

Kehtestatud Elering AS juhatuse 30.05.2019 otsusega nr 41-1/2019

# **Elektriosa projekti koostamise ja modelleerimise nõuded**

Kehtivad alates 01.07.2019

## Sisukord

1	Eesmärk.....	2
2	Elektriosa projekti üldnõuded .....	2
3	Elektriosa projekti sisu .....	3
4	Mudelite nõuded. ....	6
5	Koostöö simuleerimise aruanne (KSA).....	11
6	Mudelite verifitseerimine .....	12

## **1 Eesmärk**

- 1.1 Käesolevas juhendis on välja toodud põhivõrguettevõtja nõuded kliendi elektriosa projekti koostamiseks, elektrivõrgu ja tootismooduli koostöö simuleerimiseks ning tootismoodulite modelleerimiseks. Juhendit kohaldatakse koos liitumistingimustega.
- 1.2 Juhendis sätestatakse nõuded C- ja D-tüüpi tootismooduli ning tarbijate elektriosa projektile, mis kooskõlastatakse põhivõrguettevõtjaga.
- 1.3 Juhendi 3 peatükk sätestab elektriosa projekti üldist ülesehitust käsitledes nii tarbimissuunalise kui tootmissuunalise elektriosa projekti ühisosa.
- 1.4 Punkt 3.1 kirjeldab tarbimissuunalisel põhivõrguettevõtjaga liitumisel esitatava elektriosa projekti ülesehitust.
- 1.5 Punkt 3.2 kirjeldab tootmissuunalisel põhivõrguettevõtjaga liitumisel esitatava elektriosa projekti ülesehitust.

## **2 Elektriosa projekti üldnõuded**

- 2.1 Elektriosa projekt peab olema koostatud mahus, mis võimaldab hinnata elektripaigaldise vastavust RFG-le, võrgueeskirjale, ning liitumislepingus toodud nõuetele.
- 2.2 Projektlahendus peab vastama Eesti Vabariigis kehtivatele standarditele, kusjuures viimaste puudumisel tuleb lähtuda projekti tellija teadmisel vastavatest välisriikide standarditest või viimase puudumisel tuleb lähtuda harmoneeritud standarditest, millede sobivust peab projekteerija vajadusel selgitama.
- 2.3 Klient võib tootmissuunalise ja tarbimissuunalise projekti esitada ühe projektina kui paigaldises on nii tootmine kui tarbimine.
- 2.4 Kõik joonised, skeemid, signaalide loetelud jms dokumendid peavad sisaldama kirjanurka, kust tuleneb kliendi nimi, projekti nimi ja projekteerija nimi. Mõõtühikute puhul tuleb kasutada SI-süsteemi.
- 2.5 Elektriosa projekti kooskõlastamise käigus tehtavate projekti muudatuste korral tuleb muudatus projektis selgelt tähistada ning lisada selle tegemise kuupäev. Mis tahes hilisemate projekti muudatuste korral tuleb toimida analoogselt.
- 2.6 Elektriosa projekt esitatakse digitaalselt. Digitaalsel kujul esitatavad projekti tekstidokumendid peavad olema .docx, .doc või .pdf vormingus, tabelid ja andmemahutude tabelid .xlsx või .xls vormingus ning skeemid ja joonised .dwg ja .pdf vormingus. Põhivõrguettevõtjal peab olema võimalus elektroonseid dokumente kopeerida ja printida.
- 2.7 Esitada tuleb terviklik elektriosa projekt. Üksikud projekti osad peavad kõik olema tähistatud vastavalt nende projekti kuulumisele.

