



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
VASA YRKESHÖGSKOLA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Arto Latvala

PIENVESIVOIMALAITOKSEN SOVELLUSSUUNNITTELU

Tekniikka ja liikenne
2013

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Arto Latvala
Opinnäytetyön nimi	Pienvesivoimalaitoksen sovellussuunnittelu
Vuosi	2013
Kieli	suomi
Sivumäärä	67 + 5 liitettä
Ohjaaja	Olli Tuovinen

Tässä insinöörityössä tarkastellaan pienvesivoimalaitoksen automaatiosovelluksen suunnittelua ja toteutusta. Automaatiosovellukseen kuuluvat itse automaatio-ohjelmat, ohjauspaneelit sekä kommunikaatorajapinnat kaukokäyttöjärjestelmään.

Vanhan turbiinigeneraattorin (G1) automaatiojärjestelmä oli toteutettu toisen valmistajan laitteilla. Tämä järjestelmä korvattiin uusilla ABB:n laitteilla sovittaen vanhat apulaitteet ja -järjestelmät uuteen automaatioon. G1 koneiston turbiini on semi-Kaplan-tyyppinen.

Uuden turbiinigeneraattorin (G2) automaatio suunnitellaan alusta alkaen turbiini-toimittajan antamiin tietoihin pohjautuen. G2 koneiston turbiini on bulb-tyyppinen.

Projektin tehdas- ja työmaakoestukset suoritettiin yksikön testialueella ja voimalaitoksella. Koestuksissa käytiin läpi paljon kohtia joiden toiminta voitiin simuloida. Näiden koestuksien jälkeen laitoksen käyttöönotto on luotettavampaa, helpompaa ja siten kustannustehokkaampaa. Työssä löydettiin ratkaisu G1 koneiston modernisointiin ja G2 koneiston järjestelmän luontiin. G1 koneiston ja G2 koneiston automaatiojärjestelmien välinen tietoliikennöinti oli helpompi ja luotettavampi toteuttaa uusilla komponenteilla.

KÄYTETTYJÄ LYHENTEITÄ JA MERKINTÖJÄ

AC	Alternative Current, vaihtovirta
CPU	Central Processing Unit, keskusyksikkö
DC	Direct Current, tasavirta
FAT	Factory Acceptance Test, tehdaskoestus
Hardware	Laitteisto
HMI	Human-Machine Interface, käyttöliitymä
Hz	Taajuus, Hertsi
IO	Input/Output
JOP	Johtopyörä
JUP	Juoksupyörä
KU40	Kuumic KU40 IEC-ala-asema
PLC	Programmable Logic Controller, ohjelmoitava logiikka
PS	Pikasulku
Rpm	Pyörimisnopeus, kierrosta minuutissa
SAT	Site Acceptance Test, työmaakoestus
Software	Ohjelmisto
TG	Turbine Generator

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

LIITELUETTELO	7
1 JOHDANTO	8
2 ABB OY:N POWER GENERATION- YKSIKKÖ LYHYESTI	9
3 YLEISTÄ VESIVOIMALOISTA	10
3.1 Pienvesivoima	10
3.2 Virtausdynamiikka	11
3.3 Turbiinityypit	14
3.3.1 Kaplan-turbiini	14
3.3.2 Bulb-turbiini	16
3.3.3 Muita turbiinityyppejä	17
3.4 Vesivoimalaitos automaation kannalta	18
3.4.1 Turbiinin säätö	18
3.4.2 Tulvaluukku	20
3.4.3 Mittaukset	20
3.4.4 Paikalliskäyttö	22
3.4.5 Kaukokäyttö	22
4 G1 KONEEN AUTOMAATIOSUUNNITTELU	24
4.1 Yleistä G1- koneistosta	24
4.2 G1 koneen sovellussuunnittelu	27
4.2.1 Hardware, G1 kone	27
4.2.2 Software, G1 kone	30
4.2.3 Softwaren suunnittelu, G1 kone	31
4.3 Testaukset	50
4.3.1 FAT, tehdaskoestus	50
4.3.2 SAT, työmaakoestus	52
5 G2 KONEEN AUTOMAATIOSUUNNITTELU	53
5.1 Yleistä G2 koneistosta	53
5.2 G2 koneen sovellussuunnittelu	55
5.2.1 Hardware, G2 kone	55

	6
5.2.2 Software, G2 kone.....	56
5.2.3 Softwaren suunnittelu, G2 kone.....	56
5.3 FAT- testaus.....	64
6 PÄÄTELMIÄ.....	66
LÄHTEET.....	67

LIITELUETTELO

LIITE 1. Ote G1 signaalilistasta

LIITE 2. Ote G2 signaalilistasta

LIITE 3. KU40 parametrit

LIITE 4. Ote SCADA Signaalilistasta

LIITE 5. Paneeli-ikkunat

1 JOHDANTO

Tässä insinööriyössä tarkastellaan pienvesivoimalaitoksen automaatiosovelluksen suunnittelua ja toteutusta. Pienvesivoimaloita on Suomessa ja maailmalla paljon, ja useat on toteutettu vanhentuvilla tekniikoilla. Suomessa pienvesivoimalaitoksilla ei yleensä ole isojen laitoksen etuja (isot virtaukset ja/tai putouskorkeudet), joten erilaisiin turbiini- ja ohjaustekniikoihin tulee kiinnittää huomiota. Näin voidaan saavuttaa parhaat tehot ja hyötysuhteet puhtaasta vesivoimasta.

Tarkasteltavassa kohteessa on sekä uutta että vanhaa tekniikkaa. Eri tekniikoiden yhteen sovittaminen erilaisilla ohjaustavoilla on tärkeää parhaan toiminnan saavuttamiseksi.

Vesivoimalaitokset ovat siirtyneet suurilta osin kaukokäyttäviksi. Tilatiedot ja ohjauskäskyt tulee saada luotettavasti keskusvalvomoihin, jotta oikeat toimenpiteet voidaan tehdä ja käynnit laitoksella jättää minimiin.

Tehdaskoestuksissa voidaan käydä läpi sekvenssien-, säätöjen-, ohjaustapojen ja suojauskien toiminnat. Näin toimimalla voidaan varmistaa oikea toiminta. Kaikkia ei kuitenkaan voida tehdä ennen veden laskemista kanavaan. Näitä ovat mm. osa turbiinisäädön parametreista.

2 ABB OY:N POWER GENERATION- YKSIKKÖ LYHYESTI

ABB Oy:n Power Generation- liiketoimintayksikkö on osa ABB:n Power Systems- divisioonaa. Power Generation toteuttaa erilaisia voimantuotannon projekteja ja huoltopalveluja sekä kotimarkkinoille että vientiin. Yksikkö ei ole tuotteita valmistava yksikkö. Yksikkö toimittaa projekteja sekä vesi-, lämpö-, että moottorivoimalaitoksiin.

Power Generation- yksikössä työskentelee n.70 projektitoiminnan ammattilaista. Osastolla on insinöörejä eri osaamisalueilta sähköistämisestä ja suojauksesta automaatioon ja kaukokäyttöihin.

Yksiköllä on nykyaikainen ja turvallinen tehdaskoestusalue (Factory Acceptance Test area), FAT-alue. FAT-alueelle tuodaan projekteille toimitettavat kaapit ja kojeistot testauksia, tarkastuksia ja simulointeja varten. FAT-testin suorittaa yleensä samat henkilöt jotka ovat suunnitelleet testattavat laitteet.

Vaasan Power Generation- yksikkö tekee yhteistyötä Norjan yksikön kanssa. Norjan yksikkö tekee samoja töitä kuin Vaasan yksikkö.

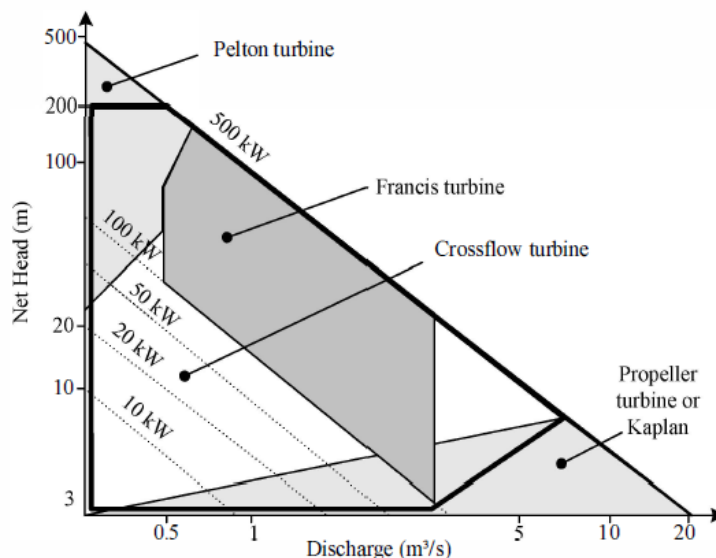
3 YLEISTÄ VESIVOIMALOISTA

Tämä luku antaa yleistä tietoa vesivoimasta, virtausdynamiikasta ja turbiinityy-
peistä. Tarkemmassa tarkastelussa ovat projektissa kohteena olevat Kaplan- ja
bulb-turbiinityypit. Automaatio-osiossa kerrotaan olennaiset osat, jotka toistuvat
kaikissa laitoksissa.

3.1 Pienvesivoima

Uusiutuvan energiantuotannon osuutta energian kulutuksessa halutaan nykyään
kasvattaa monissa maissa. Vesivoima on yksi tärkeimmistä ja vanhimmista ener-
gian tuotannon muodoista, ja myös pienemmät sovellukset ovat tärkeämmässä
roolissa. Tulevaisuuden hajautetussa energiantuotannossa pienvesivoimalaitokset
tehoiltaan muutamista kilowateista satoihin kilowatteihin tulevat yleistymään. /5/

Turbiinin valinnassa vesivoimalaitokseen vaikuttavat putouskorkeus ja virtaus.
Pienvesivoimalassa molemmat suureet ovat pieniä verraten tavanomaisiin vesi-
voimalaitoksiin, mutta putouskorkeus/virtaus suhde voi olla melko samanlainen.
Turbiinin valintaa tehdessä tarkastellaan mm. kuvan 1 mukaisia taulukoita. /5/



Kuva 1. Turbiinin valintataulukko pienvesivoimalaan. /5/

Kuvasta nähdään laaja skaala vaihtoehtoista. Suomen oloissa matalien putouskorkeuksien vuoksi päädytään usein Kaplan-turbiineihin.

3.2 Virtausdynamiikka

Turbiinin teho riippuu putouksen korkeudesta ja virtauksesta. Vedellä on voimalaitoksen kanavassa potentiaalienergiaa E_g . [kJ] /7/

$$E_g = mgh \quad (1)$$

Jossa:

m =massa [kg]

g =putoamiskiihtyvyys [ms^2]

h =pudotuskorkeus [m]

Veden massa on sidoksissa veden virtaukseen. Veden tilavuusvirtaus Q_v [m^3/s] ilmoitetaan yksikössä m^3/s . Täten veden massavirtaus Q_m [kg/s] voidaan laskea: /7/

$$Q_m = \rho * Q_v \quad (2)$$

Jossa:

ρ = veden tiheys [kg/m^3]

Tämä energia pyritään käyttämään turbiinigeneraattorin pyörittämiseksi. Tehoa P [kW] laskettaessa edellisessä kohdassa mukana oleva ajanyksikkö t [s] supistuu pois, joten massavirtausta voidaan käyttää yhtälössä suoraan massana. /7/

$$P = \frac{E_g}{t} \quad (3)$$

Turbiinista ulos saatava teho on hyötysuhteen verran huonompi kuin laskennallinen teho, joten edellinen laskelma ei ole suoraan yleispätevä kaikkiin turbiineihin. /7/

Vastaava tarkastelu voidaan tehdä myös *Bernoullin lakia* (yhtälö 4) soveltaen. Bernoullin laki tarkastelee nesteen tai kaasun virtausta. /7/

$$p_1 + \rho g h_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = p_2 + \rho g h_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 \quad (4)$$

Jossa:

p_1 =paine yläveden pinnalla

p_2 =paine turbiinin siivellä

h_1 =yläveden pinta

h_2 =alaveden pinta

v_1 =virtausnopeus yläveden pinnalla

v_2 =virtausnopeus turbiinissa

Edellisen yhtälön (4) mukaan voidaan päätellä veden virtausnopeus [m/s] turbiinissa. Virtausnopeus on eri kuin tilavuusvirtaus.

Tässä tapauksessa Bernoullin laista voidaan supistaa merkityksettömiä komponentteja pois (poistettavat komponentit lisäävät summaan arvon 0). Tällainen komponentti on yläveden pinnan virtausnopeus. Se voidaan jättää pois, koska sen merkitys on pieni ($v_1 \ll v_2$). Yhtälö muuttuu muotoon: /7/

$$p_1 + \rho g h_1 = p_2 + \rho g h_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 \quad (5)$$

Yhtälöstä (5) voidaan ratkaista virtausnopeus v_2 .

$$v_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot (p_1 - p_2)}{\rho} + 2g(h_1 - h_2)} \quad (6)$$

Yhtälö (6) kuvaa ideaalista tilannetta, jossa virtaukseen ei aiheudu pyörteitä tai kitkatekijöitä. Nämä tulee huomioida teknisiä sovelluksia toteutettaessa. /7/

Tarkastelun perusteella juoksunpyörän siiville tuotetaan voima:

$$F = \rho A v_2 \quad (7)$$

Jossa A=vapaa poikkipinta-ala. /7/

Vesivoimalasovelluksessa turbiinin tehoon vaikutetaan nimenomaan muuttamalla A:ta yhtälössä (7). /14/

Edellä kuvatut virtausdynaamiset voimat muutetaan turbiinin momentiksi tuottamaan liike-energiaa generaattorin pyörittämiseksi. Tarkastelemalla vain lähtötilannetta, turbiinin mekaaninen momentti M_{mek} on verrannollinen kolmeen suureen, pudotuskorkeuteen, pyörimisnopeuteen ja virtaukseen. Huomioiden myös hyötysuhteen M_{mek} on: /6/

$$M_{mek} = \frac{Q h \mu}{\omega} \quad (8)$$

Jossa:

ω =pyörimisnopeus

μ =hyötysuhde

Tarkempi tulos turbiinin momentille M_{mek} saadaan tehoyhtälön (3) perusteella;

$$M_{mek} = P * \omega \quad (9)$$

tai voimayhtälön (7) mukaan:

$$M_{mek} = F * r \quad (10)$$

Jossa r= voiman vaikutussuoran varsi.

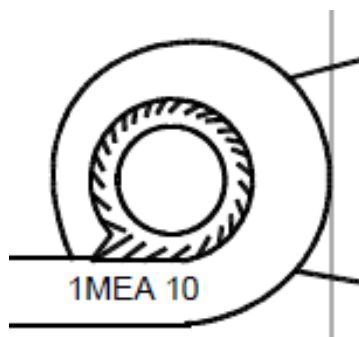
Momenttia tarvitaan turbiinin kiihdyttämiseen ja generaattorin pyörittämiseen kuormitettuna. Generaattorin teoria jätetään käsittelemättä tässä insinööriyössä, koska se ei ole oleellista automaatiosovelluksen kannalta.

3.3 Turbiinityypit

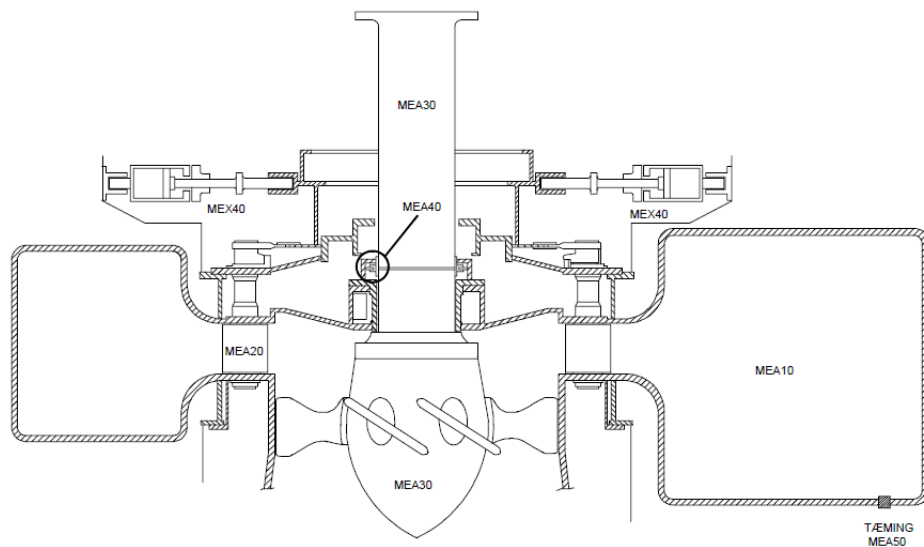
3.3.1 Kaplan-turbiini

Kaplan-turbiini on saanut nimenä keksijänsä itävaltalaisen Viktor Kaplanin mukaan.

Kaplan-turbiinin juoksupyörälle vesi annetaan spiraalin muotoisesta tuloputkesta. Tuloputken spiraalin muodon vuoksi vettä voidaan antaa yhtä paljon jokaisen johtosolukkeen läpi (**Kuva 2**). Kaplan-turbiinin juoksupyörän siipien ja johtosolukkeiden asentoa voidaan muuttaa optimaalisen momentin saamiseksi akselille. Kaikissa tapauksissa Kaplan-turbiinin johtosolukkeita ei voi säätää, vaan ne ovat joko kiinni tai auki. Tällaista turbiinia sanotaan semi-Kaplan-turbiiniksi. Kaplan-turbiini apulaitteineen on esitetty kuvassa 3. /8/



Kuva 2. Havainnekuva Kaplan-turbiinin tuloputkesta /8/



Kuva 3. Kaplan-turbiini /8/

Kaplan-turbiinin momenttia säädetään muuttamalla läpi juoksutettavaa virtausta. Yhtälössä (4) virtaus Q on säädettävä suure momentin aikaansaamiseksi. Pyörimisnopeutta pidetään jatkuvassa tilassa vakiona. Pudotuskorkeus on riippuvainen kunkin hetken vesitilanteesta tai turbiinin läpi juoksutettavasta virtauksesta, johon säätö vaikuttaa. /6/

Kaplan-turbiineissa virtaus Q ja hyötysuhde μ on funktio neljästä suureesta:

$$Q = Q(h, \omega, yW, yR) \quad (11)$$

$$\mu = Q(h, \omega, yW, yR) \quad (12)$$

Jossa:

yW =johtosolukkeen asento

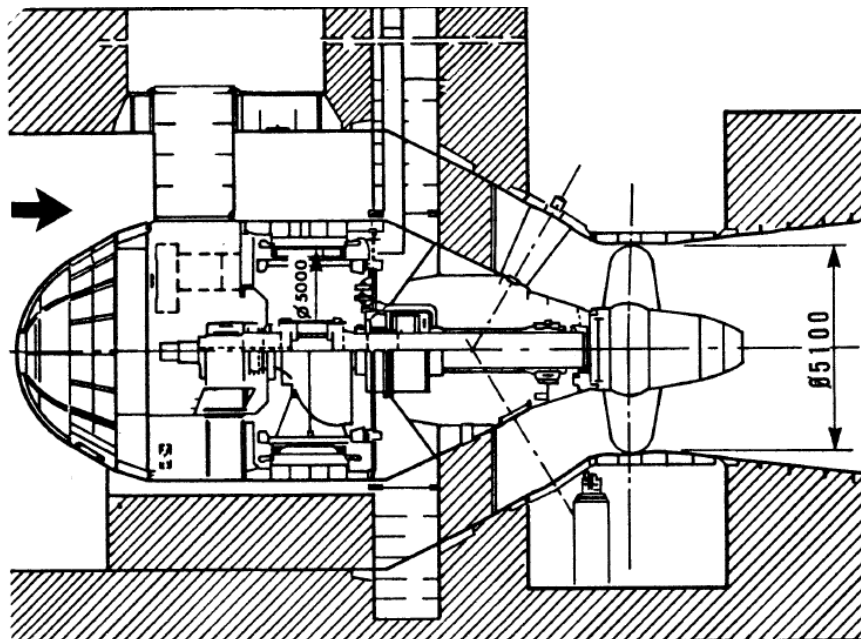
yR =juoksupyörän asento

Kaplan-turbiini on yleinen turbiinityyppi Suomessa, koska Kaplan-turbiinin ominaisuudet ovat paremmin käytettävissä Suomen melko matalissa putouskorkeuk-

sisä. Jos pudotuskorkeus h on iso, johtosolukkeen- ja juoksupyörän siipien asennon merkitys vähenee yhtälöissä (11) ja (12).

3.3.2 Bulb-turbiini

Bulb-turbiini (**Kuva 4**) asennetaan vesitiehen vaakatasoon, ja spiraalimaista tulo-putkea ei ole. Akselin ympärillä on soikiomaiseen muotoon tehty bulbi, joka jakaa juoksutettavan veden tasaisesti johtosolukkeille samalla tavalla kuin spiraali Kaplan-turbiineilla. Bulbin halkaisija suunnitellaan läpi juoksutettavan virtauksen mukaan. Isoissa sovelluksissa generaattori voidaan rakentaa bulbin sisään, ja bulbin pinta toimii myös jäähdytyspintana. /11/



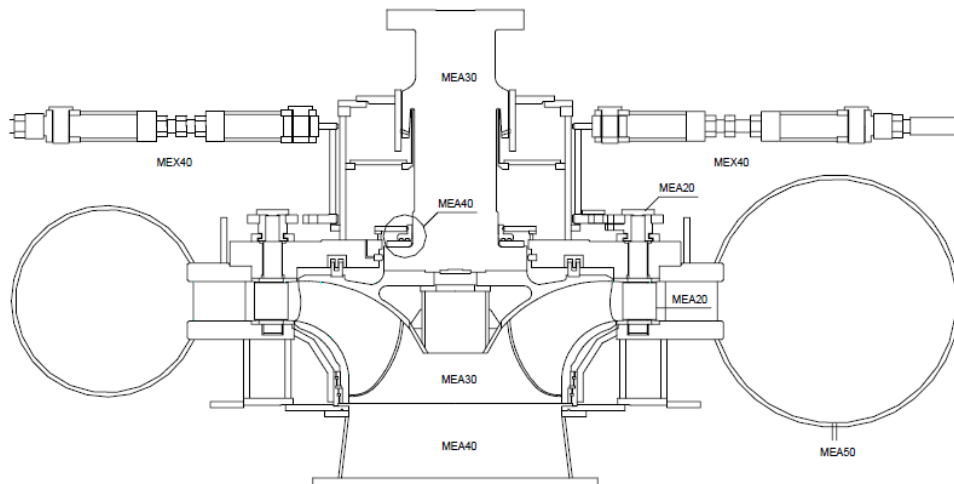
Kuva 4. bulb- turbiini /11/

Bulb-turbiinin säätöperiaate on sama kuin Francis- tai Kaplan-turbiinilla. Bulb-turbiini on sopiva matalien putouskorkeuksien sovelluksiin samoista syistä kuin Kaplan-turbiini. Myös vuorovesisovellukset ovat sopivia Bulb-turbiinille, koska se pystyy juoksutamaan läpi suuren määrän vettä pienellä putouskorkeudella. /11/

3.3.3 Muita turbiinityyppejä

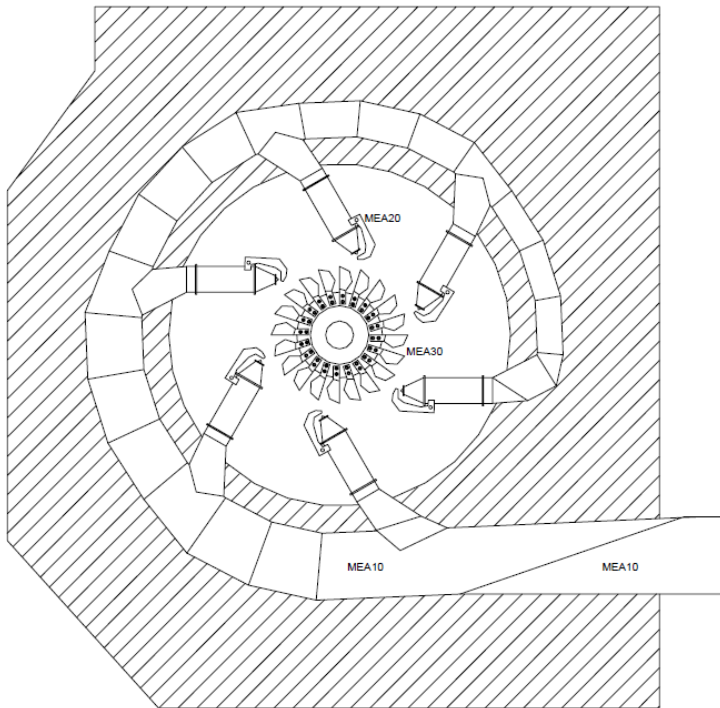
Muita turbiinityyppejä ovat mm. Francis- ja Pelton-turbiinit. Francis-tyyppisiä turbiineja on käytössä Suomessa Pelton-turbiinin ollessa harvinainen. Em. turbiineissa on kiinteät juoksupyörän siivet, joten turbiinin säätö tapahtuu johtosolukkeiden tai suuttimien avausta säätämällä.

Francis-turbiinin (**Kuva 5**) juoksupyörä ei ole propellimainen kuin Kaplan- tai bulb turbiinissa. Juoksupyörän kokoonpano vastaa suurilta osin keskipakopumpun juoksupyörää. Francis-turbiinissa vesi annetaan johtosolukkeiden kautta juoksupyörän ulkokehälle. Vesi kulkee juoksupyörän siipien välistä sisäkehälle ja poistuu imuputkeen.



