



SAVONIA

■ OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIKAN JA LIIKENTEEN ALA

PIENVESIVOIMALAN SÄHKÖJÄRJESTELMÄN UUSIMINEN

TEKIJÄ: Jarkko Holopainen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma Sähkötekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä Jarkko Holopainen			
Työn nimi Pienvesivoimalan sähköjärjestelmän uusiminen			
Päiväys	6.5.2014	Sivumäärä/Liitteet	33/3
Ohjaaja lehtori Jari Ijäs			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani Pitkälkosken Myllyn omistaja, Seppo Pietikäinen			
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyö liittyy Kiuruvedellä sijaitsevan Pitkälkosken pienvesivoimalan saneeraukseen. Tavoitteena oli suunnitella vanha sähköpääkeskus vastaamaan uuden pientuotannon vaatimuksia.</p> <p>Voimalaitokseen liitettiin kaksi uutta potkuri-putkiturbiinia tuottamaan sähköä saarekekäyttöön ja yleiseen jakeluverkkoon. Tähän kuului uusien turbiinien liityntä keskukseen huomioiden saareke- ja verkkokäyttö, mitoitus tarkastus ja uusien suojauksien ja ohjausten suunnittelu. Lisäksi työssä tutkittiin pienvesivoimalaitostekniikkaa, uutta taajuusmuuttajakäyttöistä sähköntuotantojärjestelmää ja vanhan laitosautomaation päivitystarvetta.</p> <p>Saneerauksen tuloksena saatiin suunniteltua sähköpääkeskuksen muokkaus sekä esivalmisteltua laitosautomaation päivitys ja turbiinien ajojärjestys.</p>			
Avainsanat pienvesivoima, pientuotanto, turbiini, generaattori			
julkinen			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Electrical Engineering			
Author Mr Jarkko Holopainen			
Title of Thesis Renewal of the Electrical System of a Small Hydro Power Plant			
Date	6 May, 2014	Pages/Appendices	33/3
Supervisor Mr Jari Ijäs, Senior Lecturer			
Client Organisation /Partner Owner of Pitkääkoski Mill, Mr Seppo Pietikäinen			
<p>Abstract</p> <p>The topic of this final year project was the renewal of the small hydro power plant Pitkääkoski at Kiuruvesi. The aim was to make a plan to make the old main distribution board to meet the new requirements of small-scale electricity generation.</p> <p>Two new propel tube turbines were assembled to produce power to the isolated operation and the distribution network in the power plant. This included connecting the new turbines to the main distribution, taking into account the connection isolate and network usage, rating inspection and inspection of electric shielding and planning of the control system. The small hydro power plant technology, modern frequency converter operated power generation system and the need of upgrading the old power station automation were studied as well.</p> <p>The result of this renewal was a plan for changing the main distribution board and prepare updates for the power station automation as well as the running order of the turbines.</p>			
Keywords small hydro power, small-scale electricity generation, turbine, generator			
public			

ESIPUHE

Opinnäytetyö on tehty Pitkälkosken pienvesivoimalaitoksen omistajalle Seppo Pietikäiselle. Kiitos Seppo Pietikäiselle jatkuvasta yhteistyöstä Savonia-ammattikorkeakoulun opiskelijoiden kanssa niin aikaisemmilta kuin tulevilta vuosilta.

Haluan erityisesti kiittää työn avustamisesta laboratorioinsinööriä Risto Rissasta ja alun ohjauksesta Henrik Sikasta. Lopuksi haluan kiittää työni ohjaajaa lehtori Jari Ijästä työni kärsivällisestä ohjauksesta ja tarkastuksesta.

Vedessä on valoa.

Kuopiossa 6.5.2014

Jarkko Holopainen

SISÄLTÖ

1. JOHDANTO	7
2. PIENVESIVOIMA.....	8
2.1. Vesivoima yleisesti	8
2.2. Pienvesivoima Suomessa.....	9
2.3. Vesivoiman yhteiskunnalliset arvot	9
3. PIENVESIVOIMALAITOKSIEN TURBIINIT	10
3.1. Turbiinityypit	10
3.2. Francis-turbiini	10
3.3. Putkiturbiinit.....	11
3.4. Pelton-turbiini	11
4. PIENVESIVOIMALAITOKSIEN GENERAATTORIT	13
4.1. Generaattorit	13
4.2. Tahtigeneraattori	13
4.3. Epätahtigeneraattori	13
4.4. Kestomagneettigeneraattori.....	14
5. MÄÄRÄYKSIÄ PIENVOIMATUOTANNOLLE	15
5.1. Pienvoimatuotanto	15
5.2. Yleiset vaatimukset.....	15
5.3. Tärkeimmät vaatimukset vikasuojaukselle	16
5.4. Muut ohjeet.....	16
6. PITKÄKOSKEN PIENVESIVOIMALAITOS	18
6.1. Pitkähkosken voimalaitoksen historia.....	18
6.2. Pitkähkosken putkiturbiinit	19
6.3. Pitkähkosken juoksutus.....	19
7. PITKÄKOSKEN SÄHKÖJÄRJESTELMÄ	20
7.1. Hajautettu tuotanto.....	20
7.2. Uusien turbiinien sähköntuotantokeskus	21
7.3. Uusien turbiinien ohjaus.....	22
7.4. Sähköpääkeskus.....	22
7.4.1. Suunnittelun toteutus	22
7.4.2. Verkon mitoituksen tarkistus	23

7.4.3. Voimalan liittyminen verkkoon.....	25
7.4.4. Erotus- ja kytkentälaitteet.....	26
7.4.5. Kiskosto ja kaapelointi.....	27
7.5. Voimalaitosautomaatio.....	27
7.6. Energiamittari.....	28
8. YHTEENVETO.....	29

LÄHTEET

LIITTEET

LIITE 1. Sähköpääkeskus layout

LIITE 2. Sähköpääkeskus pääkaavio

LIITE 3. Tuotannon hajaantuminen

1. JOHDANTO

Hyödyntämällä veden luonnollista kiertokulkua saadaan alati uusiutuvaa energiaa, joka vesivoiman avulla pystytään ottamaan talteen ja hyödyntämään ihmisten käyttöön sähkönä. Pienvesivoima on vesivoimatuotannon vähäinen sektori, mutta sillä on suurin kehitysmahdollisuus.

EU:n asettamat tavoitteet kasvihuonekaasupäästöjen rajoittamiseksi kannustavat käyttämään uusiutuvia energialähteitä ja hajauttamaan energiatuotannon pienvoimaloihin. Hajautetun energiatuotannon tekniikan kehitys on antanut pientuotannolle jalansijaa sähkömarkkinoilla.

Kiuruvedellä olevan Pitkäkosken voimalaitoksen vanha Francis-turbiinikäyttöinen tahtigeneraattori rikkoontui ja omistaja päätti investoida uusiin potkuri-putkiturbiineihin, jotka liittyivät epätahtigeneraattoreihin. Voimalaitokseen liitettiin uutta teknologiaa edustava sähköntuotantojärjestelmä, joka mahdollistaa hajautetun energiantuotannon sähköverkkoon ja erilliseen itsenäiseen saarekeverkkoon.

Tämän työn tarkoituksena on suunnitella voimalaitoksen sähköjärjestelmän uusiminen sähköpääkeskuksen osalta sekä laitosautomaation päivitys vastaamaan uutta pientuotantoa. Tässä työssä perehdytään myös pienvesivoimalaitostekniikkaan.

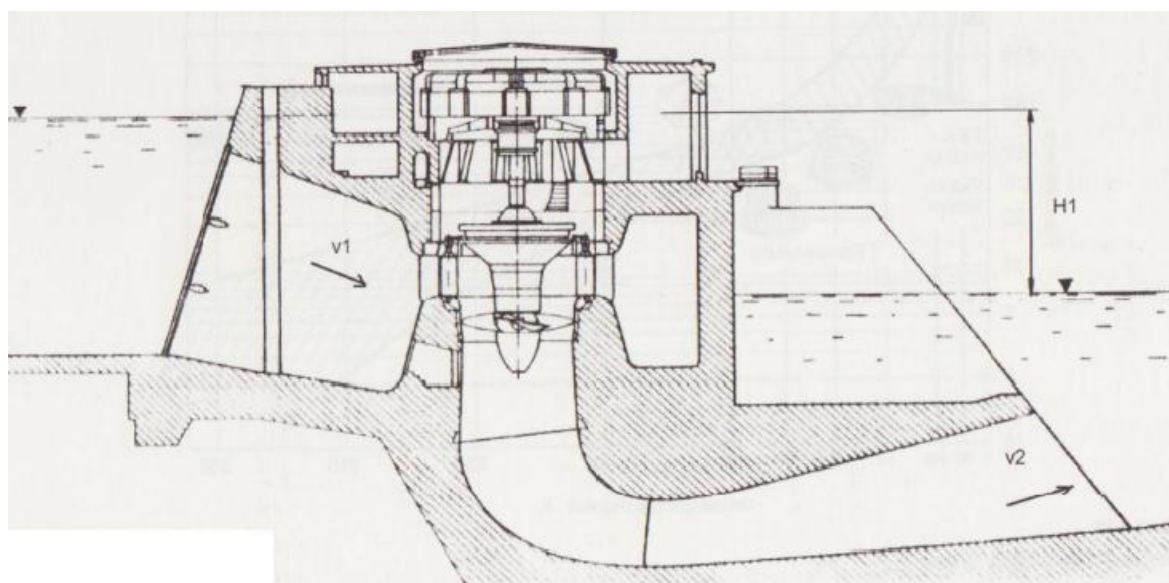
2. PIENVESIVOIMA

2.1. Vesivoima yleisesti

Uusiutuvista energialähteistä vesivoima on suurin sähköntuotantomuoto Suomessa. EU:n kiristyvien ilmasto- ja päästötavoitteiden takia kiinnostus vesivoimaan on lisääntynyt viime vuosina. Tässä systä vesivoiman mahdollisuuksia on laajalti tutkittu Suomessa.

