

Marko Nissinen

Tuulivoimalan etäyhteyksien vertailu

Metropolia Ammattikorkeakoulu

YAMK Insinööri

Automaatioteknologia

21.11.2015

Tekijä(t) Otsikko	Marko Nissinen Tuulivoimalan etäyhteyksien vertailu
Sivumäärä Aika	40 sivua 21.11.2015
Tutkinto	YAMK-insinööri
Koulutusohjelma	Automaatioteknologia
Suuntautumisvaihtoehto	-
Ohjaaja(t)	insinööri Arto Issakainen lehtori Markku Inkinen
<p>Työssä tutkittiin ja testattiin etäkäyttömahdollisuuksia olemassa oleviin tuulivoimaturbiineihin.</p> <p>Ei ole väliä sillä, missä turbiinit sijaitsevat, ne voivat sijaita hyvinkin etäisissä paikoissa, mutta kaikissa eteen tulee kommunikoinnin toimivuus.</p> <p>Lähes kaikki turbiinivalmistajat ja etenkin loppuasiakkaat, ovat hyvin tarkkoja siitä, kuka pääsee heidän sisäverkkoonsa. Verkkoyhteyden muodostamista nopeuttavat lähinnä tuotannon menetykset eli turbiini pysähtyy ja se pitäisi saada nopeasti takaisin tuotantoon.</p> <p>Etäyhteydellä voidaan suorittaa vianhakua, mutta nykyisin on tullut tarvetta esimerkiksi käytöasteen tutkimiseen ja mahdolliseen nostoon liittyviä mittauksia.</p> <p>Tarjolla on useampia mahdollisuuksia etäyhteyden luomiseen. Tässä työssä valittiin ja testattiin todellisessa tilanteessa, PC kytkettynä suoraan käyttöön. Etäyhteys ja sen tuomat edut tulivat selvästi esille muun muassa vian haun nopeudessa ja siitä että saatiin paikallinen huolto-insinööri paikalle oikeiden varaosien kanssa.</p> <p>Testatut etäyhteystavat sopivat yksittäisten turbiinien vianhakuun ja tutkimiseen, mutta jos on tarvetta tutkia suurempia turbiini määriä, niin turbiinit kytkettynä serveriin, ja sen kautta pääsy kaikkiin turbiineihin, on helpoin ratkaisu.</p>	
Avainsanat	Tuuliturbiini, etäyhteys, etäkäyttö, vianhaku

Author(s) Title	Marko Nissinen Comparison of remote access for a wind turbine
Number of Pages Date	40 pages 21 November 2015
Degree	Master's Degree Programme in Civil Engineering
Degree Programme	Automation technology
Specialisation option	-
Instructor(s)	Arto Issakainen, Senior Engineer Markku Inkinen, Senior Lecturer
<p>The purpose of this thesis is to test whether it is possible to create an Ethernet connection to wind turbine(s) which have already been installed.</p> <p>It doesn't matter where the turbine is installed but the functionality of Ethernet communication is an essential part of turbine connected to the grid.</p> <p>Almost all turbine manufactures and specially end customers are very strict about who can use internal network of a wind farm. The best motivator to be able to establish an Ethernet connection to a wind turbine is the possibility of production losses. In normal case the turbine is stopped for a reason and end customer need to know what is the reason for the stop and how fast it can be put back in production.</p> <p>Fault tracing can be made with remote diagnostic tools. Nowadays remote diagnostic tools can also be used to study the utilization rate and how to increase it.</p> <p>There are different possibilities to establish an Ethernet connection to the turbine. In this thesis different ways were studied and two of them were tested. Benefits of remote connection clearly proved how much easier fault tracing and guidance of local service to fix any problems with correct spare parts can be.</p> <p>Tested remote connections are more suitable for a single turbine. If there is need to survey for example a wind park, the best way is to make connection through a local server connected to each wind turbine to get access to all wind turbines.</p>	
Keywords	Wind turbine, remote access, remote control, fault tracing

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Työn tavoite	4
3	Tuuliturbiinin periaatteet	6
3.1	Tuuliturbiini	6
3.1.1	Vaaka- ja pysty akseliset turbiinit	7
3.1.2	Pysty akseliset voimalat	7
3.1.3	Vaaka akseliset voimalat	8
3.2	Tuulivoimalan toimintaperiaatteen mukainen luokittelu	9
3.2.1	Potkurikäyttöiset tuulivoimalat	9
3.3	Tuulivoimalan säätötavan mukainen luokitus	10
3.3.1	Lapakulmansäätö	10
3.3.2	Aktiivinen sakkaussäätö	11
3.3.3	Muuttuva pyörimisnopeus	11
3.4	Taajuusmuuttaja	12
3.4.1	Taajuusmuuttajan perusteet	14
3.4.2	4-kvadranttikäyttö	15
3.5	Tietoliikenne	16
3.5.1	TCP/IP	17
3.5.2	OSI-malli	18
3.5.3	Ethernet	18
3.5.4	MAC-osoite	18
3.6	Tietoturvallisuus	19
4	Asiakas ja etäkäyttö	21
5	Tarvittavat ohjelmat	22
5.1	VPN	22
5.2	TeamViewer 6	23
5.3	Windows Remote Desktop	24
5.4	Drivewindow 2.6	25
6	Verkon testaus	26
6.1	Ping	26
6.2	IPconfig	26

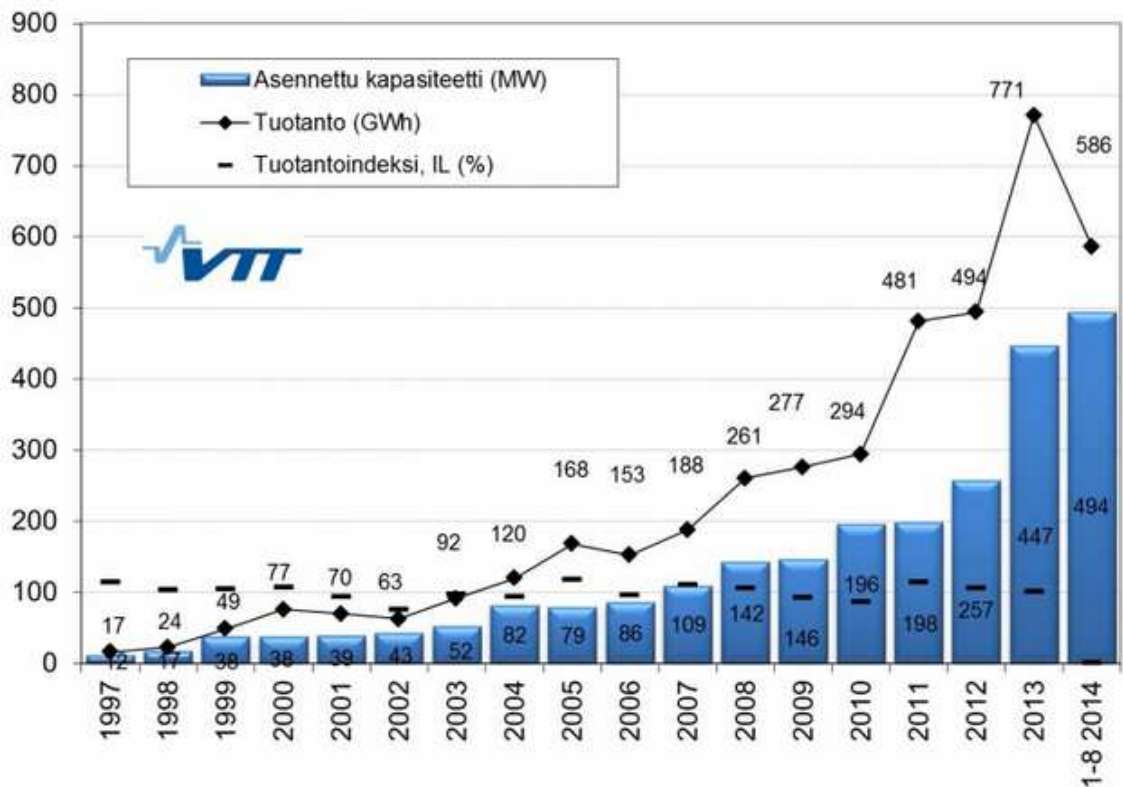
7	Verkkoyhteysvaihtoehdot	26
7.1	NETA-01	27
7.2	NETA-21	29
7.3	Käyttöön kytketty PC etäkäyttöohjelmalla	30
7.4	Serveri PC kytkettynä puiston jokaiseen turbiiniin.	31
7.5	Oman yhtiön työntekijä paikan päällä	32
8	Etäyhteyksien vertailu	33
9	Valitun etäyhteyden testaus	34
9.1	Turbiiniin asennettu PC teamviewer 6 ohjelmistolla.	34
9.2	Turbiiniin asennettu PC openVPN ohjelmistolla.	35
10	Johtopäätökset	37
	Lähteet	39

Lyhenteet ja määritelmät

VPN	Virtual Privat Network. Virtuaalinen erillisverkko.
TCP/IP	Transmission Control Protocol / Internet Protocol. Usean internet-liikennöinnissä käytettävän tietoverkkoprotokollan yhdistelmä.
OSI	Open System Interconnect. Tiedonsiirtoprotokollan seitsämän kerrosta.
VSI	Voltage Source Inverter. Jänniteohjattu invertteri.
IGBT	Insulated- gate bipolar transistor. Eristehila-bipolaaritransistori.
Ping	Packet internet groper. TCP/IP-protokollan työkalu, jolla testataan määrätyn laitteen saatavuutta.
LAN	Local area network. Lähiverkko.
NAT	network address translation. Osoitteenmuunnos tekniikka.

1 Johdanto

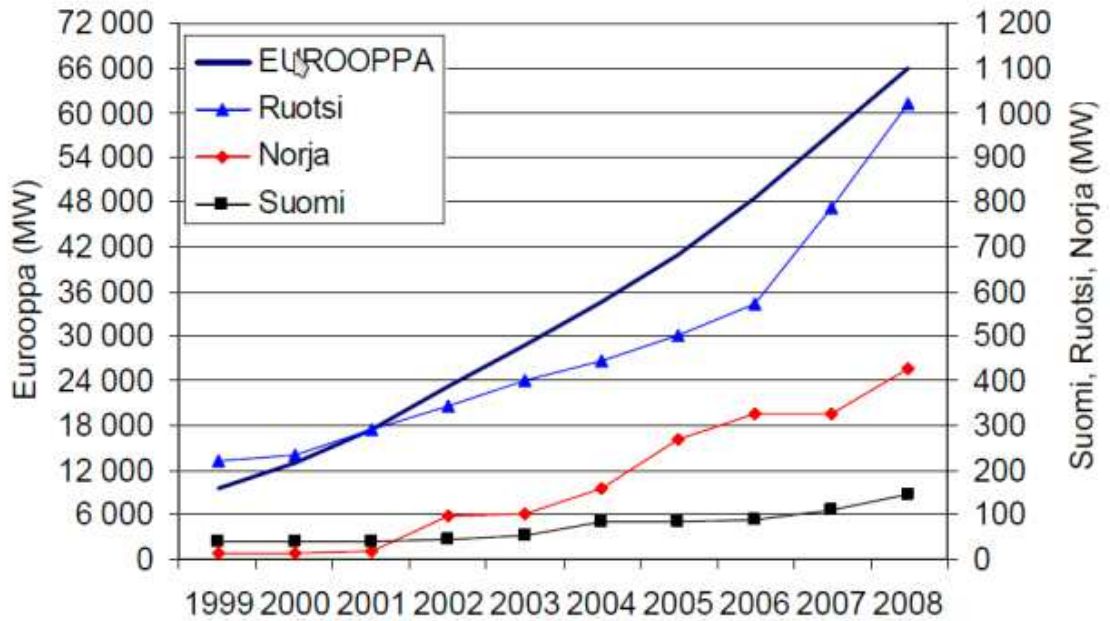
Suomen tuulivoimakapasiteetin kehitys on viimeisen vuosikymmenen aikana ollut vaatimatonta, kun sitä verrataan maailmalla tapahtuneeseen kehitykseen. Tällä hetkellä tuulivoimarakentaminen on kuitenkin päässyt Suomessa hyvään vauhtiin ja kansallisia tuulivoiman rakennus- ja tuotantotilastoja tullaan rikkomaan tulevina vuosina. Kuvasta 1 nähdään että Suomessa oli vuoden 2014 lopussa 260 tuulivoimalaa, joiden yhteenlaskettu kapasiteetti oli 627 MW. Tuulisähköä tuotettiin yli miljardi kWh (1,1 TWh), jolla katettiin noin 1,3 % kokonaissähkönkulutuksesta. Tuulivoimatuotanto kasvoi 43 prosenttia verrattuna vuoteen 2013, vuonna 2013 asennettu kapasiteetti oli 447 MW ja tuulisähkön tuotanto oli 771 GWh. Tällä katettiin noin 0,9 % maamme kokonaissähkönkulutuksesta. Tuulivoimaloita maassamme oli vuoden 2013 lopussa 211. [1]



Kuva 1 Suomen tuulivoimakapasiteetin ja tuulisähköntuotannon kehitys vuodesta 1992. [1]

