

Miikka Laukkanen

## **Ympäristöolosuhdetestauksen automatisointi**

Rajoittuen lämpötilan vaihtelun vaikutuksiin ohjausyksiköiden rakenteissa

Opinnäytetyö

Syksy 2019

SeAMK Tekniikka

Automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

## Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Tutkinto-ohjelma: Automaatiotekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Sähköautomaatio

Tekijä: Miikka Laukkanen

Työn nimi: Ympäristöolosuhdetestauksen automatisointi

Ohjaaja: Marko Hietamäki

Vuosi: 2019

Sivumäärä: 39

---

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena ja tavoitteena oli suunnitella ja toteuttaa Epec Oy:lle tuotekehityksessä käytettävä ohjelmallisesti säädettävä sekä monipuolinen testauslaite. Laitetta käytetään ohjausyksiköiden koteloiden lämpötilan vaihtelun kestämissä testaamiseen. Lisäksi tavoitteena oli testaamiseen liittyvien mitattavien arvojen mahdollisimman kattavan seurannan toteuttaminen.

Opinnäytetyössä avataan yleisesti laitteessa käytettävää tekniikkaa, tarkastellaan työn suunnittelu- ja kehitysprosessia sekä käydään läpi ratkaisuja laitteelta vaadittuihin ominaisuuksiin. Työ käsittelee myös logiikan ohjelmointia, väylätekniikkaa sekä teollista internetiä.

Opinnäytetyön tuloksena syntyi testauslaite, joka on ohjelmallisesti säädettävä sekä monipuolinen. Testaamiseen liittyvien mitattavien arvojen seuranta toteutui myös. Testauslaitetta voidaan jatkokehittää ilmenevien tarpeiden mukaisesti.

Avainsanat: testauslaite, etäsuranta, GlobE, CODESYS

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## **Thesis abstract**

Faculty: School of Technology

Degree programme: Automation Engineering

Specialisation: Electric Automation

Author: Miikka Laukkanen

Title of thesis: Automation of Environmental Condition Testing

Supervisor: Marko Hietamäki

Year: 2019

Number of pages: 39

---

The aim of the thesis was to design and implement a software adjustable and versatile testing robot for the product development of Epec Oy. The robot is used for testing how the casing of the control units withstand temperature changes. In addition, the aim was also to carry out the widest possible monitoring of the measurable values associated with testing.

The thesis studied the technology used in the robot, examined the process of planning and developing the robot and introduced the solutions to the features required from the device. The work also focused on logic programming, bus technology and industrial internet.

The result of the thesis is a testing device, which is software adjustable and versatile. The monitoring of the measurable values related to testing was also accomplished. The testing robot can be developed further to meet emerging requirements.

Keywords: testing robot, monitoring, GlobE, CODESYS

## SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	1
Thesis abstract.....	2
SISÄLTÖ.....	3
Kuvaluettelo .....	5
Käytetyt termit ja lyhenteet .....	6
<b>1 JOHDANTO .....</b>	<b>8</b>
1.1 Työn tausta .....	8
1.2 Tavoitteet .....	8
1.3 Työn rakenne .....	9
1.4 Epec Oy .....	9
<b>2 KÄYTETYT OHJELMAT JA TYÖKALUT.....</b>	<b>10</b>
2.1 CAN-väylä.....	10
2.1.1 Toimintaperiaate .....	10
2.1.2 CANopen .....	11
2.1.3 SAE J1939 .....	11
2.2 CODESYS .....	12
2.2.1 Datatyypit.....	12
2.2.2 Ohjelmointikielet.....	13
2.3 MultiTool .....	14
2.4 CANmoon .....	15
2.5 GlobE .....	16
<b>3 KÄYTÄNNÖN TOTEUTUS.....</b>	<b>18</b>
3.1 Toteutuksen suunnittelu .....	18
3.1.1 Testaamisen tavoitteet.....	18
3.1.2 Testattavat kappaleet.....	19
3.2 Laite fyysisesti.....	21
3.2.1 Virtalähde.....	24
3.2.2 Moottorit.....	25
3.2.3 Näyttö.....	26
3.2.4 Ohjausyksikkö.....	27

3.2.5 Lämpötila-anturit .....	28
3.3 CODESYS-koodi.....	28
3.3.1 CAN-moottoreiden ohjaus.....	29
3.3.2 WLAN.....	31
3.3.3 CSV .....	32
3.3.4 USB .....	33
3.4 GlobE .....	34
4 YHTEENVETO.....	36
LÄHTEET.....	38

## Kuvaluettelo

Kuva 1. CAN-väylän toimintaperiaate (Zhu 2010, 14.).....	10
Kuva 2. Kaikki työssä käytetyt CAN-yksiköt kuvattuna Multitoolissa.....	15
Kuva 3. CANmoon-ohjelman perusnäkyä .....	16
Kuva 4. Epec Globe -alustan rakenne (Epec 16.12.2019).....	17
Kuva 5. Etäyhteisyksikkö 6200 (Epec [Viitattu 10.12.2019].) .....	20
Kuva 6. Ohjausyksikkö 5050 (Epec 1.7.2015.) .....	20
Kuva 7. Laite koottuna ja kytkettynä .....	21
Kuva 8. Liikkeen toteutus .....	22
Kuva 9. Kuuma- ja kylmävesisammiot .....	23
Kuva 10. Sähkökuva, jonka mukaan kytkennät tehtiin .....	24
Kuva 11. CAN-ohjattava moottori Linak LA36 (Linak [Viitattu 10.12.2019].) .....	25
Kuva 12. Epecin näyttöyksikkö 6107 (Epec [Viitattu 12.12.2019].) .....	27
Kuva 13. Epecin ohjausyksikkö 3610 (Epec [Viitattu 13.12.2019].) .....	28
Kuva 14. Moottorien ohjausta varten luotu toimintolohko.....	29
Kuva 15. Langattomaan verkkoon yhdistämiseen käytetyt toimilohkot .....	31
Kuva 16. Ohjelman kirjoittama CSV-tiedosto Excelissä avattuna .....	32
Kuva 17. Ulkoisen muistin alustamiseen käytetyt toimilohkot .....	33
Kuva 18. GlobE-käyttöliittymä .....	35

## Käytetyt termit ja lyhenteet

<b>CAN</b>	CAN eli Controller Area Network on automaatiioväylä.
<b>CANopen</b>	CAN-väylällä käytettävä ylemmän tason kommunikointiprotokolla.
<b>CANmoon</b>	Epec Oy:n kehittämä työkalu, jolla tarkkaillaan CAN-väylän viestiliikennettä.
<b>CODESYS</b>	Epec Oy:n käyttämä ohjelmointiympäristö.
<b>CSV</b>	CSV eli Comma-Separated Values on tiedostomuoto, jolla tallennetaan tekstitiedostoon yksinkertaista taulukkomuotoista tietoa.
<b>Epec GlobE</b>	Epec Oy:n kehittämä IoT-alusta.
<b>GPS</b>	GPS eli Global Positioning System on maailmanlaajuinen satelliittipaikannusjärjestelmä.
<b>GSM</b>	GSM eli Global System for Mobile Communications on maailmanlaajuinen digitaalinen matkapuhelinjärjestelmä.
<b>IEC 61131-3</b>	Kansainvälinen ohjelmointiympäristöissä käytetty normi.
<b>IoT</b>	IoT eli Internet of Things, esineiden internet, tarkoittaa esineiden liittämistä internetverkkoon.
<b>MultiTool</b>	Epec Oy:n kehittämä konfigurointityökalu, jota käytetään projektipohjan luomiseen.
<b>PWM</b>	PWM eli Pulse-Width Modulation on signaalin modulointitapa, jota käytetään tehonsäädössä.
<b>SAE J1939</b>	CAN-väylällä käytettävä, pääasiassa raskaiden ajoneuvojen tekniikassa käytetty kommunikointiprotokolla.

- SIM** SIM eli Subscriber Identity Module on matkapuhelinliittymissä käytetty yksilöllinen älykortti.
- USB** USB eli Universal Serial Bus on laitteiden liittämiseen käytetty sarjaväyläarkkitehtuuri.
- WLAN** WLAN eli Wireless Local Area Network on paikallinen langaton tietoliikenneverkko.



# 1 JOHDANTO

## 1.1 Työn tausta

Epec Oy valmistaa äärimmäisten olosuhteiden sekä erilaisten sääolojen kestäviä ohjausyksiköitä. Valmistettujen yksiköiden kestävyys todennetaan testaamalla. Tähän saakka ongelmallista on ollut yksikön rakenteen tiiviiden testaaminen radikaalisti muuttuvissa lämpötiloissa. Lämpötilan vaihteluja on helppoa simuloida kastamalla testattavaa kappaletta eri lämpöisiin vesiin, joiden lämpötilat johtuvat kappaleeseen hyvinkin nopeasti.

Tällainen kastamiseen perustuva testaaminen on tähän mennessä toteutettu käsin, minkä on havaittu olevan aivan liian työlästä ja aikaa vievää, sillä se vaatii lukuisia toistoja. Siitä syystä Epec Oy:n tuotekehitysosastolla ilmeni tarve kyseisen testaustavan automatisoinnille.

