

Opinnäytetyö (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikka

Koneautomaatio

2016

Hanna Sjögren

KONEISTO- JA LAIVAJÄRJESTELMIEN JÄRJESTELMÄKUVAUKSET

– Merivesijäähdytysjärjestelmän instrumentointi ja
järjestelmäkuvaus

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma | Koneautomaatio

2016 | 35

Ohjaajat

Teppo Mattsson, Turun AMK

Ari Suomi, Deltamarin Ltd

Hanna Sjögren

KONEISTO- JA LAIVAJÄRJESTELMIEN JÄRJESTELMÄKUVAUKSET

- Merivesijähdytysjärjestelmän instrumentointi ja järjestelmäkuvaus

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää järjestelmäkuvausten laadintaa Deltamarinissa niin, että kone- ja sähköosastojen välinen yhteistyö tiivistyisi. Työhön liittyi olennaisesti laivan automaatiojärjestelmä sekä järjestelmien instrumentointi eli mittaus-, ohjaus- ja säätöpisteiden esittäminen putkisto- ja instrumentointikaaviossa. Niiden ymmärtäminen auttaa järjestelmäkuvausten laatimisessa.

Järjestelmäkuvaus laaditaan putkisto- ja instrumentointikaavion pohjalta. Siinä esitetään muun muassa järjestelmän toimintaperiaate, rakenne ja tehtävät. Lähes kaikki laivan tärkeimmät toiminnot toteutetaan nykyään automaatiojärjestelmän avulla. Automaatio puolestaan perustuu aina mittaustuloksista saatuihin tietoihin ja niiden perusteella tehtäviin säätöihin ja ohjauksiin. Laivoihin asennetaan yhä enemmän mittauspisteitä automaation lisääntyessä ja kehittyessä koko ajan. Tässä opinnäytetyössä esitetään laivan automaatiojärjestelmän perusteet ja ohjeita instrumentoinnin laatimiselle.

Esimerkitapauksena tutkittiin laivan merivesijähdytysjärjestelmää sekä siihen liittyvää instrumentointia ja järjestelmäkuvausta. Putkisto- ja automaatiojärjestelmien välistä rajapintaa tutkittiin instrumentoinnin ja järjestelmäkuvausten työnjaon pohjalta. Koneosastolla huolehditaan järjestelmien koneisto- ja putkistosuunnittelusta ja sähköosastolla on tähän asti suunniteltu järjestelmien instrumentoinnit ja järjestelmäkuvaukset. Järjestelmäkuvausten laatiminen voitaisiin suorittaa myös kone- ja sähköosaston välisenä yhteistyönä. Tällöin olisi hyödyllistä, että koneosastolla ainakin ymmärrettäisiin automaatiojärjestelmän ja instrumentoinnin perusperiaatteet.

ASIASANAT:

Automaatiojärjestelmä, instrumentointi, järjestelmäkuvaus, laiva-automaatio, laivajärjestelmät, merivesijähdytysjärjestelmä, PI-kaavio.

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mechanical and Production Engineering | Machinery Automation

2016 | 35

Instructors

Teppo Mattsson, Turku University of Applied Sciences

Ari Suomi, Deltamarin Ltd

Hanna Sjögren

THE SYSTEM DESCRIPTIONS OF THE MACHINERY- AND SHIP SYSTEMS

- The instrumentation and system description of sea -water cooling system

The purpose of this thesis was to develop the preparation of the system descriptions in Deltamarin in a manner that provides closer cooperation between the machinery- and electrical departments. The work was substantially associated with the ship's automation system as well as the instrumentation systems. Instrumentation provides the set points of measurement and control in the piping and instrumentation diagram. The comprehension of those helps the preparation of system descriptions.

The system description is drawn up on the basis of the piping and instrumentation diagram. It includes, for example, the functioning principles, structure and tasks of the system. Almost all of the most important functions of a ship are carried out with an automation system. The automation is always based on the measurement results and controls made with the help of measurement results. More and more measurement points are being installed in the ships as a consequence of the development of the automation. This thesis presents the principles of a ship's automation system and guidelines for the preparation of the instrumentation.

As an example, the sea -water cooling system and the related instrumentation and system description of a ship were examined. Also, the interface between the piping and automation systems as well as the distribution of work via instrumentation and the making of the system descriptions were examined. The machinery department is in charge of preparing the machinery and piping system design and the electrical department has until today been in charge of making instrumentations and system descriptions. The drafting of the system descriptions could be made in cooperation with the machinery- and electrical departments. It would be useful for the machinery department to have an understanding of the basic principles of the automation system and instrumentation.

KEYWORDS:

Automation system, instrumentation, P&ID, sea-water cooling system, ship automation, ship systems, system description.

SISÄLTÖ

LYHENTEET	6
1 JOHDANTO	7
1.1 Tavoitteet	7
1.2 Deltamarin Ltd	8
2 KONEISTO- JA LAIVAJÄRJESTELMÄT	9
3 AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄ	12
3.1 Automaatiojärjestelmän tarkoitus	12
3.2 Aluksen operointi	13
3.3 Automaatiojärjestelmän turvallisuus- ja ympäristövaatimukset	14
3.4 Automaatiojärjestelmän rakenne	15
3.5 Säättöpiirin ohjaus	18
4 PI-KAAVIO	20
5 INSTRUMENTOINTI	21
5.1 Piirrosmerkit	21
5.2 Tunnuskirjaimet- ja numerot	23
6 I/O-LISTA	27
7 JÄRJESTELMÄKUVAUKSET	28
8 MERIVESIJÄÄHDYTYSJÄRJESTELMÄ	29
8.1 Järjestelmän rakenne	29
8.2 Meriveden käyttökohteet ja makean veden tuottaminen	30
8.3 Automaatiojärjestelmä	31
9 YHTEENVETO JA PÄÄTELMÄT	32
LÄHTEET	34

LIITTEET

Liite 1. Yleisimpiä kaaviopiirrosmerkkejä (Deltamarin Ltd 2016; Pääkkönen & Haapalainen 2008, 308-312)

Liite 2. Esimerkki PI-kaaviosta (Deltamarin Ltd 2016).

Liite 3. Merivesijäähdytysjärjestelmän järjestelmäkuvaus (Deltamarin Ltd 2016).

KUVAT

Kuva 1. Perussuunnittelun rakenne ja esimerkkejä järjestelmistä.	10
Kuva 2. Integroitu konevalvomo (Wärtsilä 2016).	14
Kuva 3. Laivan automaatiojärjestelmän tasot (ABB Group 2016).	16
Kuva 4. Ohjelmoitavan logiikka-järjestelmän rakenne (Kippo & Tikka 2008, 56).	17
Kuva 5. Automaatiojärjestelmän rakenne (Wärtsilä 2016).	18
Kuva 6. Takaisinkytketyn säädön periaate.	19
Kuva 7. PID-säätimen toimintaperiaate.	19
Kuva 8. Instrumentoinnin piirrosmerkit.	21
Kuva 9. Instrumentin tyyppin esittäminen.	22
Kuva 10. Viestityypit PI-kaaviossa.	23
Kuva 11. Instrumentoinnin asetusarvot.	25
Kuva 12. Esimerkki instrumentoinnin tunnuskirjainten ja -numeroiden käytöstä.	26

TAULUKOT

Taulukko 1. Instrumentoinnin kirjaintunnusten merkitys (SFS-ISO 14617-6).	24
---	----

LYHENTEET

CAMS, IAS, ICSS, MAS	Aluksen automaatiojärjestelmä (Control, Alarm and Monitoring System; Integrated Automation System; Integrated Control and Safety System; Machinery Automation/alarm System)
CPU	Proessori (Central Processing Unit)
ECR	Konevalvomo (Engine Control Room)
HT/LT	Korkean/Matalan lämpötilan jäähdytysvesi (High/Low temperature)
I/O	Tulot ja lähdöt (Input/Output)
MCC	Moottorihjauskeskus (Motor Control Center)
PI-kaavio	Putkisto- ja instrumentointikaavio
PLC	Ohjelmitava logiikka (Programmable Logic Controller)
SRtP	Aluksen turvallinen satamaanpaluu (Safe Return to Port)

1 JOHDANTO

1.1 Tavoitteet

Meriteknisen suunnittelun osa-alueet jakautuvat Deltamarinissa eri osastojen kesken niin, että jokaisella osastolla on oma vastuualueensa aluksen suunnittelussa. Laiva-suunnittelussa eri osastojen välinen yhteistyö on erityisen tärkeää, sillä kaikki järjestelmät liittyvät lopulta yhdeksi kokonaisuudeksi. Työn sujuvuuden kannalta olisi tärkeää ymmärtää, miten eri järjestelmien osat liittyvät ja vaikuttavat toisiinsa. Kaikkien järjestelmien peruseriaatteiden ja eri osastojen toimintatapojen ymmärtäminen auttaa suunnittelussa.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on kehittää järjestelmäkuvauksien laadintaa Deltamarinissa niin, että kone- ja sähköosastojen välinen yhteistyö tiivistyisi. Esimerkkita-pauksena tutkitaan taajuusmuuttajaohjattua merivesijäähdytysjärjestelmää ja luodaan siihen liittyvä järjestelmäkuvaus.

Aluksen tekninen erittely on osa laivanrakennussopimusta. Siinä kuvataan alukseen tuleva tekniikka sekä ne säännöt ja määräykset, jotka aluksen tulee täyttää. Laivanra-kennussopimuksen astuttua voimaan aloitetaan järjestelmien suunnittelu haluttujen toimintojen ja järjestelmien vaatimusten pohjalta. Perussuunnitteluvaiheessa laaditaan aina PI-kaavio eli putkisto- ja instrumentointikaavio, jossa esitetään koneistojärjestel-män rakenne ja automaatiojärjestelmässä näkyvät mittaukset sekä sieltä tehtävät ohja-ukset. PI-kaavion pohjalta luodaan järjestelmäkuvaus, joka antaa aluksen tilaajalle, telakalle, luokituslaitokselle ja automaatiojärjestelmän toimittajalle perusteellisen kuva-uksen järjestelmästä. Järjestelmäkuvaus toimii myös perustana valmistussuunnittelulle. Suunnittelusta saadut mittauspisteet kerätään I/O-listaan, joka toimii lähtökohtana jär-jestelmän ohjelmoinnille. Järjestelmän toimintaperiaatteen ymmärtäminen on tärkeää PI-kaaviota ja järjestelmäkuvausta laadittaessa.

Laivoissa lähes kaikkien järjestelmien toiminta ja ohjaus toteutetaan automaatiojärjes-telmän avulla. Automaatio perustuu aina mittauksista saatuihin tietoihin ja niiden avulla suoritettaviin ohjauksiin. Tässä opinnäytetyössä perehdytään automaatiojärjestelmän toimintaperiaatteisiin sekä esitetään ohjeita instrumentoinnin laatimiseen eli mittauspis-teiden esittämiseen PI-kaaviossa. Deltamarinissa koneosasto tekee putkisto- ja koneis-tojärjestelmäsuunnittelun. Sähköosaston tehtävänä on ollut hoitaa instrumentointi ja

järjestelmäkuvaukset. Työn lopussa instrumentointisuunnittelun ja järjestelmäkuvauksen laatimisen kautta pohditaan kone- ja sähköosastojen välistä rajapintaa.

1.2 Deltamarin Ltd

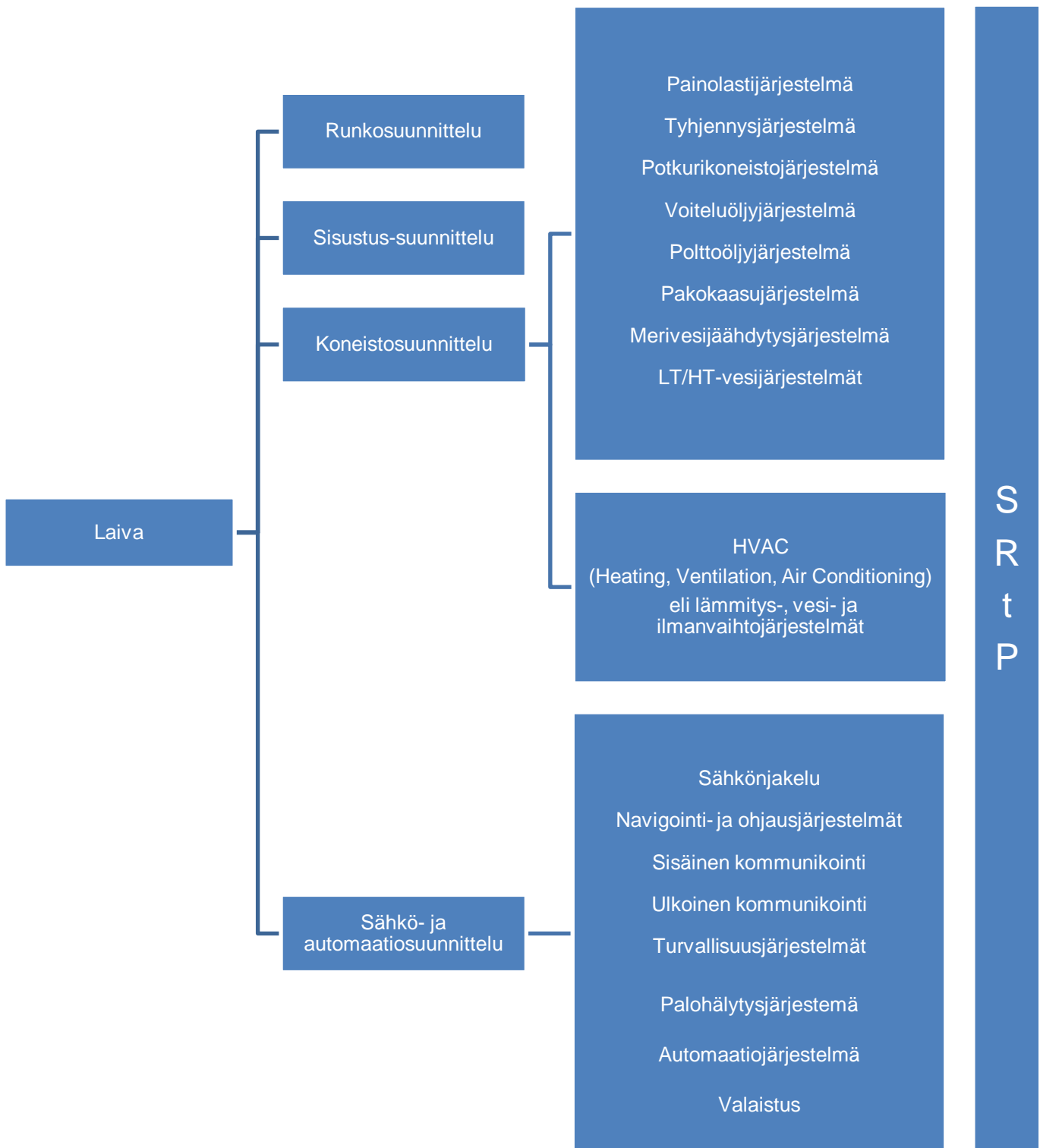
Deltamarin Oy on vuonna 1990 perustettu meriteknisen alan yritys, joka tarjoaa suunnittelu-, konsultointi- ja rakennuttamispalveluja. Yrityksen pääkonttori sijaitsee Turussa. Deltamarinilla on lisäksi toimistot myös Helsingissä ja Raumalla. Se on ollut vuodesta 2013 lähtien osa singaporelaista AVIC International Maritime Holdings Limited -yhtiötä. Suomen ja Kiinan lisäksi Deltamarin Groupilla on toimisto myös Puolassa. Yrityksessä ja sen yhteisyrityksessä työskentelee noin 400 työntekijää, joista yli puolet työskentelee Suomessa. (Deltamarin Ltd, 2016.)

2 KONEISTO- JA LAIVAJÄRJESTELMÄT

Laivojen toimintaympäristö edellyttää monenlaisia järjestelmiä, joita maaolosuhteissa ei tarvittaisi. Merellä ei ole kiinteitä energianlähteitä, minkä vuoksi kaikki tarvittava energia on tuotettava laivassa. Esimerkiksi sähköenergia voidaan tuottaa kaasu- tai höyryturbiinigeneraattoreilla tai dieselgeneraattoreilla. Satamassa sähkönsyöttö voidaan toteuttaa maista.