- 2.8 Pärast põhivõrguettevõtja märkuseid elektriosa projekti kohta on klient kohustatud sisse viima parandused ja/või täiendused ja esitatama elektriosa projekti uuesti põhivõrguettevõtjale kooskõlastamiseks.
- 2.9 Põhivõrguettevõtja nõusolekul võib elektriosa projekti esitada läbivaatamiseks minimaalselt järgnevate osade kaupa:
- 2.9.1. tarbimissuunalise võrguühenduse projekt;
- 2.9.2. tootmissuunalise võrguühenduse projekt.
- 2.10 Lõpliku kooskõlastuse annab põhivõrguettevõtja terviklikult esitatud elektriosa projektile.
- 2.11 Iga kooskõlastamiseks esitatavale osale tuleb lisada selle osa kohta käiv seletuskiri. Mitme osa esitamisel võib seletuskiri olla nende kohta ühine.
- 2.12 Juhul, kui elektriosa projektis nõutud andmed on kliendi poolt põhivõrguettevõtjale varasemalt esitatud ning nendes ei ole muudatusi toimunud võib klient nõutud materjalid esitamata jätta viidates varasemale projektile või kirjale, mille käigus on nõutud andmed esitatud.
- 2.13 Jõutrafode ja tootmisüksuste *factory acceptance test* (edaspidi: FAT) aruanne ei pea sisaldama esialgselt esitatud elektriosa projektis, vaid see tuleb esitada põhivõrguettevõtjale pärast vastavate katsetuste tegemist.
- 2.14 FAT aruanne on eelduseks lõpliku kooskõlastuse saamisele. FAT aruandes esitatud andmete põhjal ilmnenu elektriliste parameetrite sobimatuse korral on põhivõrguettevõtjal õigus projekti kooskõlastamisest ja elektripaigaldise pingestamise lubamisest keelduda.

### **3 Elektriosa projekti sisu**

- 3.1 Tarbimissuunaline elektriosa projekt peab sisaldama alljärgnevat:
- 3.1.1 Primaarosa:
- 3.1.1.1 Elektriosa projekti primaarosa peab sisaldama:
- 3.1.1.1.1 Üldosa – lühikirjeldus;
- 3.1.1.1.2 Primaarskeem kuni liitumispunktini;
- 3.1.1.1.3 Elektripaigaldise ühejooneskeem kuni liitumispunktini, kus on näidatud uued ja olemasolevad tootmisüksused, reaktiivenergia kompenseerimise seadmed, vahetraford, jaotus- ja kaitseseadmed ning kaablid ja ühendused koos nimiandmetega.
- 3.1.1.1.4 110 kV või 330 kV pingel jõutraford koos põhiparameetritega ning FAT aruanne;
- 3.1.1.1.5 Kliendi 110 kV või 330 kV lahtrite ja latistuse lõiked, juhul kui Kliendi elektripaigaldis on põhivõrguettevõtja liitumispunkti ühendatud vahetult latistuse kaudu;

- 3.1.1.1.6 Puutepinge ja sammupinge mõõdistamise ja arvutamise tulemused (juhul kui Kliendi elektriseadmete maanduskontuur on elektriliselt ühendatud põhivõrguettevõtja alajaama või liini maanduskontuuriga). Arvutusteks vajalikud lähteandmed (lühisvoolude väärtused) annab põhivõrguettevõtja.
- 3.1.1.1.7 110 – 330 kV kaabliga liitumisel:
  - 3.1.1.1.7.1 Kaabli pikkus;
  - 3.1.1.1.7.2 Pikiprofiil sh ristumised teiste rajatistega;
  - 3.1.1.1.7.3 Kaabli mark koos elektriliste parameetritega;
  - 3.1.1.1.7.4 Kaabelliini sisestuse ja liitumispunktiga ühenduse joonis, millel on näidatud ka kaabli asukoha lõiked;
  - 3.1.1.1.7.5 Põhivõrguettevõtja elektripaigaldise kaitsevööndis kulgeva kliendi elektripaigaldise asendiplaan.
- 3.1.1.1.8 110 – 330 kV õhuliiniga liitumisel:
  - 3.1.1.1.8.1 Põhivõrguettevõtja elektripaigaldise kaitsevööndis kulgeva kliendi elektripaigaldise asendiplaan ja pikiprofiil;
  - 3.1.1.1.8.2 Mastide tüübid (sh. ka masti joonis);
  - 3.1.1.1.8.3 Liinijuhtme ja piksekaitsetrossi mark koos elektriliste parameetritega;
  - 3.1.1.1.8.4 Esitada PSS/E mudel ja PSCAD mudel juhul kui üksiku elektrivõrguga ühendatava elektritarviti võimsus on üle 10 MW.
- 3.1.2 Sekundaarosa:
  - 3.1.2.1 Sekundaarosa projektis peab olema vähemalt:
    - 3.1.2.1.1 110 või 330 kV pingega elektripaigaldise sh jõutrafo põhi- ja reservkaitsete paigutuse skeem koos mõõtetrafodega, kus on näidatud ka seadmete omavahelised ühendused ja kaitsete tüübid;
    - 3.1.2.1.2 Kliendi elektripaigaldise releekaitse ja automaatika sätted, mis on vajalikud kliendi ja põhivõrguettevõtja kaitsete koostöö saavutamiseks kliendi seadmest kuni liitumispunktini;
    - 3.1.2.1.3 juhtimine ja automaatika liitumistingimuste juhendi „Kliendi elektripaigaldisega seotud andmevahetuse nõuded“ kohaselt;
    - 3.1.2.1.4 Andmeside parameetrid IP aadressid (VPN kontsentraatori staatiline, SCADA poolt küsitletavate seadmete IP (RTU jmt.) energiasüsteemi juhtimiskeskuse (SCADA) suunal sideühenduse skeemiga koos seletuskirjaga;
    - 3.1.2.1.5 RTU andmemahud (mõõtmised, juhtimised ja asendisignaalid);
    - 3.1.2.1.6 garanteeritud mõõtetäpsused.

