

Sähköiset ohjausjärjestelmät puutavaranoistureissa

Vianselvitysmanuaali



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Konetekniikan koulutus, insinööri (AMK)

Kevät 2023

Sam Lindström

Konetekniikka, insinööri (AMK)

Tekijä Sam Lindström

Työn nimi Sähköiset ohjausjärjestelmät puutavaranostureissa

Ohjaaja Antti Hänninen

Tiivistelmä

Vuosi 2023

Tämän opinnäytetyön aiheena oli perehtyä puutavaranostureissa viime vuosien aikana leistyneisiin sähköohjauksiin, niiden toimintaperiaateihin sekä vikadiagnosointiin. Tarkoituksena oli luoda Kraftmek Oy:lle helposti luettava manuaali, jota voi käyttää apuna erilaisten vikatilanteiden diagnosointiin kenttäolosuhteissa sekä samalla saavuttaa parempi ymmärrys näiden toiminnasta. Työssä pitäydyttiin toimeksiantoyrityksen toimitusvalikoimassa oleviin ohjausjärjestelmiin, joissa ei ole omaa vikadiagnosointia.

Työssä on perehdytty muun muassa erityyppisten hydraulisten venttiilipöytien sähköohjauksiin, kuten suorasähköhjattuihin, proportionaalisiin PWM-ohjauksiin, radio-ohjauksiin ja näiden kombinaatioihin CAN-ohjauksien yleistymisen myötä. CAN-ohjauksien yleistymisen myötä on mahdollistettu useamman ohjainlaitteen kytkeminen samaan järjestelmään, joka on avannut uusia haasteita vianselvitykseen ja myös uusia mahdollisuuksia automatisointiin ja ohjainjärjestelmien yhdistämiseen. Integraatio työkoneen CAN-järjestelmään voisi tulevaisuudessa mahdollistaa pääsyn erilaisiin koneen anturidatoihin ja ohjausparametreihin. Nämä mahdollisuudet voisi esimerkiksi olla työkoneen kierrosnopeuden hallitseminen, aisankäännön automaatio tai karrin vetopyörien automaattinen päälle kytkentä tarpeen mukaan. Myös eri ohjausjärjestelmien yhdistäminen on CAN-ohjausten myötä mahdollistettu helposti, tästä hyvä esimerkki on radio-ohjauksen liittäminen kiinteään koneeseen asennettuun ohjaukseen.

Valmiin työn tuloksena syntyi Excel-taulukko, johon on kerätty erilaisia vikatilanteita ja niihin vianselvitysmenetelmiä. Tarkoitus oli tehdä mahdollisimman monipuolinen ja modulaarinen sekä helposti luettava dokumentti, jota seuraamalla voidaan helpommin selvittää ja korjata yleisimmät vian aiheuttajat. Manuaalin tiedot perustuvat suurelta osin hiljaiseen tietoon yrityksen sisältä, jota löytyi kattavasti. Työn tuloksena syntyneen dokumentin lisäksi saatiin parempi ymmärrys eri ohjausjärjestelmien toiminnasta ja niiden rakenteesta, josta on hyötyä varsinkin CAN ohjauksissa ja niiden kytkennöissä.

Avainsanat CAN-ohjaus, PWM-ohjaus, sähköohjaus, vianselvitys

Sivut 26 sivua ja liitteitä 25 sivua

The topic of this thesis was to examine control systems, the principles of operation and fault diagnosing in timber cranes. Electric control systems have become more common in the last few years, and the systems have become more complicated. The goal was to create a fault diagnosing manual, that can be used to diagnose different fault mechanics in field conditions for Kraftmek Oy and to create a better understanding of the working principles in these systems. The research was primarily focused on the control systems that can be found in the company's product range, without internal fault diagnosing.

The thesis includes a study of different control valve electric controls, such as direct electric, proportional PWM controls, radio controls and a combination of these with the introduction of CAN-control systems. The increased prevalence of CAN-controls has introduced the possibility to connect several control devices into the same system, which has opened new challenges into troubleshooting and offers new possibilities for automation and interconnected systems. Integration of crane CAN control systems into the machine's CAN-system could give access to various sensor data and control parameters in the machine. These possibilities could include for example control of the engine RPM, automatic turning of the trailer beam or automatic engagement of trailer wheel drive as needed. The combination of different control systems has been made easier. A good example of this is a radio control connected into a stationary installed control system in a machine.

The completed thesis includes an Excel-worksheet with different fault scenarios and tips for diagnosing the cause of the malfunction. The goal was to create a multifunctional, modular and legible document that can be used to easily diagnose and repair the most common faults. The information in the document is mostly based on extensive "silent" information from inside the company. As an addition to the document we gained a better understanding of the working principles for different control systems and their structure. The gained knowledge is valuable in the future, especially with CAN-controls and their wiring.

Keywords CAN-control, PWM-control, Electric control, Fault diagnosing
Pages 26 pages and appendices 25 pages

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Puutavarakuormaimissa käytettäviä ohjausjärjestelmätyyppejä	2
2.1	PWM ohjaus	2
2.2	CAN-ohjaus.....	3
2.2.1	SAE J1939	6
2.2.2	ISOBUS.....	6
2.2.3	CAN-open	7
2.3	Radio-ohjaus	7
3	Hydrauliikkajärjestelmä.....	8
4	Sähköisten ohjausjärjestelmien toimintaperiaate ja säädöt.....	12
5	Vianselvitys.....	13
5.1	Hydraulisesti esiohjatut	14
5.2	Sähköhydraulisesti ohjatut	15
5.3	CAN-väylä ohjatut	17
6	Työn toteutus	19
6.1	Yleisimpien vikojen kartoitus	19
6.2	Sähköiset mittaukset.....	20
6.3	Mahdollisten vikojen kartoitus	20
6.4	Aineiston koostaminen	21
6.5	Ohjainlaitteen säädöt.....	23
6.6	Työn viimeistely	24
7	Yhteenvedo	24
	Lähteet.....	26
	Kuva 1. PWM-signaali. (Raj, 2018).....	3
	Kuva 2. CAN-viestin rakenne. (Smith, 2021).....	4
	Kuva 3. CAN-väylän jännitetasot. (Technology, n.d.)	5

Kuva 4. Radio-ohjausjärjestelmä.	8
Kuva 5. Nelitie karaventtiili. (Chapple, 2015, s. 54).....	10
Kuva 6. Normaalisti suljettu proportionaalinen 3/2 venttiili.	11
Kuva 7. Hydraulisesti esiohjattu järjestelmä.	14
Kuva 8. Sähköhydraulisesti ohjattu.	16
Kuva 9. High-Speed CAN-väylän terminointi. (National Instruments Corp., 2023)	19
Kuva 10. Esimerkkikuva kytkentätaulukosta.	20
Kuva 11. Vianetsintätaulukko.	22
Kuva 12. Liitteenä olevat apukuvat.	22
Kuva 13. Vianselvitystaulukon välilehdet.	23
Kuva 14. Ohjelmointinäytön valikot.	24

Liitteet

Liite 1	Esiohjatut D3M ja D4
Liite 2	Esiohjatut DVS14 ja EX38
Liite 3	ON-OFF D3M ja D4
Liite 4	Wireloom
Liite 5	WK 18 ohjelmointinäyttö (UUSI)
Liite 6	WK 18 ohjelmointinäyttö (VANHA)
Liite 7	Wireloom WK18 kytkennät
Liite 8	Apukuvat

1 Johdanto

Tämän työn tarkoituksena on perehtyä puutavarakuormaimissa yleisesti esiintyviin sähköisten ohjausten vikoihin, mahdollisiin vikoihin ja pyrkiä selvittämään niiden aiheuttajia sekä hakea järjestelmällisiä vianselvitysmetodeja. Työn tuloksena on myös tarkoitus tuottaa helppolukuinen ja modulaarinen vianselvitysmanuaali, johon on kerätty niin sanottua hiljaista tietoa ja jota seuraamalla pystyy diagnosoimaan järjestelmän eri komponenttien toiminnan.

Varsinkin sähköisissä nostureiden ohjauksissa on viime vuosien aikana tapahtunut suuria muutoksia, joka on tuonut enemmän ja enemmän tietotekniikkaa mukaan järjestelmiin muun muassa CAN-väylä ohjaukset ovat yleistyneet niiden tuomien etujen ja toimintavarmuuden takia. Järjestelmien monimutkaistuessa on myös tarvetta löytää uusia vianselvitysmetodeja, joilla voidaan luotettavasti ja helposti löytää vika myös kenttäolosuhteissa ilman monimutkaisia työkaluja tai mittareita, sekä tehdä asianmukaiset korjaukset.

Työssä keskitytään Kraftmek Oy:n valikoimassa oleviin hydraulisten venttiilipöytien ja niiden ohjaamiseen tarkoitettujen ohjausjärjestelmien sielunelämään ja ennen kaikkea vianetsintään. Työn aikana kartoitetaan myös modernimpien CAN-väyläohjauksien mahdollisuuksia kuten esimerkiksi liittämistä työkoneen olemassa oleviin SAE J1939 ja ISOBUS-väyliin ja niiden antamien anturitietojen hyödyntämiseen.

Tämän työn tieto perustuu suureksi osaksi oman kuuden vuoden työkokemukseen Oy Hydro-Material Ab:ssa, joka on nykyään Kraftmek Oy. Työssä on myös käytetty eri verkko- ja kirja- lähteitä lisätutkimuksena ja tietojen oikeellisuuden tarkastamiseksi. Sen lisäksi työhön on liitetty informatiivisia kuvia kirjoista ja verkkolähteistä (Kuva 1, Kuva 2, Kuva 3, Kuva 5, Kuva 9), Kraftmekistä saatuja kuvia (Kuva 4, Kuva 7, Kuva 8) sekä omia kuvakaappauksia ja piirroksia (Kuva 6, Kuva 10, Kuva 11, Kuva 12, Kuva 13, Kuva 14).

2 Puutavarakuormaimissa käytettäviä ohjausjärjestelmätyyppejä

Puutavarakuormaimissa käytetään edelleen paljon mekaanisia vipuohjauksia niiden yksinkertaisuuden ja halvemman hinnan takia. Myös hydraulisesti esiohjattuja venttiilipöytiä käytetään niiden keveyden takia ja paremman ohjaustuntuman takia.

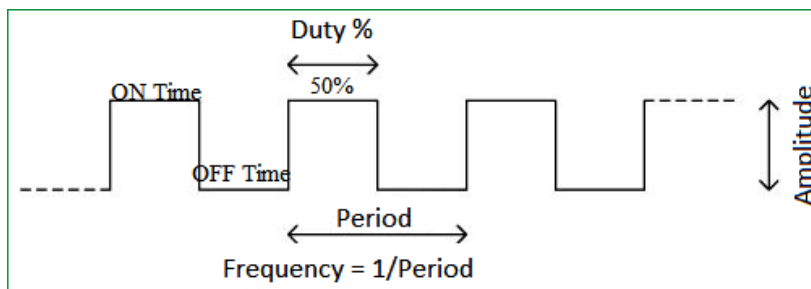
Viime vuosien aikana sähköiset ohjaukset ovat yleistyneet ja kehittyneet niin toiminnan kannalta kuin myös hinnan aleneman muodossa. Sähköisiä ohjaustyypppejä löytyy useaa, mutta ohjaus ulostulojen tyypppejä kahta erilaista, jännite- ja virta- ohjattua. Tässä työssä on keskitytty virtaohjauksiin, eli PWM-ohjaukseen. Suurin osa ohjausjärjestelmien ulostulosignaaleista on kuitenkin PWM-signaalia, jota käsitellään kappaleessa 2.1.

2.1 PWM ohjaus

PWM-ohjauksesta puhuttaessa tarkoitetaan käytännössä tavallista ohjausjärjestelmää, jossa on yksi ohjainlaite fyysisesti johdotettuna koneeseen ja sen ulostulosignaali on PWM-muodossa. Tässä ohjaustyyppissä on yleensä ohjainlaite ja ohjausvivut asennettuna kiinteästi traktorin hyttiin ja ohjainlaitteen ulostulot ovat sähköjohtimilla vedetty nosturille irrotettavan pistokkeen kautta. Tämä tarkoittaa sitä, että traktorin ja nosturin välillä menee suuri määrä johtoja, koska jokaiselle nosturin liikkeelle menee kaksi johtoa, joissa jokaisessa on kaksi johdinta.

PWM eli pulssileveysmodulaatio on keino, jolla voidaan ohjata analogisia laitteita digitalisesti. Pulssileveysmodulaatiolla imitoidaan analogista ohjaussignaalia kytkemällä ulostuloa päälle ja pois lyhyinä pulsseina aikavälin sisällä, pulssien suhdetta muuttamalla saadaan lisättyä tehoa. Ulostulossa käytettävä jännite eli amplitudi pysyy (Kuva 1. PWM-signaali.) koko ajan samana, mutta keskimääräinen jännite on pulssisuhteesta (duty cycle) riippuvainen. Esimerkiksi 24V jännitteellä ajettava laite 50 % pulssisuhteella imitoi siis 12V jännitettä. (Heath, 2017)

Kuva 1. PWM-signaali. (Raj, 2018)



2.2 CAN-ohjaus

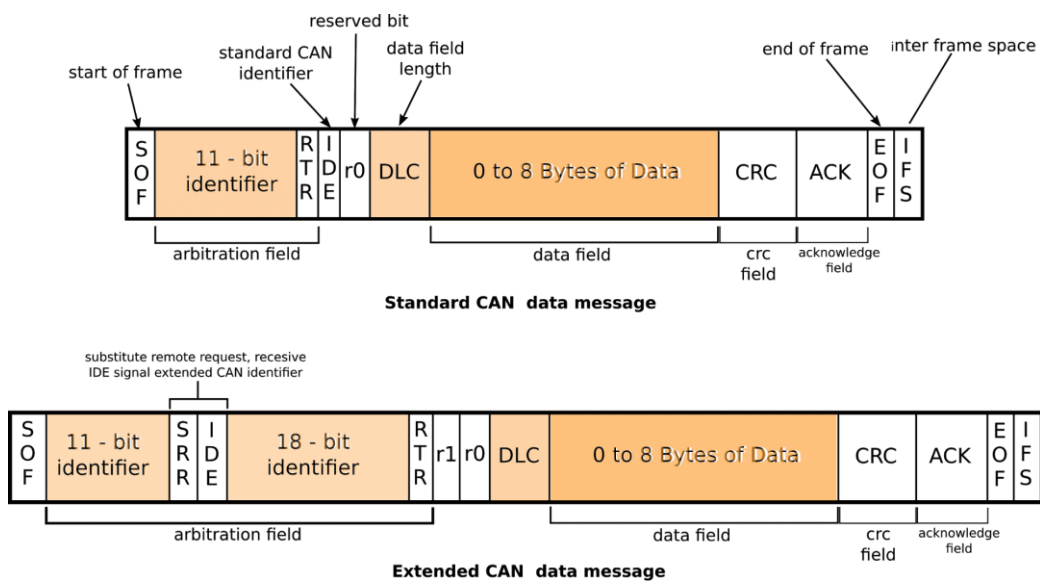
CAN (Controller Area Network) juontaa juurensa autoteollisuuden kommunikaatio ja diagnostiikkaan. Järjestelmän on kehittänyt saksalainen toimittaja Robert Bosch GmbH, ja on aikoinaan virallisesti esitelty Detroitissa SAE:n kongressissa vuoden 1986 helmikuussa. Vuonna 1991 Bosch esitteli uuden CAN 2.0 spesifikaation, ja sittemmin vuonna 1993 CAN on standardisoitu kansainvälisen standardisoimisjärjestön (ISO) toimesta standardiin ISO 11898. Standardia on sittemmin arvioitu ja uudistettu useaan otteeseen. Tänä päivänä CAN on maailmanlaajuisesti käytetty järjestelmä tieliikenneajoneuvojen, junien, lentokoneiden, tehtaiden ja lääketeollisuuden tiedon- ja kommunikaation välittämiseksi. (Subke, 2020, ss. 51-52) Can-järjestelmän kommunikointilinjaan on mahdollista lisätä ISO-11898 standardin mukaan 30 noodia (ohjainlaitetta) (Corrigan, 2016).