Vesivoimalan toiminta perustuu voimalan ylä- ja ala-altaan väliseen korkeuseroon. Vesiputous voi olla luonnollinen tai patojen ja vesiteiden avulla useista koskijaksoista yhdistetty. Putoukset vaihtelevat paljon laitoksen tehon mukaan. (Motiva Oy 2012.)

Vesivoimalaitoksen putouksessa virtaavan veden liike-energia otetaan talteen, kun vesi virtaa alaskulkiessaan turbiinien läpi. Liike-energia muutetaan sähköksi generaattoreissa ja johdetaan edelleen muuntajan kautta sähköverkkoon kuluttajien käytettäväksi. Kuvio 1 edustaa perinteistä Kaplan-turbiinilla varustettua vesivoimalaitosta. (Motiva Oy 2012.)



KUVIO 1. Vesivoimalaitoksen periaate (Huhtinen 2008.)

EU:n käyttämän määrittelyn mukaan kaikki vesivoimalaitokset, joiden nimellisteho on pienempi kuin 10 MW, kuuluvat pienvesivoimaan ja tästä suuremmat taas kuuluvat suurvesivoimaan. Suomessa ne lajitellaan vielä pienvesivoimalaitosten tuotetun tehon mukaan minivesivoimaan ja pienvesivoimaan. Minivesivoimaan kuuluvat kaikki alle 1 MW:n tehoiset vesivoimalat ja pienvesivoimaan 1 - 10 MW:n suuruiset vesivoimalat. Tämän lisäksi mikrovesivoimaksi kutsutaan alle 100 kW:n laitosta.

Suomen sähköntuotannosta vesivoiman osuus vesitilanteen mukaan on noin 10 - 15 % luokkaa. Vesivoiman energiasta minivesivoiman osuus on noin 1 % ja pienvesivoiman osuus noin 8 %. (Motiva Oy 2012.)

2.2. Pienvesivoima Suomessa

Tyypillinen suomalainen pienvesivoimalaitos on rakennettu jokien koskipaikkoihin, joissa on jo pitkään hyödynnetty virtaavan veden energiaa. Suomessa putoamiskorkeudet ovat alhaisempia ja vesimassoja ei voi varastoida samassa määrin kuin joissakin muissa maissa. (Pienvesivoimalaopas 2009.)

Suomessa on pienvesivoimalaitoksia noin 150, joista noin puolet on yli 50 vuotta vanhoja. Vanhojen laitosten kokonaistuotantoa voi parantaa merkittävästi uudella tekniikalla. On myös monia muita vanhoja laitoksia, joissa veden virtaamaa on hyödynnetty ja hylätty sitten, kun on siirrytty käyttämään muualla tuotettua sähköä. Siirtämällä laitokset energiantuotantoon ja ottamalla talteen patojen ohivirtausenergia saataisiin uusia pienvesivoimaloita.

2.3. Vesivoiman yhteiskunnalliset arvot

Vesivoima ei ole aineen polttamiseen perustuva energiantuotantomuoto, joten se ei tuota haitallisia kasvihuonekaasupäästöjä ja jätteitä energiantuotantoprosessissa. Vesivoima ei ole niin ilmastosta riippuvainen, kuten tuuli- ja aurinkovoimat ovat. Vertailussa muihin energiantuotantomuotoihin vesivoimalla on korkein asema elinkaarianalyysissa. (Pienvesivoimalaopas 2009.)

Vesivoima sopii hyvin säätövoimaksi, sillä vesivoimalaitosten käynnistäminen, sammuttaminen ja säätäminen on nopeampaa kuin monen muun voimalaitoksen. Sähköverkon taajuudensäätö hoidetaankin Suomessa pääasiassa vesivoimalaitoksilla. Vanhat voimalaitokset ovat usein myös osa kulttuurimaisemaa, ja monella paikkakunnalla ne ovat olleet keskeisessä asemassa paikallisen teollisuuden kehityksessä. (Pienvesivoimalaopas 2009; Energiateollisuus ry 2013.)

3. PIENVESIVOIMALAITOKSIEN TURBIINIT

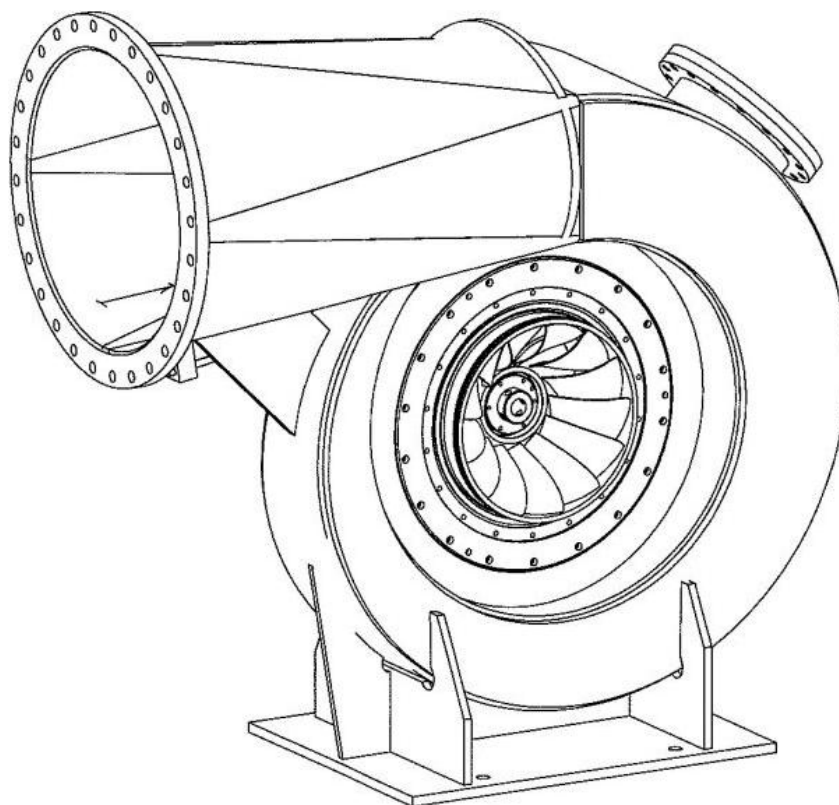
3.1. Turbiinityypit

Vesivoimalaitoksessa muutetaan putouksessa virtaavan veden liike-energia pyörimisliikkeeksi turbiinissa, joka edelleen pyörittää generaattorin akselia tuottaen sähköä (Opas sähkön pientuottajalle 2012).

Vesivoimalaitosten turbiinityyppejä ovat Pelton-turbiinit, Kaplan-turbiinit, Francis-turbiinit, potkuriturbiinit ja putkiturbiinit. Suomessa käytetään yleensä Kaplan-, Francis- ja putkiturbiineja. (Huhtinen 2008.)

3.2. Francis-turbiini

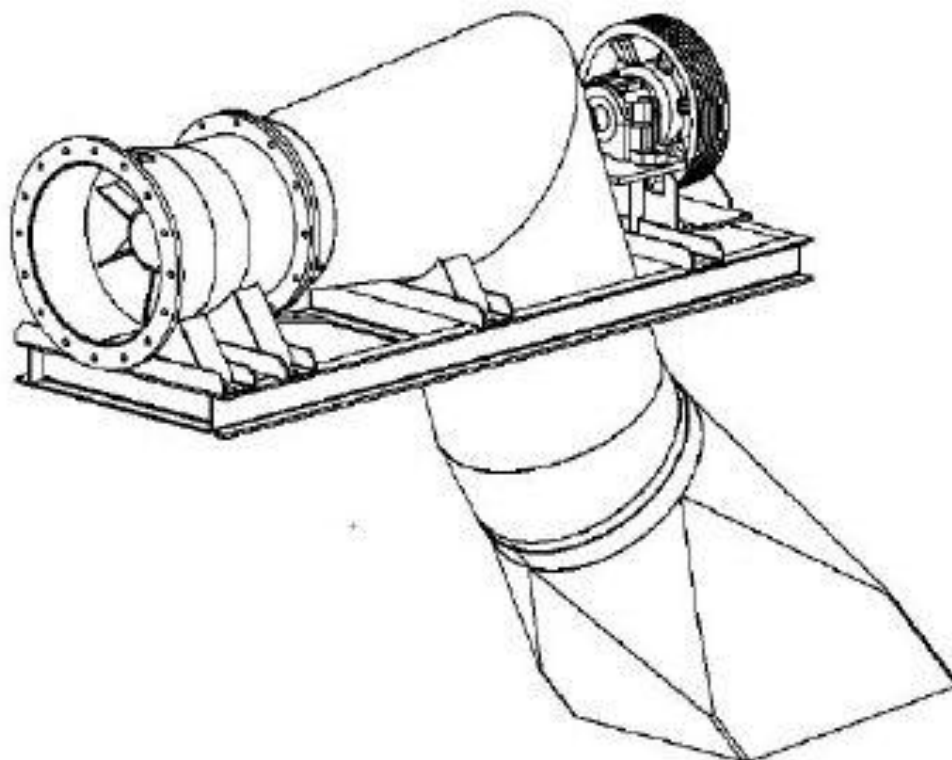
Francis-turbiinit (kuvio 2) ovat radiaalisia ja niissä on kiinteät lavat. Näitä turbiineja voidaan käyttää pienistä putoukskorkeuksista aina 500 metriin saakka. Turbiinin virtaamaa ja tehoa säädetään johtosiipien avulla, joiden tarkoitus on säädellä turbiinin läpi kulkevan veden määrää. Nykyään Francis-turbiineja ei enää käytetä yleisesti, vaan ne on korvattu nykyaikaisemmilla potkuriturbiineilla. (Korpinen 1999.)