- 3.2 Tootmismoodulite ja segapaigaldiste liitumisel ning nende tarbimis- ja/või tootmistingimuste muutmisel peab klient esitama tootmissuunaline elektriosa projekti, mille koosseisus tuleb täiendada juba esitatud tarbimissuunalist projekti, juhul kui kliendi elektripaigaldise muudatustest tingituna on muutunud tarbimissuunalise projekti koosseisus esitatud andmed ning täiendavalt peab tootmissuunaline projekt sisaldama järgnevat:
  - 3.2.1 Seletuskiri juhul kui esitatavas projektis on võrreldes varem esitatud tarbimissuunalise projektiga erisusi;
  - 3.2.2 Kliendi energiapargimooduli koordinaatidega asendiplaan (mõõtkavas 1:200 või 1:500).
    - 3.2.2.1 Tootmismooduli lõplikud andmed:
      - 3.2.2.1.1 tootmismooduli iga eritüüpi tootmisüksuse kohta tootjatehase poolt väljastatud tehniliste parameetrite andmelehed (data sheet);
      - 3.2.2.1.2 Tootmismooduli põhiaandmed (liitumistingimuste lisa 1 punktis 1.1.2.1 toodu vormil);
      - 3.2.2.1.3 Tootmismooduli iga eri tüüpi tootmisüksuste kohta tüübikatsetuste protokollid või sertifikaadid. Elektrituulikute korral vastavalt standardile IEC61400-21, pöörlevate elektrimasinate korral vastavalt standardi EN60034 nõuetele. Muud tüüpi tootmismoodulite korral esitatakse asjakohased tehasekatsetuste aruanded, kus on mõõdetud ja arvutatud iga eri tüüpi tootmisüksuse põhiliste elektrilised parameetrid, nende käitumine pingelohkude korral, elektrikvaliteet ja juhtimisvõimekus.
      - 3.2.2.1.4 Tootmismooduli PQ-karakteristik liitumispunktis;
      - 3.2.2.1.5 Tootmismooduli keskjuhtimissüsteemi kirjeldus, mõõtmiste täpsus ja asukoht. Kas on ette nähtud võrgu kaudu tootmismooduli töö jälgimine, juhtimine või sätete ja algoritmide muutmine;
      - 3.2.2.1.6 Sünkroonmoodulite korral peab olema esitatud ka ergutusregulaatori kirjeldus (lagipinge rakendamine, ergutusvoolu automaatjuhtimine ja käsitsi reguleerimine, plokk skeem, parameetrid, ) ning võnkesummuti kirjeldus (parameetrid, signaalide ja piiramise sätete kirjeldus);
      - 3.2.2.1.7 C- ja D-tüüpi tootmismoodulite korral planeeritud parameetritega mudel(id) koos kirjeldusega ning tootmismoodulite juhtimise ja automaatika plokk skeemid (sh. PSS/E ja üle 10 MW tootmismooduli puhul PSCADi mudelid elektroonilisel kujul);
      - 3.2.2.1.8 C- ja D-tüüpi tootmismoodulite korral verifitseeritud mudel(id) (sh. PSS/E ja üle 10 MW tootmismooduli PSCAD mudelid elektroonilisel kujul) esitatakse pärast tootmismooduli nõuetekohasuse kinnitamist;
      - 3.2.2.1.9 tootmisüksuste FAT aruanded.

