

Taivo Paju,
Elering,
kaasautor



Kuidas Eesti energia- süsteemis tagatakse sagedus ja lühisvoolu tekitamine

Siemens Energy alustas veebruaris Eleringi tellimusel Eesti esimese sünkroonkompensaatori projekteerimist ja tänavu suvel algab selle ehitus. Järgnevalt lähemalt sellest, millist rolli täidavad kolm uut sünkroonkompensaatorit pärast seda, kui Eesti energiasüsteem on Venemaa omast lahti ühendatud ning miks otsustas Elering valida tehnoloogia, mida kasutatakse juba pikki aastakümneid.

Sagedus on tervikliku elektrisüsteemi oluline tervisenäitaja, samuti üks olulisemaid elektri kvaliteedinäitajaid. Stabiilne sagedus tähendab, et süsteem on hästi juhitud ja tootmine katab tarbimise vajaduse. Kiired sagedusmuutused toovad kaasa rikkeid ja lühiseid. Kui sagedus langeb Euroopa elektrivõrgu nimisagedusest – 50 hertsist – juba 0,5 herti võrra allapoole, kujutab see automaatrežiimil töötavatele väikestele elektrijaamadele juba tõsist ohtu. See võib kaasa tuua nende rivist väljalangemise ja lõppkokkuvõttes kogu energiasüsteemi kokkukukkumise.

Sageduse hoidmiseks energiasüsteemis on vajalik tootmise ja tarbimise tasakaal mistahes ajamomendil. Kuna tarbimine on sagedustundlik, siis tarbimise kasvu tõttu lisatakse tootmisvõimsusi. Tarbimise kahanedes hakkab sagedus tõusma ja on vaja vähendada tootmist.

Siiski esineb elektrisüsteemis olukordi, kus tootmise või tarbimise muutus on järsk ning sageduse hoidmiseks tuleb teha täiendavaid jõupingutusi. Viimane pool sajandit, mil Eesti elektrisüsteem on ühendatud Venemaa omaga, tagavad BRELL lepingu järgi 50 Hz sageduse Venemaal asuvad kiirusregulaatorid. Ent 2025. aastal, mil Eesti elektrisüsteem eraldatakse Venemaa omast, pole sageduse hoidmine Venemaa abiga enam võimalik.

Balti riikide energiasüsteemid pannakse seoses sellega väga karmilt proovile. Eksami käigus verifitseeritakse ka kolme riigi süsteemioperaatori, sh Eleringi võimekus kindlat sagedust tagada.

Väikest süsteemi mõjutab ka liblika tiivalöö

Eesti iseseisva elektrisüsteemi eripära, et mitte öelda nõrkus, on selle väiksus. Praegu moodustab Eesti energiasüsteem Venemaa hiiglaslikust energiasüsteemist vaid ligikaudu 2 %. Seetõttu mõjutab iga sinne muutus süs-

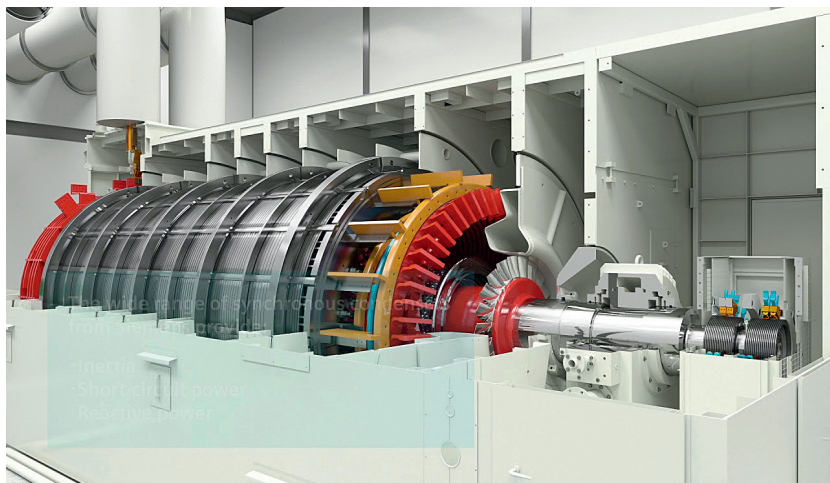
teemi väga vähe, suur süsteem absorbeerib selle lihtsalt ära. Aga väikeses süsteemis kutsub iga muutus esile märgatava reaktsiooni. „Kujutage ette suurel kiirusel sõitvat suurt bussi, mis satub hetkeks vastutuule puhangusse. Enamik sõitjaid ei paneks sellist tuulepuhangut tähelegi. Aga samas jalgrattur tunnetab sellist vastutuult omal nahal vägagi selgelt,“ selgitab Eleringi varahaldusjuht ja juhatuse liige Kalle Kilk.