## 1.2 Tavoitteet

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on suunnitella, rakentaa, ohjelmoida sekä toteuttaa automaattinen testauslaite, joka simuloi muuttuvia ympäristöolosuhteita kastamalla testattavia kappaleita vuoroin kylmään sekä kuumaan veteen.

Laitteen säädettävyyden tulisi olla mahdollisimman monipuolinen ja se tapahtuisi laitteen käyttöliittymän kosketusnäytöstä. Asetettavissa olisi muun muassa ohjelman sekvenssien lukumäärä sekä upotusajat vesiastioihin.

Lisäksi laitteen tulee sisältää seuranta, jolla pystytään seuraamaan koko suoritettavan ohjelman ajalta kylmän sekä kuuman veden lämpötiloja, että tiedetään niiden pysyneen testauksen kriteerien vaatimissa rajoissa.

### 1.3 Työn rakenne

Toinen luku käsittää työn teoriaosuuden, siinä kerrotaan työhön liittyvästä tekniikasta sekä työssä käytetyistä ohjelmista ja työkaluista. Toisessa luvussa pyritään antamaan yleiskuva. Ensimmäisenä käsitellään Epec Oy:ssä käytettävän CAN-väylän toimintaa ja siihen liittyviä sovelluksia. Seuraavana käsitellään työssä käytettyä CODESYS-ohjelmointiympäristöä, ja lopuksi myös Epec Oy:n omia ohjelmatyökaluja sekä IoT-alustaa. Kolmannessa luvussa käydään läpi laitteen suunnittelu sekä toteutus. Luvussa käydään läpi niin laitteen fyysistä puolta kuin ohjelmallisia ratkaisujakin. Lisäksi käsitellään hieman IoT-alustaa. Neljäs luku sisältää yhteenvedon, jossa tarkastellaan työn lopputulosta sekä pohditaan jatkokehitysmahdollisuuksia.

### 1.4 Epec Oy

Epec Oy on Seinäjoella toimiva, vuodesta 2004 Ponsse Oyj:n omistama, liikkuvien koneiden ohjausjärjestelmien kehitykseen ja ratkaisuihin erikoistunut yritys. Sulautettujen ohjausyksiköiden, näyttöjen ja IoT-laitteiden valmistamisen ja kehittämisen lisäksi Epec Oy tarjoaa palveluita muun muassa asiakasprojektien suunnitteluun ja toteutukseen, asiakastukeen, ohjelmistokoulutukseen sekä ohjausjärjestelmien testaukseen. (Epec [Viitattu 30.1.2020].)

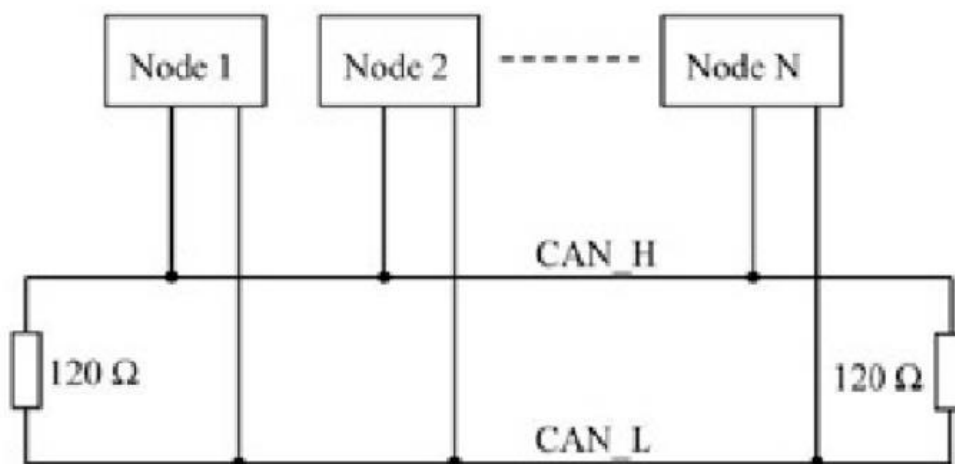
## 2 KÄYTETYT OHJELMAT JA TYÖKALUT

### 2.1 CAN-väylä

CAN-väylä, Controller Area Network, on pääasiassa ajoneuvoissa, koneissa sekä teollisuuslaitteissa käytetty automaatiöväylä, jonka kehitti Bosch vuonna 1983 ajoneuvoteollisuutta varten. Sen etuja ovat toimintavarmuus, yksinkertaisuus sekä korkea häiriöiden sietokyky. (Zhu 2010, 4.)

#### 2.1.1 Toimintaperiaate

Väylän tiedonsiirto tapahtuu 2-napaisella parikaapelilla. Kaapelin johtimista käytetään nimityksiä "high" ja "low", väylälle kytkettyjen moduulien välinen tiedonsiirto perustuu näiden kahden jännite-eroon. Lisäksi väylän päihin kytketään 120 ohmin päätevastukset, joiden tarkoitus on poistaa väylän toimintaa häiritseviä sähköisiä heijastuksia. (Zhu 2010, 12-13.) Tämä on kuvattu kuvassa 1.



Kuva 1. CAN-väylän toimintaperiaate (Zhu 2010, 14.)

CAN-väylässä moduulilta lähtevä viesti on mahdollista vastaanottaa useassa muussa moduulissa. Viestit sisältävät eräänlaisen tunnisteiden, jonka perusteella voidaan määrittää mitkä moduulit vastaanottavat sen, mitkä eivät. Jos useaa viestiä lähetetään samaan aikaan, sanomatunniste määrää myös niiden prioriteetin, missä järjestyksessä viestit lähetetään. (Voss 27.11.2018.)

### **2.1.2 CANopen**

CANopen on vuonna 1995 julkaistu yksi yleisimmistä CAN-väylällä käytettävistä yleisemmän tason protokollista. Voidaan sanoa sen olevan joukko protokollia. CANopen on joustavuutensa ja suosionsa vuoksi yleistynyt monilla sovellusalueilla. (CAN in Automation [11.11.2019].)

Tärkeintä CANopen-protokollassa on 16-bittisistä indekseistä koostuva objektikirjasto, jollainen on jokaisella CANopen-laitteella omansa. Objektikirjastot sisältävät kaiken datan, parametrit ja signaalit, joita laite voi lähettää tai vastaanottaa. CANopen-laitteen ja CAN-väylän välinen kommunikointi tapahtuu aina objektikirjaston kautta. (CAN in Automation [Viitattu 12.11.2019].)

### **2.1.3 SAE J1939**

SAE J1939 -protokolla on standardikokoelma, joka on tehty helpottamaan pääasiassa raskaiden ajoneuvojen ja koneiden CAN-väylän sovellusten käyttöä. Vaikka CAN-väylä riittäisi nopeuteen 1000 kbit/s, käytetään SAE J1939 -sovelluksissa lähes aina nopeutta 250 kbit/s tai 500 kbit/s. Tämä varmistaa väylän toimivuuden. (Kvaser [Viitattu 27.11.2019].)

SAE J1939 -protokollassa on kolme OSI-mallin kerrosta. Fyysinen kerros kuvaa väylän sähköisen rajapinnan. Datayhteyserros kuvaa säännöt viestin

rakentamiseen, väylään pääsemiseen ja lähetysvirheiden havaitsemiseen. Sovelluskerros määrittelee tiedon, joka sisältyy jokaiseen verkon kautta lähetettyyn viestiin. Suurin osa J1939-standardin määrittelemistä viesteistä on tarkoitettu lähetettäväksi. Tämä merkitsee sitä, että dataa siirretään verkossa ilman tiettyä määränpäättä. Tämä sallii minkä tahansa laitteen käyttää tietoja. (HMS [Viitattu 27.11.2019].)

## 2.2 CODESYS

CODESYS (Controller Development System) on saksalainen vuonna 1994 julkaistua IEC 61131-3 -normia käyttävä ohjelmointiympäristö. Sitä käytetään ohjauslaitteiden ohjelmointiin, esimerkkinä sulautetut järjestelmät ja ohjelmoitavat logiikat. (Dajo [Viitattu 29.11.2019].)

Codesys sisältää konfigurointityökalut useille yleisimmille kenttäväylätyypeille, kuten CANopen, PROFINET, PROFIBUS ja EtherCAT. Niiden vuoksi CODESYS-ohjelmointiympäristössä voi suoraan käyttää näitä kenttäväyliä. (CODESYS [Viitattu 29.11.2019].)

### 2.2.1 Datatyypit

Codesys-ohjelmointiympäristössä voi käyttää lukuisia eri datatyyppejä. Muuttujan datatyyppi määrittää sen, kuinka paljon muistia CODESYS varaa sille, ja miten muuttujaa tulkitaan. Seuraavaksi eritellään yleisimpiä datatyyppejä. (Hanssen 2015, 231.)

- **BOOL** eli boolean on tavun mittainen datatyyppi, jolla on vain kaksi mahdollista arvoa, tosi tai epätosi.
- **INT** eli integer-datatyyppi on kahden tavun mittainen etumerkillinen numeerinen arvo.

- **DINT** eli integer-datatyyppe on neljän tavun mittainen etumerkillinen numeerinen arvo.
- **WORD** on kahden tavun mittainen etumerkitön numeerinen arvo.
- **DWORD** on neljän tavun mittainen etumerkitön numeerinen arvo.
- **STRING** on kirjaimellinen tavun mittainen datatyyppe. (Hanssen 2015, 232,239.)

