



Satakunnan ammattikorkeakoulu
Satakunta University of Applied Sciences

AAKE LEHTONEN

Öljypolttimen paloilman säätöpellin toimilaitteen vertailu

SÄHKÖ- JA AUTOMAATIOTEKNIikka
2020

Tekijä Lehtonen, Aake	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Toukokuu 2020
	Sivumäärä 35	Julkaisun kieli Suomi
Julkaisun nimi Öljypolttimen paloilmän säätöpellin toimilaitteen vertailu		
Tutkinto-ohjelma Sähkö- ja automaatiotekniikka		
<p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli perehtyä höyrykattiloissa käytettävän KBSA-öljypolttimen paloilmän säätöpellin toimilaitteiden käytössä oleviin ohjaustapoihin. Tässä opinnäytetyössä esitellään myös säätöpellin ohjauksen toimintaperiaatetta. Opinnäytetyö tehtiin Alfa Laval Aalborg Oy:lle.</p> <p>Tutkimustyö aloitettiin etsimällä tietoa toimilaitteista, haastatteleamalla Alfa Laval Aalborg Oy:n työntekijöitä ja tutkimalla kattilajärjestelmien toimintaa. Tämän jälkeen tietoja vertailtiin ja analysoitiin.</p> <p>Haasteina opinnäytetyössä olivat säätöpeltiä koskevien tietojen löytäminen, sekä rajoitettu pääsy oppilaitoksen kirjallisuuteen koronaviruksen takia.</p> <p>Työn tuloksena saatiin pienimuotoinen vertailu ohjaustapojen välillä. Työ suoritettiin helmikuun ja toukokuun välisenä aikana vuonna 2020.</p>		
Asiasanat: höyrykattila, säätötekniikka, ohjauslaitteet		

Author Lehtonen, Aake	Type of Publication Bachelor's thesis	Date May 2020
	Number of pages 35	Language of publication: Finnish
Title of publication Comparison of oil burner combustion air damper actuators		
Degree programme Automation and electrical engineering		
<p>The purpose of this thesis was to familiarize with the control systems used in combustion air control dampers of KBSA-burners in steam boilers. This thesis also presents the operating principles of the combustion air damper. The thesis was made for Alfa Laval Aalborg Oy.</p> <p>The research began by searching information on actuators, interviewing employees of Alfa Laval Aalborg Oy and examining the function of steam boiler systems. After this, the information was analyzed and compared.</p> <p>The challenges of the thesis were finding the information about damper and restricted access to literature of SAMK due to coronavirus.</p> <p>The outcome was a slight comparison between control systems. This work was conducted between February and May in 2020.</p>		
Keywords: steam boiler, control engineering, control equipment		

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	6
2 TYÖNANTAJA ALFA LAVAL	7
2.1 Alfa Laval Corporate AB	7
2.2 Alfa Laval Aalborg Oy	7
3 POLTINKATTILAT	8
3.1 Yleisesti	8
3.2 KBSA -poltin.....	8
3.3 Analogiasignaalit.....	10
3.3.1 Häiriöt	11
3.3.2 Häiriöiltä suojautuminen.....	12
3.4 Potentiometri	12
3.5 R/I-muunnin	13
4 SÄÄTÖPELTI	15
4.1 Yleisesti	15
4.2 Ohjaus.....	16
4.3 Mittaukset ja polttimeen säätäminen.....	17
5 TOIMILAITTEIDEN OHJAUSLAITTEET	18
5.1 Paineilmajärjestelmät yleisesti	18
5.2 Laivan paineilmajärjestelmä yleisesti	18
5.3 Paineilma-assennoittimet yleisesti.....	19
5.4 Siemens Sipart PS2	20
5.4.1 Ohjaus	21
5.4.2 Turvallisuus.....	22
5.4.3 Käsiäjo	22
5.5 Lineaariset akuaattorit yleisesti	23
5.6 LINAK, lineaarinen tasavirta-aktuaattori.....	23
5.6.1 Ohjaus	24
5.6.2 Turvallisuus.....	27
5.6.3 Käsiäjo	27
6 ANALYSOINTI.....	28
6.1 Ohjaus.....	28
6.2 Turvallisuus	29
7 YHTEENVETO	31
LÄHTEET.....	33
LIITTEET	

LYHENTEET

A	Ampeeri
<i>A</i>	Poikkipinta-ala
A/D	Analog-to-digital converter, analogia-digitaalimuunnin
ALA	Alfa Laval Aalborg Oy
CO ₂	Hiilidioksidi
CPU	Central Processing Unit, prosessori
h	Tunti
HFO	Heavy fuel oil, raskas polttoöljy
Hz	Hertsi
I	Sähkövirta
I/O	Input/Output, siirräntä
kg	Kilogramma
kΩ	Kilo-ohmi
l	Litra
<i>l</i>	Johtimen pituus
LCD	Liquid-Crystal Display, nestekidenäyttö
mA	Milliampeeri
MGO	Marine gas oil, meriliikenteessä käytettävä kaasuöljy
mV	Millivoltti
NO	Hiilimonoksidi, häkä
NO _x	Typen oksidit
O ₂	Happi
PCB	Printed Circuit Board, piirilevy
ppm	Parts per million
R	Resistanssi
U	Jännite
U _{syöttö}	Syöttöjännite
UPS	Uninterruptible power supply, keskeytymätön virransyöttö
V	Voltti
VDC	Voltia tasavirtaa
ρ	Ominaisvastus eli resistiivisyys
Ω	Ohmi

1 JOHDANTO

Teollisuuden prosessijärjestelmissä käytetään toimilaitteita eli aktuaattoreita prosessin toimituureiden käsittelyyn. Toimielin vaikuttaa prosessin toimituureeseen, joka voi olla esimerkiksi neste-, kaasu- tai sähkövirtaus. Toimielimeen vaikutetaan toimilaitteella, joka voi käyttää toimielimen ohjauksessa paineilmaa tai sähkövirtaa. Tyypillisesti sähköinen toimilaitte on sähkö- tai servomoottori ja paineilmatomilaitte pneumatiikkamoottori tai -sylinteri.

Alfa Laval Aalborg Oy:n polttinkattilatoimituksiin sisältyvien höyryhajoitteisten polttimien paloilmapiellin ohjauksessa käytetään lineaarista tasavirta-aktuaattoria. Paloilmapiellin ohjauksessa on aiemmin käytetty paineilmailla toimivaa toimilaitetta. Tavoitteena on ollut yksinkertaistaa paloilmapiellin ohjausta tilanteessa, jossa normaali sähkönsyöttö toimilaitteille on katkennut. Toimitukset tapahtuvat pääasiassa kohteisiin, joissa vaaditaan korkeaa turvallisuutta luokituslaitosten asettamien vaatimusten mukaan, ja siksi ohjauksen takaaminen kaikissa olosuhteissa on tärkeää.

Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää, mihin toimilaitteen toimintaperiaatteen valinta vaikuttaa. Tutkimuksessa on perehdytty järjestelmässä käytettyjen komponenttien valmistajien tietoihin, ohjausjärjestelmässä käytettyjen sähköisten toimintojen perusteisiin kirjallisuuden avulla. Tietojen lähteenä käytetään yrityksen tietokantaa, kirjallisuutta, internetiä sekä työntekijöiden haastatteluja. Tutkimusmenetelmänä käytetään vertailua toimilaitteiden välillä. Työssä selvitetään mitä hyötyjä ja haittoja valinnasta aiheutuu järjestelmälle. Työssä pohditaan, mikä ratkaisu olisi parhain sähköteknisesti.

Opinnäytetyössä selvitetään seuraavat osa-alueet:

- Säätopellin ohjauksen toimintaperiaate
- Toimilaitteen valinnasta aiheutuvat hyödyt ja haitat
- Säätopellin vaikutus järjestelmän turvallisuuteen
- Mahdolliset kehityskohteet ohjauksessa

2 TYÖNANTAJA ALFA LAVAL

2.1 Alfa Laval Corporate AB

Alfa Laval Corporate AB on teknologia-alan yritys, joka on maailman johtavia yrityksiä lämmönvaihdon, separoinnin ja nesteiden käsittelyn saralla. Yrityksen perusti vuonna 1883 Gustaf de Laval, joka alkoi kehittää keskipakoseparaattoria. Yritys tekee suunnitellusti jatkuvia ja johdonmukaisia investointeja, joilla rakennetaan, vahvistetaan ja kehitetään yrityksen johtajuutta maailmanlaajuisilla markkinoilla. Uusia tuotteita yritys tuo markkinoille vuosittain noin 35-40 kappaletta, patenteja yrityksellä on hallussaan yli 3700. Liikevaihto oli noin 46,5 miljardia Ruotsin kruunua vuonna 2019. Toimipisteitä ja tuotantolaitoksia on yhteensä 42, jotka sijaitsevat Euroopassa, Aasiassa ja Amerikassa. Päämaja on Ruotsissa Lundissa. Työntekijöitä on organisaatiossa yli 17000, joista suurimman osan toimipisteet sijaitsevat Ruotsissa, Tanskassa, Intiassa, Kiinassa, Yhdysvalloissa ja Ranskassa. (Alfa Lavalin www-sivut, 2020)