CAN-bus on lähetystyyppinen järjestelmä. Tämä tarkoittaa sitä, että jokainen järjestelmään liitetty solmu (ohjain laite) "kuuntelee" kaikkia linjassa kulkevia lähetyksiä, järjestelmän rakenteen vuoksi on siis mahdotonta lähettää tietoa pelkästään yhdelle ohjaimelle. Ohjaimiin on tämän vuoksi sisäänrakennettu suodatus, jonka avulla ohjain reagoi ainoastaan sille kiinnostaviin viesteihin. Viestityyppejä on CAN standardissa määritelty neljä eri tyyppiä, joista yleisin on "Data frame" jossa lähetetään dataa toisille ohjaimille. (Kvaser, n.d.)

1. Data Frame (lähettää dataa linjassa oleville solmuille)
2. Remote Frame (Pyytää dataa toisilta noodeilta)
3. Error Frame (ilmoittaa vikatiloista)
4. Overload frame (ilmoittaa ylikuormitus tiloista)

CAN-linjan viestien pituuksia on kahta varianttia, standardi (11 bit) ja laajennettu (29 bit). Ja ne eroavat toisistaan identifiointikehyksessä olevasta 18 bitin lisäkehystä. Lisäkehysten kanssa saadaan viestien ID määrää nostettua standardiversion 2048 kappaleesta 537 miljoonaan kappaleeseen. Viestien rakenne koostuu useasta kentästä (Kuva 2. CAN-viestin rakenne., Taulukko 1. CAN-viestin rakenne.), joiden avulla ohjainlaitteet seuloivat muun muassa viestin -tyypin, -pituuden, -tärkeyden ja itse datan.

Kuva 2. CAN-viestin rakenne. (Smith, 2021)



Taulukko 1. CAN-viestin rakenne. (Smith, 2021)

Kenttä **Bittejä** **Selitys**

SOF (Start of Frame)

1

Merkkaa viestin aloituksen dominantilla bitillä

Identifier

11

Antaa viestin tärkeyden 11 bittisessä järjestelmässä, matalammalla arvolla korkeampi prioriteetti

RTR (Remote Transfer Request)

1

Tiedonpyyntökenttä kun bitti dominanttitilassa, identifioija määrää halutun noodin

IDE (Identifier Extension)

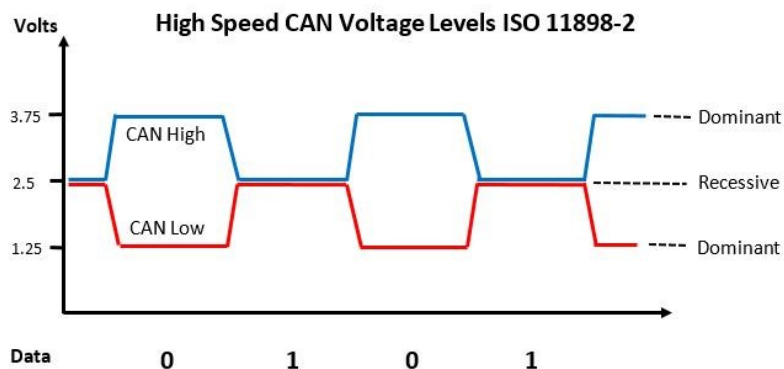
1

Määrittelee jos käytetään standardi identifioijaa (11 bit)

R0	1	Varattu tulevaisuuden kättöön
DLC (Data Length Code)	4	Kertoo viestin pituuden biteissä
Data	0-64	Lähetettävä data
CRC (Cyclic Redundancy Check)	16	Sisältää viestin tarkistussumman (bittien määrä) häiriöiden paljastamiseksi
ACK	2	Viestin verifiointi, onnistuneen vastaanoton jälkeen ohjainlaite kirjoittaa bitin yli dominantilla bitillä
EOF (End Of Frame)	7	Merkitsee viestin päättymisen
IFS (Inter Frame Space)	3+	Odotusaika seuraavan viestin alkamiseen, vähintään 3 resessiivistä bittiä, jonka jälkeen seuraava dominantti bitti tarkoittaa seuraavan viestin alkamista (SOF)

Useimmissa tietoliikennejärjestelmissä ohjaimet tulkitsevat korkean jännitteen loogiseksi 1 ja matalan jännitteen loogiseksi 0, mutta CAN-bus järjestelmässä tämä on toisin päin. CAN-linjassa data välittyy ohjainlaitteille kahden johtimen (CAN High ja CAN Low) jännite eron (noin 2V) avulla. Linjassa on kahta eri loogista tilaa, dominanttinen ja resessiivinen (Kuva 3. CAN-väylän jännitetasot. (Technology, n.d.)). Dominantttilassa (looginen 0) CAN High linjan jännite nousee lähemmäs 5V ja CAN Low linjan jännite laskee kohti 0V. Resessivisessä tilassa (looginen 1) molempien johtimien jännitetasot lepäävät 2,5V paikkeilla. (Technology, n.d.)

Kuva 3. CAN-väylän jännitetasot. (Technology, n.d.)



2.2.1 SAE J1939

SAE J1939 kehittämisen aloitti SAE Truck and Bus Control and Communications Network alakomitea samana vuonna kuin alkuperäinen CAN-bus julkaistiin Boschin toimesta vuonna 1986, ja sen tarkoitus on olla sarja dokumentaatioita suositelluista käytännöistä kommunikoinnin yhtenäistämiseksi. Yhdysvaltain kuorma-auto ja linja-auto komitea (US SAE Truck and bus E/E) käytti CAN 2.0B spesifikaatiota kehittäessään SAE J1939, jonka dokumentaatio sisältää ennalta määriteltyjä viestejä ja signaaleja, jotka ovat laajasti käytössä raskaan kaluston ja kaupallisten tieliikenne ja mobiileissa työkoneissa. (Subke, 2020, ss. 53,63)

SAE J1939 on CAN-järjestelmään perustuva ylemmän kerroksen protokolla, joka tarjoaa sarjaliikenneyhteyden raskaan kaluston sähköisten ohjausjärjestelmien välillä. Järjestelmän viestit ohjainten välillä ovat esimerkiksi ajoneuvon nopeus, vaihteiston välittämä väännön ohjaus, öljynlämpötilat ja monet muut ohjausparametrit. (Voss, 2008, s. 1)

2.2.2 ISOBUS

ISOBUS (ISO 11783) on SAE J1939 perustuva standardisointi, jonka tarkoitus on yhtenäistää maatalouslaitteiden varusteita valmistajien välillä. Standardisoinnilla on ratkaistu ongelmat tietoliikenteessä eri traktori- ja työlaitevalmistajien välillä, valmistajasta riippumatta voidaan käyttää mitä tahansa työlaitetta missä vain työkoneessa ja ne voivat kommunikoida toistensa kanssa tarvittavat anturitiedot sekä muut tarpeelliset väylässä kulkevat tiedot. Suurin osa ISOBUS spesifikaatioista ovat kuitenkin yhdenmukaiset SAE J1939 protokollan kanssa. Traktoreiden ja työlaitteiden testausta varten on kehitetty AEF:n (Agricultural Industry Electronics Foundation) toimesta vaatimuksenmukaisuustesti, jonka läpäistytyään jokainen tuote saa sertifiointin. (Subke, 2020, s. 53)

Tärkein ominaisuus on siis eri koneiden yhtenäistetty kommunikointi, joka mahdollistaa koneiden ja laitteiden vaihdot helposti ns. plug & play tyyppisesti sekä mahdollisuus

hyödyntää työkoneneen olemassa olevaa virtuaaliterminaalia mahdollisiin säätöihin ja oleelliseen tietoon, jonka kuljettaja tarvitsee. Virtuaaliterminaali on traktorin hyttiin asennettu ohjain, jossa on graafinen käyttöliittymä ja sillä pystytään ohjaamaan sekä säätämään eri toimintoja traktorissa ja siihen kytkettyihin työlaitteisiin. (Subke, 2020, s. 69)

2.2.3 CAN-open

CAN-open on kehitetty alun perin koneen liikkeen ohjaukseen ja se koostuu ylemmän kerroksen protokollista ja profiileista sekä joustavista ohjelmointivalmiuksista. Laite ja sovellusprofiilit ovat standardisoituja ja täten helppoja integroida CAN-järjestelmään. Tämä takaa kommunikaation yhtenäisyyden eri laitevalmistajien välillä, toisin sanoen eri valmistajien laitteita voidaan kytkeä järjestelmään ”plug and play” tyyppisesti. Luonnollisesti järjestelmässä on myös mahdollisuus valmistaja spesifisille toiminnoille. CAN-open tiedonsiirto perustuu ISO 11898-1 standardiin ja se sallii 11- tai 29- bittiset CAN-ID:t. (CAN-in-Automation, n.d.)

CAN-open protokolla oli alun perin tarkoitettu käytettäväksi liike orientoitujen koneiden ohjausjärjestelmille. Mutta nykyään sitä käytetään usealla eri alueella, kuten lääketieteellisyydessä, maastoajoneuvoissa, raideliikenteessä, merenkulkuun liittyvissä elektroniikka laitteissa ja rakennusautomaatiikassa. Tutkimukseni mukaan tätä samaa protokollaa käytetään kaikissa toimeksiantajayrityksen myymissä nosturiohjauksessa, mahdollistaen helpon ja mutkattoman yhteen liitettävyyden ohjausjärjestelmien välillä. (CAN-in-Automation, n.d.)

2.3 Radio-ohjaus

Radio-ohjauksia käytetään myös joskus puutavaranostureissa. Ohjaukset voivat olla itsenäisesti oma järjestelmänsä, toimia toisen ohjausjärjestelmän rinnalla tai ohjata pelkästään tiettyjä toimintoja kuten lisävarusteena asennettua vinssijärjestelmää.

Toiminnaltaan radio ohjaukset ovat hyvin samankaltaisia kuten tavallinen ohjausjärjestelmä, mutta ohjainlaitteiden tiedonsiirto lähettimen ja vastaanottimen välillä tapahtuu langattomasti radioaaltojen välityksellä. Itsenäisesti asennetussa järjestelmässä vastaanotin on kytketty suoraan venttiilipöydän solenoideille ja tällöin voi nosturia liikuttaa ainoastaan radio-ohjauksen kanssa. Toinen vaihtoehto on asentaa radio ohjaus CAN-linjaan, jolloin on mahdollista ajaa nosturia kahdella eri tavalla. Tämänkaltaisessa järjestelmässä on koneeseen kiinteästi asennettu CAN-ohjaus, joka toimii primäärinä järjestelmissä, joihin on liitetty radio-ohjaus. Primäärinen CAN-ohjaus on siis tällöin kytkettynä venttiilipöydän solenoideihin ja radio-ohjauksen vastaanotin on ainoastaan kytketty CAN-linjaan välittämään ohjauskäskyjä. Alla havainnollistava esimerkkikuva radio-ohjauksesta (Kuva 4. Radio-ohjausjärjestelmä)

Kuva 4. Radio-ohjausjärjestelmä.



3 Hydraulikkajärjestelmä

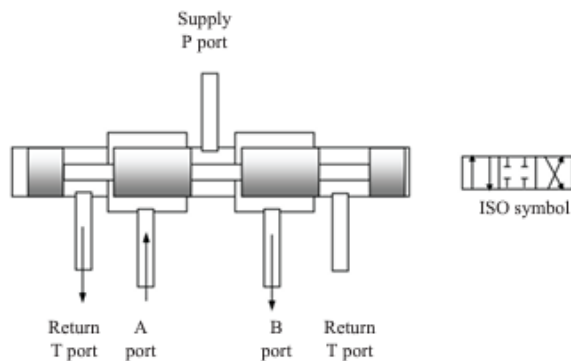
Puutavarakuormaimissa käytetään hydraulista tehonsiirtoa, joka voi koostua yksinkertaisimmillaan öljysäiliöstä, pumpusta, ohjausventtiilistä ja hydraulisylintereistä. Järjestelmissä saattaa kuitenkin olla monimutkaisempia kytkentöjä, öljyn suodatusta ja turvaventtiilejä käytettävyyden, toimintavarmuuden ja turvallisuuden varmistamiseksi.

Hydraulinen tehonsiirto traktoriasenteisissa puutavarakuormaimissa toimii hyödyntämällä polttomoottorin pyörivää liikettä hydrauliiikkapumpun pyörittämiseen, joko traktorin omalla pumpulla tai voimanulosottoakselin avulla kuormaimen omalta pumpulta. Öljyä tuodaan säiliöstä ja pumppu siirtää nestettä hydrauliikkalinjastossa suodattimen läpi samalla paineistaen sen (Parr, 2011, s. 31).

Pumpputyyppejä löytyy useampia eri tyyppiä kuten hammaspyörä-, mäntä- ja siipipumppuja. Pumput voivat myös olla tilavuusvirraltaan vakioita tai muuttuvatilavuudellisia, yleisimmin kuormaimissa käytetään hammaspyöräpumppuja tai mäntäpumppuja. Pumput voivat olla kiinteätilavuudellisia, jolloin pumpun pyörintänopeus määrittää virtauksen, tai kuormantuntevalla säädöllä (LS, Load sensing) jolloin pumpun virtaus säätyy järjestelmän tarpeen mukaan. Pumpulta lähtevä öljy viedään ohjausventtiilille, jolla hallitaan nosturin liikkeitä sylintereiden ja moottoreiden avulla. Ohjausventtiili voi olla mekaanisilla vivuilla, hydraulisilla ohjauksilla tai sähköisillä ohjauksilla sekä kombinaatioita näistä ohjaustavoista. Nostureiden ohjausventtiileissä on 7–9 lohkoa riippuen nosturin koosta ja varustelusta, jokainen lohko ohjaa omaa toimintoaan. Venttiilejä löytyy myös useaa eri tyyppiä, kokoa ja konfiguraatiota, joita ei tässä työssä käydä läpi sen tarkemmin.

