



Sami Mursu

**VOIMALAITOKSEN SYÖTTÖVESIPUMPPUJEN
AUTOMAATIOOTEKNIIKAN MODERNISOINTI**

VOIMALAITOKSEN SYÖTTÖVESIPUMPPUJEN AUTOMAATIOTEKNIIKAN MODERNISOINTI

Sami Mursu
Opinnäytetyö
5.12.2011
Automaatiotekniikan koulutusohjelma
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

| | | | | |
|--|--------------|--------|---|-----------|
| Koulutusohjelma | Opinnäytetyö | Sivuja | + | Liitteitä |
| Automaatiotekniikka | Insinöörityö | 45 | + | 8 |
| Suuntautumisvaihtoehto | Aika | | | |
| Projektointi | 5.12.2011 | | | |
| Työn tilaaja | Työn tekijä | | | |
| Kainuun Voima Oy | Sami Mursu | | | |
| Työn nimi | | | | |
| Voimalaitoksen syöttövesipumppujen automaatiotekniikan modernisointi | | | | |
| Avainsanat | | | | |
| VOITH, kiertopetikattila, vastapainevoimalaitos, syöttövesijärjestelmä | | | | |

Insinöörityön tarkoituksena oli selvittää varalla olevien syöttövesipumppujen 1 & 3 säätimen I/O-liityntä signaalitasolla, jarrun ja muuntimen yhteistoiminta säätökäyröineen, sekä säätävän ja ohjaavan VOITH–VORECON-säätimen toimintaan perehtyminen. Nykyinen VOITH–VORECON-säätimen ohjaus on toteutettu analogisella 1980-luvun tekniikalla. Säätimen ohjaus on tarkoitus korvata nykyisellä olevalla Siemens T3000 -automaatiolla. Säätäjään tulevat signaalit on tarkoitus kääntää uuteen T3000-automaatioon ja toteuttaa näiden toimilaitteiden ohjaukset automaatiossa. Osa signaaleista tulee jo uuteen automaatioon, mutta säädölliset toiminnot on tehty analogisilla elektroniikkakorteilla.

ALKUSANAT

Tämä insinööri työ on tehty Kainuun Voima Oy:lle. Työn valvojana Kainuun Voimalla toimi sähkömestari Mika Paakkari. Työn ohjaavana opettajana toimi lehtori Tero Hietanen Oulun seudun ammattikorkeakoulun tekniikan yksiköstä.

Haluan suuresti kiittää kaikkia voimalaitoksen työntekijöitä, jotka jaksoivat kuunnella kysymyksiäni ja auttoivat oman työnsä ohessa minua pääsemään päämäärääni. Työhön saamastani ohjauksesta kiitän Mika Paakkaria. Kainuun voiman henkilöstön auttava ja opettavainen ote on ollut merkitsevä tässä työssä. Haluan myös kiittää myös työtäni ohjannutta Tero Hietasta ja työn kieliasun tarkastanutta Pirjo Partasta.

Kajaanissa 5.12.2011

Sami Mursu

SISÄLTÖ

| | |
|---|----|
| ALKUSANAT | 4 |
| SISÄLTÖ | 5 |
| 1 JOHDANTO | 6 |
| 2 VASTAPAINOVOIMALAITOS | 8 |
| 2.1 Kattila..... | 8 |
| 2.3 Palaminen..... | 10 |
| 2.4 Kiertopetikattila ja poltto (Pyroflow)..... | 10 |
| 2.5 Kattilavesikierto | 12 |
| 2.6 Tulistimet ja pähörylinjat | 12 |
| 2.7 Turbiinilaitteiston rakenne | 13 |
| 2.8 Vastapainekaukolämpöturbiini | 13 |
| 2.9 Lauhdutinosä..... | 14 |
| 2.10 Polttoaineet..... | 14 |
| 2.11 Polttoaineen syöttö | 15 |
| 3 SYÖTTÖVESIJÄRJESTELMÄN AUTOMAATIO JA INSTRUMENTOINTI..... | 16 |
| 3.1 Syöttövedensäätö ja ekonomaiseri | 16 |
| 3.2 Syöttövesiventtiilin paine-erosäätö | 16 |
| 3.3 Lieriön pinnansäätö | 17 |
| 3.6 Hartmann & braun -analogiasäädin | 19 |
| 3.7 Paine-eron säätäminen | 20 |
| 4 VOITH-VORECON-SÄÄTÖLAITE..... | 21 |
| 4.1 Hydrodynaaminen jarru ja momenninmuunnin | 21 |
| 4.2 Alempi käyttöalue | 22 |
| 4.3 Ylempi käyttöalue | 23 |
| 4.4 Hydrodynaamisen jarrun ja momenninmuuntimen yhteistoiminta..... | 24 |
| 4.5 Hydrodynaamisen jarrun ja momenninmuuntimen toimilaite | 25 |
| 4.6 Työ-öljyn kierto | 27 |
| 4.7 VORECONin ohjaus..... | 30 |
| 4.8 Hydrodynaaminen momenninmuunnin (johtosiivet)..... | 31 |
| 4.9 Muuntimen työ-öljyn kierto | 32 |
| 4.10 Hydrodynaaminen jarru (säätöjarru) | 32 |
| 4.11 Planeettavaihteisto..... | 33 |
| 5 TYÖN SUORITUSOSA | 35 |
| 5.1 Säätimen toiminta..... | 38 |
| 6 YHTEENVETO | 42 |
| LÄHDELUETTELO..... | 44 |
| LIITTEET | 45 |

1 JOHDANTO

Kainuun Voima Oy on UPM-kymmene Oyj:n ja Kajaanin kaupungin puoliksi omistama voimayhtiö. Kaupunki on vuokrannut osuutensa yhtiöstä E.ON Kainuu Oy:n käyttöön omistusoikeutta vastaavalla pitkäaikaisella vuokrasopimuksella. Kainuun Voima Oy tuottaa lämpö- ja vesivoimaa. Lämpövoimalaitos on rakennettu UPM:n tehdasalueelle Tihisenniemelle Kajaaniin. Voimalassa poltetaan täydellä teholla ajettaessa noin 470 kuutiota polttoainetta tunnissa. Tästä määrästä 95–97 % on kotimaisia polttoaineita. Voimalaitoksen bruttosähköteho on 88 MW. Sähkön lisäksi Kainuun Voima Oy tuottaa kaukolämpöä Kajaanin kaupungin asukkaille 100 MW:n tehoon asti ja prosessihöyryä Renforsin Rannan yritysalueen tarpeisiin, enimmillään noin 75 MW. Voimalaitoksen pääkattila on kiertopetikattila. Kattila tuottaa 135 barin paineista ja 535 °C:n lämpöistä höyryä enimmillään 100 kg/s. Höyryn lämpöenergiasta tehdään sähköä Siemensin AG:n valmistaman turbiinin ja generaattorin avulla. Turbiini on vastapainekaukolämpöturbiini, jossa on erillinen lauhdeturbiini. Lämpövoimalaitoksen vara- ja huippukattilana on tamperelaisen Tamentec Oy:n valmistama raskasöljykattila, jossa on neljä low-nox-öljypoltinta. Enimmillään kattila tuottaa 65 kg/s 30 barin kylläistä höyryä. Kattilan tuottamaa lämpöä käytetään prosessihöyryn ja kaukolämmön tekemiseen pääkattilan huollon aikana ja huippukuormituksella, jolloin pääkattilan kapasiteetti yksin jää liian pieneksi.

(7, Yritys.)

Valtaosa Kainuun Voiman höyryvoimalaitoksessa tuotetusta sähköstä on kaukolämmön tuotannon yhteydessä syntyvää vastapainesähköä. Tällaisen yhteistuotatoprosessin hyötysuhde on erittäin hyvä, sillä polttoaineen energiasisällöstä saadaan hyödynnettyä parhaimmillaan lähes 90 prosenttia. Pelkässä sähköntuotannossa jääetään yleensä noin 40–45 prosentin hyötysuhteeseen. (8, s. 8.)

Kattilaan pumpataan jatkuvasti vettä lieriön kautta pääsyöttövesipumpulla, jonka rinnalla on kaksi varalla olevaa syöttövesipumppua. Pumput lähtevät päälle jos pääsyöttövesipumppuun tulee häiriö. Pääsyöttövesipumpun säätäjänä toimii taajuusmuuttaja, jonka ohjaus on toteutettu uudella siemensin T3000 -automaatiolla, kun varalla olevien syöttövesipumppujen säätäjänä toimii VOITH–VORECON-

säätölaite, jonka ohjaus on toteutettu vanhalla analogisella 1980-luvun ”kortti” tekniikalla. Analogiakorttitekniikka alkaa olla sen verran vanhaa tekniikkaa, että esimerkiksi tietyn kortin rikkouduttua korjaaminen olisi todella vaikeaa, ellei mahdotonta. Jos tämän tyyppinen ongelma sattuisi, se asettaisi koko voimalan vaaraan. Siksi nyt ollaan siirtymässä kokonaan pois vanhasta analogiakortti tekniikasta uuteen automaatiojärjestelmään. Vanhasta analogiakorttitekniikasta ja osa sen mittauksista on siirretty jo uuteen automaatioon, mutta pääasiallinen säätö ja ohjaus tapahtuu kuitenkin vielä VMC:llä. Insinööriyön tarkoituksena on kääntää kaikki loput säätäjään tulevat signaalit uuteen automaatioon, jotta voidaan jättää vanha analogiakorttitekniikka taakse ja siirtyä uuden automaation aikakaudelle.

Tämän työn pääasiallisia tavoitteita on toteuttaa varalla olevien vesisyöttöpumppujen 1 & 3 automaation modernisointi selvittämällä vanhan automaatio toteutuksen signalointi ja I/O-liityntä sekä syöttövesipumppujen VOITH–VORECON-säätimen sisäinen toiminta hydrodynaamisen ja momenninmuuntimen suhteen. Muita työn alussa asetettuja tavoitteita oli tutustua voimalaitos tekniikkaan ja saada kokonaisvaltainen kuva vesihöyryvoimalan toiminnasta.

2 VASTAPAINEMOIMALAITOS

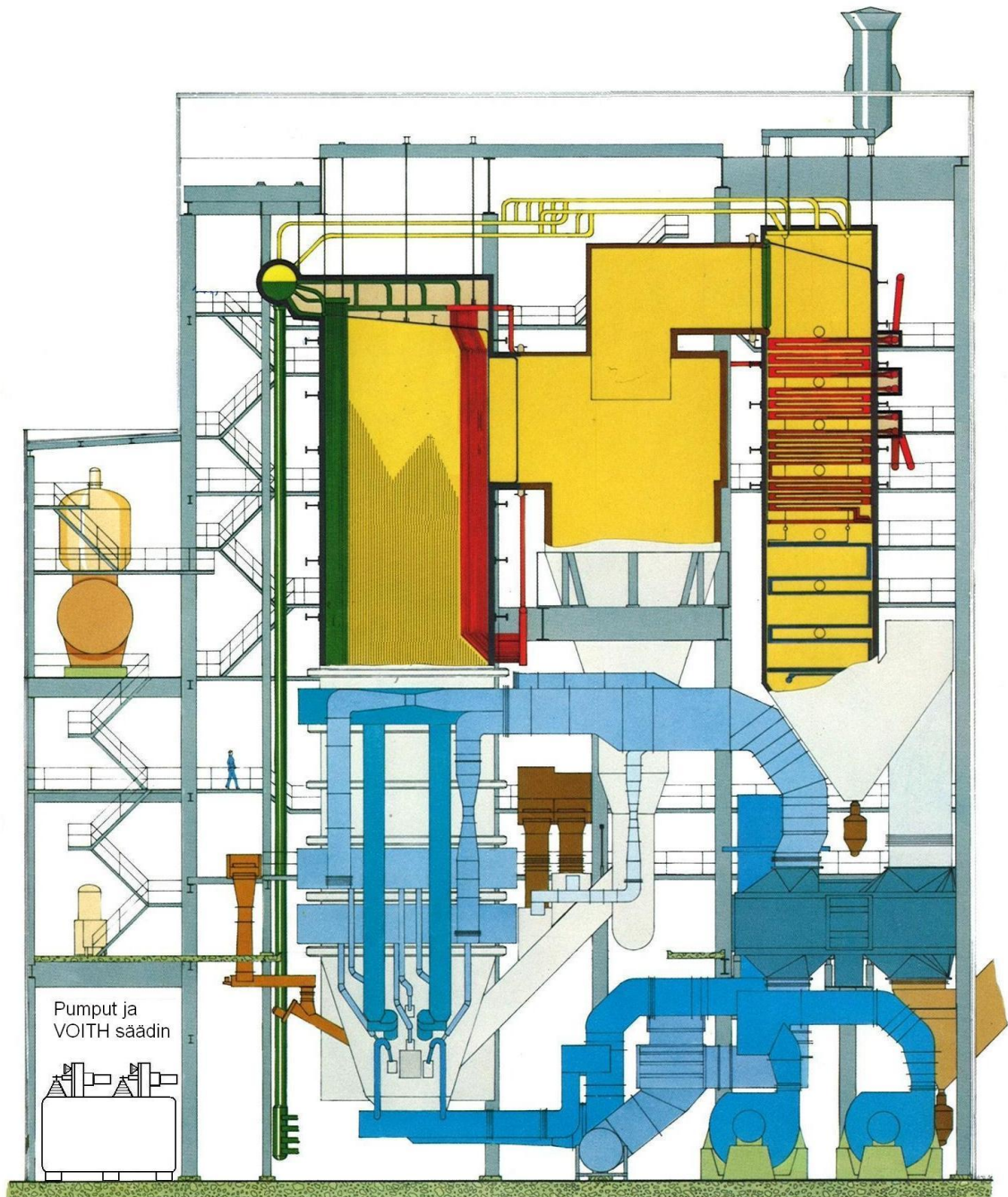
Tässä voimalaitoksessa on 7 väliottoa, joilla esilämmitetään vettä prosessin eri tuotantovaihteissa, sekä myös lähtevää kaukolämpöä. Voimalaitos tuottaa höyryä, vastapainesähköä, kaukolämpöä ja lauhdesähköä.

2.1 Kattila

Kattila on A. Ahlström Osakeyhtiö Varkauden höyrykattilatehtaan valmistama Pyroflow luonnonkiertokattila, jonka nimellisarvot ovat

- lämpöteho 240 MW
- höyryntuotanto 100 kg/s
- höyryn lämpötila 535 °C
- höyryn paine 137 bar (abs).

Kuvassa 1 on esitetty yksinkertainen periaatekuva, kattilan hiekkapetin, veden, höyryn ja kaasujen kierrosta. Kattilan pääosat ovat tulipesä, kaksi sykklonia, takavedossa sijaitsevat kolme tulistinta, veden ja ilman esilämmitin. Kattilan arinan ja seinämän keittoputket on päällystetty noin 6 metrin korkeudelle kulutusta ja korkeaa lämpötilaa kestäväällä LC-massalla. Sykloniin johtavat kaasukanavat sekä paluuputket kattilaan on vuorattu LC-massalla. Koska nämä kattilan osat eivät ole jäädytettyjä, tulenkestävän vuorauksen ulkopuolella metallivaippaa vasten on eristekerros. Ilman esilämmitin eli luvu on pyörivää mallia, missä savukaasu lämmittää poistuessaan esilämmittimen lamellit ja nämä puolestaan lämmittävät palamisilman, kun luvu pyörähtää ilmakehien kohdalle. Materiaali on teräs, joka on emaloitu kylmästä päästä syöpymien vähentämiseksi. Koska luvu on erittäin massiivinen rakenne, sen jatkuva pyöriminen on varmistettava mahdollisimman hyvin. Tuloilman mitoituslämpötila on 35 °C. Mikäli ilma on tätä viileämpää, on se lämmitettävä höyryluvoilla tuohon lämpötilaan. Höyryn lämpötilasäätö suoritetaan ruiskutuksilla II-tulistimen molemmin puolin. Ruiskutusvetenä käytetään syöttövetä, joka riittävän paine-eron takaamiseksi otetaan KP-esilämmittimien jälkeen ennen kattilan syöttövesiventtiiliä. (3, s. 1.)



KUVA 1. Kainuun Voima Oy:n Kiertopetikattilan periaatekuva.

Ylösajoa ja kiinteän polttoaineen syöttöhäiriöitä varten kattilassa on 6 kpl paineilmahajoitteisia käynnistyspolttimia. Niissä voidaan käyttää kevyttä ja raskasta polttoöljyä. Vain ylösajossa petihiekan tasaista lämmittämistä varten primääri-ilmakanavassa on kaksi kevytöljykäyttöistä kanavapolttinta. Turpeen ja puujätteen syöttö tapahtuu kattilan ”polviin”, sykloneista tulipesään palautuvaan hiekkavirtaan. Kivihiilen syöttöpaikat ovat kattilaneluseinällä. Lentotuhka kuljetetaan erilliseen tuhksiiloon

pneumaattisesti luvon ja sähkösuotimen alta. Karkea tuhka-aines poistetaan kattilan arinalta kolmen seulontalaitteen avulla. Kattilan jälkiveto on varustettu 8 ulosvedettävällä ja 20 kiinteällä pyörivällä höyrynuohoimella, joista 6 nuohointa on ääninuohoimia. Nuohoushöyryputkisto alkaa II A-tulistimen kokoojalaatikosta. Yksi apuohjauksen kolmesta impulssiputkesta tulee kattilan lieriöstä, loput tulistimelta. (3, s. 2.)