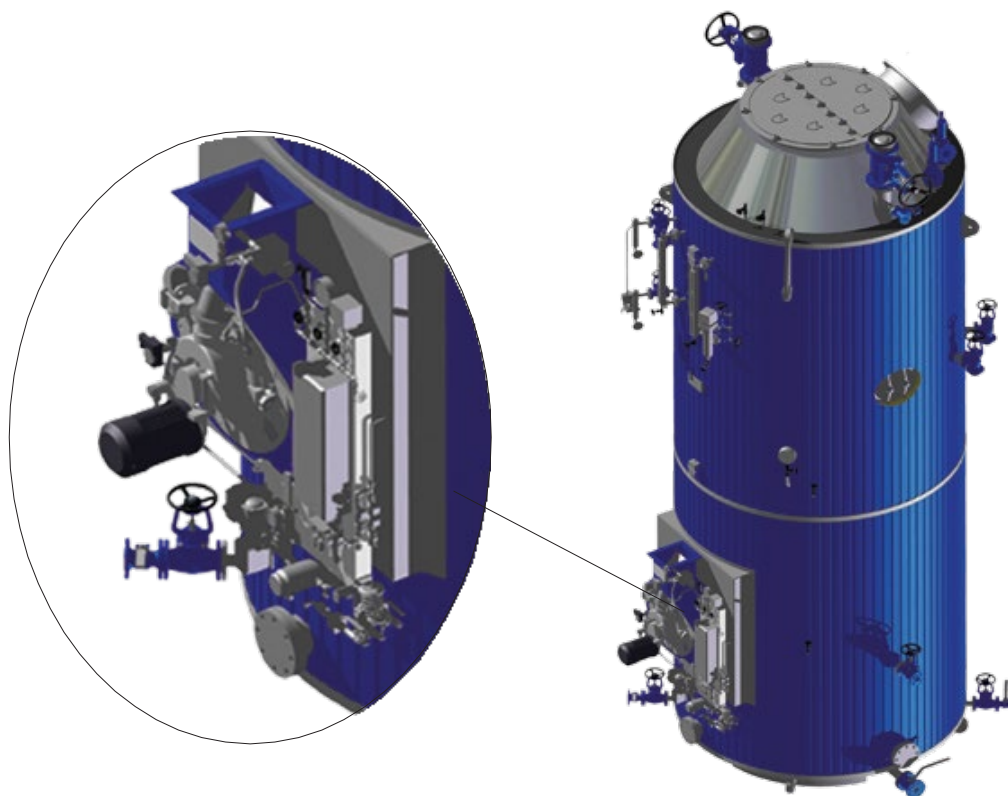
2.2 Alfa Laval Aalborg Oy

Rauman toimipisteellä toimii Alfa Laval Aalborg Oy, joka on laiva- ja maavoimalaitosteollisuuden alalla toimiva yritys. Alfa Laval Aalborg Oy on maailman johtava laivojen ja maavoimalaitosten lämmöntalteenottojärjestelmiä toimittava yritys. Rauman toimipisteen historia ulottuu vuoteen 1964, jolloin laivakattiloiden valmistus alkoi Uudessakaupungissa. Yrityskauppojen myötä on omistaja vaihtunut ensin telakkayhtiö Finnyardsista tanskalaiseen Aalborg Industries A/S:n. Vuonna 2011 Alfa Laval -konsernin omistukseen siirtyi koko Aalborg Industries -konserni ja näin Rauman toimipisteeksi muodostui Alfa Laval Aalborg Oy. Yrityskauppojen myötä tuotevalikoima on kasvanut pelkästä meriteollisuudesta myös maavoimalaitoksien lämmöntalteenottojärjestelmiin. Rauman toimipiste työllistää noin 85 henkilöä ja vuosittainen liikevaihto on noin 40-50 miljoonaa euroa. Toimipiste on myynyt yhteensä yli 4400 kattilaa yli sataan eri kohteeseen. (Alfa Laval Aalborg Oy:n sisäinen tietokanta 2020)

3 POLTINKATTILAT

3.1 Yleisesti

Höyryhajoitteista Aalborg KBSA -öljypoltinta käytetään Aalborg OM-TCi -höyrykattiloissa. Höyrykattilan lämmönlähteenä toimii öljypoltin. Höyryä käytetään laivan sisätilojen ja käyttöveden lämmittämiseen sekä konehuoneessa raskaan polttoöljyn lämmittämiseen. Höyryä käytetään myös aluksen muihin prosesseihin. Höyry voi toimia myös makeavesigeneraattorin energianlähteenä. Poltin kiinnitetään höyrykattilan sivulla olevaan tulipesän poltinaukkoon.



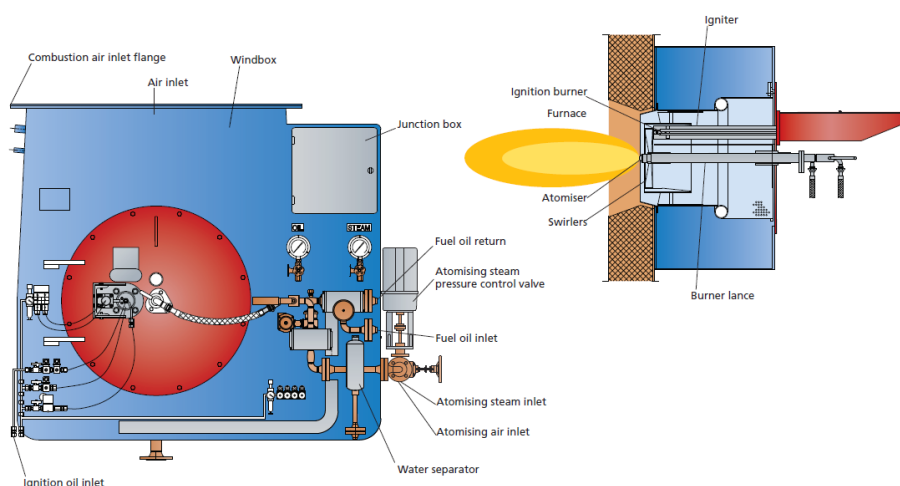
Kuva 1. Havainnekuva OM-TCi -mallisesta höyrykattilasta. (Alfa Laval Aalborg Oy:n sisäinen tietokanta 2020)

3.2 KBSA -poltin

Aalborgin KBSA -poltin on höyryhajoitteisesti toimiva öljypoltin. Se on suunniteltu käytettäväksi Alfa Laval Aalborgin sivulta lämmitettävissä höyrykattiloissa. Kaikki poltinasennukset ovat suunniteltu helposti asennettaviksi ja kunnossapidettäviksi. Poltin voidaan toimittaa myös esiasennettuna. Öljyvirran mittaus ja sumutushöyryn

paineen säätely takaavat tasaisen palamisen kaikilla kuormilla. Polttimet ovat suunniteltu kohtaamaan asiakkaiden vaatimuksia. Korkea kuormansäätelyn säätösuhde sekä pienet asennus- ja käyttökulut. Automaattiset sulkuventtiilit, kierrätysventtiili, magneettiventtiilit, neulaventtiilit, liekkivahdit ja muut polttimen komponentit ovat kaikki sovitettu polttimeen. Tavallisia palloventtiilejä ohjataan sähkö- tai paineilmatoimilaitteilla. Kuiva sumutushöyry saadaan erottamalla vesi pois höyrystä separaattorilla. Joustavat letkut yhdistävät venttiilit polttimeen. Turvallinen sytytys onnistuu oman sytytyspolttimen avulla. Sytytyspolttimella on oma sytytysmuuntaja, öljypumppu ja -suutin. Kaksi pyörteitä tuottavat ilman ja polttoaineen sekoituksen, joka on lähellä stoikiometristä arvoa. Polttoaineen virtaus hajotetaan höyryllä pieniksi pisaroiksi ja sekoitetaan paloilmaan.

Sytytys tapahtuu työntämällä sytytin paineilmatoimilaitteen avulla polttimen suuttimen viereen. Sytyttimen liekki saadaan aikaan kahden elektrodin välisen kipinän avulla. Elektrodit ovat kytketty sytytysmuuntajaan. Polttoaineseos sumutetaan sytytyspolttimella sytytettyyn liekkiin ja polttimen liekki syttyy. Kun liekkivahdit ovat havainneet polttimen liekin, sytytyspolttin sammutetaan. Sytytyspolttin puhdistetaan ilmalla ja vedetään takaisin normaaliin asentoon. Tulokseksi polton aikana saadaan pieni jäännöshapen suhde, mikä tarkoittaa polttimen hyötysuhteen olevan hyvä ja palamisen olevan taloudellista. (Alfa Laval, Aalborg-kbsa, Ei saatavilla)



Kuva 2. Havainnekuva KBSA -polttimesta. (Alfa Laval, Aalborg-kbsa, Ei saatavilla)

Poltinjärjestelmään kuuluu myös paloilmapuhallin ja polttoainekoneikko. Polttimelle syötetään polttoainetta, höyryä, paineilmaa ja paloilmaa. Polttimen polttoaineena voidaan käyttää MGO:ta tai HFO:ta.

Paloilmapuhallin syöttää paloilmaa polttimelle ilmakehää pitkin. Puhaltimen tehoa säädetään taajuusmuuttajakäyttöisellä sähkömoottorilla. Puhallin imee paloilman ilmakehään laivan konehuoneesta. Ilmakehään on asennettu äänenvaimennin ja säätöpelti ennen puhallinta.

Polttoainekoneikon tarkoitus on syöttää polttoainetta polttimelle. Koneikkoon kuuluu kaksi öljypumppua, joista toinen toimii stand-by -pumppuna. Pumppuun tullessa vika pystyy toinen pumppu jatkamaan polttoaineen syöttöä. Koneikkoon kuuluu myös sytytyspolttimen öljypumppu.

Koneikon polttoaineputkissa mitataan polttoaineen painetta ja lämpötilaa. Raskas polttoöljy täytyy pitää lämpimänä, joten sille on oma lämmitysjärjestelmä. Polttoainetta kierrätetään polttoainetankin ja lämmitysjärjestelmän välillä polttoainepumppujen avulla, kunnes polttoaineensyöttö öljypolttimelle avataan.

3.3 Analogiasignaalit

Järjestelmän ohjaamiseen tarvitaan mittaustietoja prosessista. Prosessin tila saadaan automaation säätöpiireille analogiasignaalin avulla antureilta. Lähettimet voivat olla passiivisia tai aktiivisia.

Passiivisia lähettämiä kutsutaan 2-johdinlähettimiksi. 2-johdinlähettimellä toimivalla mittauksella virtalähde syöttää sähkövirtaa lähettimelle. Lähetin muuttaa virtapiirin vastusta. Samalla piirissä kulkevan sähkövirran suuruus muuttuu. Virtapiirissä kulkeva sähkövirta on kaikkialla yhtä suuri. Säätöpiirin mittaama virta on identtinen lähettimen muuntaman virran kanssa.