Karatyyppiset nelitieohjausventtiilit ovat monipiirisissä hydrauliikkajärjestelmissä yleisimmin käytettyjä virtauksen suunnan hallintaan. Alla olevasta kuvasta (Kuva 5. Nelitie karaventtiili.) nähdään tyyppillisen karaventtiilin toimintaperiaatteen, kara on yleensä lepotilassaan keskitetty keskitysrousen avulla ja sen paikoitusta muuttamalla saadaan kytkettyä ulosmenevät portit A ja B vuorostaan tulo- (P) ja paluu- (T) portteihin. Kuvassa karaa on liikutettu oikealle päin, jolloin tuloportti P yhdistyy B porttiin sekä samanaikaisesti A portti yhdistyy paluuporttiin T. Karaa voidaan ohjata mekaanisella kytkennällä, tai muilla menetelmillä kuten suorasähköohjauksilla, hydraulisilla tai pneumaattisilla ohjauspaineilla. (Chapple, 2015, ss. 53-54)

Kuva 5. Nelitie karaventtiili. (Chapple, 2015, s. 54)



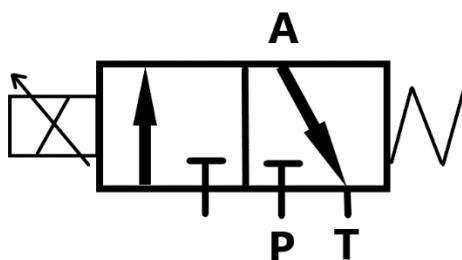
Sähkö-ohjatut venttiilit voidaan käytännössä kategorisoida kahteen pääryhmään toiminnan perusteella, nämä ryhmät ovat on-off suoraohjatut ja proportionaalisesti toimivat solenoidiventtiilit. Molemmissa pääryhmissä on kuitenkin erityyppisiä ohjauksratkaisuja ja erilaisia venttiilejä, keskitymme tässä työssä kuitenkin ainoastaan näihin kahteen pääryhmän suuntaventtiileihin ja erityisesti proportionaalisiiin ohjauksiin.

ON-OFF suoraohjaukset toimivat juuri niin kuten nimestäkin voi päätellä, eli sillä on kaksi tilaa, jotka ovat päälle tai pois päältä. Yleisesti tämä on toteutettu solenoidin käämillä ja ydinputkella, jota kutsutaan myös armatuuriksi. Kokemukseni mukaan kolmeasentoisissa suuntaventtiileissä tarvitaan kaksi solenoidia, jotta voidaan liikuttaa karaa molempiin suuntiin. Solenoidit ovat usein asennettuna karan molempiin pätyihin mutta nähdäkseni nämä voivat myös olla asennettuna toispuoleisesti, jolloin samassa ydinputkessa on kaksi toisistaan riippumatonta käämitystä. Kun käämiin syötetään virtaa, niin se kehittää magneettikentän joka vuorostaan liikuttaa venttiilin karaan yhdistettyä armatuuria käämiä kohti. Solenoidi vaatii jatkuvan virransyötön pitääkseen armatuurin paikallaan, kun virransyöttö katkaistaan. Virran katkettua magneettikenttä heikkenee ja venttiilissä oleva palautusjousi palauttaa karan alkuperäiseen positioon. (Instrumentation tools, n.d.)

Proportionaaliset venttiilit tai kansankielellä ”propoventtiileiksi” kutsutut suuntaventtiilit toimivat myös nimensä kaltaisesti, eli karan liikettä voidaan tämänkaltaisella solenoidiventtiilillä ohjata proportionaalisesti siihen syötetyn sähkövirran suhteen, jonka ansiosta voidaan hallita öljyn virtausta kyseiselle toiminnolle. Toisin sanoen voidaan hallita

toiminnon nopeutta. Solenoidiventtiilejä voidaan myös teoriassa ohjata analogisella tasajännitteellä, mutta käytännössä tällöin ohjauksen herkkyys kärsii staattisten kitkavoimien takia aiheuttaen suurempia hystereesejä eli viiveitä ohjaussignaalin muuttuessa. Tämän takia käytetäänkin useammin PWM-signaalia proportionaalisten venttiilien ohjaamiseksi. (Tameson B.V., n.d.) PWM-ohjausta käsitellään myöhemmin tämän työn luvussa 2.1. Usein proportionaaliset venttiilit ovat niin sanotusti sähköhydraulisia. Sähköhydrauliset solenoidiventtiilit toimivat useimmiten hydraulisen paineen avulla ja niitä on kaksi kappaletta jokaiselle toiminnolle. Solenoidiventtiili on normaalisti suljettu ja 3/2 mallinen, eli siinä on kolme porttia ja kaksi asentoa sekä sitä ohjataan sähkövirran avulla. Alla olevasta kuvasta (Kuva 6. Normaalisti suljettu proportionaalinen 3/2 venttiili) nähdään solenoidin kytKentä, solenoidiin syötetään matalampi paine paineenalennusventtiiliin kautta tämän paineporttiin (P), solenoidiin on myös kytketty paluulinja (T) ja ohjauslinja (A). Virrattomana, eli lepotilassa solenoidin painelinja on suljettuna ja ohjauslinja on yhdistetty paluulinjaan, jonka ansiosta öljy pääsee poistumaan karan ohjauskammioista, kun toisen puolen solenoidi aktivoidaan. Kun solenoidiin aletaan syöttämään virtaa niin painelinjaan alkaa muodostua painetta, joka on proportionaalinen sille syötetyn virran suhteen. Tämä ohjauskammioon syötetty paine tuottaa voiman, joka liikuttaa ohjausventtiilin karaa. Karan liikkeen määrää voi tällöin hallita vapaasti virran mukaan.

Kuva 6. Normaalisti suljettu proportionaalinen 3/2 venttiili.



4 Sähköisten ohjausjärjestelmien toimintaperiaate ja säädöt

Sähköisillä ohjauksilla saadaan nosturia ohjattua elektroniikka ohjaimen avulla, ja sen edut ovat helppo säädettävyys ilman komponenttien vaihtoja, se mahdollistaa myös liikkeiden pehmeysaloitus ja lopetusramppien avulla sekä avaa mahdollisuuden automatisoinnille tarpeen mukaan. Liikkeiden ohjaus alkaa ohjausvivusta, jota liikuttamalla kuljettaja antaa käskyn ohjaimelle. Ohjausvipu antaa analogisen ohjausjännitteen ohjainlaitteelle, joka muuntaa sen ohjausventtiilille sopivaksi ohjaussignaalksi ja tämä voi olla joko PWM tai jännitesignaali. Ohjausvipu on yleensä kahteen suuntaan liikkuva keskiasennosta ja se antaa ulos lineaarisen ohjausjännitteen, joka on 0-5V välillä. Vivun ollessa keskiasennossa on tällöin 2,5V jännite, jota ohjainlaitteet yleensä myös vaativat järjestelmän käynnistyessä turvallisuuden takaamiseksi.

Sähköisten ohjausten kanssa saadaan myös nosturille säätömahdollisuus. Yleisimmät ja myös tärkeimmät säädöt ovat minimi ja maksimivirrat sekä aloitus ja pysäytysramppit, joita voidaan säätää jokaiselle toiminnolle erikseen molempiin suuntiin. Säätömahdollisuuksien avulla saadaan nosturin liikkeet hyvin tarkoiksi ja lisäksi voidaan tehdä eri kuljettajille omat profiilit, jotka ovat säädetty eri kuljettajien mieltymyksien mukaan lisäten kuljettajan käyttömukavuutta ja tuottavuutta.

Minimivirralla säädetään pienintä virran määrää, kun ohjausvipua aloitetaan liikuttaa ja nosturi lähtee liikkeelle. Virran säätäminen on tärkeä, jotta saadaan mahdollisimman tarkka liikkeellelähtö nosturille ja säätö vaikuttaa myös ohjausvivun liikerataan. Eli jos minimivirta on säädetty liian korkealle niin nosturi saattaa lähteä liikkeelle liian suurella nopeudella, ja mikäli säätö on liian matalalla niin ohjausvivun liikerata pienentyy ja antaa kuljettajalle huonon ajotuntuman sekä "väljyyden" tunteen liikettä aloittaessa. Maksimivirralla on samankaltaiset vaikutukset kuten minimivirralla mutta nämä vaikutukset suuntautuvat ohjausvivun ääriasentoon. Maksimivirralla siis säädetään nosturin liikkeen suurinta mahdollista nopeutta ja liian pienellä virralla nosturi ei liiku tarpeeksi nopeasti, tässä on kuitenkin huomioitava se, että nopeutta voidaan nostaa vain rajallisesti riippuen hydraulikkajärjestelmän virtauksista ja myös koneen käyttöturvallisuuden kannalta. Liian

suuri virta aiheuttaa sen, että nosturi saavuttaa suurimman nopeuden ennen kuin ohjausvipu saavuttaa ääriasentonsa ja tämän takia ohjaustuntuma kärsii.

Rampeilla saadaan nosturin aloitus ja lopetus liikkeitä pehmennettyä antamalla aika arvo, jonka sisällä virta nousee. Tämä tarkoittaa selkokielellä, että mikäli kahvasta vedetään nopeasti täyteen nopeuteen niin ohjainlaite nostaa virtaa nolosta asetettuun arvoon tämän aikavälin sisällä. Sama asia pätee myös käänteisesti, jos kahvan päästä äkillisesti niin virta laskee lineaarisesti noltaan säädetyin ajan sisällä. Ramppien avulla saadaan nosturiin pehmeämpiä liikkeellelähtöjä ja liikkeiden lopetuksia, jolla on vaikutuksia nosturin kestoon ja myös miellyttävämpi ajaa kuljettajalle.

5 Vianselvitys

Vianselvityksessä saadaan yleensä loppuasiakkaalta lähtökohtainen vika, jota asiakas itse epäilee viaksi. Lähtötietojen perusteella voidaan kysyä kohdentavia kysymyksiä kuten minkä tyyppinen järjestelmä ohjausjärjestelmineen on kyseessä, mikäli asiakas ei ole näitä jo kertonut. Vikatyyppin mukaan voivat toimintatavat ja selvitysmenetelmät luonnollisesti olla hyvinkin erilaiset, viat voidaan luokitella kolmeen pääryhmään, jotka ovat mekaaniset-hydrauliset- ja sähköiset viat. Vikatyyppin selvittäminen ei aina ole niin helppoa sillä järjestelmän toiminta on riippuvainen jokaisen osa-alueen toiminnasta ja saattaa vaikuttaa äkkiseltään, että jokin tietty vika on komponentin x aiheuttama. Mutta todellisuudessa se saattaa vain olla todellisen vian oire, joka voi hämätä vianselvittäjää helposti. Ilmeisimmät viat ovat ulkoiset vuodot, jotka ovat helppo paikantaa ja korjata. Mutta vikoja ja niiden aiheuttajia voi olla lukematon määrä, kuten sisäisiä vuotoja, joita voi olla lähes mahdotonta paikantaa helpoilla kenttämenetelmillä ja saattaa vaatia tarkempia tutkimuksia kyseiselle komponentille

Yleisimmät viat ovat hydraulisiin ja sähkökytkentöihin liittyviä, taikka oheiskomponenttien kuten vastaventtiilin puutteeseen. Tämänkaltaiset viat saattavat esiintyä vasta loppuasiakkaan luona siitä huolimatta, että valmistajat testaavat nosturien toiminnan tehtaalla. Useimmiten tämä johtuu siitä, että loppukäyttäjän traktorissa pienempi pumpun tilavuusvirtaus, jonka takia järjestelmään ei tule riittävää vastapainetta paluulinjaan, jota

tarvitaan paineenalennusventtiilin toimintaan. Vika saattaa myös olla asiakkaan puolella esim. virheellisesti kytketty sähköliitin traktorissa, palanut sulake tai huono maadoitus. Varsinkin kiinteästi traktoriin asennettavien ohjausjärjestelmien kanssa kannattaa olla tarkkana virranyötön kanssa, ohjainlaitteet kannattaa aina kytkeä omalla releellä suoraan koneen akkuun, jotta vältytään ongelmilta.

5.1 Hydraulisesti esiohjatut

Hydraulisesti esiohjatuissa venttiileissä nosturin nostopuomia, taittopuomia, kääntöä ja kouran kääntöä ohjataan hydraulisen esiohjauspaineen avulla. Loput toiminnot kuten koura, jatkopuomi ja tukijalat ovat sähköohjattuja.

Sähköohjatut toiminnot voivat olla painonappiohjattuja, jolloin liikkeen nopeus on aina vakio taikka proportionaalisesti säädettävän PWM muuntimen kautta, jolloin toiminnon nopeutta voidaan säädellä lineaarisesti. Alla olevassa kuvassa (Kuva 7. Hydraulisesti esiohjattu järjestelmä) esimerkki hydraulisesti esiohjatusta venttiilistä, jossa sähkötoimintoja ohjataan proportionaalisilla rullilla.

Kuva 7. Hydraulisesti esiohjattu järjestelmä.



Vianselvitys hydraulisesti esiohjatuissa järjestelmissä aloitetaan normaalisti keräämällä lähtötietoja kuten venttiilipöydän malli ja minkälaisia ohjaus komponentteja on käytetty kyseisessä nosturissa sekä miten vika on ilmentynyt, jonka perusteella voidaan lähteä järjestelmällisesti etsimään vian syytä poissulkemalla toimivat komponentit. Yleisimpiä vikoja esiohjatuissa venttiileissä ovat esiohjauspaineeseen liittyviä. Esiohjauspaine tuotetaan paineenalennusventtiilin kautta, jolla viedään matalampi paine esiohjauskahvoille. Esiohjauskahvat ohjaavat painetta pääohjausventtiilin luisteille proportionaalisesti kahvan asennon mukaan. Helppo tapa etsiä vikoja on kokeilla, jos sähkötoiminnot toimivat, tällöin voidaan poissulkea luonnollisesti sähköiset viat ja mahdollisesti todeta, mikäli pääventtiili nostaa paineet vaaditulle tasolle. Mikäli edellä mainitulla kokeilulla sähkötoiminnot toimivat ja niissä on voimaa sekä ne liikkuvat normaalilla nopeudella, mutta hydraulisesti esiohjatut toiminnot eivät toimi voidaan kokeilla hydraulisia toimintoja samaan aikaan kun ajaa sähkötoimintoja. Mikäli esiohjatut toiminnot toimivat samaan aikaan kun ajaa sähkötoimintoja, voidaan tästä tehdä johtopäätös siitä, että pääventtiili toimii oikealla tavalla ja vika liittyy todennäköisesti paineenalennusventtiiliin tai sen kytkentään.

5.2 Sähköhydraulisesti ohjatut

Sähköhydraulisesti ohjatuissa nostureissa ohjataan jokaista nosturin toimintoa sähköisesti ohjainlaitteen kautta. Alla olevassa kuvassa (Kuva 8. Sähköhydraulisesti ohjattu) PWM-ohjattu ohjausjärjestelmä. Sähköhydraulisesti ohjatut venttiilit toimivat pääsääntöisesti samalla toimintaperiaatteella kuten hydraulinen esiohjaus, paitsi että hydraulisten vipujen sijalla on venttiilipöydässä sähköhydrauliset paineenalennusventtiilit ohjaamassa luistin liikettä lineaarisesti. Edut sähköisissä ohjauksissa perinteisiin mekaanisiin tai hydraulisiin ohjauksiin ovat niiden helpompi säädettävyyttä esimerkiksi kuljettajakohtaisesti ja mahdollisuus ”pehmentää” tai automatisoida toimintoja ohjelmallisesti, haittapuolena sähköohjauksissa on niiden ”tunnottomuus” operaattorille ja monimutkaisuus sekä herkkyys kosteudelle lisääntyneen ohjauselektronikan ja anturoinnin vuoksi.

Kuva 8. Sähköhydraulisesti ohjattu.