2.3 Palaminen

Pyroflow-kattilassa palaminen tapahtuu kiertopölyssä. Tämä kiertopöly, joka ei itse osallistu palamiseen, koostuu ylösajon yhteydessä petiin syötetystä hiekasta ja siihen käynnin aikana rikastuvasta tuhkasta. Primääri-ilma purkautuu tulipesään arinassa olevien suuttimien kautta ja tempaa mukaansa petimateriaalin ja siihen sekoittunutta polttoainetta. Palaminen tapahtuu koko tulipesän alueella lämmittäen samalla petin polttolämpötilaan, joka on tavallisesti 850–960 °C. Petihiekka on tehokas lämmönsiirtäjä keittopintoihin, niin säteilemällä, kulkeutumalla kuin johtamalla. Se pitää tulipinnat puhtaina, hajottaa polttoaineen pieneksi saaden aikaan paljon palopinta-alaa, nopean ja täydellisen palamisen. (3, s. 2.)

2.4 Kiertopetikattila ja poltto (Pyroflow)

Kiertopetikattiloita käytetään muualla maailmassa erityisesti kivihiihen polttokattiloina. Kiertopetikattiloissa käytetään suurempia leijutusnopeuksia ja hienojakoisempaa petimateriaalia kuin kuplivalla leijukerroksella varustetuissa kattiloissa. Kiertopetikattiloiden leijutusnopeus on 3–10 m/s ja hiekan raekoko 0,1–0,5 mm. Näin ollen kiertopetikattila toimii leijutusalueella, jolle on ominaista voimakas pyörteisyys ja hiukkasten hyvä sekoittuminen. Kiertopetistä ei erotu selvää pintaa, vaan petin tiheys pienenee korkeuden funktiona, kun osa hiekasta tempautuu savukaasujen mukaan. Tulipesästä kaasuvirtauksen mukana poistuvat hiukkaset erotetaan syklonin yläosassa olevalla kaasun poistimella ja palautetaan tulipesään. Kattilan pääosat ovat tulipesä ja siihen liitetty kiertävän petimateriaalin ja palamattomat hiukkaset tulipesän pohjalle palauttava sykloni. Syklonin jälkeen savukaasukanavassa sijaitsevat pääosa tulistimista sekä veden ja ilman esilämmittimet. Kukin kattila suunnitellaan tapauskohtaisesti, ja siksi eri kattiloiden päälämmönsiirtimien keskinäinen sijoittelu vaihtelee jonkin verran. Esimerkiksi eräissä kattiloissa osa höyrystinlämpöpinnoista on sijoitettu syklonin

jälkeiseen vetoon. Tällä hetkellä Suomeen rakennettujen kiertopetikattiloiden vedenkiertona on luonnonkiertojärjestelmä, koska kattiloita käytetään teollisuuden ja yhdyskuntien vastapainevoimalaitoksissa ja halutut tuorehöyryn paineet mahdollistavat luonnonkierron. Jotta syklonin erotusaste saadaan hyväksi, savukaasun on virrattava sykloniin tarpeeksi nopeasti, noin 20 m/s. Syklonin erotuskyky huononee halkaisijan kasvaessa. Tämän vuoksi syklonit pyritään rakentamaan halkaisijaltaan alle kahdeksanmetrisiksi. Tarvittaessa rakennetaan useita rinnakkaisia sykloneja. Suurissa kattiloissa voi sykloneja olla molemmin puolin tulipesää. Suorakaiteen muotoisesta tulipesästä tulee syklonin puoleiselta seinustaltaan leveä ja toiselta seinustaltaan kapea. Syklonit ovat aiemmin olleet pääsääntöisesti jäähdyttämättömiä, ja niissä on ollut sekä tulenkestävä vuoraus (paksuus noin 100 mm) että eristevuoraus (paksuus noin 200 mm). Nykyään syklonit ovat jäädytettyjä, jolloin muurausten huollon tarve vähenee, lämpöhäviöt pienenevät ja kustannukset pienenevät, kun syklonin pinnat saadaan hyödynnettyä lämmönsiirtiminä ja laitoksen ylösajo nopeutuu. Kiertopetikattilaan polttoaine syötetään tunkijaruuveilla tulipesän alaosaan. Hienojakoinen tuhka poistuu kattilasta savukaasujen mukana, kun se on niin hienojakoista ettei enää erotu palautussyklonissa savukaasuista. Palamisilma tuodaan kattilaan primääri- ja sekundääri-ilmana. Primääri-ilma eli leijutusilma tuodaan pohjasuuttimien kautta. Primääri-ilman osuus kokonaisilmamäärästä on polttoaineen mukaan 40–60 %, ja eräät vähän haihtuvia komponentteja sisältävät polttoaineet tarvitsevat sitä jopa 75 %. Sekundääri-ilma johdetaan leijukerrokseen parille eri tasolle muutaman metrin verran arinan yläpuolelle. (1, s. 97–98.)

Kiertopetitekniikalla on mahdollista polttaa hyvällä hyötysuhteella myös huonolaatuista, vähän haihtuvia komponentteja sisältävää hiiltä, josta ei kuplivassa leijupetissä tai pölypolttona saada riittävän hyvää palamistulosta. Kiertopetikattilassa savukaasujen mukaan tempautuvat palamatta jääneet polttoainepartikkelit erottuvat savukaasuista syklonissa ja palautuvat takaisin tulipesään, jolloin saadaan aikaan tarpeeksi pitkä palamisaika ja sen ansioista hyvä palamishyötysuhde. (1, s. 100.)

2.5 Kattilavesikierto

Syöttövesi johdetaan ekonomaiserin kautta lieriöön tasaisesti rei'itetyn jakoputken avulla. Vedenkierto tapahtuu seuraavasti: Kattila on vesiputkikattila, joka toimii luonnonkierrolla. Veden kierto on sitä nopeampi, mitä suurempi on lämmitys. Veden kierto perustuu veden ominaispainon pienenemiseen sen lämmitessä. Lieriöstä johtaa 2 kpl laskuputkia tulipesän seinien jakokammioihin. Tulipesän seinissä vesi kuumenee kuumien palamiskaasujen avulla ja höyrystyy osittain. Vesi/höyryseos nousee ylös ja se johdetaan kokoojaputkien avulla lieriöön. Lieriössä höyry erotetaan vedestä ja johdetaan tulistimeen. Vedenerotus tapahtuu sykloonien ja demisterien avulla siten, että tulistimeen siirtyy mahdollisimman vähän kattilavettä. Syöttövedeen liuenneet suolajäännökset ja epäpuhtaudet rikastuvat kattilaveteen. Koska tämä voi johtaa vaahdon muodostukseen ja muihin häiriöihin, pidetään yllä jatkuvaa pientä kattilaveden ulospuhallusta lieriöstä, jotta kattilavedessä saadaan pysymään suolatasapaino. Ulospuhallus tapahtuu jatkuvan ulospuhalluksen paisunta-astiaan, jossa osa vedestä paisuu höyryksi ja johdetaan syöttövesisäiliöön. Lauhtunut vesi johdetaan liejujäähdyttimen kautta poistovesialtaalle. Ulospuhallusmäärä säädetään venttiilillä ja mitataan määrämittarilla. Oikea määrä määrätään kattilavesianalyysillä. (5, s. 6.)

2.6 Tulistimet ja päähöyrylinjat

Höyrylieriöstä vedestä erotettu höyry johdetaan tulistimeen. Tulistin on jaettu savukaasuvirrassa kolmeen vaiheeseen. Vaihe II on jaettu kahteen osaan, Iia ja Iib. Tulistin I on savukaasuvirran kylmimmässä osassa sekä takavedon seinäputkina. Tulistin Iib on sijoitettu tulipesään. Tulistin III on tulistimen Iia yläpuolella savukaasuvirran kuumassa päässä. Tulistetun höyryn lämpötila säätö tapahtuu ruiskuttamalla syöttövedellä höyryyn tulistinvaiheiden välillä. Tulistimien vinokuormitusta estetään höyryn ristiin ajolla tulistinvaiheitten välillä. Tulistimien I ja Iia välistä ruiskutusta säädetään säätimillä tulistimen Iib jälkeen molemmin puolin tapahtuvan lämpötilamittauksen perusteella. Mahdollisen kattilan vinokuormituksen havaitsemiseksi ja lämpötilan valvomiseksi, tulistimien kokoojalaatikoiden putkiin on asennettu termoelementit. Korkeapainehöyry johdetaan päähöyryputkistolla turbiinille. Korkeapainehöyryn maksimiarvot ovat

- paine 137 bar abs
- lämpötila 535 °C
- määrä 100 kg/s.

Käynnistysvaiheen tulistimien jäädytystä varten on päähöyrylinjassa käynnistyshöyrylinjasto. Käynnistyshöyryventtiili on moottorikäyttöinen säätötoimilaite ja sen sulkuventtiili on moottorikäyttöinen varustettuna auki/kiinni-ohjauksella. Käynnistyshöyry johdetaan äänenvaimentimeen. Kattila on varustettu apuohjatuilla varoventtiileillä (2 kpl), jotka on sijoitettu tulistimien jälkeen. Ulospuhallushöyry johdetaan äänenvaimentimeen. Tulistimien yhdysputkiin ja laatikoihin on tehty virumamittauspisteitä, joista voidaan seurata mahdollisia muodonmuutoksia. (5, s. 7.)

2.7 Turbiinilaitteiston rakenne

Turbiinilaitteisto koostuu kaksijuoksuisestä matalapaineturbiinista, korkeapaineturbiinista ja generaattorista. 88 MVA:n generaattorissa on pyörivällä tasasuuntaajalla varustetulla vaihtovirtaherätinkoneella toteutettu harjaton magnetointi. KytKentä erottaa vastapaine- ja kaukolämpöosan ensimmäiseksi turbiinipesäksi, joka on kytketty suoraan generaattoriin. Vastapainekaukolämpöturbiinin vastakkaisessa päässä on lauhdutinosa, joka on kytketty pysähdyksen aikana irroitettavissa olevalla kytkimellä. Mainitut turbiinilaitteiston pääkomponentit on tarkoitettu 3000 rpm toimintaan. (3, s. 2.)

2.8 Vastapainekaukolämpöturbiini

Tuorehöyry virtaa sisään turbiinin viereen sijoitettujen kahden venttiiliryhmän läpi, joihin on yhdistetty sekä pikasulku- että säätöventtiilit. Tuorehöyry virtaa pesään putkistoja pitkin ylhäältä ja alhaalta. Turbiinin ensimmäisessä laajentumisosassa on kaksi ulosottoa molempien korkeapaine-esilämmittimien höyrynsaantia varten. Lopuksi tapahtuu 3,5 barin ohjattu välistäotto sekä prosessin että syöttövesisäiliön kaasunpoistimen höyrynsaantia varten. Höyryn johtaminen lauhdutinosaan ja kaukolämmön huippukuormaesilämmittimeen LV3 on myös otettu huomioon välitossa. Virtaus kaukolämpöosaan tapahtuu kahden turbiinipesän yläosaan rakennetun säätöventtiilin kautta. Kaukolämpöosassa on parhaan vajaakuormavasteen

saavuttamiseksi säätövaihe. Kaukolämpöosan paisuntaosassa on kaksi siivistöosaa, joista ensimmäinen riittää kaukolämpöesilämmitin LV 2:n höyryntoitoon ja toinen kaukolämpöesilämmitin LV 1:n höyryntoitoon käytettävään höyryyn.

(3, s. 3.)

2.9 Lauhdutinososa

Lauhdutinososa on kaksijuoksuinen turbiini. Höyryn sisäänvirtaus tapahtuu kahden, ylhäällä ja alhaalla sijaitsevan, säätöelimen kautta. Siivistö koostuu 2x3 sylinteriosasta. Ensimmäisen osan takaa käännetään uloshöyry ylempään matalapaine-esilämmittimeen. Alemman matalapaine-esilämmittimen ulosotto-osa on sylinterin osien 2 ja 3 välissä, siis ennen turbiinin normienmukaista matalapaineosaa. Pakohöyry kaksijuoksuisen turbiinin poistohöyryputkista johdetaan lopulta lauhduttimeen. Kun lauhdutinosaa käytetään jäähdytyshöyryllä, saadaan höyry erillisellä jäähdytyshöyryputkella suoraan kaukolämpöosan (pako) höyrystä, joten höyry antaa tehoa ensimmäisessä pesässä. Liityntä lauhdutinosaan on ensimmäisessä matalapaineulosotossa täyden läpäisykyvyn takaamiseksi. Normaalin sisäänviennin vaihto 3,5 barin väliin tapahtuu automaattisesti lauhdutinosan tehontarpeen mukaan moottorikäyttöisen sulku- ja hydraulisen jäähdytyshöyryputken avulla. (3, Turbiini, s. 4–5.)

2.10 Polttoaineet

Kattilan käydessä täydellä teholla, polttoainetta kuluu noin neljän rekka-auton verran tunnissa. Polttoainevirta on noin 2 kertaa 20 kg/s eli noin 40 kg/s yhteensä täydellä teholla. Ainoastaan hiiltä ja öljyä käytetään voimalan ylösajo- ja häiriötilanteissa.

Voimalaitoksella käytettäviä polttoaineita ovat seuraavat:

(8, s. 11.)

- turve (Jyrsin, pala, pienpala)
- puu (Kuori, puru, metsähake)
- hiili
- syntypaikkalajiteltu yhdyskuntajäte
- ratapölkkyhake
- öljy.

2.11 Polttoaineen syöttö

Hiilisiilosta hiili syötetään hiilenpurkaimien avulla kolakuljettimelle, jonka nopeutta säädetään tarvittavan polttoainemäärän mukaan. Nopeus muuttuu höyryn paineen säädön mukaan. Polttoaineen määrän säätöön vaikuttaa säteilyvaa'an antama ennakkotieto kuljettimen syöttämästä polttoainemäärästä (PI-säätö). Hiili toimii petilämpötiloja pitävänä tukipolttoaineena, jos poltto linjastossa ym. on häiriö. Tällöin hiiltä syötetään miniminopeudella. Hiili pysähtyy, kun turvetta on taas saatavana. Kolakuljettimilta hiili syötetään sulkusyöttimien kautta ruuvikuljettimille, josta edelleen tunkijaruuvikuljettimilla kattilaan (tulipesän etuseinä). Sulkusyöttimet ja ruuvikuljettimet pyörivät vakionopeudella. (5, s. 28–29.)

Turvesiilosta turve tai puujäte syötetään kattilakolakuljettimilla (2 kpl) repijätelan kautta kolaketjukuljettimille, joista edelleen sulkusyöttimien (4 kpl) kautta polviin. Kolapohja säätaa nopeutta syöttötaskun pinnan mukaan, repijätela ja sulkusyöttimet toimivat vakionopeudella. Bio-kolakuljettimien nopeutta säädetään tarvittavan polttoainemäärän mukaan. Nopeudensäätö tapahtuu kuten hiilen syötöissäkin. (5, s. 28–29.)

Kalkkisiilosta kalkki syötetään tärypohjan avulla välisäiliöön, josta edelleen invertterisäätöisen annosteluruuvin lokerosyöttimen kautta siirtoputkistoon. Siirtoputkistosta kalkki syötetään primääri-ilmaa kantoilmana käyttäen tulipesään. Primääri-ilmaa ohjaa paineilmakäyttöinen sulkuventtiili, joka on kalkkia syötettäessä aina auki. Kalkin määrää säädetään annosteluruuvin kierrosluvulla ja kierrosluku määräytyy polttoainemäärään (hiili) mukaan. (5, s. 28–29.)

Hiekkasiilosta hiekkaa valutetaan siirtoputkistoon, josta se syötetään paine-ilman avulla tulipesään. Hiekka syötetään jaksoittain (esimerkiksi 10 sekunnin välein) avaamalla ja sulkemalla paine-ilman sulkuventtiili. Hiekan määrä säädetään petipaineen mukaan. (5, s. 28–29.)

3 SYÖTTÖVESIJÄRJESTELMÄN AUTOMAATIO JA INSTRUMENTOINTI

Tässä osiossa tarkastellaan syvemmin syöttövesipumppujen syöttövesijärjestelmän automaatiota, instrumenttien toimintaa, syöttövesipumppauksen säätötoimintaa ja VOITH–VORECON-säätimen toimintaa.