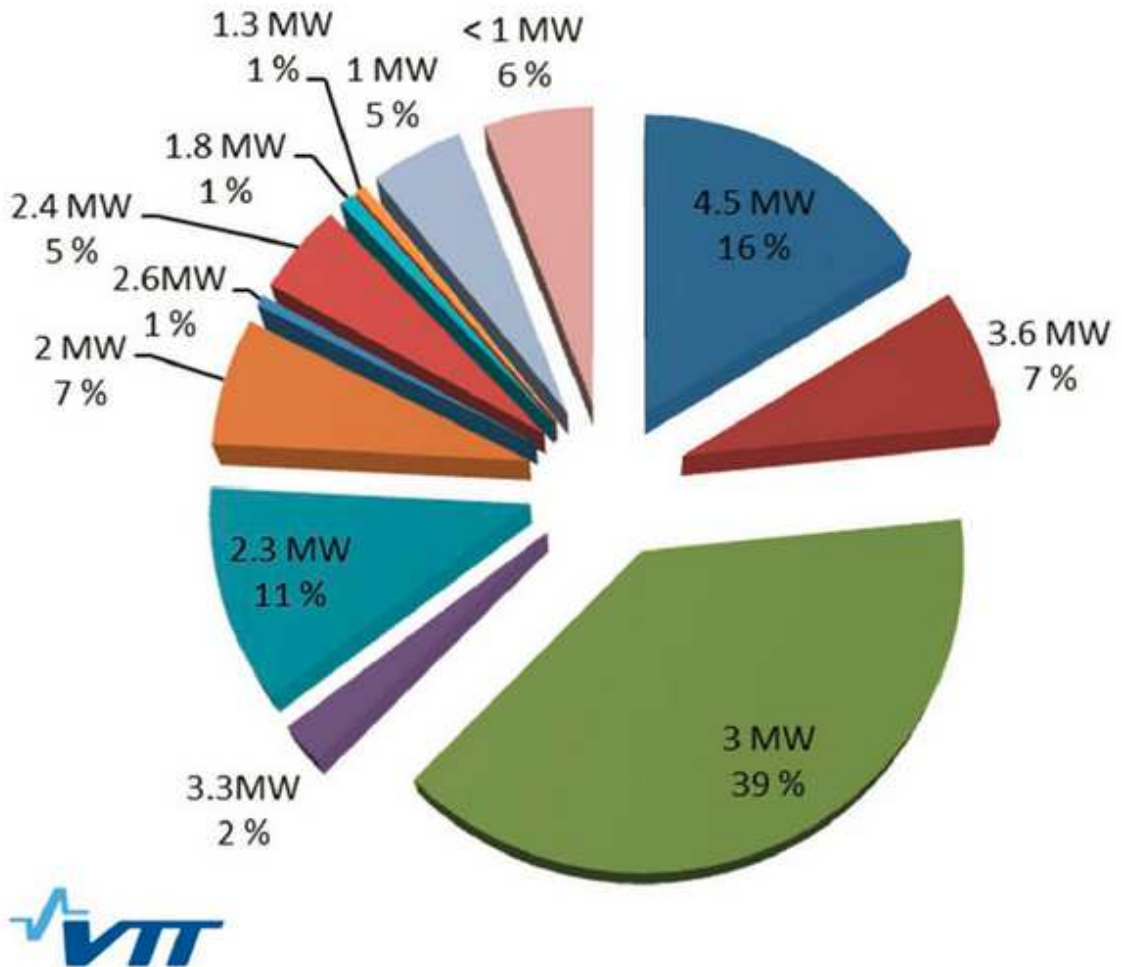
Kuvasta 2 nähdään muun muassa Suomen, Ruotsin ja Norjan tuulivoiman kasvu vuosina 1999 – 2008. Suomen tuulivoimakapasiteetin kasvu on ollut suhteellisen hidasta aina vuosiin 2012 ja 2013 saakka. Vuosi 2013 oli selkeästi suomalaisen tuulivoimarakentamisen ennätysvuosi, jonka aikana maamme tuulivoimakapasiteetti kasvoi 56 prosenttia.

Uusia voimaloita valmistui vuoden aikana noin viisikymmentä, muun muassa Honkajolle, Lappeenrantaan, Poriin, Raahen ja Simoon. Kuluvana vuonna (2015) tuulivoimaa ennustetaan rakennettavan yli 300 MW:n edestä. [1]



Kuva 2 Suomen tuulivoimakapasiteetin kehitys verrattuna Ruotsin ja Norjan ja Euroopan kehitykseen. [2]

Kuvasta 3 nähdään, että asennetun tuulivoimakapasiteetin keskiteho on kasvanut myös Suomessa nopeasti viime vuosien aikana. Suomessa vuosittain asennetun kapasiteetin keskiteho on kasvanut 173 kW:sta vuonna 1991, 3 MW:iin vuonna 2008. Vuoden 2013 lopussa Suomeen rakennettujen tuulivoimaloiden keskiteho oli 2,1 MW. Yleisin voimalateho (39 % voimaloista) oli 3 MW. [2]



Kuva 3 Vuoden 2013 lopussa Suomeen rakennettujen tuulivoimaloiden keskiteho on 2,1 MW. (VTT) [2]

Tuuliturbiineja on asennettu kymmeniä vuosia, joten asennuskanta on runsas. Asiakkaat tarvitsevat, haluavat tai heille tarjotaan erilaisia palveluita tuulivoimaloiden käyttöasteen parantamiseen. Etäyhteys tarvitaan myös siksi, että tuulivoimalat ovat miehittämättömiä ja usein kaukana huoltokonttorista, tai nykyisin jopa merellä.

Verkkoyhteys tuuliturbiiniin mahdollistaa voimaloiden operoimisen, vianhaun, kunnonvalvonnan ja muun muassa käyttöasteen parantamiseen johtavat seurannat. Myös laitevalmistajat haluavat päästä verkkoyhteyteen valmistamiensa laitteiden kanssa erilaisista syistä johtuen.

Taajuusmuuttajaan on yleensä asennettu jokin verkkosovitin, ja siihen pitää saada suora yhteys. Jos taajuusmuuttaja kommunikoi vain turbiinin ohjausjärjestelmän (PLC) kanssa, suoraa yhteyttä ei voida luoda, ja ongelmatapauksissa tietoa luetaan vain PLC:ltä. Yleensä tieto joka luetaan taajuusmuuttajalta PLC:lle, on rajoitettu ohjaukseen, takaisinkytkentään ja muutamaan perusmittaukseen.

Erilaisia sovelluksia on taajuusmuuttajille runsaasti, mutta ongelmana on yleensä verkkoyhteys, jolla päästään lukemaan tietoja suoraan taajuusmuuttajasta, joita tarvitaan erilaisten ongelmien selvittämiseen tai käyttöasteen parantamiseen.

Turbiinivalmistajat eivät ole varsinainen ongelma, mutta loppuasiakkaat eivät välttämättä ymmärrä, miksi verkkoyhteys pitäisi luoda.

Verkkoyhteyden ongelmat eivät aina ole vain asiakkaan päässä, vaan oman verkkoyhteyden hallinta voi myöskin olla haastavaa. Lisäksi jos yhtiön käytössä on leasing tietokoneet, niiden asetusten hallinta ja tarvittavien ohjelmien asennus ja käyttö voi olla hankalaa, ellei peräti mahdotonta.

2 Työn tavoite

Työssä on tarkoitus kartoittaa, mitä erilaisia yhteystapoja on tällä hetkellä käytössä tai on mahdollista käyttää ja mikä olisi järkevä tapa saada verkkoyhteys jo asennettuihin tuuliturbiineihin.

Uuden sukupolven laitteet tuovat mukanaan paremmat mahdollisuudet joustavampien verkkoratkaisuiden takia, ja asiakkaat ovat ajatelleet uusien tuulivoimapuistojen verkot ja niiden jakamisen joustavammaksi.

Vaikka työ on tehty tuulivoimalan näkökulmasta, niin tuloksia voidaan käyttää yleensä kaikissa taajuusmuuttaja sovelluksissa.

Erilaisia yhteyksiä tarvitaan, koska asiakkailla on erilaisia verkkoratkaisuja ja tapoja sallia käyttöoikeuksia eri laitevalmistajille. Erityisen hankalia ovat suuret asiakkaat joilla on paljon käyttäjiä, mutta niihin ei päästä verkkoyhteyteen, erilaisten lupamenettely- ja turvallisuus-näkökulmien takia. Tämä voidaan kiertää esimerkiksi asentamalla ulkoisen PC:n käyttöön, jonka kautta luetaan manuaalisesti yhden käytön tiedot.

Useamman käytön lukeminen asiakkaan verkkoon kytketyllä PC:llä riippuu verkkotopologiasta ja annetuista käyttöoikeuksista asiakkaan verkkoon, tällöin voidaan lukea kymmenien tai satojen käyttöjen tiedot, viikkojen tai kuukausien ajan.

Jotta päästäisiin lukemaan edellä mainittuja asioita, tarvitaan yhteys käyttöön. Nykyään helpoin tapa olisi käyttää verkkoa, mutta se on usein kielletty asiakkaiden IT-osastojen takia, ne eivät halua avata yhteyttä palomuurin läpi edes VPN-yhteydellä. Suurin ongelma liittyykin lähinnä asiakkaiden byrokraatiaan. Lisäksi täytyy muistaa, että mukana on yleensä myös kolmas-osapuoli eli loppuasiakas, joka ei halua antaa ylimääräistä tietoa puiston tuotannosta tai muista tärkeistä tiedoista.

ABB tarjoaa tällä hetkellä asiakkaalle muun muassa NETA-, VSN700-, FENA yhteyttä ja erilaisia ohjelma-työkaluja, joiden kautta saadaan yhteys turbiiniin ja muutettua muun muassa parametreja ja tarkasteltua käytön historiaa.

Netalla kautta saadaan käytön tiedot luettua ja saadaan aikaan jopa syklinen datalähetys. VSN700 yhteyden kautta saadaan luettua esiasetullut parametrit. Edellä mainittujen kommunikointitapojen yhteisenä ongelmana on vaikea pääsy palomuurin läpi.

Yleensä kiireellisissä tapauksissa asiakas yleensä haluaa tietää miksi käyttö ei toimi ts. onko siinä jotain vikaa. Normaalisti selvitetään parametreista taajuusmuuttajan tila, luetaan vikahistoria, käytetään dataloggeria ja tarkastellaan erilaisia huolto-, tuotto-, ja käyttöaikalaskureita.

Tällä hetkellä jotkin asiakkaan ovat tarjonneet mahdollisuutta käyttää verkkoa ja paikallisessa PC:ssä etäkäyttö-ohjelmaa salasanoineen. Tämä vaatii kuitenkin käyttökohtaisen tietokoneen. Ongelmaa voidaan kiertää, jos käytöt ovat fyysisesti lähekkäin ja saadaan aikaan rengas-verkko tai tähti-verkko käyttäen erilaisia jakajakortteja.

3 Tuuliturbiinin periaatteet

Työssä keskitytään tuuliturbiinin etäkäyttöön tarvittavan ethernet-yhteyden luomiseen, joten tässä luvussa käydään lyhyesti läpi tuuliturbiinin perusteet ja toimintaperiaatteet, tutustutaan taajuusmuuttajan rakenteeseen ja joihinkin periaatteisiin ja tärkeimmät tietoliikenteen protokollat ja mallit joita etäkäyttö vaatii.

3.1 Tuuliturbiini

Tuuliturbiini on yleisnimi tuulivoimalalle. Tuuliturbiinilla tuulen liike-energia muutetaan generaattorin avulla sähköenergiaksi.

Tuulivoimalat voidaan jakaa eri tavoilla esimerkiksi akseloinnin, toimintaperiaatteet mukaisesti tai säätötavan mukaisesti.

Suuremmilla tehoilla käytetään pääsääntöisesti vain vaaka-akselisia turbiineita, joissa käytetään lapakulmasäätöä ja muuttuvaa pyörimisnopeutta. Kuvassa 4 on esimerkiksi vaaka-akselisia tuuliturbiineita.



Kuva 4 Raahen tuulipuiston vaaka-akseloituja 3-lapaisia tuuliturbiineja.

3.1.1 Vaaka- ja pysty akseliset turbiinit

Tuuliturbiineita on hyvin erilaisia, pysty- ja vaaka-akseloituja, 1-, 2-, 3- ja monilapaisia.

Yleisimmin suurvoimatuotannossa käytetyt ovat voimalat ovat vaaka-akseloituja ja 3-lapaisia. Pienissä, esimerkiksi mökkikäyttöön suunnitelluissa, voimaloissa on yleisimmin 2 tai 3 lapaa. Kiinteistöjen katoille esimerkiksi kaupunkiympäristöön ja telemastoihin on pystytetty pysty akseloituja voimaloita.

3.1.2 Pysty akseliset voimalat

Pystyroottorin (Windside, Savonius, Dareius jne) , kuten kuvassa 5 pyyhkäisy pinta-ala on pyörivän roottorin suurin tuulta vastaan kohtisuora pinta-ala ja napakorkeus on roottorin pyyhkäisy pinta-alan keskipisteen korkeus maan pinnasta. Pysty akselinen voimala toimii samalla lailla kaikilla tuulen suunnilla eikä se tarvitse erillistä tuuleen suuntausta. [3]



Kuva 5 windside turbiini.