Väike süsteem on närvilisem, järsk muutus tootmises või tarbimises avaldab hetkega sagedusele mõju. Et sellist olukorda vältida või vähemalt leevendada, tuleb lisada süsteemi inertsit, et sageduse muutus oleks aeglasem ja automatika jõuaks tootmismahu vastavalt olukorrale korrigeerida. Just sel põhjusel on kõik Balti riigid otsustanud süsteemi stabiilsuse nimel paigaldada igasse riiki kolm sünkroonkompensaatorit.

See lahendus ei ole kaugeltki kõige moodsam, see on maailmas laialdaselt kasutusel juba alates 1950. aastatest. See ei ole esmapilgul ka odav lahendus. Aga küsimus on selles, et lisaks inertsit suurendamisele tuleb Balti riikide energiasüsteemides tegeleda ka reaktiivenergia kompenseerimise ja lühisvõimsuse suurendamisega. Nagu näitas Gdanski Tehnikainstituudi uuring, mis vaatlus erinevaid tehnilisi lahendusi, maksumust ja käitlemiskulusid komplekselt, on selliste ülesannete puhul konkreetselt Balti riikide jaoks sobivaim ja soodsaim lahendus sünkroonkompensaator. Kui olnuks vaja tegeleda ainult reaktiivenergia ja lühisvõimusega, oleksid kõne alla tulnud ka kaasaegsemad lahendused.

Sünkroonkompensaator – mis see on?

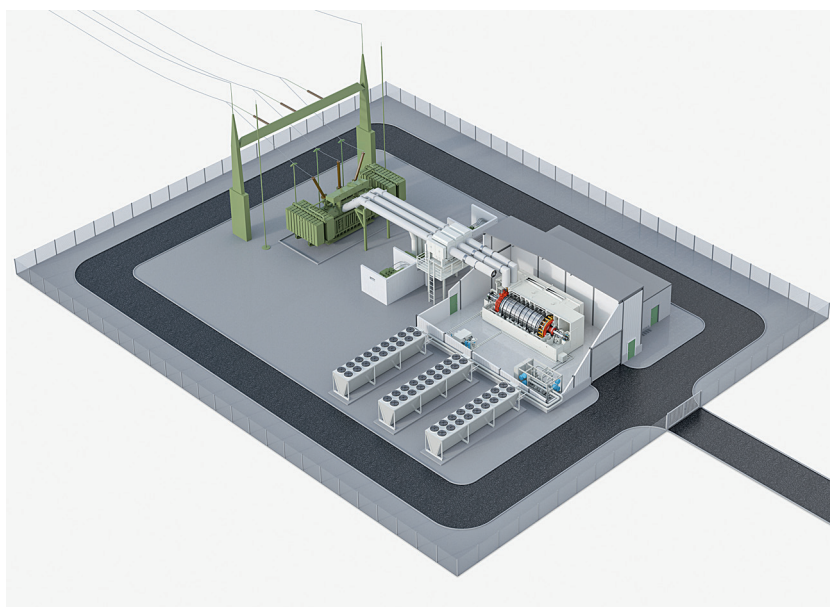
Sünkroonkompensaator on sageduse mõistes seade, mis pidurdab sageduse muutumist, et muudel seadmetel, mis peavad sageduse hoidmise eest hoolt kandma, oleks aega oma korrigeerimiseks teha. Eestisse tulevad sünkroonkompensaatorid on ligikaudu autobussi suurused sünkroonmasinad, mis võivad töötada nii mootorina kui generaatorina. Ajal, mil sünkroonkompensaator võtab süsteemist energiat, toimib see mootorina. Kui pöörlemiskiirus langeb, annab sünkroonkompensaator energiat, toimides generaatorina.