Sähköisien ohjausten vianselvityksessä on tärkeää tietää koko kokonaisuuden toimintaperiaate ja minkä kaltainen ohjaus on kyseessä, jotta voidaan luotettavasti diagnosoida mikä on vian aiheuttaja. Yleisiä vikoja ovat hydraulisissa tai sähköisissä kytkennöissä, jotka voivat aiheuttaa pienempiä tai suurempia vikoja, jotka saattavat olla hankalia paikantaa. Yksinkertaisimmillaan ohjauksesta voidaan erotella kolme pääkomponenttiryhmää (ohjauskahvat, ohjainlaite ja venttiilipöydässä oleva paineenalennusventtiili) jotka ovat sidoksissa toisiinsa johtojen välityksellä. Monimutkaisemmissa järjestelmissä voi olla useampi ohjainlaite, erilaisia anturointeja tai tietoväyläohjauksia.

Ohjauskahvoille syötetään 5V jännite ja kahvaa liikuttamalla ne antavat ulos analogisen signaalin, joka muuttuu lineaarisesti 0,5–4,5VDC välillä. Lineaarisen ohjausjännitteen avulla ohjainlaite tulkitsee tarkasti kahvan position ja muuntaa sen PWM- (pulssileveysmodulaatio) signaaliksi, jolla ohjataan venttiilipöydässä olevan paineenalennusventtiin avulla karan liikettä.

Tyypillisiä vikatilanteita, joita ilmenee ovat analogisiin ohjaussignaaleihin liittyviä. Järjestelmän käynnistyessä ohjainlaite tarkastaa jokaisen sisääntulon signaalit, ja mikäli arvot poikkeavat sallituista arvoista niin se menee vikatilaan. Ohjauskahvojen signaaliulostulon tulee olla käynnistyessä lepotilassa eli keskiasennossa, jolloin jännitteen arvo on $2,5 \pm 0,2$ VDC. Vikatilassa ja vikatilan vakavuuden mukaan ohjainlaite voi sulkea pois tiettyjä

toimintoja tai koko järjestelmän turvallisuussyistä. Usein järjestelmän uudelleenkäynnistys saattaa ratkaista ongelman, mutta ongelma voi myös liittyä johdotukseen tai huonoihin liitoksiin. Ensimmäisenä kannattaa luonnollisesti tarkistaa kahvalle tulevat referenssiännitteet ja maadoitukset, jonka jälkeen voidaan mitata ulosmenevät signaalit. Mittaustulosten avulla voidaan tämän jälkeen johdonmukaisesti poissulkea ja paikantaa vian lähde.

5.3 CAN-väylä ohjatut

CAN-väylä ohjauksessa nosturin liikkeitä ohjataan samalla periaatteella kuin sähköhydraulisissa ohjauksissa, ja signaalin ulostulojen puolesta nämä ovat samankaltaisia. Nämä kaksi ohjaustyyppiä eroavat toisistaan siten että sähköhydraulisissa ohjauksissa on vain yksi ohjainlaite. Ohjainlaitteeseen on johdotettu kaikki tarvittavat ohjaukset ja mahdolliset anturit, jonka perusteella nosturia ohjataan. CAN-ohjauksissa taas saattaa olla useampi ohjainlaite samassa järjestelmässä. Ohjainlaitteet kommunikoivat toisilleen tarvittavat tiedot digitalisessa muodossa, edut tässä järjestelmässä on johdotuksen yksinkertaisuus, toimintavarmuus ja lisälaitteiden yhdistämismahdollisuus. Lisälaitteet kuten radio-ohjaukset kiinteään ohjausjärjestelmän rinnalla ovat helppoja liittää mukaan järjestelmään muutaman johdon avulla, kun vanhoissa järjestelmissä tämä oli käytännössä mahdotonta ilman monimutkaisia ja kalliita johdotuksia. Anturitiedot ja ohjaukset menevät analogisessa muodossa yhdelle ohjainlaitteelle, joka muuntaa ne digitaliseksi muodoksi ja lähettää ne CAN-väylää pitkin niin että mikä tahansa väylässä sijaitseva ohjainlaite voi hyödyntää niitä. CAN-väylä muodostuu kahdesta tiedonsiirtojohdosta mutta ohjainlaitteet tarvitsevat myös virransyötön, joten neljä johtoa on minimivaatimus ohjaimelle.

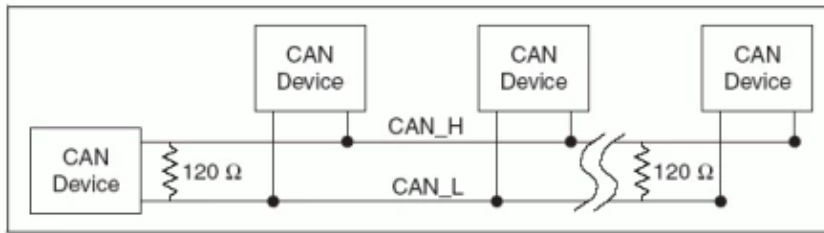
Can-järjestelmän yleisimmät viat johtuvat johdotusvirheistä, vääränlaisista linjan terminoinneista sekä eri taajuuksista samassa linjassa. Vikatilanteissa kannattaa luonnollisesti ensimmäisenä tarkistaa ohjainlaitteiden virransaanti kuten sulakkeiden eheys ja maadoitusten kunto sekä se että kaikki ohjainlaitteet ovat samassa maassa. Mikäli nämä

kaksi ovat kunnossa voidaan tarkastaa tiedonsiirtolinjat. Tiedonsiirtolinja koostuu kahdesta samanpituisesta johtimesta (CAN HIGH ja CAN LOW) jotka ovat kiedottu toistensa ympärille muodostaen nominaalisen 120 ohmin impedanssin, ja lisäksi johtojen päädyt terminoitu 120 ohmin vastuksilla. Johtojen kiedonta ja terminointi on oleellinen, jotta järjestelmän sisäinen häiriönsuodatus toimii oikein. Häiriönsuodatus perustuu CAN-linjojen väliseen jännite eroon, kiedottujen johtojen ansiosta häiriösignaalit tulevat molempiin linjoihin samalla magnitudilla ja täten saadaan mahdollisten häiriötä aiheuttavien signaalien vaikutuksia minimoitua.

Terminointivastukset voivat olla toteutettu kahdella eri tavalla kaksijohtoisessa järjestelmässä riippuen CAN-järjestelmän tyypistä tai ennemmin lähetysnopeudesta, nämä tyypit ovat High-Speed CAN/FD ja Low-Speed/Fault tolerant. Tässä työssä käydään läpi ainoastaan High-Speed järjestelmän terminoinnit, sillä Low-Speed järjestelmää ei ole tietääkseni tämänkaltaisessa käytössä. High-Speed CAN/FD CAN järjestelmässä terminointivastuksia on kaksi, ja ne sijaitsevat päädyissä olevien ohjainlaitteiden johtojen välissä (Kuva 9. High-Speed CAN-väylän terminointi.). Oikean vastuksen voi tässä järjestelmässä mitata yleismittarilla, kun kaikki laitteet ovat virrattomina. Tällöin tulisi saada lukema 60 ± 2 ohmia johtuen siitä, että vastukset ovat kytkettynä rinnan. (Orion BMS, n.d.; National Instruments Corp., 2023)

Terminointivastukset voivat olla johtosarjaan asennettuja, tai ohjainlaitteeseen integroituja. Vastusten kytkentä kannattaa tarkistaa ohjainlaitteen dokumentaatiosta, joissakin ohjainlaitteissa ne ovat kiinteästi asennettuna ohjauselektroniikkaan taikka valinnaisesti kytkettävissä esimerkiksi hyppylangan avulla. Valmiiksi kytketyn järjestelmän vastus kannattaa mitata varmistuakseen, että se toimii oikealla tavalla. Varsinkin järjestelmissä, joissa on useampi ohjainlaite. Linjan vastukset ovat kytkettynä rinnan toisiinsa, ja mikäli vastuksia linjassa on enemmän niin vastuksen arvo laskee aiheuttaen suuremman virran ja kuormituksen piiriin ohmin lain mukaisesti.

Kuva 9. High-Speed CAN-väylän terminointi. (National Instruments Corp., 2023)



6 Työn toteutus

Työ aloitettiin perehtymällä eri ohjauksjärjestelmiin, varsinkin CAN-ohjauksiin. PWM ohjaukset ja radio ohjaukset olivat entuudestaan tuttuja aikaisemman työkokemuksen ja harrastuksien kautta, mutta CAN-ohjaukset ovat viime aikoina lisääntyneet huimaa vauhtia ja niiden vika diagnosointi kiinnosti niin työn tilaajaa kuin itseänikin.

CAN-väylä mahdollistaa anturitietojen ja datan siirron luotettavasti ja yksinkertaisesti muutaman johdon avulla eri koneiden ja laitteiden välillä. Väylässä kulkevaa tietoa voi jokainen väylässä oleva ohjainlaite hyödyntää ja tämä avaa uusia mahdollisuuksia kustannustehokkaaseen hintaan, kun voidaan hyödyntää olemassa olevia anturitietoja ja sitä kautta automatisoida tiettyjä toimintoja tai asentaa lisälaitteita helposti kuten radio-ohjauksia.

6.1 Yleisimpien vikojen kartoitus

Yleisimpiä vikoja aloitettiin kartoittaa haastatteleamalla vanhempaa työntekijää ja pohtimalla mahdollisia vian aiheuttajia ja niiden selvittämismenetelmiä sekä korjaustoimenpiteitä. Yleisimmät vian aiheuttajat, jotka esiintyvät ovat niin hydraulisiin kuin sähköisiin kytkentöihin liittyviä.

Haastattelun edetessä huomattiin myös, että toimeksiantajalla ei ollut kytkentäkaaviota tiettyyn ohjauksjärjestelmään, joka on oleellinen työkalu vianetsinnässä. Tämän perusteella päädyimme selvittämään asian mittaamalla sekä takaisin mallintamalla johtosarjan

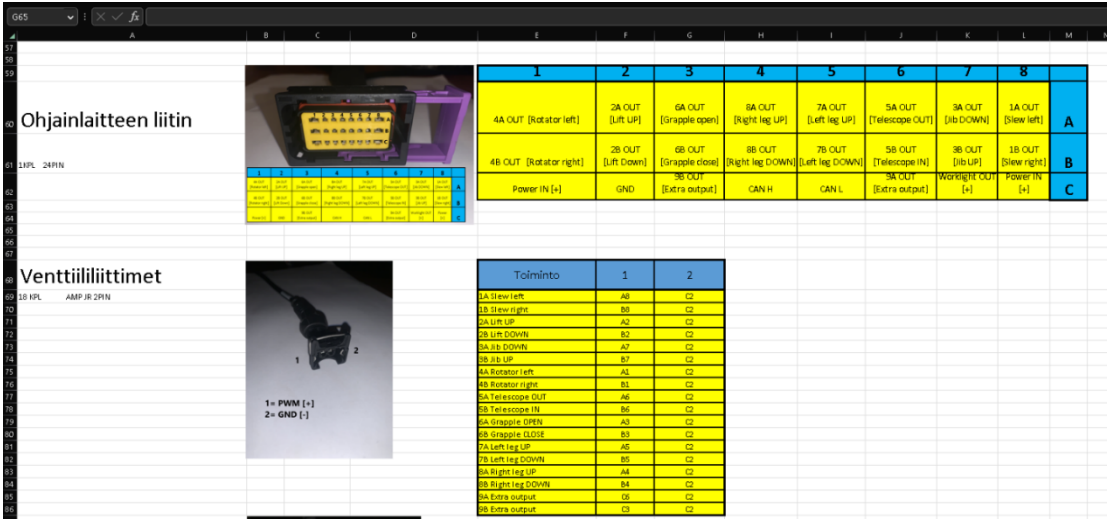
kytkennät. Kytchentäkaavion avulla voidaan seurata johdotuksia ja tehdä asianmukaiset mittaukset, jotta voidaan löytää mahdollinen vian aiheuttaja ja korjata vika.

6.2 Sähköiset mittaukset

Toimeksiantajan kanssa tehdyn haastattelun perusteella huomattiin, että heillä ei ollut minkäänlaista kytchentäkaaviota erääseen ohjausjärjestelmän kytkentöihin. Kytchentäkaavioille saattaa olla tulevaisuudessa tarvetta, kun halutaan tehdä mittauksia vikojen paikantamiseksi.

Tämän perusteella johtosarjaa mitattiin yleismittarin avulla johto kerrallaan ja dokumentoitiin tulokset taulukkomuotoisesti. Mittaustuloksista muodostetusta taulukosta tehtiin Excel-tiedosto (Kuva 10. Esimerkkikuva kytchentätaulukosta) apukuvien kera, josta on helppo tarkastaa ja mitata johtosarjaa, joka helpottaa vianetsintää huomattavasti (katso Liite 7/1).

Kuva 10. Esimerkkikuva kytchentätaulukosta.



	1	2	3	4	5	6	7	8	
4A OUT [Rotator left]	2A OUT [Lift UP]	6A OUT [Grapple open]	6A OUT [Right leg UP]	7A OUT [Left leg UP]	5A OUT [Telescope OUT]	9A OUT [Iib DOWN]	1A OUT [Slew left]		A
4B OUT [Rotator right]	2B OUT [Lift Down]	6B OUT [Grapple close]	8B OUT [Right leg DOWN]	7B OUT [Left leg DOWN]	5B OUT [Telescope IN]	9B OUT [Iib UP]	1B OUT [Slew right]		B
Power IN [+]	GND	3B OUT [Extra output]	CAN H	CAN L	3A OUT [Extra output]	WRIGHT OUT [+]	POWER IN [+]		C

Toiminto	1	2
1A Slew left	A6	C2
1B Slew right	B6	C2
2A Lift UP	A2	C2
2B Lift DOWN	B2	C2
3A Iib DOWN	A7	C2
3B Iib UP	B7	C2
4A Rotator Left	A3	C2
4B Rotator right	B3	C2
5A Telescope OUT	A6	C2
5B Telescope IN	B6	C2
6A Grapple OPEN	A3	C2
6B Grapple CLOSE	B3	C2
7A Left leg UP	A5	C2
7B Left leg DOWN	B5	C2
8A Right leg UP	A4	C2
8B Right leg DOWN	B4	C2
9A Extra output	B9	C2
9B Extra output	C3	C2

6.3 Mahdollisten vikojen kartoitus

Vikoja kartoitettiin myös pohtimalla mahdollisia vikoja, joita saattaa ilmaantua ajan saatossa kuten korroosion, kuluman tai muiden mekaanisten vikojen kautta. Korroosio liitoksissa

aiheuttaa sähköliitoksissa huonon johtavuuden, josta seuraa vastusta liitosten väliin ja sen kautta jännitehäviöitä, jotka aiheuttavat häiriöitä järjestelmissä.

Johdot voivat myös jäädä jonkin esineen väliin, eristeet voivat hankautua rikki tai johdin murtua poikki eristeen sisällä. Murskautuneet tai hankautuneet johdot ovat helpompia paikantaa nopealla visuaalisella tarkastuksella, mutta eristeen sisällä olevan johdon rikkoontuminen löytäminen vaatii johtosarjan mittaamista ja mahdollisesti myös muita samanaikaisia menetelmiä kuten johtosarjan heiluttelua.

6.4 Aineiston koostaminen

Aineiston koostaminen alkoi muodostamalla taulukkoon erilaisia vikatilanteita, joita on yleisesti kohdattu asiakaspalvelussa. Alkuvaiheessa tarkoituksena oli tehdä näistä puumallinen vianselvitystaulukko josta voisi helposti neuvoa asiakkaita niin sanotusti ”step by step” menetelmällä, mutta taulukkojen muodostamisen jälkeen huomattiin aika nopeasti että alustavasti tuotettu taulukko saattaa toimia paremmin kuin alkuperäinen idea koska puumallisesta dokumentista tulisi mahdollisesti liian monimutkainen, vaikeasti luettava ja lisäksi puumalliseen dokumenttiin olisi käytännössä mahdotonta lisätä uutta materiaalia helposti.