### 2.2.2 Ohjelmointikielet

Kaikki IEC 61131-3 normin viisi ohjelmointikieltä sisältyvät Codesys kehitysympäristöön. Niihin kuuluvat seuraavat:

**IL** (Instruction List) eli käskylista on tekstimuotoinen ohjelmointikieli, joka koostuu sarjasta käskyjä. Jokainen komento alkaa uudelta riviltä ja sisältää yhden käskyn. Jokaisen rivin loppuun voi sijoittaa kommentin helpottamaan koodin lukemista. (CODESYS 28.10.2010.)

**ST** (Structured Text) eli rakenteinen teksti on tekstimuotoinen korkeatasoinen ohjelmointikieli, jolla onnistuu monimutkaisienkin algoritmien toteutus. Se on monimuotoisuudeltaan verrattavissa muihin korkeatasoisiin ohjelmointikieliin, kuten C tai Python. Tämä ohjelmointikieli sisältää komentoja ja sitä luetaan rivi riviltä ylhäältä alas joka ohjelmakerrolla. (Hanssen 2015, 394-396.)

**LD** (Ladder Diagram) eli relekaavio on graafinen ohjelmointikieli, jonka toiminta perustuu sähköpiirikaavioon. Relekaavio koostuu sarjasta rivejä. Rivissä kulkee vasemmalta oikealle linja, joka sisältää muun muassa piirikaavion koskettimia, keloja ja kytkentäjohtoja. Linjoja voi vasemmalta lähteä useita, mutta oikealla ne päättyvät aina yhteen. Tämä ohjelmointikieli on ideaali yksinkertaiseen ohjaukseen, mutta kovin monimutkaisia kytkentöjä sillä ei kannata yrittää toteuttaa. (Hanssen 2015, 317-318.)

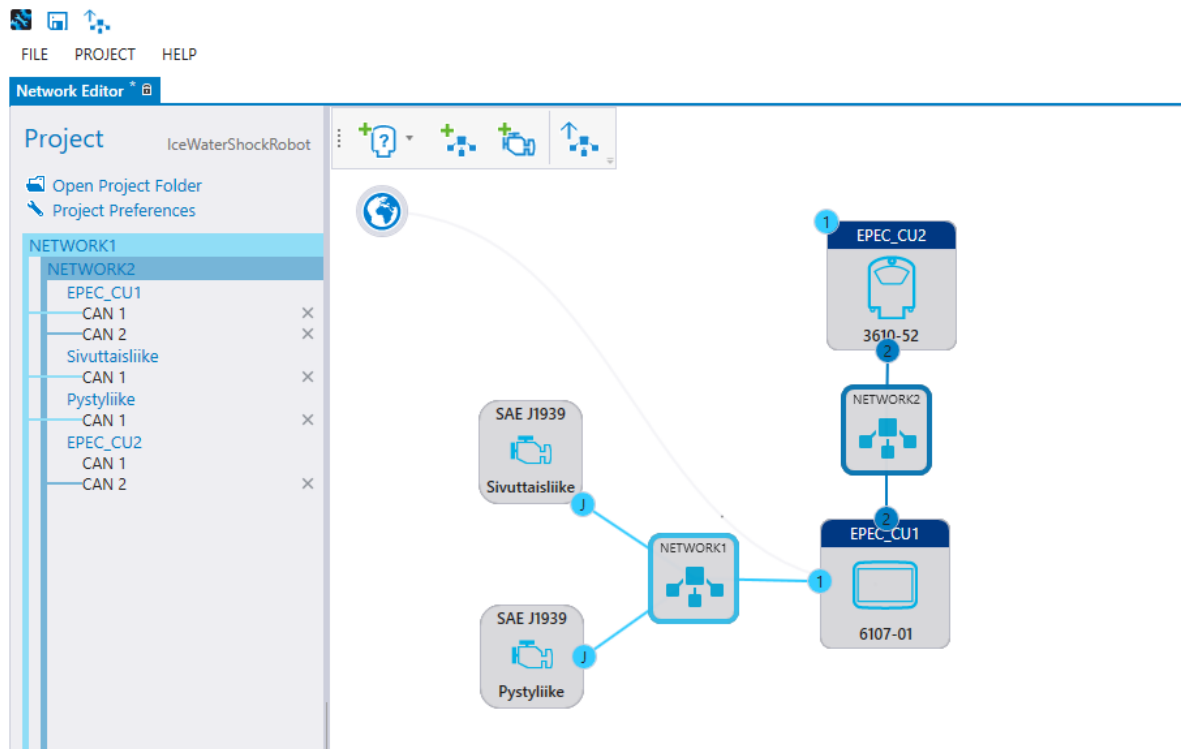
**FBD** (Function Block Diagram) eli toimilohkokaavio on graafinen ohjelmointikieli, joka muodostuu visuaalisia toimilohkoja sisältävistä riveistä. Toimilohkoissa näkyy vasemmalla puolella tulot ja oikealla lähdöt. Yhdellä rivillä voi olla useita toimilohkoja, joita voi yhdistellä toisen lähdöistä toisen tuloihin viivojen avulla. Tämä ohjelmointikieli on visuaalisuutensa vuoksi helppolukuinen, muttei sovellu kovin monimutkaisiin komentoihin. (Hanssen 2015, 372-373.)

**SFC** (Sequential Function Chart) eli vuokaavio on graafinen ohjelmointikieli, jossa ohjelma etenee viivaa pitkin ylhäältä alas ohjelmalohkosta seuraavaan. Komentoja toteuttavien ohjelmalohkojen väliin voidaan sijoittaa ehtoja, joiden täytyminen antaa ohjelman jatkua. Tätä ohjelmointikieltä käytetään usein prosessien kuvaamisessa, sillä ohjelmakierron kronologisen järjestyksen seuraaminen siitä on hyvin selkeää. (Hanssen 2015, 426-427.)

### **2.3 MultiTool**

MultiTool on Epec Oy:n kehittämä konfigurointityökalu, jota käytetään mm. koodipohjan, IO-rajapinnan, CAN-viestien, ohjausyksiköiden diagnostiikan sekä IoT-viestien määrittelemiseen järjestelmään. Tämä työkalu nopeuttaa järjestelmän pohjan luomista paljon, koska se tekee käyttäjän puolesta yksinkertaista toistoa vaativan määrittelyvaiheen. (Epec 15.6.2017.)

Multitoolin määriteltävissä on kaikkien Epec Oy:n yksiköiden lisäksi myös muidenkin valmistajien tuotteet. Väyläyhteyksien määrittely tapahtuu kun yhdistää valittuja yksiköitä toisiinsa. Jokaisella yksiköllä on määriteltävissä mitä viestejä lähetetään millekin yksikölle, ja mitä viestejä halutaan vastaanottaa. Luotavissa on muun muassa CANopen- sekä SAE J1939 -protokollan viestejä. (Epec 15.6.2017.)



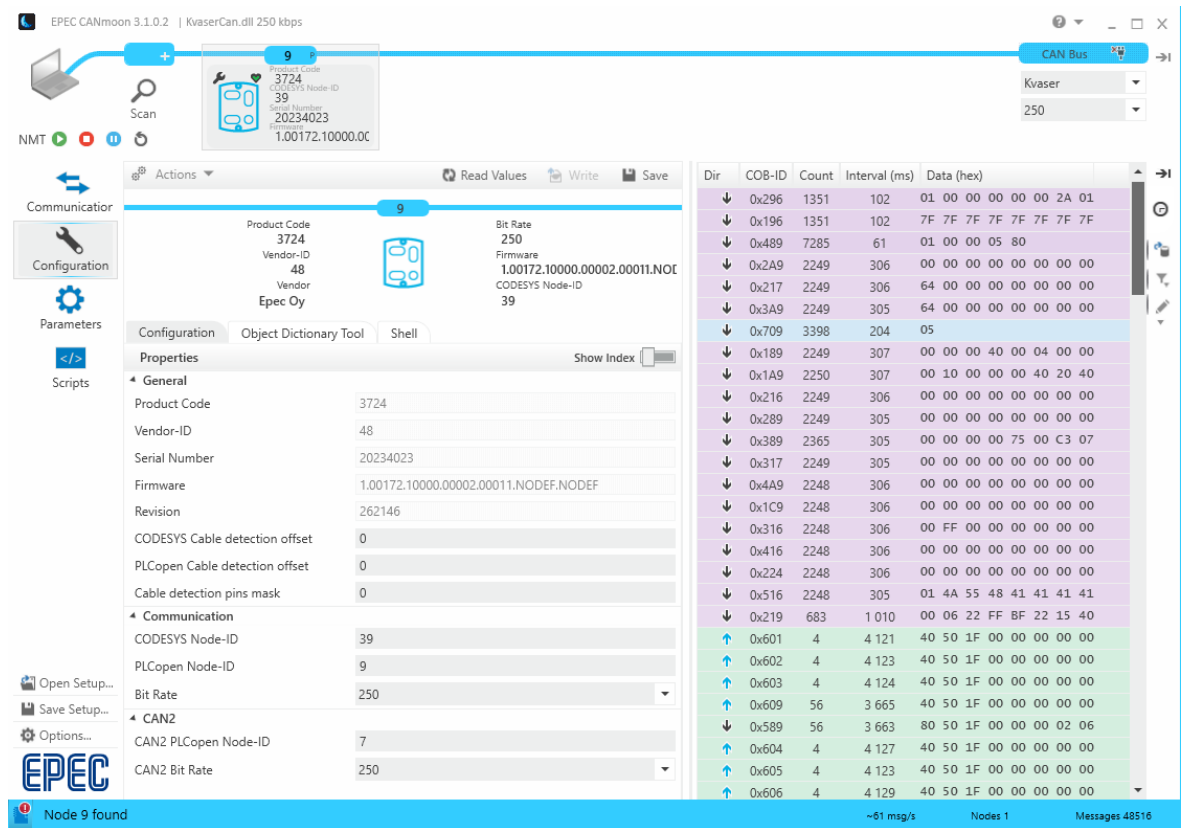
Kuva 2. Kaikki työssä käytetyt CAN-yksiköt kuvattuna Multitoolissa

Kuva 2 on MultiTool-ohjelman päänäkymästä, jossa näkyy kaikki työssä käytetyt CAN-laitteet. 6107-näyttöyksikön CAN1-väylään on kytketty moottorit ja CAN2-väylään taas lämpötilan seurantaan tarkoitettu ohjausyksikkö.

