikutukset

6.4.1 Verkkovikojen aiheuttamien mekaanisten rasitusten kestoiky

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

6.4.2 Verkkoviat, joiden kesto on alle 0,25 sekuntia

Viat, jotka esiintyvät voimalaitokselta lähtevillä johdoilla johtokatkaisijan takana, erotetaan normaalisti alle 0,1 sekunnissa. Poikkeustapauksissa vika-aika saattaa kuitenkin pidentyä 0,25 sekuntiin.

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

Laitos, jossa on suuri yksiakselinen turpiini-generaattori-koneisto, voidaan irrottaa verkosta lyhyemmällä ajalla, mikäli stabiilisuutta ei kyetä säilyttämään alle 0,25 sekunnin vika-ajalla. Asiasta on sovittava erikseen verkkoyhtiön kanssa.

6.4.3 Syvä jännitekuoppa⁵

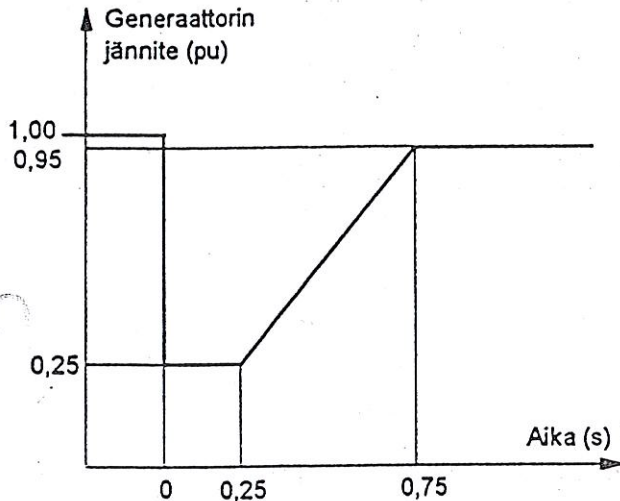
Voimalaitokset on suunniteltava siten, että ne kestävät seuraavan verkkovian aiheuttaman generaattorijännitteen vaihtelun irtoamatta verkosta (kuva 3):

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

⁵ Tässä kohdassa on käytetty generaattorijännitettä verkkojännitteen asemesta korostamaan verkkovikojen vaikutuksia laitokseen kokonaisuutena.

Ainoastaan pieni tehon lasku sallitaan.

Laitoksen jännitesuojausperiaatteet saattavat poiketa edellä esitetystä, sillä laitoksen täytyy selviytyä erilaisista verkkovioista useissa eri käyttötilanteissa.



Kuva 3. Verkkovian aiheuttama generaattorin liitinjännitteen vaihtelu.

6.5 Suuret jännitehäiriöt

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

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

6.6 Loistehon tuotanto alhaisella jännitteellä

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

6.7 Loistehon tuotantokyky

Laitoksen generaattorimuuntajan ja omakäyttömuuntajan muuntosuhteet, niiden säädettävyys sekä generaattorin jännitealue ja magnetointi on 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-diagram-

min määrittelemän loistehon (generaattorin jännitetasossa).

Generaattorin tulee nimellisteholla toimiessaan tuottaa jatkuvasti 70 % PQ-diagrammin mukaisesta nimellisloistehosta generaattorin liitinjännitteen laskettua 90 %:iin normaalista käyttöjännitteestä.

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).

7 GENERAATTORIN JA JÄNNITTEENSÄÄTÄJÄN OMINAISUUDET

7.1 Generaattorit

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

Alle 500 MVA:n generaattorilta vaaditaan

- kyllästynyt tyhjäkäyntioikosulkusuhte $K_c \geq 0,5$
- kyllästynyt pitkittäinen muutostahtireaktanssi $X_d' < 0,35$

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

Jokaisen generaattorin tulee pystyä toimimaan jatkuvasti nimellispätehteholla vähintään tehokertoimen ääriarvoilla $\cos \varphi \leq 0,95_{\text{al}}$ (alimagnetoitu) ja $\cos \varphi \leq 0,9_{\text{yl}}$ (ylimagnetoitu). Tämän tulee olla mahdollista kohdassa 6.1 esitetyissä jännite- ja taajuusolosuhteissa. Tällöin voidaan kuitenkin käyttää normaalia verkkojännitettä 90 % jännitteen sijasta kun generaattori on alimagnetoitu.