Aktiivisia lähettämiä kutsutaan 4-johdinlähettimiksi. 4-johdinjärjestelmässä lähettimelle syötetään oma käyttövirta. Lähetin käyttää osan virrasta omiin

tarpeisiinsa, kuten kosketinlähtöjen tai näytön toimintaan. Osalla virrasta luodaan mittaussiiririin 4...20 mA virtasiilmukan virransyöttö.

2- ja 4-johdinlähettimillä on omat etunsa. 2-johdinlähettimet ovat edullisempia, virrankulutus on erittäin pieni, eikä se tarvitse erillisiä johtimia apuvirrälle. 4-jodinjärjestelmässä riittää tehoa erikoisominaisuuksille ja laajemmalle anturivalikoimalle. Sille voidaan myös syöttää vaihtovirtaa, kun taas 2-johdinjärjestelmä toimii vain tasajännitteellä. (PR-Electornics www-sivut, 2020)

3.3.1 Häiriöt

Lähettimen mittaama signaali on yleensä hyvin heikko. Pienikin häiriö tai kohina häiritsee ratkaisevasti signaalia. Anturissa oleva mittamuunnin muuttaa mittaamansa signaalin vähemmän häiriöherkäksi standardiviestiksi. Yleisesti teollisuudessa on käytetty eniten 4...20 mA analogiasignaalia. Myös 0...20 mA ja 0...10 V signaaleja käytetään. Signaaleja kuljetetaan automaatiojärjestelmän tulokorteille kaapeliparien avulla.

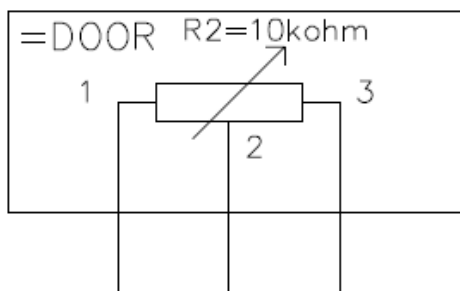
Häiriöitä voivat aiheuttaa huonosti suunniteltuun järjestelmään käyttöjännitteen taajuus, toisen mittaussignaalin jännite tai erilaiset maapotentiaalit. Häiriöt voivat kytkeytyä monin eri tavoin: sähkömagneettisen kentän kautta, johtimia pitkin, kapasitiivisesti tai induktiivisesti. Radiotaajuiset häiriöt syntyvät lähi- tai kaukokentistä. Lähikenttä on voimakas lähietäisyydellä, joten häiriön voi poistaa helposti etäisyyden kasvattamisella. Kaukokenttä toimii päinvastoin. Mittauslaitteet toimivat ikään kuin vastaanottoantenneina ja häiriöt voivat siirtyä mittauksiin. Kapasitiivinen häiriö siirtyy mittausjohtimien ja verkkojohtimien välisen kapasitanssin avulla. Induktiiviset häiriöt kytkeytyvät magneetikentän kautta. Magneetikenttä syntyy sähkövirtaa kuljettavan johtimen ympärille. Häiriöjännite indusoituu magneetikentän läpäistessä mittaussiiririin johdinsiilmukan. Johtimien kautta kytkeytyvä häiriö syntyy maasiilmukan kautta, jos mittaussiiririin laitteet ovat eri potentiaalissa. Virheellisen jännitteen mittaukseen aiheuttaa signaali johtimien kautta kulkeutuva osa nollajohdon virrasta. (Aalto-yliopisto www-sivut, 2020)

3.3.2 Häiriöiltä suojautuminen

Häiriön syntymisen ja etenemisen estolla voidaan poistaa häiriöiden vaikutuksia mittauksiin. Myös häiriönkestokykyä voidaan parantaa. Maasilmukan syntyminen ja johtimia pitkin kytkeytyvä virhe voidaan ehkäistä maadoittamalla mittaus yhdestä pisteestä. Se estää myös laitteen koteloon syntymästä vaarallisia jännitteitä. Induktiivisesti ja kapasitiivisesti kytkeytyviä häiriöitä voidaan vähentää mittausjohtimen ympärillä olevalla johtavalla suojavaipalla. Suojavaippa maadoitetaan yhdestä pisteestä. Vastaavana suojana toimii laitteen metallinen maadoitettu kotelo. Induktiivisesti kytkeytyviä häiriöitä vähennetään myös parikaapelin johtimien kiertämisellä yhteen. Silmukoiden pinta-alat ovat pieniä tiukkaan kierrettyissä kaapeleissa. Indusoituva virta kumoutuu peräkkäisten silmukoiden vastakkaisilla magneettikentillä. (Aalto-yliopisto www-sivut, 2020)

3.4 Potentiometri

Potentiometri on manuaalisesti säädettävä vastus. Kolmesta koskettimesta kaksi ovat yhdistetty vastuksen päätyihin. Kolmas kosketin yhdistyy liikutettavaan koskettimeen, eli liukukoskettimeen. Liukukoskettimen asento määrittää koskettimien välisen jännitteen. Potentiometri toimii siis pohjimmiltaan muuttuvana jännitteenjakajana ja sen voi kuvitella olevan kaksi sarjaan kytkettyä vastusta. Liukukosketin määrittää resistanssin suhteen ”ensimmäisen” ja ”toisen” vastuksen välillä. (Resistorguide www-sivut, 2020)



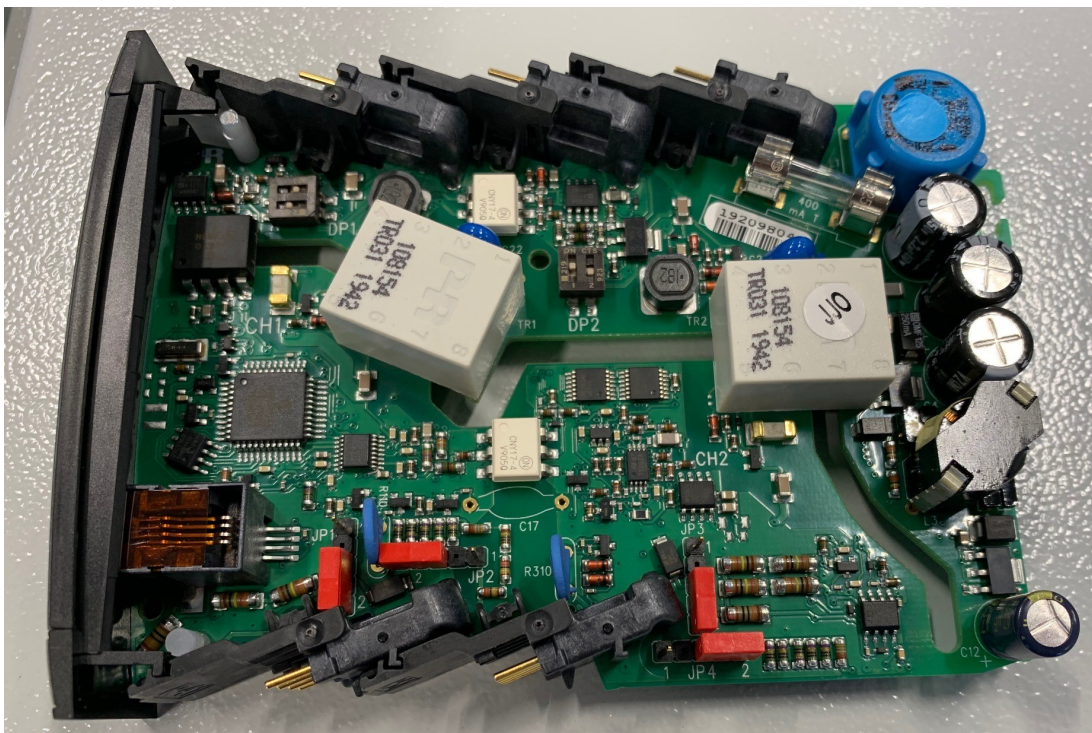
Kuva 3. Piirikaaviossa esitetty potentiometrin piirrosmerkki. (Alfa Laval Aalborg Oy:n sisäinen tietokanta 2020)

Potentiometri voi olla pyöritettävä tai pitkittäisesti säädettävä. Pyöritettävä potentiometri voi olla yksikierrospotentiometri tai monikierrospotentiometri. Kerran pyörähtävässä koko vastusalue on säädettävissä yhdellä kierroksella. Säätoalue voi olla myös alle yhden kierroksen. Monikierrospotentiometrin säätö tapahtuu useamman kierroksen avulla. Näin säätöä saadaan tarkemmaksi. Monikierrospotentiometrit voidaan rakentaa esimerkiksi spiraalin muotoisen vastuksen tai hammaspyörästä avulla. Potentiometrit voivat olla myös sähköisesti säädettäviä tai niissä voi olla yhdistettynä useampia rinnakkaisia säätövastuksia samaan akseliin. (Resistorguide www-sivut, 2020)

3.5 R/I-muunnin

R/I-muunnin on laite, joka mittaa muuttuvaa resistanssia. Muuntimia on myös monien muiden erilaisten suureiden mittaamisiin. Muuntimeen liitetään anturi, joka mittaa suureen. Muuntimen herkkä mittauskomponentti havaitsee suureen ja lähettää sitä vastaavan signaalin muunnoskomponentille. Muunnoskomponentti muuntaa signaalin heikkovirtasignaalksi, joka lähetetään muunnospiiriin. Muunnospiirissä heikkovirtasignaalista prosessoidaan teollisuudessa käytettävä standardiviesti. Muunnin tarvitsee käyttövirtaa. Muunnoskomponentti ja muunnospiiri saavat virtansa päävirtapiirin kautta, johon muuntimen virransyöttö kytketään. (Sensor Electric Technology www-sivut, 2020)

Analogiasignaalin lähettämiseen on käytetty PR-Electronicsin valmistamaa ohjelmoitavaa 5114 -muunninta. Muunnin toimii elektronisena lämpötilanmittarina vastus- tai termoparisensorien avulla. Muunninta voidaan käyttää myös vastusmuutoksen mittaamiseen. Mittaustyyppin valinta täytyy tehdä muuntimen piirilevyyn asennettujen kytkimien avulla (Kuva 4), sillä väärää tekniikkaa käytettäessä muunnin vioittuu. Mittauksille on käytössä kaksi kanavaa.