3.1.3 Vaaka-akseliset voimalat

Vaaka-akselisen tuulivoimalan pyyhkäisyypinta-ala on potkurin kärjen piirtämän ympyrän pinta-ala ja napakorkeus on potkurin akselin korkeus maan pinnasta. Vaaka-akseliset turbiinit on suunniteltu määrätulle tuulen nopeusalueelle, jolla ne toimivat parhaiten. Vaaka-akselisten etuna on roottorin suurempi pyyhkäisyypinta-ala, jolloin tuulesta saadaan enemmän energiaa talteen. Potkurimallinen turbiini toimii paremmalla tehokertoimella keskinopeilla tuulilla, jos verrataan pystyakseliseen turbiiniin.

Vaaka-akselisen voimalan potkuri on käännettävä kohti tuulta, jotta voimala toimisi. Tuuleen suuntaus tapahtuu joko moottorikäyttöisesti tai käyttämällä pyrstöä tai poikittaista kääntöpotkuria, joka toimii tuulen tullessa sivusta. Vaaka-akselisia tuulivoimaloita on ollut kahta päätyyppiä, etutuuli- ja takatuulipotkureita.

Etutuulipotkurissa potkurin akseli on lähes vaakatasossa ja potkuri on mastosta katsottuna tuulen puolella. Tämä on yleisin käytetty tyyppi. Takatuulipotkurissa potkurin akseli on lähes vaakatasossa ja potkuri on mastosta katsottuna tuulen alapuolella. Tämä tyyppi oli varsin yleinen, koska potkuria tuuleen kääntävä suuntauskoneisto tai peräsin voitiin

jättää pois, kun lavat toimivat tuuliviirin tavoin ja ohjasivat voimalan aina oikeaan suuntaan. Tyyppi menetti vähitellen suosionsa, koska maston taakse syntyvät pyörteet aiheuttivat ongelmia osuessaan potkuriin. Ongelmista mainittakoon melu ja värinä. [3]

3.2 Tuulivoimalan toimintaperiaatteen mukainen luokittelu

Tuulivoimalan pyörittävä momentti syntyy kolmella eri tavalla, joko (1) osittain nostovoiman ja vastuksen avulla (Savonius, Windside ja Jaspira), (2) siipien välisestä vastuserosta (Kuppiroottori) tai (3) lavan nostovoiman ansiosta kuten lentokoneen siivessä. [4]

3.2.1 Potkurikäyttöiset tuulivoimalat

Potkurikäyttöistä voimalaa kutsutaan myös vaaka-akseliseksi voimalaksi. Potkurin merkittävin etu on, että se peittää omaan pinta-alaansa verrattuna suuren alan ja kykenee tuottamaan rakennepainoonsa nähden huomattavan paljon tehoa. Potkuri pyörii useimmiten pienehköllä nopeudella ja siksi generaattorin ja potkurin väliin tarvitaan useimmiten ylennysvaihe. Mitä suurempi potkuri on, sitä pienempi on pyörimisnopeus, sillä potkurin kärkinopeus halutaan rajoittaa lähinnä melusyistä alle melurajan, 70 m/s.

Potkurin akseli tulee suunnata aina vasten tuulta, jotta se tuottaisi mahdollisimman paljon tehoa. Suuntaus perustuu joko tuuliviiriperiaatteeseen tai tuulen vallitsevan suunnan mittaamiseen ja sähkö- tai hydraulimoottorilla tapahtuvaan suuntaamiseen. Potkuria käännettäessä kohti tuulta esiintyy koriolisvoima, joka pyrkii kiertämään potkurin akselia joko ylös tai alaspäin riippuen käännön suunnasta. Tämä voima aiheuttaa etenkin kaksilapaista potkuria käännettäessä voimakasta värinää, joka rasittaa potkuria ja sen akselia. Kolme- ja useampilapaisissa potkureissa koriolisvoimasta johtuvat hitausvoimat ovat tasapainossa akselin suhteen eikä tällaista värinää esiinny. Tästä syystä käytetäänkin paljon kolmilapaisia potkureita. Kolmilapaisuus ei kuitenkaan estä koriolisvoimien vaikuttamasta erikseen jokaiseen lapaan, mutta kolmilapaisuus tasaa akseliin kohdistuvia kuormia.

Hyötysuhteeltaan potkurikäyttöinen voimala on saatavissa varsin tehokkaaksi. Tämä edellyttää tietysti potkurin ominaisuuksien valintaa siten, että se toimii optimaalisesti. Teoreettisesti potkurikäyttöisellä voimalalla on kuitenkin parhaat mahdollisuudet päästä lähimmäksi ihanteellista arvoa. Potkurikäyttöisen voimalan suojaamiseksi myrskytilanteilta on tehtävä riittävän varmatoimiset suojausmekanismit. Periaatteena pitäisi olla vähintään kolme toisistaan riippumatonta, automaattisesti, ilman ulkopuolista apua toimivaa

järjestelmää, jotka kykenevät sekä rajoittamaan potkurin tuottamaa pyöritysmomenttia että pysäyttämään potkurin tuulen nopeuden ylittäessä sallitun raja-arvon. [4]

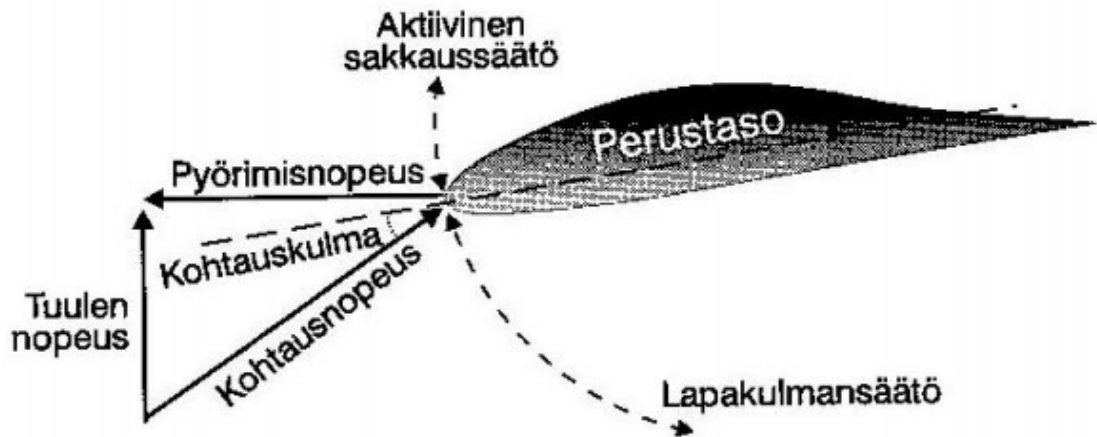
3.3 Tuulivoimalan säätötavan mukainen luokitus

Tuulen nopeuden kasvaessa on tarvetta rajoittaa teho koneiston suurimpaan sallimaan arvoon. Tähän käytetään erilaisia tehonsäätötapoja, jotka toimivat aerodynaamisesti joko vähentämällä lavan kantovoimaa (lapakulman säätö) tai lisäämällä lavan vastusta (sakkaussäätö).

3.3.1 Lapakulmansäätö

Tehon optimointi sekä rajoitus tehdään kääntämällä lapakulma tilannetta vastaavaksi. Tämä on aerodynaamisesti oikein tapa ohjata ja säätää tehoa, mutta vaatii kehittyneen ohjausjärjestelmän toimiakseen. Lapakulmasäätö toimii sekä kiinteällä että muuttuvalla pyörimisnopeudella. Kuvassa 6 lapakulmasäädön periaate.

Lapakulmasäädetyssä voimalassa lavan etureuna on kohti tuulta, kun lapa on lepuutetuna eli pysäytetyssä asennossa. Lepuutusasennossa lapakulma on 90°. Käynnistyessä lapa käännetään 45° kulmaan, kunnes potkuri pyörii kunnolla. Tämän jälkeen käännetään lapa edelleen pienemmälle kulmalle. Jos tuuli on hyvin kevyt, niin paras kulma on noin -3°. Tuulen voimistuessa kulmaa muutetaan positiiviseen suuntaan ja ennen myrskyrajaa kulma on noin 25°. Jos potkuri halutaan pysäyttää, jatketaan kulman kasvattamista eli käännetään potkuria lisää kohti tuulta muutaman asteen, jolloin noin 30° kohdalla ei enää synny nostovoimaa ja voimala hidastuu. Jatkettaessa lapakulman kääntämistä edelleen kohti lepuutusasentoa voimala pysähtyy kokonaan. Häätäpysäytyksessä lapakulma käännetään hyvin nopeasti lepuutusasentoon, jolloin potkuri pysähtyy kuin seinään. [5]



Kuva 6 Lavan ja tuulen kohtauskulma. [6]

3.3.2 Aktiivinen sakkaussäätö

Tuulivoimalan pyörimisnopeus pidetään vakiona. Sakkauksen alkamista voidaan ohjata kääntämällä lapakulmaa tuulesta pois sitä enemmän mitä kovemmin tuulee. Tämän järjestelmän avulla voidaan säätää tehokäyrän muotoa sakkauttamalla lapa halutulla hetkellä.

Aktiivisakkaavan voimalan lepuutusasento on täysin päinvastainen kuin lapakulmasäädettävän sillä tuulta kohti onkin lavan jättöreuna.

Käynnistettäessä on ensin käännettävä potkuri normaaliin käyntiasentoon. Alle nimellistulen nopeuden aktiivisakkaavan voimalan lapakulman säätölogiikka voi periaatteessa olla samanlainen kuin lapakulmasäädetyt, mutta viimeistään nimellisteholla suunta muuttuu päinvastaiseksi. Kun lapakulmasäädössä käännetään potkurin etureunaa kohti tuulta, sakkaussäädettävässä kääntösuunta on poispäin tuulesta eli kohtauskulmaa lisätään, kunnes saavutetaan haluttu sakkausteho. Kun kääntämistä edelleen lisätään, voidaan voimala pysäyttää samalla lailla kuin lapakulmasäädöllä. Lepuutusta varten kääntöä on kuitenkin jatkettava kunnes jättöreuna on täydellisesti tuulta päin. [5]

3.3.3 Muuttuva pyörimisnopeus

Muuttuva pyörimisnopeus on yleistynyt yhdessä lapakulmasäädön kanssa, koska tällä tavalla saavutetaan paras hyötysuhde. Tuulivoimalan paras hyötysuhde saavutetaan tietyllä kärkinopeussuhteella, joka riippuu voimalan rakenteesta. Käytettäessä muuttuvaa pyörimisnopeutta voidaan toimia parhaalla hyötysuhteella koko tehokäyrän nousevalla osalla, jolla voimala toimii suurimman osan ajasta. [5]

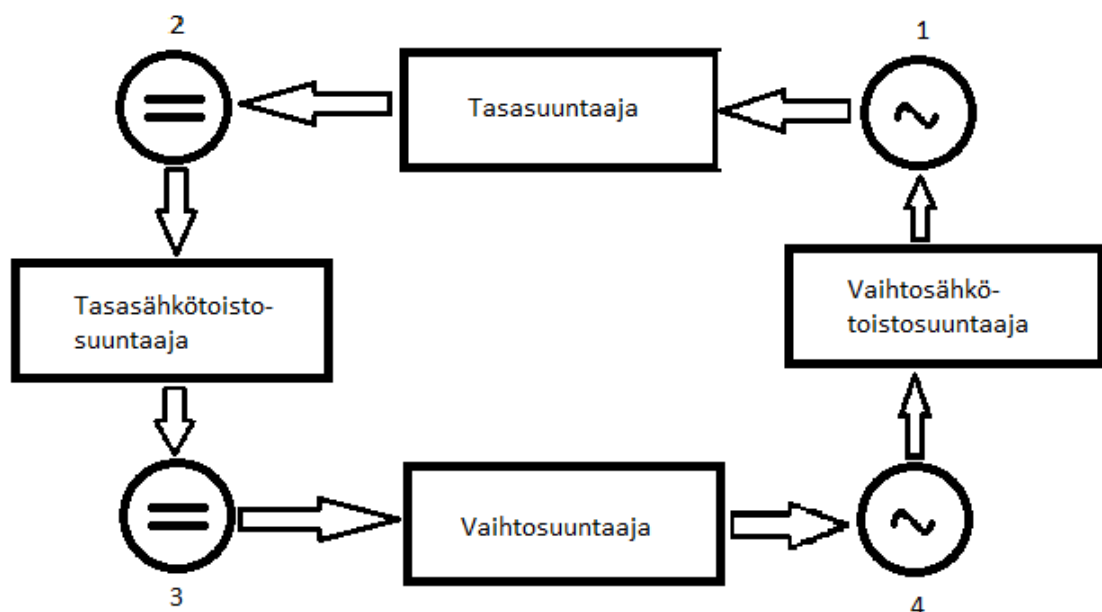
3.4 Taajuusmuuttaja

Taajuusmuuttajan käyttö mahdollistaa turbiinin sovittamisen erilaisiin verkkoihin. Myös erilaisten generaattoreiden käyttäminen helpottuu. Taajuusmuuttajan avulla turbiini voi mukautua erilaisiin tuuli- ja verkko-olosuhteisiin. Loistehon tuottaminen ja nykyisin tiukentuvat verkkosäännökset voidaan täyttää suhteellisen helposti taajuusmuuttajan avulla.