3.1 Syöttövedensäätö ja ekonomaiseri

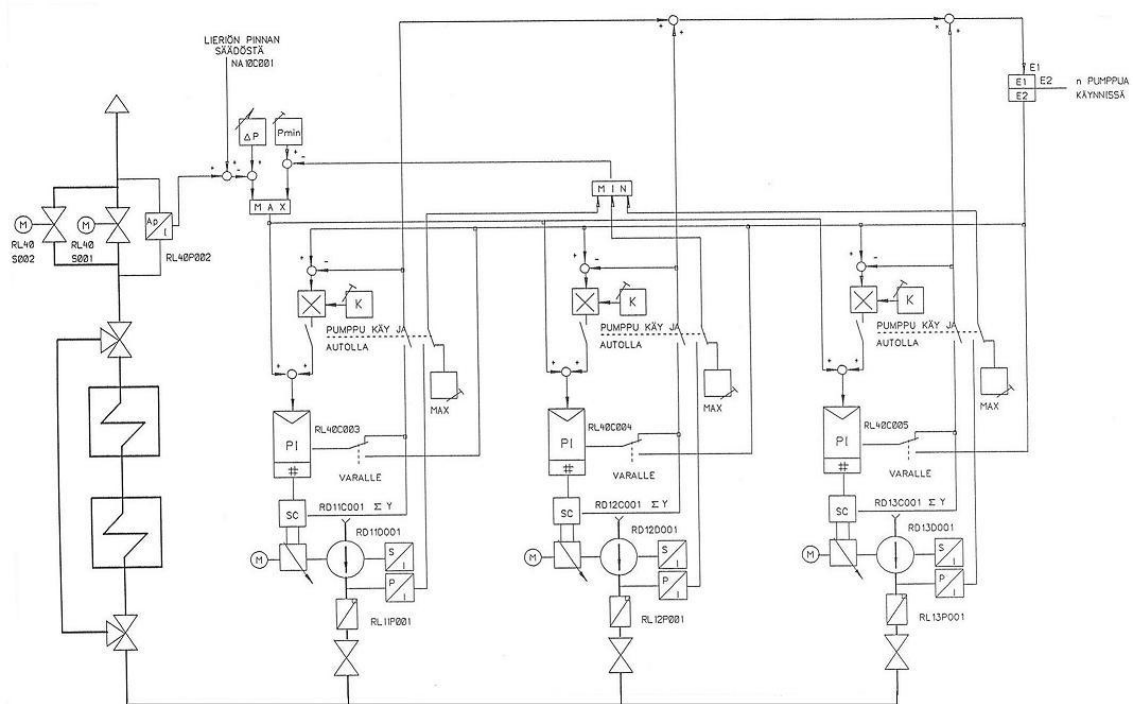
Syöttövesipumppujen pyörimisnopeus säädetään paine-erosäädön avulla siten, että syöttöveden paine-ero lieriön pinnankorkeuden säätöventtiilillä pysyy vakiona (liukuva Δp likim. 10...4 bar). Lieriön pinnankorkeus säädetään 3-pistesäädöllä. Tulistetun höyryn määrä mitataan, syöttöveden määrä mitataan ja lieriön vedenpinnankorkeus mitataan. Syöttövesimäärä säädetään säätöventtiilillä höyrymäärää vastaavaksi ja lieriön todellinen pinnankorkeus antaa korjauksen asetusarvolle. Höyrymäärämittauksessa huomioidaan käynnistyshöyryventtiilin asento. Syöttövesi johdetaan syöttövesisäiliöstä pumppujen välityksellä syöttövesiputkiston ja esilämmittimien kautta lieriöön. Syöttöveden esilämmitys tapahtuu neljässä savukanavan takavetoon sijoitetussa teräspuutkipaketissa (ekonomaiseri). Syöttöveden virtaussuunta on savukaasujen virtaussuuntaa vastaan. Ekonomaiseri kokoojالاتیکosta lähtevät putket muodostavat tulistimien kannatusputkistoon. Ekonomaiseri-paketit on varustettu höyrynuohoimilla. Höyryn jäähtymisessä käytettävä ruiskutusvesi otetaan syöttövesilinjasta ennen säätöventtiiliä. (5, s. 5.)

3.2 Syöttövesiventtiilin paine-erosäätö

Käyttäjän asettelemasta syöttövesiventtiilin paine-eron asetusarvosta vähennetään syöttövesiventtiilin paine-ero RL40P002 ja lieriön pinnansäädöstä tulevan ennakkoviestin summa (katso kuvaa 2). Säätöpoikkeama viedään MAX-valintaan, johon tuodaan toisena viestinä syöttöveden minimipoikkeama. MAX-valinnan ulostulo viedään jokaiselle syöttövesipumpun säätimelle (katso kuvaa 2). Pumppukohtaiseen säätöpoikkeamaan summataan myös tasajuoksun säätöpoikkeama.

Tasajuoksuasetusarvo muodostetaan siten, että summataan käynnissä ja automatiikalla

olevien pumppujen VORECON-kytkinten ΣY -signaali jaettuna käynnissä ja automaattilla olevien pumppujen lukumäärällä (katso kuvaa 2). Lisäksi on varalla olotoiminto, jolloin varalla olevan pumpunsäätimen lähtö seuraa käynnissä olevien pumppujen tasajuoksun asetusarvoa (katso kuvaa 2). (9, s. 1.)



KUVA 2. Syöttövesiventtiilin paine-eron säätö.

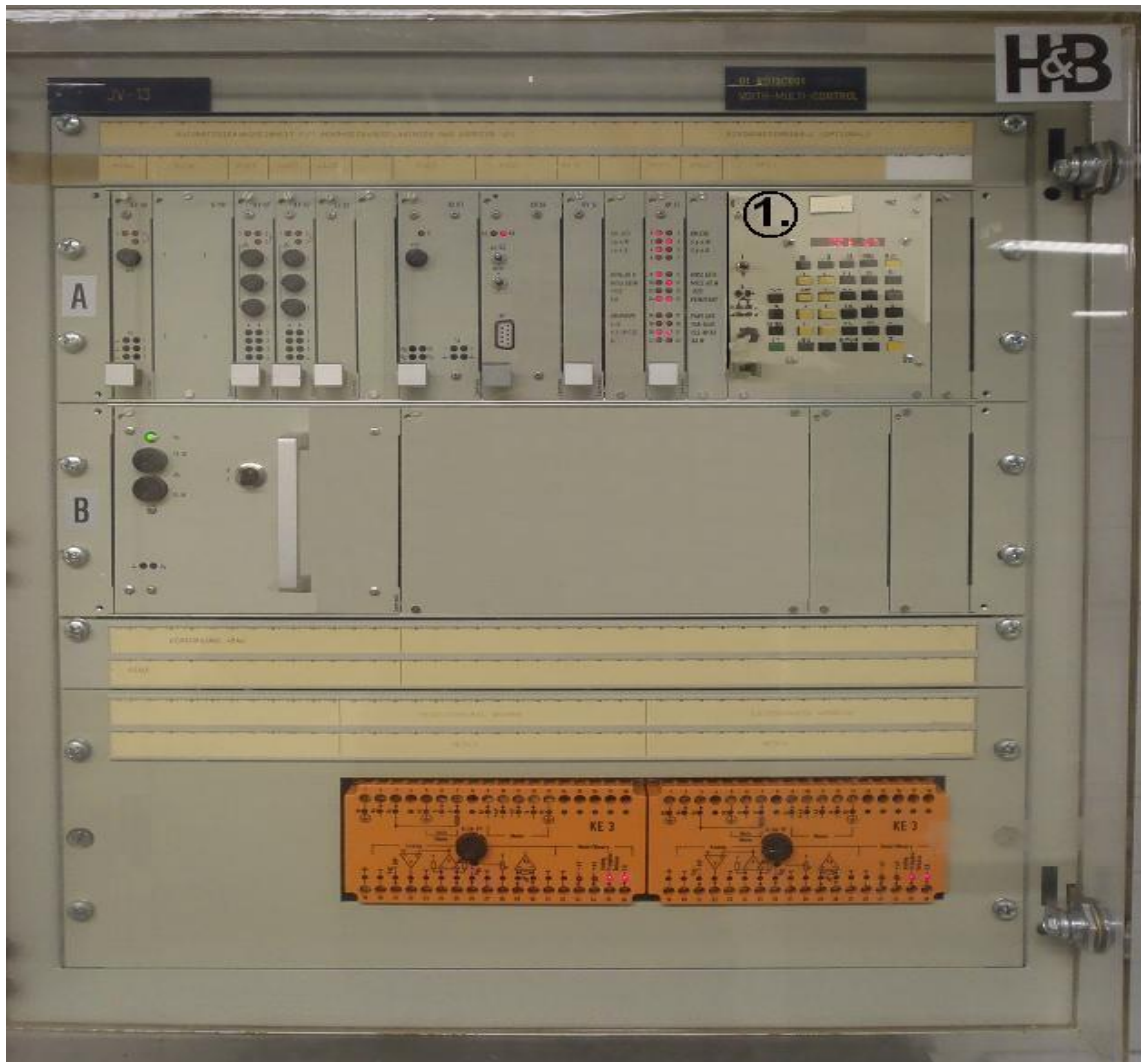
3.3 Lieriön pinnansäätö

Lieriön pinnan säätöpoikkeama muodostetaan käyttäjän asettelemasta asetusarvosta, pinnanmittauksesta NA10L901 ja lieriönpaineen häiriöviestistä. Säätöpoikkeama viedään lieriön pinnansäätimelle NA10C001 ja pienen kuorman säätöventtiilille RL40C002. Lieriön pinnansäädin NA10C001 on kyllästymätön PI-säädin, jonka ulostuloon summataan höyrymäärän RA10F901 ja käynnistyshöyrymäärän summa. Näin muodostettu summa on 3-pistesäädön asetusarvo syöttömäärälle. (9, s. 2.)

Samasta viestistä viedään ennakkoviesti syöttövesipumppujen säätöön. Pienen kuorman säätö RL40C002 toimii < 10 % kuormalla puhtaasti P-säätönä, jolloin säätimen edessä olevat MIN- ja MAX- valinnat ovat ”kiinni”. Kuorman kasvaessa > 10 % siirtyy pienen

3.6 Hartmann & braun -analogiasäädin

Hartmann & braunin analogiasäädin on toteutettu vanhalla analogiakorttitekniologialla. Voith Multi Control (VMC) analogiasäädin koostuu erilaisista elektroniikkakorteista, jotka on esitetty kuvassa 6 ja korttien sisäinen toiminta kuvassa 7. Näitten yhteistoiminnalla ollaan pystytty tekemään toimiva säätö ja ohjaus VOITH-VORECON-säätimelle. Kuvassa 4 on syöttövesipumppu 1:n automaatiokaappi, jossa liikuteltava parametrien tarkistus ja muuntoyksikkö. Muuntoyksikkö on kuvan oikeassa yläkulmassa numeroituna ykkösellä. Liitteessä 8/1 on esitelty VMC:n analogiakorttitekniikka ja liitteessä 8/2 analogiakorttien sisäinen toiminta.



KUVA 4. Voith Multi Control (VMC), automaatiokaappi.

3.7 Paine-eron säätäminen

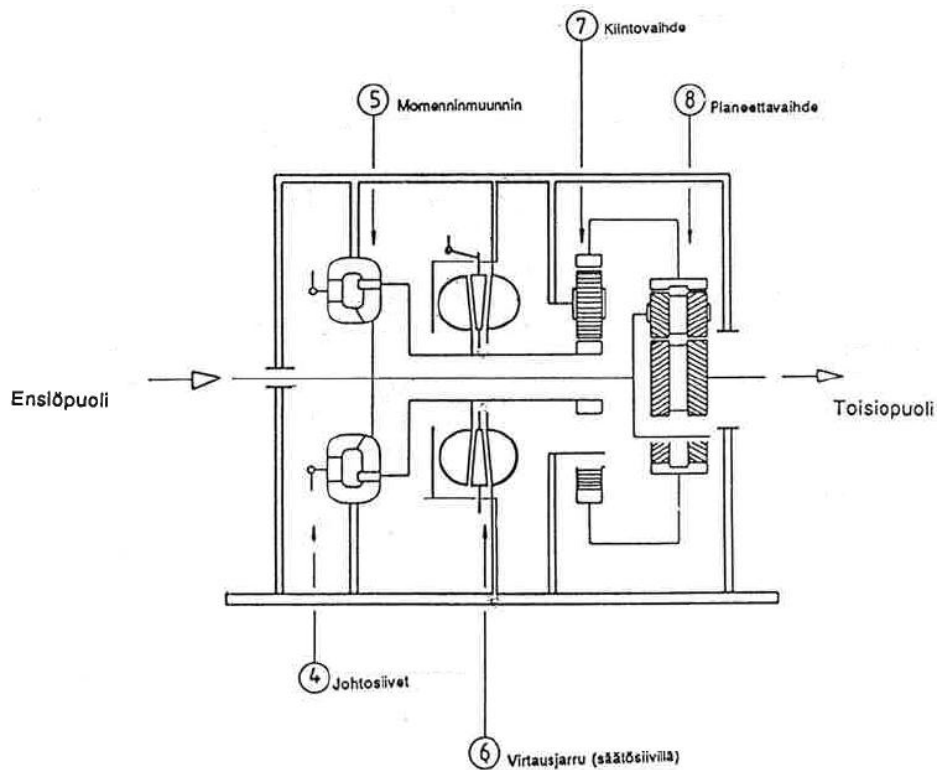
Lieriön paineen valvomista varten on painemittaus, josta tehdään ylärajahälytys. Höyrylieriön pinnankorkeutta säätää lieriön pinnansäädin. Alussa, kun höyryvirtausta ei ole, säädetään lieriön pintaa syöttövesiventtiilillä. Kun höyryvirtaus kasvaa riittävän suureksi, muutetaan säätö ns. kolmipistesäädöksi, jossa on mukana päähöyryvirtaus + lieriön pinta- ja syöttövesivirtaus. Poistuvan höyrymäärän muutos siirtyy siten suoraan syöttövesiventtiileihin, niin että syöttövesimäärä seuraa välittömästi höyrymäärän muutosta. Mikäli lieriön pinnankorkeuteen sen jälkeen jää poikkeama, lieriön pinnankorkeudensäädin säätää höyrymäärän ja syöttövesimäärän välistä suhdetta siten, että lieriön pinnankorkeus palautuu ennalleen. (5, s. 30.)

4 VOITH–VORECON-SÄÄTÖLAITE

Luvussa käydään läpi yksityiskohtaisesti VOITH–VORECON-säätölaitteen osat ja toiminta sekä kierroslukualueen vaihtotoiminta ja öljyn kierto.

4.1 Hydrodynaaminen jarru ja momenninmuunnin

Kuvassa 5 on esitetty komponentit, joista säätölaite muodostuu. Voreconin säätölaitteessa on hydrodynaamiset komponentit momenninmuunnin ja virtausjarru, jotka on liitetty planeettavaihteen kanssa yhdeksi kokonaisuudeksi. Tämä kompaktiaggregaatti sisältää hydrodynaamisten säätölaitteiden tunnetut edut, kuten yksinkertainen käyttö, suuri säätöalue, moottorin käynnistys työkoneen osakuormalla, korkea käytettävyyssaste ja käyttövarmuus. Säätölaite muodostuu seuraavista osista: hydrodynaaminen momenninmuunnin (5), jossa säädettävät johtosiivet (4), hydrodynaaminen jarru (6), jossa säädettävät säätösiivet, planeettavaihteisto kiintovaihteena (7) muuntimen kierrosluvun sovittamiseksi kierrosluvun nostoon ja pyörivä planeettavaihteisto (8), jolla kierroslukua nostetaan työkoneella tarvittavaan tasoon. (2, s. 3–4.)

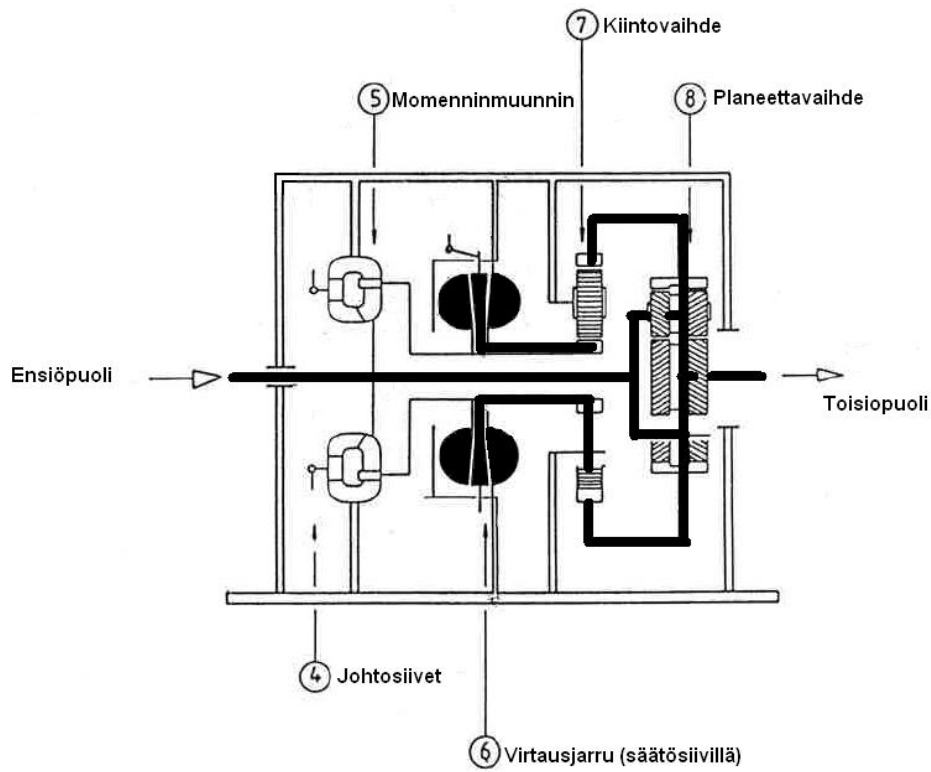


KUVA 5. VOITH–VORECON-säätölaitteen kuvaus (VOITH–VORECON-säätölaitteen käyttöohje. 1988, 5)

Hydrodynaamisten komponenttien työ-öljy, voiteluöljy, ja ohjausöljy otetaan öljysäiliöstä mekaanisesti käytetyn pääpumpun avulla. Sähkötoiminen apuöljypumppu toimii mekaanisen öljypumpun varalaitteena. Momenninmuuntimen ja hydrodynaamisen jarrun öljyvirtoja ohjataan magneettiventtiileillä, joita säätelee VORECONin säätöelektroniikka. VOITH–VORECON-säätimellä on kaksi käyttöaluetta alempi käyttöalue ja ylempi käyttöalue. (2, s. 5.)