Kuva 5. Francis-turbiini /8/

Pelton-turbiini (**Kuva 6**) soveltuu korkeiden putouskorkeuksien ja pienen virtauksen sovelluksiin, kuvan 1 mukaan pienvesivoimasovelluksissa 500 metriin asti. Pelton-turbiinin kokoonpano eroaa huomattavasti kaikista em. turbiinityypeistä. Pelton-turbiinille vesi annetaan suuttimista juoksupyörän kuppimaisille siiville korkealla paineella (korkea pudotuskorkeus luo korkean paineen). /5/



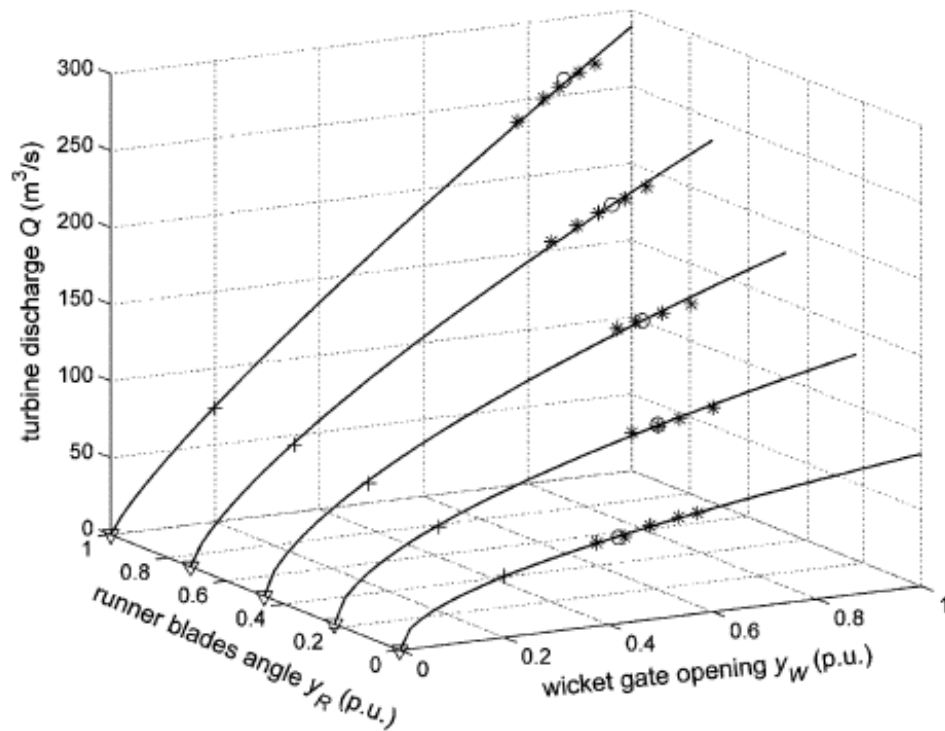
Kuva 6. Pelton-turbiini /8/

3.4 Vesivoimalaitos automaation kannalta

3.4.1 Turbiinin säätö

Vesivoimalaitoksen turbiinin virtausta säädetään juoksupyörän ja johtosolukkeiden asentoa muuttamalla. Turbiinin hyötysuhde on muuttuva juoksupyörän ja johtosolukkeiden asennoista riippuen. Tästä syystä johtosolukkeille ja juoksupyörälle halutaan saada optimaalinen riippuvuus. Tätä riippuvuutta sanotaan *kombinoiviksi*. Johtosolukkeen avaamisella säädetään juoksupyörälle annettavaa veden määrää, ja juoksupyörän siivet asennoitetaan avauksen mukaan optimaaliseen asentoon. Siipien asento vaikuttaa toissijaisesti turbiinin läpi juoksevaan virtaukseen. /6/

Kuva 7 havainnollistaa asiaa virtauksen tapauksessa. Virtaus on tietenkin suurin, kun johtosolukkeet ja juoksupyörän siivet ovat täysin auki. /6/

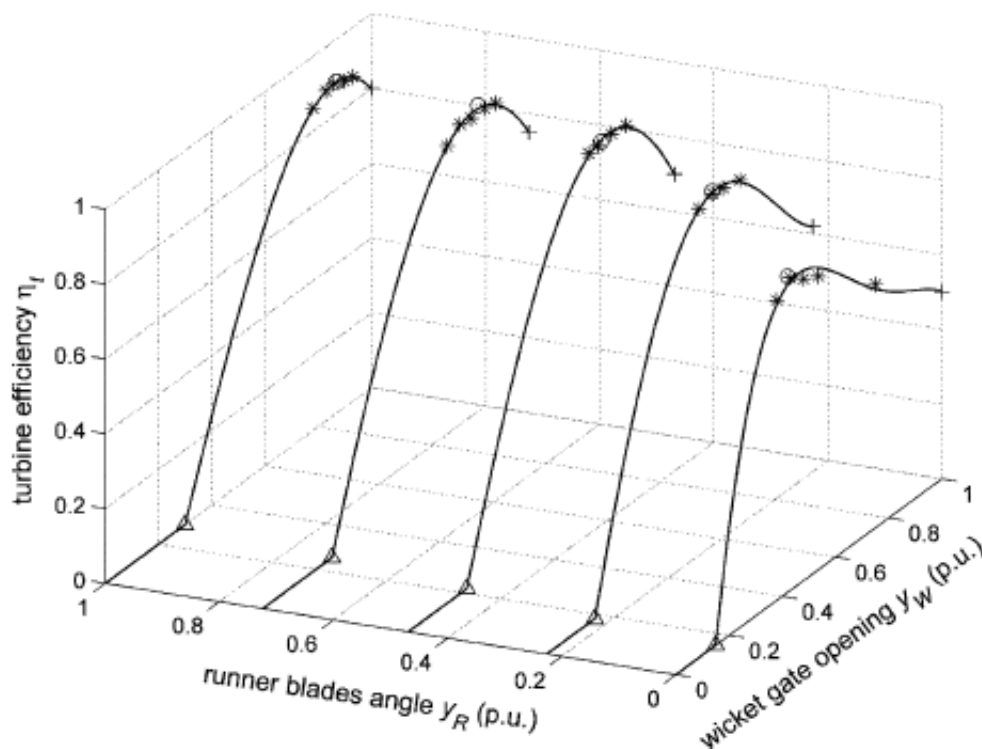


Kuva 7. Turbiinin virtaus juoksupyörän ja johtosolukkeiden asennon funktiona.

/6/

Juoksupyörän siivet asennoitetaan optimaaliseen asentoon (korkein mahdollinen hyötysuhde) johtopyörän asennon kanssa. Juoksupyörän asento ei ole lineaarinen. → siipiä ohjataan eri käskyillä. Tätä varten turbiinisäätäjälle pitää laatia kombinointitaulukko turbiinitoimittajan ohjeiden mukaan.

Kuva 8 havainnollistaa hyötysuhteen riippuvuutta juoksupyörän- ja johtosolukkeiden asennoista.



Kuva 8. Turbiinin hyötysuhde juoksupyörän ja johtosolukkeiden asennon funktiona. /6/

3.4.2 Tulvaluukku

Vesivoimalaitoksilla on turbiinigeneraattorin rinnalla kanavassa yksi tai useampi tulvaluukku. Tulvaluukun läpi juoksetetaan virtaus, jota turbiini ei pysty juoksettamaan. Joskus tulvaluukut ovat käsikäyttöisiä, mutta nykyään tulvaluukut halutaan liittää automaatioon.

Automaatioon liitetyt tulvaluukut mahdollistavat jokisäädön toteutuksen. Jokisäädössä määrätään laitokselle virtaus tai ylaveden pinta, jota kaikki jokisäätöön osallistuvat yksiköt (turbiinigeneraattorit, tulvaluukut) ylläpitävät. /3/

3.4.3 Mittaukset

Vesivoimalaitoksissa mittaukset liittyvät turbiinin säätöön, suojauksiin ja laitoksen yleiseen valvontaan. Yleisemmät mittauskohteet ovat:

-kanavien vesien pinnat; ylä- ja alaveden pinnat sekä väljän jälkeinen pinta

-turbiinin, generaattorin ja öljyjen lämpötilat

- turbiinista mitataan laakerien lämpötilat
- generaattorista mitataan aina käämien ja laakerien lämpötilat ja tarvittaessa levypakettien lämpötilat.
- turbiinin voiteluöljyn ja hydraulijärjestelmän öljyn lämpötilat.

-öljyn paineet

- kaikista painelinjoista mitataan paine
- suodattimien paine-eroa valvotaan huoltotarpeen havaitsemiseksi
- painemittaus voidaan toteuttaa myös painekytkimellä, koska painetietoa käytetään hälytyksiin ja valvontaan, joten tarkka painelukema ei ole aina tarvittava.

-sähköiset suuret generaattorista ja verkosta

- jännite-, virta-, taajuus- ja tehomittaukset mitataan mittamuuntajien tai suojarleen avulla
- suojaus- ja valvontatoiminnot käyttävät mittaustietoja.

-juoksupyörän ja johtosolukkeiden asennot

- takaisinkytkennät liitetään turbiinisäätöön
- johtosolukkeen asentoa voidaan käyttää virtauksen laskentaan.

-tapauskohtaisesti apulaitteiden mittaukset

- jäähdytysveden virtaus jäähdytyksen säätöön ja valvontaan
- jokiveden ja ulkoilman lämpötilat mahdollisia mittauskaivojen ja väljän sulanapitolämmityksiä varten
- turbiinin akselin värinämittaukset voidaan liittää suojaus- ja valvontatoimintoihin.

Pudotuskorkeus ja virtaus ovat yleensä laskennallisia suureita. Pudotuskorkeus on ylä- ja alaveden pinnan erotus.

Yleensä turbiinin virtaus lasketaan taulukoiden perusteella. Taulukoissa on parametreina pudotuskorkeus ja teho/johtosolukkeen avaus. Kuvassa 5 parametrina on johtosolukkeen avaus. Virtaustietoa käytetään turbiinin ja virtauksen säätöön sekä laitoksen valvontaan. /3/

3.4.4 Paikalliskäyttö

Kaikkia laitoksia tulee pystyä ajamaan paikanpäällä huolto- ja tietoliikennekatkos-tilanteissa. Paikalliskäyttöä varten tarvitaan sopiva käyttöliittymä, joka voi olla vanhanaikaisesti ohjauspulpetti painonappeineen ja analogisine mittareineen tai paikallisohjauspaneeli, joka sisältää edellisten lisäksi myös hälytys- ja tapahtumalistaukset. Paremmiin varustetuissa laitoksissa on paikallisvalvomo, josta voidaan ohjata laitoksen automaatiojärjestelmää kattavammin kuin ohjauspaneelista.

Paikallisohjauksessa pitää pystyä ohjaamaan laitoksen kutakin toimilaitetta manuaalisesti. Tämä ei kuitenkaan ole normaalitoiminta laitosta ajettaessa, vaan paremminkin huolto- tai häiriötilanteissa. Normaalissa toiminnassa laitoksen toimilaitteet ovat Auto-tilassa, ja paikanpäältä voidaan antaa käynnistys- tai pysäytyskäskeä tai muuttaa laitoksen tai turbiinin asetusarvoja. Näitä parametreja ovat esimerkiksi laitoksen pinta tai virtaus ja generaattorin teho tai loisteho.

3.4.5 Kaukokäyttö

Pienvesivoimalat ovat miehittämättömiä, ja sen vuoksi ne ovat liitettynä kaukokäyttökeskuksiin. Useat perinteisetkin vesivoimalaitokset ovat kaukokäytettyjä.

Suomen suurimmat vesivoiman tuottajat (Fortum, Kemijoki Oy, UPM) operoivat kaukokäytettäviä laitoksiaan omista kaukokäyttökeskuksistaan. Pienemmät tuottajat (Vattenfall, PVO, Koskienergia) käyttävät usein operointipalvelun tuottajia. Palveluntarjoajia kaukokäyttöihin on Suomessa useita. Empower tarjoaa operointipalveluja yleisesti, ja PVO pool Oy operoi PVO:n laitoksia. /4/ /12/

Kaukokäytettävän laitoksen automaatiojärjestelmä tulee liittää kaukokäyttöä tukevaan serveriin tai ala-asemaan. Kommunikointiprotokollia on useita, ja liikennöintitapa toteutetaan kuhunkin tilanteeseen sopivalla tavalla. Modbus TCP (IP-

pohjainen protokolla) tai modbus rtu (sarjaliikenneprotokolla) ovat maailmalla yleisesti käytettyjä ja luotettavia protokollia. Useimmat markkinoilla olevat laitteet tukevat em. protokollia. /13/

Sähköverkkojen ja -laitoksien kaukovalvontaan suunniteltuja protokollia ovat IEC- protokollat. IEC 101 ja IEC103 ovat sarjaliikenne protokollia. IEC104 on IP-pohjainen protokolla. Suojareleitä varten on suunniteltu IEC61850-protokolla. Protokolla on nopea, ja tukee aikaleimausta. Tämä on tärkeä ominaisuus suojaus-funktioissa ja verkon valvonnassa.

Modbus ei tue aikaleimausta. Aikaleimaus on nykyään vaadittava ominaisuus, ja tässä modbus jää jälkeen IEC protokollista. /13/

4 G1 KONEEN AUTOMAATIO SUUNNITTELU

G1-koneessa (vanha turbiinigeneraattori) on kaikki vanhat apulaitteet tallella ja osa näistä poistetaan ja osa liitetään uuteen automaatioon. Automaatio suunnitellaan siten, että vanha toiminnallisuus säilyy lisättynä uuden koneen vaatimilla säätö- ja ohjaustoiminnoilla.

4.1 Yleistä G1- koneistosta

G1-koneisto on rakennettu vuonna 1993. Koneessa on säädettävä juoksupyörä ilman asennon takaisinkytkentää. Juoksupyörälle on oma hydraulikoneikko. Hydraulikoneikon öljypumppua ei ohjata automaatiosta, vaan mekaaninen painekytin (pressostaatti) ohjaa pumpun päälle/pois. Koneikko on varustettu paineakulla, joka sähkökatkon tapauksessa painaa öljyä juoksupyörän sulkemiseksi pumpun ollessa toimintakyvytön.

Koneessa ei ole säädettäviä johtosolukkeita, vaan vettä annetaan nostamalla turbiinin ympärillä oleva sulkuputki. Sulkuputken asentoa ei voi säätää, joten kombinoinnin toteuttaminen ei ole mahdollista. G1 on tästä syystä siis semi-Kaplan-turbiini. Sulkuputkella on oma hydraulikoneikko. Hydraulikoneikolle annetaan automaatiosta yksi ohjauskäsky, joka avaa venttiilin ja käynnistää pumpun.

Turbiini-generaattori on esitetty valmistajan havainnekuvassa (**Kuva 9**).

G1 on epätahtikone. Koneen teknisiä tietoja:

- $S_n=499\text{kVA}$

$U_n=690\text{V}$

- $I_n=435\text{A}$

- $\cos(\varphi)=0,84$

- $n=1005\text{rpm}$



Kuva 9. Havainnekuva vanhasta turbiini-generaattorista.

Koska kone on epätahtikone, ei magnetointi- tai tahdistuslaitteita ole. Generaattorille tuotetaan tarvittava loisteho kytkemällä kondensaattoripankki generaattorin rinnalle. Koneen pyörimisnopeutta valvotaan taajuuden mittauksella tilanteessa, jossa kone on irti verkosta. Generaattorissa on riittävästi remanenssia, joten kone pystyy tuottamaan pienen jännitteen, jonka taajuus mitataan.

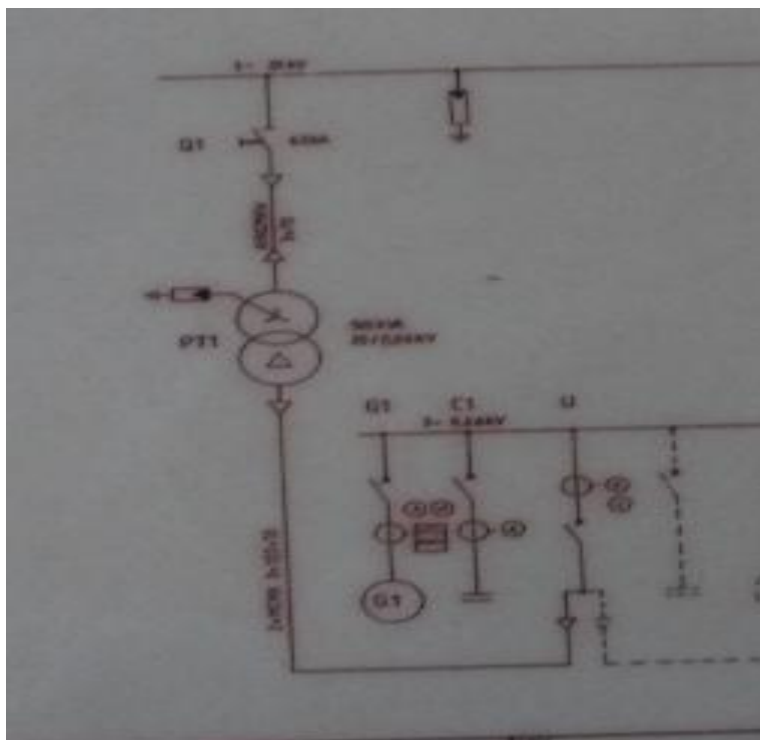
Juoksupyörän asennosta ei saada takaisinkytkentää. Juoksupyörän hydraulikoneikko on varustettu painekeytkimillä, jotka indikoivat täysin kiinni/auki tilat. Sulkuputken kiinni/auki tilat indikoidaan mekaanisilla rajakytkimillä.

Generaattorin ja turbiinin lämpötilaa ja laakeriöljyjen pintaa valvotaan valmistajan valvontalaitteella, joka on yhdistetty automaatiojärjestelmään.

Kone ja kondensaattoripankki kytketään verkkoon suurilla kontaktoreilla. Kontaktoreihin on liitetty lämpöreleet, ja kontaktorien tilaa valvotaan. Kone on suojattu suojareleellä, joka valvoo koneen kuormitusta. Suojarele laukaisee generaattorin verkkokatkaisijan, ja automaatio avaa koneen ja kondensaattoripankin kontaktorit.

Koneen tuottama teho ajetaan blokkimuuntajan läpi 20kV verkkoon. Koneisto voidaan erottaa verkosta käsikäyttöisellä erottimella.

Kuvassa 10 on esitetty G1 koneiston pääkaavio.



Kuva 10. G1 Koneiston pääkaavio

G1 koneisto säilyy kokonaisuudessaan, hydraulikoneikko mukaan lukien.

G1 koneelle annettiin vanhassa automaatiojärjestelmässä käynnistys/pysäytys-, auto/käsi- ja paikallis/kauko- käskyt nokkakytkimillä ja painonapein. Nämä toiminnot liitettiin uuteen järjestelmään.

Vanha automaatiojärjestelmä poistui. Vanha automaatiojärjestelmä sisältää PLC:n, hälytyspaneelit ja käyttöpaneelin ja kommunikointilaitteet SCADA-järjestelmään. Uudet laitteet eivät sovellu suoraan vanhojen laitteiden tilalle, vaan johdotussuunnittelua piti tehdä. Lisäksi jotkut laitteet tarvitsivat potentiaalierotuksen tekeviä muuntimia. Laitoksessa on automaatiojärjestelmän kenttäjännitteenä 24VDC. Suojaus- ja mittauslaitteissa on myös muita jännitteitä (110VAC, 24VAC), mutta ne jätetään käsittelemättä tässä insinööriyössä.

Pinnanmittauskaivoja oli vanhassa järjestelmässä vain yksi mittaamassa väljän jälkeistä pintaa. Pinnanmittauskaivo uudistettiin, ja mittaustieto monistettiin myös uuden koneiston käyttöön. Vanhan pinnanmittauskaivon lähettimet ja ukkos-suojauslaitteet purettiin pois vanhasta automaatiokaapista.

Vanhaan SCADA-järjestelmään kytketty vanha valvontalaite SPOC purettiin pois. SPOC ei ollut liitettynä vanhaan automaatiojärjestelmään. SPOCiin oli kytketty vain muutama mittaus- ja tilatieto lähetettäväksi SCADAlle.

4.2 G1 koneen sovellussuunnittelu

Suunnittelussa katsottiin paljon vanhaa automaatio-ohjelmaa toiminnallisuuden ymmärtämiseksi. Vanhaa ohjelmaa ei kuitenkaan voinut kopioida, koska vanhan aikaisella PLC:llä monet asiat on tehty aivan eri tavalla. Uudella PLC:llä monet asiat saadaan tehtyä yksinkertaisemmin, mutta kuitenkin monipuolisemmin kuin vanhalla tavalla.

4.2.1 Hardware, G1 kone

Uusi automaatio toteutettiin ABB:n AC800M-sarjan tuotteilla. Tarvikkeita määriteltäessä tarkasteltiin käsiteltäviä signaaleja, ohjattavia laitteita ja niiden määrää. G1 koneen signaalilistoista (LIITE 1, signaalilista G1) ja piirikaavioista löytyi tarvittavat tiedot, joiden perusteella tarvittavat laitteet voitiin määrittää.

Proessori valitaan käsiteltävien signaalimäärien ja ohjelmien suoritusnopeuden vaatimusten perustella. Lisäksi prosessoreissa on eroja tietoliikennöinnissä. Tarvittavaa suoritustehoa ei voi arvioida suoraan minkään taulukon avulla. Yleinen ohje prosessorin suoritustehon arviointiin on signaalien määrään perustuva arviointi. Jos prosessori ajaa prosessia, jossa on hitaat aikavakiot, voi ohjelmakiertoväli olla pitkä ja suoritettavia ohjelmia paljon. Vesivoimatapauksissa on kuitenkin nopean kiertoajan vaatimia ohjelmia (esim. pikasulkutoiminnot ja suojaukset), joten PLC:n teho on tärkeä mitoittaa sopivaksi. ABB:n listasta pienen sovelluksen prosessoriksi valikoitui moduuli PM856.

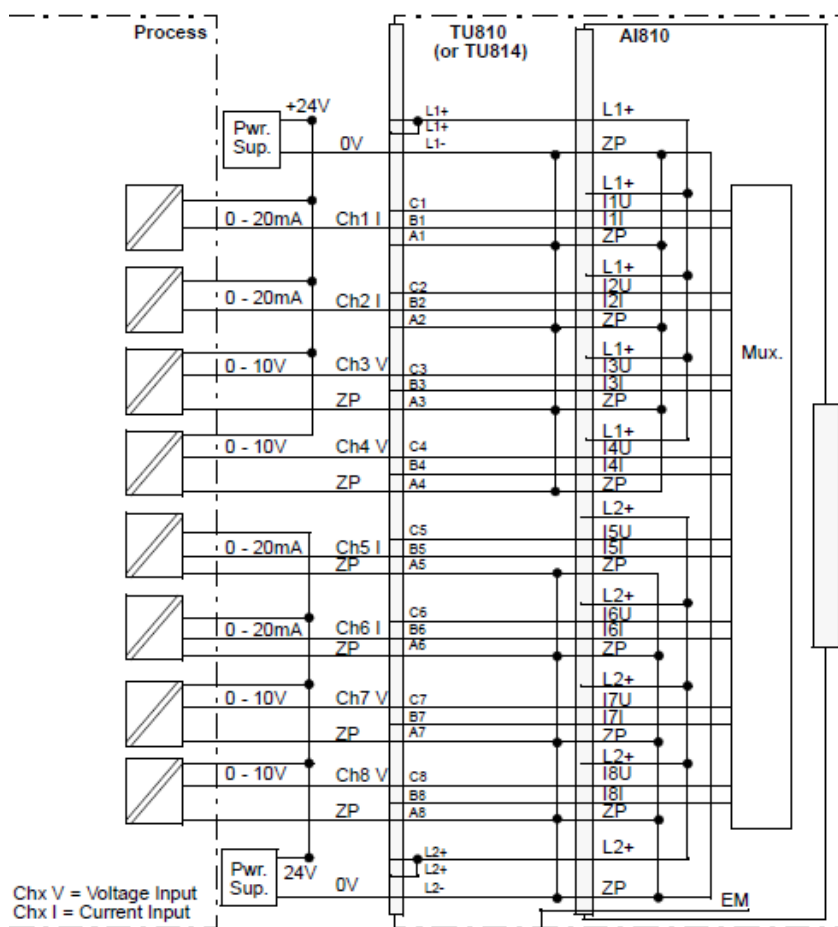
Koneessa ei ollut montaa analogiamittauksia, ja lämpötilamittaukset ovat kytkettyinä turbiini-generaattorin valvontalaitteeseen. Analogiamittauksissa teho ja pinta mitataan virtatulolla ja taajuus jännitetulolla.

Digitaalitulot (DI) ovat virtaa ottavia (+ napa on katkaistava). Tyhjiä DI kanavia jätettiin johdotuksen yksinkertaistamisen vuoksi. Uudet DI-kortit asennettiin kahden riviin samalla tavalla kuin vanhan järjestelmän kortit. Näin johtojen fyysinen sijoitus pysyi samana kuin ennenkin. Jos kortteja ja tyhjiä kanavia olisi jätetty vähemmän, johtojen fyysinen sijoitus olisi muuttunut, aiheuttaen hankaluuksia asennukseen.

Digitaalilähdöt (DO) kortit olivat virtaa antavia transistorilähtöjä. Asennus tehtiin vastaavalla tavalla kuin DI- kortilla.

Kukin kortti asennetaan ABB:n TU810-korttipohjaan. TU810-korttipohjassa on vanhalle johdotukselle soveltuvat ruuviliittimet. /2/

Esimerkki TU810-moduulin kytkennästä on esitettyä AI-kortille kuvassa 11.



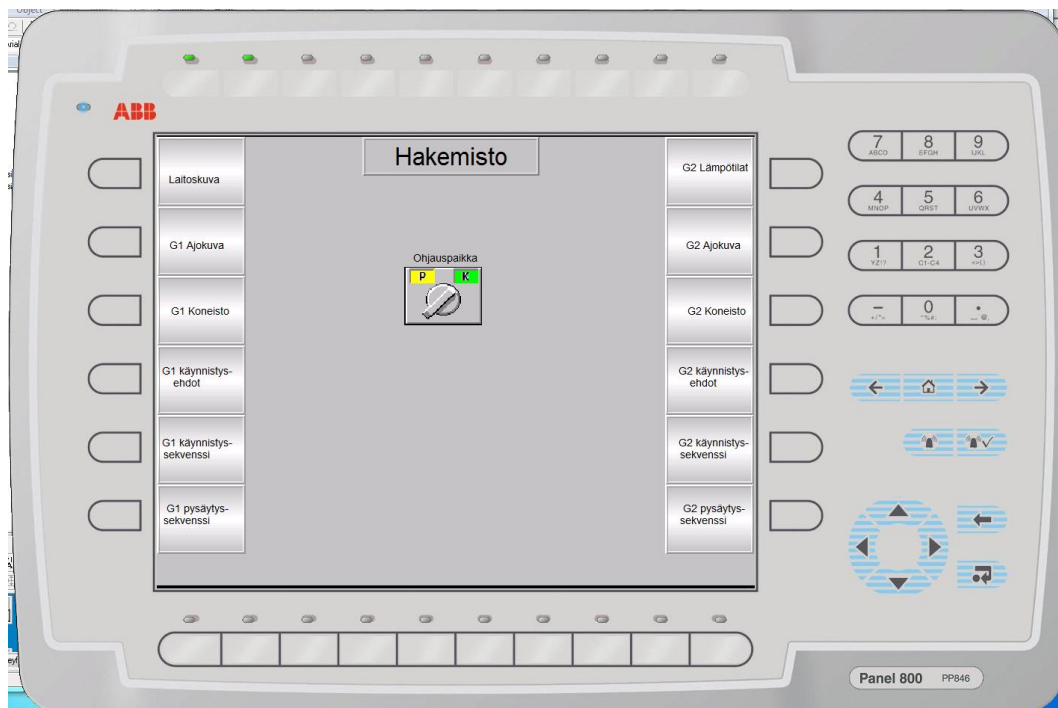
Kuva 11. AI810- kortin prosessikytkentä TU810 pohjalla. /2/

Uusi G1 PLC on varustettuna seuraavilla moduuleilla: /1/

- 1*prosessorimoduuli PM856
- 1*analogitulomoduuli AI810
- 3*digitaalitulomoduuli DI810
- 3*digitaalilähtömoduuli DO810
- 7*korttipohja TU810

Paikallisohjausta varten asennetaan ohjauspaneeli. Ohjauspaneelilla voidaan laadittu prosessikuvan avulla valvoa ja ohjata helposti prosessia. Paneelissa on monta funktionäppäintä, joiden toiminta voidaan määrätä logiikkaan. Paneeliksi valittiin

ABB:n PP846 suuren näytön ja monen napin vuoksi. Liian pieneen näyttöön on hankala tehdä selkeät kuvat ja hälytyslistat. Paneeli liitetään prosessoriin ethernetin kautta. Paneeli on esitettyä kuvassa 12.



Kuva 12. Paneeli PP846

Sovelluksessa otettiin käyttöön modbus- kommunikointi IEC101- muuntimena toimineen Kuumic KU40 IEC- ala-asemaan kaukokäyttöä varten. Sovellus vaati ohjelmointia myös ala-asemaan. KU40 vaatii erillisen potentiaalierottavan tehollähteen. KU40:n piirit ovat herkkiä maasulkutilanteelle, joka voi aiheuttaa rikkoutumisen. /9/

4.2.2 Software, G1 kone

Tämän insinööriyön varsinainen aihe on uuden automaatio-ohjelman luonti pienesivoimalaan. Insinööriyössä automaatio-ohjelmaa ei kuitenkaan esitetä kokonaisuudessaan, vaan kuhunkin tilanteeseen oleellisesti liittyvät osiot ohjelmasta. Ohjelmalistaus voidaan tulostaa ulos ohjelmointiohjelmasta myöhempää tarkastelua varten, ja siitä jätetään kopiot ABB OY Power Generationille ja asiakkaalle.

Kohteen vanhaan G1 turbiinigeneraattoriin haluttiin sama toiminnallisuus kuin vanhalla automaatiojärjestelmällä. Koko automaatiojärjestelmän uusinta on perusteltua laitoksen uuden koneen asennuksen vuoksi. Laitoksen automaatio on tällöin yhdenmukainen molemmille koneille, ja koneiden tilatiedot voidaan siirtää helposti toisen koneen logiikkaan. Tämä toiminta on tarpeellinen säädön kannalta, koska koneet vaikuttavat säädön kautta toisiinsa. Lisäksi laitoksen kaukokäyttö voitiin luoda yhdenmukaisesti, ja HMI:n luonti on yhdenmukaisempaa.

Vesivoimalaitoksessa automaatio ohjaa turbiinia ja siihen liittyviä apulaitteita. Normaalityönnä turbiinigeneraattori käynnistetään käynnistyssekvenssillä, ja verkkoon kytkennän jälkeen turbiinia säädetään halutun teho-, pinta- tai virtausasetusarvon mukaan. Pysäytys tehdään pysäytyssekvenssillä. Häätätilanteissa turbiini pysäytetään niin nopeasti kuin mahdollista pikasululla.

Automaatiolla hoidetaan signaalinmuodostus eri toiminnoille. Signaalin muodostus ei sinällään näy ulkopuolelle, mutta on tärkeä osa toiminnallisuutta.