Yleinen taajuusmuuttajan rakenne on kaksitasoinen jännitevälipiirillä (VSI). Näissä voidaan käyttää useita rinnakkaisia moduleita halutun tehotason saavuttamiseksi. Tehomoduleissa käytetään IGBT-komponentteja kytkiminä.

Tuuliturbiineissa taajuusmuuttajat ovat verkkoon jarruttavia, niin verkkoyksikön täytyy olla ns. aktiivinen eli ohjattavissa, joten myös niissä käytetään IGBT-komponentteja.

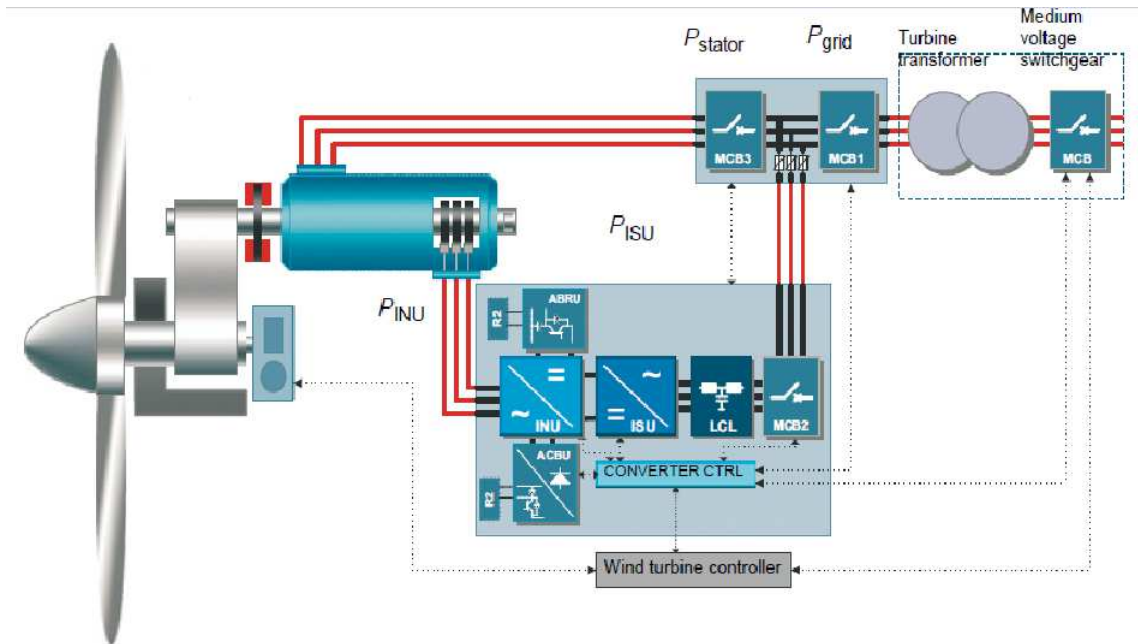
Kuten kuvassa 7, generaattori (1) tuottaa vaihtovirtaa, joka tasasuunnataan tasasuuntaajassa (konvertteri), vaihtosuuntaaja (invertteri) muuttaa DC-virran AC-virraksi.



Kuva 7 Suuntaajan periaatteellinen tehtävä virtapiirissä. [7]

Tuulivoimaloissa käytetään tyypillisesti kahta eri ohjauskonseptia, riippuen käytetystä generaattorista. Alla luetellut konseptit ovat ns. muuttuvanopeuksisia voimaloita.

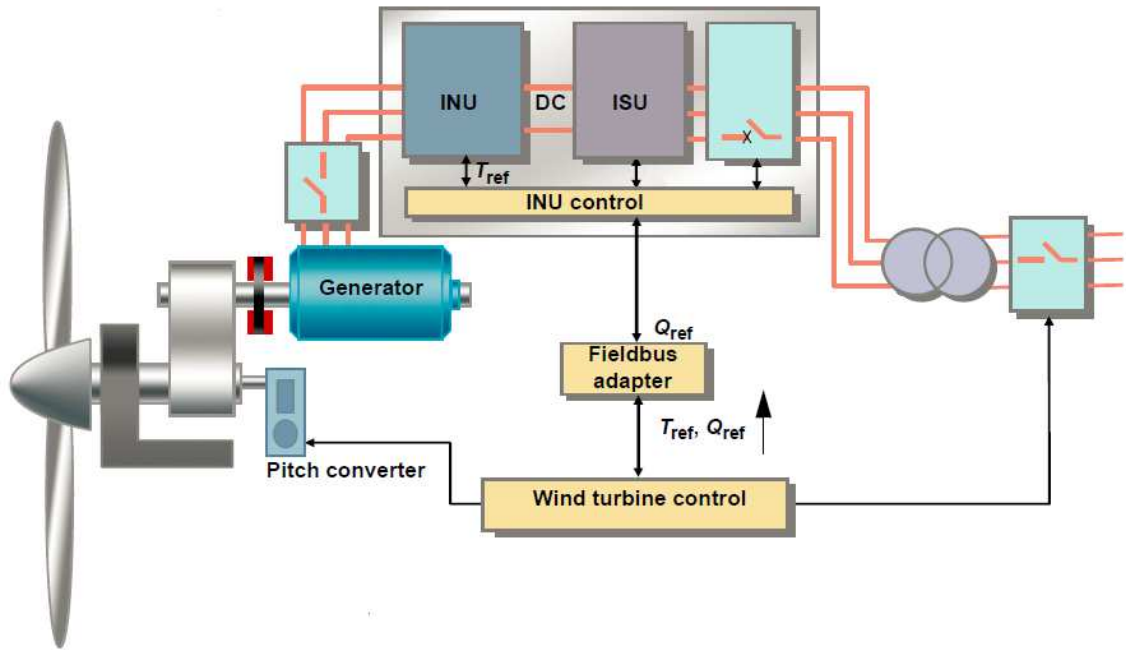
Kuvassa 8 esitetyssä kaksoissyötetyssä konseptissa liukurengaskoneen roottoriipiiri kytketään verkkoon taajuusmuuttajan kautta (double fed). Taajuusmuuttajan mitoitus on noin kolmasosa generaattorin nimellistehosta. Staattoriipiiri kytketään suoraan verkkoon. Verkkoon syötetty teho on roottoriipiirin tehon ja staattoriipiirin tehon summa. Taajuusmuuttajan kautta kulkeva teho ja suunta riippuvat liukurengaskoneen jättämästä. Tehoa tuotetaan verkkoon kun toimitaan ylisynkroninopeudella.



Kuva 8 Kaksoissyötetyn konseptin periaate. [8]

Täystehokonseptissa, kuten kuvassa 9, koko generaattorin tuottama teho kytketään taajuusmuuttajan kautta verkkoon. Generaattorin nimellinen pyörimisnopeus on riippumaton verkon taajuudesta. Riippuen siitä halutaanko käyttää vaihteistoa vai ei, niin generaattorin napaparilukua voidaan kasvattaa.

Taajuusmuuttajan mitoitus on generaattorin nimellistehon mukainen.



Kuva 9 Täysteho konseptin periaate.[9]

3.4.1 Taajuusmuuttajan perusteet

Taajuusmuuttajat voidaan jakaa välipiirittömiin ja välipiirillisiin. Välipiirilliset voidaan jakaa myös virta- ja jännitevälipiirillisiin muuttajiin. Koska jännitevälipiirilliset ovat selvästi yleisempiä, myös tuulivoimaloissa, käydään vain niiden periaate lyhyesti läpi.

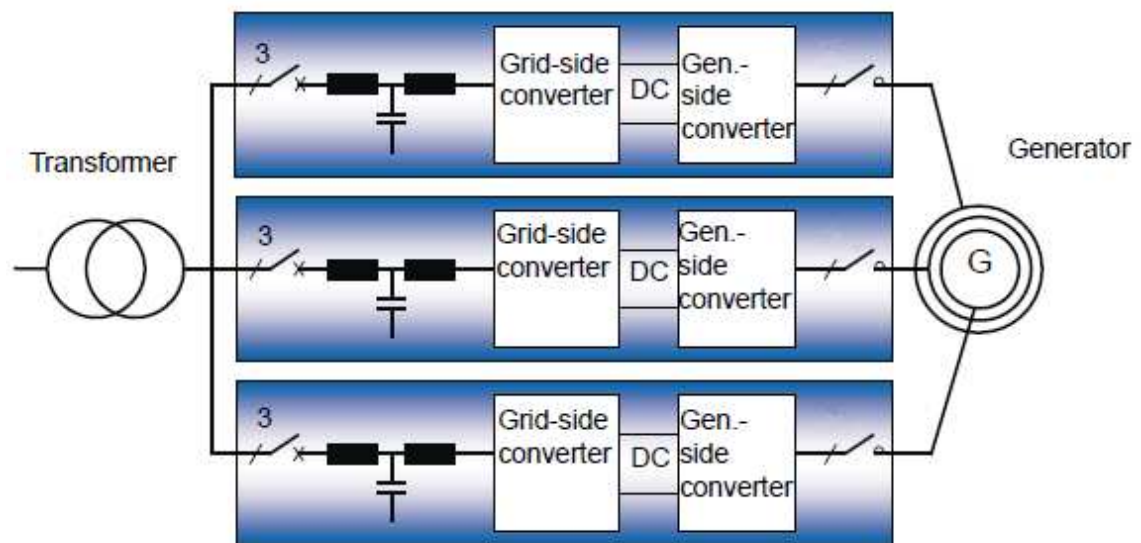
Taajuusmuuttajissa, joissa on välipiiri, vaihtosähköstä muodostetaan ensin tasavirtaa tai jännitettä, joka muutetaan halutun suuruiseksi ja taajuiseksi vaihtojännitteeksi.

Tehomoduleissa käytetään IGBT-komponentteja, joita ohjaamalla saadaan haluttu jännite ja taajuus. IGBT-komponentteja käytetään myös verkkupuolen invertterissä, joten se on täysin ohjattavissa.

IGBT-komponentit ovat pakko-ohjattuja hilalle tuotavalla jännitepulssilla. Tämä tarkoittaa, että invertterin jänniteen ja virran suuruutta ja niiden välistä vaihekulmaa voidaan ohjata halutulla tavalla. Näin voidaan kontrolloida pätö- ja loistehoa vaatimusten mukaisesti ja invertteri toimii ns. 4-Q käyttönä.

Pääkomponentit ovat kuvan 10 mukaisesti:

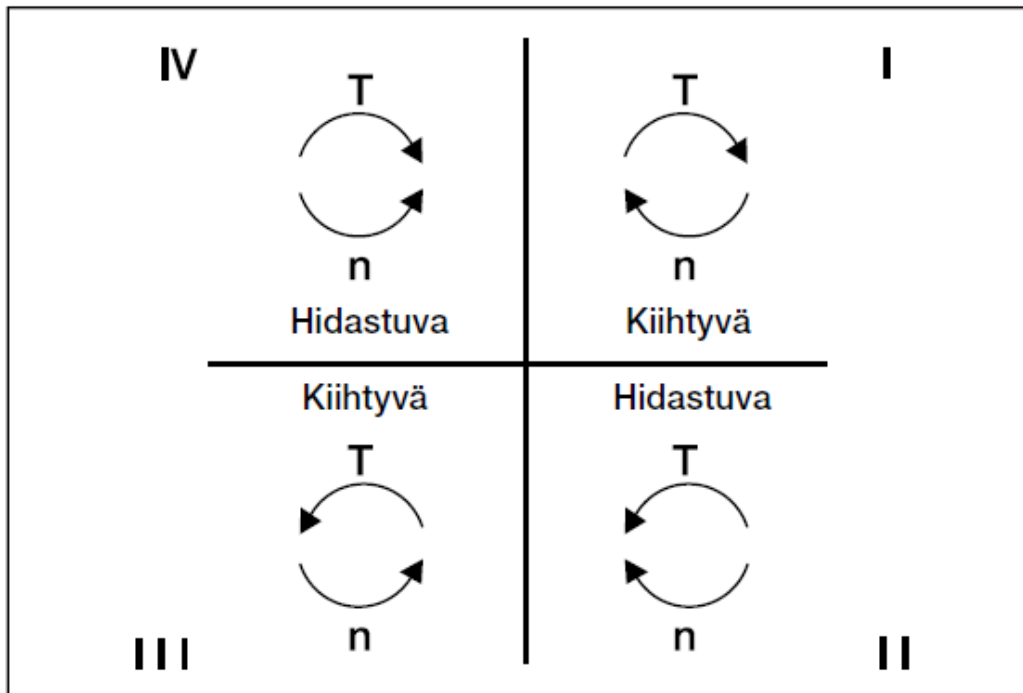
1. Generaattori (tässä tapauksessa 3 staattori käämiä) (Generator).
2. Generaattoripuolen invertteri (AC -> DC) (Gen.- side converter).
3. DC-yksikkö (DC).
4. Verkkopuolen invertteri (DC -> AC) (Grid-side converter).
5. LCL-suodatin.
6. Verkkokatkaisija.
7. Verkkomuuntaja (Transformer).