- 3.2.2.1.10 Väljundaktiivvõimsuse sõltuvus kliima- ja keskkonnatingimustest;
- 3.2.2.2 Funktsioonide kirjeldused koos sätetega ja plokk skeemidega.
- 3.2.2.2.1 Primaarreguleerimine;
- 3.2.2.2.2 Sekundaarreguleerimine (kaugjuhtimise kaudu teostatav aktiivvõimsuse reguleerimine etteantud kiiruse ja ulatusega);
- 3.2.2.2.3 Aktiivvõimsuse reguleerimine;
- 3.2.2.2.4 Reaktiivvõimsuse reguleerimine, pinge automaatreguleerimine liitumispunkti suhtes;
- 3.2.2.2.5 Omatarbekoormusele üleminek;
- 3.2.2.2.6 Kirjeldada elektripaigaldise lühiajalise elektrivõrgu pingelohu läbimise võimet.
- 3.2.2.3 Elektrivõrgu ja tootmismooduli koostöö simuleerimise aruanne vastavalt käesoleva juhendi peatükile 5, juhul kui PSS/E ja PSCAD mudelid on nõutud;
- 3.2.2.3.1 Klient peab esitama elektrivõrgu ja tootmismooduli koostöö simuleerimise tulemuste aruande nii siirde- kui püsitalituses. Juhul kui tootmismooduli ehitatakse etappidena, siis esitatakse aruanne iga etapi kohta.
- 3.2.2.3.2 Kirjeldada tootmismooduli talitluspõhimõtteid (tootmismooduli liik, koormusrežiim, arvestuslik töötamise aeg aasta lõikes), esitada sellekohased tabelid, graafikud, seadme karakteristikud jne. Kirjeldada tootmismooduli käivitusprotsess. Kirjeldada tootmismooduli seiskamisprotsess.
- 3.2.3 Sekundaarosa projekt:
- 3.2.3.1 tootmissuunalise projekti esitamisel peab klient täiendama projekti mahtu sekundaarosas võrreldes tarbimissuunalise projekti mahuga kõigis sekundaarosa projekti kohta käesoleva juhendi punktis 3.1.2.1 toodud mahus. Võrreldes tarbimissuunalise projekti koosseisus esitatuga tuleb tehtud täiendused markeerida;
- 3.2.3.2 kõigi tootmismoodulite sageduse ja pingekaitse sätted.

#### **4 Mudelite nõuded.**

- 4.1 Mudelite detailsus sõltub liituva paigaldise võimsusest:
  - 4.1.1 Kuni võimsuseni 50 MW esitatakse agregeeritud mudel;
  - 4.1.2 Agregeerida on lubatud ainult sama tüüpi tootmismoduleid;
  - 4.1.3 Kui paigaldis sisaldab erinevat tüüpi tootmismoduleid, esitatakse need tüübi kaupa erinevate agregeeritud tootmismoodulitena, millest igaüks iseloomustab vastava tüübi tootmismoodulit antud paigaldises;
  - 4.1.4 Agregeeritud mudel peab kajastama paigaldise võimekust ning juhtimissüsteemide omadusi;

- 4.1.5 Agregeeritud mudelis võib sama tüüpi seadmed ekvivalenteerida (nt jõutrafod, liinid).
- 4.2 50 MW ning enama võimsuse korral esitatakse nii agregeeritud kui ka detailne paigaldise mudel.
- 4.2.1 Detailses mudelis tuleb modelleerida paigaldises asuvad trafod, tootmismoodulid, muud seadmed (omatarve, filtrid, kompenseerimisseadmed jne) ning neid ühendavad liinid, kogu ulatuses;
- 4.2.2 Paigaldise agregeeritud ning detailse mudeli simulatsioonide tulemused peavad olema teineteisega vastavuses;
- 4.2.3 Mudelite koostaja peab näitama, missugustel tingimustel on mudelid teineteisele vastavad ning missuguste piirangutega tuleb lihtsustatud mudeli korral arvestada. Samuti tuleb hinnata, missugustel tingimustel pole võimalik lihtsustatud mudelit kasutada.
- 4.3 Põhivõrguettevõtja võrguga liituvatel tootmismoodulitel tuleb esitada elektripaigaldise mudelid nii PSS/E (püsitalitluse ja elektromehaaniliste protsesside ehk dünaamika uurimiseks) kui ka PSCAD (elektromagnetiliste protsesside ja elektri kvaliteedi nähtuste uurimiseks) tarkvarades.
- 4.4 Põhivõrguettevõtja võrguga liituvatel suurelektritarbijad (mille üksiku elektrivõrguga ühendatava elektritarviti võimsus on üle 10 MW, v.a. jaotusvõrguettevõtjad), mille seadmetel on oluline mõju elektrivõrgule, tuleb esitada elektripaigaldise mudelid nii PSS/E kui ka PSCAD tarkvarades. Mudelite maht ja täpsus lepatakse kokku Põhivõrguettevõtjaga projektipõhiselt lähtuvalt liituva paigaldise omapäradest.
- 4.5 Jaotusvõrkudega liituvate tootmismoodulite korral on oluliseks näitajaks tootmismooduli nimiaktiivvõimsus. Lähtuda tuleb järgnevast:
  - 4.5.1 tootmismoodulite nimivõimsusega üle 5 MW korral tuleb esitada PSS/E mudel;
  - 4.5.2 tootmismoodulite nimivõimsusega kuni 5 MW korral ei ole mudeleid tarvis esitada. Esitatakse ainult tootmismooduli andmed ja põhiparameetrid (võimsus, pinge,  $\cos \varphi$ , energiaallikas, tehnoloogia, jm) ning tehasekatsetuste protokollid.
- 4.6 PSS/E kui ka PSCAD võrguarvutustarkvarades koostatud mudelid peavad olema võrreldavad ning samade protsesside modelleerimise tulemused peavad olema lähedased. Suuremate erinevuste korral tuleb mudelit täiendada.
- 4.7 Mudeliga koos peab esitama mudeli sisu ja kasutamist selgitava dokumentatsiooni.
- 4.8 Mudelite koostamisel kasutatakse võrguarvutustarkvarade andmebaaside standardseid mudelikomponente.