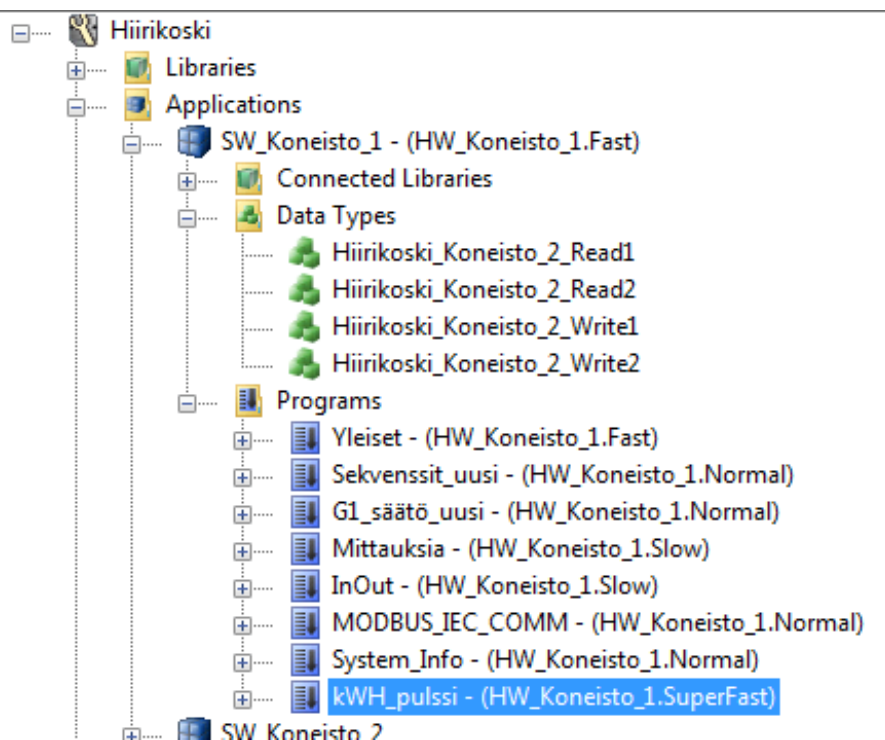
Generaattorin suojausta sähköisesti automaatio ei hoida. Suojausta varten generaattorilla on erikseen suojaus. Suojausta ei kannata kahdentaa tässä mielessä eri laitteille, koska se on mutkistaa ohjelmaa ja vaatisi monta toimenpidettä myös suojausfunktion suojafunktioihin. Suojauksesta kytketään kuitenkin tilatiedot automaatioon hälytyksiä varten.

4.2.3 Softwaren suunnittelu, G1 kone

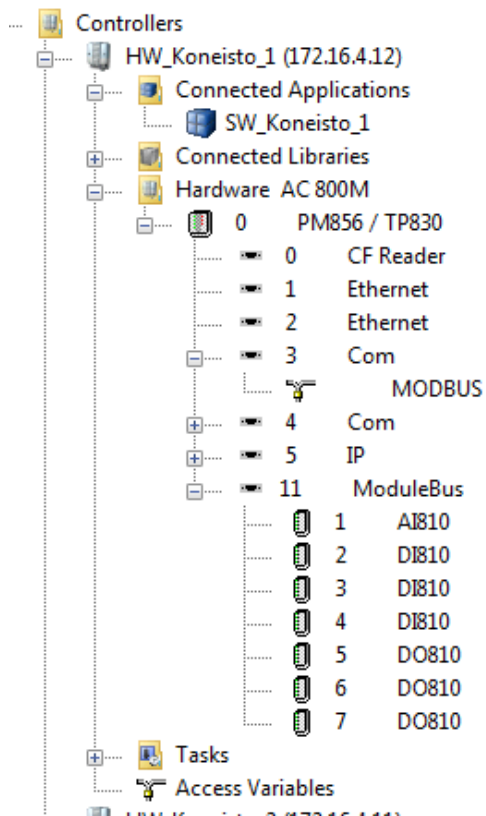
Suunniteltaessa automaation toimintaa tutustuttiin vanhan järjestelmän ohjelmallistukseen. Ohjelmallistuksesta voitiin päätellä koneen normaalitoimintatapa, koska koneesta ei ollut muuta aiempaa tuntemusta. Tutkimusta tehtiin yhtä aikaa hardwarea määriteltäessä, sillä samat tiedot olivat oleellisia myös toiminnan määrittämisessä. Tärkeintä oli selvittää ohjattavat laitteet ja selvittää mitkä signaalit olivat käytettävissä ohjelman suunnittelua varten.

Suunnittelun alussa perustettiin uusi projekti Compact Control Builder-ohjelmointiohjelmaan. Uuteen projektiin määriteltiin software- konfiguraatio (**Kuva 13**), joka sisältää suoritettavat ohjelmat ja hardware- konfiguraatio käytet-

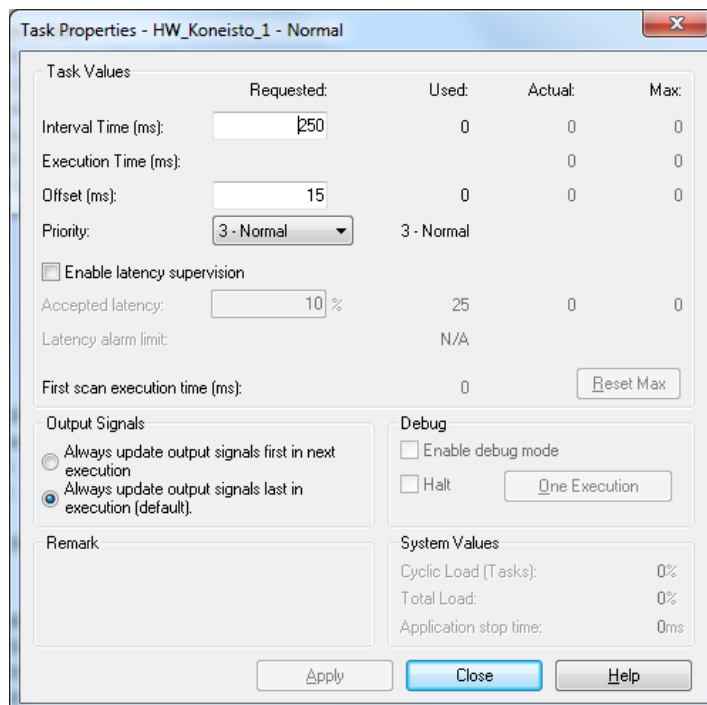
tävistä laitteista (**Kuva 14**). Kukin ohjelmalohko on kytketty määriteltyyn ohjelmasykliin, taskiin. Taskin nimi kuvaa suoritusnopeutta ja -väliä. Yleiset- ohjelmalohko sisältää nopean suorituksen vaativat hälytys- ja pikasulkutoiminnot. Normal- ohjelmalohko sisältää tavanomaisen suorituksen vaativat toiminnot, kuten sekvenssit, signaalin muodostuksen ja turbiinin säätöfunktion. Slow- ohjelmalohko sisältää analogiamittauksia ja laskennallisia suureita. Mittaukset eivät ole aika-kriittisiä, koska mittaussuureiden aikavakiot ovat pitkiä. Kuvassa 15 on esitettyä normal-taskin suoritusajamäärittelyt.



Kuva 13. G1 koneen software konfiguraatio



Kuva 14. G1 koneen hardware konfiguraatio.

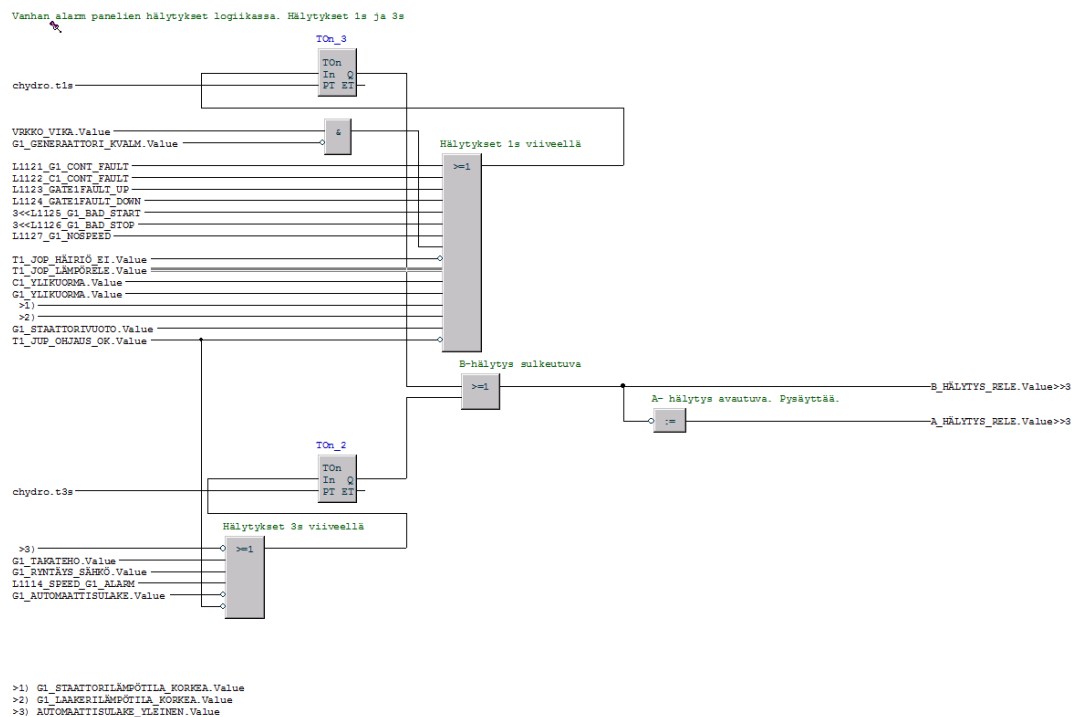


Kuva 15. Normal-taskin suoritusajamäärittely

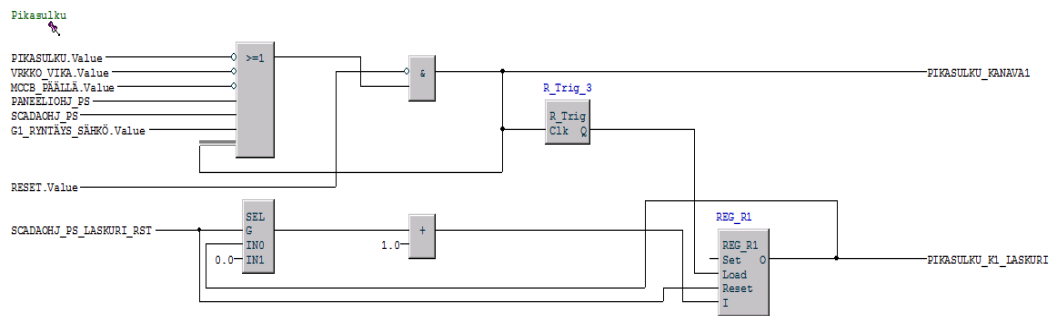
Yleiset-ohjelmalohko sisältää toimintoja ja valvontoja, jotka ovat yhdistettynä turbiiniin, apulaitteisiin ja verkon tilaan. Tärkein asia on hälytystoimintojen suoritus ja pikasulkukäsky. Hälytystoiminnalla on korvattu vanhan hälytyspaneelin mekaaninen toiminnallisuus, ja digitaalitulon sijasta voidaan käyttää logiikan muisti-paikkaa. Kuvassa 16 on esitetty viiveellisten hälytysten luonti.

Pikasulku toteutetaan (**Kuva 17**), jos jokin määritellyistä ehdoista toteutuu. Pikasulussa annetaan sulkukäskyt sulkuputkelle ja juoksupyörälle sekä avauskäskyt koneen ja kondensaattoripankin kontaktoreille. Käsky annetaan yleiset-ohjelmassa, joka luetaan G1_säätö- ohjelmassa. Pikasulku kuitataan kuittaus-painikkeella pikasulun ehtojen poistuttua.

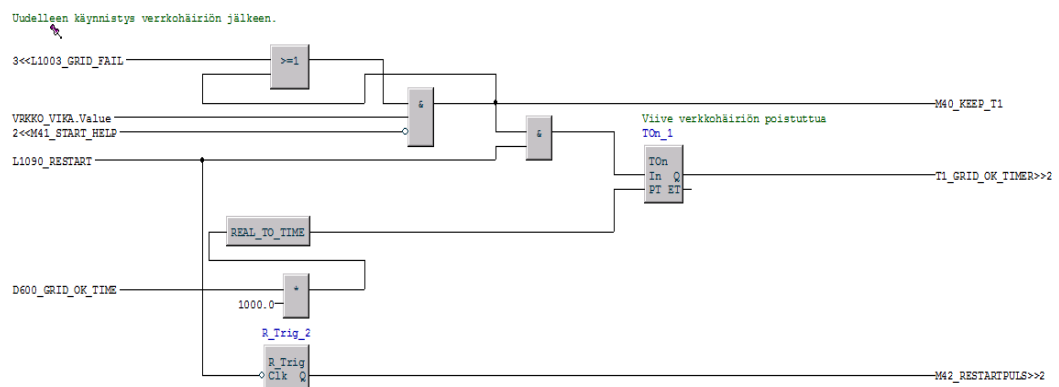
Yleiset-lohkossa suoritetaan signaalien muodostuksia, jotka ovat oleellisia suorittaa nopealla ohjelmakerroilla. Näitä ovat pikasulkuun ja hälytyksiin liittyvät sekä verkkovian ja uudelleenkäynnistyksen käsittelyyn tarvittavat signaalit. Kuvassa 18 on esitetty ensimmäinen sivu verkkovikaa käsittelevästä ohjelmasta.



Kuva 16. Viiveelliset hälytykset

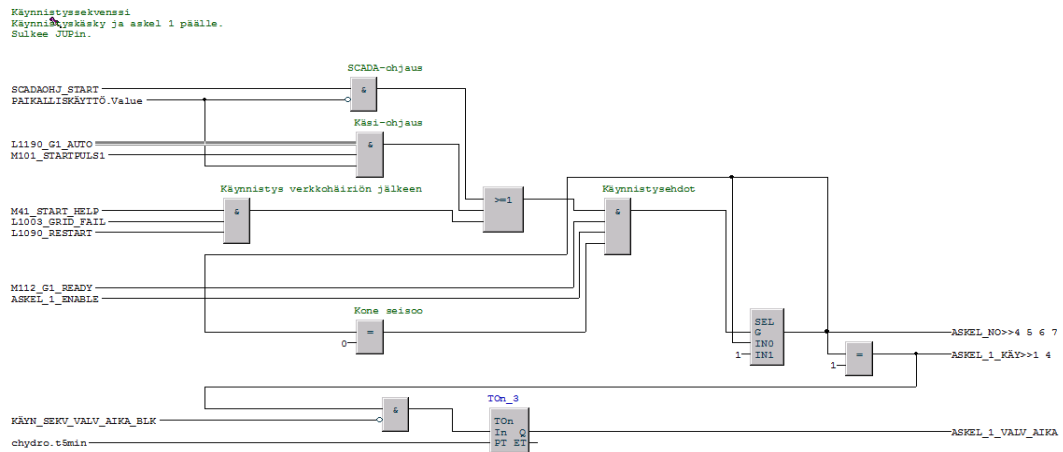


Kuva 17. Pikasulkukäskyn luonti



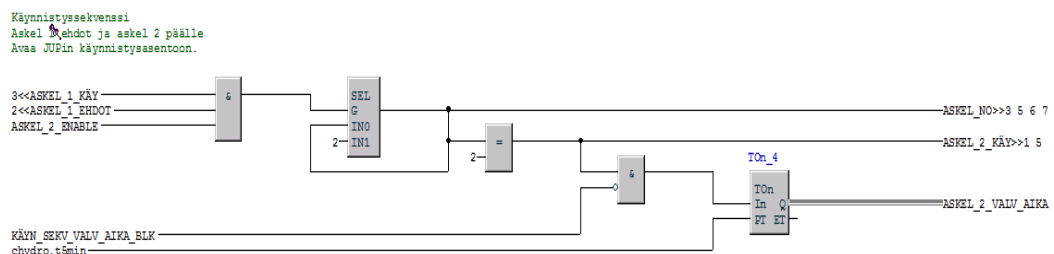
Kuva 18. Verkkovian käsittely

Sekvenssit_uusi- lohko on tärkeä ohjelma ja sisältää paljon toimintaa. Käynnistys- ja pysäytyssekvenssit on kytketty paneeliin ikkunaan, joten näitä toimintoja pystytään valvomaan helposti. Luodut sekvenssit ovat käynnistyssekvenssi ja pysäytyssekvenssi. Kummallekin sekvenssille on omat käynnistysehdot käynnistyskäskyn lisäksi. Käynnistyksen jälkeen sekvenssi etenee määrätyn toiminnan mukaan. Kuvasssa 19 esitetään käynnistyssekvenssin ensimmäinen askel käynnistyskäskyneen.



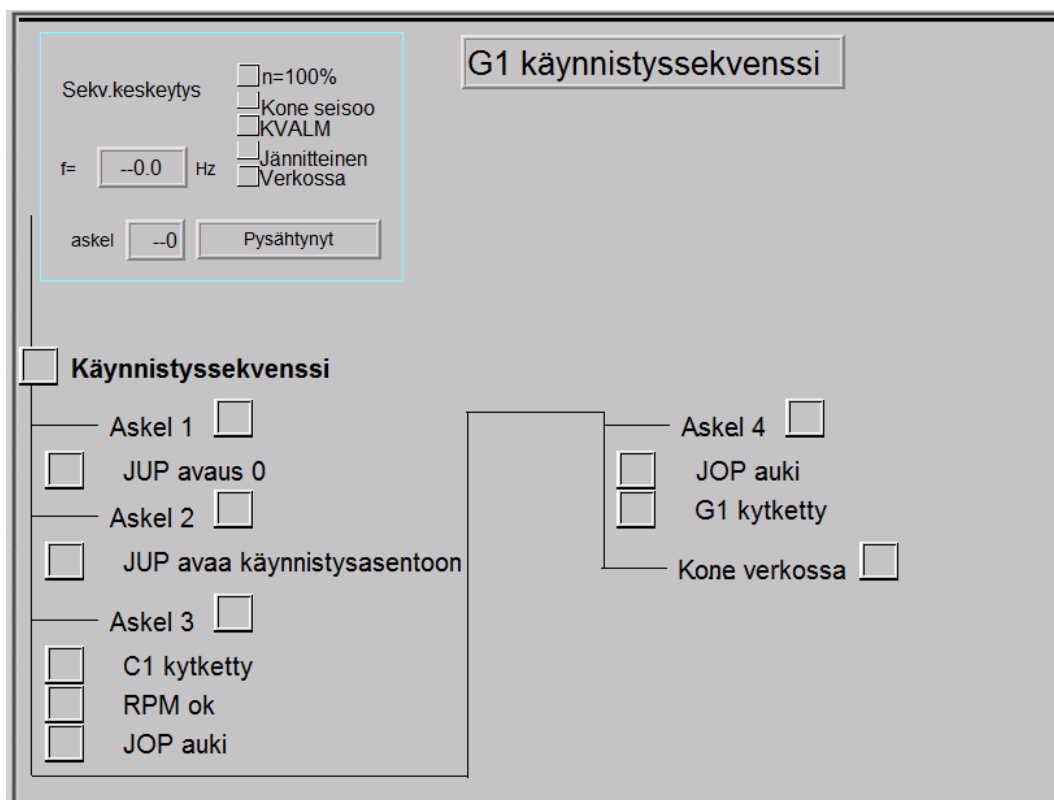
Kuva 19. Käynnistyssekvenssin ensimmäinen askel

Sekvenssin askeleen toteuttamiseen on käytössä monta erilaista tapaa. Tässä tapauksessa askelnumero tallennetaan muistipaikkaan, jota luetaan kussakin askeleessa. Tämä toiminta sallii siis vain yhden askeleen olevan kerrallaan käynnissä. Näin vältetään ongelmat, jotka johtuvat ohjelmointivirheistä tai virhetoiminnoista SR-kiikulla luodun askeleen tapauksissa. Jos askelnumero on edellinen askel ja edellinen askel käy, voidaan olla varmoja oikeasta askeleen suoritusjärjestyksestä. Sekvenssin askeleiden suoritusaikaa valvotaan, ja kullekin askeleelle on määrätty sallittu suoritus aika. Suoritusajat määrätään askelkohtaisesti, koska suoritettavat toiminnot ovat erilaisia. Esimerkiksi kontaktorin kiinni-tieto pitää tulla välittömästi käskyn jälkeen, mutta öljyn paine nousee viiveellä pumpun käynnistämisestä. Mikäli askeleessa viivytään liian kauan, on tapahtunut virheellinen toiminta laitteissa. Tällöin sekvenssi ajetaan alas ja annetaan hälytys. Kuvassa 20 on esitettyä tavanomaisen sekvenssin askeleen suoritus ja valvonta.



Kuva 20. Käynnistyssekvenssin tavanomaisen askel

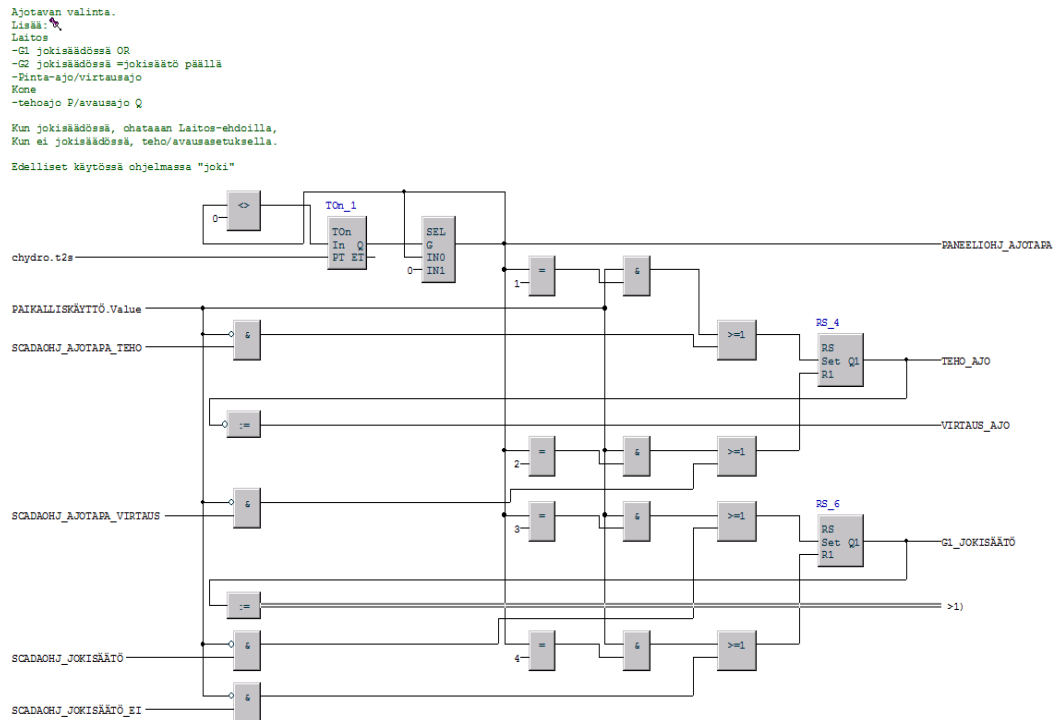
Paneelissa on sivu sekvenssiä varten, josta voidaan helposti seurata sekvenssin tilaa. Paneelista käyttäjä voi helposti nähdä mitä pitää tapahtua seuraavaksi tai päätellä mahdollisen virhetoiminnan jos mitään ei tapahtunutkaan. Paneelin ikkuna on esitettyä kuvassa 21.



Kuva 21. Käynnistyssekvenssi paneeli-ikkunassa

Ohjelmalohko sisältää myös vastaavalla tavalla etenevän pysäytyssekvenssin paneelikuvineen.

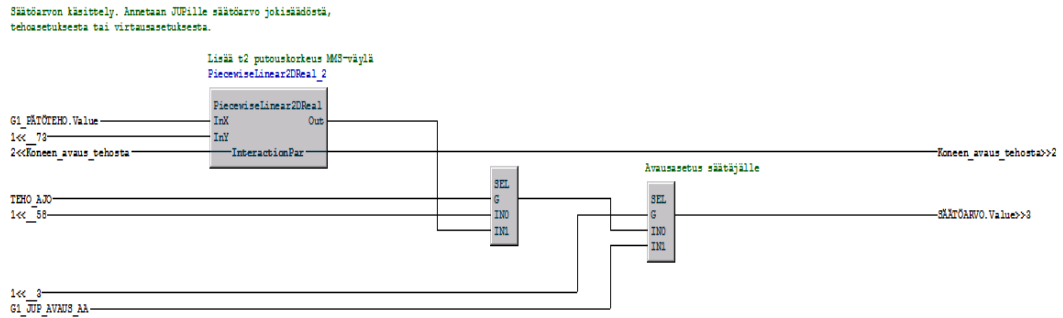
Ohjelmalohkossa muodostetaan signaaleja tavanomaisia käyttötilanteita varten. Vaikka luotavista signaaleista vain osa on käytössä sekvenssin ohjaamiseen, on perusteltua luoda normaalin käytön signaalit samassa ohjelmalohkossa. Luotavia signaaleja ovat mm. ajotavan valinta, käynnistys- ja pysäytyskäskyt ja säätimen asetusarvot. Kuvassa 22 esitetään signaalien muodostus koneen ajotavan valintaan jatkuvassa tilassa.



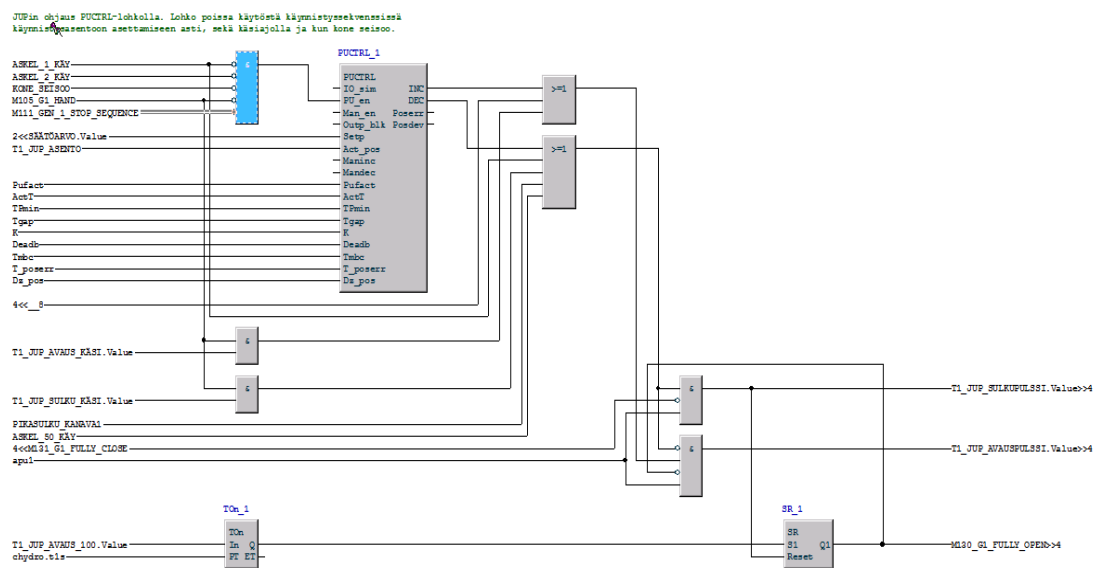
Kuva 22. Signaalin muodostus koneen ajotavan valintaan

G1_säätö_uusi- lohkoissa ohjataan juoksupyörän siipiä kolmipistesäätäjälohkolla. Säätäjän lähtöihin on kytketty juoksupyörän avaus- ja sulkuventtiilit. Ohjelmalohko sisältää myös sulkuputken ja koneen- sekä kondensaattoripankin kontaktorien kiinni/aukiohjoukset.