Kuva 10 Tuulivoimakäytön pääkomponentit. [10]

3.4.2 4-kvadranttikäyttö

4-Q käyttö tarkoittaa että silta voi toimia kaikissa neljässä kvadrantissa, kuten esitetty kuvassa 11. Silta voi toimia vaihtosuuntaajana kuin tasasuuntaajana, riippuen IGBT:n ohjauksesta. 4-Q-käytöllä nopeuden ja momentin suuntaa voi vapaasti vaihdella eli tehoa voi siirtää verkkoon tai verkosta generaattorille. Jos nopeuden ja momentin etumerkki on sama, niin verkosta otetaan tehoa, jos etumerkit ovat erilaiset, se tarkoittaa että tehoa ajetaan verkkoon.



Kuva 11 neljä kvadrantti-kaavio.

3.5 Tietoliikenne

Tietoliikenne tarkoittaa datan siirtämistä paikasta toiseen. Siirtotie joka yhdistää verkko-päätteet toisiinsa. Päätelaitteita ovat esimerkiksi PC ja erilaiset palvelimet. Siirtotie (tietoliikenneyhteydet) joka yhdistää päätelaitteet toisiinsa. Tiedonsiirtotavat voidaan jakaa esim. analogiseen ja digitaaliseen, sarja- ja rinnakkaissiirtoon, tiedon koodaamiseen, sen kehystämiseen ja synkronointiin. Tiedonsiirtoon liittyy myös tietoliikenteen protokollat, joista tärkeimmät ovat TCP/IP- ja OSI- mallit. [11]

Tietokoneiden välisissä yhteyksissä tietoliikenteen toiminta ja sanomarakenteet on oltava täsmälleen määriteltäviä. Tietoliikennejärjestelmiä määritellään kerrosmalleilla. Joka kerroksella on tietyt tehtävät ja toteutus, ja asemien kerrosprotokollien yhdistelmä muodostaa protokollapinon. Ensimmäisiä määriteltäviä verkkoarkkitehtuureita oli Internetissä yhä käytettävä kolmikerroksinen TCP/IP, joka vaikutti paljon myös seitsenkerroksisen OSI-referenssimallin syntyyn. [11]

Käydään lyhyesti läpi tietoliikenteen keskeiset protokollat, tekniikat ja mallit.

3.5.1 TCP/IP

TCP/IP (Transmission Control Protocol / Internet Protocol) on usean Internet-liikennöinnissä käytettävän tietoverkkoprotokollan yhdistelmä. IP-protokolla on alemman tason protokolla, joka vastaa päätelaitteiden osoitteistamisesta ja pakettien reitittämisestä verkossa. Sen päällä voidaan ajaa useita muita verkko- tai kuljetuskerroksen protokollia, joista TCP-protokolla on yleisin.

Se vastaa kahden päätelaitteen välisestä tiedonsiirtoyhteydestä, pakettien järjestämisestä ja hukkuneiden pakettien uudelleenlähetystä. Vaikka TCP/IP-protokollaperheeseen kuuluu monia muitakin protokollia, pääosa liikennöinnistä tapahtuu TCP-yhteyksinä IP-protokollien päällä. Tämän takia protokollaperhe yleensä tunnetaan nimellä TCP/IP. [12]

TCP/IP-viitemalli koostuu neljästä portaasta, joista kolmella on suorat vastineet OSI-viitemallissa. [12]

1. Sovelluskerros
2. Kuljetuskerros
3. Verkkokerros
4. Peruskerros
5. TCP/IP- ja OSI-mallit. [11]

3.5.2 OSI-malli

OSI-malli (Open System Interconnect) kuvaa, kuinka tieto kulkee tietoverkon kautta toiselle tietokoneelle, se on viitemalli joka koostuu seitsemästä kerroksesta, joissa jokaisessa määritellään tietyt verkon toiminnot. Malli jakaa verkkoliikenteen tehtävät seitsemään pienempään osaan. Osat ovat itsenäisiä, jonka takia tietyn verkko-osan kehittäminen on helpompaa.

1. Fyysinen kerros (Physical layer), joka määrittelee tiedonsiirron fyysisen median, kuten sähkökaapelin, valokuidun tai radioaaltojen yli, "siirtää yhden bitin".
2. Siirtoyhteyskerros tai siirtokerros (Data Link layer), joka kehystää ylempien kerrosten tietoliikennepaketin fyysisen kerroksen siirtoa varten.
3. Verkkokerros (Network layer), joka välittää ylempien kerrosten tietoliikennepaketteja tietokoneiden välillä, tarjoten päästä päähän yhteyden erilaisten verkkoratkaisujen ylitse.
4. Kuljetuskerros (Transport layer), joka huolehtii siitä, että paketit tulevat perille ja että ne järjestetään oikeaan järjestykseen. Myös vuonhallinta on kuljetuskerroksen tehtävä.
5. Istuntokerros (yhteysjakso, Session layer), joka huolehtii useiden yhdessä yhteydessä kulkevien istuntojen multipleksoinnista.
6. Esitystapakerros (Presentation layer), joka vastaa muun muassa eri merkistökoodauksien yhteensovittamisesta.
7. Sovelluskerros (Application layer), jota (käyttäjälle näkyvät) sovellukset käyttävät viestintään. [13]

3.5.3 Ethernet

Ethernet on pakettipohjainen lähiverkkoratkaisu (LAN), joka on yleisin ja ensimmäisenä laajasti hyväksytty lähiverkkotekniikka.

3.5.4 MAC-osoite

MAC-osoite (Media Access Control) on verkkosovittimen ethernet-verkossa yksilöivä osoite. Se on useimmiten fyysisesti kirjoitettu jo tehtaalta kortille, mutta sitä voi myös vaihtaa ohjelmallisesti jälkikäteen.

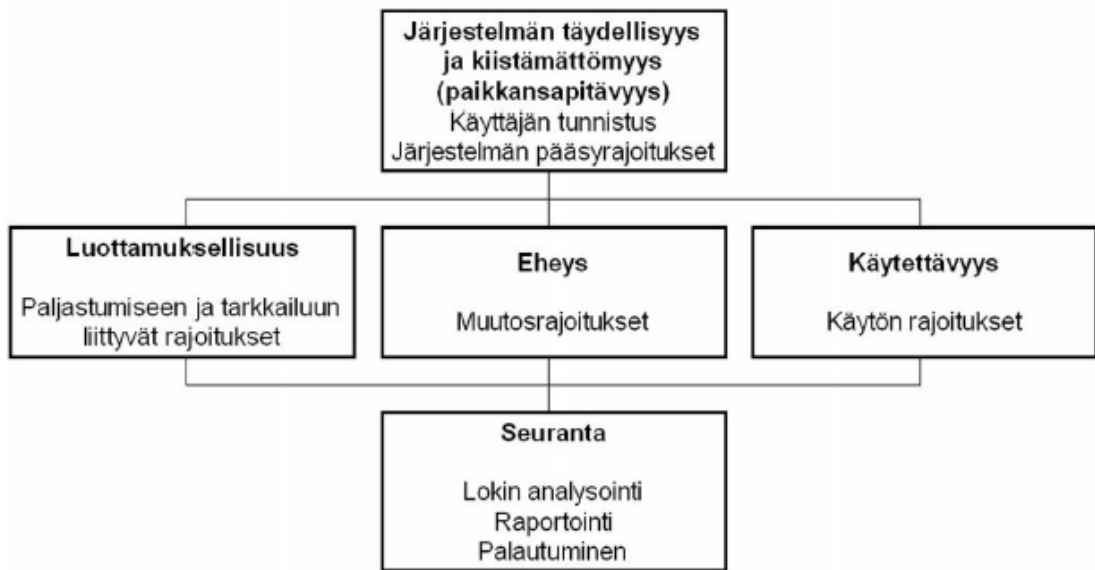
Osoite koostuu kuudesta kaksinumeroisesta heksadesimaalisesta luvusta, joista kolme ensimmäistä on valmistajan itselleen varaama etuliite ja kolme jälkimmäistä on juokseva sarjanumero. [14]

3.6 Tietoturvallisuus

Yhteiskunnan perusturvallisuuden edellytyksenä on yhteisöjen ja organisaatioiden tietojen, järjestelmien sekä palvelujen varmistaminen. Tietoturvan tavoitteena on tehokkaan tietojenkäsittelytavan ja asianmukaisen perusturvallisuustason luominen, joiden mukaisesti suojaudutaan yhteiskunnan ja yritysten toimintaa uhkaavilta vahingoilta, kuten käyttäjävirheiltä, tahallisilta vahingonteoilta ja laitteistojen vikaantumisilta sekä ohjelmistovirheiltä. Tietoturvan osa-alueet voidaan määrittää muun muassa soveltamalla kansainvälisiä standardeja ja yleisiksi muodostuneita käytäntöjä. [15]

Tietoturvatoiminnan tavoitteena on varmistaa (kuva 12):

- Luottamuksellisuus – tiedot ovat vain käyttöön oikeutettujen saatavissa, eikä niitä paljasteta tai muutoin saateta sivullisten käyttöön.
- Eheyys – tiedot ja järjestelmät ovat luotettavia, oikeita ja ajantasaisia, eivätkä ne ole laitteistovikojen tai ohjelmistovirheiden, luonnontapahtumien tai oikeudettoman inhimillisen toiminnan seurauksena muuttuneet tai tuhoutuneet.
- Saatavuus – järjestelmien tiedot ja niiden muodostamat palvelut ovat tarvittaessa niihin oikeutettujen käytössä riittävän lyhyen ajan kuluttua. Tietoliikenneympäristössä ja nimenomaan verkkopalvelujen tarjoajan ja käyttäjän kannalta tärkeä peruskäsite on palveluvarmuus. Lisäksi tietojen kiistämättömyyttä tarvitaan aina kun tietojärjestelmän käytössä tehtyjen tapahtumien todentaminen ja niiden tekijöiden paikkansa pitävyys on tärkeää. [15]



Kuva 12 Tietoturvan tavoitteet.

4 Asiakas ja etäkäyttö

Asiakkaan sisäverkon käyttäminen luomaan verkkoyhteys taajuusmuuttajaan, on suurin ongelma. Asiakkaiden huolena on turvallisuus.

Yleensä turbiinivalmistajat eivät ole ongelma verkkoyhteyksien kannalta, mutta loppuasiakkaat ovat.

Serverillä on paljon tietoa esimerkiksi puiston tuottavuudesta ja vikahistoriaa, tätä ei yleensä haluta jakaa, peläten sen joutuvan väärin käsiin.

Sitten tulevat vastuukysymykset että jos jotain kuitenkin sattuu eli esimerkiksi väärää tietoa leviää ulkopuolelle, niin kuka korvaa mahdolliset vahingot.

Asiakkaan puolella on kaksi vaihtoehtoa, jotka ovat pääsy serverille, josta on yhteys turbiineihin tai asentaa turbiinikohtainen PC.

Näissä on hyviä ja huonoja puolia:

- Jos pääsee serverille, niin on mahdollisuus päästä käsiksi asiakkaan kannalta arkaluoteiseen tietoon. Mahdollisuus aiheuttaa järjestelmävaurioita, tai jopa ohjaamaan järjestelmää.
- Turbiinikohtainen PC voi olla hankala järjestää. Turbiinille voi olla hankala järjestää riittävän hyvää verkkoyhteyttä. Tietoturvallisuus ja tarvittavien ohjelmien asennus.

Täytyy myös muistaa että ongelmat eivät aina ole asiakkaan päässä, vaan ne voivat olla myös oman tietohallinnon aikaansaamia. Esimerkiksi omaan PC:hen ei ole pääkäyttäjioikeuksia, eli ohjelmien asennus on hankalaa ja aikaa vievää, sillä ne täytyy asentaa tietohallinnon kautta. Lisäksi itse verkkoyhteys on yleensä hyvin suojattu, eikä siihen saa avattua porttia yhtä asiakasta varten.

Näitä voi kiertää esimerkiksi hankkimalla PC:n muualta kuin tietohallinnolta, mutta tässä tulee helposti ongelma siinä että tällä PC:llä ei pääse omaan sisäverkkoon. Sisäverkkoon pääsy on harvoin ongelma, koska tällä ratkaisulla päästään kuitenkin verkkoyhteyteen asiakkaan käyttöön.

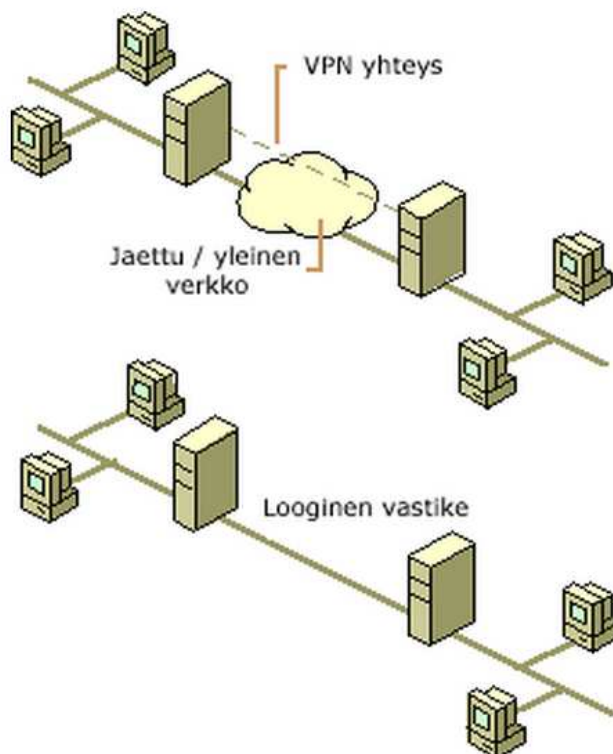
5 Tarvittavat ohjelmat

Kappaleessa käydään lyhyesti läpi tärkeimmät ohjelmistot etäyhteyden luomiseen ja käytön tutkimiseen.