4.2 Alempi käyttöalue

Kuvassa 6 on esitetty öljyn kulku pääpiirteittäin, kun säädin on alemmalla käyttöalueella. Alempi käyttöalue toimii noin 50–80 % kierroslukualueesta. Säätölaite toimii tällä kierroslukualueella, kun momenninmuunnin on tyhjä öljystä ja hydrodynaaminen jarru on täynnä öljyä. Pyörivä planeettavaihde muodostaa ulkokehälleen vääntömomentin, tämä vääntömomentti kompensoidaan kiintovaihteen kautta hydrodynaamisen jarrun muodostamalla vastavoimalla. Säätäsiipien asentoa muuttamalla pystytään säätämään tukimomenttia ja siten myös jarrun juoksupyörän kierroslukua. Tämä aiheuttaa pyörivän planeettavaihteen ulkokehän kierrosluvun muutoksen ja siten toisiokierrosluvun muuttumisen. Noin 50 %:n toisiokierrosluvulla säätäsiivet ovat minimiasennossa. Jarru antaa tällöin minimitekohon. Tässä tilanteessa pyörivän planeettavaihteen sisäpyörä voi pyöriä maksimi pyörimisnopeudella taaksepäin. Säättämällä säätäsiipiä maksimiin päin (100 %:n suuntaan) kasvaa jarrun tekiteho, planeettavaihteen taaksepäin pyörivän ulkokehän pyörintäkierrosnopeus pienenee ja säätölaitteen toisiokierrosluku nousee. (2, s. 6.)

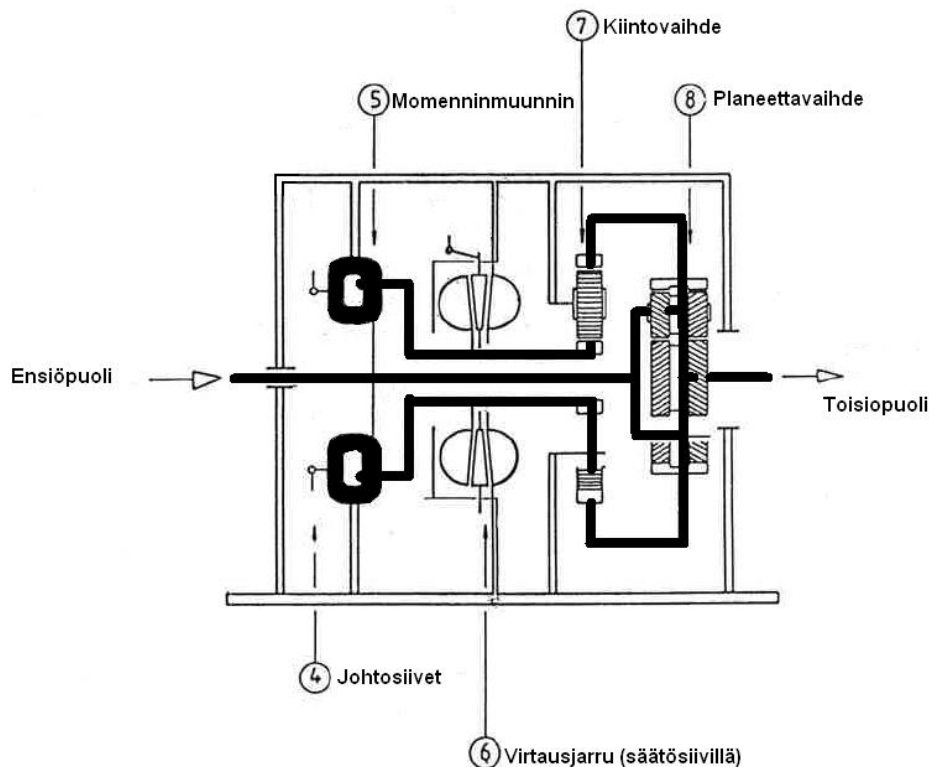


KUVA 6. Alempi käyttöalue. n. 50–80 % kierroslukualueesta (VOITH–VORECON-säätölaitteen käyttöohje. 1988, 6)

4.3 Ylempi käyttöalue

Kuvassa 7 on kuvattu öljyn kulku pääpiirteittäin, kun säädin on ylemmällä käyttöalueella. Ylempi käyttöalue toimii noin 80–100 % kierroslukualueesta. Tällä käyttöalueella hydrodynaaminen jarru on tyhjä ja momenninmuunnin täynnä. Ylemmällä käyttöalueella tehon virtaus jaetaan ja johdetaan yhteen pyörivällä planeettavaihteistolla. Pääosa tehosta siirtyy vakiokierrosluvulla pyörivältä pääkäyttöakselilta planeettavaihteen planeettakannattimelle. Osan tehosta ottaa vastaan hydrodynaamisen momenninmuuntimen pumppupyörä, josta se siirtyy turbiinipyörän kautta kiintovaihteelle ja siitä edelleen pyörivän planeettavaihteen ulkokehälle. Johtosiipien asentoa säätämällä muutetaan momenninmuuntimen turbiinipyörän kierroslukua. Tästä seuraa pyörivän planeettavaihteen ulkokehän kierrosluvun muutos ja

siten toisiokierrosluvun muuttuminen. Kiintovaihte sovittaa momenninmuuntimen toisiokierrosluvun pyörivän planeettavaihteen kierroslukuun. (2, s. 7.)



KUVA 7. Ylempi käyttöalue. n. 80–100 % kierroslukualueesta (VOITH–VORECON-säätölaitteen käyttöohje. 1988, 7)

4.4 Hydrodynaamisen jarrun ja momenninmuuntimen yhteistoiminta

KytKentäalueella menevät päällekkäin alempi käyttöalue (hydrodynaamisen jarrun alue) ja ylempi käyttöalue (momenninmuuntimen alue). Vaihtoalueella hydrodynaaminen jarru ja momenninmuunnin ovat samaan aikaan öljyllä täytettynä. Siirryttäessä alemmalta ylemmälle käyttöalueelle muunnin täytetään öljyllä ennen kytkentäpisteen saavuttamista. Muuntimen johtosiivet pidetään minimiasennossa. Kierrosluvun säätö tapahtuu jarrulla, kunnes säätösiipien asento on 100 % ja luovutus kierrosnopeus on saavutettu. Tästä luovutus pisteestä lähtien kierrosnopeuden säätö toteutetaan muuntimen johtosiivillä. Muuntimen turbiinipyörää ja pyörivän planeettavaihteen ulkokehää kiihdytetään positiiviseen pyörimissuuntaan. Tästä seuraa positiivinen kerrostuma. Jarru tyhjennetään. Siirryttäessä ylemmältä alemmalle käyttöalueelle jarru täytetään öljyllä ennen vaihtopisteen saavuttamista. Jarrun säätösiivet pidetään maksimiasennossa (100 %). Kierrosluvun säätö tapahtuu muuntimella johtosiipien

0 % :n asentoon asti. Tästä vastaanottopisteestä lähtien tapahtuu kierrosluvun säätö jarrun säätösiivillä. Jarrun juoksupyörä ja pyörivän planeettavaihteen ulkokehä pyörivät negatiivisessa suunnassa ja säätölaitteen toisiokierrosluku pienenee. Muunnin tyhjennetään. (2, s. 8)

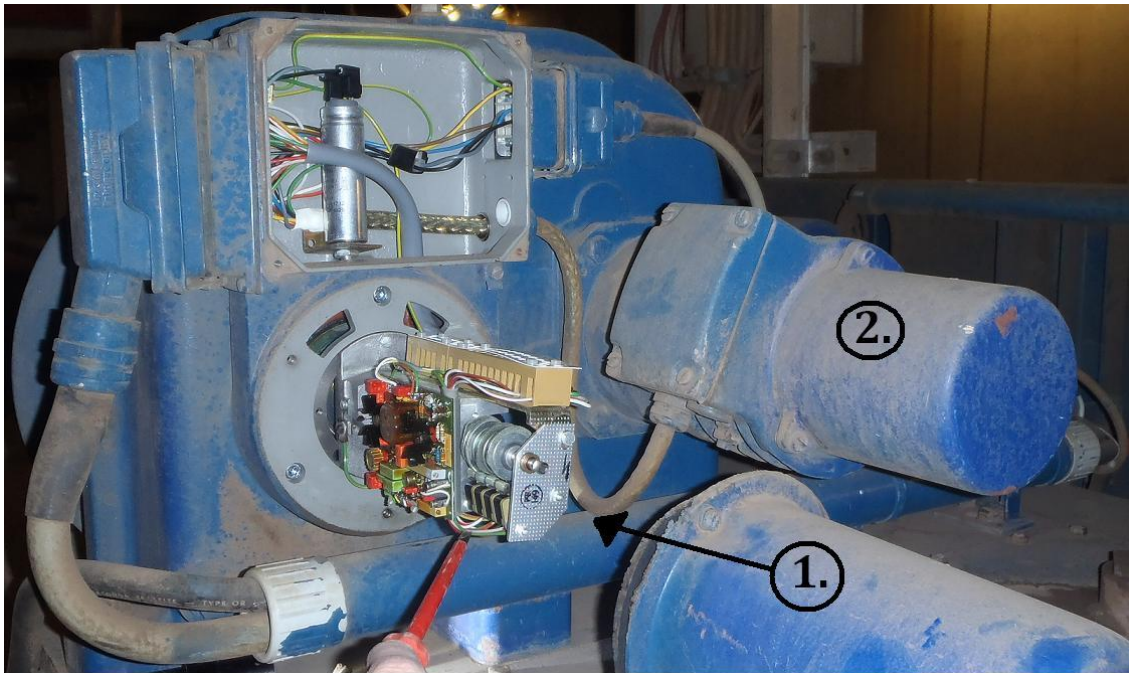
4.5 Hydrodynaamisen jarrun ja momenninmuuntimen toimilaite

VOITH–VORECON-säätimellä on kaksi toimilaitetta, jotka ovat hydrodynaamisen jarrun toimilaite ja momenninmuuntimen toimilaite. Nämä kaksi toimilaitetta ovat ulkonäöltään samanlaisia ja sijaitsevat säätimen päällä lähekkäin. Jarrun toimilaite seuraa alemman käyttöalueen kierroksia ja muuntimen toimilaite ylemmän käyttöalueen kierroksia. Toimilaitteita käytetään erilaisten säätöelinten kuten venttiilien, läppien, luistiventtiilien jne. säätelyyn, jolloin voimansiirto useimmiten tapahtuu vivun avulla. Näitä toimilaitetyyppejä voidaan käyttää kolmipistesäätimen kanssa tai kauko-ohjattuina. (6, s. 4)

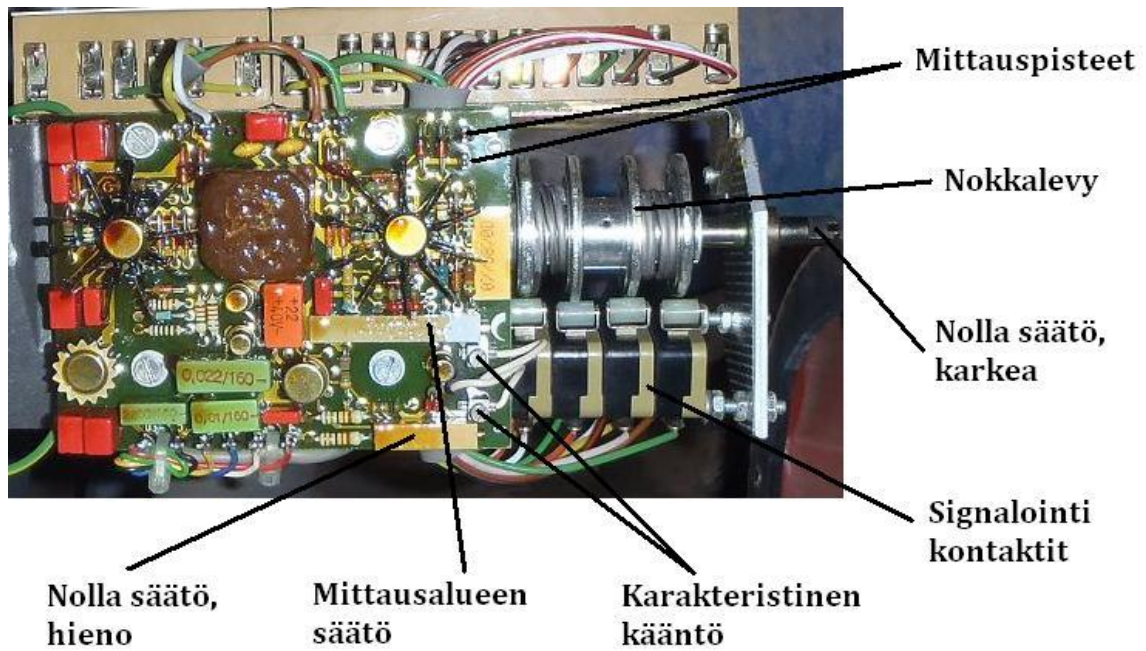
Kuvassa 8 on numeroitu toimilaitteen moottori (2) ja elektroniikka (1). Moottori sisältää itse servomoottorin, jarrun vapautus solenoidin, kierroslukugeneraattorin ja moottorin oman jarrun. Elektroniikka sisältää signaalikontaktit ja pyörimisnopeusanturin. Kuvassa 9 on osoitettu ”nuolilla” alueet mistä lähettimen elektroniikka koostuu.

Signaalikontaktit kertovat missä asennossa moottori liikkuu. Sen tekevät mahdollisiksi mikrokytkimet, jotka liikkuvat periaatteella kiinni auki säätimen pyöriessä.

Signaalikontaktit lähettävät 0/4 .. 20 mA viestiä ja milliampeeri viestin suuruus riippuu mikrokytkinten asennosta.



KUVA 8. Hydrodynaamisen jarrun ja muuntimen toimilaite.



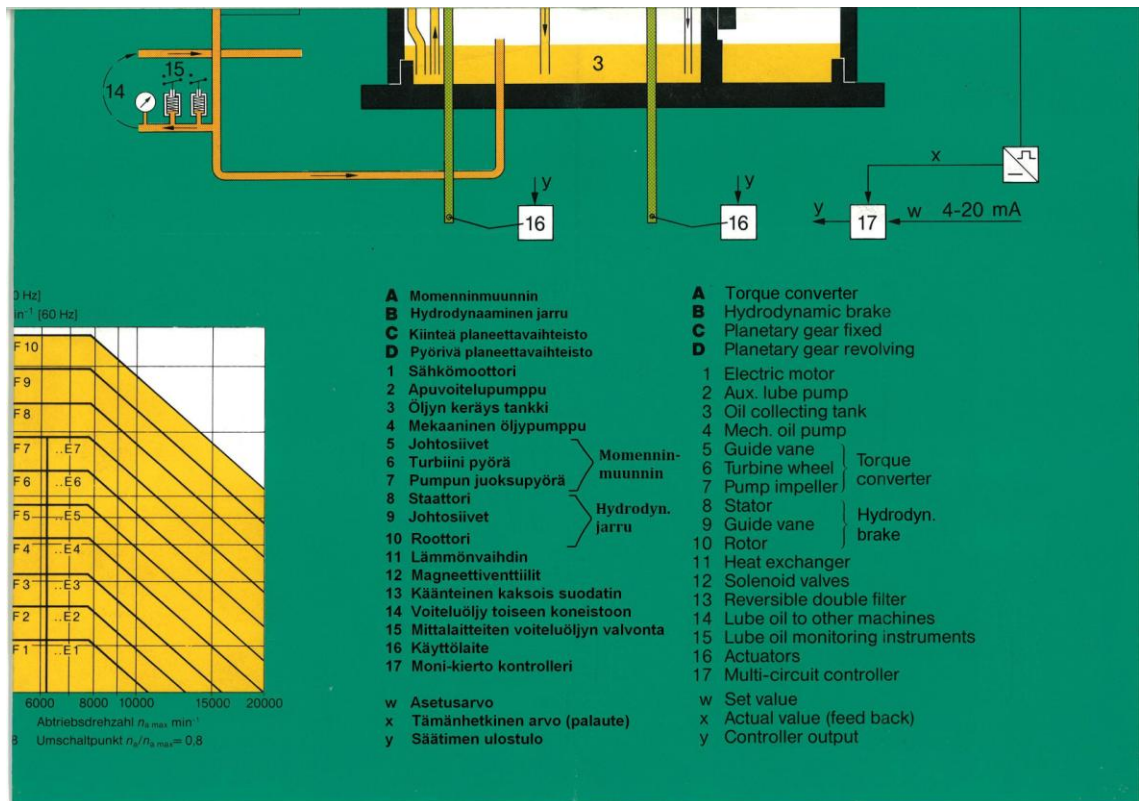
KUVA 9. 20mA asento lähetin "S4".