## 2.4 CANmoon

CANmoon on Epec Oy:n kehittämä työkalu, jolla tarkkaillaan CAN-väylää ja sen viestiliikennettä. Ohjelmalla voidaan väylällä kulkevien viestien tarkkailun lisäksi myös ladata päivityksiä yksiköille ja CAN-viestein muuttaa niiden määrittämiä. Kuvassa 3 on näkymä CANmoonista, jonka yläosassa näkyvät väylältä löydettyt laitteet, oikealla väylän viestiliikenne ja vasemmalla valitun laitteen konfigurointi. (Epec [Viitattu 3.12.2019].)





Kuva 3. CANmoon-ohjelman perusnäky

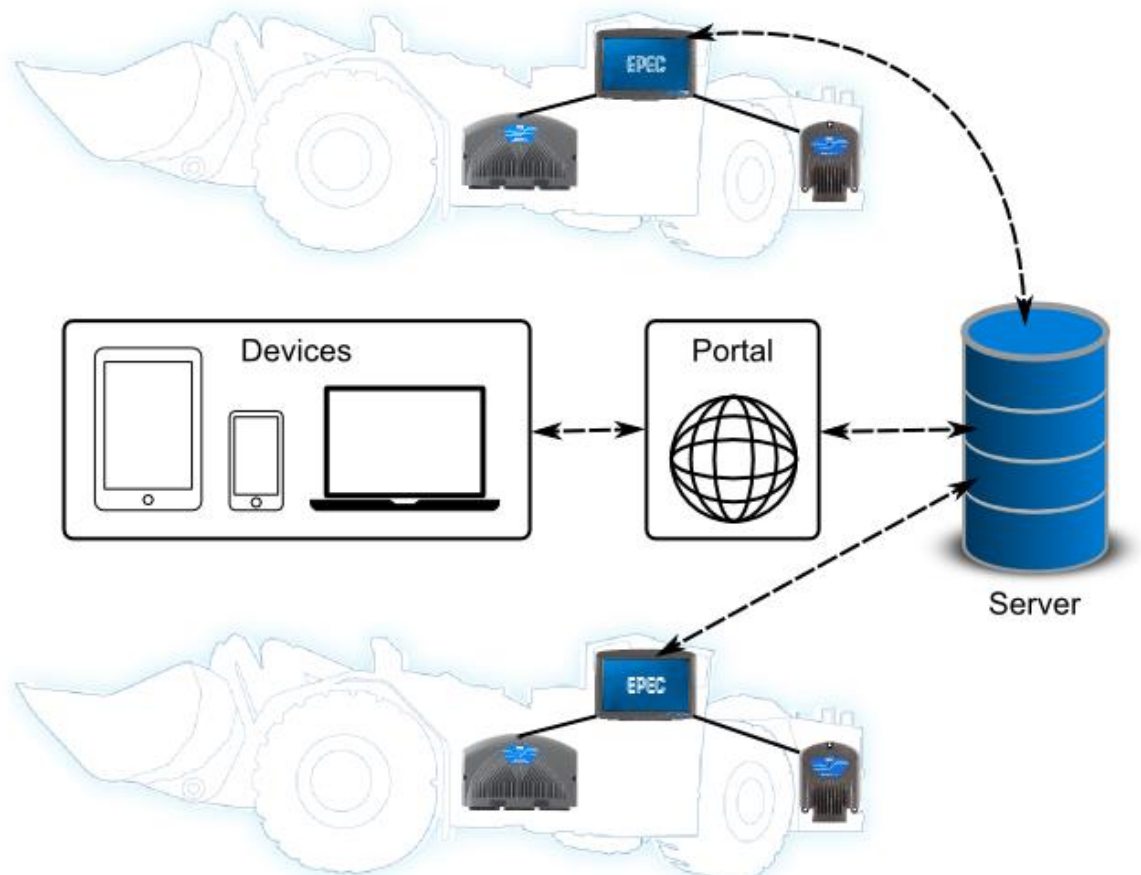
## 2.5 GlobE

Epec GlobE on IoT-alusta, joka toimii palveluna laitteiden valmistajille sekä niiden käyttäjille mahdollistamaan erilaisia ratkaisuja esimerkiksi koneiden ja laitteiden etähallintaan ja tilan valvontaan. GlobE on optimoitu käytettäväksi Epecin tuotteissa, mutta se on täysin yhteensopiva myös muiden valmistajien ohjausjärjestelmien tuotteissa. (Epec [Viitattu 4.12.2019].)

IoT-alustan käyttö laitteissa lisää toiminnan tarkkaa havainnoimista ja helpottaa laitteiden päivittämistä, mahdollistaen sen etänä. Laitteen käyttäjää se helpottaa optimoinnissa, laitteen valmistajalle tehokas ja selkeä tiedonkeruu lisää mahdollisuuksia jatkokehitykselle. (Epec [Viitattu 4.12.2019].)

Epec GlobE -alustan etänä toimivat ominaisuudet, kuten parametrien säätö, ohjelmiston päivittäminen, tapahtumalokin kerääminen ja laitteen hallinta eivät ole yleisesti standardisoituja ja siksi ne ovat usein ainutlaatuisia jokaiselle IoT-alustalle sekä ohjausjärjestelmän toimittajalle. Molemmat ohjausjärjestelmä sekä siihen integroitu IoT yhdessä ovat saatavissa vain harvalta toimittajalta, ja siksi GlobE on järkevä ratkaisu laitteen etähallintaa ja -seurantaa tarvitsevalle. (Epec [Viitattu 4.12.2019].)

Kuvassa 4 on kuvattuna Epec GlobE -alustan perusrakenne.



Kuva 4. Epec Globe -alustan rakenne (Epec 16.12.2019)

## 3 KÄYTÄNNÖN TOTEUTUS

### 3.1 Toteutuksen suunnittelu

Projekti alkoi aloituspalaverista, jossa selvitettiin työn tavoitteet ja käyttötarkoitus, suunniteltiin fyysinen kokonaisuus sekä ohjelmalliset ratkaisut ja vaatimukset. Tässä vaiheessa laitteeseen käytettäviä komponentteja ei vielä täysin määritelty, vaan ne varmistuisivat projektin edetessä, kun niiltä vaadittavat ominaisuudet selvenisivät. Tuotekehitys antoi kirjalliset vaatimukset, joihin laitteen toteutuksessa pyrittäisiin. Näistä vaatimuksista kerrotaan seuraavassa luvussa.

#### 3.1.1 Testaamisen tavoitteet

Testauslaite on toimintaperiaatteeltaan yksinkertainen. Laite kasta testattavaa kappaletta vuorotellen kylmään ja kuumaan veteen.

Ohjelmisto kehitettäisiin kahdessa vaiheessa.

Ensimmäinen ohjelmaversio "Basic Program" sisältäisi toimivan ohjelmakierron lisäksi seuraavat ominaisuudet:

- sekvenssien etenemisen seuranta
- sekvenssien lukumäärän säätö.