Kuva 4. PR-Electronicsin 5114 -muuntimen piirilevy. Piirilevyn alareunassa olevat punaiset suorakulmion muotoiset palat tulee asettaa oikeaan asentoon, jotta muuntimella voidaan mitata sähkövirtaa.

Lähtötiedot voivat olla joko passiivisia tai aktiivisia virtalähtöjä tai valittavia jännitelähtöjä. 5114 -muuntimen jännitelähtöjen viestialue on 0...10 VDC. Viestialueen täytyy olla vähintään 500 mV. Kuorma voi olla maksimissaan 500 k Ω . Aktiivisten virtalähtöjen viestialue voidaan säätää 0...20 mA alueella. Pienin viestialue on vähintään 10 mA. Anturivian ilmaisu on ohjelmoitavissa 0...23 mA alueelle. Kuorma saa olla maksimissaan 600 Ω . Passiivisen 2-johdin virtaviestin alue on 4...20 mA. Jännite voi olla suurimmillaan 29 VDC. Suurin kuorma lasketaan kaavalla

$$\text{Suurin kuorma} = \frac{(U_{\text{syöttö}} - 3,5 V)}{(0,023 A)}. \quad (2.1)$$

Johtimien pituus vaikuttaa mittauspiirin vastukseen. Johtimien aiheuttama jännitehäviö pitää myös huomioida mittauspiirin kuormaa laskettaessa. Vastuksen suuruuteen vaikuttaa myös johtimessa käytettävä materiaali. Metalleilla on sähkövirtaa vastustava ominaisvastus. Lämpötila vaikuttaa ominaisvastuksen

suuruuteen ja metalleille on määritelty ominaisvastuksen lämpötilakerroin. Esimerkiksi 100 m pituisen ja poikkipinnaltaan $0,5 \text{ mm}^2$ kokoisen kuparijohtimen resistanssi $20 \text{ }^\circ\text{C}$:ssa voidaan laskea kaavan (2.2) avulla.

$$R = \rho l / A, \quad (2.2)$$

jolloin

$$R = \frac{0,0168 \Omega \cdot \frac{\text{mm}^2}{\text{m}} \cdot 100 \text{ m}}{0,5 \text{ mm}^2} = 3,36 \Omega. \quad (2.3)$$

Ohmin lain (2.4) avulla voidaan laskea kaapelien aiheuttama jännitehäviö, jos mittauspiirin virtana on maksimivirta 23 mA.

$$U = R \cdot I, \quad (2.4)$$

jolloin

$$U = 3,36 \Omega \cdot 0,023 \text{ A} = 0,077 \text{ V}. \quad (2.5)$$

Jännitehäviö ei ole siis piirissä kovinkaan iso käytettäessä signaalina virtaviestiä. Jänniteviestiä käytettäessä pidemmällä johtimilla jänniteviesti vaimenee hieman muuntimen lähettämästä arvosta. (Hyperphysics [www-sivut](http://www.hyperphysics.com), 2020; PR-Electornics [www-sivut](http://www.pr-electronics.com), 2020)

4 SÄÄTÖPELTI

4.1 Yleisesti

Kattilajärjestelmän polttimen säätöpellin ohjaukseen kuuluu toimilaitte servotoiminnolla. Paloilma syötetään polttimelle pakkovetoisella puhaltimella. Ilmavirran säätelyä varten tuulettimeen on liitetty siivekkeistä muodostuva säätöpelti. Peltiä ohjataan ohjausjärjestelmän laskemaan asentoon toimilaitteen avulla. Tuuletin imee ilman konehuoneesta säätöpellin siivekkeiden läpi. Paloilma kulkee tuulettimen

päästöpuolelta ilmakehän läpi polttimelle. Sieltä paloilma jaetaan polttimen venttiilille, liekinvakaajalle ja palotilaan tasaisen ilmavirran takaamiseksi. Paloilman massavirran mittaus on toteutettu paine-eromittauksella. Paine-eroa mitataan paloilmakehän ja tulipesän väliltä. (Alfa Laval Aalborg Oy:n sisäinen tietokanta 2020)

4.2 Ohjaus

Polttimelle syötettävää paloilmaa säädetään säätöpellin ja taajuusmuuttajakäyttöisen pakkovetoisen puhaltimen avulla. Tarvittava ilmamäärä riippuu polttimen kuormituksesta. Suurella kuormituksella polttoainetta kulutetaan enemmän, joten poltin tarvitsee enemmän paloilmaa optimaaliseen palamiseen.

Höyrykattilan maksimikuorma on mitoitettu aluksen tarpeen mukaan. Liite 1 on polttimen säätöpöytäkirja kattilasta, jonka maksimituotto on 12 000 kg/h vesihöyryä. Täydellä kuormalla polttoainetta kuluu 920,0 l/h. Polttimen minimikuorma on 25 % täydestä kuormasta. Polttoaineen kulutus pienenee kuorman suhteen mukaan, eli minimikuormalla polttoainetta kuluu 230,0 l/h.

Paloilman sisäänoton säätelyä muutetaan suurilla kuormilla puhaltimen avulla. Säätöpelti on silloin ohjattu täysin auki. Pienemmillä kuormilla tuuletinta ajetaan pienimmällä mahdollisella taajuudella, jolla sähkömoottori ei ylikuumene. Taajuuden madaltuessa liian alas moottori ei jäähdytä itseään tarpeeksi. Liitteen 1 taulukossa minimitaajuudeksi on merkitty 24,9 Hz. Säätöpellin asentoa muuttamalla saadaan siis säädettyä paloilman sisäänottoa. 100 % kuormalle ei kuitenkaan saada syötettyä sen tarvitsemaa ilmamäärää minimitaajuudella. Säätöpellin avaaminen ei kasvata ilmavirtaa tietyn rajan jälkeen. Ilmavirran lisäämiseksi rajan kohdalla puhaltimen sähkömoottorin taajuutta on nostettava. Liitteen 1 taulukosta näemme säätöpellin asennon ohjauksen muuttuneen 100 %:iin, kun kuorma on 70 %. Säätöpelti ohjataan täysin avonaiseen asentoon, ja ilmansyöttöä aletaan säätää suuremmaksi tuuletinta nopeuttamalla. (Alfa Laval Aalborg Oy:n sisäinen tietokanta 2020)

4.3 Mittaukset ja polttimen säätäminen

Polttokattilan tuottamasta savukaasusta mitataan erilaisia päästöarvoja. Käyttöönoton yhteydessä käytetään savukaasuanalysointilaitetta. Jäännöshapen (O_2) ja hiilidioksidin (CO_2) määrä mitataan prosentteissa. Hiilimonoksidi (NO) ja typen oksidit (NO_x) ppm arvolla, eli miljoonasosan tarkkuudella. Nämä arvot merkitään säätöpöytäkirjaan.

Aiemmissa järjestelmissä on huomattu laivajärjestelmien ongelmana olevan konehuoneesta vedettävän paloilmaman paine. Äkilliset muutokset konehuoneen ilmanpaineessa voivat aiheuttaa tilanteen, jolloin polttimen ei saakaan paloilmamaa optimaaliseen palamiseen laskettua määrää. Siksi aiemmin saatujen kokemusten myötä järjestelmä on ohjelmoitu toimimaan yli-ilmalla. Kuorman jokaisella alueella jäännöshappi on korkeampi, mitä optimaaliseen palamiseen tarvittaisiin. Kattilan hyötysuhde huononee yli-ilmasta, sillä happi kuljettaa lämpöä ulos savupiipusta. Siksi jäännöshapen säätelyssä ei voida mennä äärimmäisyyksiin.

Yli-ilmalla ajamisen tarkoituksena on välttää polttimen savuttaminen. Polttimen savuttaessa savukaasu on mustaa ja häkäarvot ovat korkeammat, mikä aiheuttaa kattilan likaantumista noen kertyessä kattilan sisäpinnoille. Liika likaantuminen voi aiheuttaa tulipalon kattilan sisällä.

Polttimen säätämisessä tulee huomioida myös paloilmakanavan pituus. Mitä lähemmäs polttinta tuuletin on asennettu, sitä nopeampi vaste saadaan säätöpellin ohjearvoa muuttamalla. Ohjausjärjestelmässä ilmavirtauksen asetusarvo luodaan lisäämällä polttoaineen ja paloilmaman suhdekäyrän arvoon happisäätäjän output, joka voi olla positiivinen tai negatiivinen. (Salmi henkilökohtainen tiedonanto 21.4.2020)

5 TOIMILAITTEIDEN OHJAUSLAITTEET

5.1 Paineilmajärjestelmät yleisesti

Paineilmajärjestelmällä tuotetaan paineilmaa esimerkiksi työkaluille, pumpuille, nostimille, toimilaitteille ja monille muille laitteille. Paineilmajärjestelmään kuuluu keskuslaitteisto, verkosto ja kuluttajalaitteet. Keskuslaitteistoon kuuluvat kompressorit, säiliöt, suodattimet, jäähdyttimet ja lauhteenpoisto. Keskuslaitteistolta viedään paineilmaa kiinteän verkoston avulla, johon kuuluvat myös ulosottoventtiilit. Kuluttajalaitteita ovat ulosottojen letkut ja paineilmaa käyttävät laitteet.

7 barin paine yhden paineilmaukuutioon aikaansaamiseksi kuluu sähköä arviolta 0,1 kWh. Sähkön hinnan mukaan voidaan laskea paineilman kuluttaman sähkön hinta. Esimerkiksi huoltokustannukset ja järjestelmän vuodot kasvattavat paineilman käyttökustannuksia, joten ympäripyöreä hinta-arvio kuutiometrille paineilmaa on 0,5...1,5 senttiä.