5.1 VPN

Virtuaalinen yksityisverkko, VPN (virtual privat network) rakentaa julkisen siirtoyhteyden yli oma turvallisen ja suojatun verkkoyhteyden, joka näkyy ulospäin kuten normaali-verkko. Tarkoituksena on varmistaa, että siirrettäessä tietoa julkisen siirtotien (esim. Internet) ylitse, data ei muutu, häviä tai joudu kopioiduksi.

VPN-yhteyden perusajatus on esitetty alla olevassa kuvassa 17.



Kuva 13 VPN periaate.

VPN-yhteyden tavoitteena on luoda eristetty tunneli julkisen siirtotien sisään. Kaikkien VPN-reitittimien välillä emuloidaan suoraa Point-to-Point -yhteyttä, jonka ansiosta VPN-verkkoa voi käsitellä kuten normaalia tietoverkkoa. Matkiakseen Point-to-point yhteyttä, tieto varustetaan tunnisteella, joka sisältää reititystiedot sallien sen matkata jaetun tai

yleisen verkon yli päätepisteeseensä. Matkiakseen yksityisyhteyttä, data lähetetään salattuna. Paketit, jotka siepataan jaetussa / yleisessä verkossa ovat lukukelvottomia ilman salauksen purkuavaimia.

VPN-reitittimet voidaan konfiguroida siten, että VPN-verkon kautta kulkeviksi tarkoitetut viestit lähetetään salattuina VPN-palvelimen kautta toiselle reitittimelle. Muut viestit kulkevat puolestaan normaalisti julkiseen verkkoon. Tarvittavat reitittimet asennetaan yleensä yrityksen mahdollisen palomuurin taakse maksimaalisen turvallisuuden takaamiseksi.

VPN-yhteydet sallivat esimerkiksi etätyöntekijän saavuttaa yhteyden organisaation palvelimelle käyttäen hyväkseen julkista verkkoa kuten Internetiä. Käyttäjän näkökulmasta VPN on PTP-yhteys (Point-To-Point) käyttäjän tietokoneen (VPN client) ja organisaation palvelimen (VPN server) välillä. Jaetun / yleisen verkon tarkka infrastruktuuri on yhden- tekevää, koska data näyttää aina olevan lähtöisin suojatusta yhteydestä.

VPN-yhteydet sallivat organisaatioille myös reititetty yhteydet, jotka erottavat maantieteellisesti erinäiset toimipisteet julkisen verkon (esim. Internet) yli säilyttäen samalla turvallisen viestintäyhteyden. Reititetty VPN-yhteys Internetin kautta loogisesti toimii WAN yhteytenä. [16]

5.2 TeamViewer 6

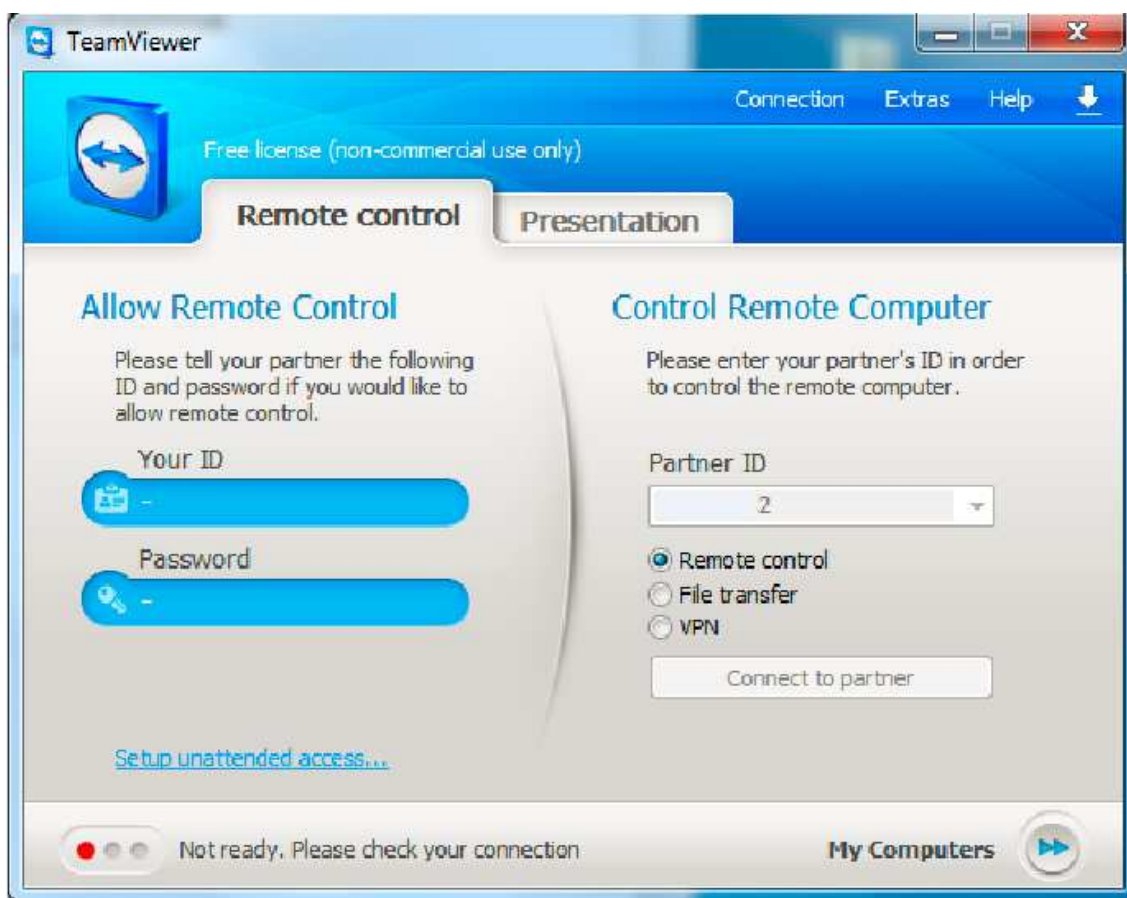
TeamViewer on graafinen käyttöliittymä etäkäyttöön, kuten kuvassa 18. Ohjelman avulla voidaan muodostaa etäkäyttöyhteys, tiedonsiirtoyhteys ja VPN-yhteys. Ohjelma pitää olla asennettuna asiakkaan PC:llä ja etäkäyttö PC:llä. Asiakas luo ID ja salasanan, joita käyttämällä etäyhteys voidaan luoda.

Ohjelma voi toimia palomuurina ja toimii myös NAT:in (network address translation) takaa ilman konfigurointia.

Ohjelma on ilmainen yksityiskäytössä ja maksullinen yrityskäytössä.

Istunnon luonnin yhteydessä TeamViewer määrittää optimaalisen yhteystyyppin. 70 prosentissa kaikista tapauksista pääpalvelintemme kättelyn jälkeen muodostetaan suora UDP- tai TCP-yhteys (jopa standardityyppisten yhdyskäytävien, NAT-verkkojen ja palomuurien taakse). Muut yhteydet reititetään äärimmäisen tehokkaasti hajautetun reititin-verkkomme kautta TCP-protokollaa tai http-tunnelointia käyttäen. TeamViewerin käyttö ei edellytä käyttäjältä minkään porttien avaamista.

TeamViewerin tietoliikenteen suojauksessa käytetään RSA-järjestelmän julkisen ja yksityisen avaimen vaihtoon perustuvaa salausta ja 256-bittistä AES-istuntosalausta. Kyseistä tekniikkaa käytetään myös https- /SSL-suojauksessa, ja se on tämänhetkisten kriteerien mukaan arvioitu täysin turvalliseksi. Tässä menetelmässä yksityinen avain ei koskaan siirry pois Client-tietokoneelta. Näin voidaan varmistaa, että keskenään yhdistetyt tietokoneet – mukaan lukien TeamViewerin reititinpalvelimet – eivät pysty tulkitsemaan datavirran salakoodia. [17]



Kuva 14 TeamViewer.

5.3 Windows Remote Desktop

Myös Microsoftin RDC:tä (remote desktop connection) käytetään etäyhteyksien luomiseen. RDC mahdollistaa toisen PC:n käytön verkon yli.

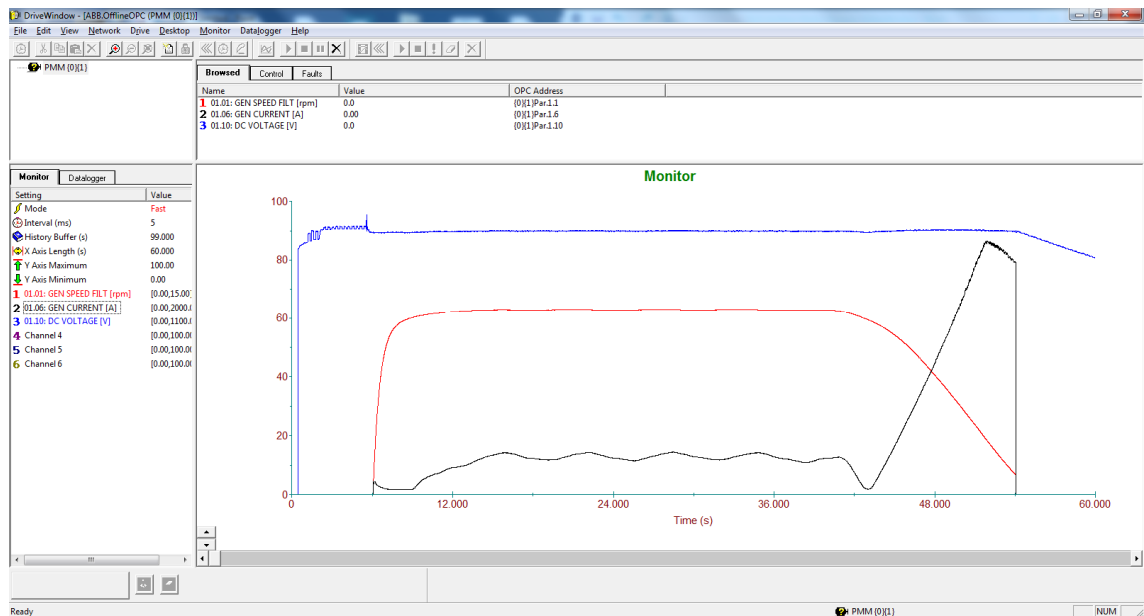
Ohjelma täytyy asentaa PC:lle, ja jo se tuottaa yleensä hankaluuksia. Ohjelma on kuitenkin helppokäyttöinen, mutta salaukset ovat normaaliasetuksin varsin matalat.

5.4 Drivewindow 2.6

Drivewindow (DW) on helppokäyttöinen 32 bittinen windows ohjelma, ACS600- ja ACS800-taajuusmuuttajien käyttöönottoon, huoltoon ja vianhakuun. DW kytketään käyttöön valokaapelin ja RUSB-02 adapterin avulla. Kuvassa 19, on esimerkki drivewindow-sin monitori-ikkunasta.

DW sisältää muun muassa seuraavia ominaisuuksia:

- Toimii myös vanhojen käyttöjen kanssa.
- Voi kytkeä useita käyttöjä yhtä aikaa.
- Käyttää DDCS kommunikointi protokollaa.
- Muuttajien monitorointi numeerisessa ja graafisessa muodossa.
- Etäkäyttö myös sisäverkon kautta.
- Parametrien muuttaminen ja monitorointi.
- Data- ja vikaloggereiden lukeminen ja talletus.
- Parametrien ja ohjelmistojen varmuuskopiointi.
- OPC serveri.



Kuva 15 Drivewindow monitorinäyttö.

6 Verkon testaus

Etäyhteyttä voidaan testata erilaisilla apuohjelmilla, joista käytetyimmät lyhyesti.

6.1 Ping

Verkkoasetusten testaamiseen käytetty apuohjelma. Sen toiminta perustuu ICMP echo- viesteihin, joita se lähettää kohteeseen. Saatujen vastausten perusteella saadaan selville kohteen tila ja verkkoviive matkalla kohteeseen.

Tärkeimmät optiot:

- -t, pingaa kohdetta, kunnes keskeytetään esim. CTRL-C.
- -a, ratkaisee IP-osoitteen nimipalvelun nimiksi.
- 127.0.0.1, testaa yhteyttä paikallisen koneen IP-ohjelmistoon. [18]

6.2 IPconfig

Komento näyttää verkkolaitteen TCP/IP-asetukset Sillä voidaan myös vapauttaa (/release) ja uudistaa (/renew) DHCP-laitteen verkkoasetukset.

Tärkeimmät optiot:

- All, näyttää kaiken konfiguraatitiedon.
- ?, näyttää ohjeen.
- Release, vapauttaa kaikki sovittimet. [18]

7 Verkkoyhteysvaihtoehdot

Tällä hetkelle ei ole pääsyä verkon kautta tuulivoimapuiston kaikkiin turbiineihin yhden serverin kautta. Suurin ongelma on loppuasiakkaan byrokratia.