Koostaminen alkoi yleisimpien vikatilanteiden listaamisella sekä kirjaamalla niihin metodeja, joilla vikojen aiheuttajat voidaan helposti paikallistaa sekä korjata tai vaihtaa vialliset komponentit. Taulukkoon (Kuva 11. Vianetsintätaulukko) on myös lisätty useampia sarakkeita. Sarakeihin on laitettu vian selvittämiseen mahdollisesti tarvittavia mittausohjeita ja vinkkejä sekä liitteinä havainnollistavia apukuvia (Kuva 12. Liitteenä olevat apukuvat). Apukuvat (Liite 8) avautuvat, kun hiirellä leijutaan niiden yllä ja niiden tarkoitus on helpottaa vianetsintä prosessia.

Kuva 11. Vianetsintätaulukko.

Kuva 12. Liitteenä olevat apukuvat.

Työn tuloksena syntyi siis Excel-tiedosto, johon on tehty useampi eri välilehti. Välilehtien tarkoitus on jaotella erityyppiset ohjausjärjestelmät toisistaan, jotta sitä on helpompi lukea ja löytää oikeat tiedot. Alla olevasta kuvasta (Kuva 13. Vianselvitystaulukon välilehdet) nähdään välilehdet, toiminnaltaan samankaltaiset venttiilit ovat yhdistetty samoihin välilehtiin ja ohjausjärjestelmille on tehty myös useampi välilehti jaksakseen tietoa niin että se olisi helpommin löydettävissä. Välilehtiä tehtiin yhteensä seitsemän kappaletta, jotka löytyvät tämän työn liitteinä (katso liitteet 1–7)

Kuva 13. Vianselvitystaulukon välilehdet.

Libe fides	Tarkasta lauseen toiminnon osat	Tarkasta Meri-nta	Säädettoiminnon Meri-ntas lauseen osat	Säädettoiminnon Meri-ntas lauseen osat	Säädettoiminnon Meri-ntas lauseen osat	MK/ntas säädettoiminnon osat	MK/ntas säädettoiminnon osat
Libe kannepe	Tarkasta lauseen toiminnon osat	Tarkasta Meri-nta	Säädettoiminnon Meri-ntas lauseen osat	Säädettoiminnon Meri-ntas lauseen osat	Säädettoiminnon Meri-ntas lauseen osat	MK/ntas säädettoiminnon osat	MK/ntas säädettoiminnon osat
Puhallin lämpökäytin	Tarkasta lauseen toiminnon osat	Tarkasta Meri-nta	Säädettoiminnon Meri-ntas lauseen osat	Säädettoiminnon Meri-ntas lauseen osat	Säädettoiminnon Meri-ntas lauseen osat	MK/ntas säädettoiminnon osat	MK/ntas säädettoiminnon osat
Libe vatsanhuolto	Tarkasta lauseen toiminnon osat	Tarkasta Ramp-Up	Säädettoiminnon Ramp-Up lauseen osat	Säädettoiminnon Ramp-Up lauseen osat	Säädettoiminnon Ramp-Up lauseen osat	Ramp-Up säädettoiminnon osat	Ramp-Up säädettoiminnon osat
Libe jalkatietojen puole	Tarkasta lauseen toiminnon osat	Tarkasta Ramp-Down	Säädettoiminnon Ramp-Down lauseen osat	Säädettoiminnon Ramp-Down lauseen osat	Säädettoiminnon Ramp-Down lauseen osat	Ramp-Down säädettoiminnon osat	Ramp-Down säädettoiminnon osat
Libe nää	Tarkasta lauseen toiminnon osat	Tarkasta lauseen osat	Säädettoiminnon lauseen osat	Säädettoiminnon lauseen osat	Säädettoiminnon lauseen osat	MK/ntas säädettoiminnon osat	MK/ntas säädettoiminnon osat
Wires	Wires	Wires	Wires	Wires	Wires	Wires	Wires
Wires	Wires	Wires	Wires	Wires	Wires	Wires	Wires
Wires	Wires	Wires	Wires	Wires	Wires	Wires	Wires
Wires	Wires	Wires	Wires	Wires	Wires	Wires	Wires

6.5 Ohjainlaitteen säädöt

Yleisimmät ongelmatilanteet, joita asiakkaat kohtaavat ovat nosturin nopeus- ja ramppi-säädöt. Sähköisesti ohjatuissa nostureissa voidaan säätää erikseen jokaisen toiminnon aloitusnopeuksia, maksiminopeuksia ja liikkeellelähtö/pysäytysramppeja kuljettajakohteisesti.

Ongelmia voi olla monenlaista kuten esimerkiksi liikkeiden hitautta, liiallista nopeutta, toimintojen nykivyyttä tai liiallista ohjauksikahvan "väljyyttä" joka voi tehdä nosturin ohjaamisesta vaikeaa tai pahimmassa tapauksessa vaarallista tai rikkoa nosturin. Säätöongelmissa joudutaan usein neuvomaan asiakasta puhelimen välityksellä ja se tuottaa aina omat haasteensa, kun ohjelmointinäyttöä ei näe itse fyysisesti. Tämän ongelman ratkaisemiseksi päädyttiin tekemään dokumenttiin välilehden (Kuva 14. Ohjelmointinäytön valikot) josta neuvonantaja pystyy katsomaan yhdellä silmäyksellä kaikki ohjelmointinäytössä olevat valikot ja niiden alavalikot sekä arvoille selityksiä. Dokumenttia tehtäessä huomattiin myös materiaalia läpikäyessä, että ohjelmointinäytöstä oli tullut uusi versio. Uuteen ohjelmointinäyttöön oli lisätty uusia valikoita, jotka helpottavat diagnosoimaan nappien, releiden ja ohjauksikahvojen signaaleja ja toimintaa. Tämän takia tehtiin vielä toinen samankaltainen välilehti (katso Liite 5/1 ja Liite 6/1).

Kuva 14. Ohjelmointinäytön valikot.

Päävalikko	Arvo	Selite	Alavalikko 1	Arvo	Selite	Alavalikko 2	Arvo	Selite
WK 18 Operator	1,2 tai 3	Valittu käyttäjä						
DP 1 Settings	>>							
DP 2 Settings	>>							
DP 3 Settings	>>							
			Slew 1A	>>				
			Slew 1B	>>				
			Jib 3A	>>				
			Jib 3B	>>				
			Telescope 5B	>>				
			Telescope 5A	>>				
			Rotator 4A	>>				
			Rotator 4B	>>				
			Lift UP 2A	>>				
			Lift DN 2B	>>				
			Grapple CLOSE 6E	>>				
			Grapple OPEN 6A	>>				
			Left Leg DOWN 7B	>>				
			Left Leg UP 7A	>>				
			Right Leg UP 8A	>>				
			Right Leg DOWN 8I	>>				
			Ext. 3A	>>				
			Ext. 3B	>>				
						1. Min	xxxx.p	Alotusvita (lihtinopeus) 10m/askel
						2. Max	xxxx.p	Maksimivita (maksiminopeus) 10m/askel
						3. Ramp UP	xxxx.ms	Alotusramppi
						4. Ramp DN	xxxx.ms	Pysäytysramppi
WK18 Info	>>		Operator Nr:	1,2 tai 3	Valittu käyttäjä			
			Hourmeter:	xxxx	Käyttötunnit			
			Relay:	0 tai 1	Työvalo 0 = OFF -- 1 = ON SININEN NAPPI			
			Support Legs:	0 tai 1	Tukijalat 0 = OFF -- 1 = ON PUNAINEN NAPPI			
WK-can Info	>>		Operator nr:	1,2 tai 3	Valittu käyttäjä			
			Light button:	0 tai 1	Sininen nappi			
			Support Legs:	0 tai 1	Punainen nappi			
			Left Joystick:	>>				
			Right Joystick:	>>				
						X-axis:	0-255	Can arvo (HEX) toinen suunta kasvava (1+++ toinen laskeva (255---
						Y-axis:	0-255	Can arvo (HEX) toinen suunta kasvava (1+++ toinen laskeva (255---
						Z-axis:	0-255	Can arvo (HEX) toinen suunta kasvava (1+++ toinen laskeva (255---
WK-conf Settings	>>		CAN speed	50,80,100,125,200,2				
			Language	50,500 tai 1000 kbs	CAN yhteyden nopeus (250kbs tehdasasetus)			
			Menu lines	English tai Eesti	Käyttölaitteen kieli			
			Unknown val	4,5 tai 6	Näytön rivit			
			Software ver:	--- tai ?				
			Software ver:	xxxx>>	Ohjelman versio	Software ver:	xxxx	Ohjelman versio
						MMDDYYYY hr.min.sec		Ohjelman päivämäärä

6.6 Työn viimeistely

Työn valmistuessa tehtiin Excel-tiedostoon visuaalisia viimeistelyjä ja tietojen oikeellisuuden tarkastusta, tämä vaihe oli ehkä helpoin kaikista. Visuaalisuuden viimeistelyllä pyrittiin tekemään dokumentista mahdollisimman helposti luettavan ja miellyttävämmän näköisen lisäämällä riveihin hieman kontrastia, joka helpottaa pitkien vaakasuorien rivien lukemista.

Dokumentti ei kuitenkaan ole täysin valmis, mutta hyvä lähtökohta. Dokumenttiin voidaan ajan saatossa helposti lisätä tietoa uusien vikojen ilmentyessä.

7 Yhteenveto

Työn tekeminen oli aika lailla virtaviivaista ja rutiininomaista, tietoa kerättiin pikkuhiljaa oman osaamisen lisäksi verkkolähteistä, kirjoista ja työntekijöitä haastatteleamalla. Työn ulkoasun ja muodon valitsemiseen sain vapaat kädet. Toimeksiantoyrityksen ohjaajalle esiteltiin materiaalia tarpeen mukaan kommentoitavaksi saadakseen mahdollisimman

järkevän, helposti luettavan ja heille hyödyllisen työn tuloksen. Tekemistä helpotti lisäksi oma työperäinen ja harrastuspohjainen kokemukseni erilaisista ohjausjärjestelmistä.

Alkuperäinen ideani oli tehdä puumallinen vianselvitysmanuaali, jota seuraamalla voisi helposti ohjeistaa esimerkiksi loppuasiakasta puhelimen välityksellä helpoilla menetelmillä. Mutta työn edetessä selvisi jo varhaisessa vaiheessa, että kyseisen puumallisen manuaalin tekeminen saattaisi helposti mennä vaikealukaiseksi. Täten päädyin toimeksiantajan ehdotuksesta käyttämään Excel-tiedostoa, johon oli alustavasti kerätty erilaisia vikatilanteita ja niihin ratkaisuja. Tiedostoon lisättiin myös apukuvia, jotka helpottavat liitinten paikoittamista ja niiden kytkentöjä. Vianselvitysmanuaalia tehdessä selvisi myös muutamia dokumentaation puutteita, kuten johtosarjojen kytkentäkaavioita. Jonka perusteella kyseinen johtosarja mitattiin ja siitä tehtiin taulukkomuotoinen kytkentäkaavio, jota voidaan käyttää apuna vianselvityksessä.

Työn tekeminen oli mielekästä ja sitä tehdessä sain kerrattua aikaisempaa osaamistani ja samalla hieman päivitystä alan kehityksestä. Erityisesti viime aikoina yleistyneiden CAN-ohjauksien hyödyt ja mahdollisuudet kiinnostivat itseäni. CAN-väylät ovat olleet pitkään käytössä ajoneuvoteollisuudessa, ja niiden käyttö on lisääntynyt myös työkoneissa. Väyläohjauksen avulla saadaan useampi ohjainlaite kytkettyä samanaikaisesti koneeseen muutamalla johdolla, joka avaa uusia mahdollisuuksia laitteiden ohjaukseen. Ohjainlaitteet keskustelevat toisiensa kanssa välittäen tärkeitä anturitietoja ja parametrejä, joita hyödyntämällä voidaan esimerkiksi automatisoida toimintoja entistä enemmän.

Valmiin työn tuloksena syntyi siis Excel-tiedosto, johon on lisätty muutama välilehti erottamaan erityyppiset ohjaukset. Välilehtiin on koottu samankaltaiset venttiilit ja niiden ohjaustyyppit helpottamaan navigointia. Todettakoon vielä, että dokumenttiin on pyritty keräämään yleisimmät viat, joita on havaittu sekä myös mahdollisia vikatilanteita, joita saattaa ilmentyä. Tiedoston rakenne pyrittiin pitämään modulaarisena, jotta siihen olisi mahdollista lisätä tietoa ja menetelmiä tulevaisuudessa.

Lähteet

CAN-in-Automation. (n.d.). *CANopen - The standardized embedded network*. Haettu 11. Helmikuu 2023 osoitteesta CANopen - The standardized embedded network: <https://www.can-cia.org/canopen/>

Chapple, P. (2015). *Principles of Hydraulic Systems Design Second Edition*. New York: Momentum Press, LLC. doi:10.5643/9781606504536

Corrigan, S. (Toukokuu 2016). *Introduction to the Controller Area Network (CAN)*. Dallas: Texas Instruments. Texas Instruments: <http://tiny.cc/72x5vz>

Heath, J. (4. Huhtikuu 2017). *PWM: Pulse Width Modulation: What is it and how does it work?* PWM: Pulse Width Modulation: What is it and how does it work?: <https://www.analogictips.com/pulse-width-modulation-pwm/>

Instrumentation tools (n.d.). *What is a Electric Solenoid Actuator ?*. Haettu 4. Maaliskuu 2023 osoitteesta What is a Electric Solenoid Actuator ? : https://instrumentationtools.com/electric-solenoid-actuator/#google_vignette

Kvaser. (n.d.). *The CAN Bus Protocol Tutorial*. Haettu 28. Tammikuu 2023 osoitteesta The CAN Bus Protocol Tutorial: <https://www.kvaser.com/can-protocol-tutorial/>

National Instruments Corp. (23. Helmikuu 2023). *CAN Physical Layer and Termination Guide*. CAN Physical Layer and Termination Guide: <http://tiny.cc/c2x5vz>

Orion BMS. (n.d.). *Diagnosing CANBUS Communication problems*. Haettu 5. Maaliskuu 2023 osoitteesta Diagnosing CANBUS Communication problems: <https://www.orionbms.com/general/diagnosing-canbus-communication-problems/>

Parr, A. (2011). *Hydraulics and Pneumatics a technician's and engineer's guide*. Butterworth-Heinemann.

Raj, A. (19. Syyskuu 2018). *What is PWM: Pulse Width Modulation*. What is PWM: Pulse Width Modulation: <http://tiny.cc/x3x5vz>

Smith, G. M. (19. Helmikuu 2021). *What Is CAN Bus (Controller Area Network) and How It Compares to Other Vehicle Bus Networks*. What Is CAN Bus (Controller Area Network) and How It Compares to Other Vehicle Bus Networks: <https://dewesoft.com/daq/what-is-can-bus>

Subke, P. (2020). *Diagnostic Communication with Road-Vehicles and Non-Road Mobile Machinery*. SAE International.

