



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

Kaivukoneen liikkeitä ohjaavien laitteiden toiminta ja ohjaus koneohjausjärjestelmillä

Ville Junno

Opinnäytetyö
Marraskuu 2015
Tietotekniikka
Sulautetut järjestelmät ja elektroniikka
Älykkäät koneet



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tietotekniikka
Sulautetut järjestelmät ja elektroniikka
Älykkäät koneet

JUNNO VILLE

Kaivukoneen liikkeitä ohjaavien laitteiden toiminta ja ohjaus koneohjausjärjestelmillä

Opinnäytetyö 38 sivua, joista liitteitä 6 sivua
Marraskuu 2015

Kaivukoneen liikkeitä ohjaavien laitteiden toiminta ja ohjaus koneohjausjärjestelmillä – opinnäytetyön aihe ja alkuperäinen idea syntyivät pirkanmaalaisen koneohjausyrityksen kanssa. Työ oli mahdollista toteuttaa niin Tampereen ammattikorkeakoulun koulutuksen kuin harrastuksista hankitun tietotaidon pohjalta. Koneohjaus oli myös opiskelun edetessä tullut mielenkiinnon kohteeksi ja työ loi jatkumon älykkäät koneet-opintokokonaisuuteen.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutustua kaivukoneen liikkeitä ohjaavaan tekniikkaan ja tutkia ohjaavaa koneohjausjärjestelmää. Työssä otetaan kantaa ratkaisuun, jolla kaivukoneen puomiston ja kauhan ohjaus tulisi toteuttaa koneohjattuna. Kauhan kulmaa ohjaavan järjestelmän toiminta selvitettiin. Tuloksena tehtiin ohjelma, millä järjestelmää ohjattiin. Ohjelma toimii pohjana tulevissa kehitysprojekteissa.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Information Technology
Embedded Systems
Intelligent Machines

JUNNO VILLE

Excavator Movement Equipment's and Controlling Machine Control Systems

Bachelor's thesis 38 pages, appendices 6 pages
November 2015

Excavator`s movements leading equipment`s function and controlling machine control systems – subject of the bachelor`s and very first idea was originated with the Pirkanmaa province operative machine control company. The work was possible to carry out by the University of Applied Science`s education and with my acquired knowledges from my own hobbies. Machine control have also become my interest by studying the progresses and work creates a continuum of my intelligent machines study.

The purpose of this bachelor`s is to explore the excavator movements technique and examine controlling machine`s control system. The work takes a stand solution, how an excavator boom and its bucket control should be engineered to machine`s control systems. A system which controls bucket`s angle is explained at this work and as on the result is a control program which leads the system. The program can work as a basis for the future development projects.

Key words: machine control, directional control, excavator

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	KONEOHJAUS.....	8
2.1	Opastavat järjestelmät.....	8
2.2	Ohjaavat järjestelmät	9
2.3	Koneohjauksen hyödyt	10
2.3.1	Tutkimus Caterpillar	10
2.3.2	Tutkimus Reykjavikin yliopistossa.....	11
3	KONEEN LIIKKEIDEN OHJAUS	14
3.1	Järjestelmän osa-alueet	15
3.2	Esiohjaus	15
3.3	Puomiston kinematiikka	17
3.4	PID-säädin	18
4	MAHDOLLISUUDET JA TURVALLISUUS	19
5	KÄYTTÖÖNOTTO JA TESTAUS	20
5.1	IDigBest	20
5.2	Asennus.....	21
5.3	Mittaukset	23
5.3.1	CAN-väylä	23
5.3.2	Ohjaussignaali.....	24
5.4	Ohjelma.....	26
6	TULOKSET	29
7	JOHTOPÄÄTÖKSET	30
	LÄHTEET.....	31
	LIITTEET	32
	Liite 1. Lähdekoodi	32
	Liite 2. Parker CCS 012H datalehti.....	36

ERITYISSANASTO

GNSS-RTK	Paikannusjärjestelmä (Global Navigation Satellite System-Real Time Kinematic)
Rototilt	Kaivukoneen lisälaite, kauhanpyörittäjä/kallistaja
PWM	Pulssinleveysmodulaatio (Pulse Width Modulation)
Kvaser Leaf Light HS2	CAN-USB-rajapintamuunnin
CRC	Tarkistussumma (Cyclic redundancy check)
IDE	Ohjelmointiympäristö (Integrated development environment)
API	Ohjelmointirajapinta (Application programming interface)

1 JOHDANTO

Koneohjaus on muuttanut viimeisten kymmenien vuosien aikana maanrakennusprosessia. Työnkuva on muuttunut konekuskeilla ja työmaahenkilöillä. Koneohjauksen myötä maanrakennusprosessista kaivukonekuskeille on tullut vastuuta ja mahdollisuus vaikuttaa työn laatuun olematta sidoksissa mittamieheen. Työmaamalli näkyy kuskille koneohjausjärjestelmän näytöltä, jolloin mittakeppejä ei tarvita. Järjestelmät opastavat kuskia 3D-mallin koordinaattisijainteihin. Työmaadokumentointia hoidetaan nykyisin myös koneohjauksella, kaivukone toimii koneohjattuna yhtenä mittausinstrumenttina.

Nykyiset kaivukoneiden koneohjausjärjestelmät ovat suurelta osin opastavia järjestelmiä muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta. Ohjaavia järjestelmiä on yleisemmin käytössä tiehöylissä ja puskukoneissa. Opastavat järjestelmät eivät vaikuta koneen liikkeen ohjaamiseen, joten kuskillä on vastuu työn laadusta ja tarkkuudesta. Ohjaava järjestelmä auttaisi varsinkin kokemattomampia kuskeja tekemään tasalaatuista ja tarkkaa työtä. Nykyiset 3D-järjestelmät kykenevät huomattavaan tarkkuuteen GNSS-RTK-paikannustekniikalla, koneen terän sijainti pystytään paikantamaan senttimetrin tarkkuudella. Onkin loogista ajatella, että seuraava askel kaivukoneen ohjauksessa on ohjaavan ja opastavan järjestelmän yhdistelmä, joka mahdollistaisi muun muassa luiskien teon tarkasti kuskin taidoista riippumatta. Nykyisillä 3D-järjestelmillä saavutetaan huomattavia säästöjä. Ohjaava järjestelmä saisi kaivutyöprosessista vieläkin tehokkaamman, jolloin säästyisi aikaa ja polttoainetta.

Työssä perehdytään kaivukoneen liikkeitä ohjaavaan tekniikkaan ja koneohjaustekniikkaan. Työssä puretaan IDigBest-kauhan kulmaa ohjaava järjestelmä Hitachin valmistamasta kaivukoneesta, asennetaan se ammattikorkeakoulun Yanmar SV15 -kaivukoneeseen ja otetaan käyttöön. Kyseistä järjestelmää käytetään referenssinä ohjaavan järjestelmän toiminnan tutkimiseen sekä mittaukseen. Lopuksi työssä tehdään ohjelma, jolla testataan tutkittujen asioiden oikeellisuus. Ohjelma toimii myös pohjana tuleville kehitysprojekteille. Työn tavoitteena on suunnitella ja ottaa kantaa millä tekniikalla kaivurin liikkeen ohjaus tulisi toteuttaa koneohjattuna.

Aiemmin tehdyssä opinnäytetyössä ”Selvitys työkoneen liikkeitä rajoittavan lisävarusteen asennusmahdollisuuksista” on selvitetty, miten konevalmistajien edustajat suhtautuvat koneiden lisävarusteluun ja tekniikan muutoksiin. Haastatteluissa on kysytty sähköisen esiohjauksen käytöstä ja voiko kolmas osapuoli ohjelmoida sitä valmiin rajapinnan kautta.

Jos mittalaittevalmistaja haluaa suunnitella ja valmistaa rautatierakentamissovelluksen, joka toimii sähköhydraulisesti, on valmistajan joko etsittävä kaivinkonevalmistaja, jonka rautatierakentamiseen soveltuvissa painoluokan kaivinkoneissa on mahdollisesti jo käytössä sähköinen hydrauliiikan ohjaus, tai suunniteltava ja rakennettava sellainen jonkin yhteistyöhaluisen työkonevalmistajan koneeseen. Tästä kuitenkin seuraa esimerkiksi se, että koneen alkuperäinen CE-merkintä sekä mahdollinen tehdastakuu katoavat. Mittalaittevalmistajan on siis tässä tilanteessa suoritettava CE-hyväksynnän vaatimat toimenpiteet ennen koneen ja sen järjestelmän markkinointia. [1]

Sähköistä esiohjausta ei ole saatavilla konemyyjien konemalleissa eli venttiileiden ohjaaminen ei ole suoraan rajapinnan kautta mahdollista. Koneen hydrauliiikan muutostyöt sähköiseksi ovat mahdollisia mutta ne vaarantaisivat koneen CE-merkinnän. Opinnäytetyössä todetaan, että ohjaavan järjestelmän tekemiselle ei ole ylitsepääsemätöntä estettä. Järjestelmän suunnittelussa on otettava CE-hyväksynnän vaatimukset huomioon alusta alkaen.