Mekaaniset koneisto- ja laivajärjestelmät huolehtivat aluksen propulsiojärjestelmän sekä hotelli- ja rahtiosan toiminnasta. Ne ovat yksittäisiä järjestelmiä, jotka koostuvat koneista, laitteista, putkistoista, tankeista ja muista komponenteista. Kiinteiden energianlähteiden puuttumisen vuoksi aluksissa on lukuisia tankkeja, sillä lähes kaikki laivan järjestelmät tarvitsevat toimiakseen kaasuja tai nesteitä.

Aluksen koneistojärjestelmiin kuuluvat järjestelmät, jotka vaikuttavat pääpropulsiojärjestelmän ja koneiden apujärjestelmien toimintaan. Pääpropulsiojärjestelmä koostuu päämoottoreista ja propulsiolaitteista. Niiden apujärjestelmiä ovat muun muassa polttoaine- , voiteluaine- , paineilma- , pakokaasu- ja jäähdytysvesijärjestelmät. Laivajärjestelmiä ovat esimerkiksi painolasti-, pilssi-, palonsammutus- ja sähkönjakelujärjestelmät. LVI-järjestelmiin kuuluvat järjestelmät, jotka huolehtivat aluksen lämmityksestä, talousveden tuottamisesta ja jakelusta sekä ilmanvaihdosta. Juomakelpoinen vesi bunkraan alukseen satamassa tai se voidaan tuottaa merivedestä esimerkiksi evaporaattoreiden avulla. Aluksen koneita jäähdytetään teknisellä makealla vedellä.



Kuva 1. Perussuunnittelun rakenne ja esimerkkejä järjestelmistä.

Kuvassa 1 esitetään laivan perussuunnitteluvaiheen osa-alueet, jotka jakautuvat Del-tamarinissa eri osastojen kesken. Jokainen osasto huolehtii omaan vastuualueeseensa liittyvien järjestelmien suunnittelusta. Kuvassa esitetään muutamia esimerkkejä järjestelmistä, jotka sisältyvät aluksen suunnitteluprosessiin. Jokaisesta järjestelmästä luodaan järjestelmäkohtainen piirustus ja järjestelmäkuvaus. Suunnitteluprojektissa eri järjestelmien ymmärtäminen ja osastojen välinen yhteistyö on erityisen tärkeää, sillä jokainen yksittäinen järjestelmä yhdistyy lopulta yhdeksi kokonaisuudeksi.

3 AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄ

3.1 Automaatiojärjestelmän tarkoitus

Jokaisessa laivassa on ainakin jonkin tasoinen automaatiojärjestelmä eli ohjausjärjestelmä. Se toimii miehistön käyttöliittymänä alukseen tai ainakin osaan siitä. Automaatiojärjestelmän tehtävänä on ohjata laivan tärkeimpiä toimintoja. Järjestelmä koostuu useista erilaisista automaatiolaitteista, kuten toimilaitteista, ohjaimista, antureista, tiedonsiirtolaitteista ja käyttöliittymistä (Suomen automaatioseura ry 2007, 10). Automaatiojärjestelmä kokoaa pienemmät prosessit yhtenäiseksi järjestelmäksi, joka mahdollistaa useiden yksittäisten järjestelmien ohjelmoimisen, ohjaamisen ja valvomisen samasta paikasta.

Automaatio perustuu aina mittauksista saatuihin tietoihin ja niiden perusteella tehtäviin säätöihin ja ohjauksiin. Automaatiojärjestelmän tehtävänä on kerätä järjestelmästä ja sen toimilaitteilta tietoa. Tällaisia tietoja ovat esimerkiksi laitteiden tilatiedot ja mittaus tulokset, joista saatujen tietojen perusteella pystytään ohjaamaan järjestelmää. Järjestelmään kytketään mittalaitteita, jotka koostuvat antureista ja mittauslähettimistä. Mittauslähettimien avulla mittaus tiedot muutetaan sellaiseen standardimuotoon, että viestit ovat helpommin siirrettävissä laitteelta toiselle. (Kippo & Tikka 2008, 13–21.) Aluksiin asennetaan nykyään tuhansia mittauspisteitä. Matkustajalaivoihin asennetaan laivan koosta ja toiminnoista riippuen 5000–30000 mittauspistettä ja niiden määrä kasvaa koko ajan automaation kehittyessä ja lisääntyessä.

Järjestelmän ja operaattorin välinen kommunikointi tapahtuu yleensä tietokoneiden välityksellä. Järjestelmä välittää valvomopäätteille reaaliaikaisesti tietoa tilastaan ja tapahtumistaan erilaisilla hälytyksillä, ilmoituksilla ja raportoinneilla. Täysin automatisoitu järjestelmä pystyy laskemaan itsenäisesti mittaus tulosten perusteella tarvittavat ohjaukset ja ohjaamaan prosessia. Operaattorilla tulee olla mahdollisuus ohjata järjestelmää valvomosta ja muuttaa tarvittaessa automaatiojärjestelmän tekemiä päätöksiä. Jo perussuunnitteluvaiheessa on huomioitava, että järjestelmän tulee lähettää valvomopäätteille tarpeeksi selkeää tietoa prosessista, jotta operaattori pystyy tekemään päätöksiä ja tarvittaessa puuttumaan järjestelmän toimintaan. (ABB TTT-käsikirja, 2000-07.)

Automaatiojärjestelmä kerää myös järjestelmästä historiatietoja, jotka näkyvät graafisina trendeinä valvomopäätteillä. Niitä seuraamalla operaattori pystyy tarkkailemaan järjestelmän tilaa ja tapahtumia. Yleensä normaalista poikkeavat trendit kertovat häiriöstä tai viasta järjestelmässä. Järjestelmä ilmoittaa poikkeustilanteesta lähettämällä valvomoon hälytyksiä, jotka perustuvat ennalta asetettujen raja-arvojen ylittymiseen.

Automaatiojärjestelmä suorittaa itsenäisesti automaatiokäynnistyksset, -pysäytykset ja -lukitukset. Yleensä operaattorin on kuitenkin annettava operointipäätteeltä järjestelmälle lupa suorittaa haluttu toiminta. Toimiva automaatiojärjestelmä suojaa laivaa, jotta mahdolliset vikatilanteet eivät aiheuttaisi siihen vaurioita. Järjestelmän tulisi pystyä toimimaan itsenäisesti myös vikatilanteessa, estämään vian leviäminen ja ohjaamaan laiva poikkeustilanteen jälkeen takaisin normaalitilaan (Paajanen, 5.10.2016).

3.2 Aluksen operointi

Aluksen ohjaus ja navigointi tapahtuvat komentosillalta. Pääohjausaseman lisäksi aluksessa on yleensä apuohjausasema. Laivoissa on erillinen konevalvomo eli ECR (Engine Control Room), josta operaattori valvoo aluksen koneistoa sekä muita järjestelmiä vuorokauden ympäri. Moderni automaatio mahdollistaa järjestelmien etäohjaamisen ja valvomisen operointihuoneisiin asennetuilta näyttöpäätteiltä ja ohjauspaneelilta. Konevalvomon lisäksi aluksessa tulee olla ainakin yksi vaihtoehtoinen ohjauskeskus, josta tärkeimpiä järjestelmiä voidaan ohjata hätätilanteessa. Laivoissa, jotka kuljettavat lastia, on erillinen lastivalvomo.

Lähes kaikissa aluksissa on nykyään miehittämätön konehuone eli automaatiojärjestelmä ohjaa ja valvoo kaikkia konehuoneen laitteita ja järjestelmiä. Operaattori valvoo automaatiojärjestelmän toimintaa konevalvomosta. Järjestelmän toimintaan puututaan manuaalisesti yleensä vain silloin, jos se ilmoittaa hälytyksellä vika- tai häiriötilanteesta. Miehittämättömässä konehuoneessa on henkilöstöä yleensä ainoastaan päiväsaikaan, jolloin suoritetaan kunnossapitoa ja korjauksia. Kuvassa 2 on esimerkki konevalvomosta. Moderni automaatiojärjestelmä ja operointikeskus säästävät aikaa havaita mahdolliset viat tai häiriöt järjestelmässä ja siten operaattorille jää enemmän aikaa suorittaa tarvittavat toimenpiteet tilanteen korjaamiseksi.



Kuva 2. Integroitu konevalvomo (Wärtsilä 2016).

3.3 Automaatiojärjestelmän turvallisuus- ja ympäristövaatimukset

Alusten suunnitteluun vaikuttavat monenlaiset säädökset ja vaatimukset, joita eri organisaatiot ovat asettaneet alusten turvallisuus- ja ympäristövaatimusten täyttämiseksi. Lisäksi suunnitteluun vaikuttavat esimerkiksi aluksen tilaajan vaatimukset ja lippuvaltion säännöt. Tärkein organisaatioista on YK:n alainen kansainvälinen merenkulkujärjestö IMO (International Maritime Organization). Tärkeimpiä IMO:n laatimia sopimuksia ovat meriturvallisuudesta huolehtiva SOLAS (International Convention for the Safety of Life at Sea) ja ympäristöasioita käsittelevä MARPOL (International Convention for the Prevention of Pollution from Ships).

Luokituslaitokset ovat ikään kuin merikulkuvälineiden katsastusasemia. Ne tulkitsevat muun muassa IMO:n sopimuksia ja asettavat säädöksiä yhdessä lippuviranomaisten kanssa. Säädösten avulla luokituslaitokset valvovat aluksen turvallisuuden ja ympäristövaatimusten toteutumista. Jo aluksen suunnitteluvaiheessa luokituslaitokset ja lippuviranomaiset kommentoivat ja arvioivat säädösten toteutumista. Ennen laivan käyttöönottoa se saa luokituslaitokselta kirjallisen hyväksynnän merikelpoisuuteen. Luokituksella vakuutetaan aluksen omistajalle, vakuutusyhtiölle ja matkustajille sen täyttävien tarvittavat vaatimukset (Bureau Veritas 2016).

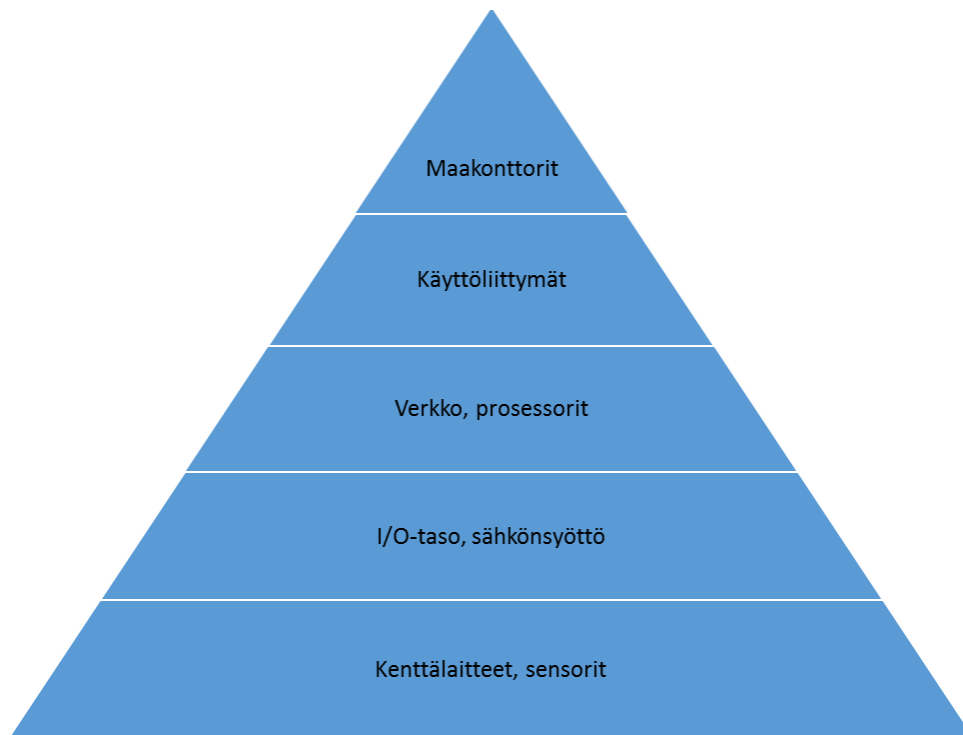
Tärkeimpien automaatiojärjestelmien tulee olla redundanttisia eli järjestelmä, sen laitteet, komponentit ja kaapelointi ovat kahdennettuja. Kahdentaminen voidaan toteuttaa

kahdella samanlaisella laitteella tai komponentilla, jotka toimivat samanaikaisesti tai toinen niistä voi olla valmiustilassa. Kahdentamisella lisätään aluksen järjestelmien luotettavuutta ja turvallisuutta. Järjestelmä tulee suunnitella niin, että sen yksittäisen laitteen tai järjestelmän vikaantuminen ei vaikuttaisi koko aluksen toimintaan. Useimpien automaatioissa ilmenevät viat tai häiriöt ovat lähtöisin kenttäinstrumenttien likaantumisesta tai kulumisesta (Hietanen 2009). Tärkeimpiä järjestelmiä ei kahdenneta ainoastaan niiden mahdollisen vikaantumisen vuoksi, vaan myös turvaamaan järjestelmien toiminta mahdollisten palojen tai vuotojen sattuessa. Esimerkiksi suurissa laivoissa konehuone on täysin kahdennettu kaikkia kaapelointeja, ohjauksia ja laitteita myöden. Aluksen turva-automaatio erotellaan kokonaan muusta automaatiosta.

Automaatiojärjestelmien kehittyessä ja lisääntyessä koko ajan on kiinnitettävä huomiota järjestelmien helppokäyttöisyyteen ja laatuun. Automaatiojärjestelmien tulee olla luotettavia, ja niiden avulla tulee pystyä estämään ja ennaltaehkäisemään vikatilanteita. Järjestelmä tulee olla helposti muokattavissa ja säädettävissä. Lisäksi on varmistettava, että automaatiojärjestelmien kanssa työskentelevä henkilöstö tuntee järjestelmän perusteellisesti ja osaa käyttää sitä myös vikatilanteissa. (Paajanen. Luento 5.10.2016)

3.4 Automaatiojärjestelmän rakenne

Laivan automaatiojärjestelmästä käytetään monia eri nimityksiä, kuten IAS (Integrated automation system), MAS (Machinery automation system), ICSS (Integrated control and safety system) ja CAMS (Control, alarm and monitoring system). Järjestelmä voidaan jakaa useaan eri tasoon sen mukaan, millä tasolla sen laitteet tai komponentit toimivat. Kuvassa 3 esitetään aluksen automaatiojärjestelmän tasot.



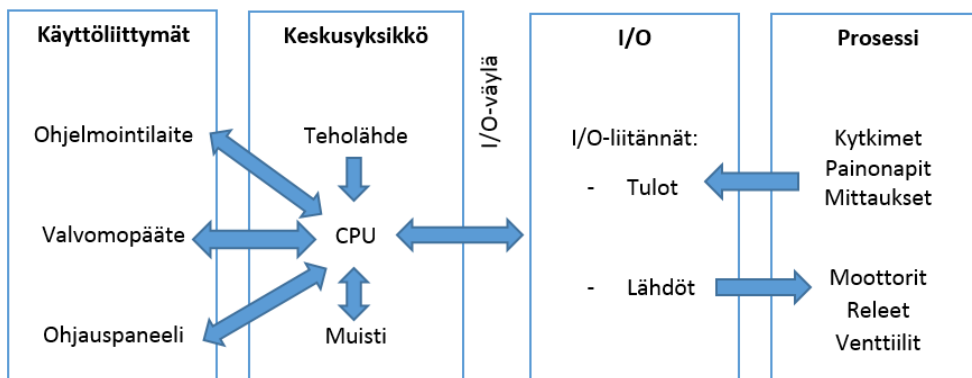
Kuva 3. Laivan automaatiojärjestelmän tasot (ABB Group 2016).