Tameson B.V. (n.d.). *Proportional Solenoid Valve - How They work*. Haettu 4. Maaliskuu 2023 osoitteesta: <https://tameson.com/pages/proportional-solenoid-control-valve>

Technology, P. (n.d.). *CAN and CAN FD bus decoding*. Haettu 29. Tammikuu 2023 osoitteesta CAN and CAN FD bus decoding: <http://tiny.cc/z3x5vz>

Voss, W. (2008). *A Comprehensive Guide to J1939*. Copperhill Technologies Corporation.

Liite 4: Wireloom

	Virta	Tarkaste	Toimenpiteet	Korjaus/Vaihto	Virta	Mittausohje	Liite 1	Liite 2	Liite 3	
Virta	Työsin mykkiä	Virtasaanti / napaisuus	Mittaa maadoitus ja virtajohto HUOM! Sulakeasti! — Littimen napaisuus oikea? 30 + + 31 = GND Mittaa Jännite		Maadoitusjohdosta mitaten tulisi vastuksen olla mahdollisimman matala Ohjainlaitteen Jännite tulisi olla 12V paikalla, Näyttöä asettaa lineaarista jos jännite alhainen. 12V järjestelmässä mittorin käydessä "14.4V 24V Järjestelmässä mittorin käydessä "28.8V"		Virtasäätöliitin	Ohjainlaitteen liitin	Väliin	
	Molemmat kahvat mykkiä	Tarkaste ohjainlaitteen virtasaanti / CAN kommunikatio	Mittaa maadoitus ja virtajohto HUOM! Sulakeasti! — Littimen napaisuus oikea? 30 + + 31 = GND	Tarkaste johtosarja / ohjainlaite / ohjainlaitteen CAN kommunikatio			Virtasäätöliitin	Ohjainlaitteen liitin	Väliin	
Vikatila	Sininen ja keltaisen valo vilkkuu	Onko ohjainlaite keskeytyksessä käynnistyksessä	Mittaa vasemman kahvan analogisten signaalien jännite leposäätössä (2,5VDC ±0,2V)				Kahvan liitin	Kahva		
	Punainen ja vihreä valo vilkkuu		Mittaa oikean kahvan analogisten signaalien jännite leposäätössä (2,5VDC ±0,2V) Käynnistä järjestelmä uudelleen				Kahvan liitin	Kahva		
Sisääntulot	Kylä toiminto mykkiä	Mittaa kyläisen toiminnon käsky signaali	Keskiasemassa 2,5VDC ± 0,2 — MIN 0,5VDC ± 0,2 — MAX 4,5VDC ± 0,2	Jos arvot OK tarkaste johtosarja / ohjainlaite			Kahvan liitin	Kahva		
	Toinen kahvasta mykkiä	Mittaa kahvan jännitteet	IN 5VDC — OUT Keskiasemassa 2,5VDC ± 0,2 — OUT MIN 0,5VDC ± 0,2 — OUT MAX 4,5VDC ± 0,2	Tarkaste johtosarja / ohjainlaite			Kahvan liitin	Kahva		
		Mittaa jännite solenoidille	PWM signaali	Tarkaste johtosarja / ohjainlaite	Voidean mitata yleisimmitarilla mutta antaa keskimääräisen jännitteen lineaarisesti pyynnön mukaan		Venttiiliin			
Säädöt	Kahvalle tulee jännite mutta on mykkiä	Mittaa käsky signaali	Keskiasemassa 2,5VDC ± 0,2 — MIN 0,5VDC ± 0,2 — MAX 4,5VDC ± 0,2	Jos arvot OK tarkaste johtosarja / ohjainlaite			Kahvan liitin	Kahva		
	Liike hidas	Tarkaste kyläisen toiminnon säädöt	Tarkaste Max virta	Säädö toiminnon Max virtaa korkeammaksi	Säädö arvo vähin kerrallaan väliä kokeillen jokainen pykäliä vastaa 10mA esim. 110p = 1100mA		MAX virran säätö vanha	WK 18 ohjelmointityttö (VANHA)	WK 18 ohjelmointityttö (UUSI)	
	Liike liian nopea	Tarkaste kyläisen toiminnon säädöt	Tarkaste Max virta	Säädö toiminnon Max virtaa matalammaksi	Säädö arvo vähin kerrallaan väliä kokeillen jokainen pykäliä vastaa 10mA esim. 110p = 1100mA		MAX virran säätö vanha	WK 18 ohjelmointityttö (VANHA)	WK 18 ohjelmointityttö (UUSI)	
	Kahvan säätöalue tyhjä alue	Tarkaste kyläisen toiminnon säädöt	Tarkaste Max virta	Säädö toiminnon Max virtaa matalammaksi	Säädö arvo vähin kerrallaan väliä kokeillen jokainen pykäliä vastaa 10mA esim. 110p = 1100mA		MAX virran säätö vanha	WK 18 ohjelmointityttö (VANHA)	WK 18 ohjelmointityttö (UUSI)	
	Kahva joutuu liikutamaan laiton ennen kuin nosturi liikkuu	Tarkaste kyläisen toiminnon säädöt	Tarkaste Min virta	Säädö toiminnon Min virtaa korkeammaksi	Säädö arvo vähin kerrallaan väliä kokeillen jokainen pykäliä vastaa 10mA esim. 50p = 500mA		MIN virran säätö vanha	WK 18 ohjelmointityttö (VANHA)	WK 18 ohjelmointityttö (UUSI)	
	Liike vastaa huonosti	Tarkaste kyläisen toiminnon säädöt	Tarkaste Ramp Up	Säädö Ramp Up korkeammaksi	Säädö arvo vähin kerrallaan väliä kokeillen		Ramp UP säätö vanha	WK 18 ohjelmointityttö (VANHA)	WK 18 ohjelmointityttö (UUSI)	
	Liike jää hetkeksi päälle	Tarkaste kyläisen toiminnon säädöt	Tarkaste Ramp Down	Säädö Ramp Down matalammaksi	Säädö arvo vähin kerrallaan väliä kokeillen		Ramp DN säätö vanha	WK 18 ohjelmointityttö (VANHA)	WK 18 ohjelmointityttö (UUSI)	
	Liike nykiä	Tarkaste taajuus	Tarkaste taajuus	Säädö taajuus oikeaksi	EX38/DVS14 = 100Hz HUOM! Muista tallentaa		PWM taajuus säätö vanha	WK 18 ohjelmointityttö (VANHA)	Uudemmassa näytössä ei mahdollisuutta säätöön	
	CAN	Kommunikaatio	Mittaa CAN linjan vastus	Virta suljettuna mittaa CAN H ja CAN L välinen vastus, linjojen päädyissä tulee olla 120ohm terminointi vastukset (vastukset kytkettyinä rinnan joten resultantti on 60ohm mitatessa)	Johtosarja / ohjainlaite Wireloom järjestelmässä on vastukset sisällytetty ohjainlaitteisiin (HUOM!) Ohjelmointityössä on myös vastus, joten tämä kytkettyä saadaan linjan vastusaksi 120Ω = 40 ohm)	Ohjainlaitteita irrottalemalla yksitellen voidaan paikantaa vika seuraavalla mitausvaiheella		CAN liitin	Ohjainlaitteen liitin	Väliin
		Kommunikaatio	Mittaa CAN linjan jännitteet	Mittaa yleisimmitarilla jännite maan ja CAN H sekä CAN L väliin (2,5VDC ± 0,1)	Jos < 2V tarkaste virtasäätö ohjainlaite / johtosarja — jos > 3V tarkaste johtosarja	Mittaa maan ja linjan välinen jännite, antaa indikaation mitä etäliä kuten oikeusku virralleen joutoon tai maahan		CAN liitin	Ohjainlaitteen liitin	Väliin
Kommunikaatio		Tarkaste CAN signaalit oskilloskoopilla (Mikäli mahdollista)	Tarkaste CAN signaalit oskilloskoopilla (peili kuvet toislaan ja jännite ero noin 2VDC dominantissa)				CAN liitin	CAN signaali		
Kommunikaatio		Tarkaste tiedonsiirtonopeus (baud rate)	Tarkaste baud rate		Jokaisen järjestelmään kytketyn laitteen baud rate tulee olla sama (250kba)		WK 18 ohjelmointityttö (UUSI)			
Kommunikaatio	Tarkaste maadoitus	Mittaa		Mittaa ohjainlaitteen maadoituksen välinen vastus, tulee olla lähellä 0 ohm		Wireloom WCS8 kytkennät				

Liite 5: WK 18 ohjelmointinäyttö (UUSI)

WK 18 ohjelmointinäyttö (UUSI)

Päävalikko	Arvo	Selite	Alavalikko 1	Arvo	Selite	Alavalikko 2	Arvo	Selite
WK 18 Operator	1,2 tai 3	Vaittu käyttäjä						
OP 1 Settings	>>		Slew 1A	>>				
OP 2 Settings	>>		Slew 1B	>>				
OP 3 Settings	>>		Jib 3A	>>				
			Jib 3B	>>				
			Telescope 5B	>>				
			Telescope 5A	>>				
			Rotator 6A	>>				
			Rotator 4B	>>				
			Lift UP 2A	>>				
			Lift DN 2B	>>				
			Grapple CLOSE 6B	>>				
			Grapple OPEN 6A	>>				
			Left Leg DOWN 7B	>>				
			Left Leg UP 7A	>>				
			Right Leg UP 8A	>>				
			Right Leg DOWN 8B	>>				
			Ext. 9A	>>				
			Ext. 9B	>>				
						1. Min	xxxx p	Alkuvahti (lähisopeus) 10mA/sekai
						2. Max	xxxx p	Maksimiwahti (maksisopeus) 10mA/sekai
						3. Ramp UP	xxxx ms	Alkuvieraus
						4. Ramp DN	xxxx ms	Pysäytysaika
WK18 info	>>		Operator Nbr:	1,2 tai 3	Vaittu käyttäjä			
			Hourmeter:	xxxx	Käyttöaika			
			Relay:	0 tai 1	Työvalo 0 = OFF - 1 = ON SININEN NAPPI			
			Support Legs:	0 tai 1	Tukijalat 0 = OFF - 1 = ON PUNAISEN NAPPI			
WK-can info	>>		Operator nbr:	1,2 tai 3	Vaittu käyttäjä			
			Light button:	0 tai 1	Sininen nappi			
			Support Legs:	0 tai 1	Punainen nappi			
			Left Joystick:	>>				
			Right Joystick:	>>				
						X-axi:	0-255	Can arvo (HEX) toinen suunta kaava (1+*) toinen laskeva (255-*)
						Y-axi:	0-255	Can arvo (HEX) toinen suunta kaava (1+*) toinen laskeva (255-*)
						Z-axi:	0-255	Can arvo (HEX) toinen suunta kaava (1+*) toinen laskeva (255-*)
WK-conf Settings	>>		50,80,100,120,200,250,5		CAN yhteyden nopeus (250kba tehdasasetus)			
			00 tai 1000 lbs		CAN yhteyden nopeus (250kba tehdasasetus)			
			English tai Eesti		Käyttökielien kieli			
			4,5 tai 6		Näytön rivi			
			— tai 7					
			Software ver.	x.xx >>	Ohjelman versio	Software ver.	x.xx	Ohjelman versio
						MM DD YYYY	xxxxxx	Ohjelman päivämäärä

Liite 6: WK 18 ohjelmointinäyttö (VANHA)

WK 18 ohjelmointinäyttö (VANHA)

Päävalikko	Arvo	Selite	Alavalikko 1	Arvo	Selite
Generali	>	****Generi****			
		PWM Hz:	xxx Hz		Käytettävä taajuus
		Language:	English tai Suomi		Käyttöliittymän kieli
		SAVE			TALLENNUS
Info	>	****Info****			
		Hourmeter:	x.xx h		Käyttötunnit
		SW:	xx.xx		Ohjelman versio
		Voltage:	xx.xx		Jännite
Slew 1A	>				
Slew 1B	>				
Jib down 3A	>				
Jib up 3B	>				
Telescope in 5B	>				
Telescope out 3A	>				
Rotator left 4A	>				
Rotator right 4B	>				
Lift up 2A	>				
Lift down 2B	>				
Grapple close 6B	>				
Grapple open 6A	>				
L.Leg down 7B	>				
L.Leg up 7A	>				
R.Leg up 8A	>				
R.Leg down 8B	>				
Extra 9A	>				
Extra 9B	>				
		[function xx]	0: x 1,2 tai 3		Valittu käyttäjä
		Min:	xxx p		Minimivirta [jokainen pykälä vastaa 10mA]
		Max:	xxx p		Maksimivirta [jokainen pykälä vastaa 10mA]
		Ramp UP:	xxx p		Liikkeellelähtöön ramppi
		Ramp DN:	xxx p		Pysäytys ramppi
		SAVE			TALLENNUS
		Exit			
****END****					

Liite 7: Wireloom WK18 kytkennät

Virransyöttö

Johtosarjassa 15A suojake



15/30- (+)
31- GND (-)
32- N/C

CAN liittimet

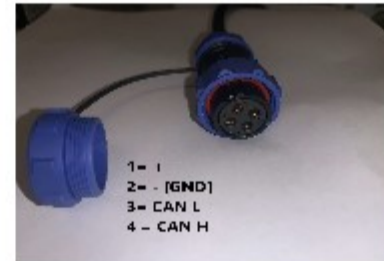
3kpl AMP SUPERSEAL 4PIN



1 - A
2 - CAN H
3 - CAN L
4 - GND

Johtosarjojen väliiitin

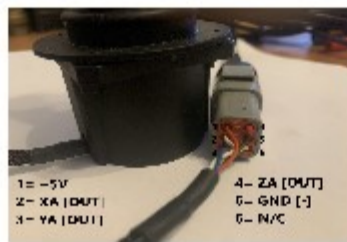
3kpl WDFU SP21 4PIN



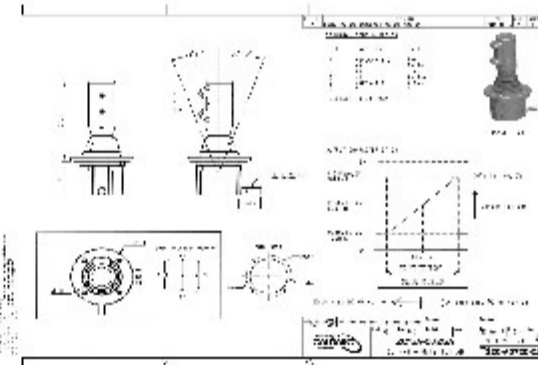
1 - I
2 - - [GND]
3 - CAN L
4 - CAN H

Ohjaukkaivojen liittimet

3kpl DEUTSCH DTMD4-6P

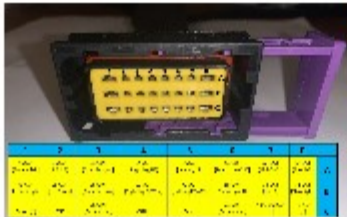


1 - -5V
2 - XA [OUT]
3 - YA [OUT]
4 - ZA [OUT]
5 - GND [-]
6 - N/C



Ohjainlaitteen liitin

3kpl 24PIN



1	2	3	4	5	6	7	8	
4A OUT [Rotator left]	2A OUT [LR UP]	6A OUT [Grapple open]	8A OUT [Right leg UP]	7A OUT [Left leg UP]	5A OUT [Telescope OUT]	3A OUT [Jib DOWN]	1A OUT [Slew left]	A
4B OUT [Rotator right]	2B OUT [LR Down]	6B OUT [Grapple close]	8B OUT [Right leg DOWN]	7B OUT [Left leg DOWN]	5B OUT [Telescope IN]	3B OUT [Jib UP]	1B OUT [Slew right]	B
Power IN [+]	GND	3C OUT [Extra output]	CAN H	CAN L	3C OUT [Extra output]	Worklight OUT [+]	Power IN [-]	C