Paineilmajärjestelmät vuotavat ilmaa käytännössä aina. Kulutuslaitteiden lukumäärä, ikä ja kunnossapito vaikuttavat vuotomääriin. Vuotoa voi olla järjestelmässä jopa 50 %, mutta tavallisesti konepajateollisuudessa noin 20...30 %. Vuodot tapahtuvat pääosin liittimissä ja kulutuslaitteiden tiivisteissä. (Motiva www-sivut, 2020)

5.2 Laivan paineilmajärjestelmä yleisesti

Laivan paineilmajärjestelmässä on kolme osaa. Käynnistysilmaverkko, joka on suuripaineinen. Ohjausilma- ja työilmaverkostot ovat pienipaineisia. Työilmaverkosto voi jakautua konehuoneessa ja kannella oleviin järjestelmiin. Käynnistysilmakompressoreilla täytetään käynnistysilmasäiliöitä, joiden pääasiallinen tehtävä on säilöä käynnistysilmaa moottoreiden käynnistämistä varten. Ohjausilma- ja työilmaverkostoille paineilma voidaan luoda joko omilla kompressoreilla tai käynnistysilmasta paineenalennuksen kautta. (Uusi-Uitto 2011, 10)

Luokituslaitosten vaatimusten mukaaan käynnistysilmakompressorit ja -säiliöt on kahdennettava. Säiliöiden kapasiteettia laskettaessa on huomioitava kaikki laitteet, jotka ottavat syöttönsä käynnistysilmasäiliöstä. Säiliöitä on pystyttävä käyttämään toisista riippumatta ja niiden on oltava suurin piirtein samankokoisia.

Kattiloiden öljypolttimia valvottaessa pitää luoda hälytys ja automaattinen polttimen sammutus, jos paloilman syöttö on puutteellinen. Samalla tavalla tulee toimia öljypolttimen höyrynhajoituksen ilman- tai höyrynsyötön ollessa puutteellinen. Hälytyksien tulee käydä ilmi ohjauspaneelista. (DNV GL, Rules for Classification and Construction – Ship Technology, 2015, 51; DNV GL, Rules for classification: Ships, 2017, 111)

5.3 Paineilma-asennoittimet yleisesti

Paineilma-asennoittimella eli pneumaattisella asennoittimella kasvatetaan tai pienennetään ilmanpainetta toimilaitteessa. Toimilaitteilla ohjataan esimerkiksi erilaisten prosessien tai järjestelmien venttiilejä. Toimilaite muuttaa venttiilin asentoa prosessiohjaimen lähettämän arvon mukaan.

Pneumaattisia asennoittimia käytetään venttiilien ohjaamisessa, kun tarvitaan tarkkaa ja pikaista ohjaamista ilman virheitä tai hystereesiä. Lineaarisesti säädettävissä venttiileissä asennoitin on yleensä asennettu toimilaitteen sivutankoon tai yläosan kotelointiin. Kiertäen säädettävissä asennoitin asennetaan akselin päätyyn tai sen läheisyyteen. (Inst Tools [www-sivut](http://www.sivut), 2020)

Lineaarisesti tai kiertäen säädettävän venttiilin varteen kytketty mekaaninen takaisinkytkentä mahdollistaa venttiilin asentotiedon välityksen prosessiohjaimelle. Kun prosessiohjain käskää asennoitinta vaihtamaan venttiilin asentoa, mekaaninen takaisinkytkentä tuntee asennon vaihtumisen suuruuden ja varmistaa asennon vaihtumisen tapahtuneen.

Kuvassa 5 on esillä venttiilin pneumaattinen asennoitin. Asennoittimessa on pneumaattinen moduuli, jossa on kaksitoiminen ohjain. Asennoitus perustuu kahden voiman tasapainoon. Mittarisignaaliin suhteellinen voima ja venttiilin varren asentoon suhteellinen voima säätelevät asennoitusta. Alaspäin suunnattu voima jouseen saadaan aikaan paineviestillä paineviestikotelon välikalvoihin. Työntyrieni avulla toimilaitteen varren asento välitetään jousen toiseen päähän, jolloin toimilaitteen asennon vaihtuessa jouseen syntyy jännitettä. Järjestelmä on tasapainossa ja venttiili ohjatussa asennossa, kun vastakkaiset voimat ovat tasapainossa. Säätoventtiilin avulla vaihdetaan ulostulopaineita, jos voimat eivät ole tasapainossa. Säätoventtiili ohjaa mäntää, joka vaihtaa venttiilin varren asentoa. Asento säätelee jousen jännitettä, kunnes voima on yhtä suuri paineviestin kanssa ja männän ohjaus lopetetaan. (Inst Tools www-sivut, 2020)

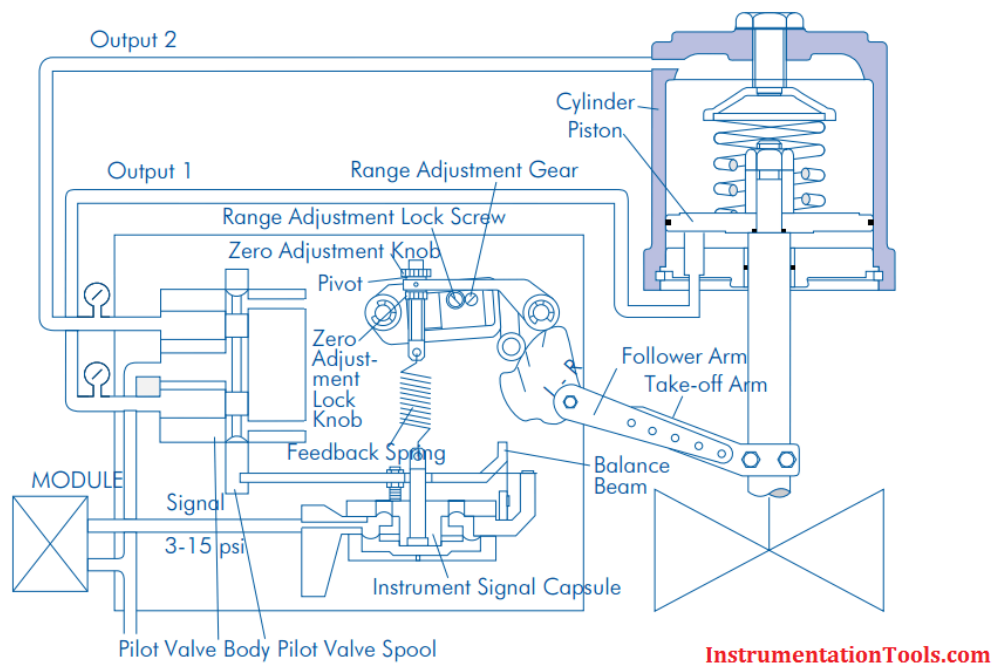


Fig: Positioner Schematic for Air to Open

Kuva 5. Paineilma-asennoittimen ohjaustapa. (Inst Tools www-sivut, 2020)

5.4 Siemens Sipart PS2

Siemens Sipart PS2 on sähköpneumaattinen asennoitin. Sitä käytetään pneumaattisten toimilaitteiden ohjaukseen ja liikuttamiseen. Asennoittimen ohjaus tapahtuu sähköisesti. Paineilmaa käytetään apuvoimana toimilaitteiden liikuttamisessa. Asennoittimessa on liitännät paineilmalle, kahdelle ohjattavalle paineelle, sekä ulos

menevälle ilmalle. Laitteen peruselektronikka sisältää CPU:n, muistin, A/D-muuntimen, näytön, painikkeet ja liittimet mahdollisille lisäosille.

Asennoitin voidaan asettaa toimimaan yksitoimisena tai kaksitoimisena. Säätopeltien ohjauksessa asennoitinta käytetään yleisesti kaksitoimisena, jolloin kaikki pneumaattisen toimilaitteen liikkeet suoritetaan asennoittimella. Asennoittimeen saa joko mekaaniset tai kapasitiiviset rajakytkimet. Digitaalisia liityntöjä asennoittimessa on kaksi tuloille ja kolme lähdöille.

Käytettävän paineilman laatu on oltava sopiva. Paineilman tulee olla rasvatonta ja kiinteitä partikkeleita alle 30 mikrometriä kuutiometrissä. Kastepisteen pitää olla 20 kelvinastetta alempana kuin alimman ympäröivän lämpötilan. (Alfa Laval, Sipart for fan, PDF-dokumentti, Ei saatavilla)



Kuva 6. Siemens Sipart PS2 asennoitin. (PLC-trade www-sivut, 2020)

5.4.1 Ohjaus

Sähköpneumaattinen asennoitin muodostaa säätopiirin toimilaitteen kanssa. Toimilaitteen asento rekisteröidään servopotentiometrillä, ja mittausarvo syötetään

takaisin. Ohjearvo ja mittausarvo ovat myös näkyvillä yhtä aikaa näytöllä. Asennoitin toimii ennustavana viisi-tie-venttiilinä, joilla ohjataan painesähköisiä venttiilejä. CPU laskee ja ohjaa venttiilejä ohje- ja mittausarvojen perusteella. Venttiilit säätävät painetta toimilaitteen kammioissa ja muuttavat asentoa, kunnes ohjauspoikkeama on nolla. 2-johdinjärjestelmää käytettäessä asennoitin ottaa käyttövirtansa ohjearvon virtaviestistä.

Painesähköinen venttiili muuntaa käskyn pneumaattiseksi asennonmuutokseksi. Asennoitin ohjaa venttiilejä jatkuvalla signaalilla, kun ohjauksen poikkeama on suuri. Kohtalaisilla poikkeamilla ohjaus tapahtuu pulssisarjan avulla. Pienillä poikkeamilla ohjausta ei tapahdu. (Alfa Laval, Sipart for fan, PDF-dokumentti, Ei saatavilla)

5.4.2 Turvallisuus

Hätätapauksia varten kattilajärjestelmässä on painepullo, jolla toimilaitteeseen saadaan tarvittava paine säätöpellin liikuttamiseen turvalliseen asentoon. Aluksen kaksi konehuonetta toimivat master/slave -tyyppisesti. Aluksen toisessa identtisessä konehuoneessa vastaava järjestelmä käynnistyy, jos ensisijaisen konehuoneen toiminnassa havaitaan ongelmia. Myös suuren höyrynkulutuksen aikana voidaan käyttää molempien konehuoneiden järjestelmiä samanaikaisesti. Identtisen konehuoneen tarkoituksena on mahdollistaa aluksen turvallinen operointi satamaan korjattavaksi, jos toisen konehuoneen järjestelmässä ilmenee ongelma.