2 KONEOHJAUS

Koneohjatussa maanrakennusprosessissa suunnittelijalta saatavat kuvat ovat digitaalisia ja ne ladataan maansiirtokoneen koneohjausjärjestelmään, jolloin koneen hytissä oleva näyttö ilmoittaa reaaliajassa oikeat korot ja linjat sekä mahdollistaa työn oikeellisuuden ja laadun reaaliaikaisen seurannan. Modernilla maanrakennusprosessilla saavutetaan jopa 30 % - 50 % säästöt ajassa ja mittauskustannuksissa, koska maansiirtokone toimii itse mittaajana. [2]

2.1 Opastavat järjestelmät

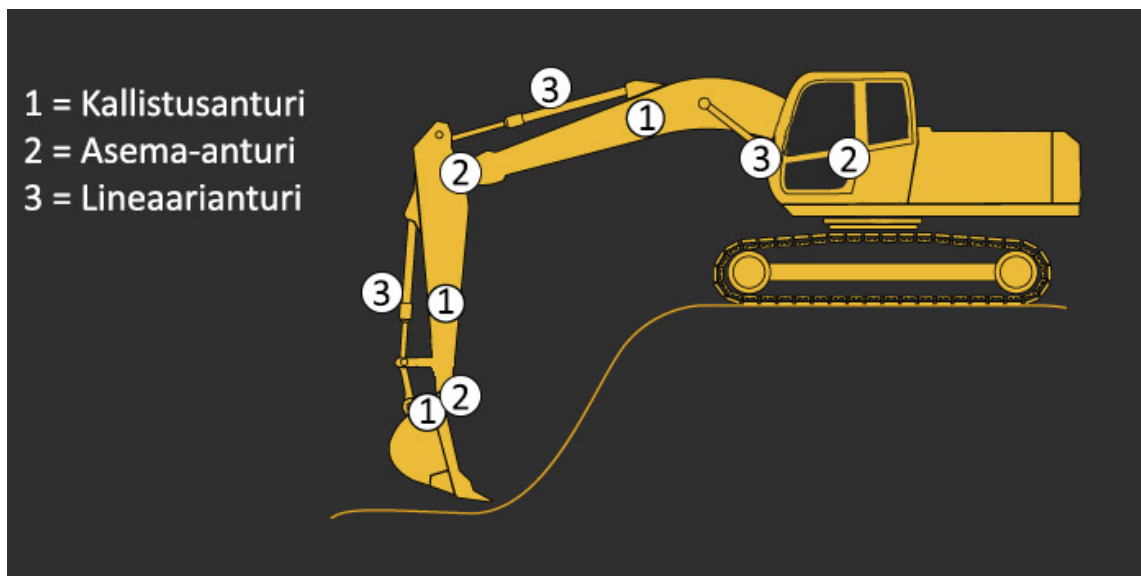
Koneohjausjärjestelmät ovat suuremmaksi osaksi opastavia. Järjestelmä opastaa kuljettajaa näytön tai muun indikaattorin avulla. 2D-järjestelmä ilmoittaa kauhan terän sijainnin tiettyyn referenssipisteeseen nähden. Käyttäjän asettama piste järjestelmälle voi olla esimerkiksi jokin kauhan terän sijainti tai työmaalle sijoitettu laser. Tällaiset järjestelmät sopivat hyvin yksinkertaisimmille työmaille kuten esimerkiksi rakennuksen pohjan tai ojan kaivamiseen. 2D-koneohjaus vaatii työmaalle mittamiehen, joka varmistaa oikeat korko- ja kaatoarvot.

3D-järjestelmät ovat monipuolisempia, ja ne näyttävät koneen terän sijainnin maastokoordinaatistossa. Järjestelmiin tehdään työmaamalli, josta kuljettaja näkee työmaan rakennekerrokset. Se mahdollistaa työskentelyn monimutkaisilla työmailla. 3D-järjestelmä mahdollistaa työkoneen käytön myös mittalaitteena, jolloin työmaan tarkemittaukset onnistuvat kaivukoneella. Mittamiestä ei työmaalla aina tarvita, joten konekuskki voi työskennellä itsenäisesti.

2D-järjestelmien tekniikka rakentuu koneen paikallisista antureista, keskusyksiköstä ja näyttöpaneelistä tai muusta indikaattorista. Koneen liikkeiden mittaamiseen käytetään valmistajasta riippuen kolmea eri anturitekniikka.

Kallistusanturi eli inklinometrianturi on yleisesti käytetty anturityyppi. Se soveltuu kaikkiin koneen paikallisten arvojen mittaamiseen. Toinen käytettävä anturityyppi on kiertymää mittaavat asema-anturit, joita ovat inkrementtianturit ja absoluuttianturit. Ne on asennettava koneen puomiston liikkuvien osien liitoskohtiin, joten asennus on työläämpi kuin kallistusantureilla. Anturityyppi soveltuu hyvin tyvitaitto ja rototilit

sovelluksiin. Kolmas käytettävä anturitekniikka on pituutta mittaava lineaarianturi. Lineaarianturit asennetaan hydraulikkasyntereiden sisälle. Ulkopuolelle on mahdollista asentaa antureita, mutta vaurioherkkyyden myötä se ei ole järkevää. Anturintyyppien etuina ovat tarkkuus ja kestävyys. Parhaita ratkaisuja koneen terän paikkatiedon mittaamiseen on seurata puomin liikkeitä lineaariantureilla ja käyttää koneen rungon anturina kallistusanturia. Antureiden tiedonsiirrossa käytetään CAN-väylää tai radiosignaalia.



KUVA 1. Anturityyppien asennuspaikat puomistossa

3D-koneohjausjärjestelmä sisältää samat kauhan terän sijaintia mittaavat paikalliset komponentit ja lisäksi GNSS-RTK-vastaanottimen ja antennin. Paikannus käyttää yhdessä sekä GPS- että GLONASS-satelliittipaikannusjärjestelmiä. Osassa paikanninjärjestelmistä on tuki Galileo- ja BeiDou-satelliittipaikanninjärjestelmiin. Useamman satelliittijärjestelmän yhteiskäyttö parantaa satelliittien näkyvyyttä eli paikannus on varmempaa. Senttimetrin tarkkaan paikannukseen ei riitä satelliittien paikannustarkkuus, joten järjestelmät käyttävät RTK-korjausta. Korjausarvot saadaan kiinteistä tukiasemista. [3], [4]

2.2 Ohjaavat järjestelmät

Ohjaavat järjestelmät ovat kaivukoneille harvinaisempia, ne ovat yleisiä koneissa, joilla leikataan rakennepintaa kuten puskukoneissa ja tiehöylissä. Kehittynein kaivukoneiden

ohjaava järjestelmä on konevalmistaja Komatsun ja mittauslaitevalmistaja Topcon yhteistyössä kehittämä kaivukone Komatsu pc210lci. Koneessa on yhdistetty opastava 3D-koneohjausjärjestelmä ja ohjaava koneohjausjärjestelmä. Se kykenee ohjaamaan kaikkia puomiston sylintereitä, mutta se ei ohjaa sitä automaattisesti. Koneohjaus toimii kuljettajalle apuna estämällä liikakavuun pysäyttämällä sylintereiden liikkeitä. Työssä tutkittavalla IdigBest-järjestelmällä määritellään haluttu kauhankulma, jonka järjestelmä pitää puomiston muista liikkeistä huolimatta samana.

2.3 Koneohjauksen hyödyt

Koneohjauksen hyötyjä ovat tutkineen eri tahot tekemällä saman työn perinteisellä menetelmällä ja koneohjattuna. Perinteinen maansiirtoprosessi alkaa mittaryhmän maastoon tekemistä mittausmerkinnöistä, joihin on merkitty korko- ja linjamerkinnot. Kaivukonekuskki noudattaa merkintöjä silmämääräisesti, joka heikentää työn laatua. Merkinnot altistuvat ulkoisille tekijöille kuten yliajoihin. Mittausryhmä tekee tarkistusmittauksia työn edetessä ja tarvittaessa korjaavat merkintöjä. Prosessia jatketaan niin kauan, että saadaan haluttu lopputulos.

Perinteinen menetelmä on aikaa vievä johtuen mittaustyön toistumisesta. Siitä aiheutuu turhaa maansiirtoa, koneen joutokäyntiaika lisääntyy ja työn laatu kärsii. Työturvallisuusriskejä ilmenee, koska koneiden lähistöllä on mittamies opastamassa kuljettajaa. Koneohjattuna työturvallisuus paranee ja työtä voidaan tehdä myös huonoissa näköolosuhteissa kuten öisin tai sumussa.

2.3.1 Tutkimus Caterpillar

Caterpillar Oy on tehnyt ”Road Construction Production Study” -tutkimuksen vuonna 2006. Tutkimuksen paikkana toimi MALAGA Demonstration & Learning Center. Sen tarkoituksena oli tutkia AccuGrade-järjestelmän tehokkuutta valtatie rakentamisessa. Työssä on tehty kaksi identtistä 80 metrin mittaista valtatie osuutta, joista toinen perinteisellä tietyöprosessilla ja toinen koneohjattuna. Tutkimuksessa on käytetty samoja koneita ja kuskeja, sääolosuhteet ovat olleet myös samat kummassakin

mittauksessa. Mittareina on käytetty aikaa, ajojen määrää, maamassoja, polttoainemääriä ja työn tarkkuutta.

TAULUKKO 1. Työaika

Työaika			
	Perinteinen (h:min)	Koneohjattu (h:min)	Säästö koneohjattuna (%)
Maansiirto	2:23	1:53	31 %
Tasaus	2:56	2:43	5 %
Yhteensä	5:19	4:36	16 %

TAULUKKO 2. Polttoaineen kulutus

Polttoaine määrät			
	Perinteinen (L)	Koneohjattu (L)	Säästö (%)
Kaivinkone 330D	231	123	47 %

Tuloksista todetaan, että kaivinkoneen koneohjauksella saavutetaan huomattavia säästöjä niin ajassa kuin polttoainekuluissa. Koneiden joutokäyntiaika vähenee, koska ei tarvitse odottaa mittatietoja. Merkittävimpänä tuloksena tutkimuksessa voidaan pitää työhön käytettyä aikaa, perinteisesti työhön kului aikaa kolme ja puoli päivää ja koneohjattuna puolitoista päivää. [5]

2.3.2 Tutkimus Reykjavikin yliopistossa

Reykjavikin yliopiston ”GPS Machine guidance in construction equipment” - tutkimuksessa on tutkittu 3D-koneohjausta perinteiseen menetelmään nähden tekemällä kaksi identtistä putkistokaivantoa. Kaivannon rakenne sisältää sadevesiputkiston ja viemäriputkiston, jotka ovat pituudeltaan 160 metriä. Tutkimuksessa on käytetty ”Trimble GPS 3D System type GCS900” -koneohjausjärjestelmää ja Caterpillar 330DL -kaivukonetta.