Venttiili liittimet

18 kpl AMP JR 2PIN

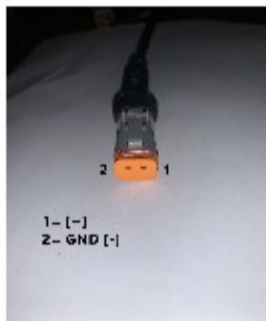


1 - 11VDC [-]
2 - GND [-]

Toiminto	1	2
1A Slew left	A8	C2
1B Slew right	B8	C2
2A LR UP	A2	C2
2B LR DOWN	B2	C2
3A Jib DOWN	A7	C2
3B Jib UP	B7	C2
4A Rotator left	A1	C2
4B Rotator right	B1	C2
5A Telescope OUT	A6	C2
5B Telescope IN	B6	C2
6A Grapple OPEN	A3	C2
6B Grapple CLOSE	B3	C2
7A Left leg UP	A5	C2
7B Left leg DOWN	B5	C2
8A Right leg UP	A4	C2
8B Right leg DOWN	B4	C2
9A Extra output	C6	C2
9B Extra output	C3	C2

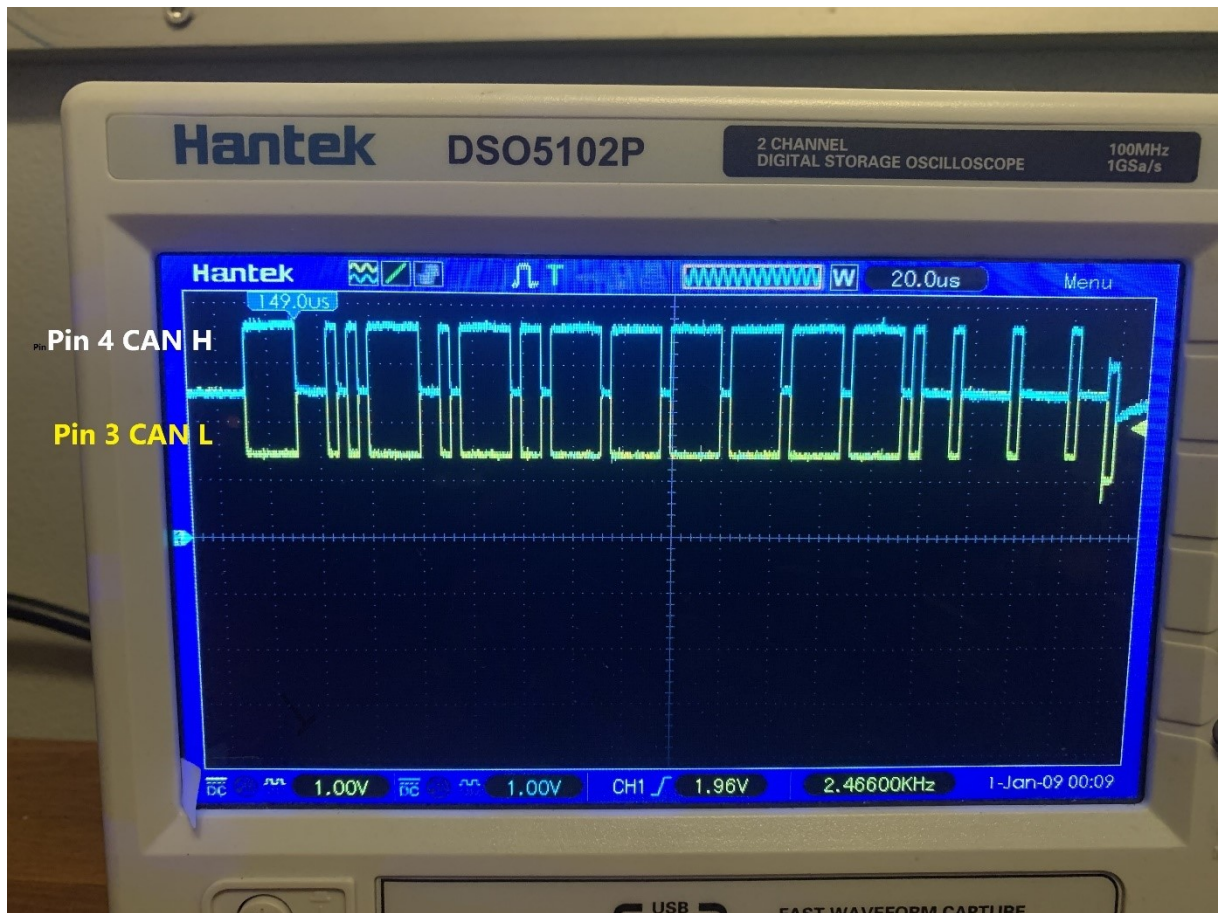
Työvaloliitin

3kpl DEUTSCH DT06-2S



1 - [-]
2 - GND [-]

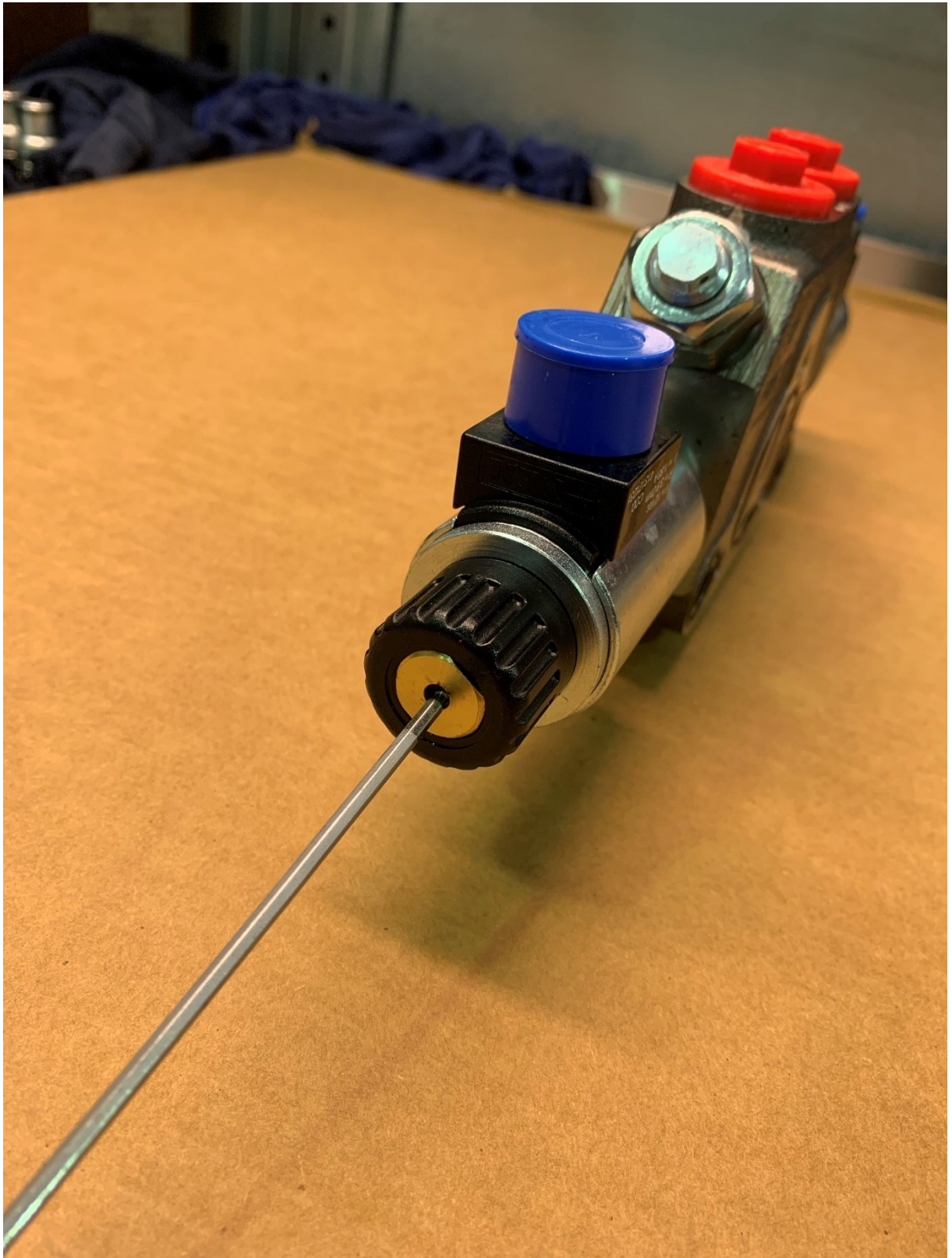
Liite 8: Apukuvat



Liite 8: Apukuvat



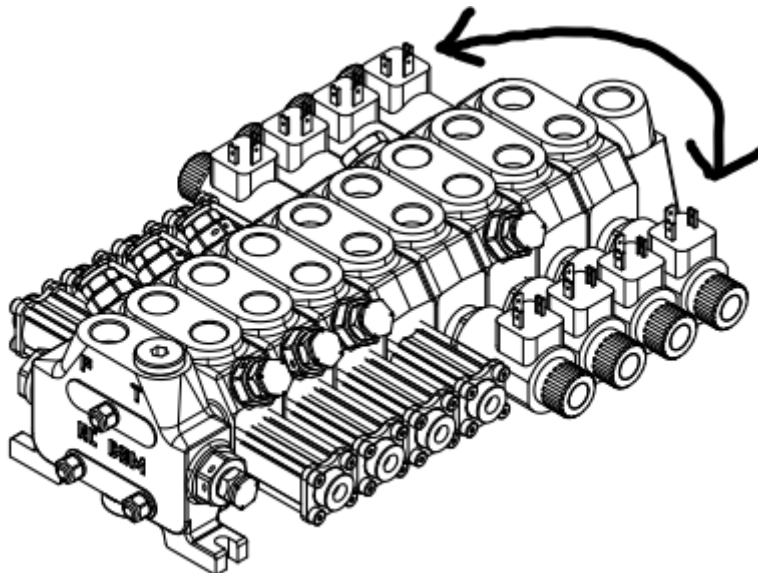
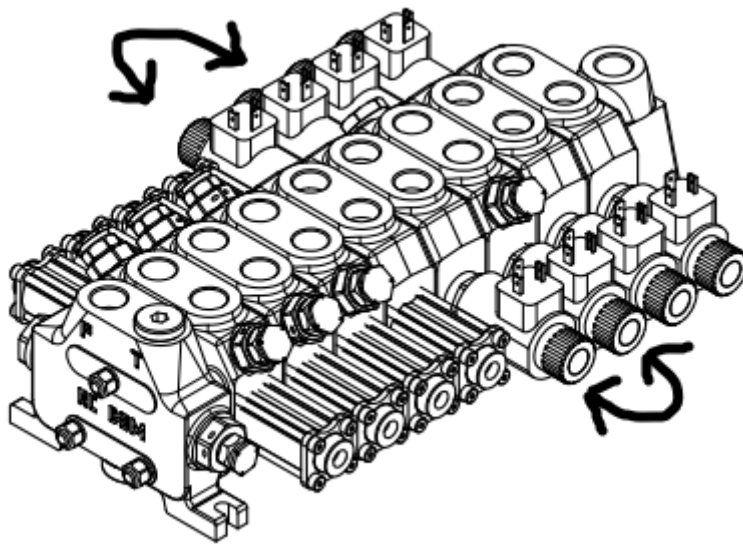
Liite 8: Apukuvat