KUVIO 2. Francis-turbiini (Orengine International Ltd. 2013.)

3.3. Putkiturbiinit

Voimalaitoksissa, joissa on pieni virtaama ja matala putous, on putkiturbiini (kuvio 3) lähes ainoa koneistotyyppi. Putkiturbiinien juoksupyörä on Kaplan-, potkurityyppinen tai näiden johdannainen. Puoli-Kaplan-turbiineissa on kiinteät johtosiivet ja säädettävät juoksusiivet. Potkuriturbiineissa on säädettävät johtosiivet ja kiinteät juoksusiivet. Kaplan- ja potkuriturbiineja voidaan käyttää pienistä putouskorkeuksista aina 70 metriin asti, ja niillä on hyvä hyötysuhde vielä osatehoillakin. Näin ne ovatkin yleisiä Suomen vesivoimalaitoksia. (Korpinen 1999; Huhtinen 2008.)

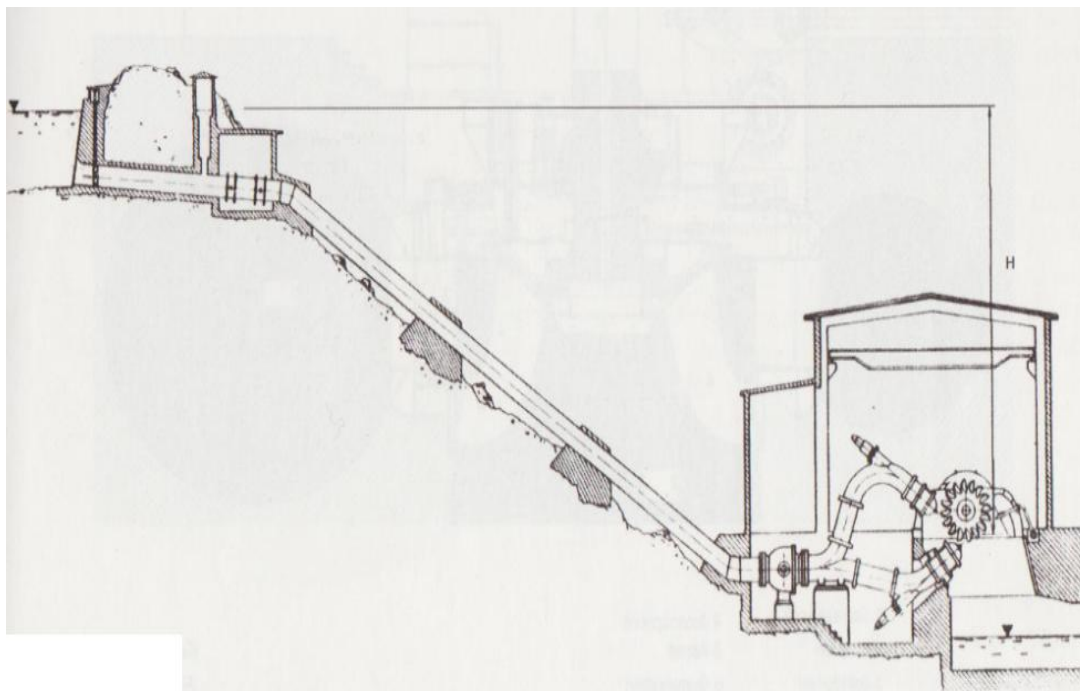


KUVIO 3. Vaaka-akselinen potkuri-putkiturbiini (Saahkarin Kone Ky 2013.)

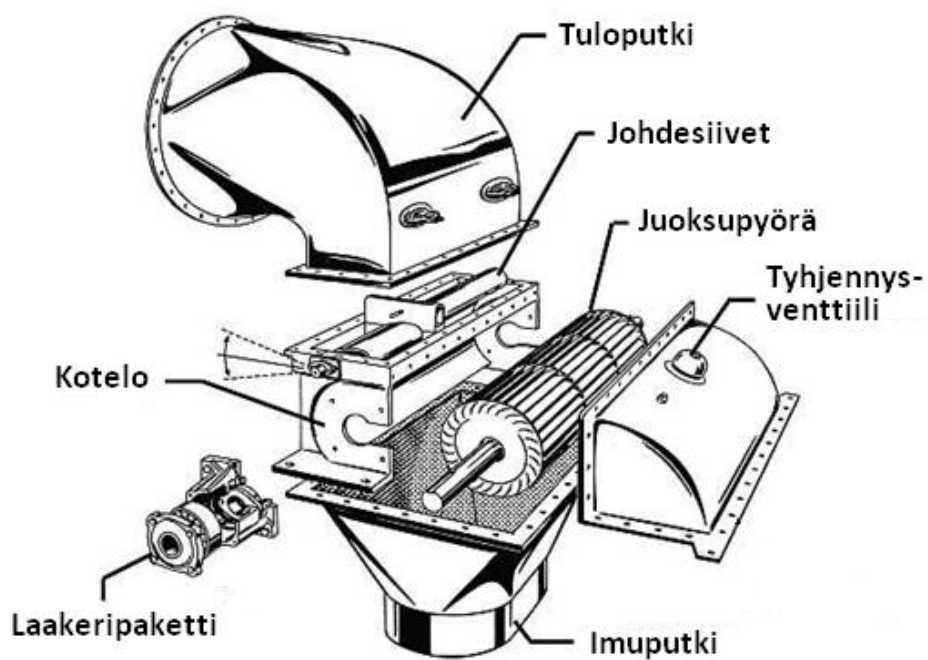
3.4. Pelton-turbiini

Suihkuturbiinilaitoksia käytetään maissa, joissa on erittäin suuria putouskorkeuksia aina 2 000 metriin asti. Näitä laitoksia ei ole käytössä Suomessa, mutta Norjassa, Kanadassa ja Sveitsissä ne ovat yleisiä. Turbiinina käytetään yleensä radiaalista Pelton-turbiinia (kuvio 4), jossa suuttimista tuleva suurinopeuksinen vesisuihku kohdistetaan juoksupyörän kauhoihin. Näissä veden nopeusenergia muuttuu akselia pyörittäväksi momentiksi. (Huhtinen 2008.)

Pienvesivoimaloihin soveltuvia Pelton-turbiinista johdannaisia ovat Crossflow-turbiinit (kuvio 5). Crossflow-turbiinissa veden virtaus ohjataan juoksupyörän tietylle osalle. Tämän osan suuruus voidaan valita siten, että joko 1/3, 2/3 tai 3/3 juoksupyörän pinta-alasta on käytössä. Tällöin saadaan tasaisempi hyötysuhde koko virtaamamäärän alueella. (Kinttula 2008.)



KUVIO 4. Pelton-turbiini (Huhtinen 2008.)



KUVIO 5. Crossflow-turbiini (Kinttula 2008.)

4. PIENVESIVOIMALAITOKSIEN GENERAATTORIT

4.1. Generaattorit

Generaattori on sähkötekkinen kone, jossa turbiiniakseliin kytkettynä mekaaninen energia muunnetaan sähköenergiaksi. (Pienvesivoimalaopas 2009).

Voimalaitoksissa käytetään joko tahtigeneraattoreita tai epätahtigeneraattoreita. Suurin ero näissä on se, että epätahtigeneraattorit tarvitsevat herätevirtaa, joten ne eivät pysty sinällään toimimaan sähköverkon ollessa jännitteetön. Epätahtigeneraattori on myös yksinkertaisempi rakenteeltaan. Tahtigeneraattorit ovat kalliimpia, ja niitä pystytään tarvittaessa käyttämään loistehon kompensointiin. Tahtigeneraattorit vaativat erillisen tahdistuslaitteiston, jotta kytkeytyminen verkkoon on turvallinen. (Kinttula 2008.)

4.2. Tahtigeneraattori

Tahtigeneraattorin rakennetyypit ovat umpi- ja avonapainen generaattori. Umpinapaisia tahtigeneraattoreita käytetään yleensä 2-napaisina 3000 rpm turbogeneraattoreina. Vesivoimaloiden koneistot ovat suurimmissa voimaloissa hitaasti pyöriviä pystyakselikoneita. Vesivoimalaitoksissa tehoihin nähden pienet pyörimisnopeudet (75 ... 500 rpm) ja tehon heilahteluiden vaimentamiseksi tarvittavat suuret hitausmomentit vaativat, että generaattorissa on suuret halkaisijat. Tästä syystä generaattorit ovat akselinsa suunnassa lyhyitä. Nämä generaattorit ovat avo- eli varsinapakoneita. (Aura 1986.)