TAULUKKO 3. Työaika

Työaika				
	Perinteinen (h:min:sek)	Koneohjattu (h:min:sek)	Säästö koneohjattuna	
Kaivuutyö	4:18:30	6:35:00		
Viimeistely	4:14:00	0:00:00	(h:min:sek)	(%)
Yhteensä	8:32:30	6:35:00	1:57:30	22,9

TAULUKKO 4. Polttoaineen kulutus

Polttoaine määrät			Säästö koneohjattuna	
	Perinteinen (L)	Koneohjattu (L)	(L)	(%)
Kaivinkone 330DL	347	270	77 L	22,2

TAULUKKO 5. Mittaajien työaika

Mittaajan työaika				
	Perinteinen (h:min:sek)	Koneohjattu (h:min:sek)	Säästö koneohjattuna	
Kaivuu	0:39:00	0:02:00		
Kontrolli	0:26:00	0:00:00		
Odottamaton	0:20:15	0:00:00	(h:min:sek)	(%)
Yhteensä	1:25:15	0:02:00	1:23:15	98,4

TAULUKKO 6. Siirretyt maamassat

Maamassat				
	Perinteinen (m ³)	Koneohjattu (m ³)	Säästö koneohjattuna	
			(m ³)	(%)
Kaivuu	1654,00	1428,25	225,75	13,6
Täyttö	152,25	62,20	91,05	59,1
Yhteensä	1806,25	1490,25	316,80	17,5

TAULUKKO 7. Työtehokkuus

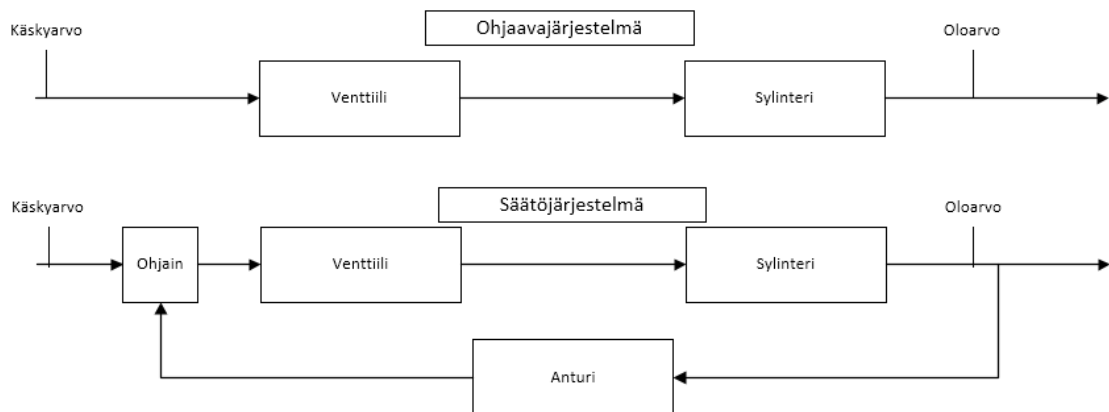
Työtehokkuus kaivuutyön aikana			
	Perinteinen (h:min:sek)	Koneohjattu (h:min:sek)	Säästö koneohjattuna (%)
Konekuski	8:32:30	6:35:00	22,9
Mittaaja	1:25:15	0:02:00	97,7
Apumies	5:39:15	0:02:00	99,4
Yhteensä	15:37:00	6:39:00	57,4

Tutkimus on Caterpillarin tutkimusta kattavampi ja tästä huomataan koneohjaukselle muitakin etuja. Suurena kustannusetuna ovat vähempi maamassojen siirtely, joka vaikuttaa suoraan myös kuljetuskustannuksiin.

3 KONEEN LIIKKEIDEN OHJAUS

Kaivukoneen liikkeitä ohjataan hydraulisesti. Hydraulisessa tehonsiirrossa energiaa siirretään hydrostaattisesti ja hydrodynaamisesti. Hydrostaattisessa energian siirrossa energia välitetään paineen avulla eli potentiaalienergiana. Hydrodynaamisessa energian siirrossa energia sidotaan nesteen liike-energiaan eli virtaukseen. Liikkeitä ohjataan ohjaussauvoilla ja vivuilla. Nämä ohjaavat venttiileitä, jotka ohjaavat sylintereille ja hydraulikkamoottoreille painetta ja tilavuusvirtaa. Venttiileiden ohjaus voidaan toteuttaa joko suora- tai esiohjattuna. Nykyaikaisissa koneissa käytetään yleisesti hydraulista esiohjausta.

Järjestelmien ohjaustavat luokitellaan ohjaavaan ja säätöjärjestelmään. Perinteinen kaivukoneen ohjaustapa on ohjaava järjestelmä, jossa toimilaitetta ohjataan venttiilillä järjestelmän tietämättä toimilaitteen oloarvoa. Ohjaavat koneohjausjärjestelmät käyttävät säätöjärjestelmää, jossa laitteen toimintaa tarkkaillaan takaisinkytkennän kautta kuvan 2 mukaisesti. Se sietää hyvin niin järjestelmän sisäisiä kuin myös ulkoisia häiriötekijöitä. [7]



KUVA 2. Ohjaus ja Säätöjärjestelmä

3.1 Järjestelmän osa-alueet

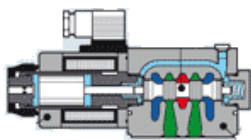
Hydrauliikkajärjestelmän komponentit jaetaan usein kolmeen eri osa-alueeseen, primaaripuoleen, energiansiirtoon ja sekundaaripuoleen. Primaaripuoli sisältää energianmuunnoksen polttomoottorista hydrauliseksi eli hydrauliikkapumpun ja säiliön. Energian siirto sisältää putkistot, huoltokomponentit, venttiilit ja muut säätökomponentit. Sekundaaripuoli tekee energian muunnoksen hydraulisesta mekaaniseksi, kaivukoneen puomiston tapauksessa sylinterin liikkeeksi. Tämä työ käsittelee lähinnä energiansiirtoa ja siinä erityisesti venttiileitä ja säätökomponentteja. [7]

3.2 Esiohjaus

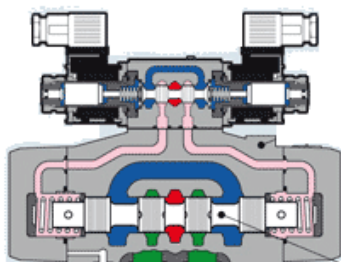
Esiohjaus tarkoittaa, että ohjauskomponenteilla ohjataan matalapainejärjestelmää, mikä ohjaa pääventtiileitä. Esiohjauksen etuina ovat kevyemmät hallintalaitteet ja säädettävän ohjauksen myötä myös kuljettajalle turvallisempi työympäristö. Ohjaamossa ei mene korkean paineen hydrauliikkalinjoja, jotka olisivat rikkoutuessaan turvallisuusriski.

Suoraohjaus voi olla hydraulinen tai sähköinen. Sähköisellä ohjauksella ohjataan venttiilin karaa solenoidilla. Solenoidin toiminta on päälle/pois tyyppinen, kun käämiin johdetaan virtaa venttiilin kara liikkuu. Suurilla virtausvoimilla ohjaustavan huonoina puolina ovat solenoidin kasvaminen epäkäytännöllisen suureksi ja sen myötä paljon tehoa kuluttavaksi. [7]

Suoraohjattu venttiili



Esiohjattu venttiili



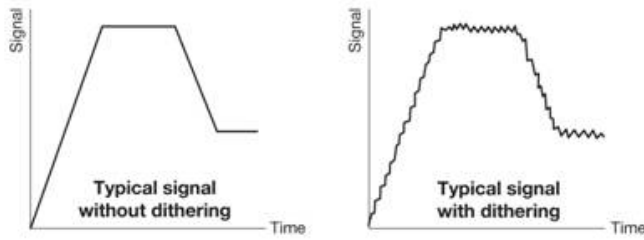
KUVA 3. Suoraohjatun ja esiohjatun venttiilin rakenne (<http://www.atos.com>)

Sähköisesti esiohjatussa rakenteessa solenoidi ohjaa pienempää esiohjausventtiiliä, joka ohjaa hydraulisesti pääventtiilin karaa. Käytännössä pienempi ohjausventtiili toimii vahvistimen tavoin. Kuvassa 3 on kaksivaiheisen esiohjatun venttiilin rakenne. Jos venttiili on tarkoitettu ohjaamaan suurta tilavuusvirtaa, voi sen toiminta olla monivaiheinen.

Proportionaalinen ohjaus tarkoittaa ohjausta, jossa syötettävä data on suoraan verrannollinen saatavaan tulokseen. Proportionaaliventtiilileillä karaa voidaan ohjata portaattomasti, mikä mahdollistaa toimilaitteiden reaaliaikaisen ohjaamisen. Venttiilin karan ohjaukseen käytetään lineaarimoottoria tai vääntömoottoria. Yleisin käytettävä tyyppi on virtaohjattu tasavirtamagneetti, josta käytetään hydraulikassa nimitystä proportionaalimagneetti. Magneetin voima on suhteellinen sen ohjausvirtaan. Sen tuottama voima on lähes vakio koko magneetin iskupituudelta, kun tavallisen magneetin voima muuttuu iskupituuden ajan. [8]

Proportionaaliventtiilit ovat PWM-ohjattuja. Venttiileiden ohjauksessa käytettäviä parametreja ovat enimmäisvirta, vähimmäisvirta, ohjaussignaalin pulssinleveys, kynnysvirta ja dither-taajuus. Enimmäis- ja vähimmäisvirta asetetaan venttiilin kelan arvojen mukaisesti. Pulssinleveysmodulaation määrittelyt ovat signaalin ylhäälläoloaika ja alhaallaoloaika. Kynnysvirta (Deadband) on ulostulon esto, joka kytkeytyy päälle ohjaussignaalin alittaessa esimääritetyn arvon. [8], [9]