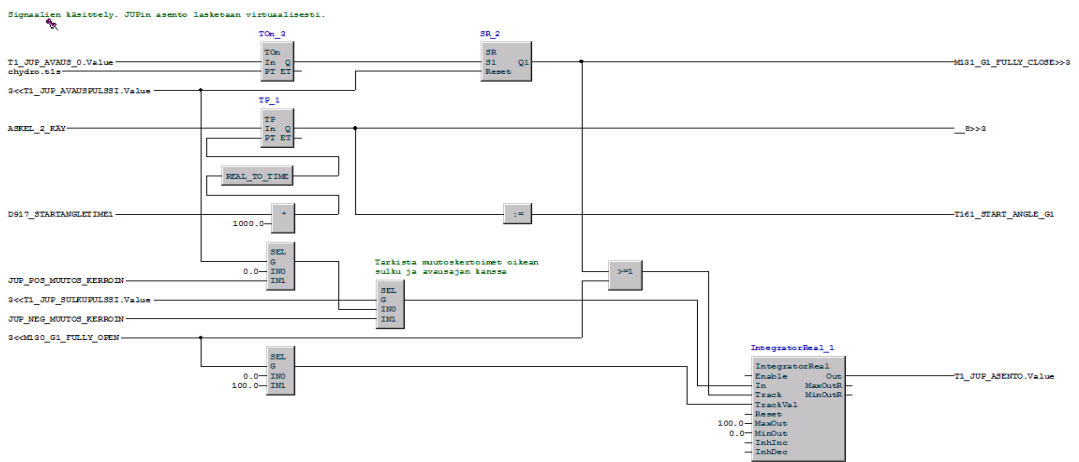
Kolmipistesäätäjä (PUCTRL-lohko) on käytössä käytännössä aina kun kone on jatkuvassa tilassa. Säätäjälle annetaan signaalinkäsittelyn tuloksena juoksupyörän asetusarvo ja enableointikäsky. Juoksupyörän asento arvioidaan avauskäskyn päälläolo ajan perusteella, koska asennosta ei ole saatavilla takaisinkytkentää mittausturulta. Juoksupyörän siipien kulku-aika ääriasennosta toiseen tunnetaan koekäytön perusteella, joten asennon arviointi voidaan tehdä ohjelmallisesti. Arvioitu asento kytketään kolmipistesäätäjän säätöarvoksi. Osa signaalinkäsittelystä, säädin ja asennoin arviointi esitetään kuvissa 23, 24 ja 25.



Kuva 23. Säätöarvo- signaalin luonti



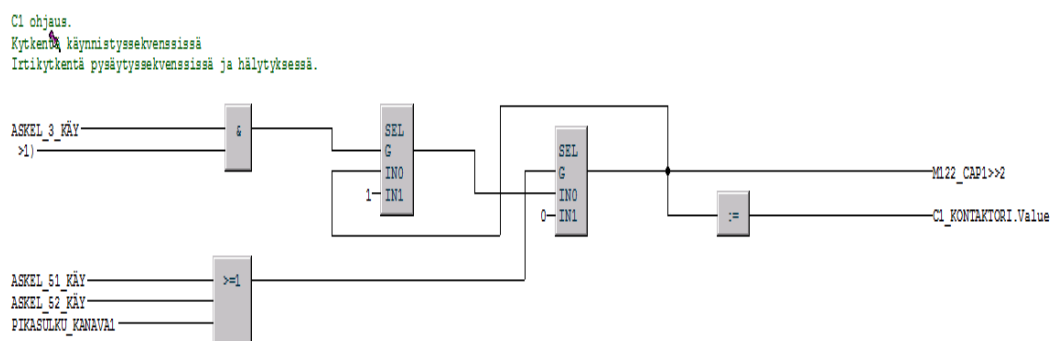
Kuva 24. Kolmipistesäätäjälohko (PUCTRL)



Kuva 25. Juoksupyörän asennon arviointi

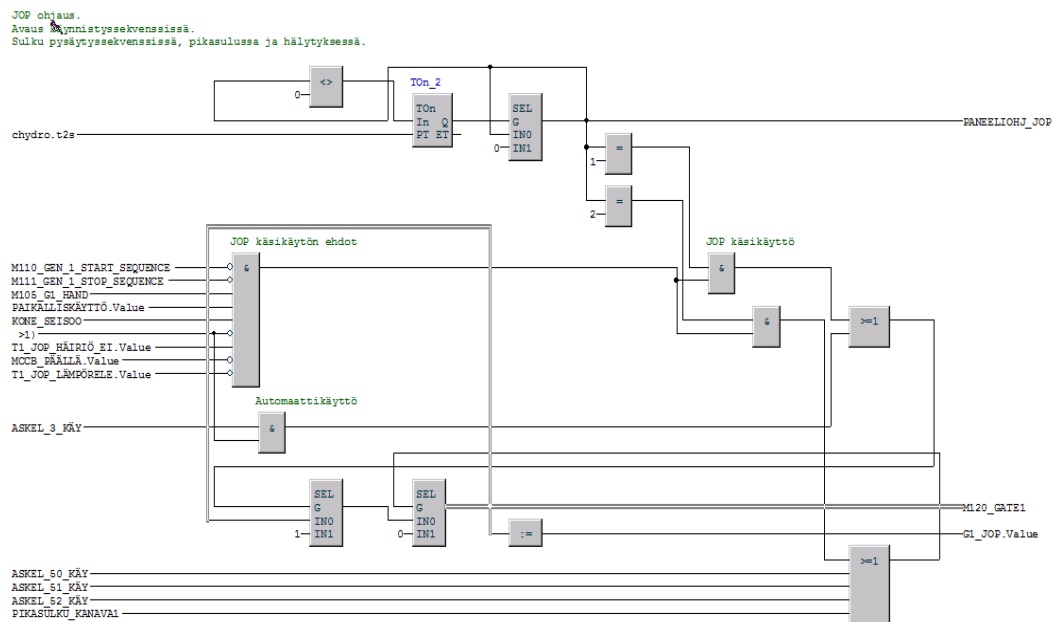
Koneen ja kondensaattoripankin kontaktorit ohjataan kiinni sekvenssin askeleen käskyn perusteella, ensin kondensaattoripankin- ja seuraavaksi koneen kontaktori. Koska kyseessä on epätahtikone, ei tahdistusta tarvita. Kone voidaan kytkeä verkkoon, kun sekvenssin askeleen ehtona oleva riittävä pyörimisnopeus täyttyy.

Aukiohjaus tehdään samassa järjestyksessä samalla käskyllä. Koneen kontaktorin avauksessa on puolen sekunnin viive kondensaattoripankin kontaktorin avauksen jälkeen. Kuvassa 26 esitetään kondensaattoripankin kontaktorin ohjaus.

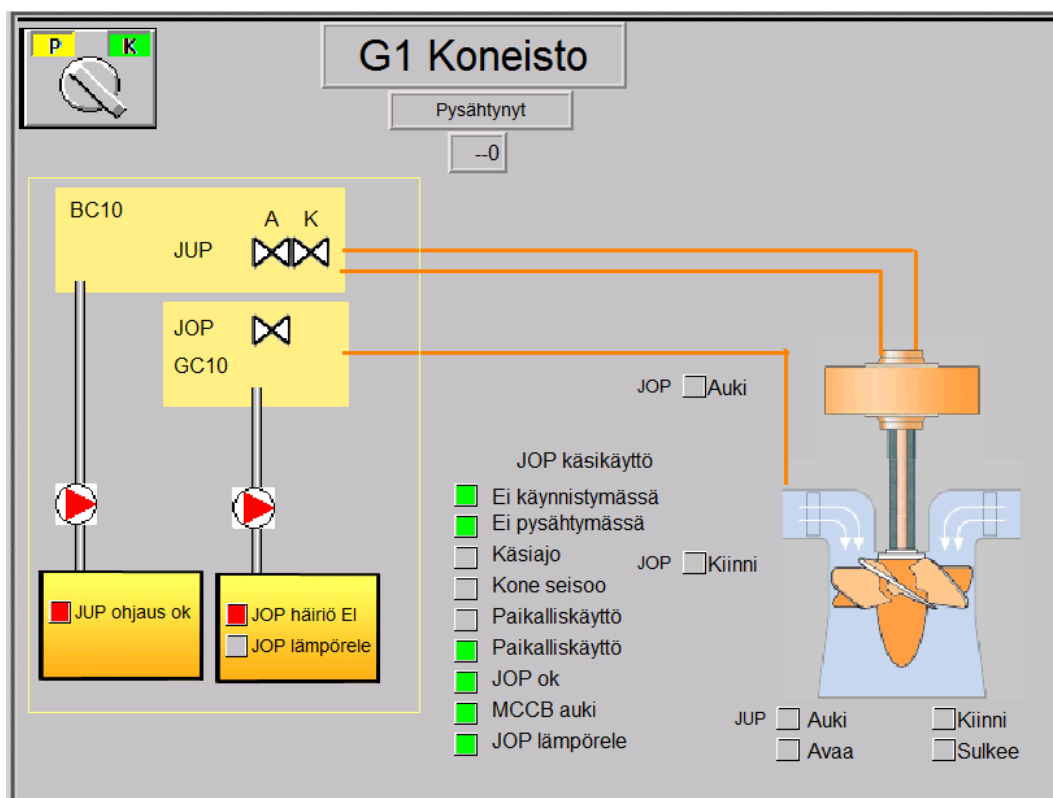


Kuva 26. Kondensaattoripankin kontaktorin ohjaus

Sulkuputken ohjaus toteutettiin vanhasta toiminnallisuudesta poiketen. Uudessa toiminnallisuudessa sulkuputkea voidaan ohjata myös paneelilta käsiohjauksella, jos määrättyt ehdot ovat kunnossa. Muuten sulkuputken ohjaus tapahtuu sekvenssin askeleen tai pikasulkukäskyn ohjaamina kiinni/auki. Kuvassa 27 ja 28 esitetään sulkuputken ohjelmaosio ja paneelin ikkuna koneikon käytöstä.



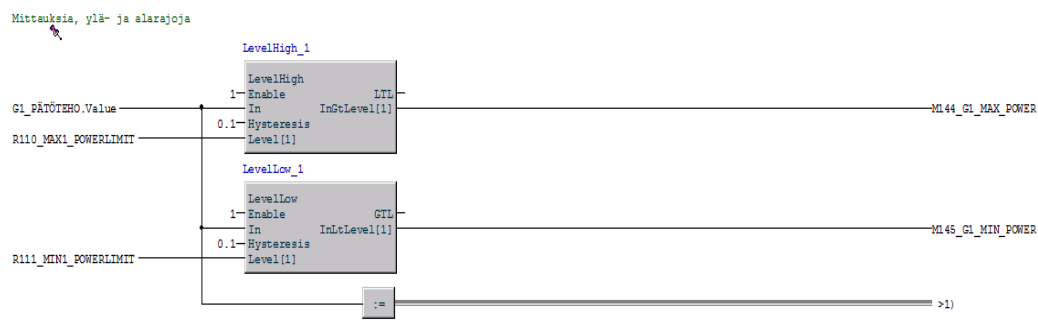
Kuva 27. Sulkuputken ohjaus



Kuva 28. Hydraulikoneikon paneeli-ikkuna

Mittaukset- lohossa tarkastellaan analogiakanavien arvoja, määritellään mittauksista valvonta- ja hälytysrajat sekä laaditaan laskennallisia arvoja. Compact Cont-

rol Builderin kirjastoissa on rajoja varten LevelHigh- ja LevelLow lohkot (**Kuva 29**) jotka tekevät signaalin vertailun helposti. Ohjelmoinnissa tulee määrittellä raja-arvo ja hystereesi. Raja-arvoja (**Kuva 30**) em. lohkoille annetaan parametrina ohjauspaneelilta.



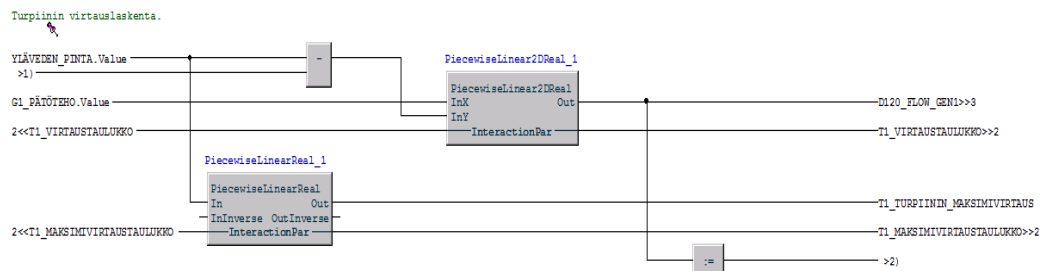
Kuva 29. Raja-arvon valvontalohko

JUPin pulssisäätimen asetusarvoja			
PUCTRL-lohko	VelocityLimiterReal	Aikoja	Rajoja
Pufact	OutIncLim	Start angle	Max power
ActT	OutDecLim	JOP avaus	Min power
TPmin	TolPos	JOP sulk	Start level
Tgap	TolNeg	Verkkohäiriö	Stop level
K	Track		Max alarm level
Deadb	Track		Min alarm level
Tmbc			Max frequency
T_poserr			Min frequency
Dz_pos			
Basic PID			
Mittaus T1			
Mittaus T2			
I			<input type="checkbox"/> 1s pulssi
P			
D			

Kuva 30. Parametrien asetteluikkuna paneelissa

Turbiinin virtaus lasketaan sovelluksessa putouskorkeuden ja koneen mitatun tehon perusteella. PiecewiseLinear2D_real- lohkon (**Kuva 31**) sisään määritetään

taulukko, jonka mukaan annetaan ulostulona virtaus. Esimerkki taulukosta on esitettyä kuvassa 32. Inputtien arvojen ollessa rivin- tai sarakkeen välissä, lohko linearisoi väliarvot. Taulukon inputtien y- ja x akselien risteyskohta annetaan ulostulona.



Kuva 31. Virtauksen laskenta PiecewiseLinear2D_real- lohkoilla

	x	y		
<input type="checkbox"/>			3.70	4.20
<input checked="" type="checkbox"/>	0.13		4.00	4.00
<input checked="" type="checkbox"/>	0.15		4.90	4.00
<input checked="" type="checkbox"/>	0.19		6.00	5.00
<input checked="" type="checkbox"/>	0.23		7.00	6.00
<input checked="" type="checkbox"/>	0.27		8.20	7.00
<input checked="" type="checkbox"/>	0.30		9.50	8.00
<input checked="" type="checkbox"/>	0.34		10.00	9.00
<input checked="" type="checkbox"/>	0.37		10.00	10.00
<input type="checkbox"/>				

Kuva 32. Virtaustaulukko PiecewiseLinear2D_real- lohkon sisällä

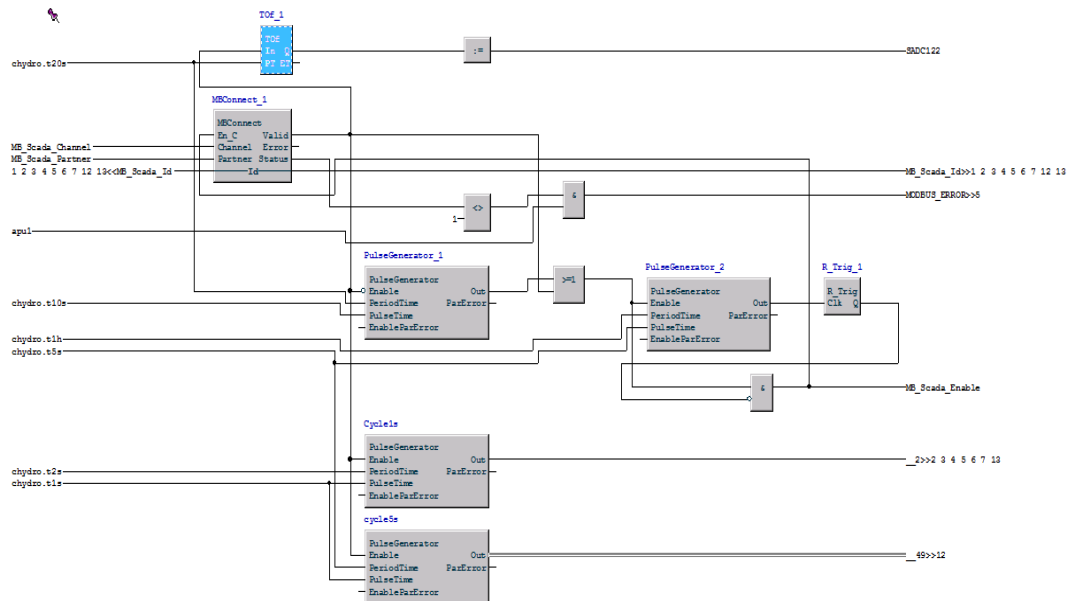
Turbiinitoimittaja on ilmoittanut virtaustaulukon yhden putouskorkeuden perusteella. Linearisointia varten laajempi virtaustaulukko laaditaan yhtälöiden (1), (2) ja (3) mukaan. Taulukko 1 on ote excelillä toteutetusta laskelmasta.

Taulukko 1. Virtaustaulukko eri putouskorkeuksille.

Putous	Teho		Virtaus (P=350)	Virtaus (P=150)	
3,7	150		11,12877583	4,769475	
3,8	183		10,83591331	4,643963	
3,9	216		10,55806938	4,524887	
4	250		10,29411765	4,411765	
4,1	283		10,04304161	4,304161	
4,2	316		9,803921569	4,201681	
4,3	350		9,575923393	4,103967	

Kommunikointi MicroSCADAan hoidetaan modbus/IEC muuntimena toimivan KU40 IEC ala-aseman kautta. Prosessorin sarjaliikenneporttiin linkitetään modbus- kommunikointikirjasto (**Kuva 14**). Tällä toimenpiteellä määritetään kommunikointiprotokollaksi modbus, ja siirrettävät signaalit voidaan kirjoittaa väylään kirjaston sisältämällä ohjelmalohkoilla. *MODBUS_IEC_COMM-* lohko sisältää ohjelmalohkot. Kommunikointiparametrit kirjoitetaan kerran (**Kuva 33**). Väylään kirjoitettavia lohkoja (**Kuva 34**) lisätään niin paljon kuin on siirrettäviä signaaleja. Huomioitava asia on, että signaaleja tulee siirtää yhtä paljon kuin KU40 parametrisissa määrätään (LIITE 3), ja samassa järjestyksessä kuin vastaanottaja niitä lukee (LIITE 4).

Liitteiden 3 ja 4 mukaiset asetukset piti ohjelmoida rkuwin- ohjelmalla KU40: sisään. Tämä toimenpide on työläs, ja se pitää muistaa tehdä aina kun muuttaa signaalien lukumäärää. Jos tämä jää tekemättä tai tehdään väärin, KU40:n osoitealueet menevät väärin ja yhteys ei toimi.

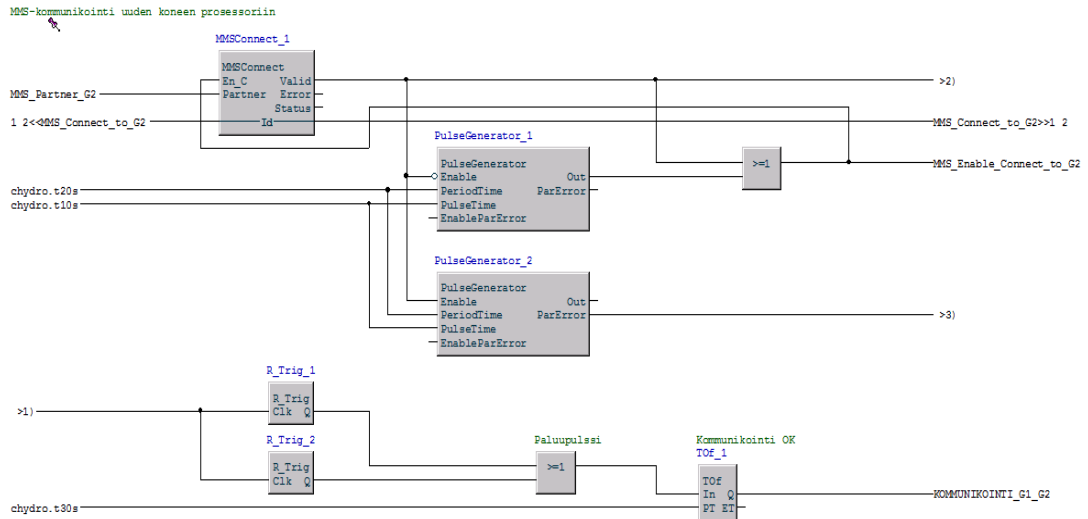


Kuva 33. Modbus-kommunikointiparametrit

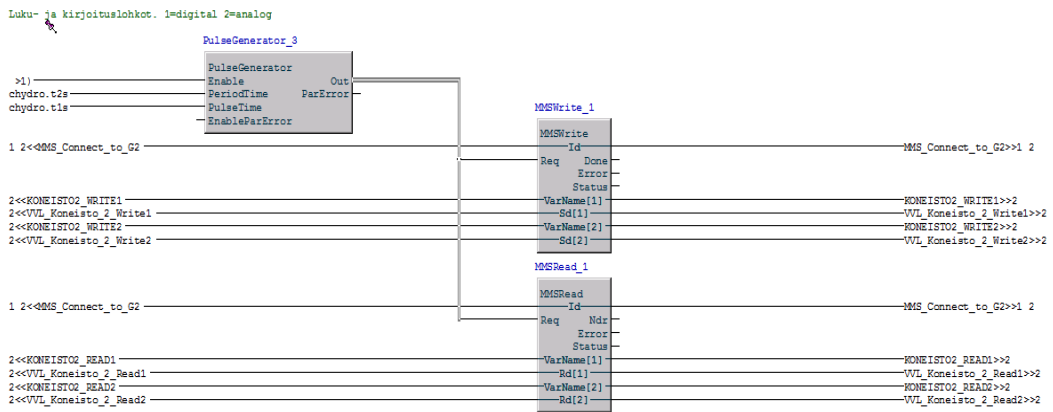
Req	Id	Status
5c<1107 ANL LEVELALARM	-8d[11]	11007 ANL LEVELALARM>>5
5c<1109 NOT_NORM_LEVEL	-8d[12]	11009 NOT_NORM_LEVEL>>5
5c<1190 RESTART	-8d[13]	11090 RESTART>>5
5c<1100 G1_ALARM	-8d[14]	11100 G1_ALARM>>5
5c<1101 G1_A_ALARM	-8d[15]	11101 G1_A_ALARM>>5
5c<1102 G1_B_ALARM	-8d[16]	11102 G1_B_ALARM>>5
5c<1114 SPEED_G1_ALARM	-8d[17]	11114 SPEED_G1_ALARM>>5
5c<1121 G1_COMP_FAULT	-8d[18]	11121 G1_COMP_FAULT>>5
5c<1122 G1_COMP_FAULT	-8d[19]	11122 G1_COMP_FAULT>>5
5c<1123 GATEFAULT_UP	-8d[10]	11123 GATEFAULT_UP>>5
5c<1124 GATEFAULT_DOWN	-8d[11]	11124 GATEFAULT_DOWN>>5
5c<1125 G1_BAD_START	-8d[12]	11125 G1_BAD_START>>5
5c<1126 G1_BAD_STOP	-8d[13]	11126 G1_BAD_STOP>>5
5c<1127 G1_NOSPEED	-8d[14]	11127 G1_NOSPEED>>5
5c<1190 G1_AUTO	-8d[15]	11190 G1_AUTO>>5
3 4 5 6<chima0	-8d[16]	chima0>>3 4 5 6
5c<1161 START_ANGLE_G1	-8d[17]	1161 START_ANGLE_G1>>5
5c<M20_GATE1	-8d[18]	M20_GATE1>>5
5c<M21_GEN1	-8d[19]	M21_GEN1>>5
5c<M22_CSP1	-8d[20]	M22_CSP1>>5
3 4 5 6<chima0	-8d[21]	chima0>>3 4 5 6
3 4 5 6<chima0	-8d[22]	chima0>>3 4 5 6
5c<PINTA_YLARAAMALTYYS	-8d[23]	PINTA_YLARAAMALTYYS>>5
5c<PINTA_ALARAAMALTYYS	-8d[24]	PINTA_ALARAAMALTYYS>>5
1 5<MDEBUS_ERROR	-8d[25]	MDEBUS_ERROR>>5
5c<M6 PROCESSORI_HAIRIO	-8d[26]	M6_PROCESSORI_HAIRIO>>5
5c<M71 KORITTI_HAIRIO	-8d[27]	M71_KORITTI_HAIRIO>>5
5c<M81 KORITTI_HAIRIO	-8d[28]	M81_KORITTI_HAIRIO>>5
5c<M9 DO_KORITTI_HAIRIO	-8d[29]	M9_DO_KORITTI_HAIRIO>>5
3 4 5 6<chima0	-8d[30]	chima0>>3 4 5 6
5c<M30 G1_FULLY_OPEN	-8d[31]	M30_G1_FULLY_OPEN>>5
5c<M31 G1_FULLY_CLOSE	-8d[32]	M31_G1_FULLY_CLOSE>>5

Kuva 34. Signaalien kirjoitus modbus-väylään

Kommunikointi G1- ja G2 koneistojen prosessorien välillä hoidetaan ethernet-pohjaisella MMS-kommunkoinnilla. Kommunikoinnille tehdään kommunikointi (**Kuva 35**) - ja kirjoituslohkot (**Kuva 36**) vastaavalla tavalla kuin modbusin tapauksessa. Erona kuitenkin on siirrettävän signaalin data type. Modbusissa siirretään kukin signaali bittinä tai integerinä. MMS:llä määrätään oma listamuotoinen data type, joka voi sisältää erilaisia data typejä (bitti, integer). MMS Data type tulee olla saman sisältöinen molemmissa päissä (**Kuva 37**).



Kuva 35. MMS-kommunikointiparametrit



Kuva 36. Signaalien kirjoitus MMS-väylään

	Name	Data Type	Attributes	Initial Value	ISP Value	D
1	T2_YLÄVEDEN_PINTA	real	retain			
2	T2_ALAVEDEN_PINTA	real	retain			
3	T2_VÄLPÄNJÄLKEINEN_PINTA	real	retain			
4	LÄMPÖ_ULKOILMA	real	retain			
5	T2_HYDRAULIÖLJYN_LÄMPÖTILA	real	retain			
6	FLOW_GEN2	real	retain			
7	T2_PÄÄLAAKERINLÄMPÖ_RADIAL	real	retain			
8	G1_PINTASÄÄTÖ_VIRTAUSOHJE	real	retain			
9						

	Name	Data Type	Attributes	Initial Value	ISP Value	D
1	T2_YLÄVEDEN_PINTA	real	retain			
2	T2_ALAVEDEN_PINTA	real	retain			
3	T2_VÄLPÄNJÄLKEINEN_PINTA	real	retain			
4	LÄMPÖ_ULKOILMA	real	retain			
5	T2_HYDRAULIÖLJYN_LÄMPÖTILA	real	retain			
6	FLOW_GEN2	real	retain			
7	T2_PÄÄLAAKERINLÄMPÖ_RADIAL	real	retain			
8	G1_PINTASÄÄTÖ_VIRTAUSOHJE	real	retain			
9						

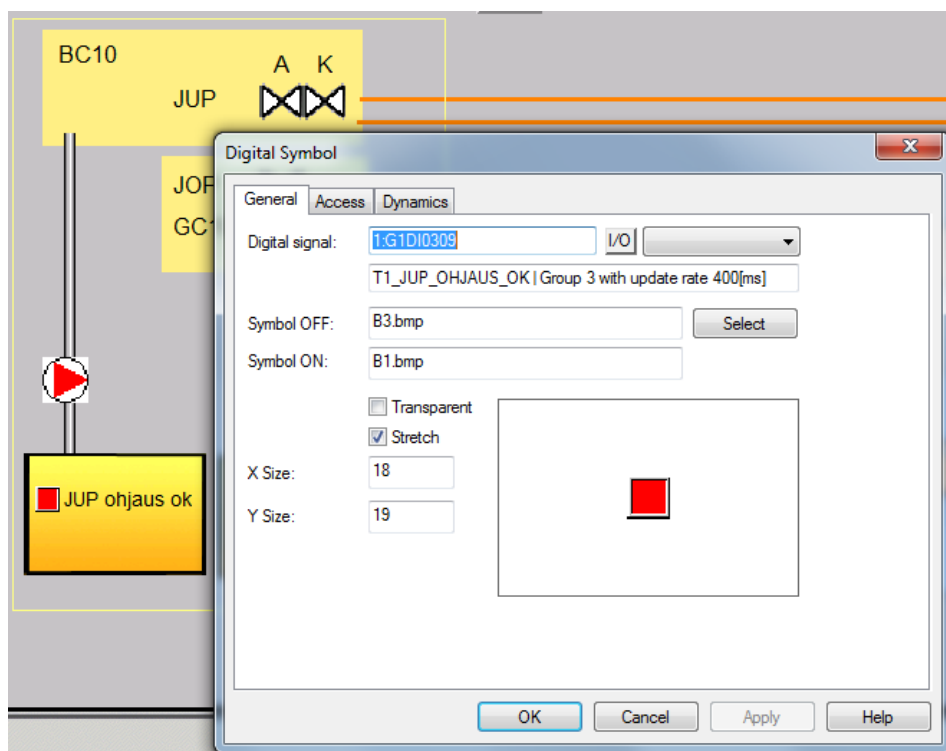
Kuva 37. MMS- data typen sisältö

Paneelia varten laaditaan access variable- lista. Paneeli lukee prosessorilta access variable-listaan määritellyt signaalit. Paneelille luodaan access variable listaa (**Kuva 38, oikea**) vastaava name list (**Kuva 38, vasen**).