Asennoittimen keskimääräinen aika vikaantumiseen oikeanlaisessa käytössä on 90 vuotta. Laitteen sisäisen elektroniikan vikaantumisaika on 181 vuotta. (Siemens, Electropneumatic positioner Functional safety for SIPART PS2, 2006)

5.4.3 Käisajo

Asennoittimen ohjaus voidaan tehdä myös manuaalisesti toimilaitteen painonappien ja LCD-näytön avulla tai konehuoneen ohjauspaneelin kytkimillä. Käisajon tarkoituksena mahdollistaa säätöpellin ohjaus ohjausjärjestelmän prosessiohjaimen ollessa toimintakyvytön. Ensisijaisesti toimilaitteen tai muun kattilajärjestelmän osan

toimintavian aikana voidaan käynnistää toisen identtisen konehuoneen vastaava järjestelmä, joten kattilan operoimiseen käsiajolla ei yleensä ole pikaista tarvetta.

5.5 Lineaariset aktuaattorit yleisesti

Lineaariset aktuaattorit ovat sähkökäyttöisiä laitteita, joilla saadaan aikaan lineaarinen eli suora työntö- ja vetoliike pyörivästä liikkeestä. Lineaarinen liike luodaan käyttämällä kierteitettyä tankoa. Tanko toimii akselina pyörii myötä- tai vastapäivään. Akselissa oleva vastakappale liikkuu kierteiden mukana pyörimissuunnasta riippuen sisään- tai ulospäin. Näin saadaan aikaan suora liike. Akselin pyörittämiseen käytetään yleensä moottoria, joka toimii tasavirralla. Aktuaattoreita on myös vaihtovirralla toimivia. Pyörimissuunnan vaihto tapahtuu vaihtamalla vastakkain virransyötön kaksi johdinta, jolloin virransyötön napaisuus vaihtuu. Yleensä tämä suoritetaan kytkimen avulla, joka vaihtaa napaisuuden.

Aktuaattorin nopeutta ja voimaa säädetään välityssuhteita muuttamalla aktuaattorin vaihdelaatikossa. Aktuaattorijärjestelmissä nopeutta ja voimaa voidaan säätää kääntäen verrannollisesti. Tämä tarkoittaa sitä, että suurta voimaa tarvittaessa täytyy tyytyä hitaampaan liikkeeseen kuin pienempää voimaa tarvittaessa. Tämä johtuu siitä, että ainoa vakiot aktuaattorijärjestelmässä ovat moottorin nopeus ja voima.

Aktuaattoreita on saatavilla eri pituisilla akseleilla. Aktuaattorin pysäyttämiseen akselin päädyissä on sisäänrakennetut rajakytkimet. Akselin pääty saavutettaessa vastakappaleell kytkin aktivoituu ja katkaisee virransyötön moottorille. Aktuaattoria voidaan ajaa vain, jos liikkeen suunta vaihdetaan vastakkaiseen suuntaan. (Firgelli Automations www-sivut, 2020)

5.6 LINAK, lineaarinen tasavirta-aktuaattori

Sähkökäyttöisen lineaari tasavirta-aktuaattori toimii kestopagneettimoottorin avulla. Käyttöjännitteeksi voidaan valita 12 VDC, 24 VDC tai 36 VDC. Ulkokuori kestää huonotkin olosuhteet sillä se on valettu alumiinista ja sillä on IP66-luokitus.

Aktuaattorin akselissa on kierteet. Akselia pyörittäessä aktuaattori siirtää ohjattavaa mekanismia haluttuun suuntaan. Akselin kierteiden väli vaikuttaa merkittävästi aktuaattorin toimintaan. Pientä väliä käytettäessä saadaan aikaan suurempi voima suuremman kosketuspinta-alan ansiosta. Tässä tapauksessa liike on kuitenkin hitaampi, sillä suurempaa väliä käytettäessä yhden kierroksen liike siirtää mekanismia pidemmälle. Myös akselin pituus vaikuttaa voiman suuruuteen. 24 V moottorin virrankulutus on normaalilla kuormalla noin 2,4 A ja täydellä kuormalla 10,4 A. (Linak, LA36 User manual, 2019)

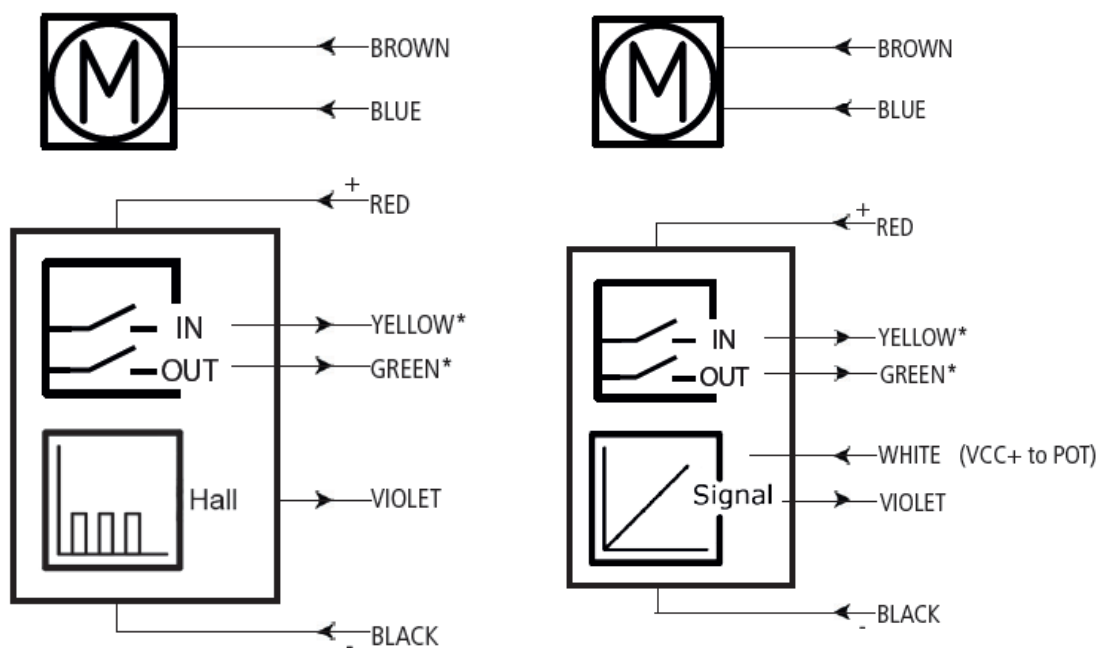


Kuva 7. Linak aktuaattori asennettuna ja kytkettynä säätöpeltiin. (Alfa Laval Aalborg Oy:n sisäinen tietokanta 2020)

5.6.1 Ohjaus

Kestomagneettimoottorille syötetään virtaa kahdella johtimella, ruskealla ja sinisellä. Pyörimissuunta määrätään vaihtamalla napaisuutta ruskean ja sinisen johtimen välillä.

I/O -määrittely esimerkiksi yksinkertaisella Hall-anturilla varustetulla aktuaattorilla on seuraavanlainen. Signaalien virransyöttö tapahtuu punaisen ja mustan johtimen avulla. Vihreä ja keltainen ovat päätyrajan signaalia varten. Violetti johdin on tarkoitettu Hall-anturin signaalille. Hall-anturi antaa tiedon liikkeestä pulssin avulla. Pulssien määrästä lasketaan liikuttu määrä ja liikkeen suunta. Aktuaattorin asento voidaan määrittää myös mekaanisen potentiometrin avulla. Silloin violettiä johdinta käytetään potentiometrin ulostulona ja valkoista johdinta sisääntulona. Arvoväli potentiometrillä on 10 k Ω . (Linak, LA36 User manual, PDF-dokumentti, 2019)



Kuva 8. Vasemmalla puolella hall-anturia käyttävän aktuaattorin kytkentäkuva. Oikealla potentiometrin avulla toimivan aktuaattorin kytkentäkuva. (Linak, LA36 User manual, 2019)

Aktuaattori tarvitsee ohjaukseensa asennoittimen. Tällainen on esimerkiksi LINAK:n Techline-liiketoimintayksikön valmistama TR-EM-288-SAF. Asennoitin on suunniteltu ohjaamaan yhden aktuaattorin liikettä tarkasti sovelluksen vaatimalla tavalla. Ohjaus tapahtuu ohjausarvoa ja mittausarvoa vertaamalla. Ohjausarvo voidaan asettaa korttiin tai lukea esimerkiksi 4-20 mA signaali PLC:ltä. Mittausarvo saadaan aktuaattorin anturilta, joka lähettää sen asennoittimelle. Kun arvot lähestyvät toisiaan, kortti hidastaa liikkeen nopeutta. Moottori pysäytetään arvojen ollessa identtiset. (Alfa Laval Aalborg Oy:n sisäinen tietokanta 2020)



Kuva 9. TR-EM-288-SAF -asennoin ohjauspaneeliin asennettuna. (Alfa Laval Aalborg Oy:n sisäinen tietokanta 2020)

Asennoin täytyy parametroida järjestelmään sopivaksi. 24 eri parametriä voidaan asettaa TR-EM-236 liitäntäyksiköllä. Parametrien arvoja voidaan tutkia ja säätää liitäntäyksikön avulla. Arvot voidaan tallentaa liitäntäyksikköön ja siirtää seuraaviin laitteisiin helposti. Säädettäviä parametrejä ovat mm. nopeus, liikkeen pituus, voiman rajoitus ja käynnistys- ja pysäytysajat. (Alfa Laval Aalborg Oy:n sisäinen tietokanta 2020)



Kuva 10. Liitäntäyksikkö TR-EM-236(Alfa Laval Aalborg Oy:n sisäinen tietokanta 2020)

5.6.2 Turvallisuus

Hätätapauksissa säätöpellin ohjaus on suunniteltu toimimaan hyvinkin yksinkertaisesti. Koska asennoitin ohjaa säätöpeltiä 4...20 mA signaalilla, luodaan asennoittimelle ennalta säädetty mA-signaali. Häätötilanteissa UPS-laitteisto syöttää 24 VDC laitteita ja asennoitin saa virransyöttönsä siltä. Asennoittimen liittimiin 8 ja 12 syötetään normaalisti mA-signaali ohjausjärjestelmän prosessorilta. Hätötilanteissa myös mA-signaali syötetään suoraan UPS-laitteistolta, jonka virta on säädetty vastuksen avulla halutun suuruiseksi. Virran suuruus voidaan laskea Ohmin lain (2.4) avulla, josta saadaan johdettua resistanssin suuruus

$$R = \frac{U}{I}. \quad (4.1)$$

Piiriin asennettavan vastuksen resistanssiksi saadaan laskettua

$$R = \frac{24 \text{ VDC}}{0,020 \text{ A}} = 1200 \ \Omega \quad (4.2)$$

Vastuksen avulla säätöpelti ohjataan hätötilanteessa haluttuun asentoon. Kaavan (4.2) avulla on laskettu vastuksen koko virran suuruudella 20 mA. Virran suuruutta vaihtamalla voidaan laskea eri asentoihin tarvittava vastuksen resistanssi.