4.6 Työ-öljyn kierto

Työ-öljy, voiteluöljy ja ohjausöljynä käytetään samaa öljyä. Mekaanisesti käytetty pääöljypumppu ja sähköisesti käytetty apuöljypumppu on asennettu vaihteiston runkoon. Apuöljypumppu kytketään päälle käynnistyksessä, päältä pois -kytkennässä tai häiriötapauksissa kuten myös käyttöalueiden vaihdossa. Sisään rakennettu pääöljypumppu imee öljyn öljysäiliöstä ja painaa sen lämmönvaihtimen ja öljyn lämpötilasta riippuen lämpötilan säätöventtiilin ohjaamana ohivirtausputkiston kautta työ-öljyn tai voiteluöljyn kiertoon. Työ-öljy johdetaan takaiskuventtiilin kautta momenninmuuntimeen ja hydrodynaamiselle jarrulle. Momenninmuuntimen ja jarrun työ-öljyn syöttö tapahtuu käyttöalueesta riippuen venttiilien kautta magneettiventtiileillä. Työ-öljyn paine on säädetty paineenrajoitusventtiilillä ja voidaan nähdä painemittarista. Momenninmuuntimen ja jarrun työ-öljyn poistoputkeen on kuhunkin asennettu tieventtiili (sulkuventtiili), kuristimet sekä painekeytkin ja lämpötilanturi. Tieventtiileitä (sulkuventtiileitä) ohjataan hydraulisesti magneettiventtiileillä. Ne sulkeutuvat hydraulisesti, kun työ-öljy tulee, ja avautuvat jousivoimalla, kun työ-öljyn tulo on loppunut. Tällä tavoin voivat momenninmuunnin ja jarru päältä pois -kytkennässä tyhjentyä nopeasti. (2, s. 9.)

Kuvista 10 ja 11 näkee hyvin miten öljyn kierto tapahtuu ja minkä laitteen läpi öljy virtaa jarrun tai muuntimen olleessa päällä, riippuen kierroslukualueesta, kuten olen ylempänä kirjoittanut. Kuva 12 näyttää selitykset kuvien 12 ja 13 kirjaimille sekä numeroille.

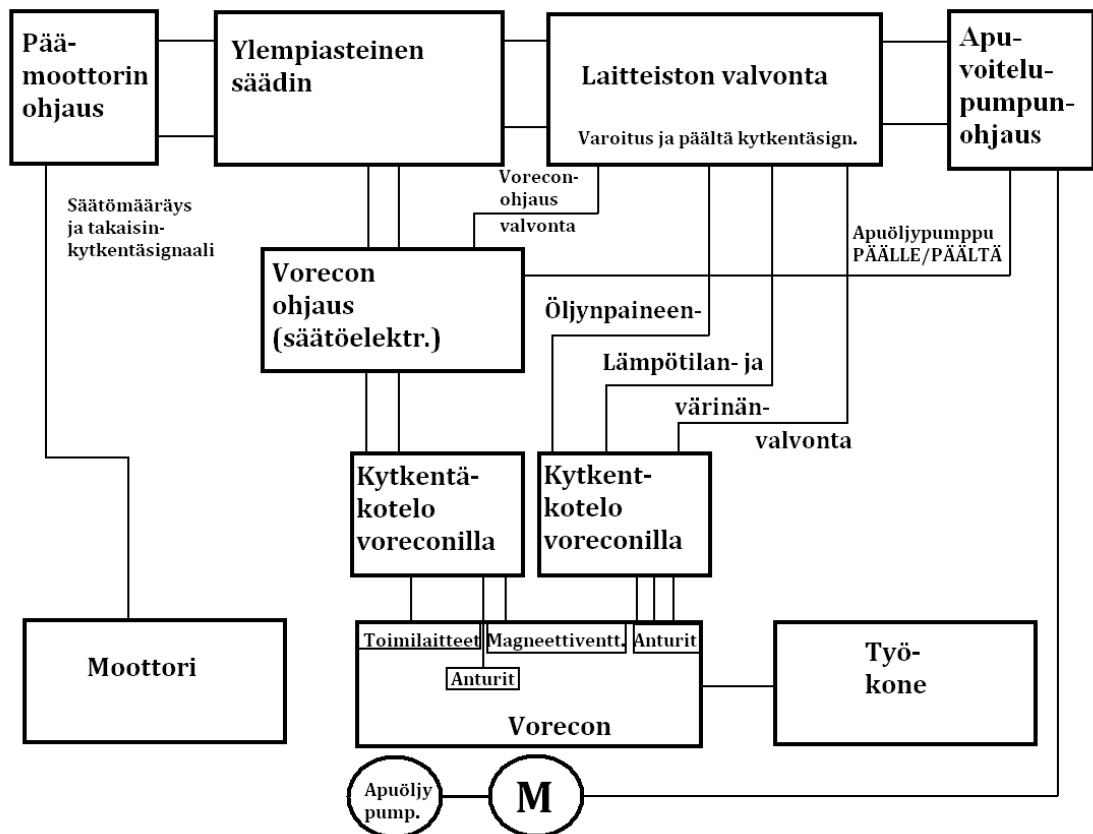
Voiteluöljy ja ohjausöljy otetaan työ-öljyn kierrosta. Kaksoisuodattimen jälkeen voiteluöljy virtaa aseteltavien kuristimien kautta laakereille ja säätölaitteen hammaspyörille. Ohjausöljy kytketään magneettiventtiileillä. Voiteluöljymäärä ulkopuolisille laitteille on säädetty kuristimella. (2, s. 9)



KUVA 12. Öljynkierron sanasto ja osien osoitus.

4.7 VORECONin ohjaus

Säätölaitetta ohjataan ohjelmoitavalla VORECON-ohjauksella, joka sijaitsee kuvan keskiosassa (säätöelektronikka). Kuvassa 13 on esitetty ohjauksen rakenteellinen kuvaus.



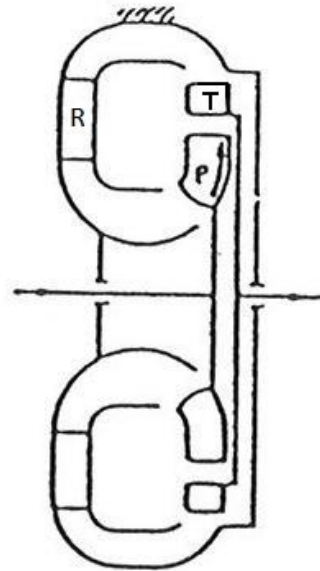
KUVA 13. VORECONin ohjaus.

4.8 Hydrodynaaminen momenninmuunnin (johtosiivet)

Hydrodynaaminen momenninmuunnin sisältää vaipan osat, pumppupyörän, turbiinipyörän, säädettävät johtosiivet ja säätömekanismi, kuten kuvassa 14.

(2, s. 11.)

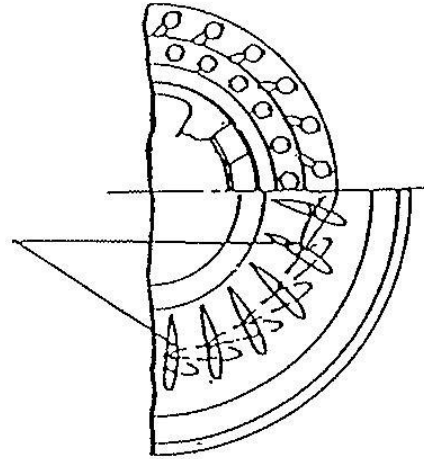
P = pumppupyörä
T = turbiinipyörä
R = johtosiivet
(reaktio-osa)



KUVA 14. Hydrodynaaminen momenninmuunnin.

Pumppupyörä ja turbiinipyörä muodostavat johtopyörän ja rungon kanssa suljetun rengasvaipan. Johtosiipiä säädetään kääntämällä säätörengasta toimilaitteilla nivelistön avulla (kuva 15). Käytössä muunnin on täytetty työ-öljyllä ja pysyy tulevan öljyn poistoaukossa olevan kuristimen johdosta paineellisena. Pumppupyörä, jota pyöritetään pääkäyttöakselin kautta, kiihdyttää työ-öljyn. Ohjauskanavissa tapahtuvan öljyn virtauksen suunnan muutoksen kautta turbiinipyörässä muodostuu vääntömomentti. Paikallaan olevan laitteen runkoon tuetut johtosiivet ottavat erovääntömomentin vastaan. Muuttuvaa johtosiipien välistä kanavaa, sen suuntaa suhteessa mitoituspisteen arvoon, käytetään relatiivisena johtosiipien asentona (%:eina) käyttöominaisuuksien kuvauksessa. (2, s. 11.)

Johtosiivet



KUVA 15. Johtosiivet.

Johtosiipien (katso kuva 15) asennosta 0–100 %:n välillä siirtyy turbiinipyörän kautta vastaava vääntömomentti. (2, s. 12.)

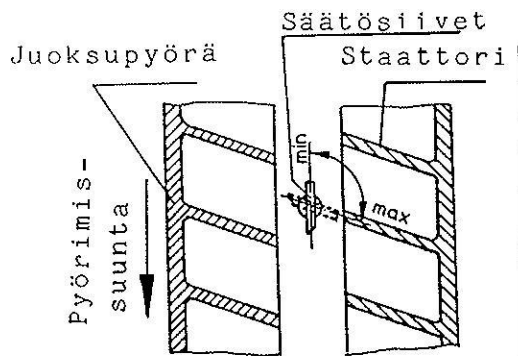
4.9 Muuntimen työ-öljyn kierto

Työ-öljy virtaa sisääntulovaipan kautta muuntimen työtilaan. Pumpun juoksupyörä kiihdyttää öljyn. Turbiinipyörässä öljyn suunta muuttuu ja öljy johdetaan taas johtosiipien kautta takaisin pumpun juoksupyörälle. Lämminnyt työ-öljy virtaa kuristimen kautta jäähdytykseen ja takaisin öljysäiliöön. Muuntimen työ-öljyn lämpötilaa ja painetta mitataan ja valvotaan. (2, s. 12.)

4.10 Hydrodynaaminen jarru (säätöjarru)

Hydrodynaaminen jarru muodostuu staattorista, joka on kiinnitetty runkoon ja juoksupyörästä, joka on yhdistetty kiintovaihteen aurinkopyörään. Radiaalisesti staattorin ja juoksupyörän välissä ovat johtosiivet, joita säädetään lautaspyörän vipujen ja nivelien kautta toimilaitteella, ks. kuvaa 16. Koska jarrun siivet ovat vinossa, se jarruttaa vain yhteen suuntaan. (2, s. 12.)

Hydrodynaamisessa jarrussa jarrutusteho muodostuu käyttönesteen massan hidastumisesta, joka roottorissa kiihtyy ja kiinteässä olevassa staattorissa hidastuu. Tämän tapahtuman aikana kineettinen energia muuttuu lämmöksi. (2, s. 13.)



Roottorin pyörimis-
nopeutta säädetään
säätösiipien asennolla (A)

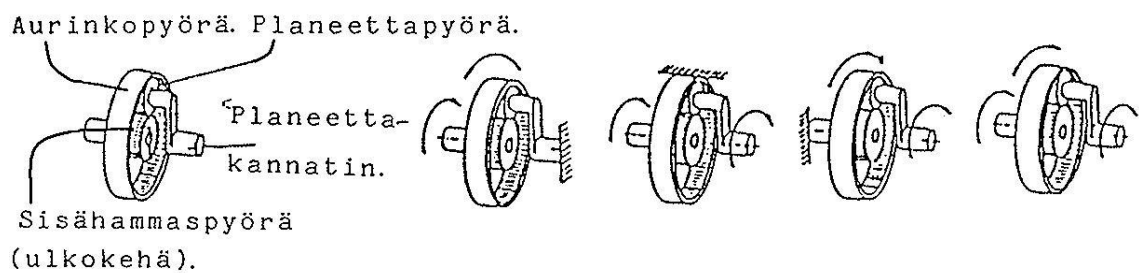
A = min. asento = min.
toisiokierrosnopeus
A = maks. asento = maks.
toisiokierrosnopeus

KUVA 16. Hydrodynaamisen jarrun jarrutus.

4.11 Planeettavaihteisto

Tässä osiossa selvitetään planeettavaihteiston toimintaa ja sen merkitystä säätimessä.

Kuvasta 17 näkee missä vaiheessa planeettapyörästä on kiintovaihteena, planeettapyörästä ja kerrostumisvaihteena. Riippuen siitä mitä planeettapyörästä osa kohtaa jarrutetaan tai pidetään paikallaan.



KUVA 17. Planeettavaihteiston toiminta.

Planeettavaihteilla tehdään ero kiintovaihteen ja planeettapyörästä vaihteen välillä, jolloin ero on paikallaan olevassa tai pyörivässä planeettakannattimessa. Jos planeettakannatin on paikoillaan, ulkokehä ja aurinkopyörä pyörivät, niin kysymyksessä on kiintovaihte. (2, s. 13.)

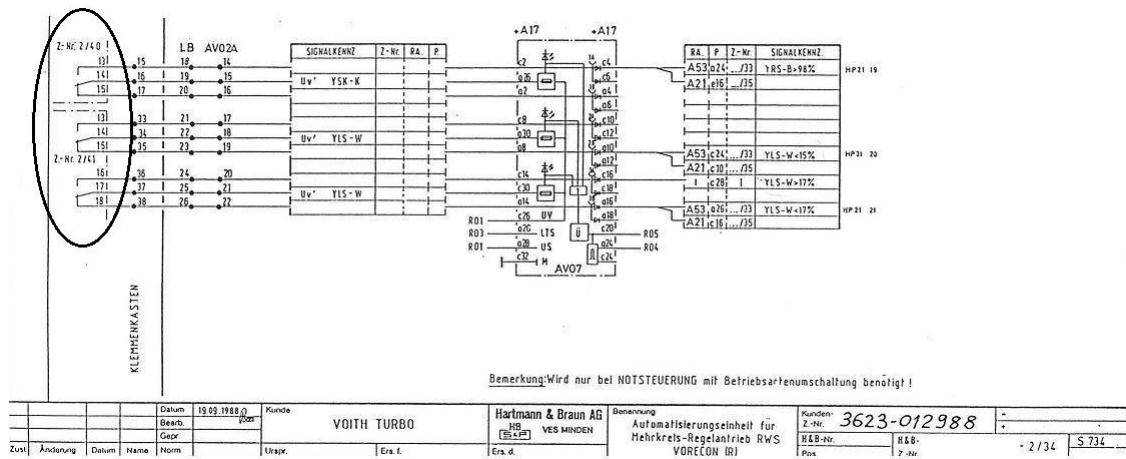
Kun planeetakannatin pyörii, ulkokehä tai aurinkopyörä on paikallaan, niin kysymyksessä on planeettapyörästövaihde. Jos kaikki osat, pyörivät, on kysymyksessä kerrostumisvaihteen toiminto. Kaikilla kolmella akselilla siirretään samanaikaisesti tehoa ylös- ja alaspäin. Planeettavaihteisto (kiintovaihde) on kombinaatio kiinto- ja planeettapyörästövaihteista. Se muodostuu yhdestä ulkokehästä, aurinkopyörästä ja niiden välissä olevista planeettapyöräistä. Nämä planeettapyörät on laakeroitu planeetakannattimeen. Kerrostumisvaihteella ”E”-vaihderakenteella siirtyy pääosa tehosta ulkokehän kautta aurinkopyörälle, jolloin kerrostuminen toteutetaan planeetakannattimen avulla. Kiintovaihde on vierintälaakeroitu, planeettapyörästövaihde puolestaan liukulaakeroitu. Kiintovaihde toimii turbiinipyörän kierrosluvun sovittamisessa tarvittavan planeetakannattimen kierroslukuun. Kerrostumavaihde yhdistää siihen johdetut tehon osat ja siirtää ne toisioakselille.

(2, s. 14.)

5 TYÖN SUORITUSOSA

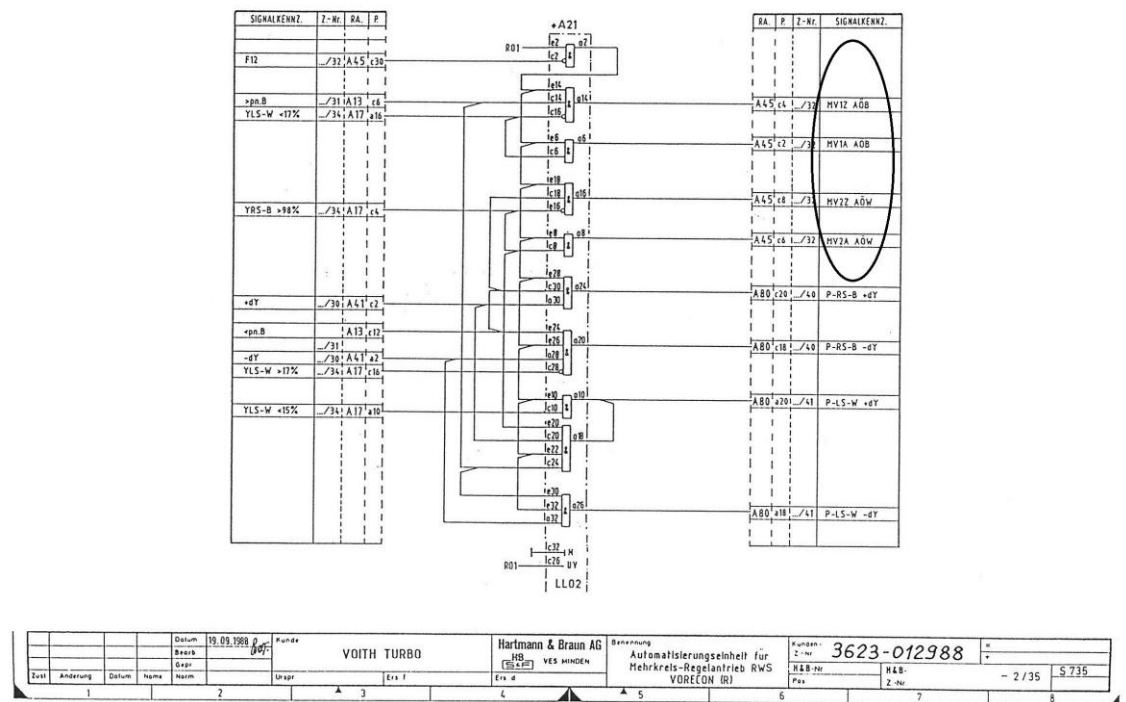
Työn tarkoituksena oli tutkia mitä ohjaus ja säätömittauksia tulee VOITH–VORECON-säätimeen. Työ aloitettiin noin yhden kuukauden perehtymisellä vesihöyryvoimalaitoksen toimintaan. Perehdyttäminen tapahtui valvomossa valvomonäkymiin tutustuen (kuva 21) sekä liikkuen ympäri vesihöyryvoimalaitosta voimalaitostyöntekijän mukana. Perehdyttämisen aikana tutustuttiin pääkattilan vedensyöttöön, polttoaineensyöttöön ja palamisilmansyöttöön sekä varakattilaan, vedenkäsittelylaitokseen ja polttoaineen varastointiin. Näin sain todella hyvän ja selkeän käsityksen vesihöyryvoimalaitoksen toiminnasta.