Name	I/O	Data	Name	Path	Data Type
AUTOMAATTISULAKE_YLEINEN	1:G1D10101	Bool	9 G1D10101	SW_Koneisto_1.AUTOMAATTISULAKE_YLEINEN.Value	bool
VERKKO_VIKA	1:G1D10102	Bool	10 G1D10102	SW_Koneisto_1.VERKKO_VIKA.Value	bool
DI1_3	1:G1D10103	Bool	11 G1D10103	SW_Koneisto_1.DI1_3.Value	bool
DI1_4	1:G1D10104	Bool	12 G1D10104	SW_Koneisto_1.DI1_4.Value	bool
VIKA_DC1	1:G1D10105	Bool	13 G1D10105	SW_Koneisto_1.DC1_OK.Value	bool
MCCB_PÄÄLLÄ	1:G1D10106	Bool	14 G1D10106	SW_Koneisto_1.MCCB_PÄÄLLÄ.Value	bool
DI1_7	1:G1D10107	Bool	15 G1D10107	SW_Koneisto_1.DI1_7.Value	bool
RESET	1:G1D10108	Bool	16 G1D10108	SW_Koneisto_1.RESET.Value	bool
PAIKALLISKÄYTTÖ	1:G1D10109	Bool	17 G1D10109	SW_Koneisto_1.PAIKALLISKÄYTTÖ.Value	bool
VALOT_TESTI	1:G1D10110	Bool	18 G1D10110	SW_Koneisto_1.VALOT_TESTI.Value	bool
UUDELLEENKÄYNNISTYS_PÄÄLLÄ	1:G1D10111	Bool	19 G1D10111	SW_Koneisto_1.UUDELLEENKÄYNNISTYS_PÄÄLLÄ.Value	bool
UUDELLEENKÄYNNISTYS_POIS	1:G1D10112	Bool	20 G1D10112	SW_Koneisto_1.UUDELLEENKÄYNNISTYS_POIS.Value	bool
PIKASULKU	1:G1D10113	Bool	21 G1D10113	SW_Koneisto_1.PIKASULKU.Value	bool
DI1_14	1:G1D10114	Bool	22 G1D10114	SW_Koneisto_1.DI1_14.Value	bool
DI1_15(2)	1:G1D10115	Bool	23 G1D10115	SW_Koneisto_1.DI1_15.Value	bool
DI1_16(2)	1:G1D10116	Bool	24 G1D10116	SW_Koneisto_1.DI1_16.Value	bool
DI2_1(2)	1:G1D10201	Bool	25 G1D10201	SW_Koneisto_1.G1_KWH_PULSSI.Value	bool
G1_GENERAATTORI_KVALM	1:G1D10202	Bool	26 G1D10202	SW_Koneisto_1.G1_GENERAATTORI_KVALM.Value	bool
G1_KÄSI_VALINTA	1:G1D10203	Bool	27 G1D10203	SW_Koneisto_1.G1_KÄSI_VALINTA.Value	bool
G1_AUTO_VALINTA	1:G1D10204	Bool	28 G1D10204	SW_Koneisto_1.G1_AUTO_VALINTA.Value	bool
G1_SEIS_VALINTA	1:G1D10205	Bool	29 G1D10205	SW_Koneisto_1.G1_SEISI_VALINTA.Value	bool
G1_KÄYNTIIN_VALINTA	1:G1D10206	Bool			
G1_KONTAKTORI_PÄÄLLÄ	1:G1D10207	Bool			
C1_KONTAKTORI_PÄÄLLÄ	1:G1D10208	Bool			

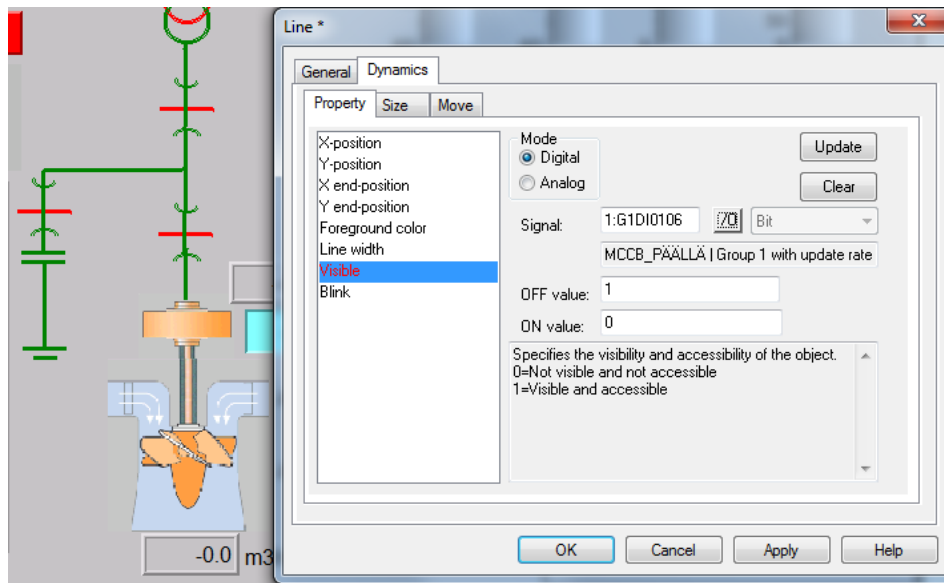
Kuva 38. Name list ja access variable- lista vierekkäin

Paneeli ohjelmoitiin ohjelman kirjoituksen oltua melkein valmis. Paneeli sisältää prosessikuvat sekä hälytys- ja tapahtumalistauksen (LIITE 5). Paneelin kuviin ja symboleihin voidaan määrätä dynamiikkaa, joka muuttuu prosessin tapahtuman mukaan. Kuvassa 39 esitetään juoksupyörän ohjauksen valvonnan indikoiva symboli ja IO-linkitys.



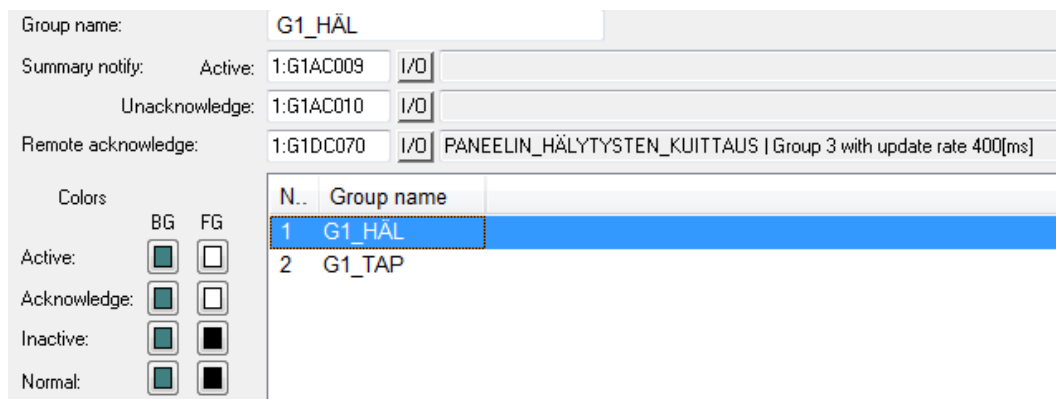
Kuva 39. IO-linkitys digital symboliin.

Dynamiikkaa voidaan luoda myös staattisiin symboleihin. Esimerkiksi katkaisijalle ei löytynyt sopivaa digital symbolia. Ongelma ratkaistiin lisäämällä staattiseen symboliin toiminta, joka näyttää viiva- symbolin eri asennossa ja eri värisenä IO-osoitteen perusteella (**Kuva 40**).

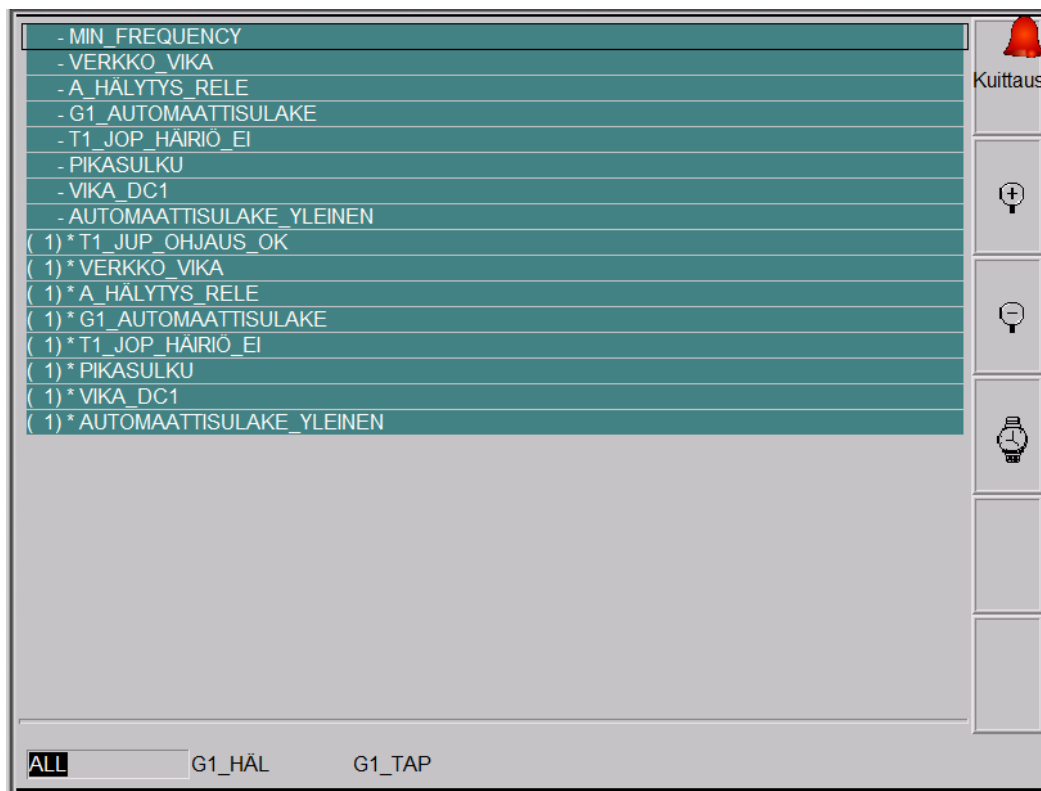


Kuva 40. IO-linkitys staattiseen symbolin dynamiikkaan

Hälytykset luodaan paneelille laatimalla alarm groupit (**Kuva 41**). Alarm grouppeihin linkitetään signaalit name listista ja määritellään käsittelytavat, esim kuittaus, listalta poistuminen, tulostus. Listan ulkomuotoon voidaan vaikuttaa vain väri-
valinnalla. Hälytyslista näyttää alla olevalta (**Kuva 42**).



Kuva 41. Alarm groupien määrittäminen



Kuva 42. Hälytyslista

4.3 Testaukset

FAT-testauksessa (tehdaskoestus) käydään läpi työmaalle toimitettavat laitteet, ja testataan mahdollisimman monipuolisesti varman toiminnan saavuttamiseksi. FATissa kytketään kojeistoihin ensimmäisen kerran virta päälle ja tarkastetaan mm:

- Hardwaren oikeellisuus
- Ovatko laitteet suunnitellun mukaiset
- Toimivatko laitteet halutulla tavalla
- Kokeillaan tietoliikenteen toimivuus.

4.3.1 FAT, tehdaskoestus

FAT on tärkeä toimenpide kaikissa projekteissa. FATin kautta projektin toimittaja pystyy varmistumaan omasta työstään ja järjestelmän toimivuudesta, ja asiakas

voi varmistua laitteiden olevan sopimuksen mukaisia ja antaa viime hetken kommentteja järjestelmästä tai toimintojen muuttamistarpeista.

G1 turbiinigeneraattorin FAT-testaus suoritettiin Power Generationin FAT-alueella. Koska PLC asennetaan vanhaan kaappiin, testauksessa oli käytössä vain PLC + IO-kortteihin kytketyt releet simulointeja varten, HMI- paneli ja KU40 IEC ala-asema. Testattavat toiminnot olivat:

- sovellusohjelmien ja –kirjastojen tarkastus
- tietoliikenteen toimivuus
- CPU:n suorituskyky
- paneelien ikkunat ja hälytyslistat
- pikasulku, verkkohäiriö, häiriöstä toipuminen
- käynnistys- ja pysäytyssekvenssien toiminta
- turbiinisäätö eri ohjaustavoilla (pinta, teho)
- toimilaitteiden ohjaus auto- ja käsiajoilla.

Juoksupyörän ja sulkuputken venttiileitä ja koneen ja kondensaattoripankin kontaktoreita simuloivat releet havainnollistivat toimintaa ja olivat suureksi avuksi sekvenssiä ja turbiinin säätöä simuloitaessa. Releen koskettimelta tuloon kytketty tilatieto vastasi todellisuutta. Muut toiminnot simuloitiin pakottamalla DI-kanavia päälle ja syöttämällä yleismittarilla virtaa AI-kanaviin. Asetusarvoja annettiin paikallisohjauksella paneelista.

Sekvenssien ajo ja turbiinin säätö käsin simuloiden on melko karkea, mutta antaa oikeaa suuntaa varsinaisesta toiminnasta. HMI:n toiminnasta FAT- testissä saadaan hyvä käsitys. HMI:stä näkee hyvin myös simulointien tilan, joten mahdottomat simulointitilanteet voidaan ohittaa, jos jotain on jäänyt huomioimatta.

4.3.2 SAT, työmaakoestus

Asennuksien valmistuttua laitoksella suoritettiin SAT- testi. Testissä käytiin läpi tehdyt asennukset, ja ajettiin koneistoja ilman vettä käsi- ja automaattiajolla niin kattavasti kuin oli mahdollista.

Asiakkaan sähköasentajat tekivät uusien laitteiden asennukset vanhaan automaatiokaappiin laadittujen purku- ja asennuskuvien mukaan. Kuviin oli jäänyt joitain puutteita laitteista ja suoranaisia suunnitteluvirheitä.

Asennusten jälkeen aloitettiin IO-testaus. IO-testauksessa kokeillaan signaalin perille meno. IO-testauksesta pidetään pöytäkirjaa työn edetessä ajan tasalla pysymiseksi.

Kun voitiin todeta IO:n olevan kunnossa, laitteisiin kytketään apujännite päälle. Turbiinin hydraulikoneikkoja ajettiin automaation ohjaamana. Sekvenssejä ajettiin mahdollisimman todenmukaisesti. Joitain muutoksia jouduttiin tekemään asiakkaan toiveen mukaisesti toiminnallisuuteen ja paneeli-ikkunoihin.

Paneelin hälytys- ja tapahtumalistaus oli hyödyllinen apu SAT-kokeita tehtäessä. Listasta näki tapahtuneen toimenpiteen ja aikaleiman. Aikaleimojen avulla osattiin määrittellä juoksupyörän siipien ja sulkuputken kulkuajat helposti.

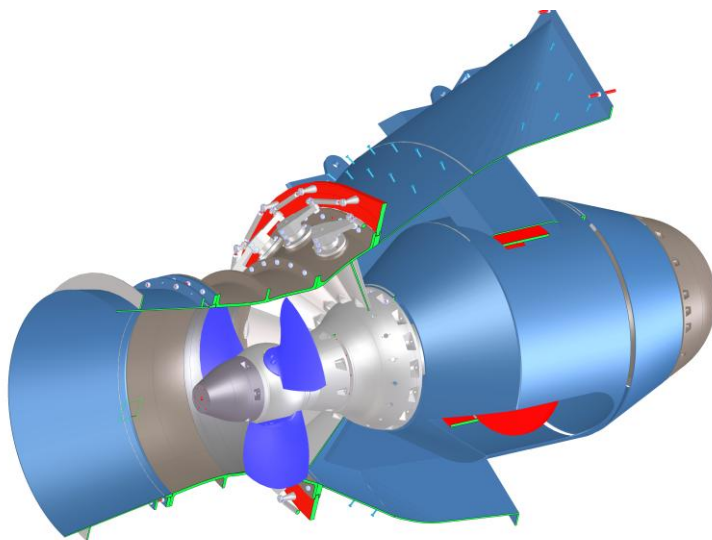
Turbiinin säätötavan ja -parametrien oikeellisuutta ja vesipintojen mittauksia ei voida todentaa ilman vettä. Vesi lasketaan kanavaan laitoksen lopullisen käyttöönoton yhteydessä, jolloin tehdään lopulliset säädöt ja tarkistukset laitteistoon.

5 G2 KONEEN AUTOMAATIOSUUNNITTELU

G2 koneisto (uusi turbiinigeneraattori) on uudistuotantoa joka osa-alueelta. Vesi-voimaprojekteissa automaatiosuunnittelijan tulee tehdä yhteistyötä muiden sähköinsinöörien kanssa, jotka vastaavat apu- ja suojauslaitteiden suunnittelusta. Näiden toimintojen yhteensovittamiseksi tulee noudattaa myös turbiinotoimittajan ohjeita oikean toiminnallisuuden luomiseksi. G2 koneiston suunnittelussa on käytetty KKS-standardia yleisenä ohjeena ja laitepositioiden määrittämiseen.

5.1 Yleistä G2 koneistosta

G2-koneiston turbiini on tyypiltään bulb-turbiin tai vaaka-Kaplan. Jaottelu on tässä tapauksessa tulkinnanvarainen. Bulb turbiini asennetaan vaakatasoon ja generaattori voi olla bulbin sisällä. Turbiinin säätötapa on Kaplan, ja generaattori on kytketty kiinteällä voimansiirrolla generaattoriin. Tässä insinööriyössä turbiinia nimitetään bulb-turbiiniksi. Turbiini on esitetty valmistajan havainnekuvassa (Kuva 43).



Kuva 43. Havainnekuva uudesta turbiinista /10/

G2-koneiston turbiinissa on säädettävä juoksupyörä asennon takaisinkytkennällä. Juoksupyörää ohjataan lisää/vähennä pulsseilla.

G2-koneiston turbiinissa on säädettävä johtopyörä asennon takaisinkytkennällä. Johtopyörää ohjataan proportionaaliventtiilillä. Johtopyörä on rengas, joka kääntyessään säätää johtosolukkeita.

G2 koneistossa on yksi hydraulikoneikko, joka ohjaa molempia, juoksupyörää ja johtopyörää. Hydraulikoneikkoon kuuluu kaksi öljypumppua. Pääpumpun tehtävä on ylläpitää painetta, ja apupumppu nostaa öljysäiliön pintaa (palauttaa vuotosäiliöön valuneen öljyn). Hydraulikoneikon kaikki venttiilit on kytketty automaatioon. Liitteessä 2 selvitetään uuden koneiston signaalit.

G2 koneiston generaattori on tahtikone. Koneen teknisiä tietoja:

- $P_n=400\text{kW}$

$U_n=400\text{V}$

- $I_n=610\text{A}$

- $n=750\text{rpm}$

Generaattori on sijoitettu turbiinin yläpuolelle, ja voimansiirto on toteutettu remmivedolla. Generaattori on varustettu useilla käämien mittaavilla Pt100-antureilla ja lämmittimellä. Lämmitintä käytetään koneen seisoessa ehkäisemään veden tiivistymistä käämeihin. Voitelulaite toimii automaattisesti. Automaation IO:n kytketään vain voitelulaitteen hälytystieto. /10/

Magnetointi- ja tahdistuslaitteena toimii ABB:n Unitrol 1010. Magnetointilaite on kytketty automaatioon IO:n. Laitteelle annetaan automaatiosta mm. tahdistuskäsky ja loisteho asetusarvo, ja laitteesta automaatioon annetaan mm. turbiinisäätäjälle lisää/vähennä pulssit.

Turbiinin pyörimisnopeutta valvotaan ecomat- pulssimuuntimilla. Induktiiviset anturit valvovat turbiinin akseliin asennettua nappulapantaa. Ecomat- valvoo pulsien taajuutta ja muodostaa analogiaviestin nopeudelle. Ecomatille määritetään rajat nimellisa nopeudelle ja ryntäykselle.

Generaattorin suojarele REM541 ja muuntajan suojarele RET541 on yhdistetty SPA-ZC- protokollamuuntimen kautta Profibus DP- väylällä automaatiojärjestelmään. Automaatio ei ohjaa suojarelettä, mutta sähköiset mittaussuureet ja releen hälytykset luetaan automaatio-ohjelman käyttöön.

Generaattorin katkaisija ohjataan kiinni tahdistuslaitteen ohjaamana. Aukiohjaus tehdään normaalitoiminnassa automaation käskyllä tai vikatilanteessa suojareleen laukaisemana. Katkaisijan vaunu voidaan vetää käsin ulos sähköistä erotusta varten.

Kommunikointi SCADA- järjestelmään toteutetaan vastaavalla tavalla kuin vanha koneisto.

5.2 G2 koneen sovellussuunnittelu

G2 koneen suunnittelu tehtiin suurelta osin samalla tavalla kuin G1 koneen suunnittelu. Suunnittelun pohjana olivat turbiini- ja generaattoritoimittajien ja asiakkaan toimittavat lähtötiedot. Tässä insinööriyössä käsitellään G2 koneen suunnittelun osalta G1 koneeseen verraten erilailla tehdyt toimet toistamisen välttämiseksi.

5.2.1 Hardware, G2 kone

Logiikkakomponentit valittiin samoilla perusteilla kuin edellisiin. Lisäksi hardwarekokoonpanoon lisättiin erilaisia analogiamittauksia ja -lähtöjä. Profibus- kommunikointia varten tarvittiin myös erillinen moduuli.

Proessorissa ei ole suoraa liitintä profibus DP- väylää varten. Tätä varten kokoonpanoon tarvitaan väylämoduuli CI854.

Pt100- lämpötila-anturit kytketään suoran AI830- kortin kanavaan. → Erillisiä lähettämiä ei tarvita.

Johtopyörän proportionaaliventtiiliä ohjataan analogiaviestillä. Lisäksi loisteho ohjearvo annetaan magnetointilaitteelle analogiaviestinä.

Suojareleiden hälytyskoskettimet kytketään aikaleimaavaan DI830 korttiin.

G2 koneiston PLC on varustettuna seuraavilla moduuleilla: /1/

-1*profibus-väylämoduli CI854

-1*prosessorimoduuli PM856

-2*analogiatulomoduuli AI810

-2*analogiatulomoduuli AI830

-1*analogialähtömoduuli AO810

-3*digitaalitulomoduuli DI810

-1*digitaalitulomoduuli DI830

-2*digitaalilähtömoduuli DO810

-11*korttipohja TU812 (Varioface)

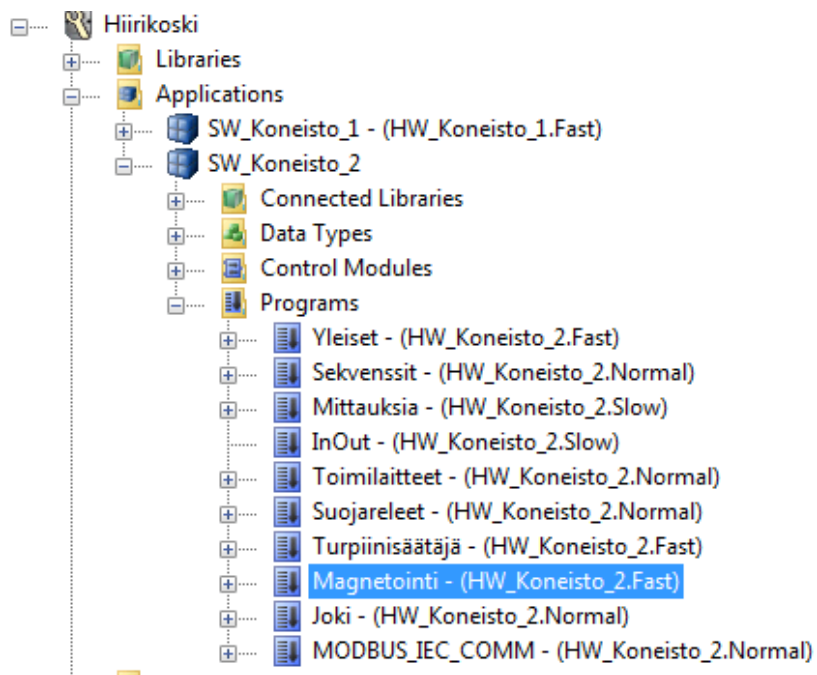
Ohjauspaneeli ja modbus/IEC kommunikointi toteutetaan samoilla komponenteilla kuin vanhan koneen sovelluksessa.

5.2.2 Software, G2 kone

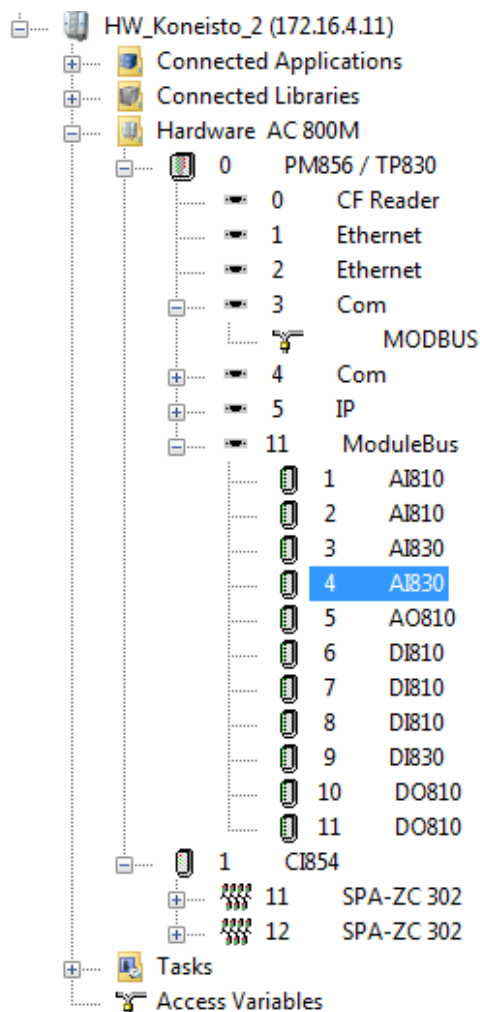
Kohteen G2 turbiinigeneraattoriin laaditaan toimittajan ohjeiden mukainen toiminnallisuus. Edellä mainitun mukaan (4.2.2) laitoksen ohjaus ja säätö toteutetaan G2- ja G1 koneille, ja kaukokäytöstä tehdään yhdenmukainen. Koneiden prosessorit ovat yhteydessä toisiinsa jakaen tilatietoja keskenään. G2 koneen prosessorissa toteutetaan jokisäätöohjelma, joka antaa virtausohjearvon G1 koneelle.

5.2.3 Softwaren suunnittelu, G2 kone

Perustoiminnot (sekvenssi, pikasulku, hälytys, signaalin muodostus) ja modbus/IEC kommunikointi suunniteltiin vastaavalla tavalla kuin G1 koneessa. Compact Control Builderin projektiin lisättiin kuvien 44 ja 45 mukaiset software- ja hardware konfiguraatiot.

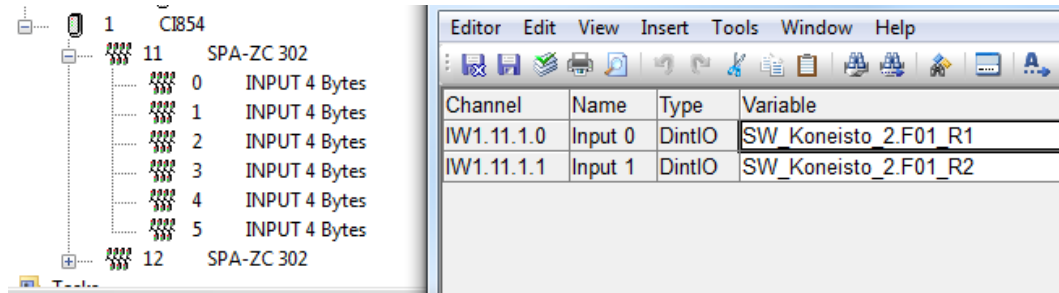


Kuva 44. G2 koneen software konfiguraatio

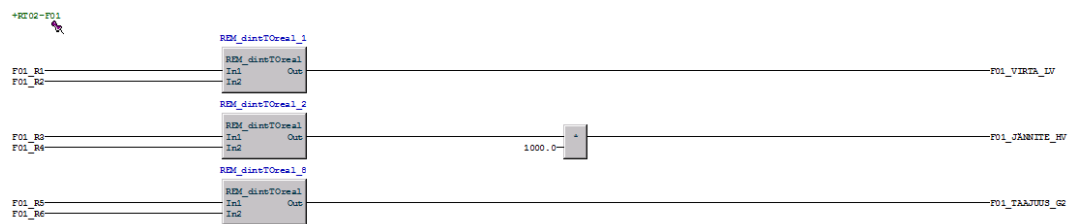


Kuva 45. G2 koneen hardware konfiguraatio.