Liite 8: Apukuvat



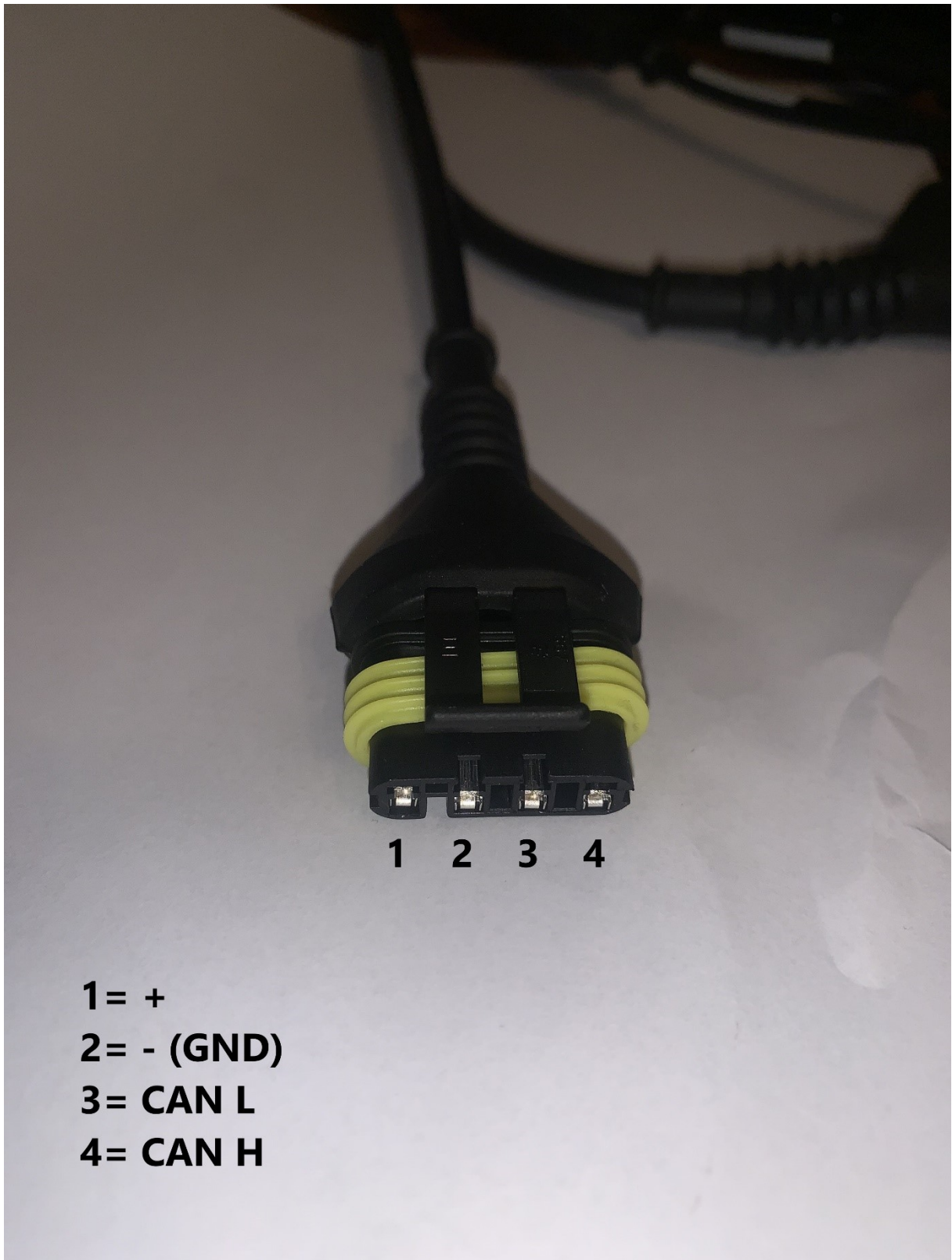
Liite 8: Apukuvat



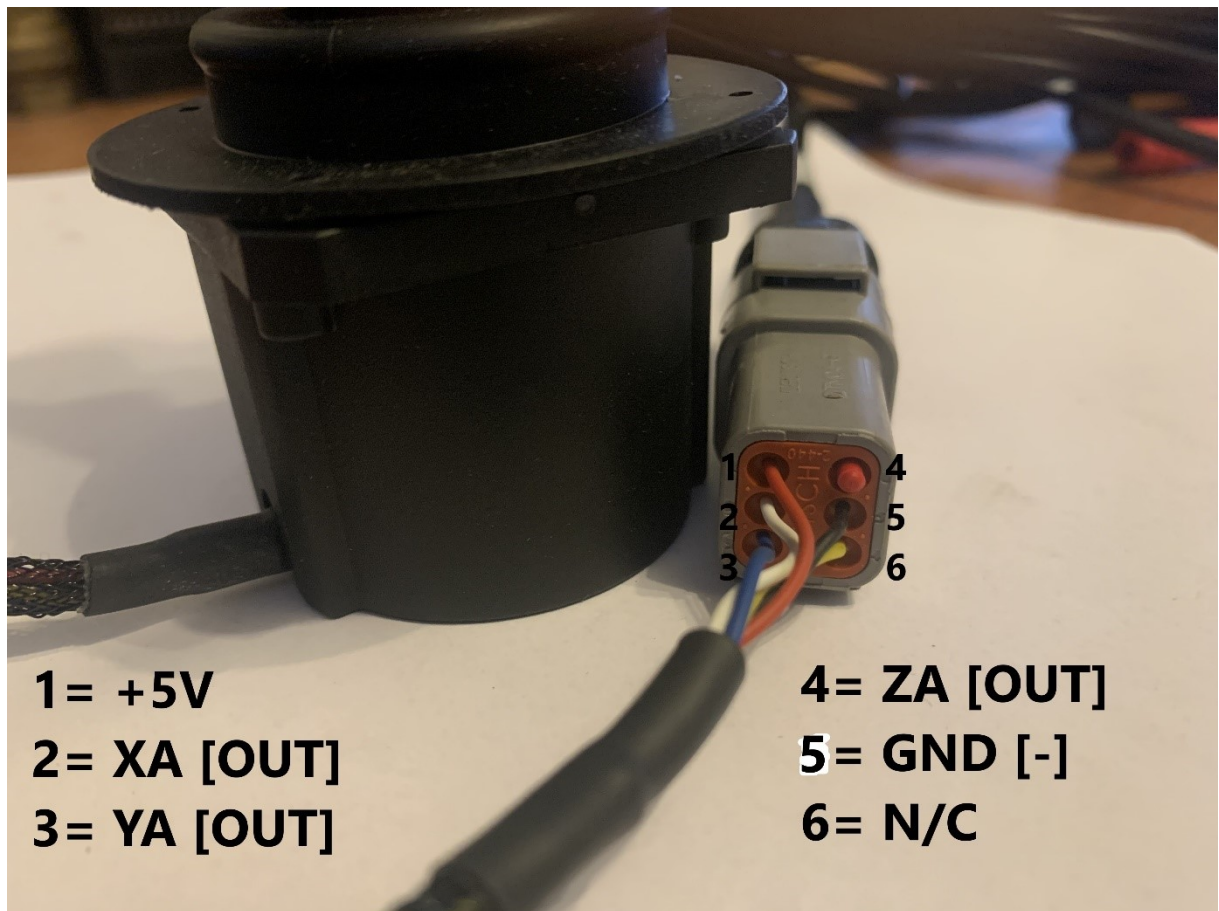
Liite 8: Apukuvat



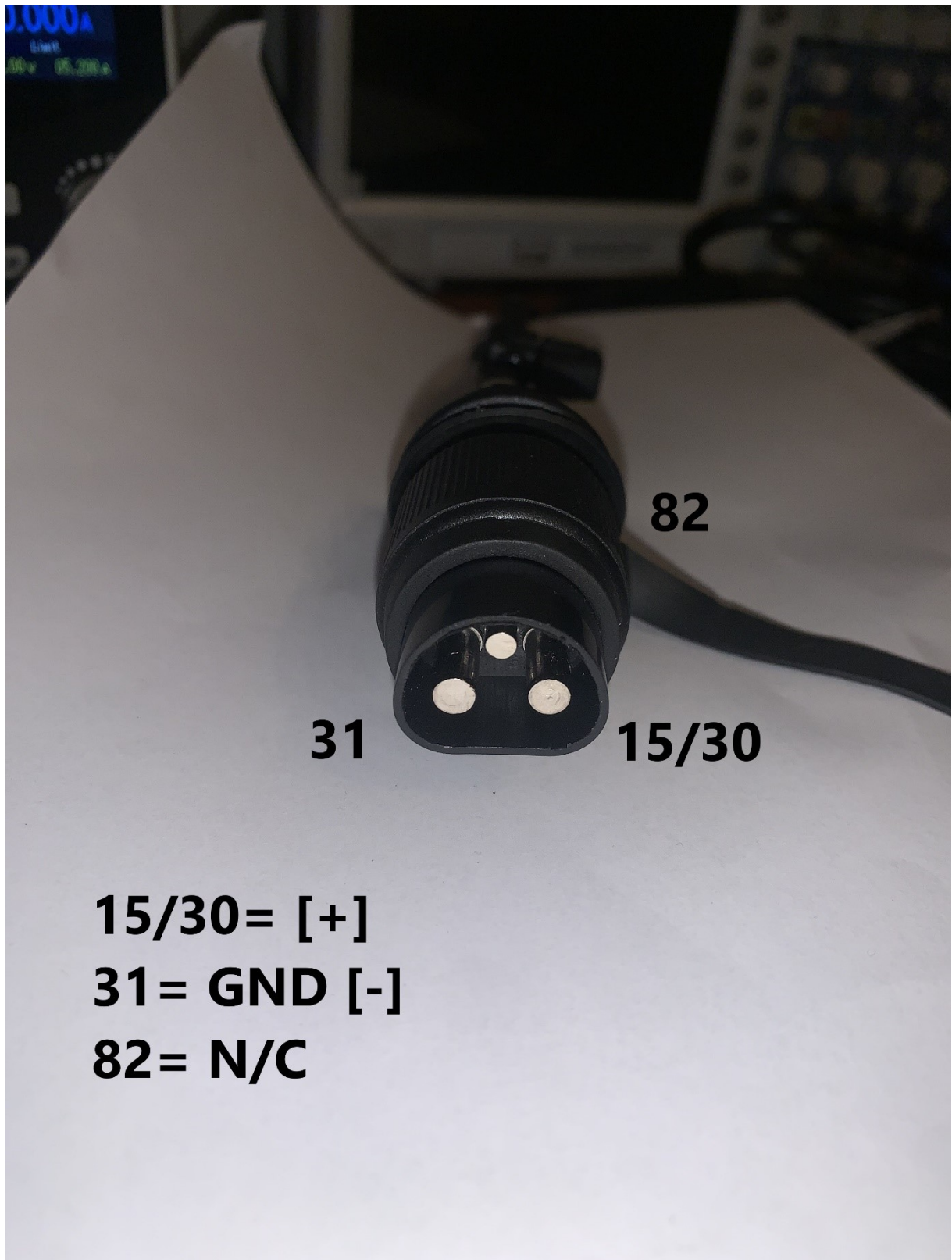
Liite 8: Apukuvat



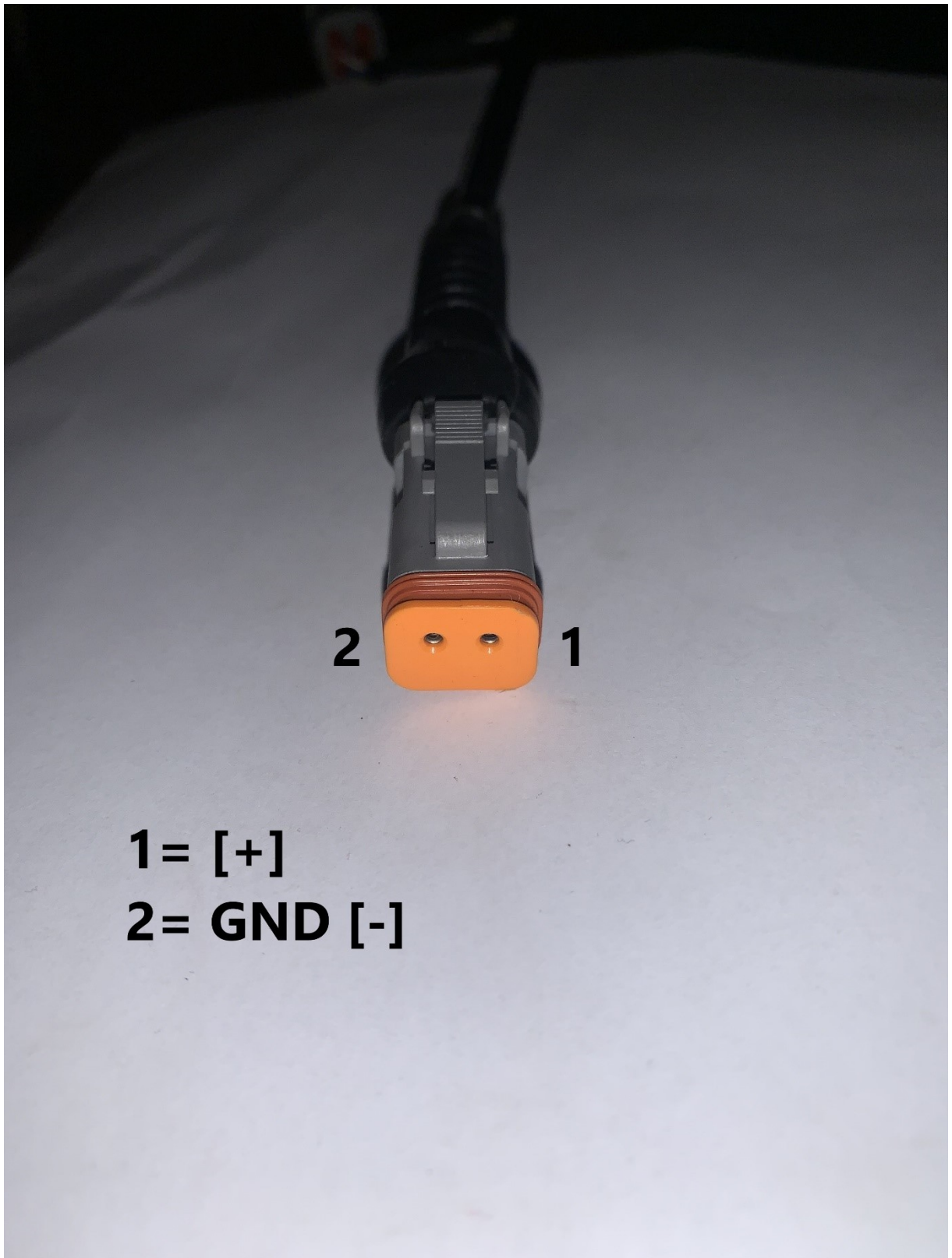
Liite 8: Apukuvat



Liite 8: Apukuvat



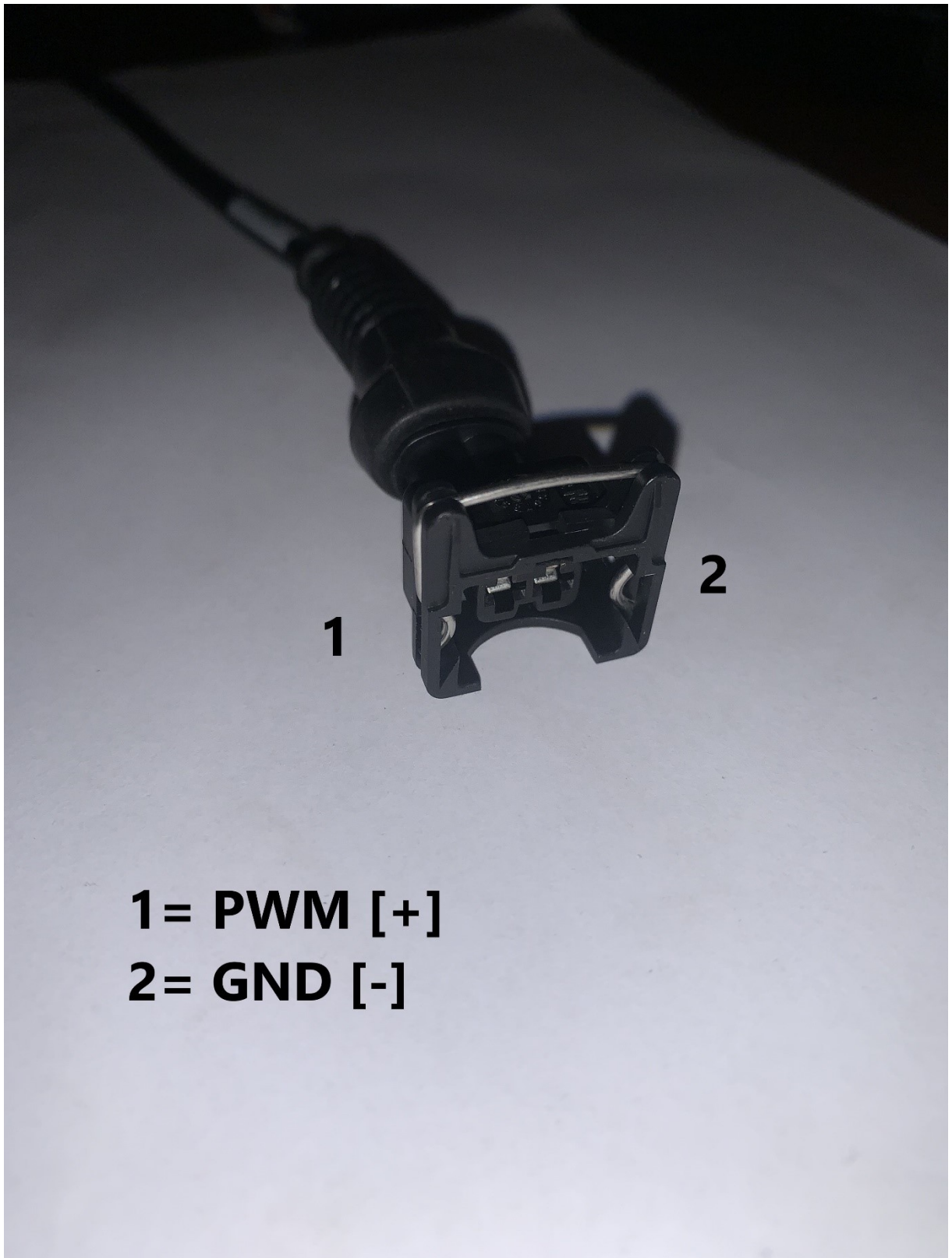
Liite 8: Apukuvat



Liite 8: Apukuvat



Liite 8: Apukuvat



1 = PWM [+]
2 = GND [-]

Liite 8: Apukuvat



Liite 8: Apukuvat



Liite 8: Apukuvat



Liite 8: Apukuvat



Liite 8: Apukuvat



Liite 8: Apukuvat