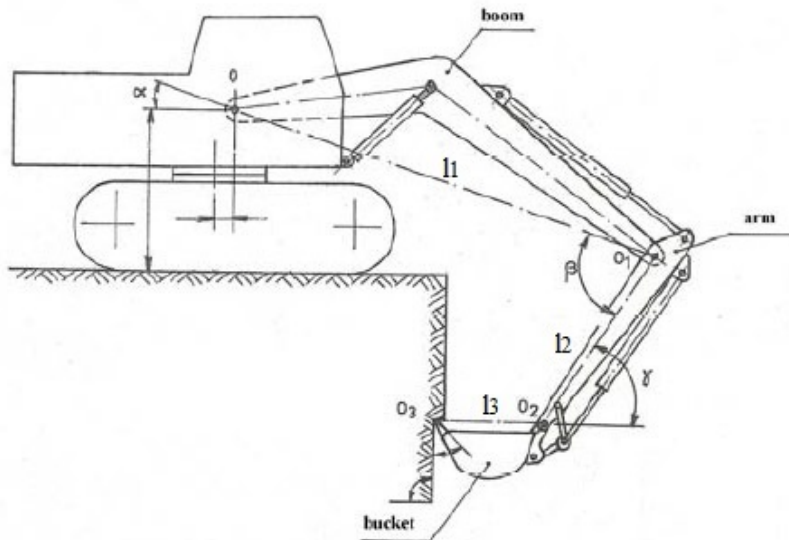
Dither-taajuus lisätään PWM-signaaliin, jolla pidetään venttiilin kara pienessä liikkeessä lepokitkan poistamiseksi. Sylinterin liike on siis tasaista ja nopeaa heti ohjauksen alkaessa. Yleinen käytetty dither-taajuusalue on 70 Hz - 350 Hz ja sen amplitudi on 10 % PWM-signaalin amplitudista. Liian korkea taajuus tai liian pieni amplitudi toimii samoin kuin ei dither-taajuutta ei olisi ollenkaan, koska kara ei ehdi reagoida korkeisiin taajuuksiin eikä liian pieni virta liikuta karaa. Kuvassa 3 vertaillaan signaalia ilman dither-taajuutta ja dither-taajuuden kanssa. [10], [11]



KUVA 4. Dither-taajuus. (www.steedmachinery.com)

3.3 Puomiston kinematiikka

Koneohjausjärjestelmät laskevat kauhan kärjen sijainnin puomiston ja rungon antureista saatujen tietojen perusteella. Korjausarvot on määritetty ohjelmallisesti järjestelmään kalibroinnin yhteydessä, jolloin sijainti saadaan maatasoon nähden oikein.



KUVA 5. Puomiston kinematiikka

Kauhan terän sijainti xy -koordinaatistossa lasketaan käyttämällä seuraavia laskukaavoja.

$$X_{sijainti} = l_1 \cos(\alpha) - l_2 \cos(\beta - \alpha) - l_3 \cos(\beta - \alpha - \gamma) \quad (1)$$

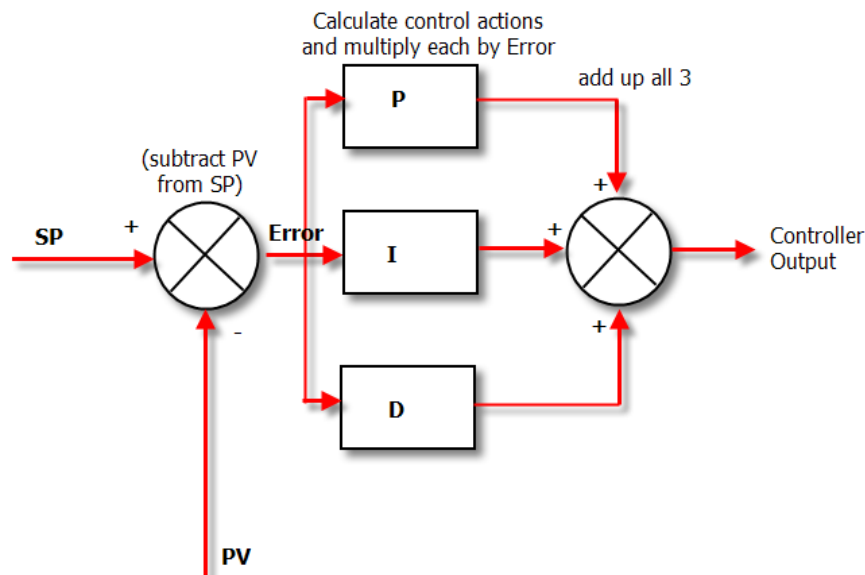
$$Y_{sijainti} = l_1 \sin(\alpha) - l_2 \sin(\beta - \alpha) - l_3 \sin(\beta - \alpha - \gamma) \quad (2)$$

Tässä l_1 on pääpuomin nivelten välinen etäisyys, l_2 on kaivuvarren nivelten etäisyys, l_3 on kauhan pituus sen kiinnitys niveleen, α on pääpuomin kulma maatasoon nähden, β on kaivuvarren ja pääpuomin välinen kulma ja γ on kaivuvarren ja kauhan välinen kulma.

3.4 PID-säädin

PID-säädin on perussäädin, joka on yleisesti käytössä. Sitä voidaan käyttää ohjaavassa koneohjauksessa takaisinkytkennässä, ja sen ulostulo sisältää perusosan, integroivan osan ja derivoivan osan. Perusosan ulostulo on suoraan verrannollinen säädön poikkeamaan, ja sitä myös kutsutaan suhteelliseksi säädöksi. Integroivan osan ulostulo muuttuu säädön poikkeamaan verrannollisella nopeudella, ja sitä kutsutaan korjaavaksi tai palauttavaksi säädöksi. Säätimen derivoivan osan ulostulo reagoi verrannollisesti poikkeaman muutosnopeuteen, sillä toteutetaan ennakoivaa säätöä.

Koneohjaukseen säädintä suunniteltaessa pitää ottaa huomioon tärinä ja muut koneen pienet liikkeet. Ratkaisu on laskea mittaustiedosta muutaman mittausarvon keskiarvoa ja syöttää se PID-säätimelle. Derivoiva arvo reagoi nopeisiin muutoksiin ja vaarana on ulostulosignaalin värähtely. Säätimessä ei ole pakko käyttää kaikkia sen komponentteja. Järjestelmää testattaessa voitaisiin kokeilla eri käytännön tilanteissa, mitkä säätöarvot ja komponentit toimisivat parhaiten. Kuvassa 6 on PID-säätimen rakenne, SP tarkoittaa ohjausarvoa ja PV mittausarvoa.



KUVA 6. PID-säätimen rakenne (<http://www.csimn.com>)

4 MAHDOLLISUUDET JA TURVALLISUUS

Ohjaava koneohjaus tehostaa kaivuuprosessia, ja kykenee toimimaan olosuhteista riippumatta. Nykyiset järjestelmät ohjaavat puomistoa tai sen osia, koneen täysin automaattinen ohjaus olisi mahdollista toteuttaa samaa tekniikkaa hyödyntämällä.

Turvallisuuden ja käytännön näkökulmasta liikkeitä rajoittava järjestelmä on turvallisin ratkaisu. Liikkeitä rajoittava ohjaus ei ohjaa liikkeitä automaattisesti vaan toimii kuljettajaa avustavasti, jolla saavutetaan työturvallisuutta ja työturvallisuus pidetään kuljettajalla. Turvallisuutta edistäviä sovelluksia lisäämällä järjestelmä olisi päivitettävissä kuitenkin itse ohjaavaksi. Turvallisuussovelluksien vähimmäisvaatimuksina voidaan pitää ihmisten ja objektien tunnistamista. Sovellus voitaisiin toteuttaa lämpökameran ja IR-laserskannerin avulla, esimerkkinä automerkin Mercedes-Benz konenäkösovellus Night View Assist Plus.



KUVA 7. Sovelluksen tunnistustoiminto (<http://techcenter.mercedesbenz.com>)

Laki ei nykyisillään suoraan salli automaattisesti toimivaa konetta. Lakiin voi kuitenkin olla pian tulossa muutoksia. Liikenne- ja viestintäministeriö on julkaissut 1.9.2015 suunnitelman ”Robotit maalla, merellä ja ilmassa. Liikenteen älykkään automaation edistämissuunnitelma”, jonka tarkoituksena on korostaa sääntelyn purkamista ja kokeiluiden helpottamista.

Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta:

1.2.1. Ohjausjärjestelmien turvallisuus ja toimintavarmuus

Ohjausjärjestelmät on suunniteltava ja rakennettava sellaisiksi, että ne estävät vaaratilanteiden syntymisen. Ennen kaikkea ne on suunniteltava ja rakennettava sellaisiksi, että:

- ohjausjärjestelmän laitteisto- tai ohjelmistovika ei aiheuta vaaratilanteita;
- virheet ohjausjärjestelmän logiikassa eivät aiheuta vaaratilanteita

5 KÄYTTÖÖNOTTO JA TESTAUS

Kappaleessa käyttöönotto perehdytään IDigBest-järjestelmään ja laitteiston asennusvaiheisiin. Työt alkoivat työvaiheiden ja työturvallisuuden suunnittelulla ja mahdollisten ongelmien kartoituksella. Työturvallisuus on tärkeää hydraulikka-asennuksissa, koska minikaivukoneen päälohkossa on käyttöpaine enimmillään 180 baaria.

Kauhan kulmaa ajava järjestelmä oli valmiiksi asennettuna yrityksen kaivukoneeseen, josta laitteisto siirrettiin Tampereen ammattikorkeakoulun kaivukoneeseen. Yrityksen käytössä olevassa kaivukoneessa kauhan ohjaus ei toiminut halutulla tavalla, ja myös jatkokehitysprojekteja silmällä pitäen siirto koulun kaivuriin oli perusteltua. Koulun kaivukoneessa on 3D-koneohjausjärjestelmä, joten uutta järjestelmää voidaan käyttää sen rinnalla tehokkaasti.

5.1 IDigBest

Järjestelmä ohjaa kauhan kulmaa haluttuun arvoon. Proportionaaliventtiilit ohjaavat kauhan sylinteriä ja solenoidiventtiili kytkee pääpuomin hydraulikkalinjat oikosulkuun. Pääpuomi siis makaa omalla painollaan, ja käyttäjä ohjaa ainoastaan kaivuuvartta.