Suojareleiltä luetaan tietoa profibus-väylän kautta. Tätä varten suunniteltiin ohjelmalohko, joka purkaa väylältä luetut signaalit muun ohjelman käytettäväksi. Suojareleen tiedot kirjoitetaan SPA-ZC- muuntimella profibusväylään. SPA-ZC- muuntimen parametreihin määritellään siirrettävien signaalien järjestys väylässä. Analogiset mittaukset kirjoitetaan rekistereihin. Yksi mittaus käyttää kaksi rekisteriä. Rekisterin mitta on kaksi byteä (word), mittauksen mitta neljä byteä (double word). Kuvassa 46 ja 47 esitetään mittauksen määrittäminen profibus- väylään ja auki kirjoitus ohjelmassa. Mittausarvoa käytetään ohjelmassa ja laitoksen valvonnassa.

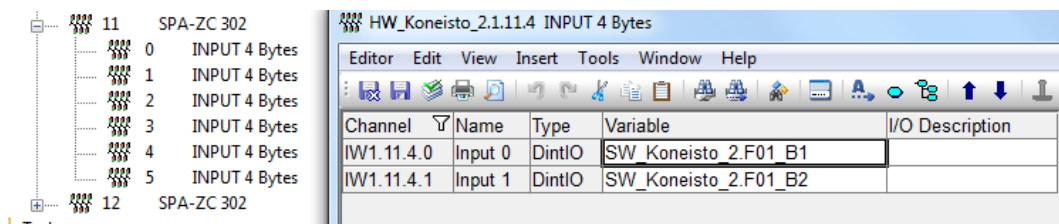


Kuva 46. Mittauksen määrittäminen profibus- väylään

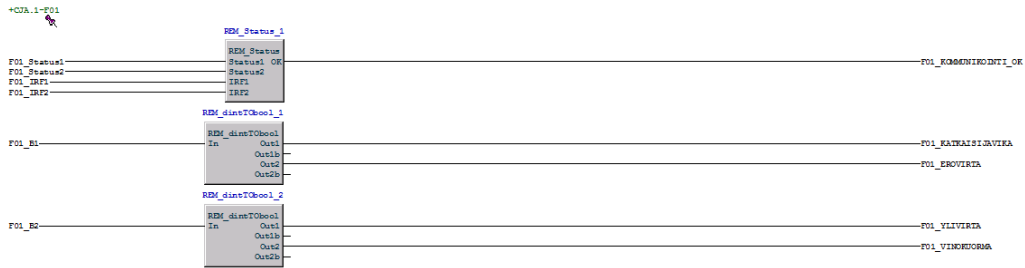


Kuva 47. Mittauksen auki kirjoitus ohjelmassa

Releen hälytystiedot kirjoitetaan byteihin. Byten mitta on kahdeksan bittiä. Yksi byte sisältää kaksi tilatietoa. Kuvassa 48 ja 49 esitetään hälytystiedon määrittäminen profibus- väylään ja auki kirjoitus ohjelmassa.



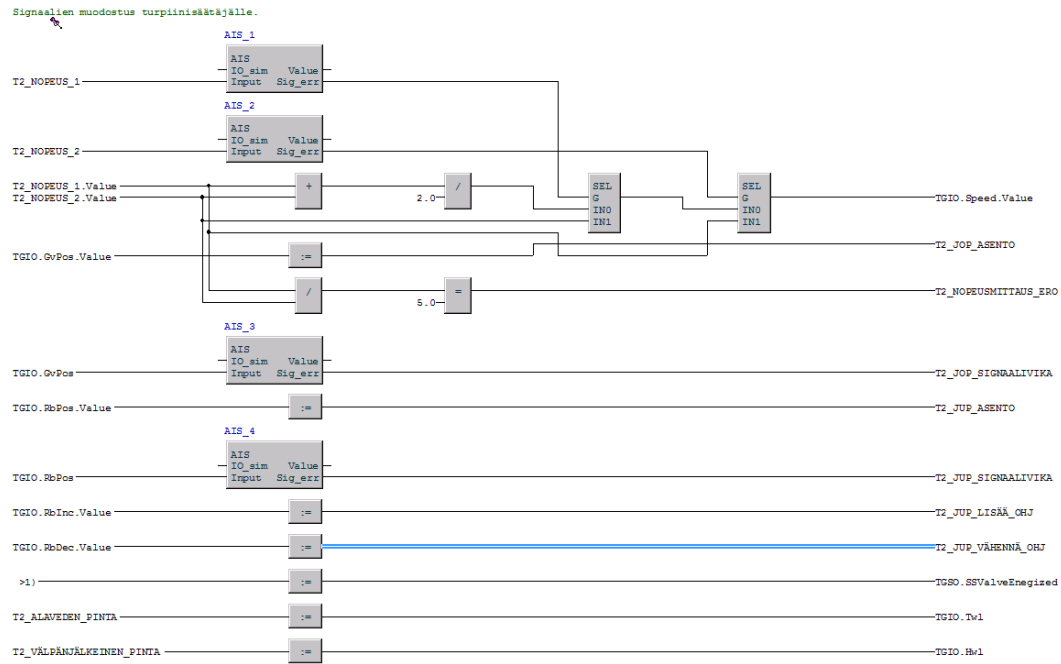
Kuva 48. Hälytyksen määrittäminen profibus- väylään



Kuva 49. Hälytyksen auki kirjoitus ohjelmassa

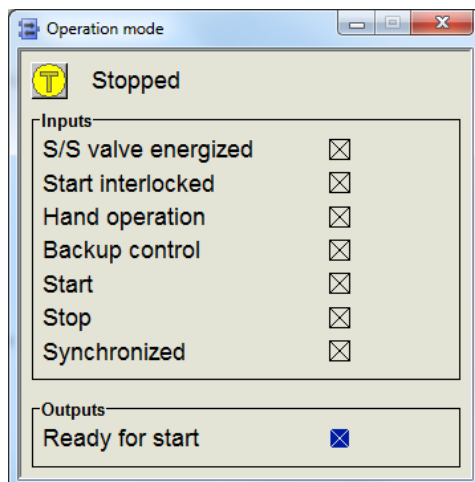
Koska G2 koneiston turbiinissa on säädettävä juoksupyörä ja johtopyörä, sovellukselle voitiin toteuttaa kombinointi. Sovelluksessa otettiin käyttöön ABB:n luoma *turbiinisäätäjämoduuli* (TGC800), jolla säädetään turbiinia kaikissa tilanteissa (käynnistys, pysäytys, tyhjäkäynti, tahdistus, normaalitoiminta). Turbiinisäätäjämoduuli on erillinen ABB:n Control module. Control Modulen sisältö on laadittu vaasalaisten insinöörien toimesta, ja ohjelmaa ei voi tarkastella ilman ABB:n suojausavainta. Turbiinisäätäjälle annetaan koneen tiedot ja säätö- ja ajoparametrit. Ajoparametrien perusteella turbiinisäätäjä osaa säätää turbiinia oikealla tavalla eri tilanteissa ilman erillisiä ohjelmallisia toimintoja. Ajoparametrit sisältävät kombinointitoiminnan (kombinointitaulukko) sekä avausasetukset- ja rajoitukset eri ajotilanteissa.

Turbiinisäätäjän Control Modulelle tarvitaan tietoja prosessista, jotka kirjoitetaan ohjelmassa move- käskyillä turbiinisäätäjälle varattuihin muistipaikkoihin. Kuvassa 50 esitetään signaalien kirjoitus Control Modulelle.



Kuva 50. Signaalien kirjoitus turbiinisäätäjän Control Modulen muistipaikkoihin

Prosessitietojen ja mittausten perusteella turbiinisäätäjä tietää kunkin ajotilanteen. Turbiinisäätäjällä on valvontaikkuna, josta voidaan testaus- ja käyttöönotto tilanteissa valvoa turbiinisäätäjän statusta. Valvontaikkuna on esitetty kuvassa 51. Kuvan yläreunassa näkyvä ”Stopped” edustaa tämänhetkistä tilaa. Turbiinisäätäjä päättlee statuksen inputs- kehyksen sisällä olevien signaalien perusteella. Outputs- kehyksen signaalia käytetään käynnistysehdoissa. → Konetta ei voi käynnistää, jos turbiinisäätäjän vaatimat ehdot eivät täyty.



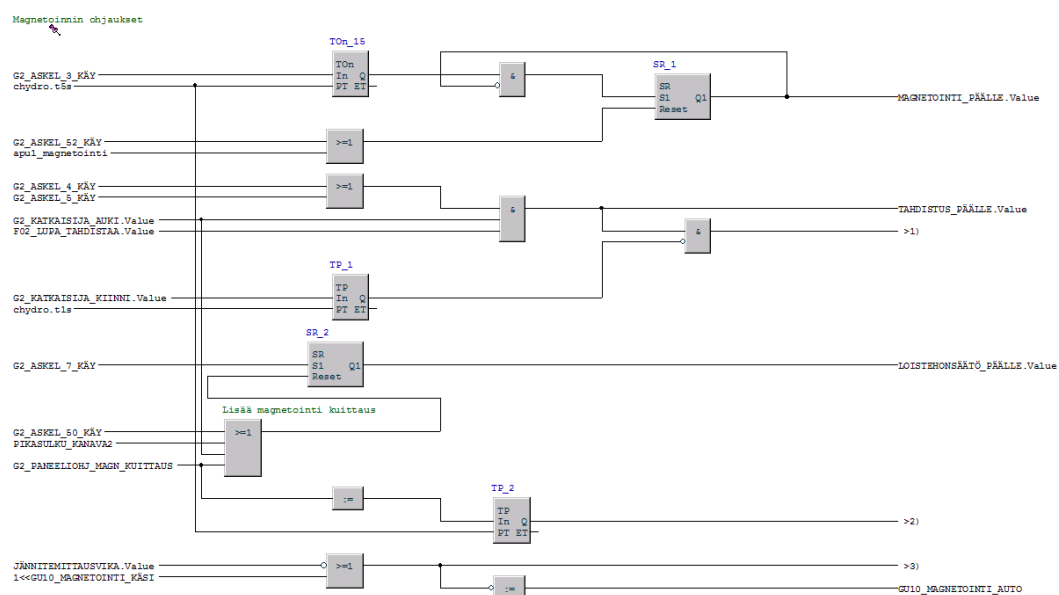
Kuva 51. Turbiinisäätäjän valvontaikkuna

Generaattori on tahtikone, joka vaatii käynnistettäessä tahdistuksen verkkoon ja jännitteen (loistehon) säädön magnetointilaitteella. Automaatioon liitettävät toiminnot suoritetaan *magnetointi*- ohjelmalohkossa.

Magnetointilaitteen signaalit on kytketty langoittamalla automaation tulo- ja lähtökanaviin. Magnetointilaitteelle annetaan automaatiosta magnetointi päälle-, loistehon säätö päälle ja tahdistuskäsky sekä loistehon ohjearvo. Lisäksi jännitteen säädön ajotapa ja virheen käsittely hoidetaan automaatiossa. Itse jännitteensäädön magnetointilaite tekee itse, joten toimintaa ei tarvitse luoda automaatiossa. Tahdistuksen lisää/vähennä käskyt annetaan magnetointilaitteelta turbiinisäätäjän signaaleihin kytkettyyn IO:n. Tahdistuksessa magnetointilaite antaa generaattorikatkaisijan sulkukäskyn.

Magnetointilaite antaa vikatilanteessa häiriösignaalin. Häiriö tulee kuitata magnetointilaitteen tuloon. Magnetointilaitteen kuittauskäsky on liitetty samaan toimintaan kuin muidenkin laitteiden häiriökuittaukset.

Kuvassa 52 esitetään magnetoinnin ohjaukset automaatiosta.



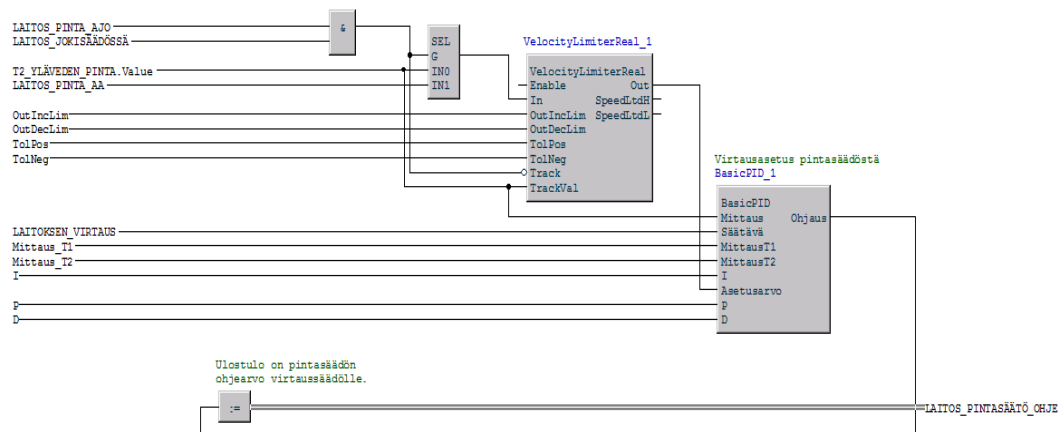
Kuva 52. Magnetointilaitteen ohjaus

Laitokselle toteutettiin jokisäätö, johon kuuluvat molemmat turbiinigeneraattorit. Laitoksen luokkuja ei kytketä automaatioon, joten jokisäätöä ei voida toteuttaa

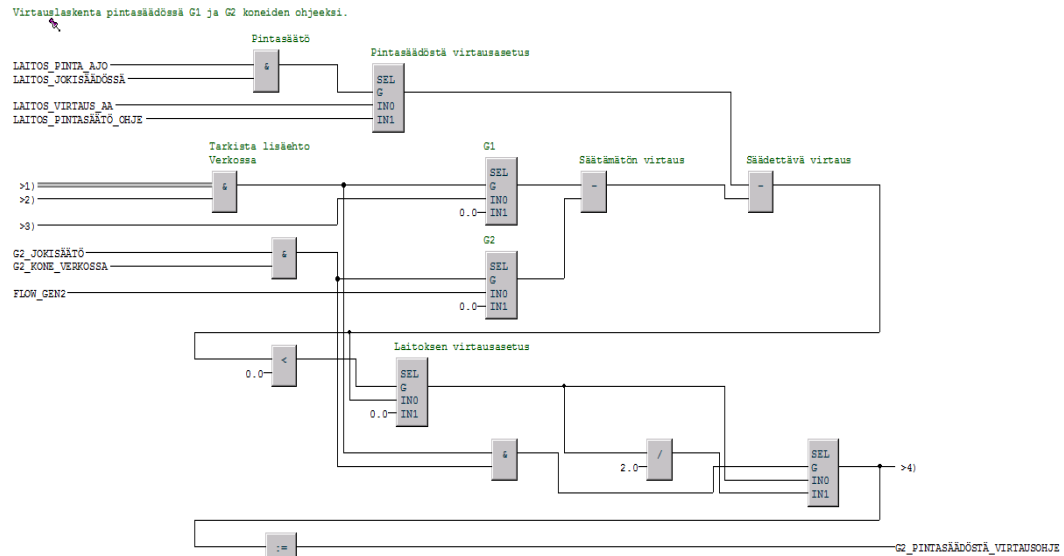
täydellisesti tilanteessa, jossa koneet käyvät täysillä ja osa virtauksesta juoksuetaan ohi. /3/

Jokisäätötoiminnalla valitaan ajavatko osallistuvat yksiköt virtaus-, vai pinta-asetusarvolla. G2 koneiston automaatioon on laadittu signaalinmuodostus laitoksen jokisäätöön, ja molempien koneistojen signaalin muodostukseen on laadittu ohjelma, jolla valitaan koneiston osallistuminen jokisäätöön.

Jokisäätö on molemmissa tapauksissa käytännössä virtaussäätö. Pintasäädön tapauksessa ohjelmallisesti lasketaan virtaus, joka pitää juokсутaa asetetun pinnan saavuttamiseksi (**Kuva 53**). Annettu tai laskettu virtausohje jaetaan säätöön osallistuville yksiköille (**Kuva 54**). /3/



Kuva 53. Virtausohjeen laskenta pintaohjeesta



Kuva 54. Virtausohjeen laskenta jokisäätöön osallistuville yksiköille.

G1 koneiston jokisäätöön liittyvät signaalit ja jokisäädössä muodostettu ohjearvo siirretään G1 koneiston prosessoriin MMS-väylällä kuin kohdassa 4.2.3 esitetään. /3/

5.3 FAT- testaus

FAT-testaus suoritettiin Power Generationin FAT-alueella. FAT-testaus oli kattava, koska samassa kaapissa oli automaatioon liitettävät suojareleet, moottorilähdöt ja yhdistetty magnetointi- ja tahdistuslaite. G2 koneiston FAT-testauksessa oli tärkeää tehdä saumatonta yhteistyötä toisten sähköinsinöörien kanssa laitteiston laajuudesta johtuen.

FAT-testauksessa suoritettiin vanhan koneen vastaavien testien lisäksi seuraavat:

- suojareleiden kommunikoinnin toimivuus ja signaalien oikeellisuus
- magnetointi- ja tahdistuslaitteen toiminta erilaisissa tilanteissa
- turbiinisäätäjämoduulin toiminnallisuus
- lämpötilamittauksien toiminnallisuus
- moottori- ja venttiilitoimilaitteiden toiminnallisuus.

FAT-testauksessa ei rakennettu simulointireleitä ollenkaan. Toimilaitteiden ohjausreleet ja -kontaktorit sekä useat signaalit laitteiden välillä olivat rakennettuna kaappiin valmiiksi. Joitain signaaleja jouduttiin pakottamaan päälle, mutta paljon pienemmässä laajuudessa kuin G1 koneiston FAT-testauksessa.

6 PÄÄTELMIÄ

Pienvesivoimalaitoksen suunnittelu oli haastava projekti. Projektiin löydettiin sopiva ratkaisu ABB:n automaatiolaitteilla kahdelle erilaiselle turbiinille.

G1 turbiinigeneraattorin teknologia on päivitetty, ja toiminta nyt paljon kehittyneempi. Apulaitteet saatiin kytkettyä uuteen järjestelmään onnistuneesti ja monipuolisemmilla toiminnoilla. Käytettävyys monipuolistui uuden paneelin tuomien mahdollisuuksien myötä, ja kaukokäyttö SCADasta on monipuolisempaa lisääntyneiden valvonta- ja ohjausmahdollisuuksien mielestä (vanhassa SCADassa ei ollut ohjausmahdollisuuksia, ja valvonta vain muutamasta generaattorin suureesta).

G2 turbiinigeneraattoriin pystyttiin soveltamaan turbiinisäätäjämoduulia. Turbiinisäätäjä on ABB:n tunnettu tuote, jota halutaan käyttää monessa erilaisessa kohteessa.

Unitrol 1010 magnetointilaite oli sopiva ratkaisu, koska se pystyy suorittamaan myös tahdistuksen. Sovelluksesta pystyttiin tekemään myös yksinkertainen samasta syystä. Kohteessa oli tilan puutetta, joten erilliset laitteet olisivat olleet vaikeampia asentaa.

G2 koneistolle toimitettu kattava FAT-testi varmisti uusien laitteiden yhteensopivuuden. G1 koneiston vähemmän kattava FAT-testi varmisti automaation sopivuuden, koska laitoksella ei ollut automaatioon liitettäviä älykkäitä laitteita.

Koneistojen prosessorien välinen kommunikointi onnistui sujuvasti uusien laitteiden myötä. Vanhan järjestelmän liittäminen uuden koneiston järjestelmään olisi ollut vaikeaa tai jopa mahdotonta, ja vaadittavien toimintojen ohjelmoiminen vanhaan logiikkaan olisi ollut todella haastava projekti. Kokonaistulos G1 koneen automaation uusimisella on asiakkaalle edullisesti ja luotettavasti hoidettu laitoksen päivitys.

Käyttöönoton yhteydessä liikennöinti-protokolla kaukokäyttökeskukseen muutettiin Modbus TCP-protokollaksi.

LÄHTEET

- /1/ ABB, Compact Products 800 Product Catalog
- /2/ ABB, S800 I/O User's guide
- /3/ ABB, Koivukosken käyttöohje
- /4/ www.empower.fi
- /5/ Lakhdar Belhadji, Seddik Bacha, Daniel Roye and Toufik Rekioua, Experimental Validation of Direct Power Control of Variable Speed Micro-Hydropower Plant
- /6/ Miljenko Brezovec, Igor Kuzle, and Tomislav Tomisa, Nonlinear Digital Simulation Model of Hydroelectric Power Unit With Kaplan Turbine
- /7/ Pentti Inkinen, Jukka Tuohi, Momentti 1. 4.painos
- /8/ Landsnet, KKS-handbook. Edition 07. December 2008
- /9/ Kuumic KU40 maintenance manual
- /10/ Kössler, tekninen selostus
- /11/ R.Nair, Hydro-turbine and generator design relationships part II - Bulb and rim units
- /12/ www.pohjolanvoima.fi
- /13/ <http://www.rtaautomation.com/modbustcp/>
- /14/ Philip Schniter and Louis Wozniak, Efficiency based optimal control of Kaplan hydrogenerators

LIITE 1. Ote G1 signaalilistasta

Kortti	Kan	Nimi	Kuvaus	Alkuper. Kuvaus	tyyppi	attribuutti	A/E	Osoite
AI1	1		G1_PÄTÖTEHO		ReallIO	retain		SW_Koneisto_1.1.3.1.1
AI1	2		G1_TAAJUUS		ReallIO	retain		SW_Koneisto_1.1.3.1.2
AI1	3				ReallIO	retain		SW_Koneisto_1.1.3.1.3
AI1	4				ReallIO	retain		SW_Koneisto_1.1.3.1.4
AI1	5		YLÄVEDEN_PINTA		ReallIO	retain		SW_Koneisto_1.1.3.1.5
AI1	6				ReallIO	retain		SW_Koneisto_1.1.3.1.6
AI1	7				ReallIO	retain		SW_Koneisto_1.1.3.1.7
AI1	8				ReallIO	retain		SW_Koneisto_1.1.3.1.8
DI1	1		AUTOMAATTISULAKE_YLEINEN		BoolIO	retain		SW_Koneisto_1.1.3.2.1
DI1	2		VERKKO_VIKA		BoolIO	retain		SW_Koneisto_1.1.3.2.2
DI1	3				BoolIO	retain		SW_Koneisto_1.1.3.2.3
DI1	4				BoolIO	retain		SW_Koneisto_1.1.3.2.4
DI1	5		VIKA_DC1		BoolIO	retain		SW_Koneisto_1.1.3.2.5
DI1	6		MCCB_PÄÄLLÄ		BoolIO	retain		SW_Koneisto_1.1.3.2.6
DI1	7				BoolIO	retain		SW_Koneisto_1.1.3.2.7
DI1	8		RESET		BoolIO	retain		SW_Koneisto_1.1.3.2.8
DI1	9		PAIKALLISKÄYTTÖ		BoolIO	retain		SW_Koneisto_1.1.3.2.9
DI1	10		VALOT_TESTI		BoolIO	retain		SW_Koneisto_1.1.3.2.10
DI1	11		UDELLEENKÄYNNISTYS_PÄÄLLÄ		BoolIO	retain		SW_Koneisto_1.1.3.2.11
DI1	12		UDELLEENKÄYNNISTYS_POIS		BoolIO	retain		SW_Koneisto_1.1.3.2.12
DI1	13	S996	PIKASULKU		BoolIO	retain		SW_Koneisto_1.1.3.2.13
DI1	14				BoolIO	retain		SW_Koneisto_1.1.3.2.14
DI1	15				BoolIO	retain		SW_Koneisto_1.1.3.2.15
DI1	16				BoolIO	retain		SW_Koneisto_1.1.3.2.16
DO1	1	R948	HÄLYTYS		BoolIO	retain		SW_Koneisto_1.1.3.5.1
DO1	2	S949	HÄLYTYS_MERKKIVALO		BoolIO	retain		SW_Koneisto_1.1.3.5.2
DO1	3		TOIMINTA		BoolIO	retain		SW_Koneisto_1.1.3.5.3

LIITE 1. Ote G1 signaalilistasta

DO1	4			BoolIO	retain	SW_Koneisto_1.1.3.5.4
DO1	5			BoolIO	retain	SW_Koneisto_1.1.3.5.5
DO1	6			BoolIO	retain	SW_Koneisto_1.1.3.5.6
DO1	7	H970	UUDELLEENKÄYNNISTYS_SALLITTU	BoolIO	retain	SW_Koneisto_1.1.3.5.7
DO1	8	H971	UUDELLEENKÄYNNISTYS_EI_SALLITTU	BoolIO	retain	SW_Koneisto_1.1.3.5.8
DO1	9	R700	A_HÄLYTYS	BoolIO	retain	SW_Koneisto_1.1.3.5.9
DO1	10	R701	B_HÄLYTYS	BoolIO	retain	SW_Koneisto_1.1.3.5.10
DO1	11			BoolIO	retain	SW_Koneisto_1.1.3.5.11
DO1	12			BoolIO	retain	SW_Koneisto_1.1.3.5.12
DO1	13			BoolIO	retain	SW_Koneisto_1.1.3.5.13
DO1	14			BoolIO	retain	SW_Koneisto_1.1.3.5.14
DO1	15			BoolIO	retain	SW_Koneisto_1.1.3.5.15
DO1	16			BoolIO	retain	SW_Koneisto_1.1.3.5.16

LIITE 2. Ote G2 signaalilistasta

Kortti	Kan	Nimi	Kuvaus	Alkuper. Kuvaus	tyyppi	attribuutti	A/E	Osoite
AI1	1	+1MEA.10-B3	T2_JOP_ASENTO		RealIO	retain		
AI1	2	+1MEA.10-B4	T2_JUP_ASENTO		RealIO	retain		
AI1	3	+1MEX.10-B1	T2_HYDRAULIÖLJYN_PAINE		RealIO	retain		
AI1	4	+CFA.10	T2_YLÄVEDEN_PINTA		RealIO	retain		
AI1	5	+CFB.20	T2_VÄLPÄNJÄLKEINEN_PINTA	Paikan tunnus muutettu 8.2.2013	RealIO	retain		
AI1	6	+CFC.10	T2_ALAVEDEN_PINTA		RealIO	retain		
AI1	7	+CJA.2-U3	T2_NOPEUS_2		RealIO	retain		
AI1	8		L1_ASENTO		RealIO	retain		
AI3	1	+1MEA.10-B5	T2_PÄÄLAAKERINLÄMPÖ_RADIAL		RealIO	retain		
AI3	2	+1MEA.10-B6	T2_PÄÄLAAKERINLÄMPÖ_AXIAL		RealIO	retain		
AI3	3	+1MEA.10-B7	T2_OHJAUSLAAKERIN_LÄMPÖ		RealIO	retain		
AI3	4	+1MEX.10-B2	T2_HYDRAULIÖLJYN_LÄMPÖTILA		RealIO	retain		
AI3	5	+1MKA.10-R21	G2_STAATTORIKÄÄMINLÄMPÖ_U1		RealIO	retain		
AI3	6	+1MKA.10-R22	G2_STAATTORIKÄÄMINLÄMPÖ_V1		RealIO	retain		
AI3	7	+1MKA.10-R23	G2_STAATTORIKÄÄMINLÄMPÖ_W1		RealIO	retain		
AI3	8	+1MKA.10-R24	G2_STAATTORIKÄÄMINLÄMPÖ_U2		RealIO	retain		
DI1	1	+1MEA.10-S1	T2_LAAKERIÖLJYNPINTA		BoolIO	retain		
DI1	2	+1MEX.10-S1	T2_HYDRAULIÖLJYN_PAINE_MIN		BoolIO	retain		
DI1	3	+1MEX.10-S2	T2_HYDRAULIÖLJYSUODATIN_PE		BoolIO	retain		
DI1	4	+1MEX.10-S3	T2_HYDRAULIÖLJYN_PINTA_MIN		BoolIO	retain		
DI1	5	+1MEX.10-S4	T2_HYDRAULIÖLJYN_PINTA_MAX		BoolIO	retain		
DI1	6	+1MEX.10-S5	T2_T2_PAINEKYTKIN_JARRU_PÄÄLLÄ		BoolIO	retain		
DI1	7	+1MEX.20-S1	T2_HYDRAULIÖLJYN_PINTA_KÄYNTIIN		BoolIO	retain		
DI1	8	+1MEX.20-S2	T2_HYDRAULIÖLJYN_PINTA_SEIS		BoolIO	retain		

LIITE 2. Ote G2 signaalilistasta

DI1	9	+1MKA.10-A1	G2_VOITELUÖLJY_YKSIKKÖ_HÄLY		BoolIO	retain	
DI1	10	+BUG.10-Rly2	DC_KESKUS_NON-URGENT*		BoolIO	retain	*High float bus1 Low float bus1 Rectifier over temp Rectifier fan fail Battery current limit Rectifier non urgent fail
DI1	11	+BUG.10-Rly3	DC_KESKUS_URGENT**		BoolIO	retain	**High voltage bus 1 Low voltage bus 1 Rectifier AC fail Rectifier missing Rectifier urgent fail Battery Fuse Distribution Fuse Earth Fault
DI1	12	+CJA.3	24VDC_JAKELU_VIKA	"1" = OK	BoolIO	retain	
DI1	13	+CJA.3	RCCB_KAIVOJEN_LÄMMITYKSET	"1" = OK	BoolIO	retain	
DI1	14		F02_LUPA_TAHDISTAA		BoolIO	retain	
DI1	15		DI1_15		BoolIO	retain	
DI1	16		DI1_16		BoolIO	retain	
DO1	1	+1MEX.10-EM1	T2_HYDRAULIÖLJYPUMPPU_1_OHJ		BoolIO	retain	
DO1	2	+1MEX.10-Y1	T2_PIKASULKUVENTIILI_OHJ	"0"=PIKASULKU	BoolIO	retain	
DO1	3	+1MEX.10-Y3	T2_JUP_AUKI_OHJ		BoolIO	retain	
DO1	4	+1MEX.10-Y4	T2_JUP_KIINNI_OHJ		BoolIO	retain	
DO1	5	+1MEX.10-Y5	T2_JARRU_KIINNI_OHJ		BoolIO	retain	
DO1	6	+1MEX.20-EM1	T2_HYDRAULIÖLJYPUMPPU_2_OHJ		BoolIO	retain	
DO1	7	+CJA.3-F20	400VAC_VARALÄHTÖ_OHJ		BoolIO	retain	
DO1	8	+1MKA.10-E11-E18	G2_LÄMMITIN_OHJ		BoolIO	retain	

LIITE 2. Ote G2 signaalilistasta

DO1	9	+CJA.3-K56	MITTAUSKAIVO_LÄMMITYS_OHJ		BoolIO	retain
DO1	10		L1_AUKI_OHJ	Luukkuja	BoolIO	retain
DO1	11		L1_KIINNI_OHJ	Luukkuja	BoolIO	retain
DO1	12		L2_AUKI_OHJ	Luukkuja	BoolIO	retain
DO1	13		L2_KIINNI_OHJ	Luukkuja	BoolIO	retain
DO1	14		L3_AUKI_OHJ	Luukkuja	BoolIO	retain
DO1	15		L3_KIINNI_OHJ	Luukkuja	BoolIO	retain
DO1	16	=VK1+10-K7	VÄLPÄNPUHDISTUS_AIKARELE_POIS		BoolIO	retain
AO1	1	+1MEX.10-Y2	T2_JOP_OHJAUS		RealIO	retain
AO1	2		L1_ASENTO_REF		RealIO	retain
AO1	3		L2_ASENTO_REF		RealIO	retain
AO1	4		L3_ASENTO_REF		RealIO	retain
AO1	5	+CJA.2-U7	MAGNETOINTI_VAR_SETPOINT		RealIO	retain
AO1	6		AO1_6		RealIO	retain
AO1	7		AO1_7		RealIO	retain
AO1	8		AO1_8		RealIO	retain

LIITE 3. KU40 parametrin

Kuomic Oy

Parameters for KU40 IEC 870-5 / Modbus slave. Version 3.1

Enter parameter values to column F.