- 4.9 Juhul, kui punktis 4.8.8 kirjeldatud lähenemine ei ole võimalik, siis kooskõlas põhivõrguettevõtjaga, on võimalik kasutada „black box“ mudeleid.
- 4.10 Mudelitega peab olema võimalik teostada järgnevaid mudelarvutusi, milledest olulisemad on:
  - 4.10.1 elektrivõrgu püsitalitluse arvutused;
  - 4.10.2 lühisvoolude arvutused;
  - 4.10.3 dünaamika arvutused;
  - 4.10.4 elektromagnetiliste siirdeprotsessidega seotud uuringud;
  - 4.10.5 subsünkroonsete võnkumiste modelleerimine ja analüüs;
  - 4.10.6 kvaliteedianalüüs;
  - 4.10.7 muud juhtumipõhised uuringud.
- 4.11 Kliendi paigaldise mudel peab hõlmama järgnevaid elemente:
  - 4.11.1 Sisevõrk, mis koosneb järgnevatest elementidest:
    - 4.11.2 Trafod;
    - 4.11.3 Liinid;
    - 4.11.4 Kompenseerimisseadmed (reaktorid, kondensaatorid);
    - 4.11.5 Filtrid.
  - 4.12 Sünkroonmooduli puhul:
    - 4.12.1 Generaator;
    - 4.12.2 Peaajam (turbiin, sisepõlemismootor jne);
    - 4.12.3 Turbiini kiirusregulaator;
    - 4.12.4 Erguti;
    - 4.12.5 Üle- ja alaergutuspiirajad;
    - 4.12.6 Võnkesummuti;
    - 4.12.7 Releekaitse (ala- ja ülesagedus, ala- ja ülepinge);
    - 4.12.8 Juhtimissüsteemid;
    - 4.12.9 Turbiini/kiirusregulaatori (*prime mover*) mudel peab olema võimeline kirjeldama selle käitumist sageduse ja koormuse muutumise ajal.
  - 4.13 Energiapargimooduli puhul (läbi konverteri ühendatud tootmismoodul):
    - 4.13.1 Konverter ja selle juhtimissüsteemid;
    - 4.13.2 Generaator, päikesepaneel vms.
- 4.14 Elektripaigaldise omatarbekoormustele tuleb esitada kirjeldus ja tüübid ning modelleerida neid vastavate mudelitega.
- 4.15 Kui elektripaigaldises kasutatakse reaktiivvõimsuse kompenseerimiseks vastavaid seadmeid või on paigaldises olemas suured mootorid, siis tuleb ka need modelleerida.