IDigBest sisältää kaksi kallistusanturia, Midac+ -ohjaimen ja kaksi hydraulista ohjauslohkoa. Pääpuomin ohjauslohkossa on kaksi hydraulikkalinjaa, jotka kytketään pääpuomin sylinterin käyttöpainelinjoihin. Virtausta ohjaa Eaton Oy:n valmistama solenoidiventtiili. Kauhan ohjauslohko sisältää kaksi proportionaaliventtiiliä ja neljä linjalähtöä. Venttiilit ovat Parker Oy:n valmistamia ja niiden käyttämä PWM-taajuusalue on 100 Hz – 400 Hz. Hydraulikkalinjalähdöt lohkossa kytketään kauhan esiohjauspainelinjoihin kaivurin hydraulikkalohkolle ja esiohjauspaine hydraulikkapumpulle ja paluulinjaan säiliölle.

Midac+ on Cobo Oceanian valmistama erityisesti työkonesovelluksiin tarkoitettu ohjain. Se sisältää kaksi Freescalen valmistamaa mikrokontrolleria, joista ensisijaisen mallinumero on MC9S12XEP100MAG. Se on 16-bittinen ja toimii 50 MHz

kellotaajuudella. Toissijainen 8-bittinen mikrokontrolleri on varattu turvallisuussovelluksia varten. I/O- portteja on ohjaimessa 22 kpl, joista PWM-tuettuja yhdeksän kappaletta. Niiden käyttöalue on 50 Hz – 500 Hz ja suurin sallittu ulostulovirta on kaksi ampeeria. Ohjain täyttää turvallisuusstandardin ISO EN13849 vaatimukset. Näyttönä ja hallintapaneelina toimii Cobo Oceanian CanView3+. Kosketusnäyttöpaneeli ja anturit kommunikoivat CAN-väylällä Midac+ -ohjaimen kanssa.

5.2 Asennus

Ennen varsinaisten töiden alkua hankittiin alipainepumppu hydraulisia muutoksia varten. Alipaineella pidettiin hydrauliikkaöljyt kaivukoneen järjestelmässä linjojen ollessa auki. Selvitystyön jälkeen edullisin ratkaisu oli hankkia ilmalämpöpumppujen huollossa käytettävä pumppu. Pumppu tilattiin verkkokauppa Ultimate Marketista.

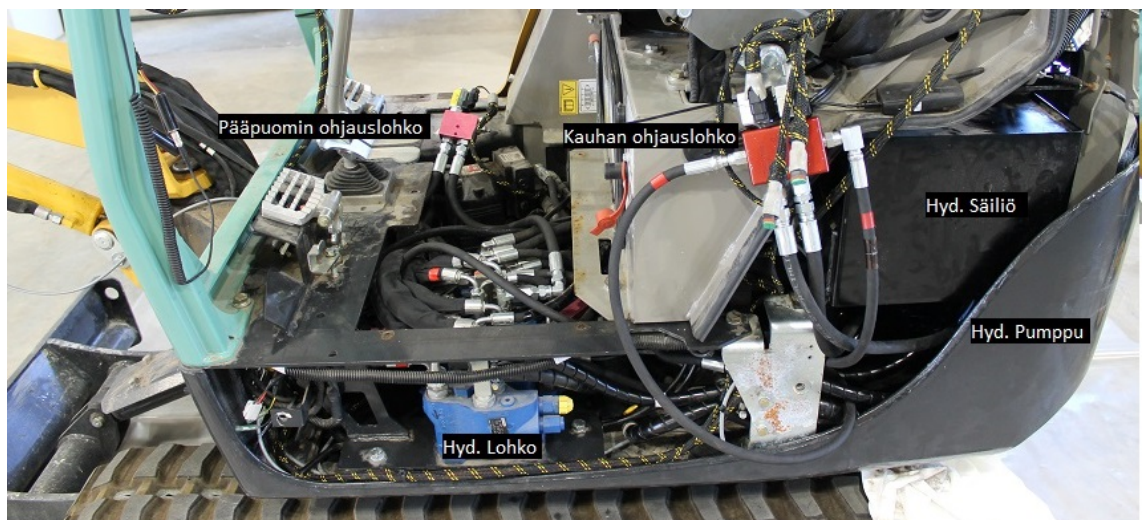
Työ aloitettiin purkamalla järjestelmä Hitachin kaivukoneesta. Kyseiseen kaivuriin ei ollut hydrauliikkakaaviota sitä asennettaessa, ja tästä syystä järjestelmä ei toiminut oikein. Purkamisen aikana viaksi selvisi ainakin väärin kytketyt esiohjauspainelinjat. Purkaminen alkoi antureista ja johtosarjasta. Työturvallisuuden vuoksi puomiston sylinterit ajettiin ääriasentoihin ja puomi laskettiin maahan. Toimenpiteellä poistettiin paine sylintereistä ja estettiin puomiston liikkuminen töiden aikana. Ennen hydraulisten komponenttien purkamista tehtiin järjestelmään alipaine, joka tapahtui kytkemällä alipainepumppu hydrauliikkasäilön huohotinputkeen. Alipaineistuksen jälkeen purkaminen jatkui hydrauliikkalinja kerrallaan.

Asennus TAMKIn kaivukoneeseen aloitettiin suunnittelemalla antureiden paikat, johdotus ja hydrauliset muutokset. Suunnitelman tekeminen oli suoraviivaista kattavien kaivukoneen dokumenttien ansiosta. Suunnitteluvaiheessa selvisi, että tilanpuute on suurin haaste asennuksessa. Kaikki muutokset suunniteltiin niin, että kaivukoneen voi palauttaa alkuperäiseksi.



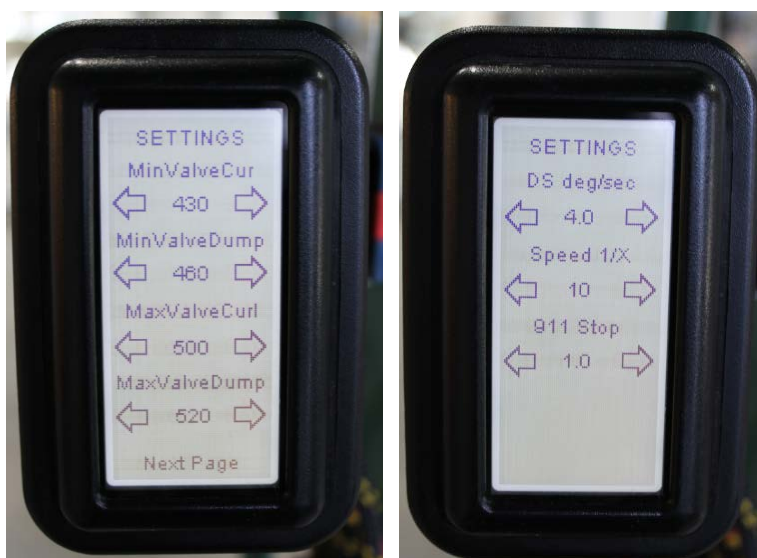
KUVA 8. Asennuksen yleiskuva (Kuva: Ville Junno 2015)

Asennus alkoi kaivukoneen lattian ja kylkipaneelin purkamisella, jonka jälkeen asennettiin kaapelointi ja anturit. Hydraulikka-asennus alkoi järjestelmän alipaineistuksella, jonka jälkeen tehtiin muutokset. Hydraulikka-asennuksessa ongelmaksi muodostui asennettavan kokoonpanon ja kaivurin osien liittimien eriparisuus. Suoraa muutoskappaletta ei liittintyyppien välille ollut, joten liittimet jouduttiin kokoamaan useasta sovitekappaleesta. Liitinkompleksien suuri koko toi oman haasteen jo valmiiksi ahtaassa tilassa.



KUVA 9. Järjestelmän hydrauliset osat (Kuva: Ville Junno 2015)

Järjestelmä täytyi kalibroida ennen käyttöä. Kalibroituja arvoja ovat proportionaaliventtiileiden vähimmäis-, enimmäis- ja nopeusarvojen asettaminen. Käyttöliittymän asetusarvot ovat sen skaalan mukaiset, joten niistä ei voida suoraan kertoa todellisia säätöarvoja. Arvot säädettiin oikeiksi testaamalla kauhan toimintaa käytännön tilanteessa. Jos säätö tehdään väärin, kauhan liikenopeus ei ole lineaarista. Liian suurilla säätöalueilla liike käyttäytyy eksponenttifunktion tapaisesti. Kuvassa 5 säädetyt arvot.



KUVA 10. Valikot ja kalibroidut arvot (Ville Junno 2015)

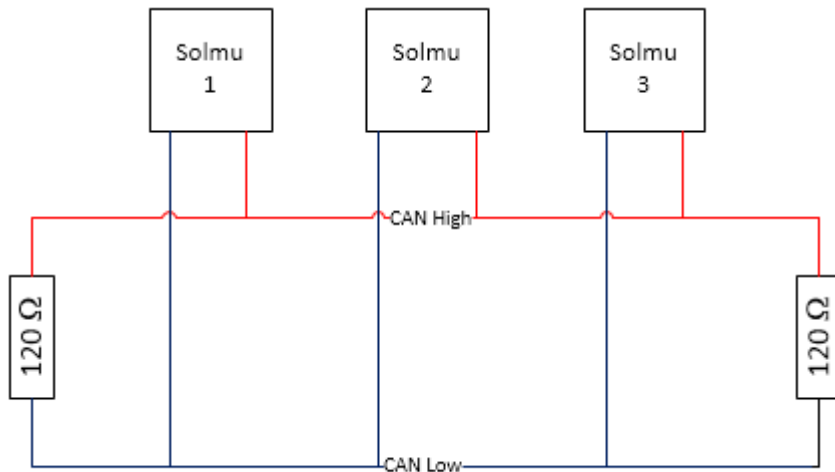
5.3 Mittaukset

Mittauksien tarkoituksena oli selvittää Midac+ -ohjaimen M12-liittimen kytkentään tulevien CAN-viestien protokolla tutkimista ja ohjelmointia varten. Venttiileiden ohjaussignaali mitattiin ja analysoitiin mittauksissa. Mittauksissa on käytetty Fluke PM3380B-oskilloskooppia ja Biltema 15-133 -yleismittaria.