Perehtymisjakson jälkeen oli helpompi ymmärtää syöttövesipumppujen toimintaa. Pumput kuuluvat isoon kokonaiskuvaan voimalaitoksessa ja vaatii monen laitteen yhteistoiminnan. VOITH–VORECON-säätimen sisäistä toimintaa selvittämällä, saatiin selville millä periaatteella säädin vaihtaa kierroslukualueen alemmalta ylemmälle. Säädin toimii suurimmaksi osaksi öljyn virtausta muuttamalla. Säätöviestin ottaa vastaan jarrun ja muuntimen toimilaitteet, minkä mukaan säädin muuttaa öljynvirtausta eli kierroslukualuetta. Tätä viestin muodostumista ollan tarkasteltu luvuissa 3.1, 3.2 ja 3.3. Säätöviestin muodostamisen hoitaa uusi automaatio. Säätimen ohjauksesta huolehtii VMC-automaatio. Ohjaus/mittaussignaalien kartoittaminen onnistui liitäntäkaaviota tutkimalla (liite 7). Seuraavaksi kentältä merkattiin johtimien värit ja numerot ylös kytkentäkaapista. Tämän jälkeen automaatio huoneessa sijaitsevasta VMC-automaatiojärjestelmä kaapista (kuva 6) kirjattiin muistiin sen sisälle tulevat johtimet. Näitten tietojen perusteella pystyttiin näkemään mitä mittaussignaaleja ja laitteita sisältää vanha automaatio. Liitäntäkaaviosta (liite 7) näkee säätimen toimilaitteet jarrun ja muuntimen sekä niiden signaalikontaktit. Tämän jälkeen perehdyttiin signaalikontakteihin ja sen piirikaavioihin, koska ei ollut varmuutta olivatko signaalikontaktit käytössä. Piirikaaviosta näemme että signaalikontaktit ovat käytössä, mutta tämä varmistettiin myös laitteelta asti. Toimilaitteen kuoret aukaistiin ja johdotuksen numerointi kytkentäkaapille saakka tarkistettiin. Johdotus piti paikkansa. Näin ollen voitiin olla varmoja että signaalikontaktit on käytössä. Jarrulta oli käytössä signaalikontaktit 1 ja muuntimelta kontaktit 1 & 2 (liite 7). Kuvassa 18 on piirikaavio jarrun ja muuntimen signaalikontakteista.



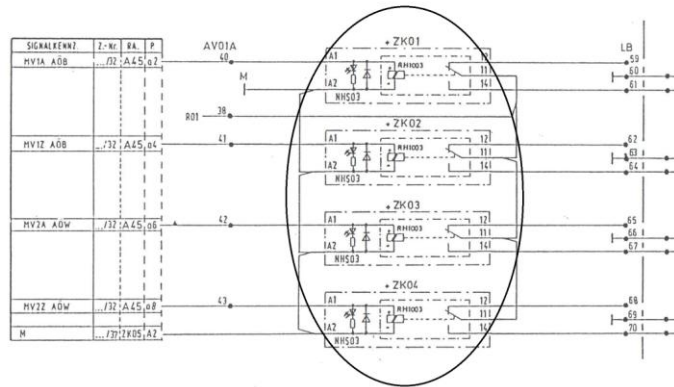
KUVA 18. Jarrun ja muunnin toimilaitteen signaalikontaktit.

Seuraamalla toimilaitteen signaalikontaktien kuvaa 18 päästään kuvaan 19, josta nähdään mitä kyseiset signaalikontaktit ohjaavat.



Kuva 19. Signaalikontaktien ohjaus.

Kuva 20 osoittaa ohjattavat releet, jotka kuuluvat tässä tapauksessa VOITH-VORECON-säätimen öljynkierron magneettiventtiileille.

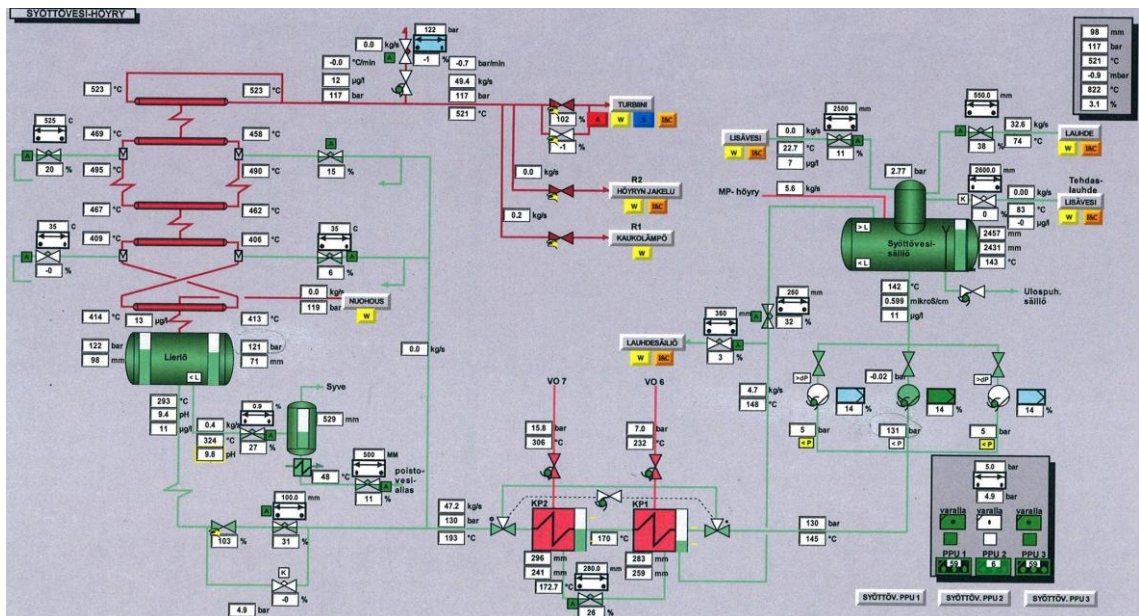


| | | | | | | | | | | |
|-------|---------------------|--------------------|---------------------|--|---------------------------|--------|--------|-----------|--------|--------|
| | Datum: 19.09.1986 | Kunde: VOITH TURBO | Hartmann & Braun AG | Benennung: Automatisierungseinheit für Mehrkess-Regelantrieb RWS VORECON (R) | Kunden-Z-Nr.: 3623-012988 | | | | | |
| | Bearb.: [Signature] | | IB: VEB MINNEN | | HLB-Nr.: [Blank] | | | | | |
| Zust: | Änderung | Datum | Name | Norm | Urspr. | Ers. 1 | Ers. d | HLB-Z-Nr. | - 2/36 | S. 736 |

Kuva 20. Magneettiventtiilien ohjaus.

Ohjaus ja mittaussignaalit saatiin kartoitettua ja laitettua ylös. Tämän jälkeen pystyttiin vertaamaan mittauksen tunnuksia uuden automaatiojärjestelmän tunnuksiin.

Liitteen 3 avulla muodostettiin I/O-signaalilista säätimen toimilaitteista (Liite 4). Tämän jälkeen pystyttiin vertaamaan vanhoja tunnuksia uuden automaation AKS-tunnuksiin. Signaalit joilla oli AKS-tunnus, kuului uuteen automaatioon ja toisinpäin. AKS-tunnuksettomat signaalit käännetään uuteen automaatioon (Liite 5).



KUVA 21. Syöttövesiprosessin valvomonäkymä.

5.1 Säätimen toiminta

VMC:itä (VOITH–MULTI–CONTROLLER) tulevalla tiedolla ohjataan ja säädetään syöttövesipumppujen 1 & 3 kierroslukua. Jotta VOITH–VORECON-säätölaite lähtee säätämään, tarvitaan seuraavat edellytykset päämoottorin käynnistämiseen:

Kierrokset tällä hetkellä 0 %:a.

* **Mekaaninen pääöljypumppu on päällä**

Imee öljyn öljysäiliöstä ja painaa sen lämmönvaihtimen ja öljyn lämpötilasta riippuen lämpötilan säätöventtiilin ohjaamana ohivirtausputkiston kautta työ-öljyn tai voiteluöljyn kiertoon.

* **Sähköisesti käytetty apuöljypumppu on päällä**

Kytetään päälle käynnistyksessä, päältä pois -kytkennässä tai häiriötapauksissa kuten myös käyttöalueiden vaihdossa.

* **Jarrun työ-öljy on auki**

Hyrodynaamisen jarrun venttiili aukeaa (Magn a- ja Magn b+), jota ohjataan magneettiventtiilillä. Jarruun virtaa työ-öljyä ja samalla hetkellä jarrun työ-öljyn poistoputken tieventtiili (sulkuventtiili) menee kiinni hydraalisesti ja avautuu jousivoimalla, kun virtaus loppuu.

* **Muuntimen työ-öljy on kiinni**

Momenninmuuntimen venttiili menee kiinni (Magn a+ ja Magn b-), jota ohjataan magneettiventtiilillä. Muuntimeen ei virtaa öljyä. Työ-öljyn poistoputken tieventtiili (sulkuventtiili) aukeaa.

Magneetti virtaa vievä: +

Magneetti ilman virtaa: -

* **Jarru on paineellinen**

Poistoputkessa ennen kuristinta sijaitseva painekeytkin valvoo että jarru on paineellinen.

Kun nämä ehdot kun täyttyvät, päämoottori kytkeytyy päälle.

Ajetaan kierrokset 0 %:sta ----> 46 %:iin käyttökierrosalueesta.

Päämoottori pyörittää ja kiihdyttää VOITH–VORECON-säätölaitteen n. 46 %:n kierroslukuun käyttökierrosalueesta. VORECON- säätölaitteen saavuttaessa n. 46 %:n kierrosluvun käyttöalueesta, säätösiivet ovat minimiasennossa eli roottorin pyörimisnopeus on minimi, kuten myös planeettavaihteen toisiokierrosnopeus (säätösiivillä säädetään roottorin pyörimisnopeutta). Tällöin pyörivän planeettavaihteen sisäpyörä voi pyöriä maksimi pyörimisnopeudella taaksepäin.

Päämoottorin saavutettua n. 46 % käyttökierrosalueesta tapahtuu seuraavaa:

- Apupumppu on pois päältä.

Pelkällä jarrulla ajetaan kierrokset 46 %:sta ----> 71 %:iin.

Hydrodynaaminen jarru on täynnä työ-öljyä. Työ-öljy kiertää jarrussa. Lähdetään nostamaan kierroksia ylöspäin eli säädetään säätösiipiä 100 %:n suuntaan. Tällöin kasvaa jarrun tukiteho ja planeettavaihteen ulkokehän taaksepäin pyörintäkierros nopeus pienenee ja säätölaitteen toisiokierrosluku nousee.

Vaihtoalue, jossa jarru ja muunnin on yhtä aikaa päällä 71 % ---->77,5 %.

- Apupumppu kytkeytyy päälle.
- Muuntimen työ-öljy on auki.
- Muunnin on paineellinen.
- Apupumppu on pois päältä.

Saavuttaessaan 71 % kierrosalueesta apupumppu kytkeytyy päälle, muuntimen työ-öljyn magneettiventtiili aukeaa. Muunnin täyttyy öljyllä ja muuntimen poistoputkessa sijaitseva painekytkin lähettää viestin, että muunnin on paineellinen. Kun muunnin on havaittu paineelliseksi, apupumppu kytkeytyy pois päältä. Tämän jälkeen jarrussa ja muuntimessa virtaa työ-öljy yhtä aikaa.

Kierroksia lähdetään nostamaan kohti kytkentäpistettä eli 77,5 %:iin kierroslukualueesta. Muuntimen johtosiivet pysyvät minimiasennossa. Kierroslukua nostetaan vielä pelkästään jarrun säätösiivillä, kunnes säätösiivet saavuttavat 100 % asennon ja 77,5 %:a kierroslukualueesta. Säätösiivet saavuttavat 100 %:n asennon ja kytkentäpisteen eli kierrokset on silloin 77,5 %:a kierroslukualueesta.

Pelkällä momenninmuuntimella 77,5 % ----> 100 %.

- Jarrun työ-öljy on kiinni.

Tästä lähtien kierrosnopeuden säätäminen ylöspäin tapahtuu pelkästään muuntimen johtosiivillä. Lähdetään nostamaan kierroksia kohti 100:a % eli maksimia. Johtosiipiä säädetään kohti 100:a % kääntämällä säätörengasta toimilaitteella nivelistön avulla. Tästä seuraa pyörivän planeettavaihteen ulkokehän kierrosluvun muutos ja siten toisiokierrosluvun muuttuminen. Pumppupyörää pyöritetään pääkäyttöaskelin kautta, joka kiihdyttää öljyn. Turbiinipyörässä öljyn suunta muuttuu ja öljy johdetaan taas johtosiipien kautta takaisin pumpun juoksupyörälle. Virtauksen suunnan muutoksen kautta turbiinipyörässä muodostuu vääntömomentti. Muuntimen turbiinipyörä ja pyörivän planeettavaihteen ulkokehä kiihtyy positiiviseen pyörimissuuntaan. Kierrosten saavuttaessa kytkentäpisteen eli 77,5 %:a kierroslukualueesta, jarrun työ-öljyn magneettiventtiili menee kiinni, jarru tyhjenee ja poistoputkessa oleva painekeytkin ilmoittaa jarrun paineettomaksi. Tästä eteenpäin säätö tapahtuu 100 %:iin asti vain momenninmuuntimen avulla.

Säätimen toiminta ajettaessa kierroksia alaspäin.

Pelkällä momenninmuuntimella alennetaan kierroksia 100 % ----> 75 %.

Muunnin on pelkästään öljyllä täytettynä ja paineellinen. Säätö tapahtuu ainoastaan muuntimen avulla. Kierrosluvun säätö tapahtuu ainoastaan muuntimen johtosiivillä.

Vaihtoalue, jossa jarru ja muunnin yhtä aikaa päällä 75 % ----> 68 %.

- Apupumppu on päällä.
- Jarrun työ-öljy on auki.
- Jarru on paineellinen.
- Apupumppu on pois päältä.

Kierrosten säätö tapahtuu 100 %:sta 75 %:iin ainoastaan momenninmuuntimella, mutta saavutettuaan 75 %:a kierroslukualueesta apupumppu kytkeytyy päälle. Tämän jälkeen jarrun työ-öljyn magneettiventtiili aukeaa, jarru täyttyy öljyllä ja poistoputkessa sijaitseva painekeytkin lähettää tiedon, että jarru on paineellinen. Apupumppu kytkeytyy pois päältä. Jarrun säätösiivet pidetään maksimi (100 %) asennossa. Kierrosluvun säätö tapahtuu muuntimella johtosiipien 0 %:n asentoon asti. Kierroslukualue 68 %:n kohdalla muuntimen johtosiivet ovat minimissä (0 %). Tämän pisteen saavutettua säädöstä huolehtii jarrun johtosiivet. Muunnin tyhjennetään.

Pelkällä hydrodynaamisella jarrulla 68 % ----> 46 %.

- Muuntimen työ-öljy on kiinni.
- Muunnin on paineeton.

Muuntimen johtosiipien liikkua 0 %:n asentoon säätimen kierroksen ovat 68 %:a kierroslukualueesta. Säädin saavutettuaan 68 %:a kierroslukualueesta muuntimen työ-öljyn magneettiventtiili menee kiinni, muunnin tyhjenee poistoputkea pitkin ja poistoputkessa sijaitseva painekeytkin lähettää viestin että muunnin on paineeton.

6 YHTEENVETO

Tämän insinööriyön tarkoituksena oli syöttövesipumppujen automatisoinnin modernisointi eli syöttövesipumppuja ohjaavan säätimen signaalien kääntäminen uuteen automaatioon. Työhön kuuluvia eri työvaiheita olivat vesihöyryvoimalaitoksen toimintaan perehtyminen, syöttövesiprosessiin toimintaan ja säätöihin perehtyminen, VOITH–VORECON-säätimen toimintaan perehtyminen, säätimelle tulevien mittaussignaalien johdotuksen ja mittaussignaalien toimintojen selvittäminen.