Save as Text (Tab delimited) and Microsoft Excel Workbook formats

Use RKU4WIN File/Parameters to load parameter file PARAnn.TXT to the substation.

Columns starting from G can be used for comments.

**

Modem in Console port: 0 1 = Modem is connected to the console port. 0 = There is no modem connected

Dual port : 0 1 = Dual port 0 = Single port with spare port

IEC 0 RS485: 0 0 = IEC port 0 in connector 4, rs232

1 = IEC port 0 in connector 1, rs485

IEC station address port 0: 1

IEC station address port 1: 1

IEC line speed port 0: 19200 bps

IEC line speed port 1: 19200 bps

IEC transmit delay port 0: 1 ms

IEC transmit delay port 1: 1 ms

Iec Request To Send OFF delay port 0: 1 ms

Iec Request To Send OFF delay port 1: 1 ms

Iec Request To Send sig. always ON port 0: 0 0 = Controlled according to transmit delay 1 = always

ON

Iec Request To Send sig. always ON port 1: 0 0 = Controlled according to transmit delay 1 = always

ON

LIITE 3. KU40 parametrit

Use long timestamp: 1 1 = use 7-octet timestamp, CP56Tag2 (IEC-104)

SCADA

Iec address field length: 1 bytes PL Polling address length
Iec common addr. of ASDU field length: 1 bytes SL Station address length
Iec Information object address length: 3 bytes IL Information address length
Iec Information Cause of transmission length: 1 bytes CL COT info length

Diagnostics: 0

Host time compensation port 0: 10 ms

Host time compensation port 1: 10 ms

Modbus station address: 1

Modbus line speed: 19200 bps

Modbus transmit delay: 1 ms

Modbus Request To Send OFF delay: 1 ms

Modbus Request To Send sig. always ON : 0 0 = Controlled according to transmit delay 1 = always

ON

Modbus Databits: 8 5/ 6/ 7/ 8

Modbus Parity: 0 0 = None 1 = Even 2 = Odd

Modbus reply timeout: 40 seconds to wait modbus reset bit for IEC set point command.
if 0, acknowledged w/o waiting reset

---- Monitoring direction = AC800 writes / IEC reads -----

Modbus bits 0-511 FC5,15 / IEC Single Point Information M_SP_TB_1

IEC Byte 1: 101

Byte 2: 0

Byte 3: 0

Quantity: 160 max 512, value for interrogation

Modbus bits 512-598 FC5,15 / IEC Double Point Information M_DP_TB_1

LIITE 3. KU40 parametrit

IEC Byte 1: 0
Byte 2: 0
Byte 3: 0
Quantity: 0 max 40, value for interrogation

Modbus Holding Register 0-255 FC 6,16 / IEC Measured Value, Normalized M_ME_NA_1

IEC Byte 1: 501
Byte 2: 0
Byte 3: 0
Quantity: 20 max 300, value for interrogation

---- Control direction IEC write / AC800 reads -----

IEC Single Command C_SC_TA_1 / modbus read bits 599 -727 FC 1,2

IEC Byte 1: 1
Byte 2: 0
Byte 3: 0

IEC Double Command C_DC_TA_1 / modbus read bits 799-879 FC 1,2

IEC Byte 1: 0
Byte 2: 0
Byte 3: 0

IEC Set Point, Normalized Value C_SE_TA_1/ modbus read integers 0-63 FC 3,4

IEC Byte 1: 51
Byte 2: 0
Byte 3: 0

KU40 IEC/Modbus Slave Parameter ID: ""KU40IE31_MB""

LIITE 3. KU40 parametrit

Modem auto answer on: ""ATS0=1""

Modem auto answer off: ""ATS0=0""

End of parameters: 1

LIITE 4. Ote SCADA signaalilistasta

LN	IX	PT	UN	OA	OB	OI	OX
HRK_G2_AI01	1	AI	6	501		HRK_G2_AI01_1	T2_JOP_ASENTO
HRK_G2_AI01	2	AI	6	502		HRK_G2_AI01_2	T2_JUP_ASENTO
HRK_G2_AI01	3	AI	6	503		HRK_G2_AI01_3	T2_HYDRAULIÖLJYN_PAINE
HRK_G2_AI01	4	AI	6	504		HRK_G2_AI01_4	T2_YLÄVEDEN_PINTA
HRK_G2_AI01	5	AI	6	505		HRK_G2_AI01_5	T2_VÄLPÄNJÄLKEINEN_PINTA
HRK_G2_AI01	6	AI	6	506		HRK_G2_AI01_6	T2_ALAVEDEN_PINTA
HRK_G2_AI01	7	AI	6	507		HRK_G2_AI01_7	T2_NOPEUS_2
HRK_G2_AI03	1	AI	6	517		HRK_G2_AI03_1	T2_PÄÄLAAKERINLÄMPÖ_RADIAL
HRK_G2_AI03	2	AI	6	518		HRK_G2_AI03_2	T2_PÄÄLAAKERINLÄMPÖ_AXIAL
HRK_G2_AI03	3	AI	6	519		HRK_G2_AI03_3	T2_OHJAUSLAAKERIN_LÄMPÖ
HRK_G2_AI03	4	AI	6	520		HRK_G2_AI03_4	T2_HYDRAULIÖLJYN_LÄMPÖTILA
HRK_G2_AI03	5	AI	6	521		HRK_G2_AI03_5	G2_STAATTORIKÄÄMINLÄMPÖ_U1
HRK_G2_AI03	6	AI	6	522		HRK_G2_AI03_6	G2_STAATTORIKÄÄMINLÄMPÖ_V1
HRK_G2_AI03	7	AI	6	523		HRK_G2_AI03_7	G2_STAATTORIKÄÄMINLÄMPÖ_W1
HRK_G2_AC0	1	AI	6	534		HRK_G2_AC0_1	G2_TEHO_AA
HRK_G2_AC0	2	AI	6	535		HRK_G2_AC0_2	G2_TAAJUUS_AA
HRK_G2_AC0	3	AI	6	536		HRK_G2_AC0_3	G2_VIRTAUS_AA
HRK_G2_AC0	4	AI	6	537		HRK_G2_AC0_4	G2_PINTA_AA
HRK_G2_AC0	5	AI	6	538		HRK_G2_AC0_5	LAITOS_PINTA_AA
HRK_G2_AC0	6	AI	6	539		HRK_G2_AC0_6	LAITOS_VIRTAUS_AA
HRK_G2_AC0	7	AI	6	540		HRK_G2_AC0_7	G2_LOISTEHO_AA
HRK_G2_AC0	8	AI	6	541		HRK_G2_AC0_8	LAITOKSEN_VIRTAUS

LIITE 4. Ote SCADA signaalilistasta

HRK_G2_AC0	9	AI	6	542		HRK_G2_AC0_9	PIKASULKU_K2_LASKURI
HRK_G2_AC0	10	AI	6	543		HRK_G2_AC0_10	FLOW_GEN2
HRK_G2_AC0	11	AI	6	544		HRK_G2_AC0_11	T2_VÄLPPÄHÄVIÖ
HRK_G2_AC0	12	AI	6	545		HRK_G2_AC0_12	T2_PUTOUSKORKEUS
HRK_G2_AC0	13	AI	6	546		HRK_G2_AC0_13	F01_VIRTA_LV
HRK_G2_AC0	14	AI	6	547		HRK_G2_AC0_14	F01_JÄNNITE_HV
HRK_G2_AC0	15	AI	6	548		HRK_G2_AC0_15	F01_TAAJUUS_G2
HRK_G2_AC0	16	AI	6	549		HRK_G2_AC0_16	F02_G02_TEHO
HRK_G2_DI01	1	BI	6	101		HRK_G2_DI01_1	T2_LAAKERIÖLJYNPINTA
HRK_G2_DI01	2	BI	6	102		HRK_G2_DI01_2	T2_HYDRAULIÖLJYN_PAINE_MIN
HRK_G2_DI01	3	BI	6	103		HRK_G2_DI01_3	T2_HYDRAULIÖLJYSUODATIN_PE
HRK_G2_DI01	4	BI	6	104		HRK_G2_DI01_4	T2_HYDRAULIÖLJYN_PINTA_MIN
HRK_G2_DI01	5	BI	6	105		HRK_G2_DI01_5	T2_HYDRAULIÖLJYN_PINTA_MAX
HRK_G2_DI01	6	BI	6	106		HRK_G2_DI01_6	T2_PAINEKYTKIN_JARRU_PÄÄLLÄ
HRK_G2_DI01	7	BI	6	107		HRK_G2_DI01_7	T2_HYDRAULIÖLJYN_PINTA_KÄYNTIIN
HRK_G2_DI01	8	BI	6	108		HRK_G2_DI01_8	T2_HYDRAULIÖLJYN_PINTA_SEIS
HRK_G2_DI01	9	BI	6	109		HRK_G2_DI01_9	G2_VOITELUÖLJY_YKSIKKÖ_HÄLY
HRK_G2_DI01	10	BI	6	110		HRK_G2_DI01_10	DC_KESKUS_NON_URGENT
HRK_G2_DI01	11	BI	6	111		HRK_G2_DI01_11	DC_KESKUS_URGENT
HRK_G2_DI01	12	BI	6	112		HRK_G2_DI01_12	JAKELU_VIKA_24VDC
HRK_G2_DI01	13	BI	6	113		HRK_G2_DI01_13	RCCB_KAIVOJEN_LÄMMITYKSET
HRK_G2_DI01	14	BI	6	114		HRK_G2_DI01_14	F02_LUPA_TAHDISTAA
HRK_G2_DI01	15	BI	6	115		HRK_G2_DI01_15	DI1_15
HRK_G2_DI01	16	BI	6	116		HRK_G2_DI01_16	DI1_16

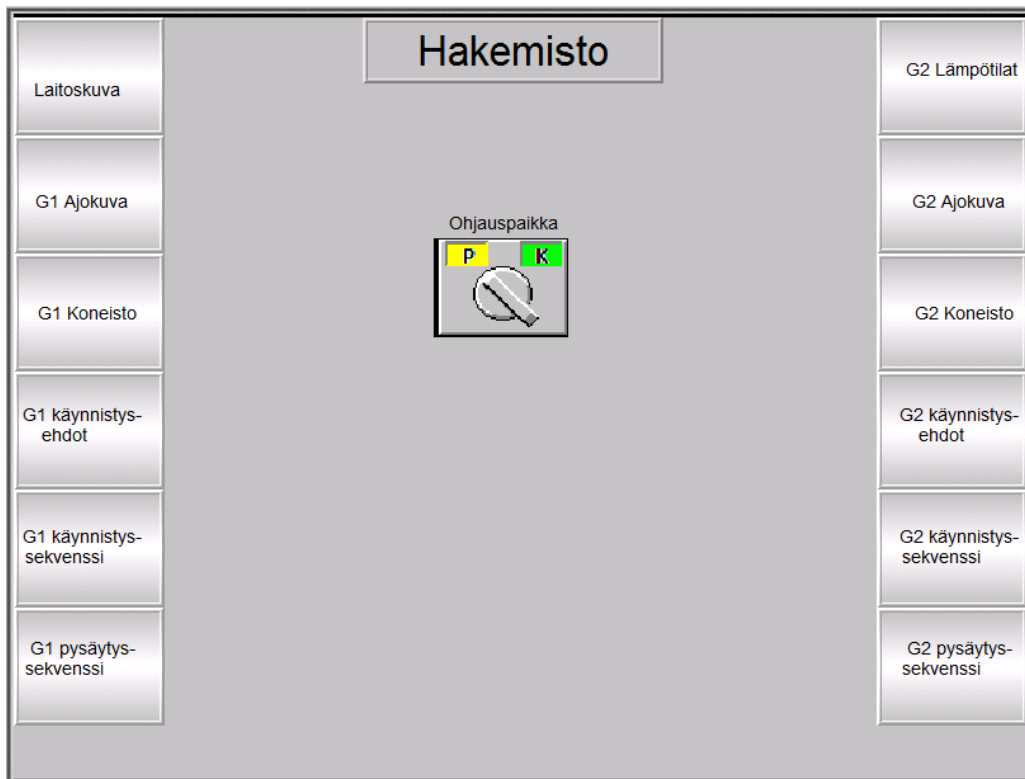
LIITE 4. Ote SCADA signaalilistasta

HRK_G2_DC0	1	BI	6	165		HRK_G2_DC0_1	G2_AUTO
HRK_G2_DC0	2	BI	6	166		HRK_G2_DC0_2	G2_HAND
HRK_G2_DC0	3	BI	6	167		HRK_G2_DC0_3	G2_ALARM
HRK_G2_DC0	4	BI	6	168		HRK_G2_DC0_4	G2_WARNING
HRK_G2_DC0	5	BI	6	169		HRK_G2_DC0_5	G2_C_ALARM
HRK_G2_DC0	6	BI	6	170		HRK_G2_DC0_6	G2_ALARM_STATION
HRK_G2_DC0	7	BI	6	171		HRK_G2_DC0_7	
HRK_G2_DC0	8	BI	6	172		HRK_G2_DC0_8	G2_RESTART
HRK_G2_DC0	9	BI	6	173		HRK_G2_DC0_9	GEN_2_START_SEQUENCE
HRK_G2_DC0	10	BI	6	174		HRK_G2_DC0_10	GEN_2_STOP_SEQUENCE
HRK_G2_DC0	11	BI	6	175		HRK_G2_DC0_11	
HRK_G2_DC0	12	BI	6	176		HRK_G2_DC0_12	T2_JOP_KIINNI
HRK_G2_DC0	13	BI	6	177		HRK_G2_DC0_13	PIKASULKU_KANAVA2
HRK_G2_DC0	14	BI	6	178		HRK_G2_DC0_14	G2_READY
HRK_G2_DC0	15	BI	6	179		HRK_G2_DC0_15	G2_NONE_READY
HRK_G2_DC0	16	BI	6	180		HRK_G2_DC0_16	G2_STARTLEVEL
HRK_G2_SCADA_AO_0	1	AO	6	51		HRK_G2_SCADA_AO_0_1	G2_SCADAOHJ_TEHO_AA
HRK_G2_SCADA_AO_0	2	AO	6	52		HRK_G2_SCADA_AO_0_2	G2_SCADAOHJ_PINTA_AA
HRK_G2_SCADA_AO_0	3	AO	6	53		HRK_G2_SCADA_AO_0_3	G2_SCADAOHJ_TAAJUUS_AA
HRK_G2_SCADA_AO_0	4	AO	6	54		HRK_G2_SCADA_AO_0_4	G2_SCADAOHJ_VIRTAUS_AA
HRK_G2_SCADA_AO_0	5	AO	6	55		HRK_G2_SCADA_AO_0_5	LAITOS_SCADAOHJ_PINTA_AA
HRK_G2_SCADA_AO_0	6	AO	6	56		HRK_G2_SCADA_AO_0_6	LAITOS_SCADAOHJ_VIRTAUS_AA
HRK_G2_SCADA_AO_0	7	AO	6	57		HRK_G2_SCADA_AO_0_7	G2_SCADAOHJ_LOISTEHO_AA
HRK_G2_SCADA_AO_0	8	AO	6	58			LAITOS_SCADAOHJ_HÄVIÖ_AA

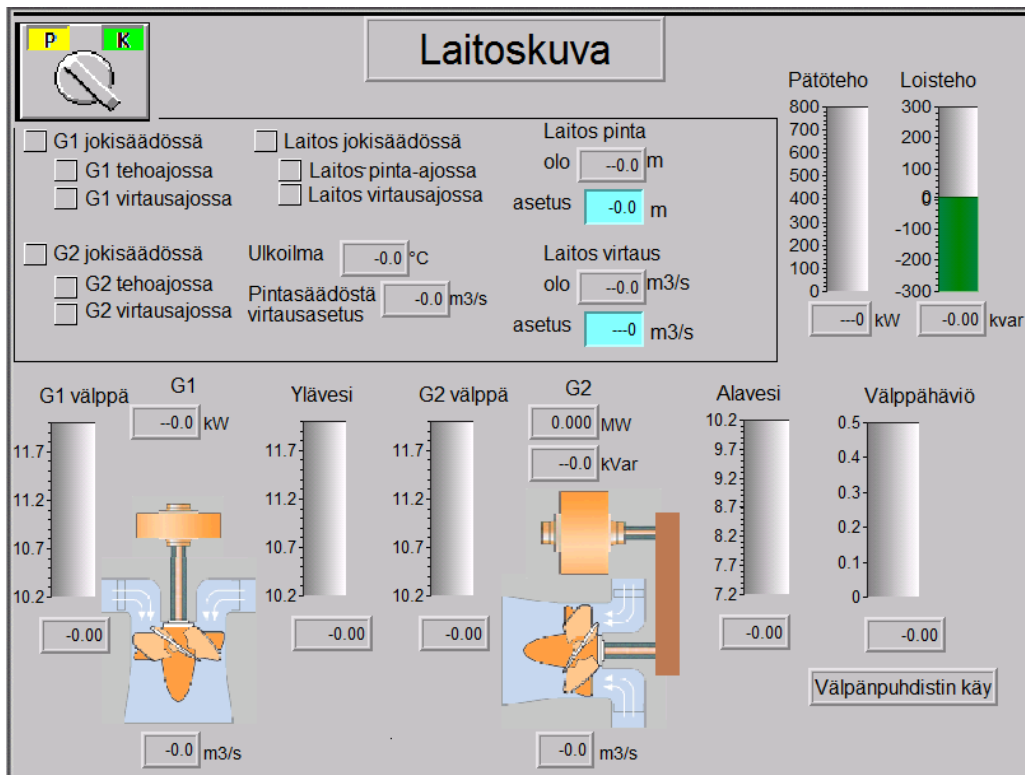
LIITE 4. Ote SCADA signaalilistasta

HRK_G2_SCADA_DO_0	1	BO	6	1	HRK_G2_SCADA_DO_0_1	G2_SCADAOHJ_AJOTAPA_TEHO
HRK_G2_SCADA_DO_0	2	BO	6	2	HRK_G2_SCADA_DO_0_2	G2_SCADAOHJ_AJOTAPA_AVAUS
HRK_G2_SCADA_DO_0	3	BO	6	3	HRK_G2_SCADA_DO_0_3	G2_SCADAOHJ_JOKISÄÄTÖ
HRK_G2_SCADA_DO_0	4	BO	6	4	HRK_G2_SCADA_DO_0_4	G2_SCADAOHJ_JOKISÄÄTÖ_EI
HRK_G2_SCADA_DO_0	5	BO	6	5	HRK_G2_SCADA_DO_0_5	G2_SCADAOHJ_UUDELLEENKÄYNNISTYS
HRK_G2_SCADA_DO_0	6	BO	6	6	HRK_G2_SCADA_DO_0_6	G2_SCADAOHJ_UUDELLEENKÄYNNIST_N
HRK_G2_SCADA_DO_0	7	BO	6	7	HRK_G2_SCADA_DO_0_7	G2_SCADAOHJ_MEX10_EM1_AUTO
HRK_G2_SCADA_DO_0	8	BO	6	8	HRK_G2_SCADA_DO_0_8	G2_SCADAOHJ_MEX10_EM1_MAN
HRK_G2_SCADA_DO_0	9	BO	6	9	HRK_G2_SCADA_DO_0_9	G2_SCADAOHJ_MEX10_EM1_START
HRK_G2_SCADA_DO_0	10	BO	6	10	HRK_G2_SCADA_DO_0_10	G2_SCADAOHJ_MEX10_EM1_STOP
HRK_G2_SCADA_DO_0	11	BO	6	11	HRK_G2_SCADA_DO_0_11	G2_SCADAOHJ_MEX20_EM1_AUTO
HRK_G2_SCADA_DO_0	12	BO	6	12	HRK_G2_SCADA_DO_0_12	G2_SCADAOHJ_MEX20_EM1_MAN
HRK_G2_SCADA_DO_0	13	BO	6	13	HRK_G2_SCADA_DO_0_13	G2_SCADAOHJ_MEX20_EM1_START
HRK_G2_SCADA_DO_0	14	BO	6	14	HRK_G2_SCADA_DO_0_14	G2_SCADAOHJ_MEX20_EM1_STOP
HRK_G2_SCADA_DO_0	15	BO	6	15	HRK_G2_SCADA_DO_0_15	G2_SCADAOHJ_VK1_10_AUTO
HRK_G2_SCADA_DO_0	16	BO	6	16	HRK_G2_SCADA_DO_0_16	G2_SCADAOHJ_VK1_10_MAN