4.3. Epätahtigeneraattori

Epätahtikoneissa koneen roottori pyörii epätahdissa eli eri nopeudella kuin staattorikämmityksen kehittämä pyörivä magneettikenttä. Generaattorikäytössä roottorin nopeus on kentän nopeutta suurempi. Tällöin sähkömotorisen voiman ja virran suunta roottorissa muuttuu päinvastaiseksi kuin moottorikäytössä ja kone rupeaa syöttämään tehoa verkkoon. Epätahtikoneessa ei ole erillistä magnetointikämmiä, ja se toimii alimagnetoituna generaattorina, joka ottaa magnetoimisvirran verkosta tai rinnalle liitetystä kondensaattoreista. (Aura 1986.)

4.4. Kestomagneettigeneraattori

Kestomagneettitahtikone on eräs tahtikoneen sovellus. Sen oleellinen ero tahtikoneeseen ovat roottorissa olevat kestopagneetit, jotka magnetoivat koneen. Kestomagneettigeneraattorin hyötysuhde on tyypillisesti parempi kuin epätahtigeneraattoreiden, koska niiden roottoreissa ei tapahdu juuri lainkaan häviöitä. Generaattorit voidaan synkronisoida suoraan verkkoon tai käyttää taajuusmuuttajaa.

5. MÄÄRÄYKSIÄ PIENVOIMATUOTANNOLLE

5.1. Pienvoimatuotanto

Sähkön tuottaminen on Suomessa ydinvoimaa lukuun ottamatta kaikille vapaata toimintaa. Lisäksi kaikki voimalaitokset voivat liittyä yleiseen sähköverkkoon ja myydä sähköä avoimilla sähkömarkkinoilla. Tosin voimalaitoksen tulee täyttää viranomaisten ja jakeluverkkohaltijoiden voimalaitoksille asettamat vaatimukset, kuten ympäristövaatimukset ja tekniset vaatimukset. (Opas sähkön pientuottajalle 2012.)

Pienvoimalaitokset jaotellaan käyttötavaltaan kolmeen luokkaan:

- yleisestä jakeluverkosta erillään toimivat voimalaitokset
- yleisen jakeluverkon kanssa rinnan toimivat voimalaitokset, mutta sähkön syöttö verkkoon päin estetty
- yleisen jakeluverkon kanssa rinnan toimivat voimalaitokset, joista tuotanto voidaan siirtää osittain tai kokonaan jakeluverkkoon.

Näissä kaikissa on omat määräyksensä, mutta alla on keskitytty yleisen jakeluverkon kanssa rinnan toimiviin voimalaitoksiin, joista tuotanto voidaan siirtää osittain tai kokonaan jakeluverkkoon.

5.2. Yleiset vaatimukset

Suomen standardisoimisliitto SFS määrittelee *yleiset vaatimukset pienjännitteisille generaattorilaitteistolle standardissa 6000* osassa 5-55 seuraavasti: Magnetointi- ja kommutointitapojen on oltava sopivia generaattorilaitteiston käyttötarkoitukseen. Generaattorilaitteisto ei saa huonontaa muiden teholähteiden turvallisuutta ja oikeaa toimintaa.

Jokaiselle syöttöjärjestelmälle tai niiden yhdistelmälle, jota voidaan käyttää muista syöttöjärjestelmistä tai syöttöjärjestelmien yhdistelmästä riippumatta, on määriteltävä odoteltavissa olevat (prospektiiviset) oikosulku- ja maasulkuvirrat. Sähköasennukseen kuuluvien suojalaitteiden ja mahdollisesti yleiseen jakeluverkkoon liittyvien suojalaitteiden oikosulunkestävyydet eivät saa ylittyä missään syöttöjärjestelmän käyttötavassa.

Jos generaattorilaitteistolla on tarkoitus syöttää sähköasennusta, jota ei ole liitetty yleiseen jakeluverkkoon, tai generaattoria käytetään kytkettävänä vaihtoehtona yleiselle jakeluverkolle, generaattorilaitteiston tehon ja muiden ominaisuuksien on oltava sellaisia, etteivät jännite- ja taajuusvaihtelut vaaranna tai vaurioita laitteita kytkettäessä kuormituksia päälle tai pois päältä. On oltava käytössä laitteet, joilla voidaan generaattorin kuormitettavuuden ylittyessä automaattisesti kytkeä pois tarvittavia sähköasennuksen osia.

Kun valitaan ja käytetään generaattorilaitteistoa, joka on tarkoitettu toimimaan rinnan yleisen jakeluverkon kanssa, on huolehdittava siitä, ettei yleiseen jakeluverkkoon tai muuhun sähköasennukseen aiheudu häiriöitä. Tällaisia häiriöitä voivat olla esimerkiksi jännitteen vaihtelut, verkkojännitteen vääristymät, vaiheiden epäsymmetria sekä käynnistyksen ja tahdistuksen aiheuttamat häiriöt. Jakeluverkon haltijan kanssa on neuvoteltava mahdollisista erityisvaatimuksista.

5.3. Tärkeimmät vaatimukset vikasuojaukselle

SFS 6000 standardissa määritellään myös *lisävaatimuksia sähköasennuksille, joissa generaattorilaitteisto voi toimia rinnan yleisen jakeluverkon kanssa*: Sähköasennuksen vikasuojaus on toteudettava siten, että otetaan huomioon jokainen yksittäinen tehonsyöttö tai syöttöjen yhdistelmä, joita voidaan käyttää riippumatta muista syötöistä tai niiden yhdistelmistä.

Generaattorilaitteisto on varustettava suojalaitteilla, jotka kytkevät laitteiston irti yleisestä verkosta, jos verkkosyöttö katkeaa tai jännite tai taajuus generaattorin liitännänavoissa poikkeaa normaaliverkon ilmoitetuista arvoista.

Suojauksen tyyppi, herkkyys ja toiminta-aika riippuvat yleisen jakeluverkon suojauksesta ja siksi suojat on valittava yhteistyössä jakeluverkon haltijan kanssa.

Jos jakeluverkon jännite ja taajuus poikkeavat vaadittujen suojalaitteiden toiminta-alueesta, generaattorilaitteisto ei saa kytkeytyä yleiseen jakeluverkkoon.

Generaattorilaitteisto on varustettava laitteilla, joilla sen voi erottaa yleisestä jakeluverkosta. Näiden laitteiden on oltava jatkuvasti yleisen jakeluverkon haltijan käytettävissä.

5.4. Muut ohjeet

Pienvoimatuotannolle on saatavissa standardeja laajentavia suosituksia ja ohjeistuksia energiateollisuus ry:n verkkosivuilta <http://www.energia.fi/sahkomarkkinat/sahkoverkko/pientuotanto>. Sivuilta löytyy myös sähköenergialiitto ry:n Senerin *suositukset pienvoimaloiden liittämistä jakeluverkkoon* vuodelta 2001 ja *sähkötuotannon verkkopalveluehdot TVPE11* sekä *sähkötuotannon liittymisehdot TLE11*.

Vuonna 2012 valmistunut Motivan laatima *opas sähkön pientuottajalle* on suunnattu pienimuotoista sähköntuotantoa suunnitteleville antamaan yleiskuvaa määräyksistä ja velvoitteista. Jakeluverkkoyhtiöt antavat myös omat suosituksensa verkkoon liittymisestä.

Standardissa *SFS-EN-50160 Yleisen jakeluverkon jakelujännitteen ominaisuudet* määritellään lisää yleisiä vaatimuksia pienvoimatuotannolle.

6. PITKÄKOSKEN PIENVESIVOIMALAITOS

6.1. Pitkäkosken voimalaitoksen historia

Pitkäkosken mylly (kuva 1) sijaitsee Kiuruveden keskustasta 6 km etelään Pielaveden suuntaan. Mylly on perustettu 1860-luvulla ja voimalaitostuotanto alkoi 1930-luvulla. Myllyn omistaa Seppo Pietikäinen, jolla on asuinkiinteistö sen läheisyydessä. Voimalaitos kuuluu säännöstelyn piiriin toimimalla yläpuoleisen Hautajärven pinnan säännöstelijänä. Putoukorkuutta Pitkäkoskessa on 4,5 m. Voimalaitoksen sähköntuotannosta osa kulutetaan asuinrakennuksessa ja myllyssä ja loput toimitetaan Savon Voiman sähköverkkoon. (Paikallissähkö 2007.)



KUVA 1. Pitkäkosken mylly (valokuva Risto Rissanen.)

Mylly tuotti alun perin sähkönsä Francis-turbiinilla varustetulla 60 kVA:n Strömbergin tahtigeneraattorilla aina vuoteen 2011. 1990-luvulla rinnalle sähköverkkoa syöttämään saneerattiin Waterpumpsin potkuriturbiinilla varustettu 115 kVA:n epätahtigeneraattori, joka liitettiin itsenäiseen Vacon Oyj:n taajuusmuuttajakäyttöiseen sähköjärjestelmään vuonna 2012. (Paikallissähkö 2007.)

Patorakennelma uusittiin vuonna 1995. 2000-luvulla mylly liitettiin osaksi Paikallissähkö-projektia, joka kuului DENSY-tutkimusohjelmaan. Tutkimusohjelman tavoitteena oli kehittää paikallisia pienen teholuokan energiantuotantojärjestelmiä sekä niihin liittyviä palveluja. Tällöin uusittiin sähköpääkeskus ja laitosautomaatio. Saaneerauksien tarkoitus oli pyrkiä integroimaan vesivoimalaitoksen automaatio ja suojaus ohjelmoitavina ominaisuuksina automaatiojärjestelmään. Näistä saneerauksista on tehty kaksi opinnäytetyötä: Teemu Mikanderin *Pienvesivoimalan sähkösaneerauksen suunnittelu* vuonna 2004 ja Henrik Sikasen *Pienvesivoimalan automatisointi* vuonna 2005. Nämä ovat olleet tämän opinnäytetyön pohjana. (Paikallissähkö 2007.)