7.2 Jännitteensäätö

Suosittelut normaalin tilan dynaamiset ominaisuudet määritetään mittauksin seuraavasti:

Tyhjäkäyvän, verkosta irti olevan generaattorin jännitteensäätäjän asetteluarvoa muutetaan askelmaisesti siten, että se aiheuttaa 10 %:n muutoksen generaattorin liitinjännitteeseen. Mittaukset tehdään jännitearvosta 95 % arvoon 105 % ja arvosta 105 % arvoon 95 %. Molemmissa tapauksissa generaattorin liitinjännitteen askelvasteen tulee olla:

- Askelvaste ei saa värähdellä.
- 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.

Magnetointipiiriin tulee olla siten mitoitettu, että sen kattojännite on staattisella rakenteella vähintään kaksi kertaa ja harjattomalla rakenteella vähintään 1,6 kertaa gene-

raattorin nimelliskuormituspistettä vastaava magnetointijännite, ottaen huomioon kuitenkin muut jänniteensäädölle asetettavat vaatimukset. Piirin on kyettävä antamaan kattojännitteensä 10 sekunnin ajan.

Järjestelmän perusratkaisua tehtäessä tulee pyrkiä sellaiseen järjestelmään, että kattojännitettä koskeva vaatimus toteutuu myös voimalaitoksen läheisyydessä tapahtuvan oikosulun aikana.

Järjestelmän käyttövarmuuden turvaamiseksi jänniteensäätäjä tulee toteuttaa kaksikanavaisena siten, että automaattisen säätäjän reservinä on vähintään käsiasätäjä.

7.3 Lisästabilointi (PSS)

Kaikissa generaattoreissa tulee olla lisästabilointipiiri. Lisästabilointi on viritettävä vaimentamaan generaattorin ja voimajärjestelmän heilahteluja, erityisesti pientaajuisten (0,2 - 1,0 Hz) heilahtelujen vaimennuksella on suuri merkitys.

Stabilointisignaalin suuruutta on rajoitettava rajoittimilla, joiden asetelut voidaan valita.

7.4 Muut jänniteensäädön laitteet

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

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

7.5 Jänniteensäädön käyttötapa (priorisointi)

Generaattorin jänniteensäädön käyttötapa on pääsääntöisesti liitinjännitteen vakiojännitesäätö.

Mikäli erityisistä syistä on tarvetta käyttää muuta säätötapaa, kuten vakioaloisteho- tai vakiotehokerroinsäätöä, näiden lisäsäätötapojen on oltava prioriteetiltaan alemmalla

tasolla kuin vakiojännitesäätö, ja niiden käytöstä on sovittava verkkoyhtiön kanssa.

8 TOIMINTA OMAKÄYTÖLLÄ

8.1 Siirtyminen omakäytölle

Kaikki voimalaitokset on suunniteltava siten, että ne siirtyvät turvallisesti omakäytölle kohdissa 5.4, 5.5 ja 6.5 esitetyissä tilanteissa.

8.2 Käyttöaika

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

9 TODENTAMINEN

Esitettyjen vaatimusten täytyminen on todennettava mikäli mahdollista voimalaitoksella tehtävillä kokeilla.

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

9.1 Todentaminen käyttöönoton aikana

Tehtävät mittaukset ja kokeet:

- nimellisteho ja PQ-diagrammi
- minimikuorma
- ylikuormituskyky
- käynnistysaika
- tehonsäätö ja tuotannonohjaus
- tehonmuutosnopeus mukaanlukien tehoalue
- tehon askelmainen muutos
- oikosulun aiheuttama syvä jännitekuoppa
- siirtyminen omakäytölle
- toiminta omakäytöllä yhden tunnin ajan
- generaattorijännitteen askelvaste
- lisästabilointipiirin (PSS) koe

1.1.1996 / rhh