Viime aikoina on ollut havaittavissa pientä aktivoitumista loppuasiakkaan IT-osastolla, josta myönnetään lupia ottaa yhteyksiä serverin kautta turbiineihin.

Tällä hetkellä on puiston analysointia varten asennettu tietokone asiakkaan verkkoon. Tähän tietokoneeseen on asennettu VPN client, drivewindow ja ohjelmisto tiedonkeruuseen. Kerätty tieto poltetaan DVD:lle ja lähetetään esim. kuukauden välein analysoitavaksi ABB:lle.

Yksittäisten turbiinien kohdalla on käytetty NETA:a, jos siihen on saatu tarvittavat luvat.

Tuuliturbiinipuolella taajuusmuuttajiin on asennettu verkkoadapteri yleensä asiakkaan tarpeiden mukaisesti. Tällä hetkellä käytössä on NETA, jolla saadaan yhteys suoraan taajuusmuuttajaan. Yhteys voidaan muodostaa myös serverin kautta, jos se on kytketty taajuusmuuttajiin tai PC:n kautta joka on kytketty taajuusmuuttajaan.

Käytön liittäminen ethernet väylään voidaan toteuttaa seuraavilla tavoilla:

1. NETA-01
2. NETA-21
3. Käyttöön kytketty PC etäkäyttöohjelmalla.
4. Serveri PC kytkettynä puiston jokaiseen turbiiniin.
5. Oman yhtiön mies paikan päällä.

7.1 NETA-01

Kuvassa 13 on NETA-01 kenttäväylä adapteri, jonka saa optiona taajuusmuuttajiin. NETA voidaan kytkeä taajuusmuuttajaan ethernet-verkkoa hyväksi käyttäen.

Voidaan asentaa myös jälkikäteen. Mekaaninen asennus kiskolle, jotta varmistetaan laitteen maadoitus. Sähköinen asennus vaatii ethernet-kaapelin asennuksen ja 24 Vdc syötön. NETA-01 kytketään taajuusmuuttajiin valokaapelilla rinkiin tai haaroitin-yksikön kautta.

NETA-01 sisältää muun muassa seuraavia ominaisuuksia:

- Laaja yhteensopivuus, toimii myös vanhojen käyttöjen kanssa.
- Taajuusmuuttajaa ei tarvitse parametrisoida monitorointia varten.
- Mahdollisuus kytkeä useampi käyttö.
- Sisältää käyttöliittymän.
- Parametriarvojen lukeminen ja kirjoittaminen.
- Käytön tilatietojen ja muuttuvien parametrien hetkellisarvojen lukeminen.
- Dataloggerin asettaminen, lukeminen ja tallettaminen tiedostoon.
- Raportointi ja tapahtumarekisterit sähköpostilla.
- Ohjaukaskäskyjen antaminen taajuusmuuttajalle.
- Nopeus- tai momenttiohjeen syöttäminen.
- Vian resetointi.



Kuva 16 NETA-01.[8]

7.2 NETA-21

Kuvassa 14 on NETA-21, ethernet-verkkoa käyttävä selain pohjainen etävalvontatyökalu. Se tarjoaa mahdollisuuden käytön monitorointiin ilman taajuusmuuttajalle asennettua PC:tä ja mahdollisuuden automaattiseen raportointiin ulkoisen systeemin kesken. Useita käyttöjä voidaan kytkeä verkkoon käyttäen paneli-väylää tai valokaapeliliitäntää. NETA-21 ei ole tarkoitettu käytön ohjaukseen tai käyttöönottoon.

NETA-21 sisältää muun muassa seuraavia ominaisuuksia:

- Kaksi verkkoliitäntää
 - o Sisäinen (sisäinen verkko)
 - o Ulkoinen (TCP/IP)
 - o Automaattinen tai kiinteä IP konfigurointi.
- Helppo point-to-point yhteys PC:lle.
- Eritasoiset käyttöoikeudet.
- Adapterin ohjelmiston etäpäivitys.
- Käytön ohjelmiston etäpäivitys.
- Ajan synkronointi NTP serveriltä.
- Mahdollisuus käyttää USB modeemia.
- Sisältää käyttöliittymän.
- Raportointi ja tapahtumarekisterit sähköpostilla
- Käytön monitorointi.
- Lukea ja muuttaa käytön parametreja.
- Lukea käytön tilatieto ja muuttuvien parametrien hetkellistietoja.
- Parametrisoida, monitoroida ja tallettaa dataloggeri.
- Lukea ja tallettaa vikahistoria.
- Lähettää sähköposti tapahtumista.
- Käyttää sähköpostia jatkuvaan käyttöjen monitorointiin.
- Käyttää SD muistikorttia jatkuvaan käyttöjen monitorointiin.
- Tallettaa tapahtumat SD muistikortille.
- Tallettaa käytön parametrit ja tapahtumat SD muistikortille.
- Luoda yksilöityjä tapahtuma raportteja.
- Luoda yksilöityjä raportteja sähköpostiin, SD muistikortille ja FTP:lle.



Kuva 17 NETA-21. [8]

7.3 Käyttöön kytketty PC etäkäyttöohjelmalla

Tässä ratkaisussa verkkoyhteys otetaan ulkoiseen PC:hen, johon on asennettu etäkäyttöohjelma. Ulkoinen PC on kytketty turbiinin PLC:hen ja sen kautta käyttöön tai suoraan käyttöön. Ulkoiseen PC:hen asennetaan tarvittavat etäkäyttöohjelmisto sekä työkaluohjelmistot, joita käytetään yhteyden muodostamiseen, tiedon keruuseen ja testaukseen. Tarvitaan myös verkkoyhteys, joka voidaan muodostaa asiakkaan verkon tai mobiili laajakaistaa hyväksikäyttäen. Joillakin asiakkailla on turbiinikohtainen PC valmiiksi asennettuna, jota voidaan myös käyttää ohjelmistojen asentamisen jälkeen.

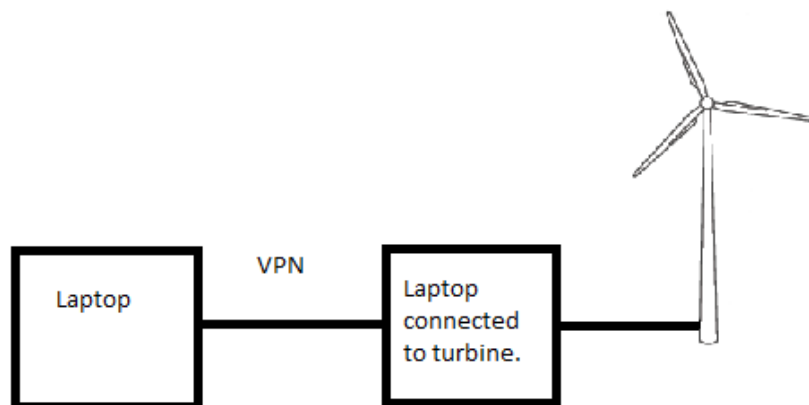
Katso Kuva 18 Ulkoinen PC kytketty yhteen turbiiniin.

Hyvät puolet:

- Tarvitsee oman verkkoyhteyden (mobiililaajakaista).
- Saa asiakkaalta helposti luvan.
- Asiakkaan ei tarvitse kontrolloida tietoa, jos kytketään suoraan taajuusmuuttajaan.
- Käytettävään PC:hen on helppo asentaa tarvittavat ohjelmistot.

Huonot puolet:

- Useimmissa tapauksissa hidas asentaa (lähetys turbiinille ja asennus).
- Tarvitsee oman verkkoyhteyden (mobiililaajakaista).
- Verkkoyhteydet eivät välttämättä toimi kaukaisilla turbiineilla.



Kuva 18 Ulkoinen PC kytketty yhteen turbiiniin.

7.4 Serveri PC kytkettynä puiston jokaiseen turbiiniin.

Tässä vaihtoehdossa otetaan yhteys etäkäyttöohjelman kautta asiakkaan palvelimeen palomuurin läpi. Palvelin on yhdistetty kytkimen kautta puiston kaikkiin turbiineihin ja sitä kautta myös käyttöihin. Palvelimelle on asennettu tarvittavat työkaluohjelmistot, joilla saadaan tarvittavat tiedot kerättyä tai tarvittavat testit tehtyä.

Tässä on suurin ongelma loppuasiakkaan byrokratia. Byrokratiaa nopeuttavat pääsääntöisesti vain tuotannonmenetyksistä aiheutuvat kustannukset.

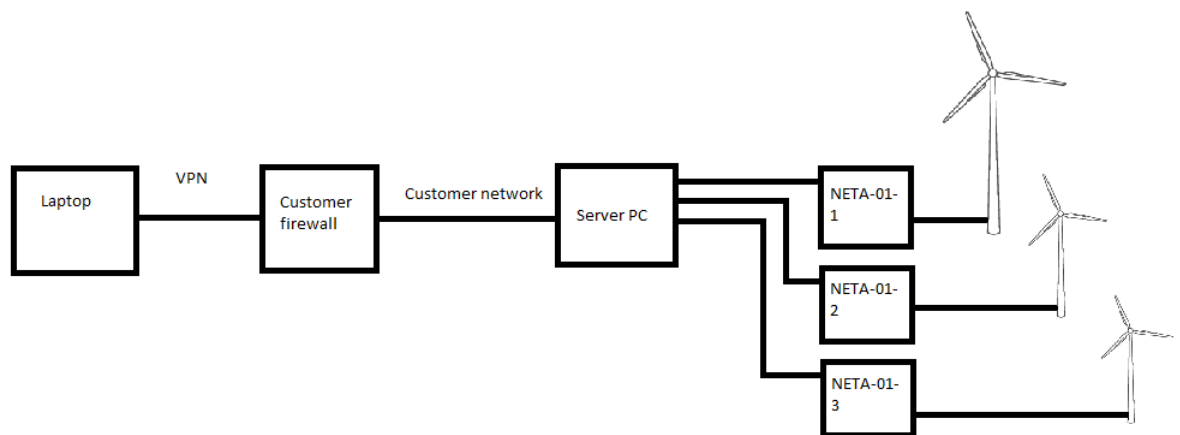
Katso kuvasta 15 periaate, jossa palvelin on kytketty puiston kaikkiin turbiineihin.

Hyvät puolet:

- Yhteys kaikkiin turbiineihin yhden serveri PC:n kautta.
- Asiakas voi kontrolloida tietoa ja yhteyksiä verkon eri osiin.
- Tavoittaa nopeasti kaikki käytöt.

Huonot puolet:

- Pääsy serverille hankalaa.
- Hankala saada lupa serverille asennettaviin työkaluohjelmiin.
- Asiakkaan täytyy kontrolloida tietoa / pääsyä verkon eri osiin.
- Loppuasiakkaan byrokratia.
- Mahdollisista ongelmista aiheutuvat vastuukysymykset.



Kuva 19 Tuulivoimapuiston palvelin kytketty puiston kaikkiin turbiineihin.

7.5 Oman yhtiön työntekijä paikan päällä

Joskus käy myös niin että paikalla voi olla oman yhtiön työntekijä, jolla ei välttämättä ole tarvittavaa tietotaitoa taajuusmuuttajan korjaamiseen tai säätämiseen, mutta hänellä on PC ja sitä kautta yhteys yhtiön omaan verkkoon ja taajuusmuuttajaan. Tällöin paikalla oleva työntekijä jakaa PC:nsä pikaviestisovelluksen (esim. lync) kautta, jotta henkilö jolla on tarvittava tietotaito voi tarkastella parametrejä tms. esim. konttorilta käsin.

8 Etäyhteyksien vertailu

Eri yhteysmahdollisuudet katsottiin manuaaleista ja vertailtiin niiden käytettävyyttä osaston omaan ja asiakkaan tarpeeseen.

Asiakkaan tarve on yleensä saada turbiini tuottamaan mahdollisimman nopeasti. Nykyisin on tullut myös tarvetta muun muassa käyttöasteen nostamiselle ja erilaisiin seurantatapahtointiin.

Oma tarve on luonnollisesti saada riittävästi tietoa päätöksenteon tueksi, mitä käytöstä on saatavissa mahdollisimman helposti, jotta siitä saadaan tarvittava tieto asiakkaalle. Taulukossa 1 käydään läpi perustoiminnot.

Tämä tarkoittaa että käytöstä voidaan perustapauksessa lukea ja tallentaa vähintään:

- parametrit
- vikahistoria
- tapahtumarekisteri

Lisäksi olisi oltava mahdollisuudet:

- lukea sisäinen kommunikointi
- käytön resetointi
- dataloggereiden käyttö
- muuttaa parametreja
- käytön monitorointi.

Taulukko 1 Vaihtoehtojen vertailu

Toiminta: on mahdollista	NETA-01	NETA-21	Käyttöön kytetty PC etä-käyttöohjelmalla	SERVERI PC
Lukea parametrit	X	X	X	X
Lukea vikahistoria	X	X	X	X
Lukea tapahtumahistoria	X	X	X	X
Lukea sisäinen kommunikointi			X	X
Muuttaa parametreja	X	X	X	X
Käytön monitorointi	X	X	X	X
Dataloggereiden käyttö			X	X
Käytön resetointi			X	X

Pelkästään taulukon 1 mukaan ei kannata yhteyttä valita, vaan se riippuu myös asiakkaan mahdollisuuksista ja siitä, mitä tällä halutaan saavuttaa.