LIITE 5. Paneeli-ikkunat

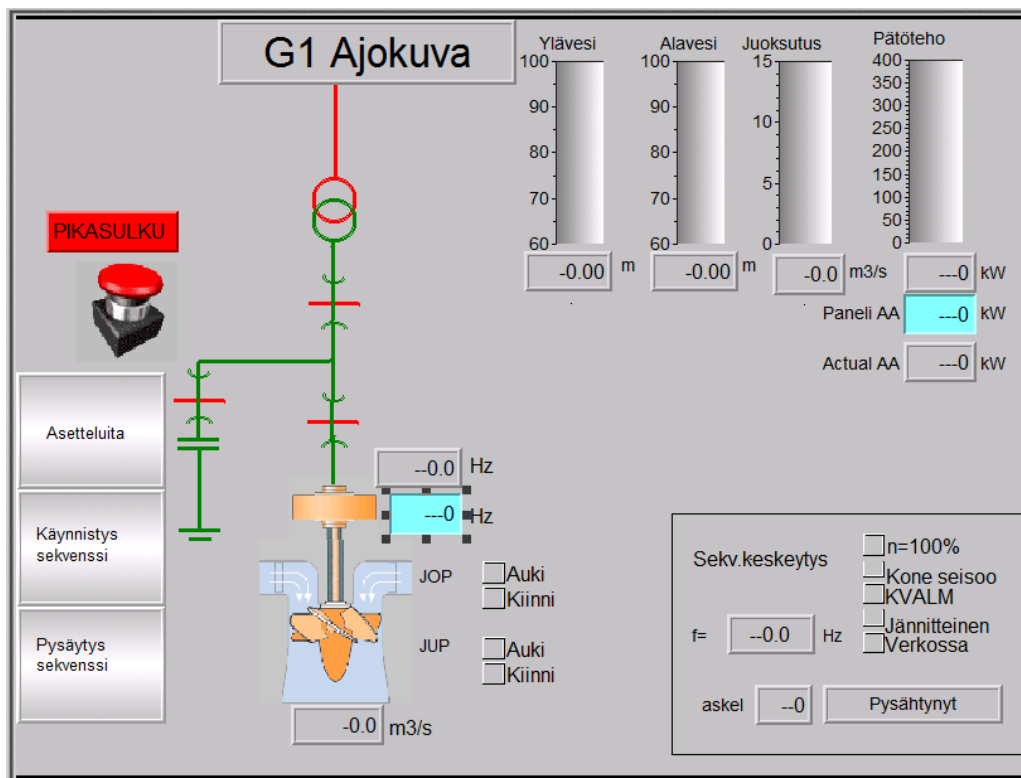


Kuva 1. Hakemisto

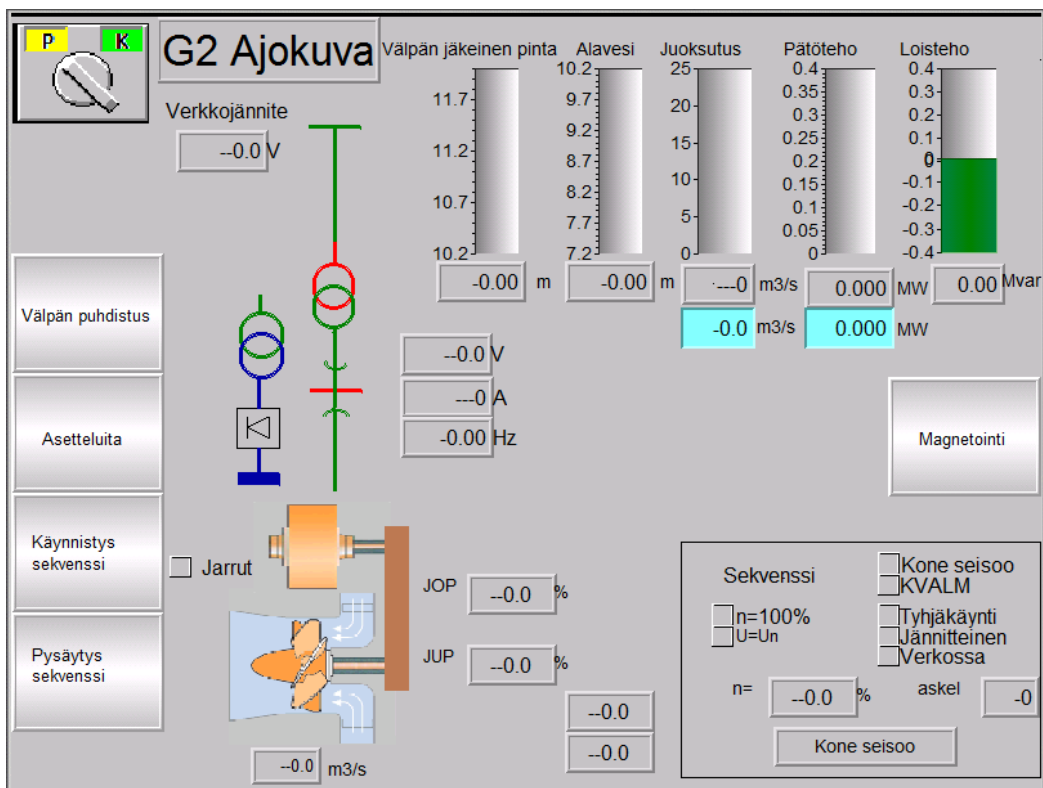


Kuva 2. Laitoskuva

LIITE 5. Paneeli-ikkunat

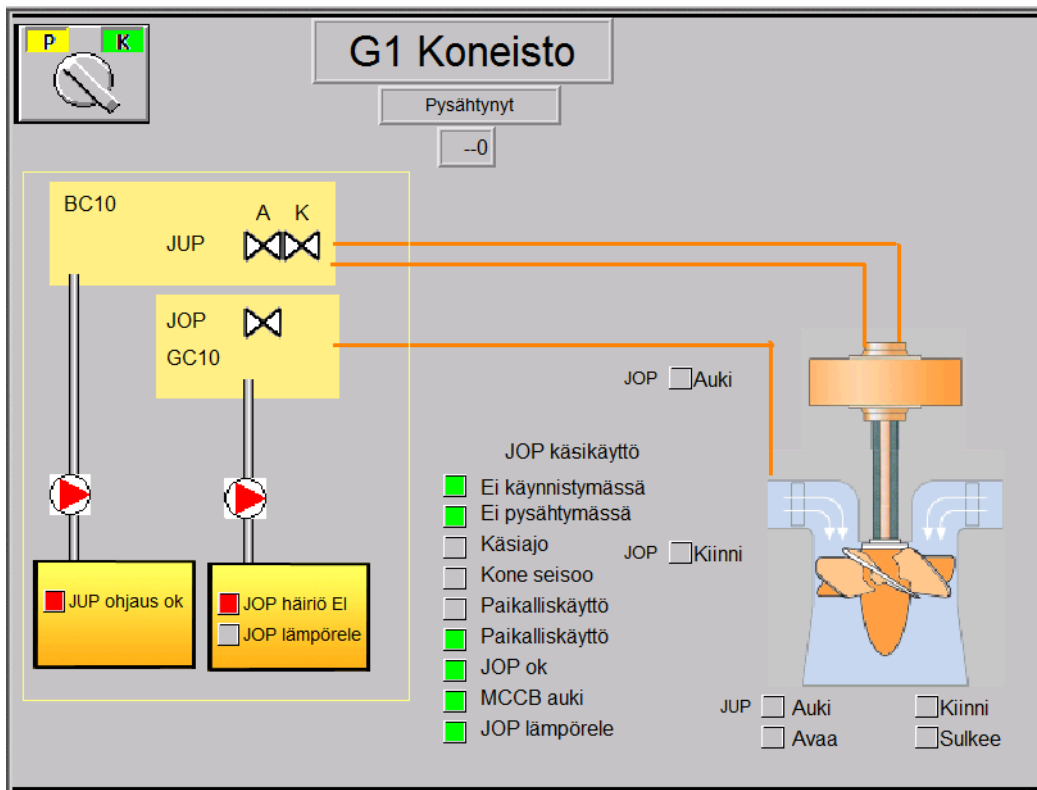


Kuva 3. G1 ajokuva

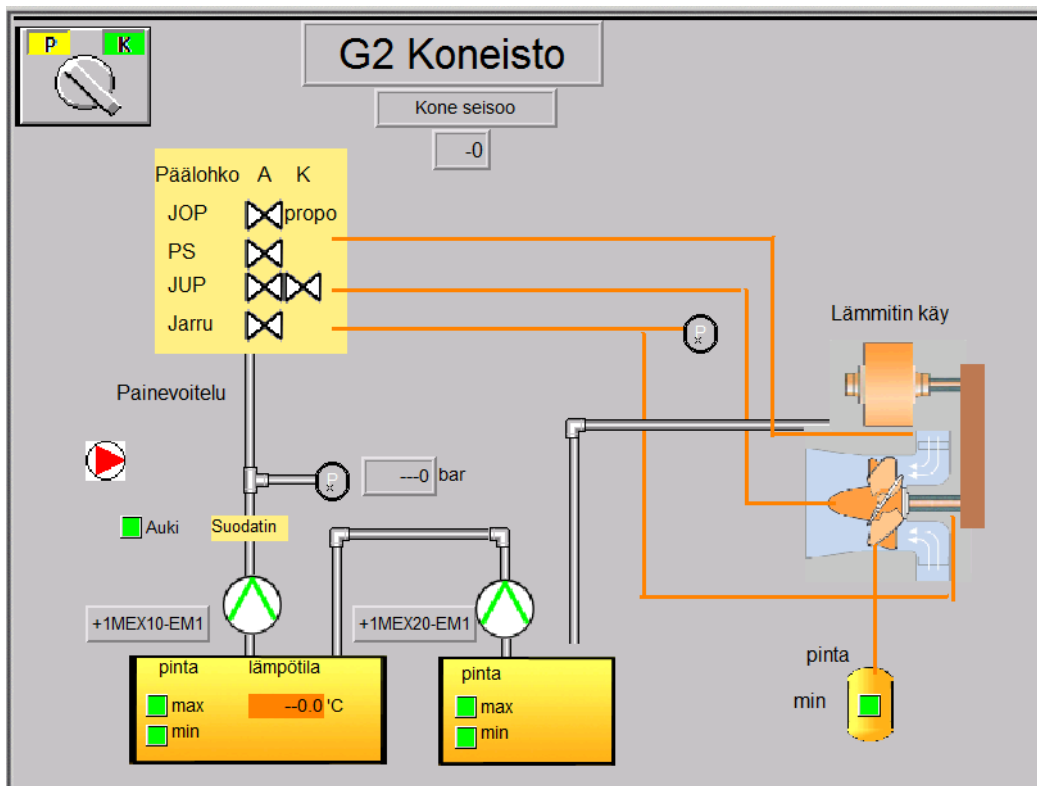


Kuva 4. G2 ajokuva

LIITE 5. Paneeli-ikkunat

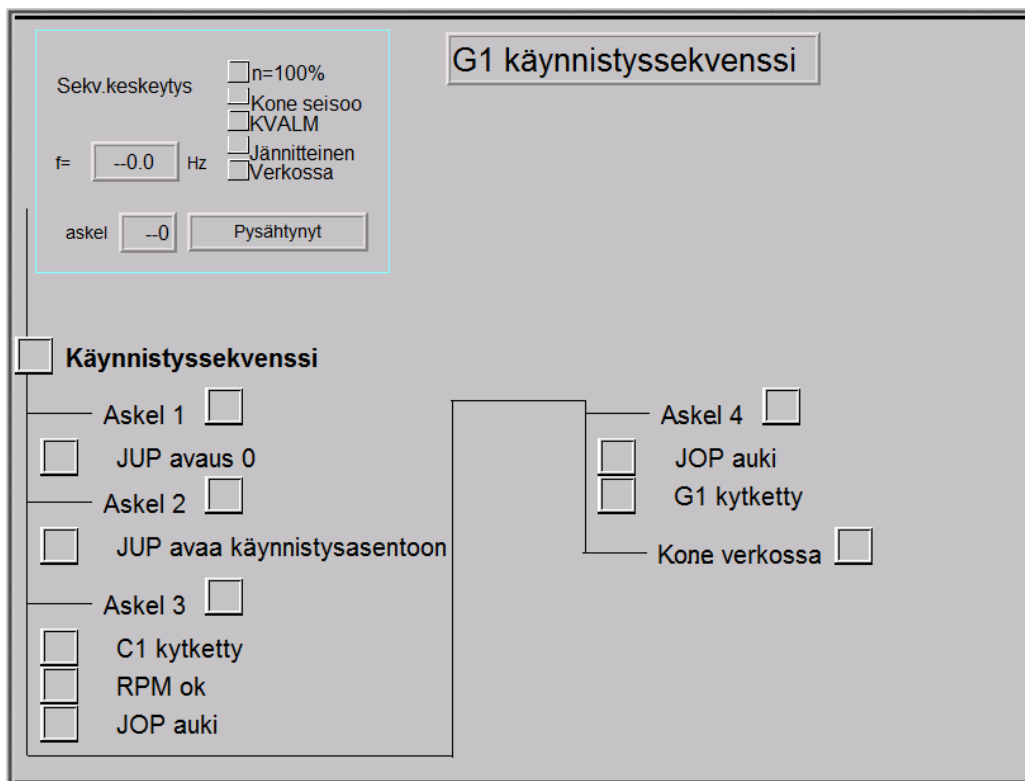


Kuva 5. G1 koneisto

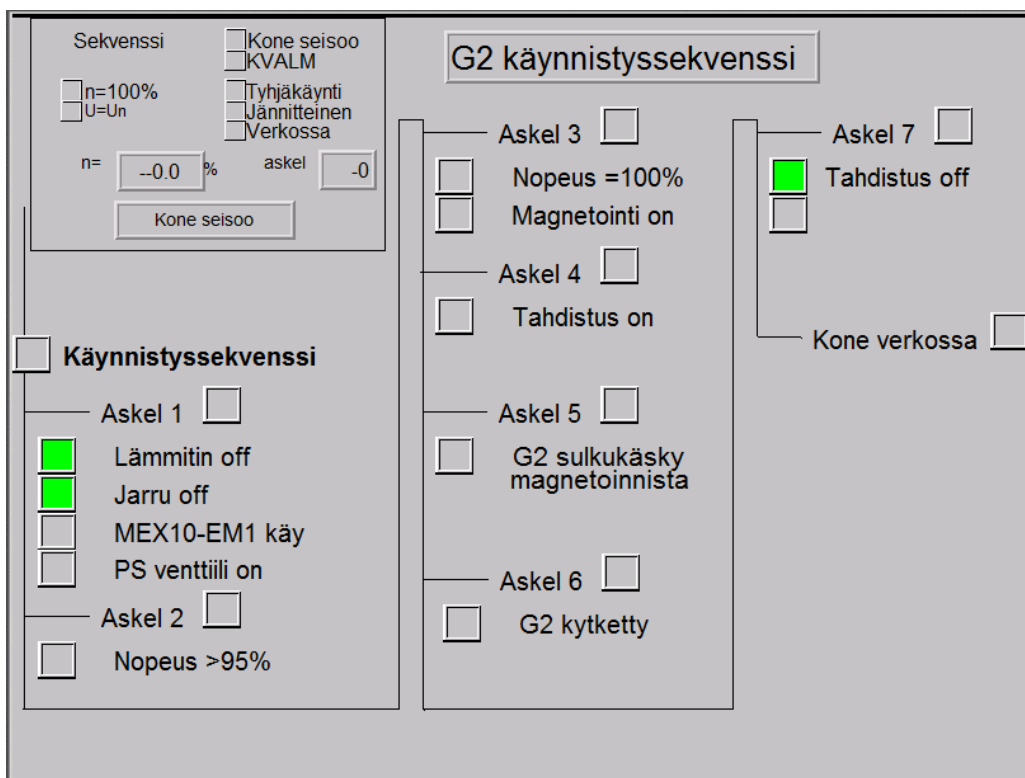


Kuva 6. G2 koneisto

LIITE 5. Paneeli-ikkunat



Kuva 7. G1 käynnistyssekvenssi



Kuva 8. G2 käynnistyssekvenssi

LIITE 5. Paneeli-ikkunat

G1 pysäytyssekvenssi

Sekv. keskeytys n=100%
 Kone seisoo
 KVALM
 Jännitteinen
 Verkossa

f= Hz

askel

Pysäytyssekvenssi

Askel 50

JUP avaus 0 TAI

Takateho TAI

Min Power

Askel 51

JOP kiinni TAI

Takateho JA

C1 kytketty

Askel 52

C1 irti kytkettynä

G1 irti kytkettynä

JUP avaus 0

JOP kiinni

Askel 53

Min Frequency

Kone seisoo

Kuva 9. G1 pysäytyssekvenssi

G2 pysäytyssekvenssi

Sekvenssi Kone seisoo
 KVALM
 Tyhjäkäynti
 Jännitteinen
 Verkossa

n=100%
 U=Un

n= % askel

Pysäytyssekvenssi

Askel 50

Min Power

Askel 51

PS venttiili off

G2 irtikytketty

rpm<30%

Askel 52

Jarru on

rpm<1%

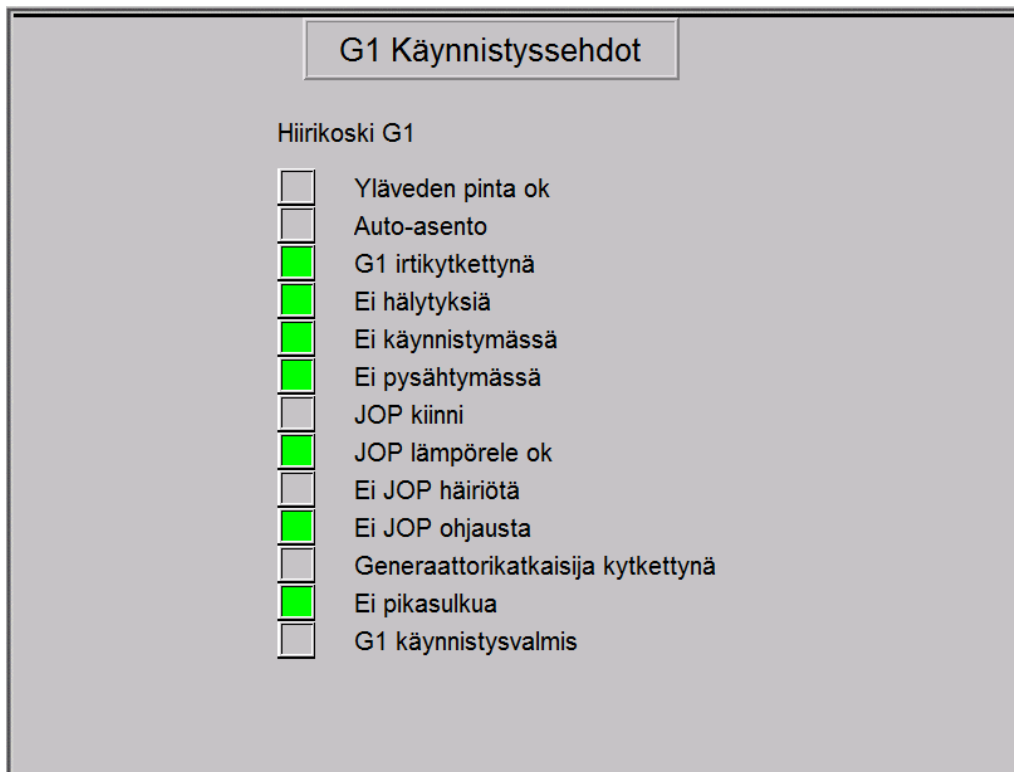
Askel 53

Lämmitin on

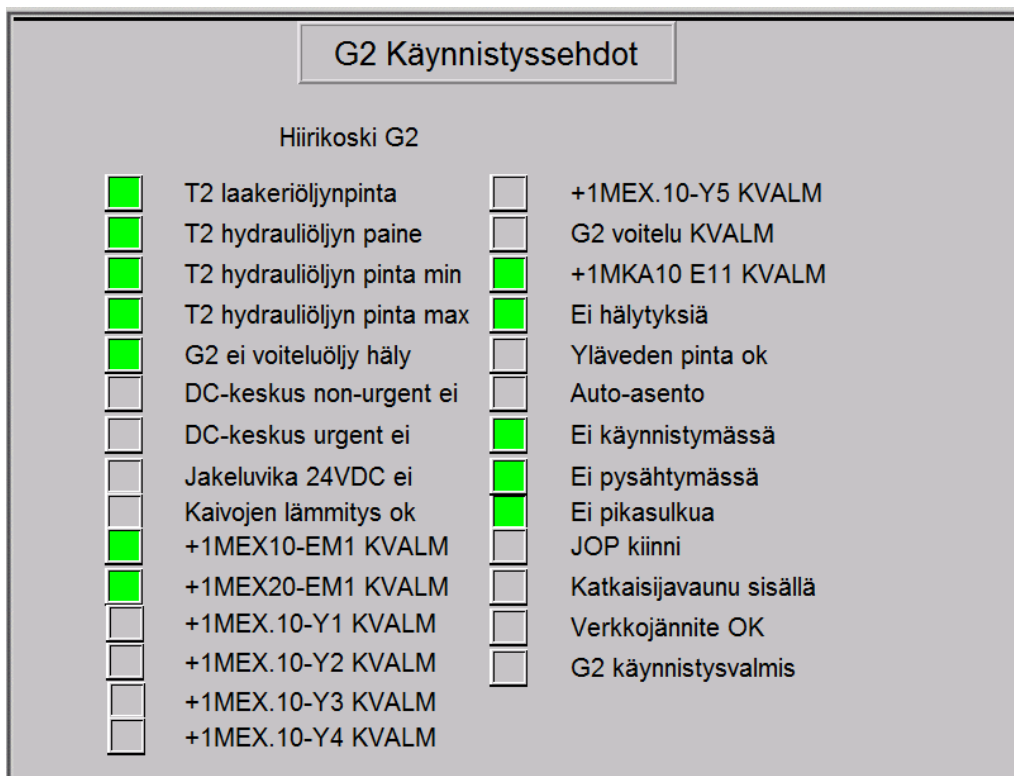
Kone seisoo

Kuva 10. G2 pysäytyssekvenssi

LIITE 5. Paneeli-ikkunat



Kuva 11. G1 käynnistyssehdot



Kuva 12. G2 käynnistyssehdot

LIITE 5. Paneeli-ikkunat

JUPin pulssisäätimen asetusarvoja

PUCTRL-lohko	VelocityLimiterReal	Aikoja	Rajoja
Pufact <input style="width: 50px;" type="text" value="---0"/>	OutIncLim <input style="width: 50px;" type="text" value="---0"/>	Start angle <input style="width: 50px;" type="text" value="---0"/> s	Max power <input style="width: 50px;" type="text" value="---0"/>
ActT <input style="width: 50px;" type="text" value="---0"/>	OutDecLim <input style="width: 50px;" type="text" value="---0"/>	JOP avaus <input style="width: 50px;" type="text" value="---0"/> s	Min power <input style="width: 50px;" type="text" value="---0"/>
TPmin <input style="width: 50px;" type="text" value="---0"/>	ToIPos <input style="width: 50px;" type="text" value="---0"/>	JOP sulkua <input style="width: 50px;" type="text" value="---0"/> s	Start level <input style="width: 50px;" type="text" value="---0"/>
Tgap <input style="width: 50px;" type="text" value="---0"/>	ToINeg <input style="width: 50px;" type="text" value="---0"/>	Verkkohäiriö <input style="width: 50px;" type="text" value="---0"/> s	Stop level <input style="width: 50px;" type="text" value="---0"/>
K <input style="width: 50px;" type="text" value="---0"/>	Track <input style="width: 50px;" type="text" value="0"/>		Max alarm level <input style="width: 50px;" type="text" value="---0"/>
Deadb <input style="width: 50px;" type="text" value="---0"/>	Track <input style="width: 50px;" type="text" value="0"/>		Min alarm level <input style="width: 50px;" type="text" value="---0"/>
Tmbc <input style="width: 50px;" type="text" value="---0"/>			Max frequency <input style="width: 50px;" type="text" value="---0"/>
T_poserr <input style="width: 50px;" type="text" value="---0"/>			Min frequency <input style="width: 50px;" type="text" value="---0"/>
Dz_pos <input style="width: 50px;" type="text" value="---0"/>			
Basic PID			
Mittaus T1 <input style="width: 50px;" type="text" value="---0"/>			
Mittaus T2 <input style="width: 50px;" type="text" value="---0"/>			
I <input style="width: 50px;" type="text" value="---0"/>			<input type="checkbox"/> 1s pulssi
P <input style="width: 50px;" type="text" value="---0"/>			
D <input style="width: 50px;" type="text" value="---0"/>			

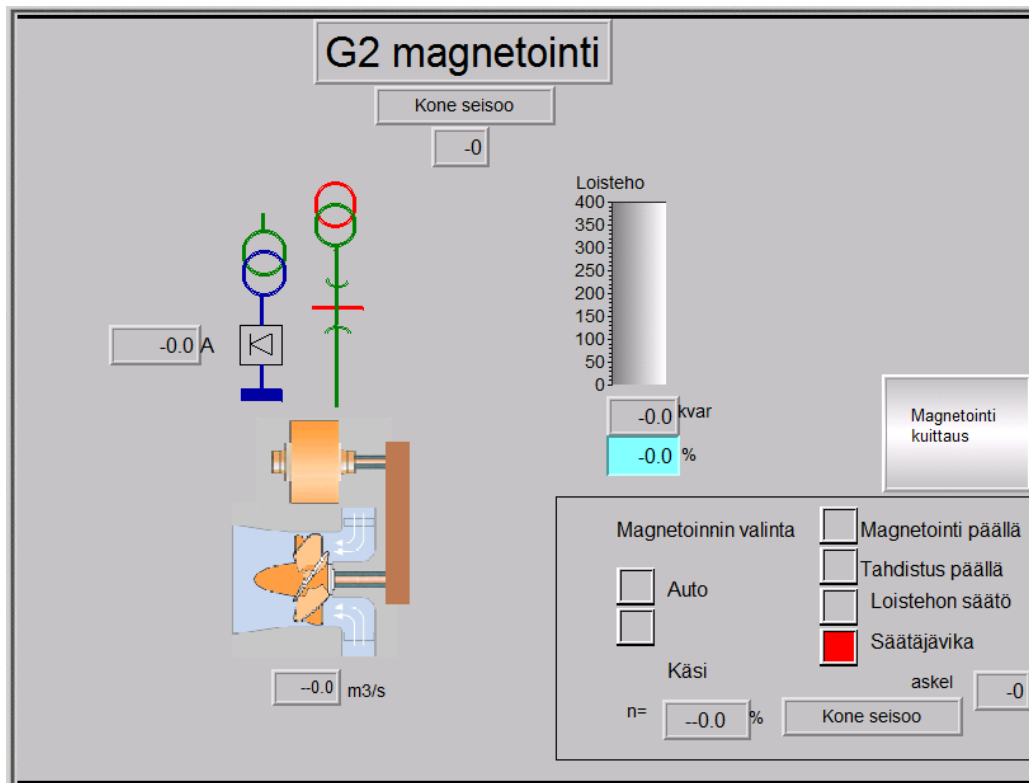
Kuva 13. G1 asetteluita

G2 Asetusarvoja

Lämpötilarajat	Paine	Rajoja
T2_LAAKERILÄMPÖ_RADIAL_HÄL <input style="width: 50px;" type="text" value="---0"/>	T2_HYDRAULIÖLJYN_PAINE_MAX <input style="width: 50px;" type="text" value="---0"/>	Max power <input style="width: 50px;" type="text" value="---0"/>
T2_LAAKERILÄMPÖ_RADIAL_SEI <input style="width: 50px;" type="text" value="---0"/>	T2_HYDRAULIÖLJYN_PAINE_NORM <input style="width: 50px;" type="text" value="---0"/>	Min power <input style="width: 50px;" type="text" value="---0"/>
T2_LAAKERILÄMPÖ_AXIAL_HÄL <input style="width: 50px;" type="text" value="---0"/>	T2_HYDRAULIÖLJYN_PAINE_MINI <input style="width: 50px;" type="text" value="---0"/>	Start level <input style="width: 50px;" type="text" value="---0"/>
T2_LAAKERILÄMPÖ_AXIAL_SEI <input style="width: 50px;" type="text" value="---0"/>		Stop level <input style="width: 50px;" type="text" value="---0"/>
T2_OHJAUSLAAKERILÄMPÖ_HÄL <input style="width: 50px;" type="text" value="---0"/>		Max alarm level <input style="width: 50px;" type="text" value="---0"/>
T2_OHJAUSLAAKERILÄMPÖ_SEI <input style="width: 50px;" type="text" value="---0"/>		Min alarm level <input style="width: 50px;" type="text" value="---0"/>
T2_HYDRAULIÖLJYN_LÄMPÖTILA_MAX <input style="width: 50px;" type="text" value="---0"/>		Max tail <input style="width: 50px;" type="text" value="---0"/>
G2_STAATTORIKÄÄMINLÄMPÖ_HÄLY <input style="width: 50px;" type="text" value="---0"/>		Min tail <input style="width: 50px;" type="text" value="---0"/>
G2_STAATTORIKÄÄMINLÄMPÖ_PS <input style="width: 50px;" type="text" value="---0"/>		
G2_LAAKERINLÄMPÖ_HÄLY <input style="width: 50px;" type="text" value="---0"/>		
G2_LAAKERINLÄMPÖ_PS <input style="width: 50px;" type="text" value="---0"/>		

Kuva 14. G2 asetteluita

LIITE 5. Paneeli-ikkunat



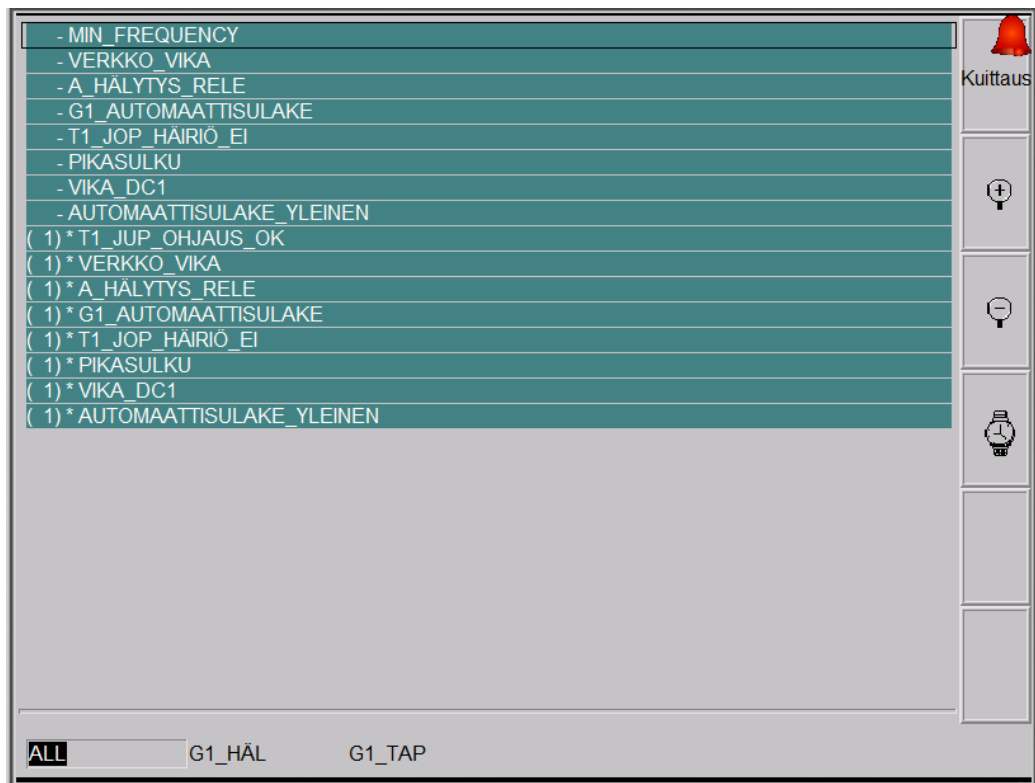
Kuva 15. G2 magnetointi

G2 lämpötilat

Käämit	Lämpötila/C	Laakerit/öljyt	Lämpötila/C	Ulkoilma	Lämpötila/C
+1MKA.10-R21	-0.0 C	+1MEA.10-B2	-0.0 C	+CFD.10	-0.0 C
+1MKA.10-R22	-0.0 C	+1MEA.10-B5	-0.0 C		
+1MKA.10-R23	-0.0 C	+1MEA.10-B6	-0.0 C		
+1MKA.10-R24	-0.0 C	+1MEA.10-B7	-0.0 C		
+1MKA.10-R25	-0.0 C	+1MKA.10-R41	-0.0 C		
+1MKA.10-R26	-0.0 C	+1MKA.10-R42	-0.0 C		

Kuva 16. G2 lämpötilat

LIITE 5. Paneeli-ikkunat



Kuva 17. Hälytyslista