5.3.1 CAN-väylä

M12-liittimestä selvitettiin CAN High ja CAN Low-johtimet mittaamalla kaikki liittimen viisi johdinta vuorotellen oskilloskoopilla. Tietokoneen USB-liittimestä CAN-väylän rajapintamuuntimena toimi Kvaser Leaf Light HS2. Väylän ja laitteen välille

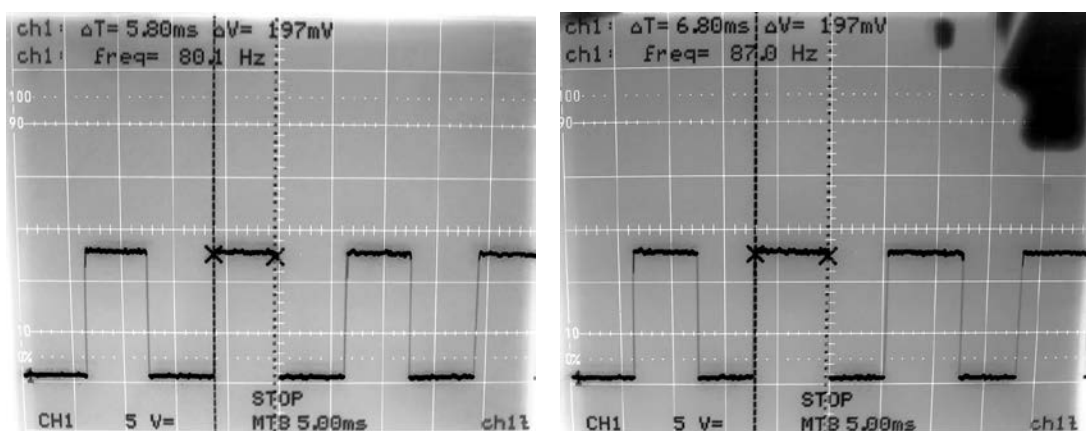
tehtiin muunnoskaapeli. CAN-kaapelin liitinmuutos tehtiin M12-liittimestä yhdeksänpinniseen DE-9-liittimeen. Päätevastusmittaus tehtiin laitteiston ollessa virrattomana CAN Low ja CAN High-johdinten väliltä yleismittarilla. Mittaustulos oli noin 60Ω , jos resistanssi olisi ollut 120Ω toinen päätevastus puuttuisi, ja se olisi lisätty johtimien väliin esimerkiksi D-liittimen koteloinnin sisään.



KUVA 11. CAN-väylän topologia

5.3.2 Ohjaussignaali

Venttiileiden ohjaussignaalit mitattiin oskilloskoopilla. Venttiileiden kela on malliltaan Parker CCS 012H, ja sen resistanssi on $10,43 \Omega$. Mittauksissa venttiiliä ohjattiin käyttöliittymästä vähimmäis- ja enimmäisnopeudella.



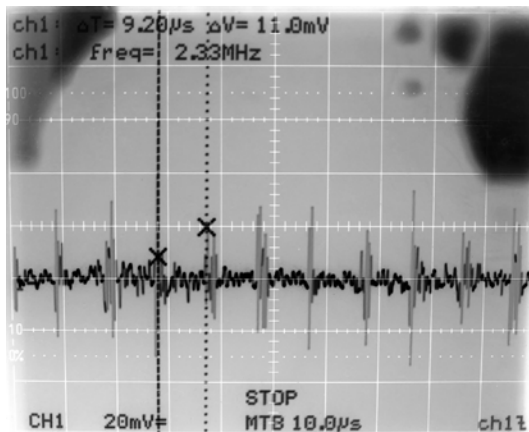
KUVA 11. Mittaukset vähimmäis- ja enimmäisnopeudella

TAULUKKO 8. Ohjaussignaalin mittaustulokset

Mittaus:	Vähimmäisnopeus	Enimmäisnopeus
Ylhäälläoloaika (ms)	5,8	6,8
Alhaallaoloaika (ms)	6,3	5,3
PWM (%)	48	56
Taajuus (Hz)	80,1	87,0
VPP (V)	12,0	12,0
I (A)	0,55	0,64

Virta (I) on laskettu kaavalla $(\frac{VPP}{100} \times PWM)/R$, jossa VPP on jännite, PWM pulssisuhde ja R resistanssi.

Kun signaalia mitattiin suuremmalla pyyhkäisy nopeudella ja isommalla vahvistuksella (kuva 12). Havaittiin, että dither-taajuus puuttuu kokonaan. Tästä voidaan päätellä, että se on määritetty täysin väärin tai ei ole käytössä.



KUVA 12. Ohjaussignaalin häiriöt

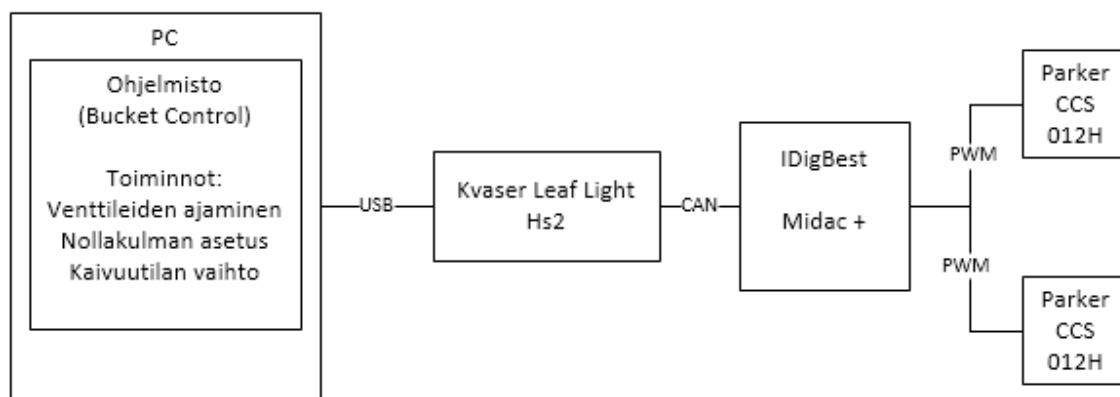
TAULUKKO 9. Ohjaussignaalin esiintyvät häiriöt

Pulssin jaksonaika (μ s)	9,2
taajuus (kHz)	108
Peak to peak-jännite (min/max) (mV)	50,7 (32,2-82,9)

Mittauksesta todetaan venttiilien PWM-ohjaustaaajuuden olevan datalehden ohjausarvoja pienempi ja dither-taajuus ei ole käytössä. Ohjausarvojen korjaus tapahtuisi ohjelmallisesti. Järjestelmästä on olemassa päivitettyjä versioita, mutta niitä ei saatu valmistajalta työn aikana. Ohjausarvot saattavat olla korjattu uudemmassa ohjelmaversiossa.

5.4 Ohjelma

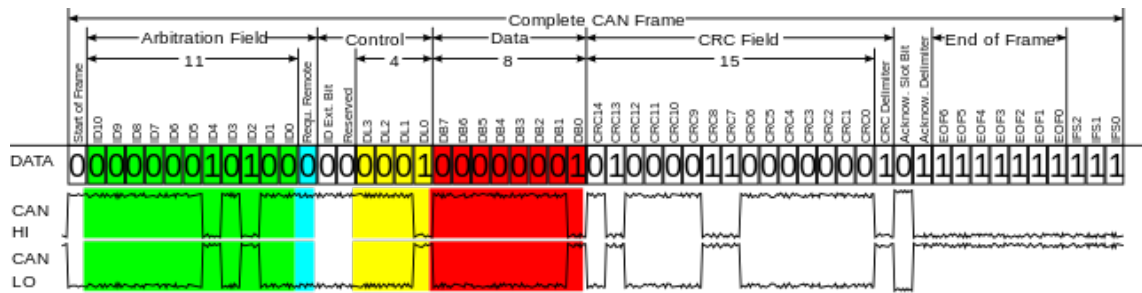
Ohjelman tarkoituksena on tutkittujen asioiden todentaminen oikeiksi ja toimia myöhempien projektien alustana. Ohjelman tärkeimmäksi tavoitteeksi asetettiin CAN-väylän, protokollan ja rajapinnan testaaminen. Käyttötoiminnoiksi valikoitiin venttiilien ohjaaminen, järjestelmän asetusten vaihtaminen ja kauhan nollakulman asettaminen.



KUVA 13. Lohkokaavio sovelluksen toiminnasta

Ohjelma on tehty CodeBlocks IDE:ä ja C++ -ohjelmointikieltä käyttäen. Ohjelma käyttää viestien lähettämiseen rajapintaa. Ohjelman käyttöliittymä suunniteltiin tekstipohjaiseksi. Käyttöliittymässä järjestelmän asetuksia vaihdetaan numeronäppäimistä, ja proportionaalienttiilejä ohjataan nuolinäppäimillä.

Työssä CAN-viestien rakenteena käytetään datakehystä, joka on tiedonsiirtokehys lähettäjältä vastaanottajalle. Kehys alkaa alkubitillä, mikä toimii synkronointibittinä väylän laitteille ja tunnisteena viestin alkamisesta. Sovittelukenttä sisältää tunnisteiden (ID) ja rtr-bitin. Hallintakenttä sisältää datan pituustunnisteen (DLC), ja datakentän sisältönä on määritelty data. Lisäksi kehykseen sisältyy CRC-virheentarkistus kenttä ja kuittauskenttä.



KUVA 14. CAN-datakehyyksen rakenne (CANBASIC)

Ohjelmallisesti CAN-viestien kehykset määritettiin struct-tietueella. Tietuetta rakennettaessa otettiin huomioon muistipaikkojen alustus nollla-arvoilla. Ilman kyseistä alustusta muistipaikkojen arvo olisi satunnainen ja viestien toiminta saattaisi häiriintyä. Liikkuvia sovelluksia ohjelmoitaessa on otettava huomioon kaikki turvallisuuteen vaikuttavat asiat.