Alkuperäisen vanhan Francis-turbiinin rikkoonnuttua vuonna 2011 omistaja investoi kahteen uuteen potkuriturbiinilla varustettuun epätahtigeneraattoriin, jotka ovat mitoitus-tehoiltaan 90 kVA ja 30 kVA. Uudet turbiinit valmistaa ja asentaa Saahkarin Kone Ky. Ne liitetään Nocart Oy:n uudenaikaiseen taajuusmuuttajakäyttöön perustuvaan sähköntuotantojärjestelmään.

6.2. Pitkäkosken putkiturbiinit

Waterpumpsin valmistama 115 kVA putkiturbiinikäyttöinen epätahtigeneraattori on asennettu vuonna 1989. Tällä generaattorilla on oma yksittäinen ohjauskeskuksensa, jonka automaatio ohjaa generaattoria sähköverkkoon ja laitteistoa voidaan hallita myös käsin. Epätahtigeneraattorilla on lisäksi omat kompensointiparistot, yhteensä 60 kvar, jotka kytkeytyvät lyhyellä viiveellä päälle generaattorin käynnistyttyä ja nostavat tehokertoimen arvoksi n. 0,95. (Paikallissähkö 2007.)

Uusista Saahkarin Koneen valmistamista 25 kW:n ja 85 kW:n potkuri-putkiturbiineista suurempi on vaaka-akselinen, pienempi on pystyakselinen ja sisältää spiraalin. Molemmat on liitetty hihnavälityksellä epätahtigeneraattoreihin. Turbiiniluukut toimivat hydraulisella nostolaitteella.

Uusien turbiinien kaikki sähkölaitteet on sijoitettu kuivaan tilaan. Vesiteiden sisällä on vain juoksupyörä tukilaakereineen. Sähköisten ja mekaanisten laitteiden kunnonvalvonta ja huolto tapahtuu kuivassa konetilassa vesiteitä avaamatta. Generaattorit on liitetty yhteiseen sähköntuotantokeskukseen, jossa sähköjärjestelmä hoitaa generaattoreiden turvallisen ajon ja tuotetun sähkön jaon saarekkeen ja sähköverkon välille.

6.3. Pitkäkosken juoksutus

Voimalaitoksen toimiessa samalla yläpuoleisen järvenpinnan säännöstelijänä on uusien turbiinien avulla pyritty maksimoimaan voimalaitoksen tehon tuotto välttämällä tarpeetonta ohijuoksutusta patoluukuista. Voimalaitosautomaatio hoitaa liian korkealle kohonneen vedenpinnan juoksuttamalla vettä patoluukuista. Näitä pystytään hallitsemaan myös käsikäytöllä. Säännöstelyn sallima vaihteluväli on 0,7 m.

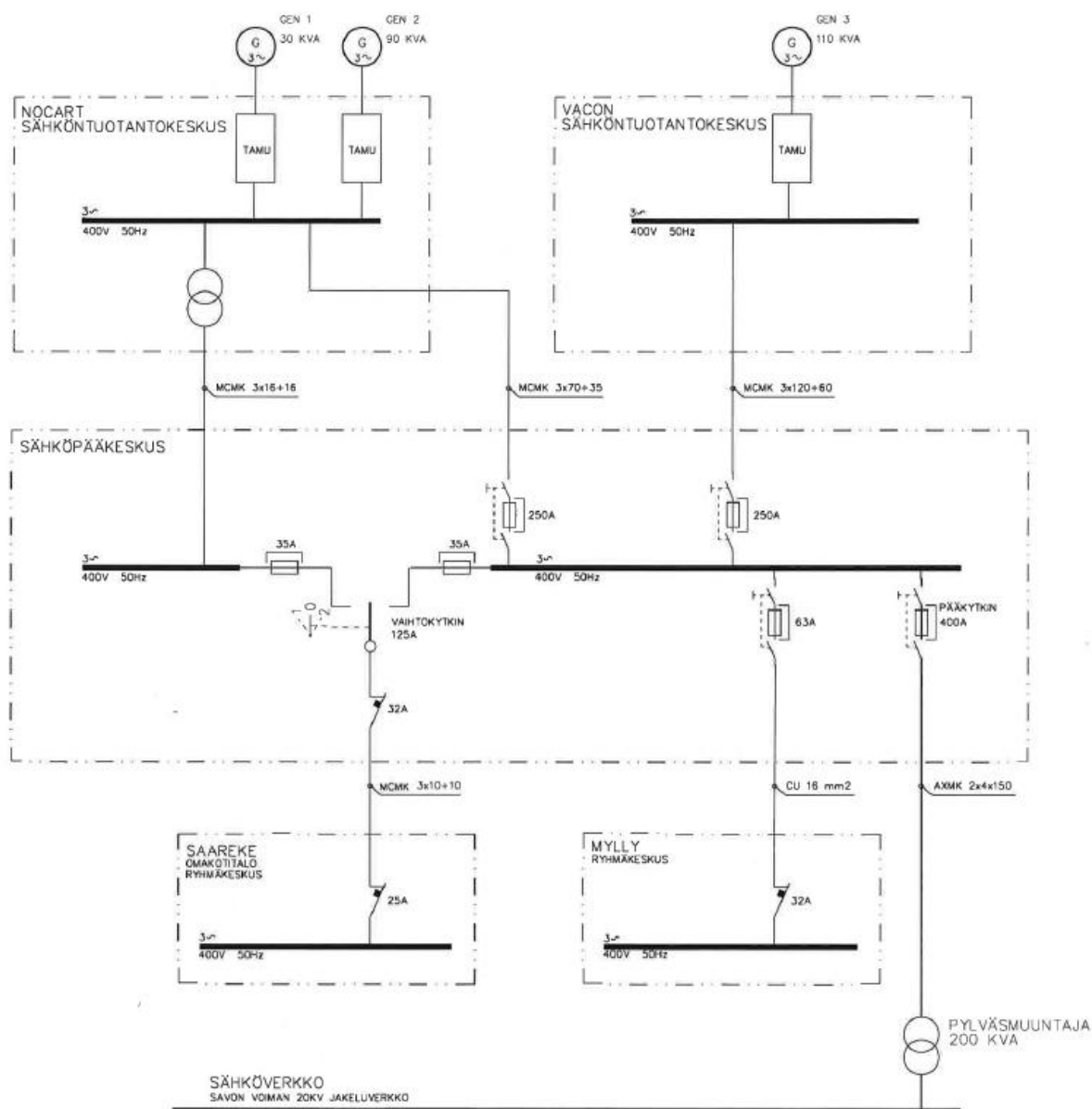
Jatkoprojekteihin kuuluu turbiinien suunnitellun ajojärjestyksen mukainen pinnankorkeuden mukainen ajo. Ajojärjestykseltään tärkein on pienin uusista turbiineista, koska tämä ylläpitää saarekeverkon. Seuraava on suurempi uusista turbiineista. Korkean vedenpinnan aikaan ajetaan myös vanhaa Waterpumpsin putkiturbiinia.

7. PITKÄKOSKEN SÄHKÖJÄRJESTELMÄ

7.1. Hajautettu tuotanto

Saarekekäytössä verkon osa on erillään yleisestä sähköverkosta ja sitä syöttää jokin ulkopuolisesta verkosta erillään oleva laite. Saarekekäytössä täytyy kulutetun ja tuotetun tehon olla yhtä suuria, koska jos ylijäämää ei pystytä syöttämään sähköverkkoon, alkaa taajuus joko kasvaa tai laskea.

Pitkäkosken voimalassa on hajautettu sähköntuotanto saarekkeeseen ja sähköverkkoon (kuvio 6). Saarekkeeseen kuuluu omakotitalo ja varastorakennus, joiden sähkönkulutus vaihtelee kausittain lämmitystarpeen vuoksi. Voimalaitoksen sähköverkko liittyy Savon Voiman 20 kV jakeluverkkoon laitoksen ulkopuolisen muuntajan kautta.



KUVIO 6. Tuotannon hajaantuminen.

Saarekkeen omatarvesähkön ylläpitäjänä toimii uusien turbiinien sähköntuotantojärjestelmä. Talon syöttö voidaan turbiinien huoltotöiden ajaksi tai alhaisen pinnankorkeuden takia (turbiinit pysähdyksissä) vaihtaa yleiseen sähköverkkoon. Pitkälänselän yhteydessä oleva mylly katsottiin olevan tarpeen hajauttaa pois vanhasta saarekeverkosta ja liittää suoraan sähköverkkoon suuren tehonkulutuksen takia. Mylly olisi kuluttanut käynnissä lähes kokonaan saarekkeen sähköntuotantojärjestelmästä saaman tehon.

Mahdollisten sähköverkon sähkökatkosten aikana saareke toimii itsenäisesti omavaraisena. Ainoastaan sähkökatkon sattuessa turbiinien ollessa alas ajettuina sähköntuotantojärjestelmä täytyy herättää aggregaatilla.