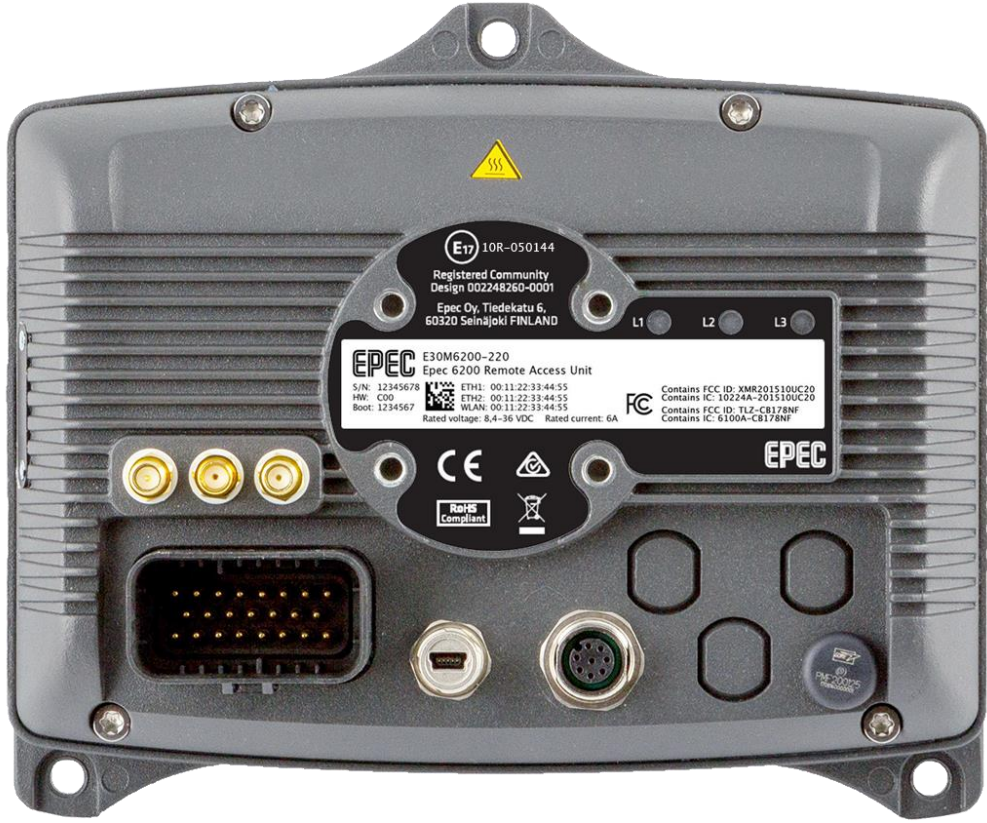
Toinen ohjelmaversio "Advanced Program" sisältäisi mahdollisesti myös seuraavat ominaisuudet:

- moottoreiden kuorman rajojen säätö
- liikkeen nopeuden säätö

- liikkeen rajojen säätö
- lämpötilan seuraaminen sekä kuumasta että kylmästä vedestä
- testattavan kappaleen lämpötilan seuranta, josta voisi päätellä ovatko laitteen rakenteet antaneet periksi ja päästäneet vettä kappaleen sisään
- moottoreiden kuorman seuranta
- seurattavien arvojen tallennus luettavaan muotoon sekä mahdollisesti piirto käyriksi seurannan helpottamiseksi
- seurantaan liittyen hälytykset lämpötilojen sekä moottoreiden kuormien rajojen ylittämistä.

### **3.1.2 Testattavat kappaleet**

Testattavat kappaleet ovat Epec Oy:n omia tuotteita, erilaisia säätiloja ja rankkoja olosuhteita kestäviä elektronisia laitteita, esimerkiksi ohjausyksiköitä ja etäyhteysyksiköitä. Laitteiden ulkoisen rakenteen tulee kestää lämpötilan vaihtelua, mitä vuorotellen kuumaan ja kylmään veteen kastaminen simuloi. Lämpötilan vaihtelu saa rakenteen materiaalin elämään hieman ja silloin on vaarana tiivistyksen pettäminen ja kosteuden pääseminen laitteen sisään. Seuraavalla sivulla on esimerkkinä kaksi Epec Oy:n valmistamaa tuotetta, kuvat 5 ja 6.



Kuva 5. Etäyhteysyksikkö 6200 (Epec [Viitattu 10.12.2019].)



Kuva 6. Ohjausyksikkö 5050 (Epec 1.7.2015.)

### 3.2 Laite fyysisesti

Laitteeseen sisältyvät seuraavat sähkötekniset osat:

- virtalähde ja sulakkeet
- kaksi CAN-ohjattavaa lineaarista karamoottoria
- näyttö ja antenni
- ohjausyksikkö
- kaksi lämpötila-anturia.

Laitteen runkona toimii levy, johon osat on kiinnitetty. Kun laite oli koottu ja onnistuneesti kytketty, se pultattiin kiinni seinään testaustaikalle, kuva 7.



Kuva 7. Laite koottuna ja kytkettynä

Vaakatasoon asennetun sähkömoottorin sylinteri kääntää saranoilla runkolevyyn kiinnitettyä pystypalkkia, mikä määrittää vaakaliikkeen. Pystytasoon asennetun sähkömoottorin sylinteri taas kääntää sivuttaisliikkeen määrittävään pystypalkkiin kiinnitettyä levystä ulkonevaa palkkia, mikä määrittää pystyliikkeen. Testattava kappale on kiinnitetty jälkimmäisenä mainitun palkin uloimpaan päähän, kuva 8.



Kuva 8. Liikkeen toteutus

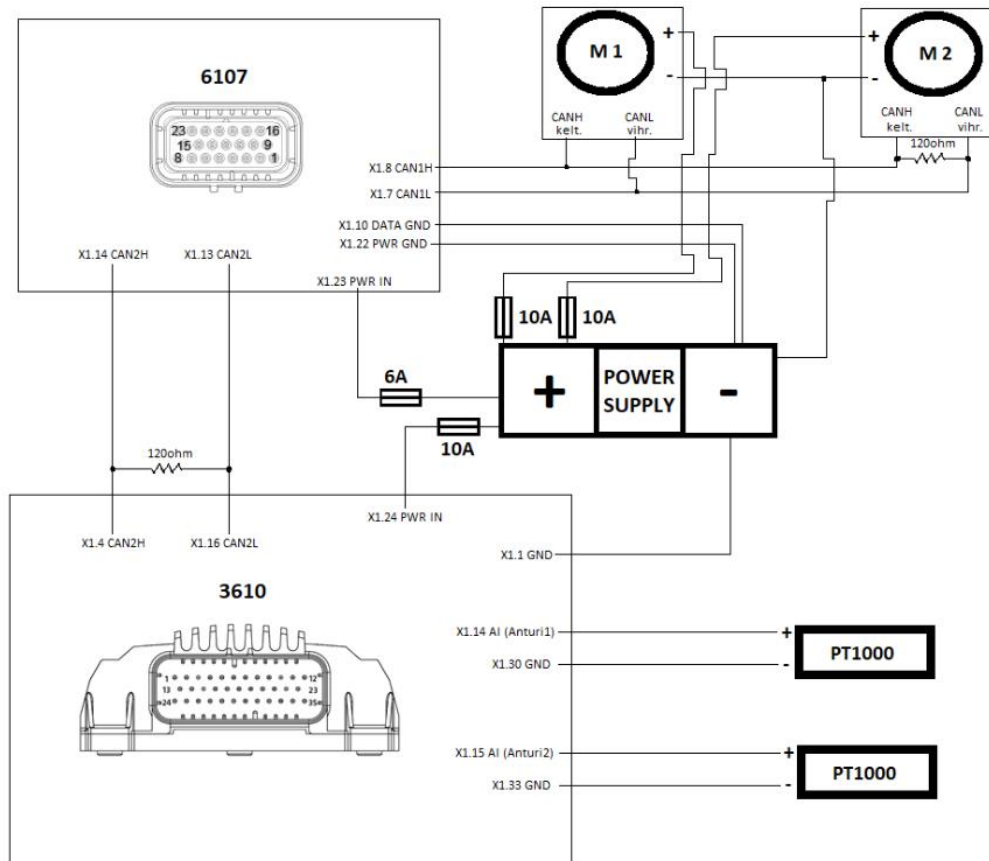
Testattavaa kappaletta lasketaan kahteen eri vesisammioon, kuva 9. Toinen sammio on vettä sähköisesti kuumentava ja toista sammiota pidetään kylmänä lisäämällä veteen jäätä käsin kaatamalla.



Kuva 9. Kuuma- ja kylmävesisammiot



Kuvassa 10 on laitteen sähkökuva, joka on piirretty, kun ohjelmisto oli loppusuoralla ja oli selvillä, mitä komponentteja laitteeseen tulisi. Laitteen komponentit saattaisivat muuttua vielä toteutusvaiheessa sen mukaan, millaisiin toteutuksiin päädyttäisiin ja mitä komponentteja olisi parhaiten saatavilla laitetta varten.



Kuva 10. Sähkökuva, jonka mukaan kytkennät tehtiin

### 3.2.1 Virtalähde

Laitteen käyttöjännite on 24 voltia tasajännitettä, jonka virtalähde tuottaa. Lisäksi 230 voltin verkkojännitteeseen kytkettävä Mascotin jännitelähde pystyy antamaan 12 ampeeria virtaa, mikä riittää laitteen moottoreille hyvin.

### 3.2.2 Moottorit

Laitteen liike on toteutettu kahdella, kuvassa 11 esiintyvällä Linakin LA36-luokan lineaarisella karamoottorilla. Alle 1 kg:n painoisten kappaleiden liikutteluun 10 000 Newtonin työntövoiman omaava moottori on ylimitoitettu, mutta epäkäytännöllisestä koostaan huolimatta moottorit ovat ohjattavuudeltaan laitteeseen ihanteellisia. Moottorit ovat kuitenkin CAN-ohjattavia ja käyttävät SAE J1939 -protokollaa. Tämä vähentää kaapeloinnin lisäksi myös tarvittavien ohjausyksiköiden lukumäärää, koska moottoreilta voidaan kytkeä CAN-väylän vaatimat kaksi johdinta suoraan näyttöyksikköön, joka toimii laitteen pääasiallisena ohjausyksikkönä. (Linak [Viitattu 10.12.2019].)