- 4.16 Esitatud mudelid peavad hõlmama endas kõiki olulisi juhtimissüsteeme, nende osi ja kirjeldama elektripaigaldise erinevaid režiime, mis mõjutavad või on mõjutatud elektrimehaanilistest protsessidest nagu:
  - 4.16.1 kõiki pinge ja reaktiivvõimsuse juhtimise režiime (kaasa arvatud võnkesummutid);
  - 4.16.2 kõiki sageduse ja aktiivvõimsuse juhtimise režiime;
  - 4.16.3 mudel peab võimaldama seadistada vähemalt neid elektripaigaldise juhtimise põhisätteid, mida saab muuta või aktiveerida läbi kohaliku kasutajaliidese või kaugjuhtimissüsteemi (SCADA);
  - 4.16.4 releekaitset, juhtimissüsteeme ja muid seadmeid, mis on otseselt seotud, mõjutatud või paigaldatud seoses tehniliste nõuete täitmisega.
- 4.17 PSCAD tarkvaras peab lihtsustatud mudel olema kasutatav arvutuse ajasammuga 25  $\mu$ s ja PSS/E standardsed mudelid peavad olema kasutatavad arvutuse ajasammuga 5 ms. PSS/E mudelis kasutatavad baassuurused peavad ühtima põhivõrguettevõtja poolt kasutatavate väärtustega.
- 4.18 Mudelite spetsifikatsioon ning detailsus vastavalt teostatavatele arvutustele:
  - 4.18.1 Püsitalitluse ning lühisvoolude arvutused;
  - 4.18.2 Püsitalitluse arvutuse eesmärgiks on leida tootmisüksust piiravad elektrisüsteemi režiimid ning piirangute kõrvaldamiseks vajalikud meetmed. Tulemusena peab tootmisüksus olema võimeline arendama (oma võimsuspiirides) mis tahes võimsust kõigis võimalikes elektrivõrgu koormusoludes, ilma et sellele rakenduksid elektrisüsteemi talituspiirangud;
  - 4.18.3 Lühisvoolude arvutuse eesmärgiks on määrata võimalikult täpselt releekaitsetsätteid, tagada lähteinfo võrguseadmete ning maandussüsteemi valikuks ja projekteerimiseks.
  - 4.18.4 Arvutusteks vajalikud andmed:
    - 4.18.4.1 Elementide päri- ning nulljärgnevusparameetrid;
    - 4.18.4.2 Tootmisüksuste võimsus ning talituspiirid;
    - 4.18.4.3 Paigaldise aktiiv- ning reaktiivkoormused;
    - 4.18.4.4 Olemasolevate ning planeeritavate seadmete nimivoolud ja tööpinged;
    - 4.18.4.5 Maandusviis ning maandustakistused.
- 4.19 Elektrisüsteemi elektromehaanilised protsessid:
  - 4.19.1 Eesmärgiks on dünaamilise stabiilsuse analüüs, juhtimissüsteemide seadistuse kontroll, kriitiliste lülitusaegade pikkuste leidmine jne;
  - 4.19.2 Arvutusteks vajalikud andmed:
    - 4.19.2.1 Püsitalitlust ning lühisvõimsust kirjeldavad andmed;
    - 4.19.2.2 Tootmismoodulite ja koormuste ülimalduvad reaktiivtakistused, ajakonstandid ja muud vajalikud suurused;