Järjestelmän kenttätasolla sijaitsevat toimilaitteet ja sensorit. Niiden sijainti ja mittauspisteet esitetään PI-kaaviossa. Älykkäät kenttälaitteet voivat kommunikoida keskenään ja muiden laitteiden sekä ihmisten kanssa kenttäväylän kautta (Kippo & Tikka 2008, 13). Laivojen automaatiojärjestelmissä käytetään yleensä Profibus tai Modbus-kenttäväyliä. Käytännössä automaatiojärjestelmän voidaan ajatella alkavan I/O- eli lähtö- ja tulopiiritasosta, josta alkaa myös järjestelmän sähkösyöttö. Toimilaitteet ja instrumentit yhdistetään yleensä aluksen automaatiojärjestelmään kenttäväylän avulla hajautetuilla I/O-järjestelmillä. Hajautettu I/O-järjestelmä mahdollistaa I/O-piirien viemisen prosessiasemien luota lähemmäs kenttälaitteita. Jokaiselta automaatioon liitettävältä kenttälaitteelta lähtee I/O-kaapissa sijaitseville I/O-korteille tulo- ja lähtöliitäntä. Järjestelmän toiminnan kannalta tärkeimpien laitteiden liitännät reititetään kahta eri väylää pitkin eri I/O-kaappeihin. I/O-yksiköistä tiedot siirretään kenttäväyliä avulla redundantisesti prosessiasemille.

Prosessiasemat yhdistävät väylien avulla automaatiojärjestelmän ja koneisto- tai laiva-järjestelmät toisiinsa. Ne koostuvat muun muassa ohjelmistoista, joiden tehtävänä on

käsitellä reaaliaikaisesti järjestelmän mittaustoimintoja sekä suorittaa niille määriteltyjä valvonta-, säätö- ja ohjaustoimintoja (Pere 2009, 12-10). Prosessiasemaan on usein kenttäväylän avulla liitetty ohjelmoitava logiikka (PLC) tai hajautettu I/O-asema. Prosessorit (CPU) käsittelevät ohjelmiston avulla järjestelmästä saadut tiedot ja muodostavat valvomoon, prosessille ja laitteille tarvittavat ohjaus- ja säätösignaalit.

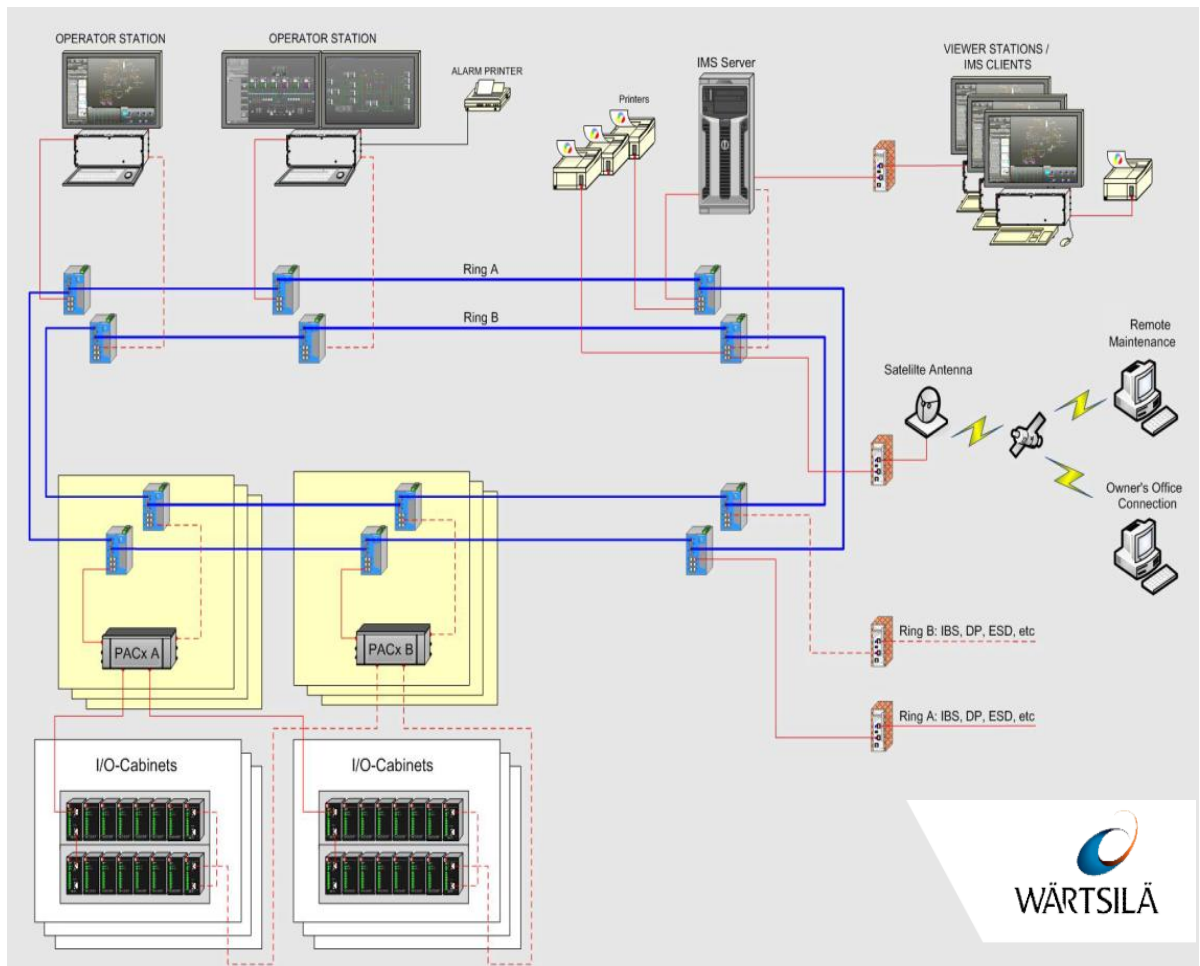
Kuvassa 4 esitetään osana automaatiojärjestelmää toimivan PLC-logiikan rakenne. Ohjelmoitava logiikka perustuu mikroprosessoritoimintaan. Logiikkaan yhdistetään kentällä sijaitsevia prosessin toimilaitteita ja antureita I/O-liitäntöjen kautta. Tiedonsiirrossa käytetään yleensä kenttäväyliä. Tuloporttien kautta logiikka lukee tietoja järjestelmän tilasta sekä tapahtumista ja tallentaa ne sisäiseen muistiinsa. Antureilta ja kytkimiltä saatujen tulotietojen sekä logiikkaan tallennetun ohjelman avulla PLC määrittelee uudet lähtöarvot vastaamaan ohjelmassa määriteltyjä arvoja. Lähtöporteilta logiikka ohjaa toimilaitteita. Logiikan ohjelmakierto toistuu koko ajan eli ohjaus määritellään reaaliaikaisesti saatujen mittausten perusteella.



Kuva 4. Ohjelmoitavan logiikka-järjestelmän rakenne (Kippo & Tikka 2008, 56).

Kuvan 5 esimerkissä Ethernet-verkko on toteutettu kahdennetusti rengastopologialla. Topologialla tarkoitetaan tapaa, miten tietokoneet verkotetaan toisiinsa. Tässä tapauksessa Ethernet-väylä muodostaa silmukan, jolla kytkimet ja prosessiasemat liitetään toisiinsa. Tietokoneet yhdistetään Ethernet-verkkoon kytkimien kautta. Rengastopologiassa tiedon välitykseen käytetään vuoromerkkiä eli bittisarjaa, joka kulkee rengasmaisesti yhteen suuntaan laitteelta toiselle, kunnes se kohtaa tietokoneen, jolle sillä on tietoa annettavana. Kun kone vastaanottaa tiedon, se luo uuden vuoromerkin ja lähettää sen verkkoon. Näin järjestelmä saa tiedon siitä, että lähetetty tieto on vastaanotettu. (OSAO, 2016).

Ethernet-väylän avulla operaattori näkee järjestelmän tiedot valvomossa siihen tarkoituilta näytöiltä ja pystyy tarvittaessa puuttumaan järjestelmän toimintaan ohjauspaneelien kautta. Automaatiojärjestelmän ylimmällä tasolla ovat maakonttorit. Aluksesta ja sen järjestelmistä kulkeutuu satelliitin kautta tietoja maavalvomoihin, kuten aluksen omistajalle ja järjestelmien kunnossapitohenkilöstölle.



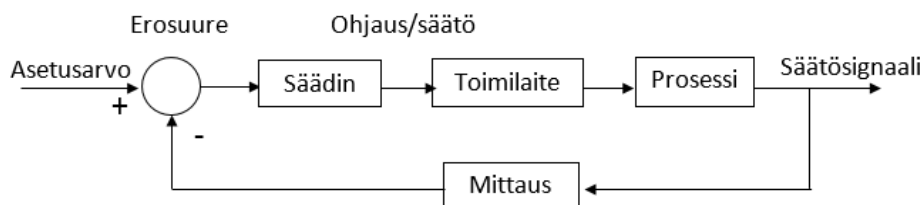
Kuva 5. Automaatiojärjestelmän rakenne (Wärtsilä 2016).

3.5 Säättöpiirin ohjaus

Järjestelmän ohjauksesta puhutaan silloin, kun käyttäjä ohjaa manuaalisesti järjestelmää antamalla sille ennalta määrätyn ohjaussignaalin. Tällöin järjestelmän todellista arvoa ei tiedetä, vaan annettu ohjaussignaali perustuu arviointeihin. Säättö perustuu

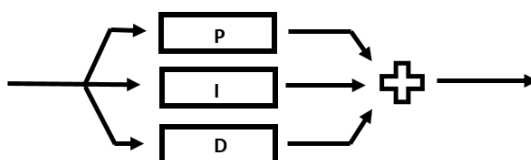
takaisinkytkentä ohjaukseen, eli järjestelmä suorittaa säädön automaattisesti mittaustuloksista saadun ohjaussignaalin perusteella. (Harju & Marttinen 2000, 9.)

Automaatiojärjestelmät perustuvat aina säätöön ja ohjaukseen. Esimerkiksi useimmissa taajuusmuuttajissa ja PLC-logiikoissa on sisäänrakennettu säädin. Säätimien tehtävänä on kerätä järjestelmästä mittaustuloksia ja verrata niitä ennalta määritettyihin asetusarvoihin. Säädin laskee niiden välisen eroosuuren ja säätöalgoritmin säätöparametrien avulla toimilaitteelle uuden ohjaussignaalin, jonka avulla se toteuttaa halutun säädön tai ohjauksen. (Kippo & Tikka 2008, 13-24). Kuvassa 6 esitetään takaisinkytketyn säädön toimintaperiaate.



Kuva 6. Takaisinkytketyn säädön periaate.

Suurinta osaa eri automaatiojärjestelmien säätöpiireistä ohjataan PID-säätimillä (Proportional-Integral-Derivative). Kuvassa 7 esitetään yksi esimerkki PID-säätimen toimintaperiaatteesta. Sen toiminta perustuu vahvistimen, integraation ja derivaation summaan, kun säätimen tulona on erosuure. Säätimelle asetetaan ensin asetusarvo, jonka jälkeen siihen tuodaan mitattu arvo. Näiden arvojen perusteella säädin antaa toimilaitteelle ohjearvon ja säätää sen tehoa tai asentoa. Säädin on yleinen sen edullisen hinnan ja yksinkertaisen rakenteensa vuoksi. Sen toiminta on helppo toteuttaa ja ylläpitää. PID-säädin toimii hyvin myös olosuhteissa, joihin vaikuttavat erilaiset häiriö- ja epävarmuustekijät. (Harju & Marttinen 2000, 67-74.)



Kuva 7. PID-säätimen toimintaperiaate.

4 PI-KAAVIO

PI-kaaviot ovat visuaalisia kuvauksia putkisto- ja instrumentointijärjestelmistä. Laivasuunnittelussa ne ovat yleensä järjestelmäkohtaisia virtauskaavioita, joissa esitetään kaikki järjestelmän laitteet, putkitukset ja instrumenttipiirit standardoiduilla tai vakiintuneilla piirrosmerkeillä (PSK 3603 2012, 2-4). PI-kaavioiden tärkein tehtävä on antaa selkeä kuva järjestelmästä aluksen suunnittelu-, asennus-, käyttö- ja kunnossapitohenkilöstölle. Niissä esitetään koneistojärjestelmien rakenne ja niiden tekniset ratkaisut.

PI-kaavioissa esitetään automaatiojärjestelmään kytketyt laitteet ja komponentit sekä niiden väliset kytkennät ja putkitukset. Niistä nähdään järjestelmän toimilaitteiden, komponenttien ja instrumentointien sijainnit toisiinsa nähden. PI-kaavioissa voidaan kuvata myös, mitä laitetta järjestelmien ohjaukseen käytetään. Niissä esitetään myös esimerkiksi putkien ja venttiilien tunnuksot, virtausten suunta sekä järjestelmissä vallitseva paine ja lämpötila. (Hietanen 2009).

Instrumentit ovat laitteita, joilla voidaan mitata, ohjata tai säätää haluttua suuretta. PI-kaavioissa mittaus- tai säätöpisteet kuvaavat niitä pisteitä, joissa mittaukset, ohjaukset tai säädöt tapahtuvat. Niistä selviää mihin laitteeseen instrumentit ovat kytketty ja mitä laitetta ne mahdollisesti ohjaavat. Kaavioista nähdään myös viestien käsittelypaikka eli onko mittautustieto paikallinen vai kulkeutuuko siitä tieto valvomoon.

Liitteessä 1 esitetään laivasuunnittelussa yleisimmin käytettäviä vakiintuneita kaaviomerkkejä, joita käytetään PI-kaaviossa kuvaamaan laitteita, komponentteja ja järjestelmien toimintoja kaksiulotteisesti. Kaikki piirustukset toteutetaan nykyään tietokoneohjelmien kuten AutoCAD:n avulla.

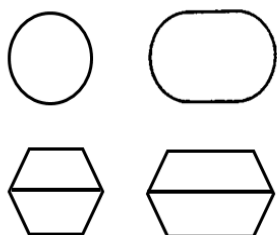
Liitteessä 2 on esimerkki laivan merivesijäähdytysjärjestelmän PI-kaaviosta. Järjestelmäkaaviosta nähdään järjestelmän rakenne ja sen toimintaperiaate. Tarvittaessa kaavioon voidaan merkitä lisätietoja esimerkiksi järjestelmän rakennustavoista ja osista. Siihen voidaan lisätä myös järjestelmän, putkiston tai laitteiden erityisvaatimuksia esimerkiksi materiaalien suhteen. Mitoitukset merkitään kaavion reunoille. Tunnistetietoihin sisältyy piirustuksen suunnittelijan sekä sen tarkastajan ja hyväksyjän tiedot, kaavion nimi, versiotunnus, mittakaava, sivumäärä ja järjestelmänumero. (Pääkkönen & Haapalainen 2008, 74-75). Mikäli järjestelmäkaaviosta halutaan viitata toisiin kaavioihin, tulee niiden järjestelmänumerot osoittaa kaaviossa.

5 INSTRUMENTOINTI

Instrumentoinnilla kuvataan PI-kaaviossa mittaus-, ohjaus- tai säätölaitteiden sijainnit sekä niiden toimintaperiaate ja tehtävät (Pere 2009, 12-1). Ne voivat olla esimerkiksi erilaisia mittauslaitteita ja –antureita. Instrumentoinnilla voidaan esittää visuaalisesti esimerkiksi järjestelmän hälytyksiä, pinnan-, paineen-, virtauksen-, ja lämpötilanmittauksia tai laitteiden ja venttiilien säätöjä.

5.1 Piirrosmerkit

PI-kaaviossa instrumentit kuvataan standardoiduilla (SFS-ISO 14617-6) piirrosmerkeillä, joista selviää mittauksen tai ohjauksen tyyppi. Suunnittelutoimistot voivat käyttää myös omia vakiintuneita merkintätapoja. Piirrosmerkit ovat erilaisia sen mukaan, mistä instrumentin arvoja voidaan lukea ja miten niitä voidaan käyttää. Yleensä paikallisinstrumenttia kuvaamaan käytetään ympyrää. Kuusikulmiota käytetään silloin, kun informaatio käsitellään aluksen automaatiojärjestelmässä. Ympyrän halkaisija tai kuusikulmion samansuuntaisten viivojen etäisyys on yleensä 10mm. Merkkiä voidaan venyttää vaakasuunnassa, mikäli tarvittavat tekstitiedot eivät muuten mahtuisi sen sisään. Kuvassa 8 esitetään instrumentoinnin yleisimmät piirrosmerkit.