Käyttöliittymään on suunniteltu valikot venttiileiden ohjaamiseen ja asetuksien muuttamiseen. Kuvassa 15 käyttöliittymässä on valittuna Propo Option -valikko alkunäkymän jälkeen.

```

CUA DEVICE COUNT: 0
*****
Bucket Control
*****
1 = Dig Mode ! 2 = Balance Mode ! 3 = Zero Angle ! 4 = Propo Option ! 0 = Exit
4

-----
Propo Option
-----
Valve 1
Left = MinSpeed ! Up = MaxSpeed
Valve 2
Right = MinSpeed ! Down = MaxSpeed
Esc = Back

```

KUVA 15. Käyttöliittymä

Ohjelmaan on lisätty windows.h- ja conio.h-tiedostoista funktiot Sleep ja getch. Sleep-funktiota käytetään viestien lähetysväliaikaan ja getch-funktiota näppäinten painalluksien tunnistamiseen. Kuvassa 16 on propo options -valikon toiminnan koodi, missä on myös käytössä sekä Sleep- ja getch-funktiot.

```
int c = 0;           // arumuuttuivat
int propo = 1;

while(propo != 0){

c = 0;             // arumuuttuivan nollaus

switch((c=getch()))
{
case KEY_UP:
cout << "Valve 1 MaxSpeed" << endl; // testausvaiheen tulostus
adapter->SendCanMsg (&Valve1_MaxSpeed); // viestin lähetys
Sleep(10); // Viestien lähetysväliaika 10ms
break;
}
```

KUVA 16. Käyttöliittymän lähdekoodi

Ohjelmaa voitaisiin jatkokehittää tuomalla rajapinnan kautta tiedot kauhan sijainnista ja halutusta kaivuutasosta. Tietoja vertailemalla laskettaisiin ohjausfunktioiden suoritus kerrat. Ohjelmallisesti voitaisiin säätää myös venttiileiden ohjaussignaalin pulssisuhdetta, jolloin ohjausnopeus muuttuisi tavoitesijainnin ja kauhan etäisyyden mukaan. Ohjauksen säätämiseen toimisi työssä aiemmin mainittu PID-säädin, säädin voidaan toteuttaa ohjelmallisesti.

6 TULOKSET

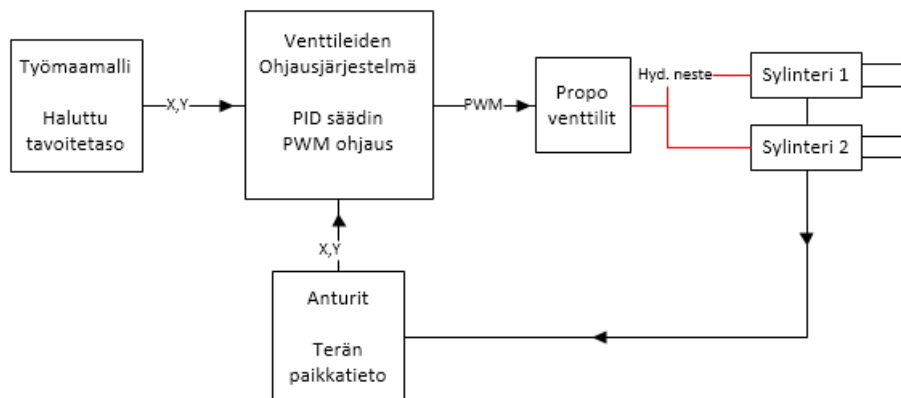
Työn tavoitteet olivat kaivukoneen liiketekniikan ja koneohjausjärjestelmien toiminnan selvittäminen ja ottaa kantaa, miten liikkeiden ohjaus tulisi toteuttaa koneohjattuna. Tavoitteina oli myös käyttöönottaa ammattikorkeakoulun kaivukoneeseen kauhan kulmaa ohjaava järjestelmä IDigBest ja tutkia sen toiminta. Työn tavoitteet saavutettiin. Kokonaisuutena kaivukoneen ohjaus koneohjattuna on kuitenkin niin laaja-alueinen, että työssä ei kaikkia prosessin osa-alueita käyty syvällisesti läpi.

Työssä asennettiin ja otettiin käyttöön IDigBest-järjestelmä koulun kaivukoneeseen. Järjestelmän toimintaa tutkittiin ja mittauksissa sen toiminnassa huomattiin muutamia epäkohtia. Siihen tehtiin ohjelmasovellus järjestelmän ja tietokoneen välille. Sovelluksella ohjattiin onnistuneesti kauhaa ja järjestelmän toimintoja. Sovellus antoi myös pohjan tuleviin projekteihin ja ohjelma onkin jo työtä kirjoitettaessa jatkokehityksessä. Sovellus antaa tulevaisuudessa mahdollisuuden ohjata kauhaa esimerkiksi työmaamallin mukaisesti. Työn tuloksia voidaan hyödyntää ohjaavan järjestelmän suunnittelussa ja kauhan kulmaa ohjaavan järjestelmän kehittämisessä.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Kaivukoneen terän ohjaaminen koneohjattuna kannattaa toteuttaa työn ja taustatöiden perusteella joko yhteistyössä konevalmistajan kanssa tai jälkiasennettavalla sovelluksella. Sähköisen esiohjauksen sisältävissä kaivukoneissa automaattinen ohjaus vaatisi ohjausjärjestelmän lisäämisen koneen ohjausrajapintaan. Turvallisuutta ja CE-merkintää ajatellen rajapinta koneen oman ohjausjärjestelmän kanssa toisi täysin integroitua järjestelmää paremman aselman erottaa ja priorisoida ohjausjärjestelmät toisistaan.

Jälkiasennettava vaihtoehto koneen liikkeiden ohjaukseen on muuttaa kaivukone sähköisellä esiohjauksella toimivaksi. Tämä tarkoittaisi hydraulikalohkon vaihtamista proportionaalisesti ohjattuun. Kuitenkaan koneen alkuperäisen ohjauksen muuttaminen ei olisi työläännä ja kalliina järkevää. Kevyempi ja universaali ratkaisu olisi tehdä sähköinen ohjauslohko haluttujen liikkeiden ohjaamiseksi kuten referenssijärjestelmässä. Tällaisen sovelluksen tuotteistaminen on myös selkeämpää, mitä koneen kokonaisvaltainen muutostyö. Terän sijainnin xy-koordinaatistossa ohjaamiseksi riittäisivät pääpuomin ja kauhan liikkeiden ohjaus proportionaalisesti, ja kaivuvarren liikettä voitaisi rajoittaa solenoidiventtiilillä. Kuvassa 17 on lohko-kaavio järjestelmästä.



KUVA 17. Ohjaavan järjestelmän lohko-kaavio

Kummankin vaihtoehdon täytyisi saada tavoitetason koordinaatit. Tähän voisi soveltaa valmista koneohjausjärjestelmää, josta työmaamallin tasokoordinaatit siirretäisiin rajapinnan kautta.

LÄHTEET

- [1] Moisio. 2015. Selvitys työkoneen liikkeitä rajoittavan lisävarusteen asennusmahdollisuuksista
- [2] Kauppinen. 2010. Kustannustehokas suuntima-anturi kaivinkoneen työnohjaukseen
- [3] Immonen. 2006. GPS ja GLONASS-yhteiskäyttö takaa tehokkaan mittauksen. Luettu 12.8.2015.
http://www.maankaytto.fi/arkisto/mk106/mk106_904_ilmonen.pdf
- [4] Trimble Oy. TRIMBLE BX982 Datasheet. Luettu 12.8.2015.
<http://trl.trimble.com/docushare/dsweb/Get/Document-581007>
- [5] Caterpillar Inc. 2006. Road Construction Production Study
- [6] Daði Hrannar Aðalsteinsson. 2008. GPS machine guidance in construction equipment
- [7] Kauranne. 2008. Hydraulitekniiikka. Helsinki: WSOY
- [8] Keinänen & Kärkkäinen. 2005. Automaatiojärjestelmien hydrauliiikka ja pneumatiikka. Helsinki: WSOY
- [9] Aula & Mikkonen. 2008. Liikkuvan kaluston sähköhydrauliiikka. Helsinki: Opetushallitus
- [10] Fred Biederman. 2011. 5 Things to Consider When Applying Proportional Valves. Luettu 20.9.2015.
<http://info.hydraforce.com/hydraforceinsiderblog/bid/39954/5-Things-to-Consider-When-Applying-Proportional-Valves>
- [11] Continental. 2012. Continental Hydraulics PWM / Dither Reference Guide. Luettu 20.9.2015.
<http://www.continentalhydraulics.co.uk/pdf/2013/cem/PWM-Dither.pdf>


```

TGENERIC_CAN_FRAME Valve1_MinSpeed ;
memset( &Valve1_MinSpeed, 0, sizeof(Valve1_MinSpeed) );
Valve1_MinSpeed.Hdr.CANID = ████████;
Valve1_MinSpeed.Hdr.DLC = 1;
IDB_CAN_MSG V1Min = { ████████████████████████████████████████████████████████ };
memcpy( Valve1_MinSpeed.Data, &V1Min, sizeof(Valve1_MinSpeed.Data) );

TGENERIC_CAN_FRAME Valve2_MinSpeed ;
memset( &Valve2_MinSpeed, 0, sizeof(Valve2_MinSpeed) );
Valve2_MinSpeed.Hdr.CANID = ████████;
Valve2_MinSpeed.Hdr.DLC = 1;
IDB_CAN_MSG V2Min = { ████████████████████████████████████████████████████████ };
memcpy( Valve2_MinSpeed.Data, &V2Min, sizeof(Valve2_MinSpeed.Data) );

TGENERIC_CAN_FRAME Valve1_MaxSpeed ;
memset( &Valve1_MaxSpeed, 0, sizeof(Valve1_MaxSpeed) );
Valve1_MaxSpeed.Hdr.CANID = ████████;
Valve1_MaxSpeed.Hdr.DLC = 1;
IDB_CAN_MSG V1Max = { ████████████████████████████████████████████████████████ };
memcpy( Valve1_MaxSpeed.Data, &V1Max, sizeof(Valve1_MaxSpeed.Data) );

TGENERIC_CAN_FRAME Valve2_MaxSpeed ;
memset( &Valve2_MaxSpeed, 0, sizeof(Valve2_MaxSpeed) );
Valve2_MaxSpeed.Hdr.CANID = ████████;
Valve2_MaxSpeed.Hdr.DLC = 1;
IDB_CAN_MSG V2Max = { ████████████████████████████████████████████████████████ };
memcpy( Valve2_MaxSpeed.Data, &V2Max, sizeof(Valve2_MaxSpeed.Data) );

// Käyttöliittymä ja viestien lähetys

int Select = 1; // Valinta muuttuja, alustus !=0

cout << endl << "*****" << endl << "  Bucket Control"
<< endl << "*****" << endl;
cout << endl << "1 = Dig Mode | 2 = Balance Mode | 3 = Zero Angle | 4 = Propo
Option | 0 = Exit" << endl << endl;

while(Select != 0){

cin >> Select;

if(Select == 1){ // Kaivuutila
adapter->SendCanMsg(&frame);
cout << "Dig Mode ON" << endl << endl;
Select = 1;
}

else if(Select==2){ // Tasapainotila
adapter->SendCanMsg(&Balance);
}