Siemens Energy sünkroonkompensaator

Sümkroonkompensaatorite tehnilised parameetrid on väga erinevad, sõltuvalt sellest, mida tellija vajab, aga iseenesest on tegu tüüptoodanguga. Küll saab Eestisse tulevate sümkroonkompensaatorite erilahenduseks pida hooratust. Hoorattaga sümkroonkompensaatoreid on paigaldatud maailmas suhteliselt vähe ning iga hooratas valmistatakse eritellimusena, sõltuvalt sellest, kui palju tellijal inertsit vaja on.

Sümkroonkompensaatorid ei tööta pidevalt, vaid lülitatakse vajadusel ennetavalt sisse. Peamiselt ongi need mõeldud süsteemi abistama suurte elementide avariide puhul. Näiteks kujutame ette olukorda, et Baltikumi elektrisüsteem töötab muust maailmast eraldi ja korraga lülitub Eestis välja 500 MW võimsusega elektrijaam või lülitub importival režiimil välja 650 MW EstLink 2. See tähendaks, et hetkega kaotaksime väga



Siemens Energy sünkroonkompensaatorijaam. Sümkroonkompensaatorid paigaldatakse kolme Eleringi 330 kV sõlmjaama: Püssi, Kiisa ja Viru alajaama. Hanke võitis Siemens Energy. Viimane kolmest sümkroonkompensaatorist valmib 2024. aasta lõpuks. Foto: Siemens Energy

suure osa Eesti elektribilansis tootmisena käsitletavast võimsusest. Veel enne, kui järgnevate millisekundite jooksul jõuaks muu automaatika sisse lülituda, aitab töös olev sümkroonkompensaator sagedusel laugemalt kukkuda, et muu automaatika saaks reageerida.

„Tänapäeval räägitakse palju ka sünteetilisest inertsist, mida suudavad pakkuda näiteks konverteritel põhinevad tuule- ja päikeseelektrijaamad,“ räägib Kalle Kilk. „Veel enam, põhimõtteliselt on võimalik tehisinertsit genereerida ka EstLink 1 ja Estlink 2 abil. Aga nii konverteritel põhinevate päikese- ja tuulejaamade kui alalisvooluühenduse puhul on tegemist simuleeritud ehk sünteetilise inertsiga.

Alati läheb seda tüüpi seadmeil mõnisaada millisekundit aega, et aru saada, et nüüd on tõesti probleem – sagedus kukub.“

Teisisõnu, sünteetiline inerts astub mängu alles teatud aja möödudes. Ent sümkroonkompensaatori inerts toimib silmapilkselt, kui süsteem tahab hakata aeglustuma. Selsamal millisekundil hakkab sümkroonkompensaator esimest kilovatti saatma süsteemi, et hoida seda stabiilsena. Selline mehhanism on seda vajalikum, mida ettearvamatumaks Eesti energiasüsteemi areng muutub, ehk teisisõnu, mida rohkem konverteritehnoloogiat kasutavaid suuri ja väikseid tootjaid Eesti eri paigus energiasüsteemi juurde tuleb.