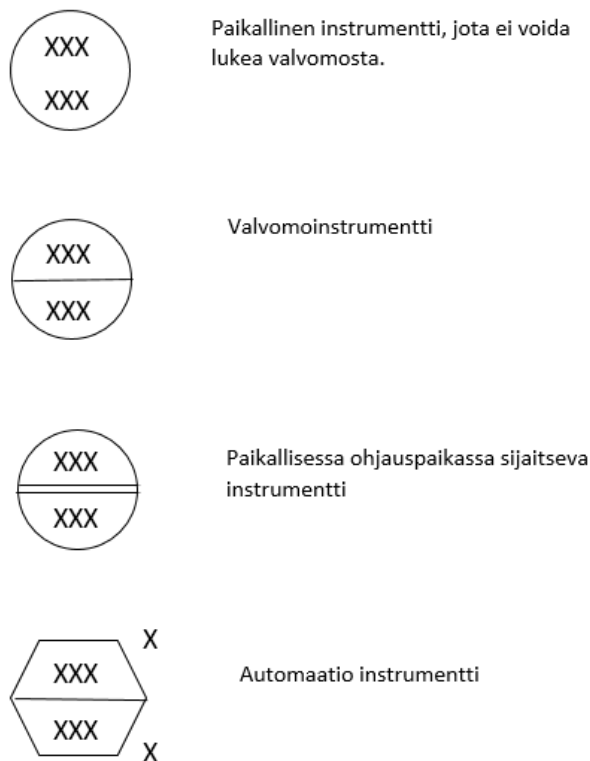


Kuva 8. Instrumentoinnin piirrosmerkit.

Mittauspisteet piirretään kaavioon käyttämällä normaalia putkilinjaa ohuempaa, 0,25mm paksuista ehyttä viivaa, joka alkaa putkilinjasta, tankista tai laitteesta ja yhdistetään instrumentointisymboliin. Mittaus- ja ohjauspisteet tulee esittää järjestelmän toimintojen kannalta loogisessa paikassa. Mikäli mittauspistettä halutaan täsmentää, sitä

kuvaamaan voidaan käyttää pientä, halkaisijaltaan 2,5mm ympyrää, josta lähtee kapea viiva instrumentointisymboliin. (Pere 2009, 12-1,4.)

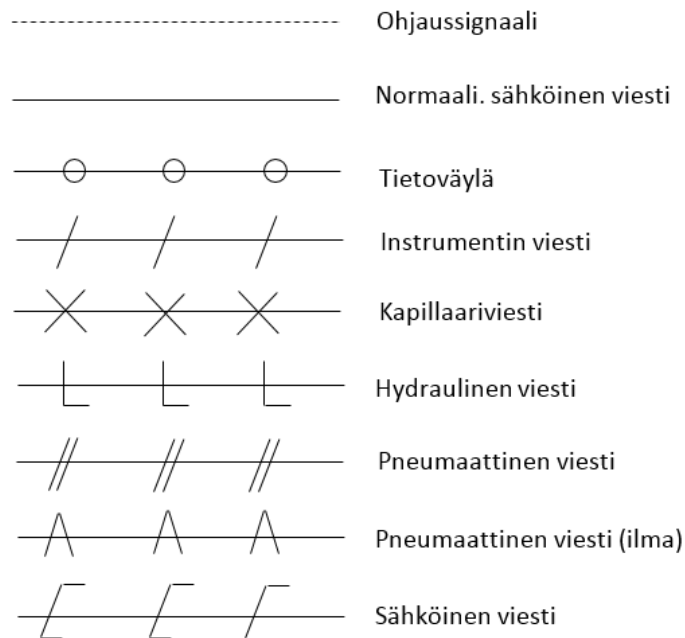
Instrumenttien olennaiset tiedot merkitään piirrosmerkkiin positiotunnuksilla eli tageilla. Tagit ovat kirjain- ja numeroyhdistelmiä, joiden avulla voidaan kuvata erilaisten säätö-, mittaus- ja ohjauspiirien toimintaa sekä lukituksia ja hälytyksiä. Tunnuskirjaimet merkitään yleensä instrumenttisymbolin sisään puolenvälin yläpuolelle ja tunnusnumerot merkitään puolenvälin alapuolelle.



Kuva 9. Instrumentin tyypin esittäminen.

Kuvassa 9 on esimerkkejä instrumentin tyypin esittämisestä. Paikallisen instrumentin symbolia käytetään kuvaamaan paikallisia mittauksia, esimerkiksi paineen, pinnankorkeuden tai lämpötilan mittausta. Instrumenttia ei voida lukea valvomosta. Valvomoinstrumentti esitetään piirtämällä ympyrän sisään poikittainen viiva. Valvomoinstrumentilla kuvataan mittausta, säätöä tai ohjausta, jonka tiedot operaattori näkee valvomosta ja pystyy sieltä myös ohjaamaan tai säätämään laitetta, johon instrumentti on kytketty. Paikallisessa ohjauspaikassa sijaitsevan instrumentin tietoja voidaan lukea esimerkiksi kentällä olevasta mittaritaulusta tai –kaapista. Sieltä nähdään mittauksen tai säädön

tilanne, mutta ei pystytä välttämättä suorittamaan ohjauksia tai säätöjä. Automaatiojärjestelmän instrumentit piirretään ympyrän sijaan kuusikulmiolla. Niillä kuvataan ohjauksia ja monitorointeja, jotka tapahtuvat aluksen automaatiojärjestelmässä.



Kuva 10. Viestityypit PI-kaaviossa.

Erilaiset instrumentoinnin viestityypit esitetään PI-kaaviossa erilaisilla viestiviivoilla. Ne piirretään yleensä normaalia putkilinjaa kapeammalla ehyellä viivalla. Yleisimmin käytetään normaalia sähköistä viestiviivaa. Sitä voidaan käyttää myös silloin, kun viestityyppejä ei ole määrätty tai sitä ei tarvitse osoittaa. Viestiviivaan voidaan piirtää siihen nähden 60° kulmassa olevia lyhyitä poikkiviivoja, mikäli halutaan välttää mahdollisia sekaannuksia (Pere 2009, 12-5). Tarvittaessa viestin suunta voidaan osoittaa nuolilla.

5.2 Tunnuskirjaimet- ja numerot

Instrumentoinnin tunnuskirjainten merkitys esitetään standardissa SFS-ISO 14617-6. Tunnuskirjaimet kirjoitetaan aina isoilla kirjaimilla. Kirjaimilla esitetään mitattava suure ja instrumentin toiminta. Mittaussuureilla ja valvomolaitteilla voi olla sama kirjaintunnus, mutta sen merkitys on eri riippuen siitä, onko kirjain esitetty piirrosmerkissä ensimmäisenä vai toisena kirjaimena.

Ensimmäisenä kirjaimena Mittaussuure		Seuraavana kirjaimena Toiminta		
A	Analyzer	Analysaattori	Alarm	Hälytys
B	Burner, Combustion	Palaminen	State display	Audiovisuaalinen toiminta
C	User's choice	Käyttäjän valittavissa	Controlling Close indicating	Ohjaus, säätö Kiinni
D	Density	Tiheys	Difference	Ero
E	Electric variable	Sähkösuureet	Sensing	Anturitoiminta
F	Flow	Virtaus	Ratio	Suhde
G	Gauge, position, length	Suhde, asento, pituus	Viewing	Tarkastelu
H	Hand operated	Käsiohjaus	High	Yläraja
I	Current	Virta	Indicating	Osoitus
J	Power	Voima	Scanning	Jaksottainen toiminta
K	Time	Aika	Time rate of change	Muutosnopeus
L	Level	Pinnankorkeus	Low	Alaraja
O	User's choice	Käyttäjän valittavissa	Open indicating	Auki
P	Pressure, vacuum	Paine, alipaine	Connection of test point	Testauskohdan yhteys
Q	Quantity	Määrä	Integrating, summing	Yhdistäminen, summaaminen
R	Radiation	Säteily	Registering, recording	Rekisteröinti, tallennus
S	Speed, frequency	Nopeus, taajuus	Switching	Kytkin
T	Temperature	Lämpötila	Transmitting	Lähetin
U	Multivariable	Monimuuttuja	Multifunction	Monitoiminta
V	Viscosity	Viskositeetti	Valve, damper, Actuating	Venttiili, toimiyksikkö
W	Weight, force	Paino, voima	Multiplying	Kertominen
X	Unclassified	Määrittelemätön	Unclassified	Määrittelemätön
Y	User's choice	Käyttäjän valittavissa	Converting, computing	Muuntaminen, laskenta
Z	Position	Sijainti	Safety acting	Hätä- tai turvatoiminta, lukitus

Taulukko 1. Instrumentoinnin kirjaintunnusten merkitys (SFS-ISO 14617-6).

Taulukossa 1 esitetään instrumentoinnissa käytettävien tunnuskirjainten merkitys. Ensimmäinen kirjain kuvaa, mitä suuretta järjestelmässä mitataan, ohjataan tai säädetään. Sitä voidaan täydentää käyttämällä lisäkirjaimia, jotka sijoitetaan ympyrän sisään tai sen viereen. Kaikilla mittaussuureilla ei välttämättä ole omaa kirjaintunnusta, jolloin mittaussuuretta kuvaavana tunnuskirjaimena käytetään Q-kirjainta. Tällöin piirrosmerkin ulkopuolelle, yleensä oikeaan alakulmaan merkitään täsmennys siitä, mitä suuretta mitataan.

Seuraavat kirjaimet piirrosmerkin sisällä ilmaisevat instrumentin toiminnan ja mihin valvomolaitteeseen mittaus-, ohjaus- tai säätösignaali on kytketty. Mikäli seuraavina kirjaimina käytetään useampaa kuin yhtä kirjainta, ne merkitään aina järjestyksessä G, I, B, R, C, T, X, Y, Q, S, Z ja A (SFS-ISO 14617-6). Toimintaa kuvaavia kirjaimia voidaan myös täydentää lisäkirjaimilla, jotka merkitään piirrosmerkin ulkopuolelle.

Hälytyksen tunnuskirjain on A ja lukituksen Z. Niitä täsmentämään käytetään asetusarvoja eli toiminnalle asetettuja ennalta määrättyjä ylä- tai alaraja-arvoja, jotka ylittyessään laukaisevat piirissä hälytyksen tai lukituksen. Asetusarvoilla on tärkeä merkitys järjestelmän tai piirin turvallisuuden kannalta (Kippo & Tikka 2008, 94).



H (high) = korkea

L (low) = matala

HH = hyvin korkea

LL = hyvin matala

HHH = erittäin korkea

LLL = erittäin matala

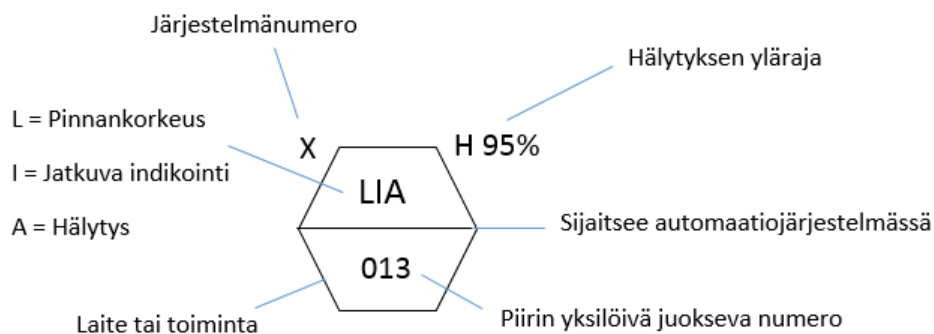
Kuva 11. Instrumentoinnin asetusarvot.

Kuvassa 11 esitetään instrumentoinnin asetusarvojen merkitseminen ja eri merkintöjen tarkoitus. Erittäin korkeista tai matalista arvoista voidaan käyttää myös merkintöjä H3 tai L3. Jos instrumentille on asetettu hälytysraja, tieto rajan ylitymisestä havaitaan val-

vomossa hälytyksenä. Lukitusrajan ylittyessä siihen liitetty laite pysähtyy automaattisesti ilman operaattorin antamaa käskyä.

Jokaiselle instrumentille merkitään oma yksilöivä tunnusnumero, jolla erotetaan instrumenttipiirit toisistaan. Tunnusnumero voi kuvata piirin paikan järjestelmässä tai se voi olla vain juokseva numero, joka yksilöi piirin (Kippo & Tikka 2008, 93). Tunnusnumeron tulee olla yhtäläinen sen laitteen tai komponentin kanssa, johon se on liitetty. Mikäli instrumentti on esitetty jonkin toisen järjestelmän PI-kaaviossa, tulisi se osoittaa merkitsemällä piirrosmerkin ulkopuolelle sen järjestelmän numero, johon viitataan. Tällä varmistetaan, että samaa I/O-pistettä ei esitetä useammassa kuin yhdessä kaaviossa.

Kuvassa 12 on esimerkki tankin pinnankorkeuden mittauksen merkitsemisestä PI-kaavioon. Instrumentin ohjaus tapahtuu aluksen automaatiojärjestelmässä ja sen tiedot näkyvät valvomossa. Mittaukselle on merkitty yläraja, eli järjestelmä ilmoittaa valvomoon hälytyksellä, kun tankin nesteen pinnankorkeus ylittää ennalta määrätyn yläraja-arvon. Hälytyksen ylä- tai alaraja-arvot voidaan kuvata prosenteilla. Esimerkiksi tankin pinnankorkeuden ylärajahälytykseksi voidaan merkitä 95% eli järjestelmä hälyttää, kun tankissa on tietty prosenttimäärä nestettä sen kokonaistilavuudesta. Piiri on tässä tapauksessa yksilöity juoksevalla numerolla 013, joka erottaa sen järjestelmän muista instrumenttipiireistä. Kyseisen piirin positiotunnus on LIA-013. Järjestelmännumero esitetään tarvittaessa piirrosmerkin ulkopuolella vasemmassa yläkulmassa.



Kuva 12. Esimerkki instrumentoinnin tunnuskirjainten ja -numeroiden käytöstä.

6 I/O-LISTA

Sähkö- tai automaatio suunnittelijat laativat järjestelmään taulukkomuotoisen I/O-listan, joka voidaan toteuttaa esimerkiksi Microsoft Excel -ohjelmalla. Siinä esitetään automaatioon liitettävien mittaus-, ohjaus- tai säätölaitteiden tulot ja lähdöt. Luokituslaitokset määrittelevät tiettyjä mittauspisteitä, joiden tulee näkyä aluksen valvontajärjestelmässä. I/O-listaan merkitään myös laitevalmistajien mittauspisteet.

Yleensä eri järjestelmiin liittyvät instrumentoinnit jaotellaan I/O-listassa osiin sen järjestelmän tai laitteen numeron mukaan, johon ne yhdistetään. Listasta nähdään muun muassa instrumenttien positiotunnukset, sijainnit, mahdolliset hälytykset ja lukitukset sekä kuvaus instrumentin toiminnasta. I/O-lista toimii lähtökohtana järjestelmän ohjelmoinnille. Siihen kerätään suunnittelusta, kuten PI-kaaviosta ja laitetoimittajilta saadut mittauspisteet. Lista täydennetään myöhemmin valmistajan tietojen mukaan sen I/O-kortin numero, johon laite kytketään.

7 JÄRJESTELMÄKUVAUKSET

Kaikista aluksen tärkeimmistä järjestelmistä tehdään perussuunnitteluvaiheessa piiri-kohtaiset järjestelmäkuvaukset. Ne kirjoitetaan aina asiakkaan vaatimalla kielellä, yleensä englanniksi. Usein kuvaukseen tulee vielä toteutusvaiheessa muutoksia. Järjestelmäkuvauksen tärkein tehtävä on antaa yksityiskohtainen kuvaus järjestelmästä laivan tilaajalle, automaatiojärjestelmän tekijälle, miehistölle, luokituslaitokselle ja telakalle. Samalla se toimii myös perustana jatkosuunnittelulle.