Kuva 11. CAN-ohjattava moottori Linak LA36 (Linak [Viitattu 10.12.2019].)

### 3.2.3 Näyttö

Näyttö on Epec Oy:n valmistama 6107-näyttöyksikkö. 6107 on korkean suorituskyvyn ja fyysisen suojauksen omaava ohjelmoitava näytöllinen ohjausyksikkö. Näytössä on monipuolinen IO- sekä liitinlajitelma, joihin sisältyy:

- kaksi CAN-väylää
- kaksi digitaalista tuloa
- kaksi digitaalista lähtöä
- yksi analoginen tulo
- mini-USB
- Ethernet-liitin
- 12-pinninen liitin kameralle
- WLAN-antennin paikka (jos näyttö on WLAN-tuettu malli)
- GPS-antennin paikka (jos näyttö on GPS-tuettu malli)
- GSM-antennin paikka (jos näyttö on GSM-tuettu malli)
- SIM-kortin paikka. (Epec [Viitattu 12.12.2019].)

Jos laitteessa käytettäisiin vain yhtä analogista lämpötila-anturia, voisi näyttö olla ainoa käytetty ohjausyksikkö. Antureita kuitenkin käytetään useampaa, joten näytön yksi analoginen tulo ei riitä. Kuvassa 12 on työssä käytetty näyttöyksikkö 6107.



Kuva 12. Epecin näyttöyksikkö 6107 (Epec [Viitattu 12.12.2019].)

### 3.2.4 Ohjausyksikkö

Analogisten lämpötila-antureiden lukumäärä vaatii erillisen ohjausyksikön niiden lukemiseen. Tähän tehtävään valittiin Epecin valmistama ohjausyksikkö 3610, joka pienestä koostaan huolimatta riittää käyttötarkoitukseensa hyvin.

Laitteen IO sisältää:

- kaksi CAN-väylää
- kuusi PWM-säädettävää digitaalista lähtöä
- kuusi valinnaisesti analogista tai digitaalista tuloa
- neljä valinnaisesti digitaalista tai pulsseja laskevaa tuloa. (Epec [Viitattu 13.12.2019].)

Ohjausyksikköä käytetään ainoastaan kahden anturin tilan lukemiseen, joiden datan se lähettää näyttöyksikölle. Kuvassa 13 on työssä käytetty ohjausyksikkö 3610.



Kuva 13. Epecin ohjausyksikkö 3610 (Epec [Viitattu 13.12.2019].)

### 3.2.5 Lämpötila-anturit

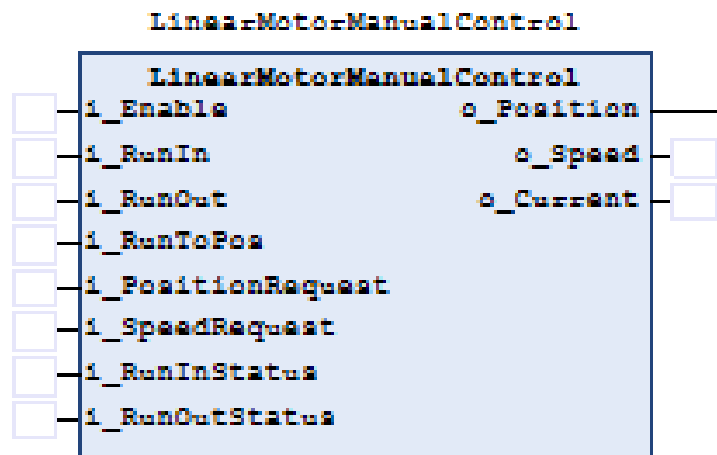
Laitteessa käytettävät lämpötila-anturit ovat mallia PT1000. Se on hyvin yleinen lämpötilan mittauksessa käytetty kompaktin kokoinen mittauspää. Se valmistetaan platinasta, jonka resistanssi kasvaa lämpötilan noustessa. Resistanssi on 1000 ohmia kun lämpötila on 0 celsiusastetta. Antureiden mittausalue on -50–100 celsiusastetta ja tarkkuus noin puoli celsiusastetta.

### 3.3 CODESYS-koodi

Laitteen toiminnallisuus Codesysiin on toteutettu pääosin Structured Text -kielellä, mutta myös Function Block Diagram -kieltä on käytetty. Structured Text -kielellä on

toteutettu kaikki vaativimmat ohjaukset, sen monimuotoisuuden vuoksi. Function Block Diagram -kieltä taas on käytetty yksinkertaisimmissa ohjauksissa, sekä muut ohjauslohkot sisältävässä Main-ohjelmassa, selkeyden ja helppolukuisuuden vuoksi.

### 3.3.1 CAN-moottoreiden ohjaus



Kuva 14. Moottorien ohjausta varten luotu toimintolohko

Moottoria ohjataan lähettämällä CAN-väylällä sille numeerisen arvon sisältävä viesti. Tämän helpottamiseksi ohjelmaan luotiin oma, kuvassa 14 esiintyvä toimintolohko nimeltä **LinearMotorManualControl**. Käytännössä lohko sisältää tuloja tarkastelevia ehtoja, joiden perusteella ohjataan lohkon lähtöjä. Seuraavaksi tarkastellaan tulojen ja lähtöjen tarkoituksia.

**i\_Enable** on boolean-tyyppinen tulo, joka tarvitaan lohkon toimintaan. Tämä toimii lohkon "virta-avaimena", joka sallii ohjausviestien lähettämisen moottoreille.

**i\_RunIn** ja **i\_RunOut** ovat boolean-tyyppisiä tuloja, joiden tarkoitus on ohjata moottoria sisään ja ulos manuaalisesti. Kun **i\_RunIn**-tulo on tosi, liikkuu moottorin sylinteri sisään. Kun **i\_RunOut** on tosi, liikkuu moottorin sylinteri ulos.

**i\_RunToPos** on boolean-tyyppinen muuttuja, joka tarvitaan moottorin ajamiseen automaattisesti tiettyyn positioon.

**i\_PositionRequest** on int-tyyppinen muuttuja, joka määrittää automaattisen ajon kohdeposition. Tämän toteutuminen vaatii myös **i\_RunToPos**-tulon.

**i\_SpeedRequest** on int-tyyppinen muuttuja, joka määrittelee moottorin liikkeen nopeuden. Nopeus on skaalattu niin, että käyttöliittymästä sille annetaan prosentuaalinen arvo (0–100).

**i\_RunInStatus** ja **i\_RunOutStatus** ovat boolean-tyyppisiä muuttujia, jotka saavat tulotietonsa moottorin lähettämänä moottorin liikkeestä. Näillä varmistetaan se, ettei automaattinen positioon ajo jää päälle, vaan muuttuja katkaisee sen oikeassa kohdassa.

**o\_Position** on word-tyyppinen lähtötieto, joka lähetetään CAN-viestinä moottorille. Se joko ohjaa moottorin sylinteriä sisään tai ulos tai vaihtoehtoisesti haluttuun positioon.

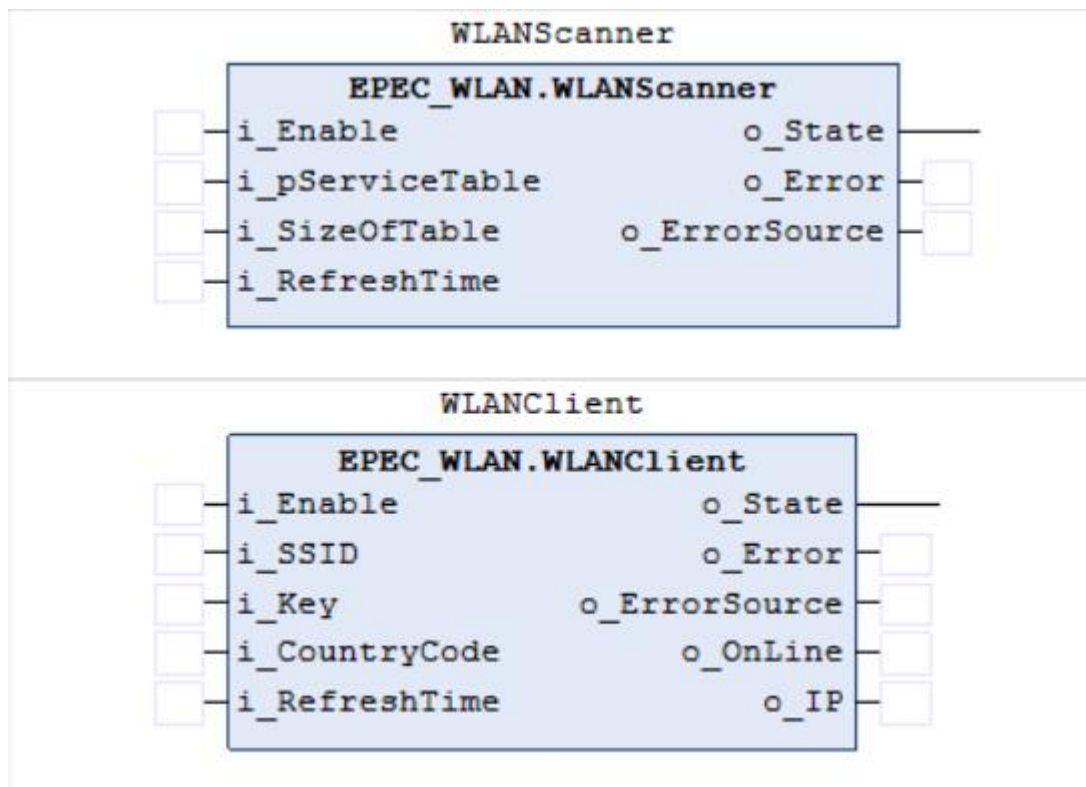
**o\_Speed** on int-tyyppinen lähtötieto, joka määrittää moottorin liikkeen nopeuden. Se lähetetään CAN-viestinä moottorille.