Tõsi, tuleb arvestada, et sümkroonkompensaatori käivitamiseks kulub 15 minutit. See tundub esmapilgul probleemina, kuid tegelikult seda ei ole. Süsteemi loogika on selles, et dispetšeril on igal ajahetkel teada inertsit kogus, mis on süsteemi käiguhoidmiseks vajalik. Kui näiteks konventsionaalset energiatootmist on rohkesti (näiteks on töös Narva põlevkivijaamad), toodavad sealsed klassikalised generaatorid ise süsteemi piisavalt inertsit ning sümkroonkompensaatoreid pole vaja käima panna. Aga kui elektri hind on börsil madal, mistõttu Narva jaamad seisavad ja inertsit pole süsteemis piisavalt, siis juba päev varem teab dispetšer, et õigel hetkel tuleb käivitada kas üks, kaks või kolm sümkroonkompensaatorit. Selline inertsivajaduse prognoosimise võimekus on Eleringis juba praegu loodud.

Omaette keeruline ülesanne on sümkroonkompensaatori liitmine Eleringi võrgujuhtimise süsteemidega. Sünkroniseerimise projektijuht Arno Raadom tõdeb, et kõige rohkem peavad Eleringi spetsialistid Siemens Energy inseneridega tehnilisi koosolekuid just IT- ja releekaitse teemadel. „Küsimusi on palju: kuidas suhtleb jaam Eleringi juhtimiskeskusega,

kuidas on see kohapealt juhitav, millised andmed kuhu jooksevad, kuidas on tagatud, et kõik selle jaama osad on omavahel kaitstud võrgus toimuva ebanormaalsete nähtuste korral.“

Ent ta lisab, et samas ei ole siin ka midagi täiesti uut, sest releekaitse ja IT-teemadega tegelemisel on Eleringil varasemad kogemused EstLinki alalisvooluühenduste ja Kiisa avariireservelektrijaamadega. Lahendus tuleb suhteliselt sarnane, lisaks on töövõtja sama, kes omal ajal ka EstLink 2-e konverterijaamad ehitas.

Miks just Püssi, Kiisa ja Viru?

Kui algselt plaanis Elering ka võimalust sageduse tagamise (inerti) teenust sisse osta, siis töö käigus jõuti ettevõttes veendumusele, et energiajulgeoleku seisukohalt nii kriitilist teenust ei saa turu hooleks jätta.

Sünkroonkompensaatorid paigaldatakse kolme Eleringi 330 kV sõlmjaama: Püssi, Kiisa ja Viru alajaamadesse. Eleringi energiasüsteemi planeerimise talituse juhataja Oleg Tšernobrovkini sõnul on need parimad asukohad, mida optimeerimisarvutus andis. Lähteülesandesse sisestati kolm kriteeriumit:

1. Inerti tagamine – mõjutab sagedust kogu süsteemis (asukoht pole tähtis)
2. Pinge reguleerimine ja lühisvõimsuse tagamine (peab asuma tarbija lähedal)
3. Maksumus – maksimaalselt tuleb ära kasutada olemasolevat taristut

Analüüsi vastus oli Püssi, Kiisa ja Viru.

Püssi sõlmjaam valiti sel põhjusel, et see asub Eesti-Soome vahelise EstLink 2 Eesti-poolse alguspunkti lähedal. „EstLink 2 alalisvooluühenduse konverter töötab türistoride baasil. Et seade toimiks, on vaja võrgu konkreetset punktis tagada lühisvõimsus. Kui seda ei ole piisavalt, ei teki enam alalisvoolust vahelduvvoolu, tekib hoopis lühis, sest kõik faasid saavad omavahel kokkupuutesse,“ ütles Oleg Tšernobrovkin. „Sünkroonkompensaatorit ei saa me EstLink 2-st kaugele paigutada, muidu läheb osa kasulikust lühisvõimsusest kaotsi.“

Viru alajaama valikul mängisid rolli selle läheduses asuvad Narva põlevkivijaamad, mis ühel hetkel sulguvad. Seetõttu on vaja sellesse piirkonda täiendavat pingereguleerimistuge.