- 4.19.2.3 Generaatorite ja koormuste füüsikalisi omadusi kirjeldavad suurused;
- 4.19.2.4 Generaatori mudel peab arvestama küllastuse mõjuga, s.t. tuleb kasutada generaatori mudelit, mis arvestab küllastuskarakteristikuid;
- 4.19.2.5 Juhtimise algoritme kirjeldavad plokk skeemid;
- 4.19.2.6 Põhiajami juhtimissüsteem ja parameetrid;
- 4.19.2.7 ergutussüsteem peab koosnema pingemuundurist (terminal voltage transducer), koormuse kompensaatorist (load compensator), ergutuse juhtimissüsteemist (excitation control elements), ergutist (exciter), võnkesummutist (power system stabilizer, PSS), pinge/sageduse (V/Hz) piirajast (V/Hz limiter) ning üle- ja alaergutuspiirajast (under- and over-excitation limiter);
- 4.19.2.8 Turbiini mudel peab olema võimeline kirjeldama selle käitumist sageduse ja koormuse muutmise ajal;
- 4.19.2.9 Auruturbiinide ja selle juhtimise modelleerimisel eeldatakse konstantset aururõhku sisendis. Katla mudeli ja selle juhtimissüsteemi võib jätta modelleerimata, juhul kui see puudub kombineeritud turbiini ja kiirusregulaatori mudelist;
- 4.19.2.10 Hüdroturbiini mudelid peavad arvestama mitte-elastse veesambaga survetorus ilma reservuaari mõjuta;
- 4.19.2.11 Releekaitse mudelite karakteristikud.
- 4.19.3 Elektromehaaniliste protsesside uurimiseks esitatud dünaamika mudelid peavad olema võimelised kirjeldama nii põhisagedusega seotud protsesse kui ka töörežiime, millede korral toimuvad sünkroongeneraatori rootori sageduse võnkumised sagedusega  $\sim 0,1 \dots 3,0$  Hz.
- 4.19.4 Analüüsitavaate siirdeprotsesside kestuse määravad elektripaigaldise seadmed/osad/ kontrollerid sõltuvalt nende töösse rakendumise ajast ja ajakonstantidest. Vastavalt etteantud mahule peavad dünaamilise stabiilsuse analüüsiks esitatud mudelid olema võimelised katma järgmisi häiringujärgseid siirdetalitluste ajavahemikke:
  - 4.19.4.1 Esimesed 30 sekundit (lühiajaline);
  - 4.19.4.2 900 sekundit (pikaajaline).
- 4.20 Elektrisüsteemi elektromagnetilised protsessid
  - 4.20.1 Eesmärgiks elektri kvaliteedi, isolatsiooni koordineerimise, harmoonikutest tingitud resonantside ning juhtimissüsteemide vastastikmõjude ja liitva elektripaigaldise ning teiste elektrivõrguga liitunud paigaldiste vastastikmõjude uurimine.
- 4.21 Torsioonvõnkumiste ja subsünkroonse resonantsi modelleerimine
  - 4.21.1 Eesmärgiks uurida elektripaigaldise ja alalisvooluühenduste või pikikompenseerimise vastastikust mõju.
  - 4.21.2 Modelleerimiseks esitatavad vajalikud andmed:

- 4.21.2.1 erinevate masside arv mudelis (võllil);
- 4.21.2.2 iga massi kohta inerts  $H$  [kgm<sup>2</sup>];
- 4.21.2.3 masside vahelised jäikused  $K$  [Nm/rad];
- 4.21.2.4 summutustegurid  $D$ ;
- 4.21.2.5 generaatori pooluste arv;
- 4.21.2.6 erinevate turbiini osade suhteline võimsus  $S$  [s.ü.];
- 4.21.2.7 tootja poolt arvatud mehaanilised võnkesagedused erinevate masside vahel.

## **5 Koostöö simuleerimise aruanne (KSA)**

- 5.1 Esitatakse kõikide põhivõrguga liituvate tootmismoodulite kohta.
- 5.2 Uuringute teostamiseks kasutatakse võrguarvutustarkvarasid PSS/E ning PSCAD.
- 5.3 Kokkuleppel põhivõrguettevõtjaga, on lubatud kasutada teisi tuntud võrguarvutustarkvarasid.
- 5.4 Teiste võrguarvutustarkvarade kasutamise puhul, lepitakse põhivõrguettevõtjaga kokku, kuidas elektripaigaldist modelleeritakse, uurimistööd teostatakse ning tulemusi hinnatakse.
- 5.5 KSA teostamiseks on lubatud kasutada ainult põhivõrguettevõtjaga kooskõlastatud mudeleid.
- 5.6 Eesmärk:
  - 5.6.1 analüüsida elektripaigaldise käitumist ning anda hinnang tootmismooduli võimekusele täita kehtestatud nõudeid;
  - 5.6.2 analüüsida tootmismooduli koostööd ja vastastikust mõju lähedal olevate elektripaigaldistega.
- 5.7 Aruande mahus käsitletavat uuringud, nimekiri ei ole lõplik:
  - 5.7.1 Ülevaade liituvast elektripaigaldisest;
  - 5.7.2 Elektripaigaldise koormamise võimalikkus lähtuvalt väliskeskkonna temperatuurist ja muudest temperatuuridest;
  - 5.7.3 Erinevates talitluse tööpunktides tekkivad tootmismooduli aktiiv- ja reaktiivvõimsusvood ning nendega kaasnevad pingemuutused tootmisüksuse sisevõrgus ning liitumispunktis;
  - 5.7.4 Tootmismooduli ning tootmisüksuse PQ kõverad;
  - 5.7.5  $U$ - $Q/P_{\max}$  graafiku erinevate punktide simuleerimine vastavalt RfG nõuetele
  - 5.7.6 Juhtimisfunktsioonide kirjeldus;
  - 5.7.7 Sagedusjuhtimise võimekus;
  - 5.7.8 Aktiivvõimsuse juhtimise võimekus;
  - 5.7.9 Pingemuutuste juhtimise võimekus;