7.2. Uusien turbiinien sähköntuotantokeskus

Nocart Oy:n valmistama sähköntuotantojärjestelmä pystyy tehoelektroniikan avulla ottamaan talteen muuttuvakierroksisten epätahtigeneraattoreiden tuottaman tehon ja jakamaan tämän saarekeverkkoon ja sähköverkkoon. Järjestelmä pystyy itsenäisesti skaalaamaan tehontuotannon kulutusta vastaavaksi säätämällä generaattorin momenttia tehonkulutuksen suuruisiksi.

Järjestelmä perustuu taajuusmuuttajakäyttöön. Taajuusmuuttaja kytketään epätahtigeneraattorin ja syötettävän sähköverkon väliin, jossa se pystyy skaalaamaan jännitteen taajuuden ja amplitudin standardien mukaan. Taajuusmuuttajakäytön perusteena on turbiinin vaihteleva nopeus ja epätahtikone generaattorina, jolloin voidaan hienosäätää turbiinin kierroslukua ja parantaa hyötysuhdetta osakuormitusten aikana.

Järjestelmään sisältyy tuotannon osalta kaikki tarpeelliset suojaukset. Suojauksesta vastaa verkonvalvontarele ja taajuusmuuttajiin tehdyt säädöt. Suojaus reagoi jännitteen vaihteluihin, verkkojännitteen vääristymiin, vaiheiden epäsymmetriaan sekä käynnistyksen aiheuttamiin häiriöihin. Kulutuspuolen suojauksia järjestelmä ei sisällä.

Järjestelmä pystyy kommunikoimaan laitosautomaation kanssa käyttäen modbus-liikennöintiä, jotta tarpeelliset käyntipyynnöt ja muut ohjaustiedot välittyvät. Sähköntuotantoa pystyy myös valvomaan etäkäyttönä webin kautta tai paikallisesti ohjauspaneelilta. Webin kautta pystytään seuraamaan esimerkiksi turbiinien kierrosnopeuksia ja tuotettuja tehoja.

7.3. Uusien turbiinien ohjaus

Turbiinien ohjaus perustuu turbiiniluukkujen säätöön. Luukun eli läpän eri asennot määräävät, kuinka suuri vesimäärä virtaa potkuriin. Mitä suurempi on virtaus potkuriin, sitä enemmän turbiini tuottaa tehoa. Virtaukseen vaikuttaa myös veden pinnankorkeus.

Uusien turbiinien ohjauskeskuksen rakennuksen, luukkujen hydrauliiikan ohjauksen ja saarekkeen säädöt toteuttaa Nocart Oy. Käyttäjä pystyy paikalliskäytöllä ohjaamaan generaattorit pyörimään täydelle teholle, minkä jälkeen järjestelmä hoitaa itsensä.

Voimalaitoksen veden juoksutus pyritään kaikki ohjaamaan turbiinien kautta. Ajojärjestykseltään tärkein on 25 kW:n turbiini, koska tämä hoitaa saarekkeen tehotasapainon sähköverkon ollessa alhaalla. Pienen turbiinin ollessa alasajettuna (huollossa) 85 kW:n turbiinilla voidaan korvata saarekeajo.

Sähköntuotantojärjestelmän logiikka ohjaa luukkujen hydrauliiikan ohjausta. Laitosautomaatio voi myös ohjata luukkuja tiedonsiirtoväylän kautta pyytämällä. Tämä on häiriötilanteiden kannalta paras ratkaisu. Järjestelmän pystyy myös ohittamaan paikalliskäytölle, jossa käyttäjä pystyy ohjaamaan luukkuja painonapeilla. (Vähämartti 2013.)

Turbiiniluukkujen avaumalle pitäisi määritellä maksimiavauma, koska generaattoreiden hyötysuhde virtaamaan nähden laskee tietyn rajan ylittyessä. Turbiinien tuottama teho ei kasva enää merkittävästi, joten tällä säästettäisiin vettä muille turbiineille. Saarekekäytössä generaattorin kuormituksen ylittyessä pitäisi pudottaa pois tiettyjä sähköjärjestelmän osia, jotta järjestelmän ei tarvitse sammuttaa tuotantoa.

7.4. Sähköpääkeskus

7.4.1. Suunnittelun toteutus

Vanhan keskuksen muokkauksen suunnittelun lähtökohtana oli toteuttaa suojaus asetettujen vaatimusten ja suojausperiaatteiden mukaan oikein sekä vastaamaan uutta pientuotantoa. Komponenttien valinnassa täytyi ottaa huomioon suojauksen turvallinen selektiivinen toiminta, laitteiden sopivuus ulkomitoiltaan koteloihin ja vanhojen komponenttien uusiokäyttö. Suunnittelussa tuli myös huomioida uusien generaattoreiden saareke- ja verkkokäyttö sekä kolmannen generaattorin liityntä sähköverkkoon saman keskuksen kautta yhdistetyn energiamittauksen takia.

Keskus on koottu Fiboxin muovikoteloista, joissa on metalliset asennuslevyt keskuskomponenttien kiinnitystä varten ja saranoidut kannet. Laajennukset onnistuvat helposti lisäämällä muovikoteloita tai koroikehyksiä. Keskuksesta piirrettiin layout-kuvio (liite 1).

7.4.2. Verkon mitoituksen tarkistus

Suunnittelun toteutus lähti verkon kuormituksen arvioinnilla. Kuormitusta tarkasteltiin, kun kaikki generaattorit tuottavat nimellistehonsa, josta laskettiin virta-arvot kullakin johto-osuudella ja solmupisteissä.

Kuormitukset lasketaan generaattoreiden pätötehosta kaavalla

$$I_K = \frac{P}{\sqrt{3} * U} \quad (1.)$$

jossa I_K on kuormitusvirta (A)
 P on pätöteho (W)
 U on pääjännite (V).

Kuormituksen virta-arvojen selvitysten perusteella pystyttiin valitsemaan ylikuormitussuojat. Ylikuormitussuojan maksimivirta tulee olla kuormitusvirtaa suurempi.

Uuden sähkötuotantojärjestelmän keskukseen liittyvässä kaapeloinnissa tarkasteltiin korjauskertoimia ja tehtiin ratkaisut sen mukaan. Kaapeleiden mitoitus tarkastettiin määrittämällä sen korjattu kuormitettavuus ja suurin sallittu ylivirtasuojaja. Korjauskertoimet on taulukoitu *DI-käsikirjassa*. Korjauskertoimet rakentuvat kaapelin kuormitettavuuteen vaikuttavista tekijöistä, jotka ovat johdinmateriaalit, eristemateriaalit, ympäristön lämpötila, asennustavat sekä muiden virtapiirien läheisyys.

Korjattu kuormitusvirta lasketaan kaavalla

$$I_K = I * (k * k) \quad (2.)$$

jossa I on kuormitusvirta (A)
 k on korjauskerroin.

Korjatusta kuormitusvirrasta pystyi määrittelemään sopivan ylivirtasuojan ja kaapelin poikkipinta-alat.

Kiskosto täytyi mitoittaa uudelleen ottaen huomioon eri kytkentätilanteet ja syöttösuunnat sekä niissä syntyvät, erisuuruiset vikavirrat. Kiskoston poikkipinta-alat määritettiin kuormitusvirtojen perusteella.

Generaattoreiden vikasuojaus on toteutettu uudessa sähköjärjestelmässä, joten vikasuojauksen toteutus täytyi tehdä vain kulutuspuolelle. Valittaessa uusia ylikuormitussuojia tarkasteltiin syötön nopeaa poiskytketymistä turvallisen toiminnan takaamiseksi. Syötön nopean poiskytketymisen toteutumisen tarkastamiseen täytyy laskea verkon impedanssit sekä 1-vaiheiset oikosulkuvirrat ja verrata niitä suojalaitteiden toimintarajavirtoihin.

1-vaiheinen oikosulkuvirta lasketaan kaavalla

$$I_{k1} = \frac{c * U}{\sqrt{3} * Z} \quad (3.)$$

jossa c on jännitekerroin
 U on pääjännite (V)
 Z on oikosulkuimpedanssi, joka koostuu syöttävän verkon ja kaapeleiden impedansseista (Ω).

Syöttävän verkon impedanssi Z_V lasketaan muuntajan nimellisarvojen perusteella kaavalla

$$Z_V = \frac{z_k}{100\%} * \frac{U_n^2}{S_n} \quad (4.)$$

jossa z_k on muuntajan suhteellinen oikosulkuimpedanssi (%)
 U_n on alajännitepuolen nimellisarvo (kV)
 S_n on muuntajan näennäisteho (MVA).

Mikäli johtimien poikkipinta-ala ja johdinmateriaali ovat sama johtimissa, kaapelin impedanssi Z_J lasketaan kaavalla

$$Z_J = 2 * z * l \quad (5.)$$

jossa z on kaapelin ominaisimpedanssi (Ω/km)
 l on kaapelin pituus (km).

Laskennassa saadun 1-vaiheisen oikosulkuvirran täytyy olla suurempi kuin ylikuormitussuojan vaadittu toimintarajavirta. Saarekkeen syöttämä oikosulkuvirta täytyy selvittää erikseen.

Suojalaitteiden katkaisukyvyyn tutkimiseen käytettiin jo ennestään selvitettyjä verkon 3-vaiheisia oikosulkuvirtoja. Vanhojen mittausten oletettiin pitävän paikkaansa, koska uudet generaattorit ovat suuntaajaliitynnäisiä eivätkä ne kasvata oikosulkuvirta arvoja. Verkon suojalaitteiden katkaisukyky tulee riittää katkaisemaan suojauspiirissä esiintyvät suurimmat oikosulkuvirrat.