Taulukosta 1 voi lukea, että PC kytkettynä käyttöön tai serverin kautta, on käyttökelpoisiin. Tämä ei kuitenkaan anna koko kuvaa niistä mahdollisuuksista ja käytettävyydestä, mitä eri mahdollisuudet tarjoavat. Niistä lyhyesti alla.

NETA-01 on tehty niin, että se on taaksepäin yhteensopiva vanhojen käyttöjen kanssa. Tämä luo rajat mitä laitteella voi tehdä, koska se rajoittaa ohjelmistojen kehittämistä, uudempien käyttöjen tarjoamiin mahdollisuuksiin.

NETA-21 on tehty vain edellisen ja uusien taajuusmuuttajasukupolvien mahdollisuuksien mukaan. Laite tarjoaa laajemmat muun muassa raportointimahdollisuudet ja ohjelmistojen asennukset. Laite itsessään on helpompi käyttää, niin erilaisten asetusten kuin normaalin käytettävyyden osalta.

Käyttöön kytketty PC suoraan tai serverin kautta otettu yhteys tarjoaa samat perusominaisuudet. Tästä voi sanoa haittaavana puolen sen, että koska käytössä on drivewindow, niin se ei tarjoa suoraan esimerkiksi raportointia.

9 Valitun etäyhteyden testaus

Työssä valittiin ACS800 pohjaisille turbiineille kokeiltaviksi käyttöön kytketty PC etäkäyttöohjelmistolla. Tätä kokeiltiin eri asiakkailla kahdella eri tavalla, riippuen asiakkaan käyttämistä ohjelmistoista.

1. Turbiiniin asennettu PC teamviewer 6 ohjelmistolla.
2. Turbiiniin asennettu PC openVPN ohjelmistolla.

Päätökseen vaikuttivat asiakkaan tarve ja ratkaisun helppous, koska asiakas käytti myös etäyhteyttä turbiinille ja tarvittavat ohjelmat kyseisissä tapauksissa oli asennettu, eli teamviewer ja drivewindow tai openVPN ja drivewindow olivat jo asennettu paikalliseen PC:n.

9.1 Turbiiniin asennettu PC teamviewer 6 ohjelmistolla.

Käyttöön oli asennettu peruskommunikointi vaihemoduleiden ja haaroitinyksiköiden välille ja käyttö on varustettu myös NETA-01:lla.

Asiakas loi uudet käyttäjätunnukset ja salasanat uutta yhteyttä varten.

Asensin omaan PC:hen teamviewer ohjelmiston, jolla saadaan luotua yhteys asiakkaan antamalla käyttäjätunnuksilla ja salasanalla.

Kun yhteys käyttöön saatiin, generaattori- ja verkkopuolen inverttereiden parametrit ja vikahistoriat saatiin luettua. Vikahistoria ja parametrit kertoivat että tarkkaan vian hakuun tarvitaan lukea myös sisäinen kommunikointi.

Peruskommunikoinnissa sisäistä kommunikointia ei ole kytketty jakajayksikölle niin että se olisi etäluettava, vaan se pitää tehdä manuaalisesti, eli kytkeä PC suoraan jakajayksikköön.

Mekaaniset muutokset kommunikoinnissa tarkoittivat kolmen lisävalokaapelin kytkemistä, joka saatiinkin tehtyä.

Muutoksien jälkeen, myös sisäinen kommunikointi saatiin luettua, ja vika paikallistettua. Paikallinen service-yksikkö ohjeistettiin tilaamaan tarvittavat osat ja he kävivät korjaamassa vian.

Tässä kokeilussa saatiin tehtyä kaikki perustapaukset eli parametrien, vikahistorian ja tapahtumarekistereiden lukeminen ja tallettaminen. Loppujenlopuksi tuli myös tarve tehdä tarkentavia lisämittauksia, johon tarvittiin tehdä muutoksia kommunikointiin.

Tämän jälkeen saatiin pääteltyä viallinen osa, ja tilattiin paikallinen huoltoyksikkö tarvittavin varaosin paikalle, suorittamaan korjaus.

Kommentit etäyhteyden käytöstä:

- Asiakkaan tietokoneeseen tarvittavien ohjelmistojen asennus / tarkastus.
- Tarvittavien asennusten helppous riippuu asiakkaan motivaatiosta.
- Yhteys helppo muodostaa.
- Käyttö helppoa.
- Saa kaikki tarvittavat tiedot vianhakuun.
- Tällä voi sekoittaa asiakkaan prosessin.

9.2 Turbiiniin asennettu PC openVPN ohjelmistolla.

Käyttöön oli asennettu peruskommunikointi vaihemoduleiden ja haaroitinyksiköiden välille ja käyttö on varustettu NETA-01:lla.

Asiakas loi uudet käyttäjätunnukset ja salasanat uutta yhteyttä varten.

Asensin omaan PC:hen openVPN ohjelmiston, jolla saadaan luotua yhteys asiakkaan antamalla käyttäjätunnuksilla ja salasanalla. Konfiguroinnin ja sertifiointin asennuksen

jälkeen yhteyden ottaminen ei onnistunut työ PC:llä, koska oma palomuuuri ei sallinut openVPN yhteyttä ulospäin.

Yhteyden salliminen olisi vaatinut luvan hakemista IT-osastolta, joka on ulkoistettu kolmannelle osapuolelle. Luvan saantiin olisi mennyt viikkoja, joten openVPN asennettiin osastolle ostettuun PC:hen, joka ei ole yhtiön IT-osaston hallinnoima. Tämän jälkeen yhteys oli mahdollista luoda, mutta huomattiin että verkko turbiinille oli liian hidas, jotta NETA toimisi oikein.

Verkkoa testattaessa ping komennolla, huomattiin että kutsuun vastausaika oli yli 1000 msek. Tämä tarkoittaa hyvin hidasta verkkoyhteyttä, jossa NETA ei voi toimia.

Tässä tapauksessa yhteyttä ei voitu muodostaa kahden eri syyn takia:

1. Oma palomuuuri esti yhteyden.
2. Liian hidas verkkoyhteys.

10 Johtopäätökset

Turbiinille on yleensä aina jonkinlainen verkkoyhteys, mutta ei ole pelkästään asiakkaasta kiinni, kuinka verkkoyhteyden saa toimimaan.

Asiakkaalla on omat rajoitteensa, mutta se on vain yksi puoli. Toinen puoli on oma tietoturvallisuuteen liittyvä politiikka, joka tässäkin tapauksessa esti täysin VPN yhteyden käytön yhtiön IT-osaston hallinnoimalta tietokoneelta.

Mahdollisuudet ovat rajalliset, riippuen turbiinin sijainnista ja asiakkaan näkemistä menetyksistä.

Tarvittavat laitteet ja sofat ovat olemassa, mutta ongelmat aiheuttaa asiakkaan hidas ja kankea byrokratia.

Yleensä asiakkaan byrokratiaa nopeuttaa huomattavasti tarvittavan avun laajuus eli kuinka paljon asiakas menettää taloudellisesti, jos verkkoyhteyksiä ei saada toimimaan.

Riippuu tarpeesta millainen etäyhteys käyttöön kannattaa asentaa. Jos tarvitaan perusvian hakua, niin siihen käy kaikki vaihtoehdot. Jos on tarvetta erilaisiin raportointiin, niin silloin kannattaa valita joko NETA-01 tai NETA-21, riippuen käytöstä. Näistä kahdesta NETA-21 jos se vain käy käytön puolesta mahdollista. Näihin kumpaankin saa raportointi mahdollisuuden, joskin NETA-01 tarvitaan ohjelmointi taitoa.

NETA-21 on käyttökelpoinen vianhaussa ja erilaisissa käytettävyyden- ja käyttöasteen mittauksessa ja niiden nostamisessa.

Uusissa käytöissä on NETA-21 yleensä asennettu tehtaalla, mutta se voidaan asentaa myös jo käytössä oleviin turbiineihin.

Yhteys turbiinilla olevaan PC:hen joka on kytketty suoraan käyttöön, voidaan toteuttaa kaikki tarvittavat vianhaut ja mittaukset. Tämä mahdollisuus on lähinnä vain yksittäisiin turbiineihin, en näe mielekkäänä esimerkiksi 100 turbiinin tuulivoimapuistossa kytkeä PC:tä jokaiseen turbiiniin.

Serverin kautta päästään käsiksi puiston kaikkiin turbiineihin, mutta lupaprosessi on hidas. Muutamassa yksittäisessä tuulivoimapuistossa ollaan kuitenkin menossa parempaan suuntaan helpomman sisäverkon käyttämisen kanssa.

Työn aikana tehty etäkäyttö koettiin helpoksi ja varmaksi yhteydeksi, kunhan se saatiin luoduksi. Yhteys oli nopeaa eikä siinä huomattu katkoksia tai hitautta.

Etäkäytön aikana huomattu sisäisen kommunikoinnin puuttuminen jakajalaitteelta, ei todennäköisesti aiheuta muutoksia tuotannossa, koska yleensä voidaan parametrien ja

vikahistorian perusteella päätellä vika. Usein myös kyseiset jakajalaitteet on asennettu tehtaalla, riippuen käytön kokoluokasta.

Uuden sukupolven laitteet kytketään ohjauskortistaan suoraan puiston sisäverkkoon. Työkaluohjelma asennetaan serveri-koneelle, josta saadaan yhteys puiston jokaiseen käyttöön. Työkalun avulla saadaan tehtyä kaikki peruskäyttöön liittyvät mittaukset ja muutokset ja lisäksi muun muassa uudet ohjelmat voidaan asentaa sen kautta, verrata puiston kaikkien turbiinien parametrit keskenään.

Myös tässä täytyy saada lupa loppuasiakkaalta sisäverkon käyttöön.

Lähteet

- [1] Tuulivoima Suomessa. Verkkodokumentti. Suomen tuulivoimayhdistys. <<http://www.tuulivoimayhdistys.fi/tietoa-tuulivoimasta/tietoa-tuulivoimasta/tuulivoima-suomessa-ja-maailmalla/tuulivoima-suomessa>>. Luettu 18.6.2015.
- [2] Tuulivoima Suomessa. Verkkodokumentti. Suomen tuulivoimayhdistys. <http://www.tuulivoimatieto.fi/tuulivoima_suomi>. Luettu 16.6.2015.
- [3] Pystyakselliset tuulivoimalat. Verkkodokumentti. Suomen tuulivoimayhdistys. <<http://www.tuulivoimatieto.fi/pystyakselliset>>. Luettu 18.6.2015.
- [4] Toimintaperiaatteen mukainen luokittelu. Verkkodokumentti. Suomen tuulivoimayhdistys. <<http://www.tuulivoimatieto.fi/toimintaperiaate>>. Luettu 18.6.2015.
- [5] Tuulivoimaloiden säätötavan mukainen luokitus. Verkkodokumentti. <<http://www.tuulivoimatieto.fi/saatotapa>>. Luettu 19.6.2015.
- [6] Motivan julkaisu 1999. Tuulivoiman projektiopas 1999.
- [7] Lauri Aura, Antti J. Tonteri. 1986. Sähkömiehen käsikirja 3. Porvoo: WSOY:n graafiset laitokset.
- [8] ABB Oy. 14.1.2011. System description and start-up guide ACS800-67LC wind turbine converters.
- [9] ABB Oy. 27.5.2011. System description and start-up guide ACS800-87LC wind turbine converters.
- [10] ABB Oy. 12.12.2011. System description and start-up guide ACS800-77LC wind turbine converters.
- [11] Matti Puska. 1999. Lähiverkkojen tekniikka pro training. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

- [12] TCP/IP. Verkkodokumentti. <<http://fi.wikipedia.org/wiki/TCP/IP>>. Luettu 21.6.2015.
- [13] OSI-malli. Verkkodokumentti. <<http://fi.wikipedia.org/wiki/OSI-malli>>. Luettu 21.6.2015.
- [14] MAC-osoite. Verkkodokumentti. <<http://fi.wikipedia.org/wiki/MAC-osoite>>. Luettu 25.6.2015.
- [15] Teollisuusautomaation tietoturva. Verkkodokumentti. <<https://www.viestintavirasto.fi/attachments/tietoturva/TeollisuusautomaationTietoturva.pdf>>. Luettu 20.8.2015.
- [16] VPN-verkot. Verkkodokumentti. <<http://www.2kmediat.com/vpn/johdanto.asp>>. Luettu 22.6.2015.
- [17] TeamViewerin turvallisuutta koskevat tiedot. Verkkodokumentti. <<http://downloadeu1.teamviewer.com/docs/fi/TeamViewer-Security-Statement-fi.pdf>>. Luettu 22.6.2015.
- [18] Kimmo Kaario, TCP/IP-verkot, 2002, WS Bookwell, Porvoo 2002.
- [19] ABB Oy. 15.2.2010. User's manual Ethernet adapter module NETA-01.
- [20] ABB Oy. 18.12.2014. User's manual NETA-21 remote monitoring tool.