Järjestelmäkuvauksesta tulee saada selville sen rakentamiseen, käyttöön ja ylläpitoon tarvittavat tiedot. Siinä esitetään sanallisesti, miten kyseinen järjestelmä toimii, mihin sitä tarvitaan ja millainen rakenne sillä on. (Ajo ym. 2001, 29.) Järjestelmäkuvauksissa kuvataan tärkeimpien järjestelmien periaatteet ja esitetään niihin liittyvät kaaviot. PI-kaavio on olennainen osa järjestelmäkuvaukseen. Siitä saatujen tietojen perusteella järjestelmäkuvaukseen voidaan tehdä materiaaliluettelo sekä laskea järjestelmän alustavat kustannukset. Järjestelmäkuvauksessa sisältyy ainakin listan järjestelmän pääkomponenteista, tekniset tiedot ja toimintakuvaus. Sen sisältöön vaikuttavat muun muassa asiakkaan, laite- ja ohjelmistotoimittajan sekä luokituslaitoksen vaatimukset.

Liitteessä 3 on esimerkki merivesijäähdytysjärjestelmän järjestelmäkuvauksesta. Alussa esitetään tietoja kyseisestä dokumentista, kuten siinä käytetyistä lyhenteistä ja nimitetään organisaatiot, joiden asettamia sääntöjä suunnittelussa noudatetaan. Järjestelmäkuvauksessa esitetään dokumentin tarkoitus, lähteet sekä säännöt ja vaatimukset, joita luokituslaitos on asettanut aluksen suunnittelulle. Siinä esitetään järjestelmän toimintaperiaate ja lista järjestelmän pääkomponenteista. Komponenttilistasta nähdään komponenttikohtaiset numerot ja nimet sekä niiden tyypit ja lukumäärät. Järjestelmäkuvauksessa on listattuna ne järjestelmät, joihin merivesijäähdytysjärjestelmä liittyy olennaisesti. Siinä esitetään myös, miten järjestelmä on kahdennettu, jotta sen toiminta turvattaisiin mahdollisten vika- tai häiriötilanteiden sattuessa. Dokumentissa esitetään järjestelmän hälytykset sekä mistä ja miten järjestelmää valvotaan, säädetään ja ohjataan. Siihen on listattu kaikki ne tiedot, jotka operaattori näkee valvomopäätteiltä. Järjestelmäkuvauksessa esitetään erikseen merivesipumppujen ja kauko-ohjattujen venttiilien tiedot, kuten niiden ohjaukset ja monitoroinnit.

8 MERIVESIJÄÄHDYTYSJÄRJESTELMÄ

8.1 Järjestelmän rakenne

Laivoissa merivedellä jäähdytetään makeaa jäähdytys- ja talousvettä. Joissain aluksissa merivedestä myös tuotetaan makeaa vettä. Merivesi otetaan aluksen pohjassa sijaitsevista pohjakaivoista. Laivoissa on kaksi pohjakaivoa, yksi korkean- ja yksi matalan imun kaivo. Lisäksi laivan etupäässä on yksi itsenäinen merivesikaivo. Korkeampi pohjakaivo eli jääkaivo on välttämätön jääolosuhteissa operoivissa laivoissa. Sen ilmatila ylettyy vesiviivan yläpuolelle. Merivesikaivot mitoitetaan järjestelmiin kuuluvien merivesipumppujen enimmäistehon mukaan ja niihin liitetään kasvillisuudenpoistojärjestelmä ja matalapaineinen ilmapuhallusjärjestelmä eli työilma (Pääkkönen & Haapalainen 2008, 67). Höyryä voidaan käyttää poistamaan pohjakaivoihin muodostunutta jäätä.

Merivesi johdetaan kaivoista laitaventtiilien ja karkeiden suodattimien kautta yhdysputkeen ja sitä kautta keskusjäähdytyspumppuille. Merivesijäähdytysjärjestelmässä on yleensä kaksi tai kolme keskipakoista merivesipumppua. Suurimmissa laivoissa pumput ovat aina sähkökäyttöisiä. Jos järjestelmässä on kaksi pumppua, toinen niistä on käynnissä ja toinen valmiustilassa. Mikäli pumppuja on kolme, kaksi niistä käy rinnakkain noin 50% teholla ja yksi on valmiustilassa. Järjestelmässä on lisäksi myös pienitehoinen merivesipumppu satamakäyttöön. (Häkkinen 1993, 175-176.) Merivesijäähdytysjärjestelmässä pumppujen ja laitaventtiilien ohjaus tapahtuu kauko-ohjauksena IAS:sta.

Taajuusmuuttajia käytetään laivateollisuudessa yhä enemmän niiden helppokäyttöisyyden ja hintojen laskun vuoksi. Taajuusmuuttajia ohjataan PLC-logiikalla ja niiden säätämiseen käytetään PID-säädintä mahdollisimman tarkan säädön saavuttamiseksi. Pumput mitoitetaan aina maksimi kapasiteetin mukaan. Sähkömoottoreilla varustettujen pumppujen pyörimisnopeutta voidaan säätää taajuusmuuttajien avulla kulloisenkin tarpeen mukaan ja siten pystytään säästämään energiaa. Myös liian alhaisen tai korkean virtausnopeuden aiheuttamia haittoja järjestelmässä voidaan rajoittaa taajuusmuuttajien avulla ja siten estetään laitteiden kulumista. Liian alhainen virtausnopeus saattaa aiheuttaa orgaanisen kasvuston kiinnittymistä, jolloin se pitää irrottaa mekaanisesti. Liian korkea virtausnopeus puolestaan altistaa järjestelmän eroosiolle ja kavitaatiolle. (Häkkinen 1993, 176.) Virtausnopeuden voimakas muutos saattaa aiheuttaa myös paineiskuja, jotka voivat vahingoittaa järjestelmän laitteita ja putkistoa.

Merivesijäähdyttiminä käytetään yleensä levylämmönsiirtimiä niiden pienen koon ja helpon puhdistettavuuden vuoksi. Jokainen merivesipumppu pumppaa vettä yhdelle lämmönsiirtimelle. Levylämmönsiirtimissä ryhmä titaanilevyjä on kiristetty päätylevyjen väliin. Kaikissa levyjen kulmissa on virtausaukot, joissa toisella puolella virtaa lämmin makeavesi ja toisella puolella viileämpi merivesi jäähdyttäen makean veden. Lämmönsiirtimiltä osa merivedestä johdetaan laitaventtiilien kautta takaisin mereen ja osa takaisin pumppujen imupuolelle. Näin vältetään mahdollisesti liian kylmän meriveden aiheuttamat haitat. (Häkkinen 1993, 175-177.)

Jääkaivoa käytettäessä osa merivettä lämpimämmästä paluuedestä voidaan myös johtaa takaisin pohjakaivoon, jotta vesi ei jäätyisi kaivossa. Mikäli aluksessa on höyryjärjestelmä, vettä ei pumpata suoraan takaisin mereen, vaan se kulkeutuu ennen yliuotoventtiileitä ylijäämähöyryn lauhduttimelle (Pääkkönen & Haapalainen 2008, 67).

8.2 Meriveden käyttökohteet ja makean veden tuottaminen

Merivettä voidaan johtaa pääkoneiden, sähköisten voimansiirtolaitteiden, yleisen vesijäähdytysjärjestelmän ja keulapotkurien sähkömoottoreiden makeavesijäähdyttimille sekä ylijäämähöyryn keräimille ja polttolaitoksen lämmönvaihtimien merivedenkierto-putkistolle. Lisäksi hotelliosan erikoistilojen ja ilmastoinnin vedenjäähdyttimien lämmönsiirtimissä voidaan käyttää merivettä. (Pääkkönen & Haapalainen 2008, 67).

Makeaa vettä tarvitaan koneiden ja laitteiden jäähdytysvedeksi sekä talousvedeksi. Makea vesi voidaan tuoda alukseen maista tai se voidaan tuottaa merivedestä evaporaattoreiden tai käänteisosmoosin avulla. Suuremmissa laivoissa makea vesi tuotetaan yleensä makean veden generaattorilla. Usein käytetään evaporaattoria, jossa merivedestä poistetaan suolat tislamalla. Sen toiminta perustuu meriveden alhaiseen kiehumispisteeseen alipaineistetussa tilassa. Alipaine tuotetaan evaporaattoriin merivesipumpun ja ejektorin avulla. Koska kiehumiseen tarvittava lämpö on paljon alhaisempi kuin veden normaali kiehumispiste, lämpö saadaan hyötykäyttönä höyry- tai pakokaasukattiloista tai dieselmoottoreiden jäähdytysveden lämmöstä. (Pääkkönen & Haapalainen 2008, 39.) Evaporaattorin avulla tuotettu makea vesi ei kelpaa sellaiseen juomavedeksi. Sitä kutsutaankin tekniseksi vedeksi, jota käytetään esimerkiksi koneiden ja laitteiden jäähdytykseen. Jos talousvesi tuotetaan evaporaattoreilla, se tulee yleensä käsitellä vielä mineralisaattoreilla, jotta se kelpaisi juomavedeksi.

Makea vesi voidaan tuottaa myös käänteisosmoosilaitteistolla. Merivesi suodatetaan ensin kiinteistä partikkeleista, jonka jälkeen se pakotetaan suurella painella siirtymään puoliläpäisevän kalvon läpi erotellen suolan ja muut aineet merivedestä. Käänteisosmoosilaitteisto ei vaadi evaporaattoreiden tapaan lämpöenergiaa, vaan suurin energiankulutus aiheutuu pumpusta, jota käytetään paineen korottamiseen. Käänteisosmoosin avulla vedestä tulee jopa liian puhdasta, joten siihen on lisättävä mineraaleja, jotta se kelpaa talousvedeksi. (Haimila ym., 2015.)

8.3 Automaatiojärjestelmä

Merivesijäähdytysjärjestelmässä on kaksi taajuusmuuttajaohjattua keskipakopumppua. Taajuusmuuttajia ohjataan PLC-logiikalla käyttämällä PID-säätöä. Niiden ohjaus esitetään makean veden HT/LT (high/low temperature) -kaaviossa. Merivesikierron avulla säädellään HT/LT-veden lämpötilaa halutuksi. HT/LT-veden lämpötilan mukaan säädetään merivesijäähdytyspumppujen pyörimisnopeutta.

Toinen pumpuista on käynnissä ja toinen valmiustilassa. Pumput käynnistetään ja pysäytetään manuaalisesti MCC:sta. Niiden käyntitiedot esitetään IAS:ssa, josta järjestelmää myös valvotaan ja ohjataan. Operaattori pystyy säätämään pumppujen asetusarvoja, kuten minimi pyörimisnopeutta. Mahdollisten sähkökatkosten jälkeen pumput käynnistyvät automaattisesti samalla pyörimisnopeudella kuin ennen sähkökatkosta. Myös laitaventtiileitä ohjataan ja valvotaan IAS:ssa.

Merivesipumppujen molemmilta puolilta mitataan paine. Pumppujen jälkeen yhdistetyssä putkilinjassa kaksi painelähetintä suorittaa jatkuvaa paineen mittausta. Paineen alarajahälytys toteutetaan IAS:n softassa eli mahdollinen paineen aleneminen havaitaan valvomossa hälytyksenä. Jos paine laskee järjestelmässä, käynnissä olevan pumpun kierrosnopeutta nostetaan automaattisesti. Mikäli käynnissä olevan pumpun teho ei yksin riitä, vaikka se kävisi maksiminopeudella, käynnistetään myös valmiustilassa oleva pumppu. Automaattikäynnistyksessä on muutaman sekunnin viive, jotta lyhyet paineen putoamiset eivät aiheuttaisi pumppujen turhia käynnistyksiä.

9 YHTEENVETO JA PÄÄTELMÄT

Laivajärjestelmiin asennetaan tuhansia mittaus-, säätö-, ja ohjauspisteitä. Niiden määrä nousee koko ajan automaation kehittyessä ja lisääntyessä. Oikeiden mittauspisteiden ja -laitteiden valitseminen onkin hyvin tärkeää toimintojen oikein toteutumisen ja turvallisuuden kannalta. Instrumentointien määrän lisääntyessä olisi hyödyllistä, että yhä useammalla suunnittelijalla olisi tarvittavat valmiudet sen toteuttamiseen.

Aluksen ohjausjärjestelmien toiminnot tulisi aina suunnitella käyttäjän näkökulmasta. Jo perussuunnitteluvaiheessa tulisi kiinnittää huomiota siihen, että järjestelmät suunnitellaan riittävän yksinkertaiseksi. Ohjausjärjestelmää pystytään valvomaan ja ohjaamaan tehokkaammin, kun operaattori saa tarpeeksi selkeää tietoa järjestelmästä. Instrumentointia ja automaatiojärjestelmää suunniteltaessa olisi mietittävä, mitä järjestelmästä kannattaa mitata ja missä mittaustiedot tulisi esittää. Esimerkiksi kaikkia mittaustietoja ei ole tarpeellista esittää valvomopäätteillä. Operaattorin on helpompi valvoa järjestelmää ja havaita kriittisimmät vika- tai häiriötilanteet, kun järjestelmä pidetään riittävän yksinkertaisena.

Laivasuunnittelussa instrumentoinnin ja järjestelmäkuvausten laatimisen hoitaa yleensä sähköosasto tai kone- ja sähköosastot voivat tehdä sen yhteistyössä. Kone- ja sähköosastojen välinen työnjako on jakautunut Deltamarinissa pitkälti niin, että koneosastolla huolehditaan järjestelmän mekaanisesta suunnittelusta ja sähköosastolla laitteiden sekä komponenttien liittämistä aluksen automaatiojärjestelmään.

Järjestelmäkuvaukset kannattaisi toteuttaa sellaisten suunnittelijoiden toimesta, joilla on perusteellinen tietämys järjestelmien automaatiotoiminnoista. Helpointa instrumentoinnin ja järjestelmäkuvausten laadinta on toteuttaa sähköosaston toimesta, sillä sähköosasto tuntee järjestelmien toimintaperiaatteet ja huolehtii järjestelmien liittamisestä aluksen automaatiojärjestelmään.

Vaihtoehtoisesti järjestelmäkuvaukset voitaisiin laatia koneosastolla niin pitkälle, että sähköosaston tehtäväksi jäisi järjestelmäkuvauksen täydentäminen automaatiotoimintojen osalta. Yhteistyön tuloksena järjestelmäkuvaus tulisi samalla myös tarkistettua perusteellisesti. Koneosastolla olisi hyvä ainakin ymmärtää automaatiojärjestelmän toimintaperiaate ja instrumentoinnin perusteet, sillä niiden osaaminen auttaa koko järjestelmän toimintojen ymmärtämisessä. Mikäli koneosaston suunnittelijat alkaisivat

laatia järjestelmäkuvauksia, olisi varmistettava riittävästä koulutuksesta ja perehdytyksestä automaatiojärjestelmien toimintaan.

Kaikkien suunnittelijoiden perehdyttäminen järjestelmäkuvauksen laadintaan ei kuitenkaan olisi kannattavaa, sillä se veisi liikaa resursseja. Järjestelmäkuvauksien laadinta voitaisiin toteuttaa nimeämällä tehtävään vastuhenkilö tai -henkilöitä, jotka työskentelisivät yhteistyössä kone- ja sähköosastojen kanssa. Järjestelmäkuvauksista voitaisiin luoda yksi toimiva pohja, jonka mukaan kaikki kuvaukset laadittaisiin. Järjestelmäkuvauksien laatimiseen tarvitaan tietoa sekä koneistojärjestelmästä, että niiden automaatio-toiminnoista. Vastuhenkilön tai -henkilöiden tulisi tuntea kaikkien järjestelmien toimintaperiaatteet.

LÄHTEET

ABB Oy. 2007. ABB:n TTT-käsikirja 2000-07. Viitattu 28.10.2016. Saatavilla sähköisesti osoitteessa http://www.oamk.fi/~kurki/automaatiolabrat/TTT/24_Prosessiautomaatio.pdf.

Ajo, R., Hakonen, S., Harju, H., Järvi J., Kaskes, K., Lenardic, E., Niukkanen, E., Nurminen T., Ritala, P., Tolppanen, M. & Tommila, T. 2001. Laatu automaatioissa. Parhaat käytännöt. Helsinki: Suomen automaatioseura ry.