Vesihöyryvoimalaitoksen varasyöttövesipumppuja ohjaavalla ja säätävällä VOITH–VORECON-säätimellä on nopeat vasteajat kierrosten nostoon ja jarruttamiseen. Säädin on pitkäikäinen ja luotettava säännöllisesti huollettuna. Säädin on yli 23 vuotta vanha ja se on aukaistu siinä ajassa vain kerran. Vesihöyryvoimalaitoksen työntekijöillä on säätimen huolloista ja sen pumpuista paljon kokemusta. Vanhan teknologian korvaaminen uudella teknologialla, edellä mainittujen asioiden valossa ei ole kannattavaa tässä tilanteessa. Uusi teknologia mahdollisesti ajaisi saman asian kuin nykyinenkin, mutta uuden teknologian ja siihen koulutettavien henkilöiden hankkiminen tuo kuluja.

Vesihöyryvoimalaitoksella siirrytään pois vanhasta automaatiosta, jolla säädellään ja ohjataan varalla olevia syöttövesipumppuja. Jos vanha automaatio rikkoutuu ei voida olla varmoja pystyttäisiinkö sitä korjaamaan, näin ollen vanha automaatio on vaaraksi vesihöyryvoimalaitokselle. Uuden automaation myötä vaaratilanne häviää.

Tässä työssä selvitetty mittaus- ja ohjaussignaalit ja niiden toiminnat voidaan katsoa sopiviksi ja siirrettäviksi uuteen automaatioon. Itse ohjelmaa automaatioon ei tässä työssä tehdä.

Oma työskentelyni oli varsin intensiivistä, koska kävin voimalaitoksella yleensä viisi kertaa viikossa. Työstä useita viikkoja kului säätimen toiminnan selvittämiseen sekä tietojen kokoamiseen Kainuun voiman arkistoista. Itse mittaus- ja ohjaussignaalien selvittämiseen ei kulunut monta viikkoa. Näitten tietojen yhteen kokoaminen auttaa todella paljon jatkossa säätimen toiminnan ymmärtämisessä, koska tietoja ei enää

tarvitse hakea monesta paikasta vaan ne löytyvät tästä työstä. Tämä auttaa todella paljon myös henkilöitä, jotka tulevat työskentelemään jatkossa syöttövesipumppujen 1 & 3 parissa.

Työ oli todella opettavainen ja mielenkiintoinen. Työn opettavinta antia oli saada työskennellä ammattitaitoisten voimalaitostyöntekijöiden parissa, joilta sai kysellä kaikkea voimalaitokseen liittyvää ja asian vierestäkin.

LÄHDELUETTELO

1. Huhtinen, Markku – Korhonen, Risto – Pimiä, Tuomo – Urpalainen Sami 2011. Voimalaitostekniikka. Tampere: Juvenes Print.
2. VOITH–VORECON –säätölaitteen käyttöohje. Saksa: VOITH TURBO GMBH & Co. KG - D 7180 CRAILSHEIM.
3. Sirviö, R 1989. Koulutusmateriaali; Kainuun Voima Oy.
4. Hydrauliiikka 2011. Saatavissa: <http://fi.wikipedia.org/wiki/Hydrauliiikka> Hakupäivä 18.10.2011.
5. Idström, J 1989. Käyttö–ohje; Ahlstrom Boilers Pyroflow-kattila 100 kg/s Kainuun Voima Oy.
6. Käyttöohje; Sähkötoimilaitteet: nimellistä vääntömomenttia 20-40 Nm varten. Helsinki: Elektro-Dynamo Oy.
7. Yritys 2011. Saatavissa: <http://www.kainuunvoima.fi/yritys.html> Hakupäivä 18.11.2011
8. Luukkanen, Margo 2003. Insinööriyö; Lämpöpintojen puhdistus ja korroosio Kainuun Voima Oy:n kiertopetikattilassa. Kajaani.
9. Klapuri, Juhani 1990. Syöttövesiventtiilin paine-erosäädön ja lieriön pinnansäädön säätöselostus. Siemens Oy.

LIITTEET

Liite 1. Jarrun ja momenninmuuntimen toimintakäyrät

Liite 2. Toimintapiirros

Liite 3. Toiminta- ja mittauskohtakaavio

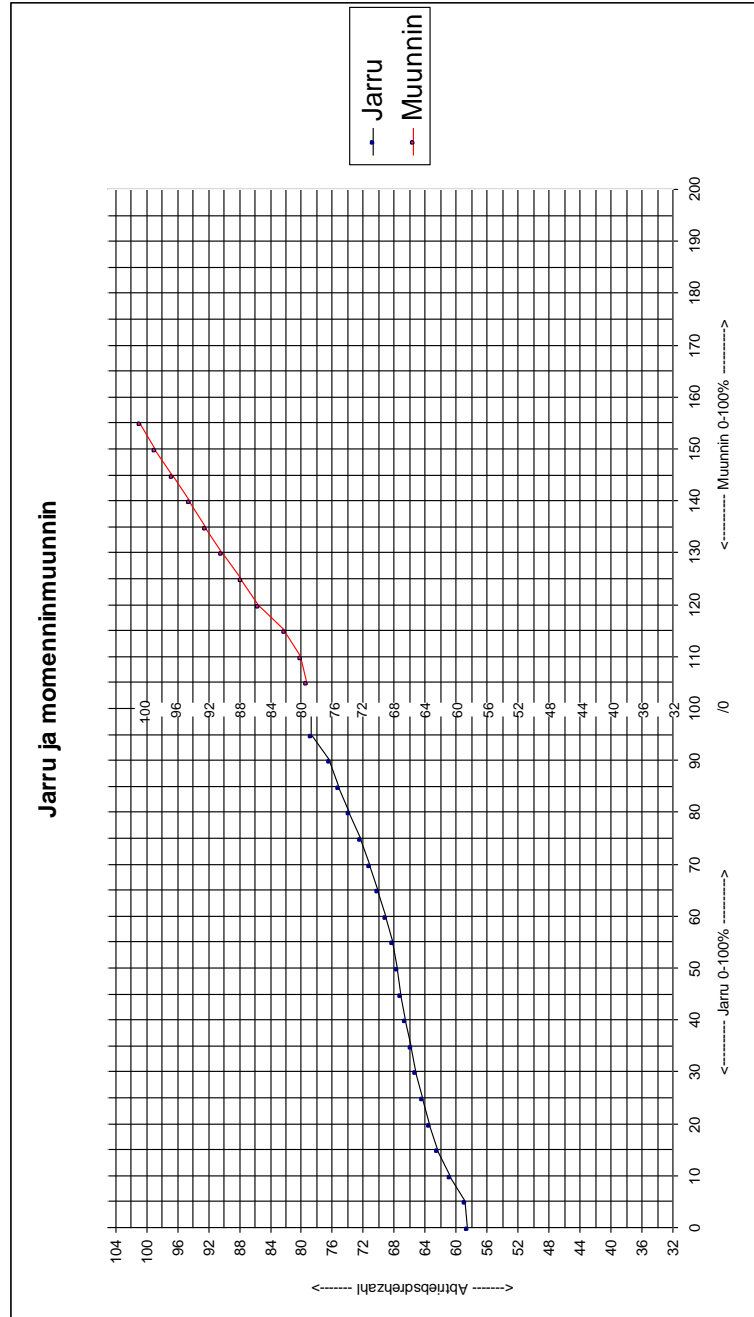
Liite 4. VOITH–VORECON-säätimen signaalilista

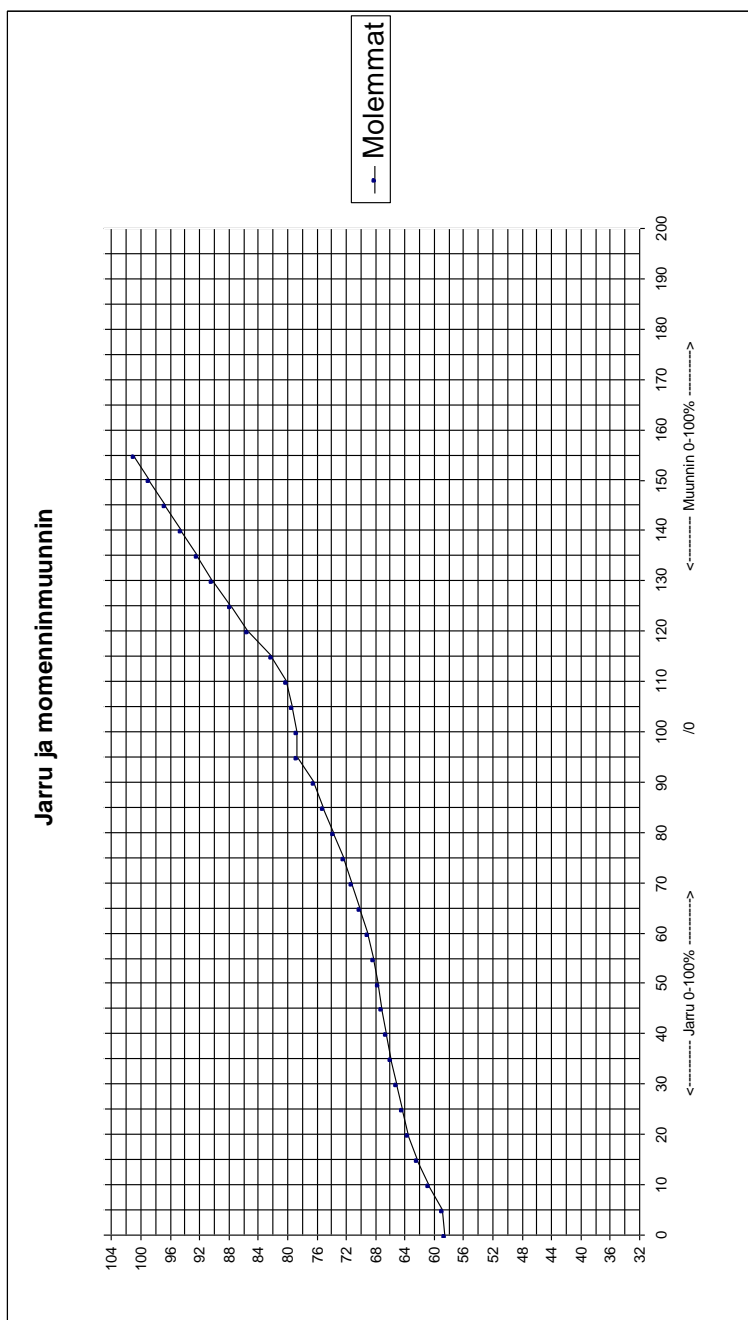
Liite 5. Käännettävien signaalien I/O-lista