**o\_Current** on byte-tyyppinen lähtötieto, joka määrittää moottorin käyttämän maksimivirran. Se on vakio, eikä laitteen käyttäjän asetettavissa.

Ohjelmassa on erikseen Structured Text -kielellä toteutettu toimilohko, joka sisältää toiminnallisen sekvenssin. Tämän toimilohkon lähettämät tulotiedot on yhdistetty **LinearMotorManualControl**-toimilohkoon. Näin moottorinohjaukset välittyvät sekvenssistä moottoreille.

### 3.3.2 WLAN

WLAN-verkkoon yhdistäminen ei kuulunut laitteen tavoiteominaisuuksiin, sillä Epec 6000 -sarjan näyttöyksiköissä on myös liitännämahdollisuus Ethernet-verkkokaapelille. Ominaisuus kuitenkin toteutettiin, sillä on mahdollista että elinkaarensa aikana laite sijaitsee jossain, missä ei ole verkkokaapelipistoketta, jolloin Epec GlobE -alustan toiminnan vaatimaan verkkoyhteyteen pääsee ainoastaan langattomasti. Langattomaan verkkoyhteyteen liittämiseen on olemassa valmiita toimilohkoja Epec Oy:n tarjoamassa PLCopen-kirjastossa. Työssä käytössä oli niistä kaksi, **WLANScanner** sekä **WLANClient**, kuva 15. Seuraavaksi tarkastellaan toimilohkojen toimintaa sekä käyttötarkoitusta.



Kuva 15. Langattomaan verkkoon yhdistämiseen käytetyt toimilohkot



**WLANScanner** hakee lähiverkkoja ja tallentaa ne valmiiksi luotuun taulukkoon, josta ne ovat saatavilla yhdistämistä varten. Toimilohko myös ilmoittaa skannauksen tilan sekä mahdolliset skannauksen häiriöt.

**WLANClient**-toimilohkoa käytetään haetun ja valitun verkon yhdistämiseen. Tämän toimilohkon tuloihin syötetään muun muassa verkon nimi, maatunnus ja salasana. Toimilohko myös ilmoittaa verkon tilan sekä mahdolliset yhteyden häiriöt.

### 3.3.3 CSV

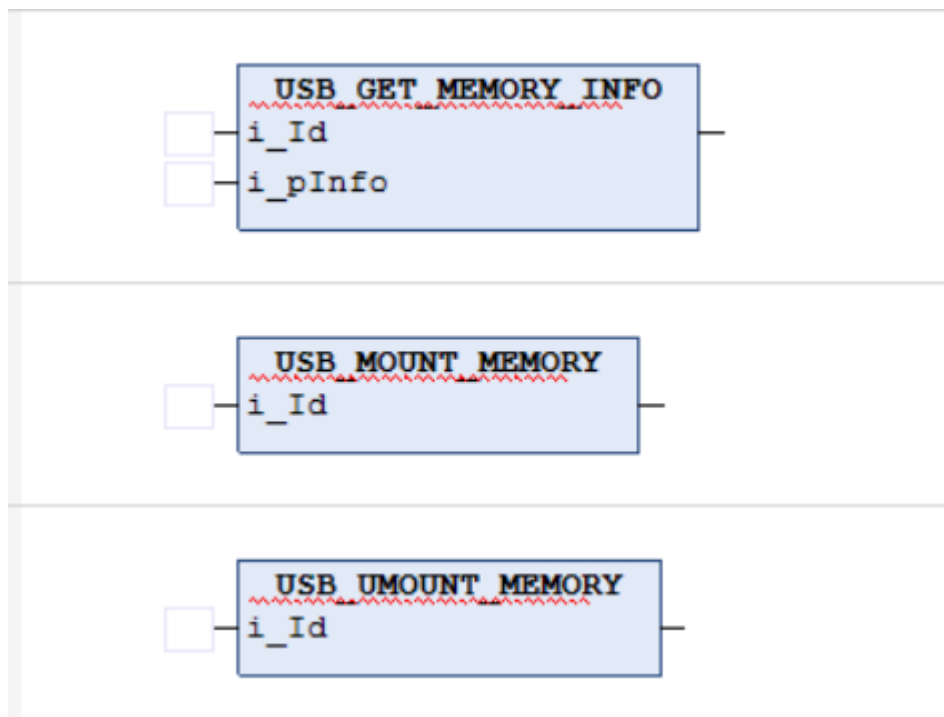
Laitteeseen on toteutettu tiedonkirjoitus, joka tallentaa mitattavia lämpötila-arvoja taulukkotyyppiseen CSV-tiedostomuotoon. Tällainen tiedosto on helposti ladattavissa esimerkiksi Microsoft Excelliin, jossa dataa voi jatkokäsitellä ja esimerkiksi piirtää siitä käyriä, kuva 16. CSV-tiedoston kirjoitus on toteutettu niin, että jokaisen sekvenssin eli ohjelmakierron alkaessa se kirjoittaa uudelle riville mitattavat lämpötilat, kellonajan sekä sen, monesko sekvenssi on alkamassa.

	A	B	C	D	E	F	G
1	Aika	Sekvenssi	Anturi 1	Anturi 2	Anturi 3		
2	2020-01-08-13:40:02	0	24	25	0		
3	2020-01-08-13:40:25	1	27	25	0		
4	2020-01-08-13:40:40	2	26	29	0		
5	2020-01-08-13:40:54	3	28	31	0		
6	2020-01-08-13:41:10	4	29	33	0		
7	2020-01-08-13:41:25	5	31	33	0		
8	2020-01-08-13:41:40	6	31	32	0		
9	2020-01-08-13:41:55	7	29	31	0		
10							
11							
12							
13							

Kuva 16. Ohjelman kirjoittama CSV-tiedosto Excelissä avattuna

### 3.3.4 USB

Laitteeseen on mahdollista kytkeä ulkoinen muisti näytön USB-porttiin. Tämä on mahdollistettu, koska CSV-tiedostot voidaan kirjoittaa suoraan esimerkiksi USB-tikulle, jolloin ne ovat helposti siirrettävissä tietokoneelle. USB-muistin löytämistä sekä alustamista varten on olemassa valmiita toimilohkoja Epec Oy:n tarjoamassa PLCopen-kirjastossa. Näistä kolmea on sovellettu toteutuksessa. Ne ovat **USB\_GET\_MEMORY\_INFO**, **USB\_MOUNT\_MEMORY** ja **USB\_UMOUNT\_MEMORY**, kuva 17. Seuraavaksi tarkastellaan näiden toimilohkojen toimintaa ja käyttötarkoitusta.



Kuva 17. Ulkoisen muistin alustamiseen käytetyt toimilohkot

**USB\_GET\_MEMORY\_INFO** hakee mahdollisia USB-porttiin kytkettyjä ulkoisia muisteja. Tämä ei voi olla aktiivisena koko aikaa, sillä se saattaa katkaista jo alustetun USB-muistin.

**USB\_MOUNT\_MEMORY** alustaa löytyneen USB-muistin. Toteutuksessa alustus tapahtuu automaattisesti kun muistipaikka on löytynyt.

**USB\_UMOUNT\_MEMORY** purkaa alustuksen USB-muistista, jotta se voidaan irroittaa turvallisesti. Tämä toimilohko aktivoidaan käyttöliittymästä.

### 3.4 GlobE

Laitteen seurannassa käytetään CSV-tiedoston kirjoituksen lisäksi tämän työn teoriaosuudessa käsiteltyä Epec GlobE -alustaa, joka on IoT-alusta, jota voidaan käyttää esimerkiksi laitteen etäseurantaan. Tämä seurantatapa on toteutettu laitteessa, koska toisin kuin CSV-tiedostoa, voidaan GlobE-alustan avulla laitteen toimintaa seurata etänä reaaliajassa. Tämä on tarpeen esimerkiksi silloin, kun laite jätetään ajamaan ohjelmaa pitkään itsenäisesti. Tällöin voi huomata mahdolliset ongelmat tai keskeytykset ohjelmassa jo hyvissä ajoin, eikä testaamiseen varattu pitkä aika mene hukkaan.

MultiTool-konfigurointityökalusta saa suuren avun Epec GlobE -alustan toteutukseen. Se suureksi osaksi hoitaa GlobE-alustan konfiguroinnin sekä alustuksen CODESYS-koodiin. MultiTooliin luodaan myös viestimuuttujat, joita halutaan välittämään tiettyä dataa laitteelta verkkoon. Tämä projekti on sen vuoksi lisätty verkossa sijaitsevaan GlobE-portaaliin, josta laitteen dataa pystytään seuraamaan.