5.6.3 Käsiäjo

Käsiäjo on toteutettu ohjausjärjestelmässä lähtökohtaisesti samalla tavalla kuin paineilmalla toimivan toimilaitteen kanssa. Ohjauspaneelissa on painikkeet säätöpellin asennon muuttamiseen.

Aktuaattorissa on käsin 6mm kuusiokoloavaimella säädettävä kampi. Jotta aktuaattoria voidaan ohjata kammien avulla, virransyöttö on katkaistava ja istukan suojus poistettava. Jos virransyöttöä ei irroteta kammella ohjaamisen ajaksi, aktuaattori voi vahingoittua ylikuormituksen takia. (Linak, LA36 User manual, 2019)

6 ANALYSOINTI

6.1 Ohjaus

Paineilmalla toimiva asennoitin tarvitsee toimiakseen luonnollisesti paineilmaa. Tätä on normaalisti laivoissa käytössä, mutta paineilman toimilaitteelle ja asennoittimelle viemiseen käytettävät putket tarvitsevat omat kulkureitit. Paineilma-asennoittimelle tarvitsee myös viedä ohjaussignaali, jonka se muuntaa P/I-muuntimella paineilman ohjaukseksi toimilaitteelle. Tasavirta-aktuaattorin asennus on yksinkertaisempaa, sillä sille riittää vain sähköiset asennukset eikä se tarvitse erillistä toimilaitetta.

Paineilman tarvitsee olla myös riittävän laadukasta, minkä varmistaminen tarkoittaa lisälaitteiden asennuksia järjestelmään. Aktuaattori käyttämä jännite on samaa kuin muillakin järjestelmän laitteilla, joten sähkön laatua ei tarvitse erikseen tasavirta-aktuaattorin vuoksi tarkkailla.

Yrityksen laatuinsinöörit haastattelussa saaduista teidoista voidaan todeta, että vuodesta 2017 eteenpäin on tullut muutamia reklamaatioita Sipart PS2:lle. Näissä tapauksissa yleisin syy vialliseen toimintaan on ollut asennoittimen takaisinkytkentäanturin potentiometrin jousen ja varren rikkoutuminen tai viallinen toiminta. Myös koko asennoitin on jouduttu korvaamaan uudella virheellisen toiminnan vuoksi. Kun aiemmista toimituksista on saatu tämänlaista informaatiota, mielestäni olisi järkevää vaihtaa säätöpellin ohjaus sähköisellä aktuaattorilla toimivaksi. (Rantanen henkilökohtainen tiedonanto 20.4.2020)

Molempia toimilaitteita voitaisiin myös ohjata CAN-väylän avulla. Ohjauspaneeliin tarvitsisi asentaa CAN-moduuli. Väyläjärjestelmän etuna olisi tarkempi takaisinkytkentä, sekä tarpeettomaksi jäävän käsiajon suunnittelun ja toteuttamisen pois jääminen.

Mielestäni paineilmalla toimivan toimilaitteen ohjaus turvalliseen asentoon paineilmapullon avulla vaikuttaa epävarmemmalta kuin tasavirta-aktuaattorilla. Varmuus paineilmapullon toimintakunnosta pitäisi ohjausjärjestelmään mitattuna. Aktuaattorilla toimivissa järjestelmissä ohjaus turvalliseen tilaan on huomattavasti

toimintavarmempi, sillä ohjaukseen tarvitaan vain asennoittimelle yhdellä vastuksella luotu ohjaussignaali. Jos UPS-laitteiston virransyöttö aktuaattorille katkeaa, katkeaa samalla koko ohjausjärjestelmän virransyöttö, eikä kattilaa voitaisi siinä tapauksessa ohjata mitenkään.

Paineilma-asennoitin ja tasavirta-aktuaattori ohjaavat lähtökohtaisesti säätöpeltiä yhtä hyvin, sillä laitteiden omat prosessorit ohjaavat toimilaitteita niitä suotuisalla tavalla. Tasavirta-aktuaattorille on mahdollista valita monenlaisia tapoja takaisinkytkennän luomiselle. Paineilma-asennoittimen reklamaatioiden historian mukaan, takaisinkytkentäpotentiometri on mennyt rikki monessa eri laitteessa. Uskoisin tasavirta-aktuaattorin takaisinkytkennässä olevista vaihtoehdoista löytyvän toimintavarmempi tapa toiminnon toteuttamiseen.

6.2 Turvallisuus

Säätöpellin ohjaamisessa käsiajolla on epävarmuustekijöitä turvallisuuden kannalta. Nämä ongelmat ovat lähtökohtaisesti yhtäläisiä toimilaitteesta riippumatta. Näköyhteyttä säätöpeltiin ohjauspaneelistä ohjattaessa voi olla mahdoton luoda. Jos takaisinkytkennässä on ongelmia, eikä paneelistä käy ilmi säätöpellin asentoa, käyttäjä ei voi olla varma säätöpellin asennon vaihtumisesta.

Hätätilanteessa säätöpelti on ajettu auki-asentoon. Poltin on voinut syöttää tulipesään polttoainetta, joka ei ole syttynyt palamaan. Kuumassa tulipesässä polttoaine höyrystyy. On mahdollisuus, että tulipesässä on myös hehkuvia nokihiukkasia, jotka sytyttävät hallitsemattoman tulipalon höyrystyneestä polttoaineesta. Savukaasut ja palamaton polttoaine saadaan tuuletettua pois tulipesästä ja savupiipusta säätöpelti avattaessa. Ennen poltinta olevalla lämpötilamittauksella voidaan havaita hallitsemattoman tulipalon eteneminen konehuoneeseen päin ja luoda hälytys. Todennäköisempi on kuitenkin nokipalo, jolloin poltinta on ajettu ali-ilmalla ja palaminen on epätäydellistä. Nokea on kertynyt runstaasti tulipesään, jossa se syttyy palamaan.

Säätöpellin ajaminen auki-asentoon aiheuttaa riskin konehuoneen sisällä olevan tulipalon aikana. Savupiipun ilmavirta voi edesauttaa vetoa konehuoneeseen, ja tulipalo konehuoneessa saa lisää palamiseen tarvittavaa ilmaa.

Säätöpeltiä ei voida käyttää järjestelmän palopeltinä, eli sulkemaan järjestelmän ilmansyöttöä. Säätöpelti ei ole tarpeeksi tiivis, ja ilmakanavaan tarvitsee asentaa erillinen palopelti. Säätöpelti olisi silti hyvä laittaa kiinni kattilan jäähtymisen estämiseksi.

Molemmissa toimilaitteissa on turvallisuustoiminto voimansyötön katketessa. Paineilma-assennoitin havaitsee paineen katoamisen ja pysäyttää toimilaitteen senhetkiseen asentoon. Tasavirta-aktuaattori toimii samalla tavalla havaiten sähkönsyötön katkeamisen ja pysäyttämällä moottorin.

Valmistajien ilmoittamien keskimääräisten vikaantumisaikojen avulla on vaikea tehdä suoraa vertailua, sillä tasavirta-aktuaattorista ei löytynyt arvoa. Valmistajan verkkosivuilla on kuitenkin käyty avoimesti läpi aktuaattorin kestävyys tarkastustavat, ja tuotteen vakuutetaan olevan erittäin kestävä. Paineilma-assennoittimen keskimääräisen vikaantumisaajan arvon ollessa 90 vuotta, voidaan todeta molempien laitteiden olevan hyvin kestäviä järjestelmän olosuhteissa.

Vastaavasti järjestelmän prosessiohjaimen keskimääräinen vikaantumisaika on noin 46 vuotta. Käsjon kiireelliseen tarpeeseen hätätapauksessa en siis näe kovin suurta uhkaa, sillä se tarkoittaisi molempien konehuoneiden prosessiohjaimien tai toimilaitteen vikaantumista samanaikaisesti. Tämän tapahtuminen vaikuttaa erittäin epätodennäköiseltä.

7 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia öljypolttimen säätöpellin toimilaitteen toimintatavan vaikutuksia järjestelmään. Suurin haaste oli löytää tietoa itse säätöpeltiin liittyen, sillä muista komponenteista löytyi tietoa helpommin.

Säätöpellillä ei ole järjestelmän turvallisuuden kannalta suurta merkitystä, sillä se ei ole riittävän tiivis palopelliksi. Jos höyrykattilan sisällä havaitaan tulipalo, ei säätöpellin ohjaaminen kiinni palopellin lisäksi olisi pahitteeksi.

Paineilmajärjestelmän heikkous eli paineilmavuodot eivät koko laivan järjestelmiin verrattaessa luultavasti nouse huomattavasti, vaikka säätöpeltiä ohjattaisiin paineilmatoimilaitteella. Työssä tutkittava asennoitin on tarkka ja nopeatoiminen, kunhan laitteisto pysyy ehjänä.