Seuraavaksi tarkasteltiin suojalaitteiden selektiivisyyksiä, tällä varmistetaan suojalaitteiden toiminta vain niille määritellyillä suoja-alueilla ylikuormitus- tai oikosulkutilanteissa. Täydellisen selektiivisyyden saavuttaminen oli mahdotonta saarekkeessa syntyvien pienten oikosulkuvirtojen takia. Tarkastelussa käytettiin valmistajien selektiivisyystaulukoita.

Lopuksi tarkasteltiin jännitteenalenemat uusien sähkölaitteistojen osalta. Pienjänniteverkon liittymiskohdan ja sähkölaitteen välinen suhteellinen jännitteenalenema ei saa olla suurempi kuin 4 % sähkölaitteiston nimellisjännitteestä.

Kolmivaiheisella vaihtojännitteellä jännitteenalenema lasketaan kaavalla

$$\Delta U = I * l * \sqrt{3} * (r \cos \varphi \pm x \sin \varphi) \quad (6.)$$

jossa I on kuormitusvirta (A)
 l on kaapelin pituus (km)
 r on kaapelin ominaisresistanssi (Ω/km)
 x on kaapelin ominaisreaktanssi (Ω/km)
 φ on jännitteen ja virran välinen vaihekulma.

Kaavassa induktiivisellä kuormalla käytetään plus-merkkiä ja kapasitiivisella kuormalla miinus-merkkiä.

Suhteellinen jännitteenalenema lasketaan kaavalla

$$\Delta u = \frac{\Delta U}{U_n} * 100\% \quad (7.)$$

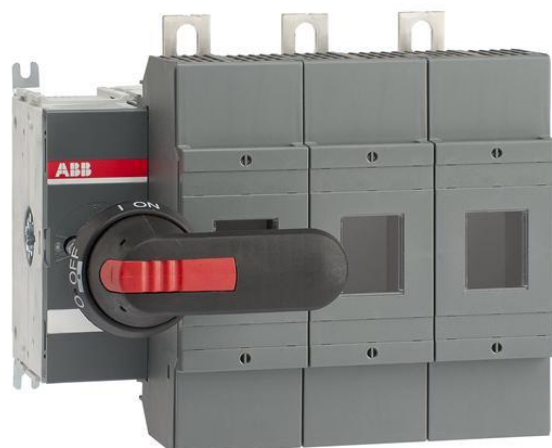
jossa U_n on nimellisjännite (V).

7.4.3. Voimalan liittyminen verkkoon

Voimalaitos liittyy 20 kV maaseutuverkkoon 200 kVA muuntajan kautta. Liittymiskaapelina on kaksi rinnakkaista 4x150 Al-tyyppin kaapelia. Sähköasemalta Pitkähörsken voimalaitokselle on matkaa noin 10 km. Asemalta lähtee Pigeon-tyyppin ilmajohto, joka haarautuu voimalaitoksen suuntaan Sparrow-johdoksi. Voimalaitoksella on oma maadoituselektrodi. Keski-jänniteverkon puolella, liittymispistettä seuraavassa pylväässä on muuntajan tähtipistemaadoitus. (Paikallissähkö 2007.)

7.4.4. Erotus- ja kytkentälaitteet

Eri verkon osien turvallinen erotus hoidetaan kytkinvarokkeilla, jotka toimivat oikosulku- ja ylikuormitussuojina. Keskuksen pääkytkin (kuva 3) on varustettu uudella 400 A sulakkeilla, jotka suojaavat verkonsyöttökaapeleita. Sähköverkkoon tuottavat generaattorit liittyvät kiskostoon 250 A katkaisijoiden kautta, joista toinen on uusi ja toinen taas uusiokäyttöön otettu vanha pääkytkin. Talon ja myllyn syötöt on suojattu johdonsuojakatkaisijoilla.



KUVA 2. Kytkinvaroke 400 A (ABB.)

Keskukseen lisättiin 125 A ABB:n käsiohjattava vaihtokytkin (kuva 4), jolla pystytään turvallisesti valitsemaan saareketuotannosta tai yleisestä sähköverkosta sähkönsyöttö talolle. Vaihtokytkimen ohien liitettiin 40 A kahvasulakkeet.



KUVA 3. Vaihtokytkin 125 A (ABB.)

7.4.5. Kiskosto ja kaapelointi

Keskuksen kiskosto täytyi mitoittaa vastaamaan kuormitusvirtoja ja muokata uudelleen uusien komponenttien takia. Pääkiskosto, jossa suurimmat kuormitusvirrat kulkevat, on toteutettu 120 mm² kuparijohtimilla ja loput 70 mm² kuparijohtimilla.

Uudesta sähköntuotantokeskuksesta täytyi kaapeloida liittynät keskukseseen. Keskuksen ja sähköverkkoon syöttävän muuntajan välillä on kaapelina AXMK 2x(4x150) mm². 115 kVA:n epätahtigeneraattori syöttää keskusta kaapelilla MCMK 3x120+60 mm². Uusien turbiinien sähköntuotantokeskus liittyy saarekeverkkoon (30 kVA) kaapelilla MCMK 3x16+16 mm² ja sähköverkkoon (90 kVA) menevältä osalta kaapelilla MCMK 3x70+35 mm².

7.5. Voimalaitosautomaatio

Automaatio rakentuu Telemecaniquen Modiconin Premium –logiikan varaan. Tämä on laaja teollisuuteen tarkoitettu modulaarinen logiikka. Premium-logiikka koostuu 12-paikkaisesta korttipohjasta, joka jakaantuu virtalähteelle, CPU:lle sekä digitaalisille että analogisille tulo- ja lähtökorteille. Logiikalla hallittiin ennen pääasiassa vanhaa tahtigeneraattoria ohjaavia mitta- ja ohjauslaitteita sekä verkkoonliittymislaitteistoa. Suurin osa tästä automaatiosta oli ohjelmallisesti rakennettua dataa, joiden ohjeiden mukaan logiikka ohjasi prosessia. (Paikallissähkö 2007.)

Premium-logiikkaa voidaan ohjelmoida Telemecaniquen PL7-ohjelmistolla. Voimalaitoksen ohjelmoinnissa on käytetty Ladder-ohjelmointikieltä, joka soveltuu pieniin ja suppeisiin ohjelmakoodirakenteisiin. (Paikallissähkö 2007.)

Voimalaitoksen valvomo on toteutettu reaaliaikaisella Vijeo Look-valvomo-ohjelmistolla, joka sopii yhden käyttöliittymän valvomotarpeisiin. Se on pieniin ja keskisuuriin valvomoihin tarkoitettu graafinen valvomo-ohjelmisto, jota voidaan käyttää mm. datan lukemiseen ohjelmoitavalta logiikalta ja luetun datan visualisointiin, prosessin valvomiseen ja ohjaukseen sekä ohjelmoitavalta logiikalta luetun tai valvomon sisäisen datan tallentamiseen tietokantaan ja prosessin hälytysten käsittelyyn. (Paikallissähkö 2007.)

Voimalaitoksen jatkoprojektien ohjelmaan kuuluu erityisesti vanhan voimalaitosautomaation päivitys vastaamaan nykyistä tuotantoa. Päivitykseen kuuluisi käyttöliittymän uusien osien lisääminen, laitoksen ohjaus pinnankorkeuden mukaan ja osateholla ajaminen käyttäjän toiveiden mukaisesti. Myös käytöstä poistuneen generaattorin tahdistuslaitteisto täytyy poistaa.

7.6. Energiamittari

Voimalaitoksen tuotetun ja kulutetun energian mittaus tapahtuu Enermetin kaksisuuntaisella E700-energiamittarilla. Mittarilla saadaan selville kokonaisenergiasta sekä pätöteho että loisteho molempiin suuntiin. Lisäksi mittarin käyttäjä pystyy lukemaan siitä myös jännitteen, virran, kokonaistehon ja $\cos\phi$ -arvon. (Paikallissähkö 2007.)

Energiamittari on kaukoluettavissa GSM-verkon kautta, joten verkkoyhtiö pystyy etälukemaan mittarista tuntienergiatietoja ja tehotietoja. Mittarista siirretään logiikkaan pätö- ja loistehotietoja pulsseina välireleiden kautta automaation säätöjä ja valvomossa tapahtuvaa esitystä varten. (Paikallissähkö 2007.)

8. YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella vanha sähköpääkeskus vastaamaan uuden pientuotannon vaatimuksia Pitkälkosken pienvesivoimalaitoksessa. Työssä joutui tutkimaan paremman kokonaisuuden hahmottamiseksi laajalti pienvesivoimalaitostekniikkaa.

Uudella vesivoimalaitostekniikalla voidaan parantaa voimalaitoksen hyötysuhdetta merkittävästi. Pienvesivoimalan saaneeraus parantaa kokonaistuotannon lisäksi myös turvallisuutta, kun suojauslaitteisto saadaan päivitettyä vastaamaan tämänhetkisiä standardeja.

Työssä pääsi tutustumaan syvällisemmin Nocart Oy:n sähkötuotantojärjestelmän uuteen tekniikkaan. Järjestelmä pystyy tuottamaan useista rinnakkaisista muuttuvakierroksisesta voimakoneista sähköä sähköverkkoon, rinnalla toimivaan saarekeverkkoon ja/tai varavoimajärjestelmään.