Bureau Veritas. 2016. Laivojen ja meriteknisten rakenteiden luokitus. Viitattu 3.11.2016. Saatavilla sähköisesti osoitteessa http://www.bureauveritas.fi/wps/wcm/connect/bv_fi/local/services+sheet/laivojen_ja_meriteknisten_rakenteiden_luokitus.

Haimila, M., Alitalo A., Heikkinen N., Kokkonen I., Kuitunen J., Nikitin N. & Nousiainen T. 2015. Evaporaattori ja käänteisosmoosi. Viitattu 16.11.2016. Saatavilla sähköisesti osoitteessa <https://prezi.com/xfwvrgj31scy/evaporaattori-ja-kaanteisosmoosi/>.

Harju, T. & Marttinen, A. 2000. Säättöpiirin v irityksen perusteet. Espoo: Control CAD Oy.

Hietanen, T. 2009. Automaatiotekniikka. Oulun seudun ammattikorkeakoulu. Viitattu 31.10.2016. Saatavilla sähköisesti osoitteessa http://www.tekniikka.oamk.fi/~terohi/auto1_s2009u.htm.

Häkkinen, P. 1993. Laivan koneistot. Helsinki: Teknillinen korkeakoulu.

Häkkinen, P. 2002. Laivan putkistot. Otaniemi: Teknillinen korkeakoulu.

Kippo, A. & Tikka, A. 2008. Automaatiotekniikan perusteet. Helsinki: Edita Prima Oy.

OSAO Oulun seudun ammattiopisto. Johdanto verkkotekniikkaan. Viitattu 17.11.2016. Saatavilla sähköisesti osoitteessa http://www.okol.org/verkkokurssit/datanomi/tietojarjestelmien_kaytto_ja_kehittaminen/lahiverkko_internet/lanjaint/johdanto_verkkotekniikkaan/johdanto3.htm.

Pere, A. 2009. Koneenpiirustus 1 & 2. 10. painos. Espoo: Kirpe Oy.

PSK 3603. 2012. PSK standardisointiyhdistys ry.































Pääkkönen, T. & Haapalainen, M. 2008. Laivaputkiasentajan oppikirja. Turku: Ammattilaisen väylä Itämerellä.

SFS-ISO 14617-6. 2015. Instrumentoinnin piirrosmerkit. 2. Painos. Helsinki: Suomen standardisointiliitto SFS ry.













Suomen automaatio-seura ry. 2007. Automaatiosuunnittelun prosessimalli. Verkkojulkaisu. Viitattu 28.10.2016. Saatavilla sähköisesti osoitteessa



















http://www.automaatioseura.fi/site/assets/files/1367/automaatiosuunnittelun_prosessimalli.pdf.

Venttiilit

















	Istukkaventtiili (Globe valve)		Jousikuormitteinen itsesulkeutuva venttiili (Self closing valve, spring loaded)
	Istukkaventtiili, kulma (Globe valve, angle)		Takaiskuläppäventtiili (Non return flap valve)
	Istukkaventtiili, kolmitie (Three way valve)		Säätöventtiili (Regulating valve)
	Palloventtiili (Ball valve)		Hana, suora (Cock, straight through)
	Perhosventtiili (Butterfly valve)		Hana, kulma (Cock, angle)
	Suljettava takaiskuventtiili (Screw down non return valve)		Kolmitiehana, jonka tulpassa L-aukko (Three way cock, L-type)
	Suljettava takaiskuventtiili, kulma (Screw down non return valve, angle)		Kolmitiehana, jonka tulpassa on T-aukko (Three way cock, T-type)
	Takaiskuventtiili (Check valve)		Venttiili, hana, läpivienti (Valve)
	Takaiskuventtiili, kulma (Check valve, angle)		Venttiili, kulma (Valve, angle)
	Luistiventtiili (Gate valve)		Kolmitieventtiili (Three way valve)
	Pika-sulkuventtiili (Quick closing valve)		Itsesulkeutuva venttiili (Self closing valve)
	Pika-sulkuventtiili, kulma (Quick closing valve, angle)		Kalvoventtiili (Diaphragm valve)
	Palopostiventtiili (Fire hydrant valve)		Varoventtiili (Safety valve)
	Palopostiventtiili, kulma (Fire hydrant valve, angle)		Varoventtiili, kulma (Safety valve, angle)
	Paineenalennusventtiili (Pressure reducing valve)		Paineenalennusventtiili, kulma (Pressure reducing valve, angle)

Laitteet ja koneet









	Suodatin/seula (Filter/Strainer)		Automaattisuodatin (Auto back flush filter)
	Merivesi suodatin (Sea Water Strainer)		Ejektori (Ejector)
	Mutalaatikko (Mud box, straight)		Erotin (Steam trap)
	Mutalaatikko, kulma (Mud box, angle)		Virtausmittari (Flow meter)
	Keskipakopumppu (Centrifugal pump)		Pumppu (Pump)
	Käsiikäyttöinen pumppu (Hand pump)		Hammaspyöräpumppu (Screw or gear pump)

	Mäntäpumppu (Piston pump)		Separaattori (Separator)
	Pneumaattinen pumppu (Pneumatic pump)		Öljyn tai veden erotin (Oil or water separator)
	Putkilämmönvaihdin (Tube heat exchanger)		Levylämmönvaihdin (Plate heat exchanger)
	Äänitorvi (Horn)		Ilmanerotin (Deaerator)
	Ilmaputki, hanhenkaula (Air pipe, goose neck)		Ilmaputki, varustettu tulisuojaalla (Vent check valve with fire proof SS Screen)
	Ilmaputki, suljettava (Vent check valve)		Suppilo (Funnel)
	Peilausputken kansivaruste (Deck fitting for sounding or filling)		Imusuppilo (Bell mouth)
	Täyttöputki (Filling pipe)		Peilausputki (Sounding pipe)
	Täyttöputki ylhäältä (Filling pipe top view)		Peilausputki ylhäältä (Sounding pipe top view)



Putket ja putkiliittimet

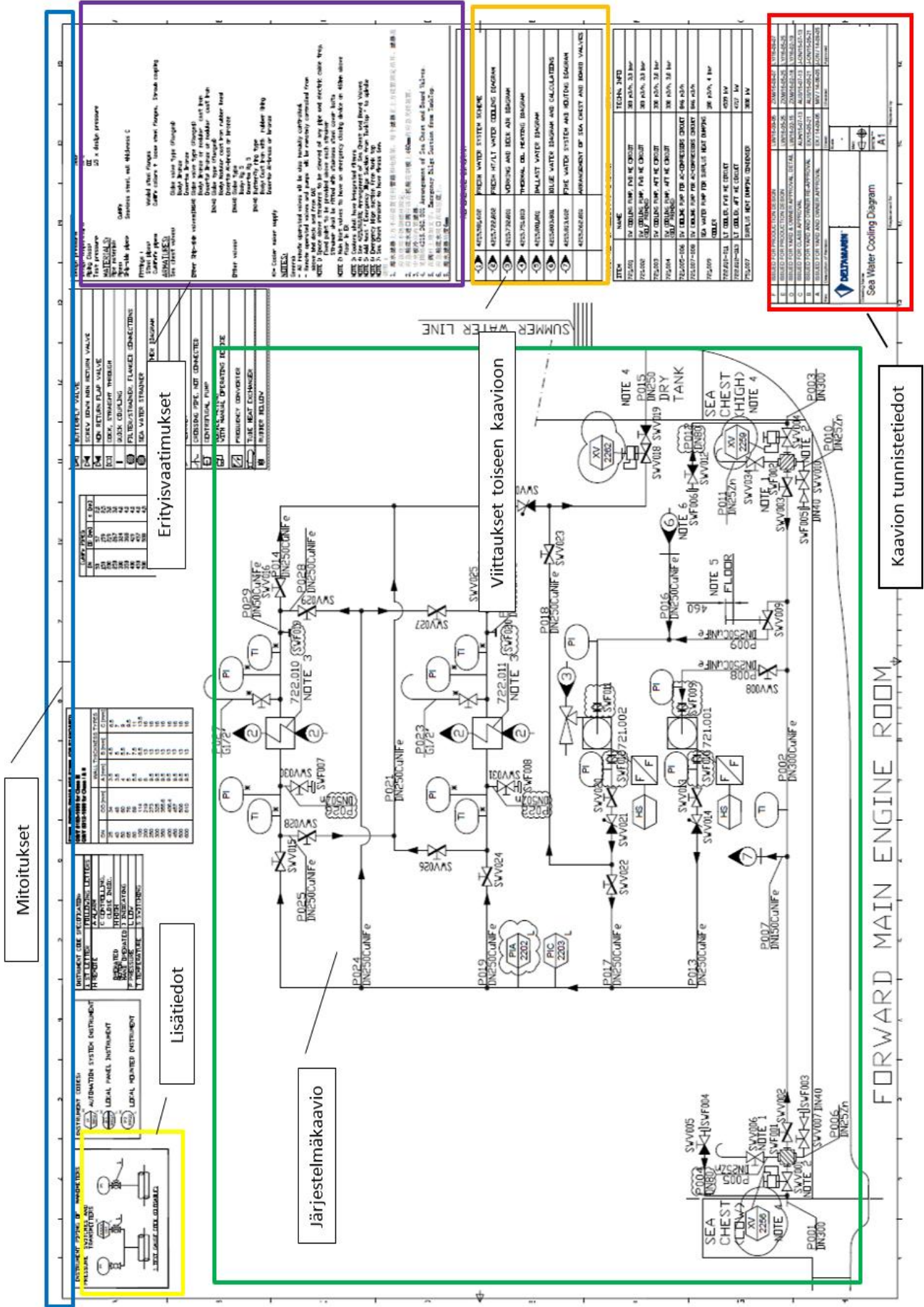
	Taipuisa putki (Flexible)		Risteävät putket (Crossing pipe, not connected)
	Kuristuslaippa (Orifice)		Risteävät putket liitoksin (Crossing pipe, connected)
	Kääntölaippa (Spectacle flange)		Virtauksen suunta (Flow direction)
	Laajennustasain (Expansion bellow)		Alaspäin lähtevä putki (Pipe running down)
	Laajennusputki (Expansion pipe)		Alas- ja ylös menevä putki (Pipe running up and down)
	Pikaliitos (Quick coupling)		Ylöspäin lähtevä putki (Pipe running up)
	Kansi kierteillä (End cap)		Yhdyspiste toiseen kaavioon (Connecting point to other diagram)
	Umpilaippa (Blind flange)		Supistuskappale (Reducer)


Ohjaus- ja säätöosat

	Sähkömoottori (Electric motor)		Termostaatti (Thermostat)
	Diesel moottori (Diesel motor)		Uimuri (Float)
	Pneumaattinen moottori (Pneumatic motor)		Paino (Weight)
	Kalvo (Membrane)		Jousi (Spring)

Liite 1. Yleisimpiä kaaviopiirrosmerkkejä (Deltamarin Ltd 2016; Pääkkönen & Haapalainen 2008, 308-312) (3)

	Mäntä (Piston)	T	Käsi­käyt­ttöinen (Manual control)
	Kaukokäyt­ttöinen (Remote control)		



 DELTAMARIN®	DELTAMARIN LTD		
DOCUMENT REVIEW COVER SHEET			
Purchase Order No. :			
Purchase Order Description :			
Vendor			
Plant no. :			
OCP Document Number :		REV :	B
Vendor Document Number :		REV :	
Document Description :	CONTROL NARRATIVE - SEA WATER COOLING SYSTEM DIAGRAM		
Vendor Equipment Tag No. :			
Owner Equipment Tag No.:			
			Total Nos. of Sheets:
Status	Status Code	Code Description	
<input type="checkbox"/>	1	APPROVED.WORK MAY PROCEED.	
<input type="checkbox"/>	2	REVISE AND RESUBMIT.WORK MAY PROCEED SUBJECT TO INCORPORATION OF CHANGES INDICATED.	
<input type="checkbox"/>	3	REJECTED - TO BE REVISED AND RESUBMIT.WORK MAY NOT PROCEED.	
<input type="checkbox"/>	4	FOR INFORMATION ONLY.	
<input type="checkbox"/>	5	CANCELLED/DELETED	
"Code 1", "Code 2" and "Code 4" endorsed on Contractor data by Owner shall not relieve the Contractor from full responsibility for any errors or omissions, therein, or limit the Contractor's obligations for conformance to Specification and Purchase Order or Contract requirements.			
Reviewed by:	Name _____ Signed _____	Date	__/__/__

CONTROL NARRATIVE - SEA WATER COOLING SYSTEM DIAGRAM

Revision record

Current revisions are identified on the relevant page(s) in *Italic*. All previous identifications are removed.

<i>B</i>	<i>2015-10-27</i>	<i>Issued for review</i>	<i>KD</i>	<i>JuR</i>	<i>KKN</i>
<i>A</i>		<i>Not issued</i>			
Rev.	Issue Date	Description / Purpose	Originator	Checked	Approved

Combining cost-efficiency with sustainability



Deltamarin Ltd

Postikatu 2, FI-20250 TURKU, FINLAND / tel +358 2 4336 300 / info@deltamarin.com

Table of Contents

1. About this document.....	4
1.1. Document history	4
1.2. References	4
1.3. Abbreviations	4
1.4. Holds	4
2. Introduction	5
2.1. Purpose	5
2.2. Reference documents	5
2.3. Classification Society - Rules & Regulations	5
3. Sea water cooling system Introduction	6
3.1. Introduction	6
3.2. Interlocks.....	6
3.3. System main components.....	6
3.4. Safe state definition.....	9
3.5. Sea water cooling system redundancy and worst case failure	9
3.6. Emergency shutdown (ESD)	9
3.7. Fire & Gas.....	9
4. Control and monitoring.....	10
4.1. Sea water cooling system monitoring signals - VMS	11
4.2. Operation and monitoring of the pumps	13
4.3. Operation and monitoring of the sea water cooling valves	15
4.4. Sea water cooling system alarm signals - VMS	17
5. Instruments for remote monitoring	18

1. About this document

1.1. Document history

Revision	Description of Change
A	Not Issued
B	IFR

1.2. References

Design and engineering shall conform as a minimum requirement to the current edition of the following in order of preference:

- IMO & Solas Rules & Regulations
- Applicable laws and regulations of the country in which the system will be operated.
- End-customer specifications and requirements
- Classification Society - Rules & Regulations
- Applicable International Electrotechnical Commission (IEC) publications

1.3. Abbreviations

AFT	After
ESD	Emergency shutdown system
FWD	Forward
FW	Fresh water
GE	Generator
LR	Lloyd's Register of Shipping
ME	Main engine
MGPS	Marine Growth Protection Systems
PMS	Power management system
PS	Port Side
PT	Pressure transmitter
P&ID	Piping and Instrumentation Diagram
SB	Starboard Side
SW	Sea water
TT	Temperature transmitter
VMS	Vessel Management System

1.4. Holds

Hold 1

2. Introduction

2.1. Purpose

This document covers the specification for Sea water cooling system for . The specification defines the minimum requirements for the engineering, design, material procurement, fabrication, testing, packing and delivery of the Sea water cooling system along with its accessories for installation and operation on-board the

The document shall be used during the design stages (Basic and Detail Design). The present specification and standard requirements have been carefully evaluated and taken into account when producing this document.

2.2. Reference documents

No	Doc No	Description
1	OPC-VES-AS-P6K-ZPM-VEG-IC-DBA-003	Technical Vessel Contract Specification
2	OPC-VES-AS-P6K-ZPM-ELS-GN-MAN-0001	Tagging & Coding Manual
3	OCP-VES-AS-P6K-DAM-MMC-PP-PID-0010	Sea water cooling system

2.3. Classification Society - Rules & Regulations

Classification

The vessel will be built in accordance with the latest rules and regulations of Lloyd Register (Rules and Regulations for the Classification of Ships). Class notation suitable for pipelay and derrick operations.

LR notation:

⊕100 A1, Pipe Laying Ship, Helicopter Landing Area, LA, IWS, LI, ECO (IHM), Ice Class 1C FS, WDL (15 ton/m²), ⊕LMC, UMS, DP(AAA), CAC 3, BMT, ShipRight ACS(B)

The following LR documents (latest revision) are applicable:

LR – July 2013 Rules and Regulations for the Classification of Ships

All cranes to be Class certified (CLAME).

All engineering, drawings and specifications will be in accordance with the latest applicable rules, standards and codes as mentioned in this chapter.