Sähkökäyttöisen tasavirta-aktuaattorin heikkoudeksi voisi lukea toimilaitteesta puuttuva mahdollisuus ohjata säätöpeltiä käsiajolla painonapein. Tämä ei kuitenkaan ole suuri puute, sillä yleensä käsiajo on mahdollista ohjauspaneelista käsin. Paineilma-assennoittimessa on myös virheitä tai muita tietoja esittävä näyttö, jota tasavirta-aktuaattorissa ei ole.

Parametrointi onnistuu paineilma-assennoittimen omilla napeilla, mutta pienen näytön ansiosta se voi olla haastavaa. Eri valikoiden ja parametrien löytämiseen neljää nappia käyttämällä voi mennä paljonkin aikaa, jos järjestelmä ei ole tuttu. Parametrit täytyy myös asettaa huolellisesti, koska yksikin väärä parametri voi pitää asennoittimen toimintakyvyttömänä. Tasavirta-aktuaattorin parametrointi täytyy myös suorittaa yhtä huolellisesti. Parametrointiin käytettävässä liitäntäyksikössä on myös vain neljä nappia, mutta sen näyttöön mahtuu enemmän merkkejä kuin paineilma-assennoittimen näyttöön. Liitäntäyksikköön voi myös tallentaa tai ladata toimilaitteen ohjaimen parametrit, ja siirtää ne helposti toisen toimilaitteen ohjaimelle. Itse parametrointi voi siis olla yhtä haastavaa, mutta monen tasavirta-aktuaattorin parametrointi voi käydä kätevämmän kuin paineilma-assennoittimien.

Toimilaitteiden aiheuttamia hyötyjä ja haittoja verrattaessa voidaan todeta tasavirta-aktuaattorin asentamisen olevan yksinkertaisempaa. Paineilman käyttö tarkoittaa ohjausjärjestelmän tarvetta erilaisille laitteille, joita ilman tasavirta-aktuaattori pystyy toimimaan. Myös aktuaattorin ohjaaminen on yksinkertaisempaa.

Molempia ohjaustapoja voidaan kehittää lisäämällä ohjaus CAN-väylän kautta.

Opinnäytetyön aikataulu oli haasteellinen, sillä varsinainen aloituspalaveri pidettiin viikolla 14, jota aiemmin työn aihe oli ollut tiedossa jo toista kuukautta. Työn valmistumisen ajankohdaksi asetettiin viikko 19, joten ylimääräistä aikaa ei ollut. Arvioisin työn varsinaisen aloituksen osuneen viimeiselle hetkelle, jolloin työn eteneminen viikoittain oli vielä helppo suunnitella ja toteuttaa.

Opinnäytetyötä oli miellyttävä tehdä sen haasteellisuuden vuoksi. Työtä tehdessä tuli opittua paljon öljypolttimen komponenteista, sen ohjauksesta ja koko kattilajärjestelmästä. Haluan kiittää Alfa Laval Aalborg Oy:n työntekijöitä, jotka auttoivat työn etenemisessä ja valmistumisessa aikataulussa. Haluan kiittää myös yritystä opinnäytetyön mahdollistamisesta.

LÄHTEET

Aalto-yliopisto www-sivut. Viitattu 17.4.2020.

https://mycourses.aalto.fi/pluginfile.php/293726/mod_resource/content/1/2_Toiminnot_2015%2Bliitteet.pdf

Alfa Laval Aalborg Oy:n sisäinen tietokanta. Viitattu 16.3.2020.

Alfa Lavalin www-sivut. Viitattu 16.3.2020. www.alfalaval.com

Alfa Laval, Aalborg-kbsa, PDF-dokumentti. Viitattu 29.4.2020. https://www.alfalaval.com/globalassets/documents/industries/marine-and-transportation/marine/aalborg-kbsa.pdf?t_id=1B2M2Y8AsgTp-gAmY7PhCfg%3d%3d&t_q=kbsa&t_tags=language%3afi%2csiteid%3af6138c09-ef87-414f-874d-e8bcf6fd81b8&t_ip=212.50.149.170&t_hit.id=AlfaLaval_ContentTypes_MediaTypes_GenericMedia/872915d4-52c7-4322-ba00-0e5969f691ab&t_hit.pos=1

Alfa Laval, Sipart for fan, salainen PDF-dokumentti. Viitattu 9.4.2020.

DNV GL 2017, Rules for classification: Ships - DNVGL-RU-SHIP Pt.4 Ch.7, PDF-dokumentti. Viitattu 6.5.2020.

http://rules.dnvgl.com/docs/pdf/gl/maritimerules2016Jan/gl_i-1-2_e.pdf

DNV GL 2015, Rules for Classification and Construction – Ship Technology, Pt.1 Ch.2, PDF-dokumentti. Viitattu 6.5.2020.

http://rules.dnvgl.com/docs/pdf/gl/maritimerules2016Jan/gl_i-1-2_e.pdf

Firgelli Automations www-sivut. Viitattu 5.5.2020. <https://www.firgelli.com/blogs/news/18090539-linear-actuator-how-to>

Hyperphysics www-sivut. Viitattu 6.5.2020. <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/electric/resis.html#c2>

Inst Tools www-sivut. Viitattu 5.5.2020. <https://instrumentationtools.com/control-valve-positioner-working-principle/>

Linak 2019, Actuator LA36 User manual, PDF-dokumentti. Viitattu 9.4.2020.

Motiva www-sivut. Viitattu 6.5.2020. <http://www.motiva.fi/files/1720/katenergiakatselmoijan-kasikirja-osa-3-2-A.pdf>

PLC-trade www-sivut. Viitattu 5.5.2020. <https://plc-trade.com/mpn/6dr5213-0eg20-0aa0/>

PR-Electronics www-sivut. Viitattu 17.4.2020. <https://www.prelectronics.com/fi/the-fundamentals-of-420-ma-current-loops/>

Rantanen, A. 2020. Quality Engineer, Alfa Laval Aalborg Oy. Rauma. Sähköpostihaastattelu 20.4.2020. Haastattelijana Aake Lehtonen. Muistiinpanot haastattelijan hallussa. Viitattu 28.4.2020.

Resistorguide www-sivut. Viitattu 20.4.2020.
<http://www.resistorguide.com/potentiometer/>

Salmi, M. 2020. Commissioning Engineer, Alfa Laval Aalborg Oy. Rauma. Sähköpostihaastattelu 21.4.2020 Haastattelijana Aake Lehtonen. Muistiinpanot haastattelijan hallussa. Viitattu 24.4.2020.

Sensor Electric Technology www-sivut. Viitattu 30.4.2020. <https://www.set-transducer.com/Article-CurrentTransducer.html>

Siemens 2006, Electropneumatic positioner Functional safety for SIPART PS2, PDF-dokumentti. Viitattu 9.4.2020.

Uusi-Uitto, J. 2011. Laivan paineilmajärjestelmä. AMK-opinnäytetyö. Kymenlaakson ammattikorkeakoulu. Viitattu 6.5.2020.
https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/26021/uusi-uitto_jesse.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Performance Scheme for Steam Atomising Oilburner

Plant name: [REDACTED] Boiler No. 1

Date: 13.10.2019

Boiler type/No: M10M IGT12000kg/h / [REDACTED]

Burner type/No: KBSA 950 / [REDACTED]

Fuel type/quality: MGO

Atomizer ID. No. [REDACTED]

dp-transmitter, range airflow: 0 to 240 mmWG

Min. load: 25 %

Ign. load: 23 % ER pressure -1Pa

Service Engineer: msi

Measurements: A= 25mm ; B= 640mm ; C= 105mm of burner adjustments /// in smoke tubes the spiral (turbulator) original length is 1800mm

Load / fuel flow	%	25	30	40	50	60	70	80	90	100	BURNER STOP
1 Fuel amount	L/h	230.0	276.0	370.0	460.0	553.0	645.0	737.0	830.0	920.0	
2 Fuel pressure at burner inlet	Barg	3.0	3.5	4.7	6.3	8.5	9.8	10.8	12.4	13.8	
3 Fuel temperature at burner inlet	°C	24.0	24.0	24.0	25.0	24.0	24.0	24.0	25.0	25.0	
4 Fuel oil circulation pressure	barg	20.0	19.9	19.9	20.0	20.0	19.9	20.0	20.0	20.0	
5 Fuel temperature in tank	°C	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	
6 Fuel temperature in pre-heater	°C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
7 Atomising P (Burner gauge)	barg	3.5	3.6	4.0	4.9	5.9	6.0	6.0	6.0	6.0	
9 Oil flow PV	%	25.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0	100.0	
10 Oil regulator out put	%	32.0	35.0	41.0	45.0	49.0	52.0	57.0	61.0	66.0	
12 Air flow PV	%	20.6	25.3	35.0	43.0	53.3	64.3	74.6	84.9	94.0	
13 Air damper plate REF	%	15.5	18.5	27.6	38.4	55.5	100.0	100.0	100.0	100.0	
14 Air driver REF	%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	19.0	31.8	43.3	
15 Frequency converter	Hz	24.9	24.9	24.9	24.9	24.9	26.5	31.3	35.8	39.8	
17 Air flow transmitter (HMI panel)	mmH2O	49.0	61.0	84.0	103.0	127.0	154.0	179.0	204.0	225.0	
18 Flue gas temp in uptake	°C	181.0	183.0	191.0	199.0	212.0	224.0	236.0	250.0	253.0	
19 O2	%	6.4	6.4	6.8	6.6	6.7	6.6	6.4	6.4	6.1	
20 CO2	%	10.7	10.7	10.4	10.6	10.5	10.6	10.7	10.7	10.9	
21 CO	ppm	5.0	4.0	4.0	2.0	2.0	1.0	2.0	2.0	3.0	
22 NOx	ppm	109.0	95.0	80.0	83.0	81.0	88.0	94.0	96.0	99.0	
23 NO	ppm	104.0	91.0	76.0	80.0	77.0	83.0	90.0	91.0	94.0	
24 Burner inlet air temp	°C	20.0	20.0	20.1	20.4	20.3	20.4	20.8	21.3	21.8	
25 Smoke density unit	%	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	2.0	3.0	4.0	
26 Boiler pressure	barg	8.0	8.1	8.0	8.2	8.1	8.3	8.4	8.1	8.3	