- 5.7.10 Reaktiivvõimsuse juhtimise võimekus;
- 5.7.11 Ergutusregulaatori toime;
- 5.7.12 Võnkesummuti häälestamine ning toime;
- 5.7.13 Pingelohu läbimise võimekus;
- 5.7.14 Tootmismooduli elektrikvaliteedi analüüs ja vastavus piirväärtustele;
- 5.7.15 Harmoonikute analüüs vastavalt põhivõrguettevõtja väljastatud impedantskarakteristikutele;
- 5.7.16 Filtrite parameetrite valik, mõju analüüs (juhul, kui kasutatakse harmoonikute summutamiseks filtreid);
- 5.7.17 Võrgusageduslikud liigpinged;
- 5.7.18 Transient- ja ajutised liigpinged;
- 5.7.19 Välguliigpinged;
- 5.7.20 Ferroresonants;
- 5.7.21 Isolatsiooni koordineerimine;
- 5.7.22 Subsünkroonsete võnkeprotsessid, võimalikud vastu meetmed;
- 5.7.23 Pimekäivituse analüüs;
- 5.7.24 Releekaitse ja automaatika toime;
- 5.7.25 Müra uuringud.
- 5.8 Täpne uuringute maht sõltub liituva paigaldise tehnoloogiast ja asukohast elektrisüsteemis ning lepatakse kokku põhivõrguettevõtjaga .
- 5.9 Tulemused tuleb vormistada aruandena, kus on kirjeldatud uuringute lähtekohad, mudelid ning tulemused;
- 5.10 aruandes esitatakse vajalikud viited lisadokumentatsioonile;
- 5.11 tulemused tuleb esitada selgelt ja arusaadavalt;
- 5.12 joonistele ja tabelitele tuleb lisada selgitus;
- 5.13 aruandes esitatakse uuringu tulemuste võrdlus võrgueeskirja, RfG ning kokkulepitud tehniliste nõuetega;
- 5.14 Aruanne esitatakse elektrooniliselt .pdf vormingus koos KSA uuringutes kasutatud mudelitega.

## **6 Mudelite verifitseerimine**

- 6.1 mudelite verifitseerimine eesmärgiks on veenduda mudelite vastavuses reaalsele elektripaigaldisele;
- 6.2 verifitseerimine aluseks on edukalt teostatud elektripaigaldise katsetused, mille tulemusi kasutatakse mudeli vastavuse hindamisel;
- 6.3 verifitseerimise mahu pakub välja klient, näidates missuguste katsetulemuste suhtes verifitseerimist teostatakse;

- 6.4 verifitseerimine maht lepitakse kokku, üldjuhul sisaldab see juhtimisfunktsioonide kontrollimist:
  - 6.4.1 Primaarreguleerimise juhtimine;
  - 6.4.2 Sekundaarreguleerimise juhtimine;
  - 6.4.3 Reaktiivvõimsuse juhtimine;
  - 6.4.4. Pinge juhtimine;
  - 6.4.5 Pinge sätevärtuse astmeline muutmine generaatori tühijooksu talitlusel +/-10% Un;
  - 6.4.6 Pingelohu läbimine;
  - 6.4.7 Erandjuhtudel tehnoloogiapõhised juhtimisfunktsioonid.
- 6.5 Verifitseerimise tulemusel, esitatakse eraldi aruanne, mis sisaldab vähemalt järgmist:
  - 6.5.1 Katsetulemuste ning mudelite simulatsioonide tulemuste võrdlus;
  - 6.5.2 erinevates tarkvarades esitatud mudelite simulatsioonide tulemuste omavaheline võrdlus (samuti agregeeritud ja detailse mudeli tulemuste omavaheline võrdlus);
  - 6.5.3 mudelites teostatud muudatused.
- 6.6 mudelite lõplik dokumentatsioon, milles sisalduvad vähemalt:
  - 6.6.1 lõplikud parameetrid;
  - 6.6.2 Juhtimisfunktsioonide kirjeldus ning mõju mudeli käitumisele;
  - 6.6.3 Mudeli kasutamise juhend, kuidas ja milliseid muudatusi on võimalik simulatsioonide käigus juhtimisfunktsioonides teostada.