Rules and regulations

See ship's technical specification item 4.2

3. Sea water cooling system Introduction

3.1. Introduction

Sea water cooling system has four separated sea water cooling inlet cross-overs, which are located in: Aft PS pump room , Aft SB pump room, Fwd PS pump room and Fwd SB pump room. Some of Sea water cooling pumps are frequency controlled. System includes also sea water central coolers and sea chests.

All sea chests shall be protected by MGPS.

3.2. Interlocks

Pumps starting are blocked, if all suction side sea chest valves are closed. In this case alarm is given in VMS

3.3. System main components

The sea water cooling system consists of following main components:

Equipm. No.	Name	PCs	Type
721.001.01.0 721.001.02.0 721.001.03.0 721.001.04.0 721.001.05.0 721.001.06.0	SW COOLING PUMP FOR ME	6	550 m3/h, 3 bar
721.011.01.0 721.011.02.0 721.011.03.0 721.011.04.0	SW COOLING PUMP FOR CHILLERS	4	780 m3/h, 3bar
721.034.01.0 721.034.02.0 721.034.03.0 721.034.04.0	SW COOLING PUMP FOR THR. GROUP 1 & GROUP 2	4	320 m3/h, 3 bar
721.035.01.0 721.035.02.0 721.035.03.0 721.035.04.0	SW COOLING PUMP FOR THR. GROUP 3 & GROUP 4	4	360 m3/h, 3 bar
721.084.01.0 721.084.02.0	SW COOLING PUMP FOR AUXILIARIES	4	1000 m3/h, 3 bar

Equipm. No.	Name	PCs	Type
721.084.03.0 721.084.04.0			
721.085.01.0 721.085.02.0 721.085.03.0 721.085.04.0	SW COOLING PUMP FOR ME AUXILIARIES	4	165 m3/h, 3 bar
722.001.01.0 722.001.02.0 722.001.03.0 722.001.04.0 722.001.05.0 722.001.06.0 722.001.07.0 722.001.08.0	CENTRAL COOLER FOR ME	8	9000 kW
722.013.01.0 722.013.02.0 722.013.03.0	CENTRAL COOLER FOR CHILLERS	3	8000kW
722.034.01.0 722.034.02.0 722.034.03.0 722.034.04.0	CENTRAL COOLER FOR THR. GROUP 1 & GROUP 2	4	2100 kW
722.035.01.0 722.035.02.0 722.035.03.0 722.035.04.0	CENTRAL COOLER FOR THR. GROUP 3 & GROUP 4	4	2260 kW
722.004.01.0 722.004.02.0 722.004.03.0 722.004.04.0	CENTRAL COOLER FOR AUXILIARIES	4	7300 kW
722.021.01.0 722.021.02.0 722.021.03.0 722.021.04.0	CENTRAL COOLER FOR ME AUXILIARIES	4	1450 kW

Equipm. No.	Name	PCs	Type
722.090.01.0 722.090.02.0	CENTRAL COOLER FOR PROVISION REFRIGERATION PLANT	2	70 kW
721.090.01.0 721.090.02.0	SW PUMP PROVISION REFRIGERATION PLANT	2	10 m ³ /h, 3 bar
721.095.01.0 721.095.02.0	SW PUMP ECOLCELL ANTIFOULING SYSTEM	2	15 m ³ /h, 2,5 bar
721.096.01.0 721.096.02.0	SW PUMP ECOLCELL ANTIFOULING SYSTEM	2	12 m ³ /h, 2,5 bar
721.097.01.0 721.097.02.0	G.E. R3000 - ELECTRO. GROUP ECOLCELL ANTIFOULING SYSTEM	2	-
721.098.01.0 721.098.02.0	G.E. R2000 - ELECTRO. GROUP ECOLCELL ANTIFOULING SYSTEM	2	-

Connections to other systems:

System	Connection
FW cooling system	Sea water coolers FW circulation
FW cooling system for me auxiliaries	Sea water coolers FW circulation
FW cooling system for chillers	Sea water coolers FW circulation
GE fresh water cooling system	Sea water coolers FW circulation
Thruster FW cooling system	Sea water coolers FW circulation
FW generation system principle diagram	Sea water to FW generation system
Bilge system	Sea water to main firefighting system
Ballast system	Sea water to ballast system
Main firefighting system	Sea water to main firefighting system
Service and instrument air system	Sea chest and overboard connections

System	Connection
Tank venting system	Sea chest

3.4. Safe state definition

The functionally essential valves should always be either open or closed, depending on the valve in question, and need no actions during normal operation.

3.5. Sea water cooling system redundancy and worst case failure

Redundancy in Case of Fire

Four separated cooling water circuits including pumps and central coolers which are located in different spaces of the ship.

Redundancy in Case of Flooding

The redundancy is the same as in case of fire.

Redundancy in Case of Mechanical Failure

The redundancy is the same as in case of fire.

Effect of mechanical failure is in all cases minor as effect of fire or flooding.

Redundancy in Case of Power Failure

The redundancy is the same as in case of fire.

Sea water cooling pumps are powered from Separate switchboards located in different places. Total loss of one power supply does not disturb function of sea water cooling system.

3.6. Emergency shutdown (ESD)

Not applicable.

3.7. Fire & Gas

Not applicable.

4. Control and monitoring

Sea water cooling system has four separated cross-overs which are located in different spaces of the ship. Some of sea water cooling pumps are frequency controlled. All SW pumps are controlled via VMS. One cooling pump/circuit is running and other one is stand-by (except ME cooling pumps which don't have stand-by pump). Cooling system of auxiliaries have two pumps (one cooling pump from pair is running and other pump is stand-by). Stand-by automation is arranged via VMS, using the pressure transmitter which is installed at pumps discharge line.

Pumps speed control principle when SW and FW pumps are frequency controlled:

Pumps Minimum speed set is 60% of motor max. speed to inhibit unnecessary stand-by pump start (limit to be adjusted during commissioning). Sea water and fresh water pumps are frequency controlled by TIC at 38 °C in fresh water pipe after central coolers. The rpm control is fixed at idle speed until the fresh water Three Way Valve reaches opening position 80%. After that the pump rpm is controlled by the fresh water transmitter (TIC). If the FW temperature decreases under the set point, the FW Three Way valve starts to close and pump rpm starts to decrease. When the FW Three Way Valve reaches opening position of 50%, the pump rpm control gets fixed at idle speed again. FW pump speed is controlled parallel according to same principle.

After black-out the pump will be started automatically, if it was running and in the control of the VMS. When ME is selected 1st stand-by in PMS, corresponding sea water pump is started automatically via VMS.

All of four cooling line have back-up supply lines after main coolers to sea chest. Those back-up supply lines are used when ship is operates under 0 °C weather condition.

All central coolers have locally/manually controlled back flushing lines and to be equipped drain and vent connections.

Principle when FW and SW pumps are constant speed:

When both pumps (FW and SW) are running whit constant speed, FW temperature is controlled by FW tree-way valve. Valve position is controlled in VMS, using the temperature transmitter which is installed at tree-way valve discharge line.

4.1. Sea water cooling system monitoring signals - VMS

VMS - SEA WATER COOLING SYSTEM MONITORING			
Syst.	Func	Seq.	Description
721	PIC	134	721.034.01.0 SW COOLING PUMP FOR THR. GROUP 1 & GROUP 2 DISCHARGE
721	PIC	314	721.084.01.0 SW COOLING PUMP FOR AUXILAIRES DISCHARGE
721	PIC	584	721.084.03.1 SW COOLING PUMP FOR AUXILAIRES DISCHARGE
721	PIC	714	721.034.03.0 SW COOLING PUMP FOR THR. GROUP 1 & GROUP 2 DISCHARGE
721	PIC	1282	SW COOLING PUMP FOR ME AUXILIARIES DISCHARGE PS FWD PUMP ROOM
721	PIC	1402	SW COOLING PUMP FOR THR. GROUP 3 & GROUP 4 DISCHARGE PS FWD PUMP ROOM
721	PIC	1562	SW COOLING PUMP FOR CHILLERS DISCHARGE PS FWD PUMP ROOM
721	PIC	1722	SW COOLING PUMP FOR CHILLERS DISCHARGE SB FWD PUMP ROOM
721	PIC	1822	SW COOLING PUMP FOR THR. GROUP 3 & GROUP 4 DISCHARGE SB FWD PUMP ROOM
721	PIC	1972	SW COOLING PUMP FOR ME AUXILIARIES DISCHARGE SB FWD PUMP ROOM
721	PIAHL	114	721.034.02.0 SW COOLING PUMP FOR THR. GROUP 1 & GROUP 2 DISCHARGE
721	PIAHL	284	721.084.02.0 SW COOLING PUMP FOR AUXILAIRES DISCHARGE
721	PIAHL	564	721.084.04.0 SW COOLING PUMP FOR AUXILAIRES DISCHARGE
721	PIAHL	694	721.034.04.0 SW COOLING PUMP FOR THR. GROUP 1 & GROUP 2 DISCHARGE
721	PIAHL	991	721.001.01.0 SW COOLING PUMP FOR ME DISCHARGE
721	PIAHL	1021	721.001.02.0 SW COOLING PUMP FOR ME DISCHARGE
721	PIAHL	1051	721.001.03.0 SW COOLING PUMP FOR ME DISCHARGE
721	PIAHL	1281	SW COOLING PUMP FOR ME AUXILIARIES DISCHARGE PS FWD PUMP ROOM
721	PIAHL	1401	SW COOLING PUMP FOR THR. GROUP 3 & GROUP 4 DISCHARGE PS FWD PUMP ROOM
721	PIAHL	1561	SW COOLING PUMP FOR CHILLERS DISCHARGE PS FWD PUMP ROOM
721	PIAHL	1721	SW COOLING PUMP FOR CHILLERS DISCHARGE SB FWD PUMP ROOM
721	PIAHL	1821	SW COOLING PUMP FOR THR. GROUP 3 & GROUP 4 DISCHARGE SB FWD PUMP ROOM
721	PIAHL	1971	SW COOLING PUMP FOR ME AUXILIARIES DISCHARGE SB FWD PUMP ROOM
721	PIAHL	2061	721.001.04.0 SW COOLING PUMP FOR ME DISCHARGE
721	PIAHL	2091	721.001.05.0 SW COOLING PUMP FOR ME DISCHARGE
721	PIAHL	2121	721.001.06.0 SW COOLING PUMP FOR ME DISCHARGE
721	PIAHL	2464	721.090.02.0 SW PUMP PROVISION REFRIGERATION PLANT DISCHARGE

VMS - SEA WATER COOLING SYSTEM MONITORING			
Syst.	Func	Seq.	Description
721	PIAHL	2514	721.090.01.0 SW PUMP PROVISION REFRIGERATION PLANT DISCHARGE
721	TI	025	OUTLET FROM SEE WATER STRAINER PS AFT TEMPERATURE
721	TI	044	OUTLET FROM SEE WATER STRAINER PS AFT TEMPERATURE
721	TI	071	OUTLET FROM SEE WATER STRAINER SB AFT TEMPERATURE
721	TI	092	OUTLET FROM SEE WATER STRAINER SB AFT TEMPERATURE
721	TI	975	OUTLET FROM SEE WATER STRAINER PS FWD TEMPERATURE
721	TI	945	OUTLET FROM SEE WATER STRAINER PS FWD TEMPERATURE
721	TI	1675	OUTLET FROM SEE WATER STRAINER SB FWD TEMPERATURE
721	TI	1655	OUTLET FROM SEE WATER STRAINER SB FWD TEMPERATURE
721	PDIAH	023	SEE WATER STRAINER AFT PS PUMP ROOM
721	PDIAH	045	SEE WATER STRAINER PUMP ROOM AFT PS
721	PDIAH	073	SEE WATER STRAINER PUMP ROOM AFT SB
721	PDIAH	094	SEE WATER STRAINER AFT SB PUMP ROOM
721	PDIAH	972	SEE WATER STRAINER FWD PS PUMP ROOM
721	PDIAH	942	SEE WATER STRAINER FWD PS PUMP ROOM
721	PDIAH	1672	SEE WATER STRAINER FWD SB PUMP ROOM
721	PDIAH	1652	SEE WATER STRAINER FWD SB PUMP ROOM

Table 4.1.1

4.2. Operation and monitoring of the pumps

Sea water cooling pumps can be operated and monitored from the VMS. Alarm signal is also activated when “Local” control is selected.

The main tag for frequency controlled pumps shall include following pump control signals:

- Start Command XYST
- Stop Command XYSP
- Remote Indication YIRM
- Running Indication YIR
- Inverter failure Alarm UAX
- Speed Command SC
- Speed Indication SI
- Available Indication YIAV

List of frequency controlled pumps:

FREQUENCY CONTROLLED PUMPS	
Equip. No	Name
721.084.01.0	SW COOLING PUMP FOR AUXILIARIES
721.084.02.0	SW COOLING PUMP FOR AUXILIARIES
721.084.03.0	SW COOLING PUMP FOR AUXILIARIES
721.084.04.0	SW COOLING PUMP FOR AUXILIARIES
721.090.01.0	SW PUMP PROVISION REFRIGERATION PLANT
721.090.02.0	SW PUMP PROVISION REFRIGERATION PLANT

The main tag for pumps with soft starters shall include following pump control signals:

- Start Command XYST
- Stop Command XYSP
- Remote Indication YIRM
- Running Indication YIR
- Available Indication YIAV
- Power or Current Indication IT
- Failure Alarm UA

VMS - SEA WATER COOLING SYSTEM CONTROL AND MONITORING			
Syst.	Func	Seq.	Description
721	HS	00101	721.001.01.0 SW COOLING PUMP FOR ME
721	HS	00102	721.001.02.0 SW COOLING PUMP FOR ME
721	HS	00103	721.001.03.0 SW COOLING PUMP FOR ME
721	HS	00104	721.001.04.0 SW COOLING PUMP FOR ME
721	HS	00105	721.001.05.0 SW COOLING PUMP FOR ME
721	HS	00106	721.001.06.0 SW COOLING PUMP FOR ME
721	HS	01101	721.011.01.0 SW COOLING PUMP FOR CHILLERS
721	HS	01102	721.011.02.0 SW COOLING PUMP FOR CHILLERS
721	HS	01103	721.011.03.0 SW COOLING PUMP FOR CHILLERS
721	HS	01104	721.011.04.0 SW COOLING PUMP FOR CHILLERS
721	HS	03401	SW COOLING PUMP FOR THR. GROUP 1 & GROUP 2 PUMP ROOM AFT PS

VMS - SEA WATER COOLING SYSTEM CONTROL AND MONITORING			
Syst.	Func	Seq.	Description
721	HS	03402	SW COOLING PUMP FOR THR. GROUP 1 & GROUP 2 PUMP ROOM AFT PS
721	HS	03403	SW COOLING PUMP FOR THR. GROUP 1 & GROUP 2 PUMP ROOM AFT SB
721	HS	03404	SW COOLING PUMP FOR THR. GROUP 1 & GROUP 2 PUMP ROOM AFT SB
721	HS	03501	721.035.01.0 SW COOLING PUMP FOR THR. GROUP 3 & GROUP 4
721	HS	03502	721.035.02.0 SW COOLING PUMP FOR THR. GROUP 3 & GROUP 4
721	HS	03503	721.035.03.0 SW COOLING PUMP FOR THR. GROUP 3 & GROUP 4
721	HS	03504	721.035.04.0 SW COOLING PUMP FOR THR. GROUP 3 & GROUP 4
721	HS	08501	721.085.01.0 SW COOLING PUMP FOR ME AUXILIARIES
721	HS	08502	721.085.02.0 SW COOLING PUMP FOR ME AUXILIARIES
721	HS	08503	721.085.03.0 SW COOLING PUMP FOR ME AUXILIARIES
721	HS	08504	721.085.04.0 SW COOLING PUMP FOR ME AUXILIARIES
721	HS	09501	721.095.01.0 SW PUMP ECOLCELL ANTIFOULING SYSTEM
721	HS	09502	721.095.02.0 SW PUMP ECOLCELL ANTIFOULING SYSTEM
721	HS	09601	SW PUMP ECOLCELL ANTIFOULING SYSTEM
721	HS	09602	SW PUMP ECOLCELL ANTIFOULING SYSTEM

Table 4.2.1

Sea water cooling pressure controls:

VMS - SEA WATER COOLING SYSTEM CONTROL			
Syst.	Func	Seq.	Description
721	PIC	1282	SW COOLING PUMP FOR ME AUXILIARIES DISCHARGE PS FWD PUMP ROOM
721	PIC	134	721.034.01.0 SW COOLING PUMP FOR THR. GROUP 1 & GROUP 2 DISCHARGE
721	PIC	1402	SW COOLING PUMP FOR THR. GROUP 3 & GROUP 4 DISCHARGE PS FWD PUMP ROOM
721	PIC	1562	SW COOLING PUMP FOR CHILLERS DISCHARGE PS FWD PUMP ROOM
721	PIC	1722	SW COOLING PUMP FOR CHILLERS DISCHARGE SB FWD PUMP ROOM
721	PIC	1822	SW COOLING PUMP FOR THR. GROUP 3 & GROUP 4 DISCHARGE SB FWD PUMP ROOM
721	PIC	1972	SW COOLING PUMP FOR ME AUXILIARIES DISCHARGE SB FWD PUMP ROOM
721	PIC	314	721.084.01.0 SW COOLING PUMP FOR AUXILAIRIES DISCHARGE
721	PIC	584	721.084.03.1 SW COOLING PUMP FOR AUXILAIRIES DISCHARGE
721	PIC	714	721.034.03.0 SW COOLING PUMP FOR THR. GROUP 1 & GROUP 2 DISCHARGE

Table 4.2.2

4.3. Operation and monitoring of the sea water cooling valves

The valves are connected via redundant serial lines to VMS.