```

```

cout << "Balance Mode ON" << endl<<endl;
}

else if(Select==3){                // Kulman nollaus
adapter->SendCanMsg(&ZeroAngle);
cout << "Zero Angle" << endl<<endl;
}

else if(Select==4){              // Propo valikko

    cout << endl << "-----" <<endl<<"          Propo Op-
tion" <<endl<<"-----" <<endl;
    cout << endl << "Valve 1" <<endl<<"Left = MinSpeed | Up =
MaxSpeed" <<endl<<endl<<"Valve 2" <<endl<<"Right = MinSpeed |
Down = MaxSpeed" <<endl<< endl << "Esc = Back" <<endl;

    int c = 0;          // apumuuttujat
    int propo = 1;

    while(propo != 0){

    c = 0;              // apumuuttujan nollaus

    switch((c=getch()))
    {
    case KEY_UP:
    cout << "Valve 1 MaxSpeed" << endl;          // testausvaiheen
tulostus

    adapter->SendCanMsg(&Valve1_MaxSpeed); // viestin lähetys
Sleep(10);          // Viestien lähetysväliaika 10ms
break;

    case KEY_DOWN:
    cout << "Valve 2 MaxSpeed" << endl;
    adapter->SendCanMsg(&Valve2_MaxSpeed);
Sleep(10);
break;

    case KEY_LEFT:
    cout << "Valve 1 MinSpeed" << endl;
    adapter->SendCanMsg(&Valve1_MinSpeed);
Sleep(10);
break;

    case KEY_RIGHT:
    cout << "Valve 2 MinSpeed" <<endl;
    adapter->SendCanMsg(&Valve2_MinSpeed);
Sleep(10);
break;

```

```

case KEY_ESC:
//clrscr();

    cout << endl << "*****" << endl << "
    Bucket                                     Control" << endl << "*****" << endl;
    cout << endl << "1 = Dig Mode | 2 = Balance Mode | 3 = Ze-
    ro Angle | 4 = Propo Option | 0 = Exit" << endl << endl;

    propo =0;
    break;
    }
}

system("pause");
delete adapter;

return 0;
}

```

Liite 2. Parker CCS 012H datalehti

Catalog HY15-3502/US

Technical Tips

Proportional Control Valves

INTRODUCTION

This technical tips section is designed to help familiarize you with the Parker line of Proportional Valves. In this section we present common options, technical terms, as well as a brief synopsis of the operation and applications of the various products offered in this section. The intent of this section is to help you in selecting the best products for your application.

COMMON OPTIONS

As you will see, Parker offers a variety of Proportional Valve products. As such, some of the options mentioned below may not be available on all valves. Consult the model coding and dimensions for each valve for specifics. Here are some of the common options available.

Seals: The majority of the products are available in Nitrile or Fluorocarbon Seals. The Winner's Circle products feature a standard 4301 Polyurethane "D"-Ring. The "D"-Ring eliminates the need for backup rings. You should match the seal compatibility to the temperature and fluid being used in your application.

Overrides: Overrides are standard on many of the Parker proportional valves. The override is generally a push type that is flush with the end of the tube. Consult the individual catalog pages for more details.

TECHNICAL TERMS

To help in applying our proportional valve line of product, we have listed some technical terms below, as well as some helpful hints in applying our valves.

Ohm's Law: Electrical current is generated as a result of the relationship between input voltage and the resistance to the flow of electrical current. It is represented in equation form by $I = V/R$ (or $V=IR$), where I is current, V is voltage and R is resistance. This is an important relationship to remember when dealing with any electrically operated valves. Proportional valves allow varying control of flow or pressure, dependant on the current signal provided. As coils heat up, their resistance rises. This means a higher voltage must be available to maintain the same amount of pressure or flow. Thus, the application needs to be designed such that the full on position is about 70% of the initial current draw. On the individual catalog pages, a maximum control current is specified to help in applying our proportional valves.

PWM: Pulse Width Modulation (PWM) is the preferred signal for controlling electrical current. PWM is on / off voltage in a square wave form. The percent "on" time or duty cycle provides the average voltage. The valve driver adjusts the duty cycle to obtain current control. We recommend valve drivers with current control for optimum performance. PWM signals also usually provide dither for the proportional valve. Dither is a

small back and forth movement of the valve spool around its set position. This rapid movement reduces the friction of the valve and leads to faster, more accurate response.

PWM Frequency: The frequency of a PWM signal is the rate at which the signal is turned on and off. Parker's analog proportional valves are designed to work with low frequency responses between 100-400 Hz. The performance curves on our catalog pages were performed with a PWM signal at 200 Hz.

Hysteresis: Due to various factors, the performance of a proportional valve will show a slightly different performance when the current signal is increasing than it will when the signal is being decreased. This difference is usually expressed as a percentage of total input change and is referred to as the hysteresis of the valve.

Deadband: Cracking or deadband refers to the amount of the control signal that is needed to produce any movement of the spool. Thus, a 20% deadband means that 20% of the control signal is needed before the spool will move.



Super Coil
Series 1/2" I.D.

Technical Information

Features

- Integral Deutsch connector coil exceeds IP69K standards
- Integral Deutsch connector coil thermal shock dunk test rated
- Integral Amp Jr. coil exceeds IP67 standards for thermal shock, water resistance and "dunk capability"
- Universal 50/60 Hz operation
- Waterproof coil hermetically sealed, requires no O-rings or waterproofing kits
- External plated steel flux-carrying band (unlike encapsulated band) enables coil to withstand severe thermal shocks without cracking
- Symmetrical coil can be reversed without affecting performance

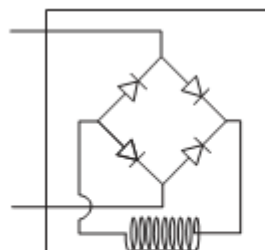


Specifications

Coil Type	S Standard P Puissant
Nominal Wattage (See Ordering Information For Exact Wattage)	S 14 Watts P 19 Watts
Duty Cycle	Continuous @ 100% voltage
Magnetic Wire Insulation Class	'N' Rated at 200°C (392°F)
Temperature Range	-40°C to +200°C (-40°F to +392°F)
Temperature Rise At Nominal Voltage And Natural Ventilation	S 75°C (135°F) P 95°C (172°F)

Dielectric Strength	.0005 in. dry lab condition at 1000V AC for 30 seconds
Maximum Current Leakage (Amps)	.001 After being immersed in 23°C (77°F) water with waterproof connector for 24 hours at 500V AC
Encapsulating Material	Glass filled epoxy
Color Identification On The Terminal Boss	S Black Ring P Red Ring
Weight	0.20 kg (0.44 lbs.)

AC Coil Assembly



Ordering Information

CC							
Super Coil 1/2" I.D.	Wattage	Voltage	Termination				
Code	Wattage						
S	Standard						
P	Puissant						
Code	Voltage	Watts	Amps	Ohms**			
	Volts	S	P	S	P	S	P
010	10 VDC	14	19	1.38	1.90	7.25	5.26
012*	12 VDC	14	19	1.15	1.58	10.43	7.58
018	18 VDC	14	19	0.77	1.06	23.48	17.05
024*	24 VDC	14	19	0.58	0.79	41.74	30.30
048	48 VDC	14	19	0.29	0.40	167.0	121.3
115*	115 VAC	16	19	0.17	0.20	680	576
230	230 VAC	17	22	0.09	0.12	2596	1919

*Standard **Resistance ±10% at 68°F

Code	Termination
A	Amp Jr. (DC Only)
AD	Amp Jr. with 3 Amp Diode (DC Only)
C	Double Lead Wire with Conduit Connector (AC Only)
D	DIN 43650 (AC or DC, Supplied without DIN Connector)
H	Integral Deutsch
HE	Integral Deutsch with 3 Amp Diode
L	Double Lead (DC Only)
LD	Double Lead with Deutsch Connector DT04-2P-EP04 (DC Only) (Use 'H' series if possible)
LE	Double Lead with 3 Amp Diode (DC Only)
PF	Double Lead Wire with Packard Female Weather Pack Connector 1201 5792 (DC Only)
PM	Double Lead Wire with Packard Male Weather Pack Connector 1201 0973 (DC Only)
S	Double Spade (DC Only)
W	Double Screw (DC only)
WE	Double Screw with 3 Amp Diode (DC Only)
Y	Single Screw (Internally Grounded, DC Only)

Note: Additional voltages and other terminals are available. Some coils are UL approved. For details please consult factory.
 DIN Female Mating Connector: See page CL2
 Deutsch Mating Connector: # DT06-25
 Packard Male Weather Pack Connector: 12010973
 Packard Female Weather Pack Connector: 12015792