Tämä työ oli kokonaisuutena opettavainen ja haastava. Suunnittelun tukena oli Savonia-ammattikorkeakoulun laaja tuntemus Pitkälkosken voimalaitoksesta. Yhteensattuma oli, että Savonian Paikallissähkö-projektissa juuri toteutettiin ja testattiin laboratio-olosuhteissa verkkoonliittymisratkaisua, jota uusi sähköntuotantojärjestelmä suurelta osin edustaa.

Työn lopputuloksena saatiin suunniteltua sähköpääkeskuksen muokkaus vastaamaan nykyistä pientuotantoa sekä esivalmisteltua laitosautomaation päivitys ja turbiinien ajojärjestys. Työstä tehtiin sähköpiirustukset sähköpääkeskuksesta ja mallinnettiin kuvio tuotannon hajaantumisesta Pitkälkosken voimalaitoksesta.

Voimalaitoksen jatkoprojektiin kuuluu tässä työssä kesken jäänyt vanhan voimalaitosautomaation päivitys vastaamaan nykyistä tuotantoa. Päivitykseen kuuluisi käyttöliittymän uusien osien lisääminen, laitoksen ohjaus pinnankorkeuden mukaan ja osateholla ajaminen käyttäjän toiveiden mukaisesti.

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

AURA, Lauri, TONTERI, Antti 1986. Sähkämiehen käsikirja 2. Porvoo: WSOY.

HUHTINEN, Marko, KORHONEN, Risto, PIMIÄ, Tuomo ja URPALAINEN, Samu 2008. Voimalaitostekniikka. Keuruu: Otava.

SFS 6000. Pienjännitteiset generaattorilaitteistot.

ABB. Yrityksen www-sivu. [verkkosivu]. [viitattu 2013-10-13] Saatavissa: <http://www.abb.fi>

ENERGIATEOLLISUUS RY 2013. Yrityksen www-sivu. [verkkosivu]. [viitattu 2013-5-18] Saatavissa: <http://energia.fi/sahkomarkkinat/sahkoverkko/pientuotanto>

KINTTULA, Matti 2008. Pienvesivoiman elvytys, käyttöönnotto ja kannattavuus. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Diplomityö. [verkkosivu]. [viitattu 2013-8-18] Saatavissa <http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/42863/nbnfi-fe200812042231.pdf?sequence=3>

KORPINEN, Leena 1999. Sähkön kulutus ja tuotanto. [verkkosivu]. [viitattu 2013-6-29] Saatavissa: http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt_opus/2sahkon_kulutus_ja_tuotanto.pdf

MOTIVA Oy 2012. Vesivoima. [verkkosivu]. [viitattu 2013-3-3] Saatavissa: http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/vesivoima

OPAS SÄHKÖN PIENTUOTTAJALLE 2012. Motiva Oy. [verkkosivu]. [viitattu 2013-7-7] Saatavissa: http://www.motiva.fi/julkaisut/uusiutuva_energia/opus_sahkon_pientuottajalle.1027.shtml

ORENGINE INTERNATIONAL LTD. 2013. Yrityksen www-sivu. [verkkosivu]. [viitattu 2013-7-11] Saatavissa: <http://www.orengine.com/en/orengine-international-hydro-turbines-francis.php>

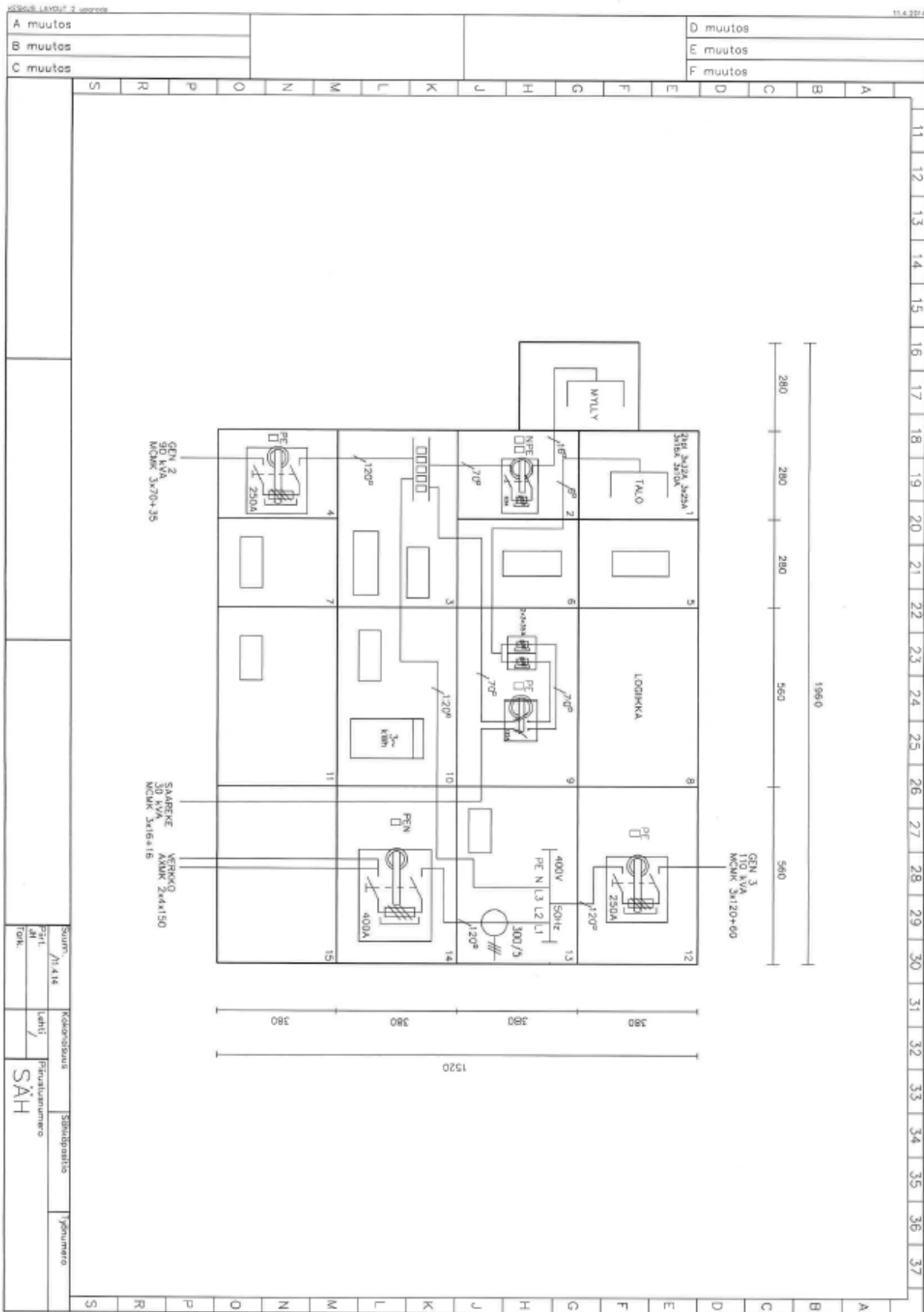
PAIKALLISSÄHKÖ 2007. Tutkimus- ja kehitystyö. [verkkosivu]. [viitattu 2013-11-5]. Saatavissa: <https://portal.savonia.fi/amk/fi/tki-ja-palvelut/julkaisutoiminta/julkaisut-aloittain/tutkimus-ja-kehitystyö/paikallissähkö>

PIENVESIVOIMALAOPAS 2009. Pienvesivoimayhdistys ry & PR Vesisuunnittelu Oy. [verkkosivu]. [viitattu 2013-3-13] Saatavissa: <http://www.pienvesivoimayhdistys.fi/>

SAAHKARIN KONE KY 2013. Yrityksen www-sivu. [verkkosivu]. [viitattu 2013-12-20] Saatavissa: <http://www.pienvesivoima.fi/>

VÄHÄMARTTI, Pasi 2013-2-5. Suunnitteluinsinööri. Nocart Oy. [Sähköpostikeskustelu].

LIITE 1: Sähköpääkeskus layout



LIITE 2: Sähköpääkeskus pääkaavio

A muutos		D muutos																									
B muutos		E muutos																									
C muutos		F muutos																									
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	
A		KESKUS		RYHMÄ		OSOITE		TUNNUS		JOHDOTUS		KVA/kW		A / A		HUOM.											
B		Pölykytkin								AKMK 2x4x150				3x400													
C		Generaattori 3								WOMK 3x120+60		110		3x250													
D		Generaattori 2								WOMK 3x70+35		90		3x250													
E		Mälly								16 mm ²				3x63													
F		Säädin								WOMK 3x16+16		30		2x3x35		Väntökytkin 125 A											
G		Väli								1,5 mm ²				10													
H		Väli								1,5 mm ²				10													
I		Väli								1,5 mm ²				10													
J		Väli								1,5 mm ²				10													
K		Väli								1,5 mm ²				10													
L		Väli								1,5 mm ²				10													
M		Väli								1,5 mm ²				10													
N		Väli								1,5 mm ²				10													
O		Väli								1,5 mm ²				16													
P		Väli								1,5 mm ²				16													
Q		Väli								1,5 mm ²				16													
R		Väli								1,5 mm ²				16													
S		Väli								1,5 mm ²				16													

Suunn. /1414

SÄH

Lent.

1/1

Kokonaissumma

SÄH

Pivutusnumero

SÄH

Säätönumero

SÄH

SÄH

SÄH

SÄH

SÄH