The following remote controlled valves are equipped with remote position switches for open and close indication.

Typical operator adjustable valve travel timeout alarms shall be applied.

The valves shall have the following signals:

- | | | |
|----------|---------|-----|
| • Open | Command | XYO |
| • Close | Command | XYC |
| • Opened | Limit | ZSO |
| • Closed | Limit | ZSC |

SEA WATER COOLING SYSTEM REMOTE OPERATED ON/OFF VALVES			
Syst.	Func	Seq.	Description
721	XV	021	INLET TO SEE WATER STRAINER PS AFT BUTTERFLY VALVE
721	XV	024	OUTLET FROM SEE WATER STRAINER PS AFT BUTTERFLY VALVE
721	XV	041	INLET TO SEE WATER STRAINER PS AFT BUTTERFLY VALVE
721	XV	043	OUTLET FROM SEE WATER STRAINER PS AFT BUTTERFLY VALVE
721	XV	051	CL BULKHEAD BUTTERFLY VALVE PUMP ROOM AFT PS
721	XV	052	CL BULKHEAD BUTTERFLY VALVE PUMP ROOM AFT SB
721	XV	072	OUTLET FROM SEE WATER STRAINER SB AFT BUTTERFLY VALVE
721	XV	075	INLET TO SEE WATER STRAINER SB AFT BUTTERFLY VALVE
721	XV	091	OUTLET FROM SEE WATER STRAINER SB AFT BUTTERFLY VALVE
721	XV	095	INLET TO SEE WATER STRAINER SB AFT BUTTERFLY VALVE
721	XV	151	CL BULKHEAD BUTTERFLY VALVE PUMP ROOM AFT PS
721	XV	152	CL BULKHEAD BUTTERFLY VALVE PUMP ROOM AFT SB
721	XV	242	OVERBOARD DISCHARGE BUTTERFLY VALVE AFT PS
721	XV	402	OVERBOARD DISCHARGE BUTTERFLY VALVE AFT PS
721	XV	812	OVERBOARD DISCHARGE BUTTERFLY VALVE AFT SB
721	XV	922	OVERBOARD DISCHARGE BUTTERFLY VALVE AFT SB
721	XV	941	INLET TO SEE WATER STRAINER PS FWD BUTTERFLY VALVE
721	XV	944	OUTLET FROM SEE WATER STRAINER PS FWD BUTTERFLY VALVE
721	XV	951	CL BULKHEAD CONNECTION BUTTERFLY VALVE PS FWD PUMP ROOM
721	XV	952	CL BULKHEAD CONNECTION BUTTERFLY VALVE SB FWD PUMP ROOM
721	XV	971	OUTLET FROM SEE WATER STRAINER PS FWD BUTTERFLY VALVE

SEA WATER COOLING SYSTEM REMOTE OPERATED ON/OFF VALVES			
Syst.	Func	Seq.	Description
721	XV	974	INLET TO SEE WATER STRAINER PS FWD BUTTERFLY VALVE
721	XV	1071	CL BULKHEAD BUTTERFLY VALVE PUMP ROOM FWD PS
721	XV	1072	CL BULKHEAD BUTTERFLY VALVE PUMP ROOM FWD SB
721	XV	1202	OVERBOARD DISCHARGE BUTTERFLY VALVE PS ENGINE ROOM
721	XV	1354	OVERBOARD DISCHARGE BUTTERFLY VALVE PS ENGINE ROOM
721	XV	1411	CL BULKHEAD CONNECTION GROUP 3 & 4 BUTTERFLY VALVE PUMP ROOM FWD PS
721	XV	1412	CL BULKHEAD CONNECTION GROUP 3 & 4 BUTTERFLY VALVE PUMP ROOM FWD SB
721	XV	1502	OVERBOARD DISCHARGE BUTTERFLY VALVE PS ENGINE ROOM
721	XV	1574	FROM SB FWD PUMP ROOM BUTTERFLY VALVE
721	XV	1604	TO SB FWD PUMP ROOM BUTTERFLY VALVE
721	XV	1634	OVERBOARD DISCHARGE BUTTERFLY VALVE PS ENGINE ROOM
721	XV	1651	INLET TO SEE WATER STRAINER PS FWD BUTTERFLY VALVE
721	XV	1654	OUTLET FROM SEE WATER STRAINER PS FWD BUTTERFLY VALVE
721	XV	1671	INLET TO SEE WATER STRAINER SB FWD BUTTERFLY VALVE
721	XV	1674	OUTLET FROM SEE WATER STRAINER SB FWD BUTTERFLY VALVE
721	XV	1731	TO PS FWD PUMP ROOM BUTTERFLY VALVE
721	XV	1764	OVERBOARD DISCHARGE BUTTERFLY VALVE SB ENGINE ROOM
721	XV	1771	FROM PS FWD PUMP ROOM BUTTERFLY VALVE
721	XV	1912	OVERBOARD DISCHARGE BUTTERFLY VALVE SB ENGINE ROOM
721	XV	2044	OVERBOARD DISCHARGE BUTTERFLY VALVE SB ENGINE ROOM
721	XV	2272	OVERBOARD DISCHARGE BUTTERFLY VALVE SB ENGINE ROOM
721	XV	2494	OVERBOARD DISCHARGE BUTTERFLY VALVE SB ENGINE ROOM
721	XV	2544	OVERBOARD DISCHARGE BUTTERFLY VALVE PS ENGINE ROOM

Table 4.3.1

4.4. Sea water cooling system alarm signals - VMS

Under this heading is shown the table grouping the signals involved with sea water cooling system in the control narrative and shown on the sea water cooling system P&ID The signals, if hardwired to the VMS or monitored via serial line, are also identified in this table.

VMS - SEA WATER COOLING SYSTEM ALARMS			
Syst.	Func	Seq.	Description
721	PIAHL	114	721.034.02.0 SW COOLING PUMP FOR THR. GROUP 1 & GROUP 2 DISCHARGE
721	PIAHL	284	721.084.02.0 SW COOLING PUMP FOR AUXILAIRES DISCHARGE
721	PIAHL	564	721.084.04.0 SW COOLING PUMP FOR AUXILAIRES DISCHARGE
721	PIAHL	694	721.034.04.0 SW COOLING PUMP FOR THR. GROUP 1 & GROUP 2 DISCHARGE
721	PIAHL	991	721.001.01.0 SW COOLING PUMP FOR ME DISCHARGE
721	PIAHL	1021	721.001.02.0 SW COOLING PUMP FOR ME DISCHARGE
721	PIAHL	1051	721.001.03.0 SW COOLING PUMP FOR ME DISCHARGE
721	PIAHL	1281	SW COOLING PUMP FOR ME AUXILIARIES DISCHARGE PS FWD PUMP ROOM
721	PIAHL	1401	SW COOLING PUMP FOR THR. GROUP 3 & GROUP 4 DISCHARGE PS FWD PUMP ROOM
721	PIAHL	1561	SW COOLING PUMP FOR CHILLERS DISCHARGE PS FWD PUMP ROOM
721	PIAHL	1721	SW COOLING PUMP FOR CHILLERS DISCHARGE SB FWD PUMP ROOM
721	PIAHL	1821	SW COOLING PUMP FOR THR. GROUP 3 & GROUP 4 DISCHARGE SB FWD PUMP ROOM
721	PIAHL	1971	SW COOLING PUMP FOR ME AUXILIARIES DISCHARGE SB FWD PUMP ROOM
721	PIAHL	2061	721.001.04.0 SW COOLING PUMP FOR ME DISCHARGE
721	PIAHL	2091	721.001.05.0 SW COOLING PUMP FOR ME DISCHARGE
721	PIAHL	2121	721.001.06.0 SW COOLING PUMP FOR ME DISCHARGE
721	PIAHL	2464	721.090.02.0 SW PUMP PROVISION REFRIGERATION PLANT DISCHARGE
721	PIAHL	2514	721.090.01.0 SW PUMP PROVISION REFRIGERATION PLANT DISCHARGE
721	PDIAH	023	SEE WATER STRAINER AFT PS PUMP ROOM
721	PDIAH	045	SEE WATER STRAINER PUMP ROOM AFT PS
721	PDIAH	073	SEE WATER STRAINER PUMP ROOM AFT SB
721	PDIAH	094	SEE WATER STRAINER AFT SB PUMP ROOM
721	PDIAH	972	SEE WATER STRAINER FWD PS PUMP ROOM
721	PDIAH	942	SEE WATER STRAINER FWD PS PUMP ROOM
721	PDIAH	1672	SEE WATER STRAINER FWD SB PUMP ROOM
721	PDIAH	1652	SEE WATER STRAINER FWD SB PUMP ROOM

Table 4.4.1

5. Instruments for remote monitoring

Instrument type	Sensor	Function	seq.	High/Open	Low/Close	Description
Automation Instrument	PT	PIC				721.084.01.0 SW COOLING PUMP FOR AUXILAIRIES DISCHARGE
Automation Instrument	PT	PIC				721.034.01.0 SW COOLING PUMP FOR THR. GROUP 1 & GROUP 2 DISCHARGE
Automation Instrument	PT	PIC				721.034.03.0 SW COOLING PUMP FOR THR. GROUP 1 & GROUP 2 DISCHARGE
Automation Instrument	PT	PIC				721.084.03.1 SW COOLING PUMP FOR AUXILAIRIES DISCHARGE
Automation Instrument	PT	PIC				SW COOLING PUMP FOR ME AUXILIARIES DISCHARGE PS FWD PUMP ROOM
Automation Instrument	PT	PIC				SW COOLING PUMP FOR THR. GROUP 3 & GROUP 4 DISCHARGE PS FWD PUMP ROOM
Automation Instrument	PT	PIC				SW COOLING PUMP FOR CHILLERS DISCHARGE PS FWD PUMP ROOM
Automation Instrument	PT	PIC				SW COOLING PUMP FOR CHILLERS DISCHARGE SB FWD PUMP ROOM
Automation Instrument	PT	PIC				SW COOLING PUMP FOR THR. GROUP 3 & GROUP 4 DISCHARGE SB FWD PUMP ROOM
Automation Instrument	PT	PIC				SW COOLING PUMP FOR ME AUXILIARIES DISCHARGE SB FWD PUMP ROOM

Instrument type	Sensor	Function	seq.	High/Open	Low/Close	Description
Automation Instrument	PT	PIA		H	L	721.084.02.0 SW COOLING PUMP FOR AUXILAIRES DISCHARGE
Automation Instrument	PT	PIA		H	L	721.034.02.0 SW COOLING PUMP FOR THR. GROUP 1 & GROUP 2 DISCHARGE
Automation Instrument	PT	PIA		H	L	721.034.04.0 SW COOLING PUMP FOR THR. GROUP 1 & GROUP 2 DISCHARGE
Automation Instrument	PT	PIA		H	L	721.084.04.0 SW COOLING PUMP FOR AUXILAIRES DISCHARGE
Automation Instrument	PT	PIA		H	L	721.090.01.0 SW PUMP PROVISION REFRIGERATION PLANT DISCHARGE
Automation Instrument	PT	PIA		H	L	721.001.01.0 SW COOLING PUMP FOR ME DISCHARGE
Automation Instrument	PT	PIA		H	L	721.001.02.0 SW COOLING PUMP FOR ME DISCHARGE
Automation Instrument	PT	PIA		H	L	721.001.03.0 SW COOLING PUMP FOR ME DISCHARGE
Automation Instrument	PT	PIA		H	L	SW COOLING PUMP FOR ME AUXILIARIES DISCHARGE PS FWD PUMP ROOM
Automation Instrument	PT	PIA		H	L	SW COOLING PUMP FOR THR. GROUP 3 & GROUP 4 DISCHARGE PS FWD PUMP ROOM
Automation Instrument	PT	PIA		H	L	SW COOLING PUMP FOR CHILLERS DISCHARGE PS FWD PUMP ROOM
Automation Instrument	PT	PIA		H	L	SW COOLING PUMP FOR CHILLERS DISCHARGE SB FWD PUMP ROOM

Instrument type	Sensor	Function	seq.	High/Open	Low/Close	Description
Automation Instrument	PT	P		H	L	SW COOLING PUMP FOR THR. GROUP 3 & GROUP 4 DISCHARGE SB FWD PUMP ROOM
Automation Instrument	PT	PIA		H	L	SW COOLING PUMP FOR ME AUXILIARIES DISCHARGE SB FWD PUMP ROOM
Automation Instrument	PT	PIA		H	L	721.001.04.0 SW COOLING PUMP FOR ME DISCHARGE
Automation Instrument	PT	PIA		H	L	721.001.05.0 SW COOLING PUMP FOR ME DISCHARGE
Automation Instrument	PT	PIA		H	L	721.001.06.0 SW COOLING PUMP FOR ME DISCHARGE
Automation Instrument	PT	PIA		H	L	721.090.02.0 SW PUMP PROVISION REFRIGERATION PLANT DISCHARGE
Automation Instrument	PT	PDIA		H		SEE WATER STRAINER AFT PS PUMP ROOM
Automation Instrument	PT	PDIA		H		SEE WATER STRAINER PUMP ROOM AFT PS
Automation Instrument	PT	PDIA		H		SEE WATER STRAINER PUMP ROOM AFT SB
Automation Instrument	PT	PDIA		H		SEE WATER STRAINER AFT SB PUMP ROOM
Automation Instrument	PT	PDIA		H		SEE WATER STRAINER FWD PS PUMP ROOM
Automation Instrument	PT	PDIA		H		SEE WATER STRAINER FWD PS PUMP ROOM
Automation Instrument	PT	PDIA		H		SEE WATER STRAINER FWD SB PUMP ROOM
Automation Instrument	PT	PDIA		H		SEE WATER STRAINER FWD SB PUMP ROOM

Instrument type	Sensor	Function	seq.	High/Open	Low/Close	Description
Automation Instrument	TT	TI				OUTLET FROM SEE WATER STRAINER PS AFT TEMPERATURE
Automation Instrument	TT	TI				OUTLET FROM SEE WATER STRAINER PS AFT TEMPERATURE
Automation Instrument	TT	TI				OUTLET FROM SEE WATER STRAINER SB AFT TEMPERATURE
Automation Instrument	TT	TI				OUTLET FROM SEE WATER STRAINER PS AFT TEMPERATURE
Automation Instrument	TT	TI				OUTLET FROM SEE WATER STRAINER PS FWD TEMPERATURE
Automation Instrument	TT	TI				OUTLET FROM SEE WATER STRAINER PS FWD TEMPERATURE
Automation Instrument	TT	TI				OUTLET FROM SEE WATER STRAINER SB FWD TEMPERATURE
Automation Instrument	TT	TI				OUTLET FROM SEE WATER STRAINER SB FWD TEMPERATURE