Kiisal aga asuvad kaks Eleringi avariireservelektrijaama. Kui kunagi peaks teoks saama kõige mustem võimalik stsenaarium, kus kogu riigi energiasüsteem kukub kokku ning Eesti mattub pimedusse, siis just Kiisa avariireservelektrijaamade ja sünkroonkompensaatori abil hakatakse Eesti elektrivõrku uuesti samm-sammult taaskäivitama.

Kompensaatorid on rivis 3 aasta pärast

Elering defineeris muuhulgas nõuded ka sünkroonkompensaatori töökindlusele:

1. Käivitamise aeg: mitte pikem kui 15 minutit
2. Käivitumiste töökindlus: 95 %
3. Üldine saadavus: 99 %

Ehk teisisõnu: kui operaator on nupule vajutanud, siis 95 korral 100st peab sünkroonkompensaator käivituma ning 15 minuti järel olema võimeline sagedust toetama. Ning rikete likvideerimisele ja hooldusele (laagrite vahetus, jahutussüsteemi hooldus jm) ei tohi kuluda rohkem kui 1 % ajast ehk mitte rohkem kui umbes 3,5 ööpäeva aastas.

Elering on seoses Eestit ja Soomet ühendava Balticconnector'i gaasitrassi rajamisega harjunud suurte rahvusvaheliste hangete korraldamisega. Siiski kaasati TalTechi elektroenergeetika ja mehhatroonika instituudi spetsialistid ning tutvuti kohapeal Taani süsteemioperaatori Energineti kogemusega, kes mõne aja eest kaks sünkroonkompensaatorit hankis.

Eleringi hanke ettevalmistusele kulus 7 kuud, järgnes 5 kuud hankeprotsessi. Protsessi keerukust näitab ka see, et ettevalmistamise ja hanke käigus sai Elering üle 900 täpsustava küsimuse. Teadaolevalt on maailmas kolm suuremat sünkroonkompensaatorite tootjat ning oktoobris 2020 laekus ka kõigilt neilt pakkumus. Hanke maksumust hinnati kolmes osas – lisaks ehitusmaksumusele võeti arvesse ka hoolduskuludid kaheksa aasta vältel ja opereerimiskuludid seadmete kogu eluea jooksul.

Hanke võitis Siemens Energy, kelle pakkumus oli odavam – 83,5 miljonit eurot. Kalleim pakkumus ületas seda numbrit rohkem kui kaks korda. 16. detsembril sõlmiti Siemens Energy-ga Kiisa, Viru ja Püssi sünkroonkompensaatorite ehitamise „võtmed kätte“ lepingud.

Püssi projekteerimistööd algasid tänavu 1. veebruaril, ehitus algab 1. juunil. Kiisa sünkroonkompensaatori projekteerimine algab 1. jaanuaril 2022 ning Viru 1. juunil 2022. Ehitustööd kestavad 12–14 kuud, peale mida algab umbes pooleaastane testperiood koos kuuajase katsekäiduga. Viimane kolmest sünkroonkompensaatorist valmib 2024. aasta lõpuks.

Eleringi juhatuse esimees Taavi Veskimägi peab sünkroonkompensaatoreid esmaseks tehniliseks võimekuseks Eleringi dispetšerite käe all, tagamaks töö peale Venemaast eraldumist. „Ilma nende seadmete pakutava inertsita oleks oht elektrisüsteemi ootamatuks kustumiseks ja tarbijate elektritoiteta jätmiseks väga suur. Tegemist on ülitahtsa investeeringuga elektrisüsteemi „esimese kaitsevalli“ loomisel,“ ütleb Veskimägi.

Sünkroonkompensaatorite tehnilised näitajad:

Inerts 1750 MWs

Lühisvõimsus 900 MVA

Reaktiivvõimsuse kompenseerimine +50 Mvar/
-50 Mvar

Käivitusae 15 minutit.