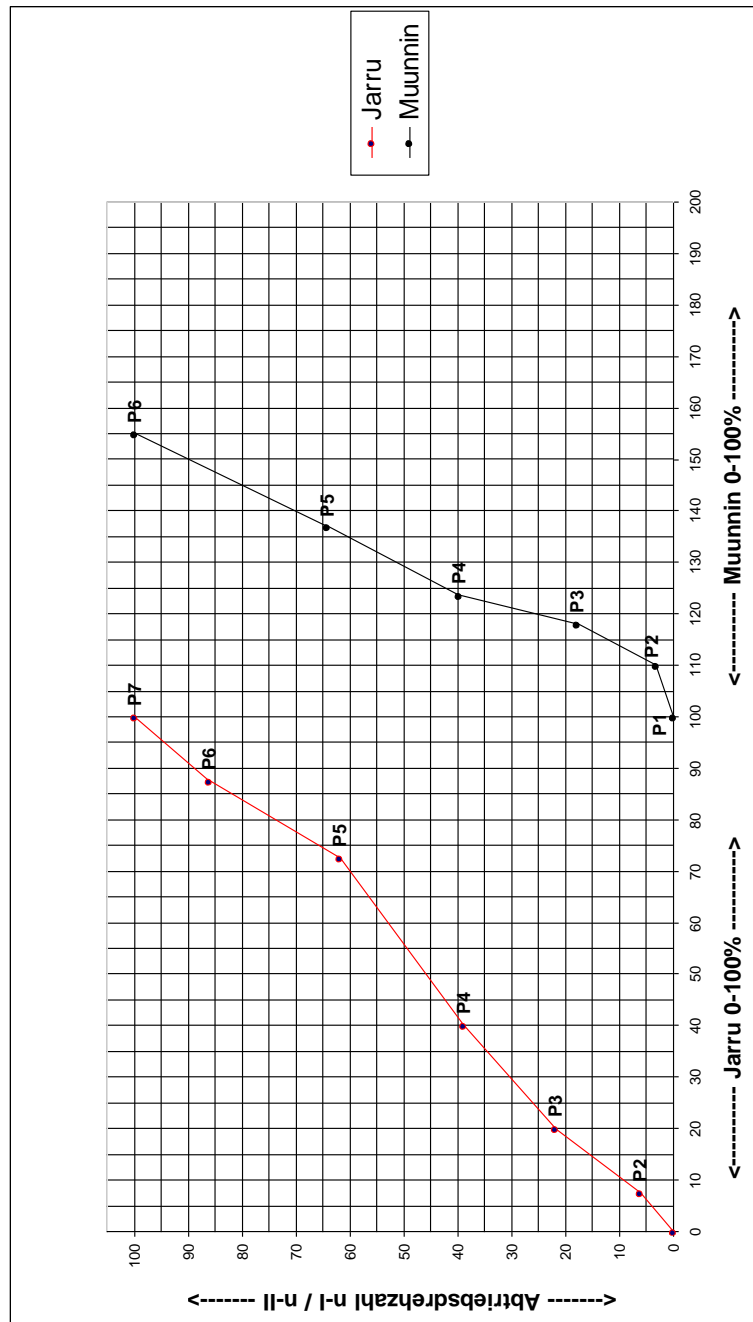
Liite 6. Logiikkakaavio

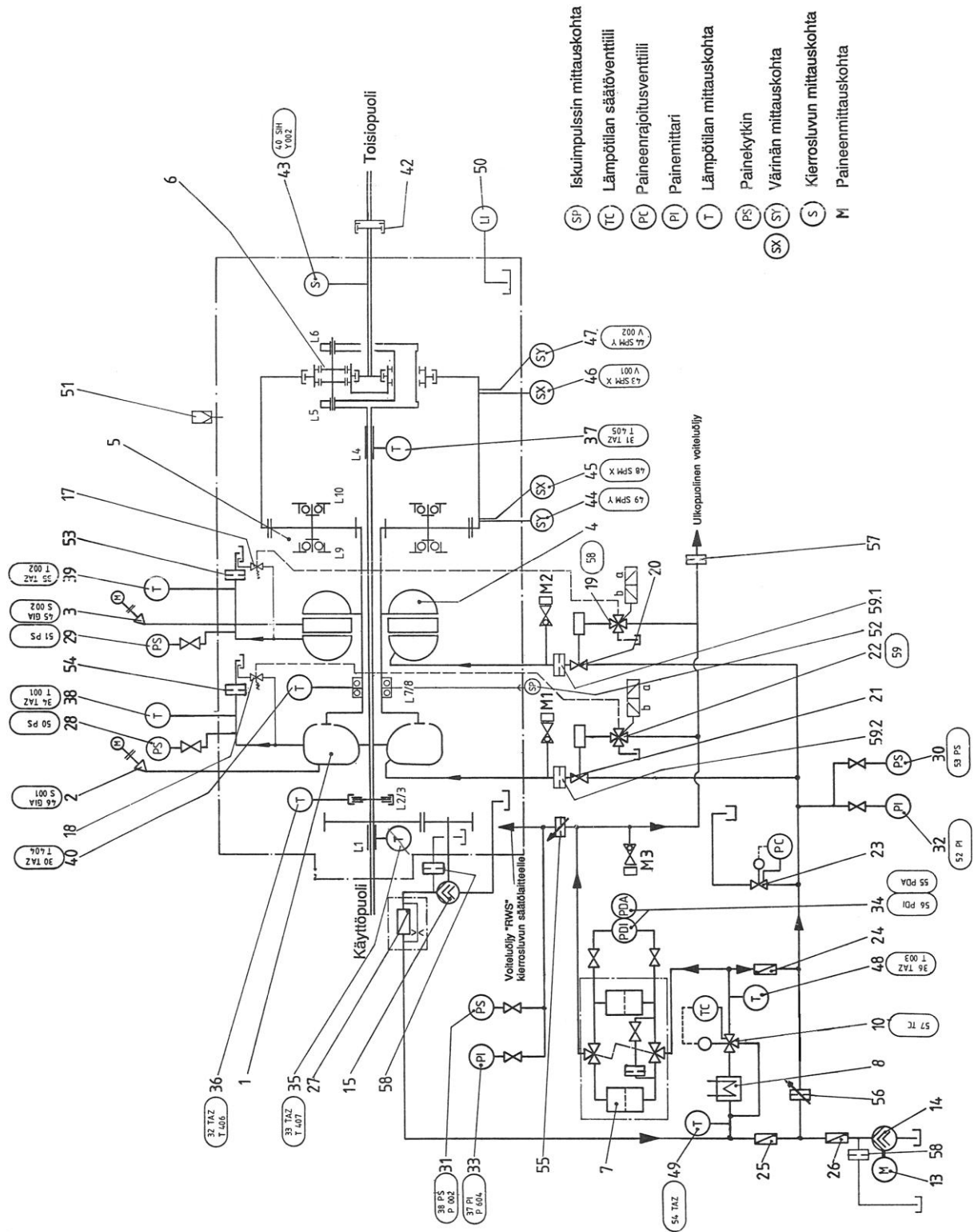
Liite 7. Liitântäkaavio

Liite 8. Voith Multi Control (VMC) analogiakorttitekniikka









| | Vanha tunnus | AKS tunnus | Toimilaitteen nimi | Toiminta/Kuvaus | Signaali tyyppi | Toiminta jännite | Mittaa | Lähetää | Toiminta alue |
|-----|----------------------|------------|--------------------------------|-----------------------------------|-----------------|--------------------------------------|---------------|---------------------|---|
| 1. | Pn. 1 | | Momenninmuunnin | | | | | | |
| 2. | Pn. 2 (46 GIA S 001) | | Momenninmuunnin toimilaitte | Muunnin puolen kierrosluvun säätö | AO | Lähtin: 24 V d.c. Moottori: 220 V | | Lähtin: 4 ... 20 mA | |
| 3. | Pn. 3 (45 GIA S 002) | | Jarrun toimilaitte | Jarrun kierrosluvun säätö | AO | Lähtin: 24 V d.c. Moottori: 220 V | | Lähtin: 4 ... 20 mA | |
| 4. | Pn. 4 | | Hydrodynaaminen jarru | | | | | | |
| 5. | Pn. 5 | | Kiintovaihte | Kerrostumahaara | | | | | |
| 6. | Pn. 6 | | Planeettavaihte | Kerrostumavaihte | | | | | |
| 7. | Pn. 7 | | Kaksoissuodatin vaihtokennällä | Voiteluöljy | | | | | |
| 8. | Pn. 8 | | Lämmönvaihdin | | | | | | |
| 9. | Pn. 9 | | | | | | | | |
| 10. | Pn. 10 (57 TC) | | Lämpötilan säätöventtiili | Öljy lämmönvaihtimen jälkeen | AI | PT 100 | Lämpötilaa °C | | 40 - 50 astetta C |
| 11. | Pn. 11 | | | | | | | | |
| 12. | Pn. 12 | | | | | | | | |
| 13. | Pn. 13 | | S-moottori / ölkosukumoottori | Apuöljypumppu | BO | 380/660 V, 50 Hz 7,5 kW | | 1 tai 0 | 3000 l/min |
| 14. | Pn. 14 | RD11D002 | Apuöljypumppu | Sähköisesti käyty ruuvipumppu | BI | | | 1 tai 0 | |
| 15. | Pn. 15 | | Pääöljypumppu | mekaanisesti käyty ruuvipumppu | BO | | | 1 tai 0 | |
| 16. | Pn. 16 | | | | | | | | |
| 17. | Pn. 17 | | Sulkuventtiili | Työ-öljy jarrun jälkeen | | | | | |
| 18. | Pn. 18 | | Sulkuventtiili | Työ-öljy muuntimen jälkeen | | | | | |
| 19. | Pn. 19 (58) | | 4/2-tie-magneettiventtiili | Jarru | BO | 24 V d.c. | | 1 tai 0 | Ohjataan hydrauli. magneettiventtiileillä. 1 tai 0 |
| 20. | Pn. 20 | | Patruuna-2/2-tieventtiili | Jarru | | | | | |
| 21. | Pn. 21 | | Patruuna-2/2-tieventtiili | Muunnin | | | | | |
| 22. | Pn. 22 (59) | | 4/2-tie-magneettiventtiili | Muunnin | BO | 24 V d.c. | | 1 tai 0 | 1 tai 0 |

| | Vanha tunnus | AKS tunnus | Toimilaitteen nimi | Toiminta/Kuvaus | Signaali tyyppi | Toiminta jännite | Mittaa | Lähtetää | Toiminta alue |
|-----|-----------------------|------------|------------------------------------|--|-----------------|--|-----------------|------------------|--------------------------|
| 23. | Pn. 23 | | Paineenrajoitus-venttiili | Työ-öljy | | | | | |
| 24. | Pn. 24 | | Takaiskuventtiili | Työ-öljy | | | | | |
| 25. | Pn. 25 | | Takaiskuventtiili | Apuöljypumppu lämmönvaihtimeen | | | | | |
| 26. | Pn. 26 | | Takaiskuventtiili | Apuöljypumppu | | | | | |
| 27. | Pn. 27 | | Takaiskuventtiili | Pääöljypumppu | | | | | |
| 28. | Pn. 28 (50 PS) | | Painekytkin | Työ-öljy muuntimen jälkeen 0,3 - 6 bar | BO | 24 V d.c. | bar | 1 tai 0 | 1 - 25 bar |
| 29. | Pn. 29 (51 PS) | | Painekytkin | Työ-öljy jarrun jälkeen 0,3 - 6 bar | BO | 24 V d.c. | bar | 1 tai 0 | 1 - 25 bar |
| 30. | Pn. 30 (53 PS) | RD11P006 | Painekytkin | Työ-öljy 0,3 - 6 bar | BO | 24 V d.c. | bar | 1 tai 0 | 1 - 25 bar |
| 31. | Pn. 31 (38 PS P 002) | RD11P002 | Painekytkin | Voiteluöljy 0,3 - 6 bar | BO | 24 V d.c. | bar | 1 tai 0 | 1 - 25 bar |
| 32. | Pn. 32 (52 PI) | | Painemittari | Työ-öljy | | | bar | | 0 - 6 bar |
| 33. | Pn. 33 (37 PI P 604) | RD11P004 | Painemittari | Voiteluöljy | | | bar | | 0 - 6 bar |
| 34. | Pn. 34 (55 PDA) | RD11P007 | Eropainekytkin, jossa näyttö | Voiteluöljysuodatin | BO | Δp_1 max. 250 V Δp_2 max. 220 V | bar | | $\Delta p = 0 - 0,8$ bar |
| 35. | Pn. 35 (33 TAZ T 407) | RD11T407 | Vastuslämpömittari 2xPt 100 | Laakeri 1 | AI | U = 6 V I = 10 mA | Lämpötilaa °C | Ω Ohmia R | R = 100 Ω = 0 °C |
| 36. | Pn. 36 (32 TAZ T 406) | RD11T406 | Vastuslämpömittari 2xPt 100 | Laakeri 2/3 | AI | U = 6 V I = 10 mA | Lämpötilaa °C | Ω Ohmia R | R = 100 Ω = 0 °C |
| 37. | Pn. 37 (31 TAZ T 405) | RD11T405 | Vastuslämpömittari 2xPt 100 | Laakeri 4 | AI | U = 6 V I = 10 mA | Lämpötilaa °C | Ω Ohmia R | R = 100 Ω = 0 °C |
| 38. | Pn. 38 (34 TAZ T 001) | RD11T002 | Vastuslämpömittari 2xPt 100 | Työ-öljy muuntimen jälkeen | AI | U = 6 V I = 10 mA | Lämpötilaa °C | Ω Ohmia R | R = 100 Ω = 0 °C |
| 39. | Pn. 39 (35 TAZ T 002) | RD11T001 | Vastuslämpömittari 2xPt 100 | Työ-öljy jarrun jälkeen | AI | U = 6 V I = 10 mA | Lämpötilaa °C | Ω Ohmia R | R = 100 Ω = 0 °C |
| 40. | Pn. 40 (30 TAZ T 404) | RD11T404 | Vastuslämpömittari 2xPt 100 | Laakeri 7/8 | AI | U = 6 V I = 10 mA | Lämpötilaa °C | Ω Ohmia R | R = 100 Ω = 0 °C |
| 41. | Pn. 42 | | Litoskytkin | Toisipuoli | | | | | |
| 42. | Pn. 43 (40 SJH Y 002) | | Kierroslukuanturi ja mittamuuntaja | Toisipuoli | BI | Pulssi | Puls per second | Voltage | 3,5 - 10 000 pps |
| 43. | Pn. 44 (49 SPM Y) | | Akselin tärinäanturi (Y) | Litosholkki, Kiinto- vaihteeseen alue | AI | 24 V | Hz | mV | 0 ... 10 000 Hz |
| 44. | Pn. 45 (48 SPM X) | | Akselin tärinäanturi (X) | Litosholkki, Kiinto- vaihteeseen alue | AI | 24 V | Hz | mV | 0 ... 10 000 Hz |

| Vanha tunnus | AKS tunnus | Toimilaitteen nimi | Toiminta/Kuvaus | Signaali tyyppi | Toiminta jännite | Mittaa | Lähetettä | Toiminta alue |
|-------------------------------|------------|--------------------------------|---|-----------------|----------------------|---------------|-----------|------------------|
| 45. Pn. 46 (43 SPM X V001) | | Akselin tärinäanturi (X) | Liitosholkki, Plane- ettavaihteen alue | AI | 24 V | Hz | mV | 0 ... 10 000 Hz |
| 46. Pn. 47 (44 SPM Y V002) | | Akselin tärinäanturi (Y) | Liitosholkki, Plane- ettavaihteen alue | AI | 24 V | Hz | mV | 0 ... 10 000 Hz |
| 47. Pn. 48 (36 TAZ T 003) | RD11T003 | Vastuslämpömittari 2xPt 100 | Öljy lämmönvaihtimesta | AI | U = 6 V I = 10 mA | Lämpötilaa °C | Ω Ohmia R | R = 100 Ω = 0 °C |
| 48. Pn. 49 (54 TAZ) | RD11T004 | Vastuslämpömittari 2xPt 100 | Öljy lämmönvaihtimeen | AI | U = 6 V I = 10 mA | Lämpötilaa °C | Ω Ohmia R | R = 100 Ω = 0 °C |
| 49. Pn. 50 | | Pinnan korkeuden näyttö | Öljysäiliö | | | | | |
| 50. Pn. 51 | | Ilmausuoodin | Runko | | | | | |
| 51. Pn. 52 | | Iskujen impulssi-anturi | Laakeri 7/8 | AI | | dB | V | Max. 100 dB SV |
| 52. Pn. 53 | | Kuristin | Työ-öjly jarrun jälkeen | | | | | |
| 53. Pn. 54 | | Kuristin | Työ-öjly muuntimen jälkeen | | | | | |
| 54. Pn. 55 | | Kuristin, säädettävä | Voiteluöljy | | | | | |
| 55. Pn. 56 | | Kuristin, säädettävä | Työ-öjly, Apuöljy | | | | | |
| 56. Pn. 57 | | Kuristin | Ulkopuolinen voiteluöljy | | | | | |
| 57. Pn. 58 | | Kuristin | Öljypumput | | | | | |
| 58. Pn. 59.1 | | Kuristin | Työ-öjly jarrulle | | | | | |
| 59. Pn. 59.2 | | Kuristin | Työ-öjly muuntimeen | | | | | |

| Vanha tunnus | AKS tunnus | Toimilaitteen nimi | Toiminta/Kuvaus | Signaali tyyppi | Toiminta jännite | Mittaa | Lähetää | Toiminta alue |
|----------------------|------------|-------------------------------|--|-----------------|--------------------------------------|---------------|---------------------|-------------------|
| Pn. 2 (46 GIA S 001) | | Momenninmuuntimen toimilaitte | Muunnin puolen kierrosluvun säätö | AO | Läheim: 24 V d.c. Moottori: 220 V | | Läheim: 4 ... 20 mA | |
| Pn. 3 (45 GIA S 002) | | Jarrun toimilaitte | Jarrun kierrosluvun säätö | AO | Läheim: 24 V d.c. Moottori: 220 V | | Läheim: 4 ... 20 mA | |
| Pn. 10 (57 TC) | | Lämpötilan säätö-venttiili | Öljy lämmönvaihtimen jälkeen | AI | PT100 | Lämpötilaa °C | | 40 - 50 astetta C |
| Pn. 13 | | S-moottori / olkosukumoottori | Apuöljypumppu | BO | 380/660 V, 50 Hz 7,5 kW | | 1 tai 0 | 3000 l/min |
| Pn. 14 | RD11D002 | Apuöljypumppu | Sähköisesti käyty ruuvipumppu | BO | S-moottori pyörittää | | 1 tai 0 | |
| Pn. 15 | | Pääöljypumppu | käytetty ruuvipumppu | BO | | | 1 tai 0 | |
| Pn. 19 (58) | | 4/2-lie-magneetti-venttiili | Jarru | BO | 24 V d.c. | | 1 tai 0 | |
| Pn. 22 (59) | | 4/2-lie-magneetti-venttiili | Muunnin | BO | 24 V d.c. | | 1 tai 0 | |
| Pn. 28 (50 PS) | | Painekytkin | Työ-öljy muuntimen jälkeen 0,3 - 6 bar | BO | 24 V d.c. | bar | 1 tai 0 | 1 - 25 bar |
| Pn. 29 (51 PS) | | Painekytkin | Työ-öljy jarrun jälkeen 0,3 - 6 bar | BO | 24 V d.c. | bar | 1 tai 0 | 1 - 25 bar |
| Pn. 30 (53 PS) | RD11P006 | Painekytkin | Työ-öljy 0,3 - 6 bar | BO | 24 V d.c. | bar | 1 tai 0 | 1 - 25 bar |
| Pn. 31 (38 PS P 002) | RD11P004 | Painekytkin | Voiteluöljy 0,3 - 6 bar | BO | 24 V d.c. | bar | 1 tai 0 | 1 - 25 bar |
| Pn. 32 (52 PI) | | Painemittari | Työ-öljy | | | bar | | 0 - 6 bar |
| Pn. 33 (37 PIP 604) | | Painemittari | Voiteluöljy | | | bar | | 0 - 6 bar |

| Vanha tunnus | AKS tunnus | Toimilaitteen nimi | Toiminta/Kuvaus | Signaali tyyppi | Toiminta jännite | Mittaa | Lähetää | Toiminta alue |
|------------------------------|------------------------------|------------------------------------|--|-----------------|--|-----------------|------------------|--------------------------|
| 15. Pn. 34 (56 PDA) (56 PDI) | RD11P007 EI VARMUUTTA !!! | Eropainekytin, jossa näyttö | Voiteluöljysuodatin | BO | $\Delta p1$ max. 250 V $\Delta p2$ max. 220 V | bar | | $\Delta p = 0 - 0,8$ bar |
| 16. Pn. 35 (33 TAZ T 407) | RD11T407 | Vastuslämpömittari 2xPt 100 | Laakeri 1 | AI | U = 6 V I = 10 mA | Lämpötilaa °C | Ω Ohmia R | R = 100 $\Omega = 0$ °C |
| 17. Pn. 36 (32 TAZ T 406) | RD11T406 | Vastuslämpömittari 2xPt 100 | Laakeri 2/3 | AI | U = 6 V I = 10 mA | Lämpötilaa °C | Ω Ohmia R | R = 100 $\Omega = 0$ °C |
| 18. Pn. 37 (31 TAZ T 405) | RD11T405 | Vastuslämpömittari 2xPt 100 | Laakeri 4 | AI | U = 6 V I = 10 mA | Lämpötilaa °C | Ω Ohmia R | R = 100 $\Omega = 0$ °C |
| 19. Pn. 38 (34 TAZ T 001) | RD11T002 | Vastuslämpömittari 2xPt 100 | Työ-öljy muuntimen jälkeeseen | AI | U = 6 V I = 10 mA | Lämpötilaa °C | Ω Ohmia R | R = 100 $\Omega = 0$ °C |
| 20. Pn. 39 (35 TAZ T 002) | RD11T001 | Vastuslämpömittari 2xPt 100 | Työ-öljy jarrun jälkeeseen | AI | U = 6 V I = 10 mA | Lämpötilaa °C | Ω Ohmia R | R = 100 $\Omega = 0$ °C |
| 21. Pn. 40 (30 TAZ T 404) | RD11T404 | Vastuslämpömittari 2xPt 100 | Laakeri 7/8 | AI | U = 6 V I = 10 mA | Lämpötilaa °C | Ω Ohmia R | R = 100 $\Omega = 0$ °C |
| 22. Pn. 43 (40 SIH Y 002) | | Kierroslukuanturi ja mittamuuntaja | Toisiopuoli | BI | Pulssi | Puls per second | Voltage | 3,5 - 10 000 pps |
| 23. Pn. 44 (49 SPM Y) | | Akselin tärnäanturi (Y) | Liitosholkki, Kiinto- vaihteen alue | AI | 24 V | Hz | mV | 0 ... 10 000 Hz |
| 24. Pn. 45 (48 SPM X) | | Akselin tärnäanturi (X) | Liitosholkki, Kiinto- vaihteen alue | AI | 24 V | Hz | mV | 0 ... 10 000 Hz |
| 25. Pn. 46 (43 SPM X V001) | | Akselin tärnäanturi (X) | Liitosholkki, Plane- ettavaihteen alue | AI | 24 V | Hz | mV | 0 ... 10 000 Hz |
| 26. Pn. 47 (44 SPM Y V002) | | Akselin tärnäanturi (Y) | Liitosholkki, Plane- ettavaihteen alue | AI | 24 V | Hz | mV | 0 ... 10 000 Hz |
| 27. Pn. 48 (36 TAZ T 003) | RD11T003 | Vastuslämpömittari 2xPt 100 | Öljy lämmönvaihtimesta | AI | U = 6 V I = 10 mA | Lämpötilaa °C | Ω Ohmia R | R = 100 $\Omega = 0$ °C |
| 28. Pn. 49 (54 TAZ) | RD11T004 | Vastuslämpömittari 2xPt 100 | Öljy lämmönvaihtimeen | AI | U = 6 V I = 10 mA | Lämpötilaa °C | Ω Ohmia R | R = 100 $\Omega = 0$ °C |
| 29. Pn. 52 | | Iskujen impulssianturi | Laakeri 7/8 | AI | | dB | V | Max. 100 dB SV |