Kuvassa 18 on GlobE-portaalissa luodun käyttöliittymän päänäkymä. Siitä pystyy seuraamaan taulukoituna muun muassa sekvenssien etenemistä sekä moottoreiden kuormia. Moottoreiden kuormia kuvaavissa taulukoissa punaiset viivat ovat näyttöyksikön käyttöliittymästä säädettävät moottoreiden kuormien hälytysrajat. Kun moottorin kuorma ylittää hälytysrajan, se pysähtyy, eikä jatka ennen sen resetoimista näytöstä käsin. Päänäkymän lisäksi GlobE-portaalin käyttöliittymässä on myös toinen ikkuna, jossa on samankaltaiset taulukot kylmän sekä kuumen veden lämpötila-arvoille.

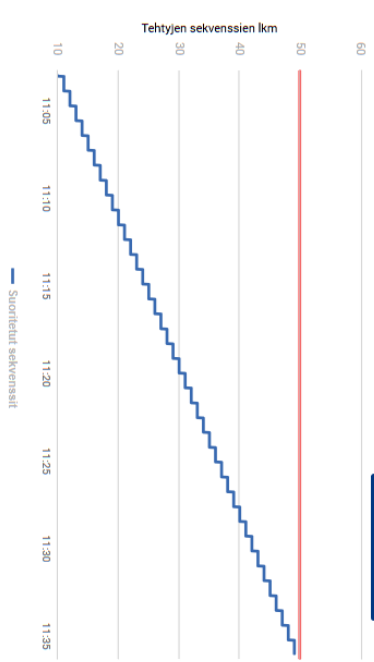
Viemäsin data vastaanotettu:  
2020-01-20-12:38:41

Taulukon aikaväli

Alku 2020-01-20 11:03:00

Loppu 2020-01-20 11:36:00

Päivitä taulukko



**Ohjelma ei ole ajossa**

Sekvenssien eteneminen  
0 / 50

Viimeisimmän käynnistyksen ajankohhta:  
2020-01-20-11.53.57

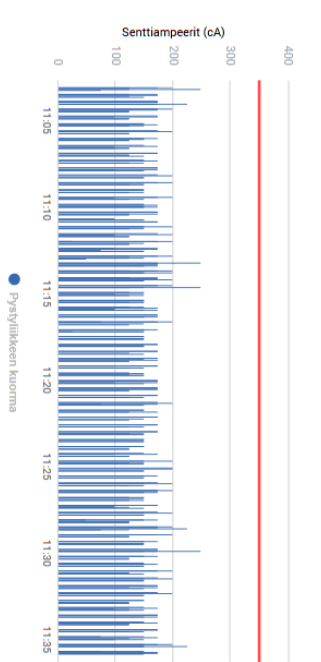
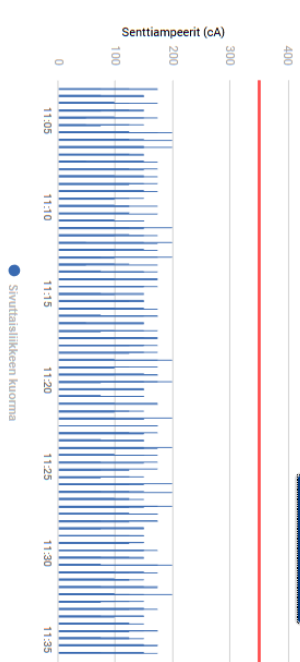
Arvioitu jäljellä oleva aika:

Taulukon aikaväli

Alku 2020-01-20 11:03:00

Loppu 2020-01-20 11:36:00

Päivitä taulukot



Kuva 18. GlobE-käyttöliittymä

## 4 YHTEENVETO

Tämän työn tavoitteena oli suunnitella ja toteuttaa ääriolosuhteisiin kappaleita altistavan testauslaitteen rakenne ja ohjelmisto. Laitteen tulisi olla säädettävyydeltään ja seurannaltaan monipuolinen, sekä vastata annettuihin toiminnallisiin kriteereihin.

Työ alkoi CAN-moottoreiden liikettä ohjaavan sekvenssin luomisesta, jonka jälkeen ohjelmistoon tuotiin lisää ominaisuuksia pala palalta. Tässä kohtaa lämpötila-anturit vaativat laitteen rakenteen laajentamista yhdellä ohjausyksiköllä ja niiden tuoman datan seuraamiseen toteutettiin sekä CSV-tiedoston kirjoitus että mitattavien arvojen IoT-seuranta. Laitteen ohjaamiseen luotu käyttöliittymä kehittyi laajenevan ohjelmiston mukana.

Annetut toiminnalliset kriteerit, joihin työssä pyrittiin vastaamaan, on lueteltu luvussa 3.1.1. Säädettävyydeltään tavoitteisiin päästiin täysin, mutta seurantaan liittyen kahden tavoitteen suhteen päädyttiin hieman kriteereistä poikkeaviin ratkaisuihin. Lämpötiloille asetettujen rajojen ylitymisestä seuraavat hälytykset jäivät kokonaan pois. Tässä vaiheessa on mahdotonta ennustaa miten vesien lämpötilat käyttäytyvät testausympäristössä, joten niistä saatavat johtopäätökset jätettiin täysin arvojen tarkastelussa syntyvien tulkintojen varaisiksi. Toiseksi itse testattavan kappaleen lämpötilan seuraamiseen ei vielä päätetty sopivinta menetelmää ja se jääkin avoimeksi tulevaisuuden jatkokehitykseen. Tästä hieman lisää seuraavassa kappaleessa. Seurannankin suhteen työssä päästiin kuitenkin pääosin hyviin tuloksiin. Siitä tuli sekä selkeä että monipuolinen ja tallennuksen lisäksi data on seurattavissa myös reaaliaikaisesti.

Laitetta tullaan vielä tulevaisuudessa jatkokehittämään ja sitä ajatellen mietittäväksi jäi testattavan kappaleen lämpötilan seuraamisen toteutustapa. Tämä olisi suureksi hyödyksi, koska kappaleen kuoren sisäpuolen lämpötilasta olisi suoraan pääteltävissä onko vesi jo päässyt kuoren sisälle. Yksi mahdollinen toteutustapa olisi kappaleen sisälle sijoitettava pienikokoinen langaton lämpötila-anturi, joka lähettää dataa laitteen ohjausyksikköön kytkettyyn vastaanottimeen. Toinen menetelmä voisi olla testattavan kappaleen sisäisen piirilevyn lämpötilan tarkastelu. Jokaisessa Epec Oy:n yksikössä on sisäinen lämpötilan mittaus, jonka datan voisi

lähettää laitteen ohjausyksikköön CAN-väylällä. Tämä tosin edellyttäisi testattavan kappaleen kytkemistä pienjännitteeseen sekä CAN-väylään. Testattavalle kappaleelle olisi myös luotava oma lämpötilatietoa käsittelevä ja lähettävä CODESYS-koodinsa, joka olisi ladattava kyseiseen kappaleeseen ennen testausta ja CAN-väylälle liittämistä.

## LÄHTEET

- CAN in Automation. Ei päiväystä. CANopen history. [Verkkosivu]. CAN in Automation. [Viitattu 11.11.2019]. Saatavana: <https://www.can-cia.org/can-knowledge/canopen/canopen-history/>
- CAN in Automation. Ei päiväystä. CANopen – The standardized embedded network. [Verkkosivu]. CAN in Automation. [Viitattu 12.11.2019]. Saatavana: <https://www.can-cia.org/canopen/>
- CODESYS. Ei päiväystä. Why CODESYS. [Verkkosivu]. CODESYS Group. [Viitattu 29.11.2019]. Saatavana: <https://www.codesys.com/the-system/why-codesys.html>
- CODESYS. 28.10.2010. User Manual for PLC Programming with CoDeSys 2.3. [Verkkomanuaali]. CODESYS Group. [Viitattu 30.11.2019]. Saatavana: [https://www.ee.pw.edu.pl/~purap/PLC/manuals/m07590333\\_00000000\\_1en.pdf](https://www.ee.pw.edu.pl/~purap/PLC/manuals/m07590333_00000000_1en.pdf)
- Dajo. Ei päiväystä. What is CoDeSys. [Verkkosivu]. DAJO Solutions. [Viitattu 29.11.2019]. Saatavana: <http://www.dajo.co.uk/what-is/what-is-codesys/>
- Epec. Ei päiväystä. Epec company. [Verkkosivu]. Epec Oy. [Viitattu 30.1.2020]. Saatavana: <https://epec.fi/company/>
- Epec. 15.6.2017. Optimize Time-To-Market with Epec MultiTool. [Verkkosivu]. Epec Oy. Saatavana: <https://epec.fi/optimize-time-to-market-with-epec-multitool/>
- Epec. Ei päiväystä. New version of CANmoon configuration and diagnostics tool available. [Verkkosivu]. Epec Oy. [Viitattu 3.12.2019] Saatavana: <https://epec.fi/wp-content/uploads/2018/11/CANmoon-configuration-and-diagnostics-tool.pdf>
- Epec. Ei päiväystä. Epec GlobE. [Verkkosivu]. Epec Oy. [Viitattu 4.12.2019] Saatavana: <https://epec.fi/services/iot-services/epec-globe/>
- Epec. 16.12.2019. Getting Started with Epec GlobE. [Verkkosivu]. Epec Oy. Saatavana: [http://epec.planeetta.com/Public/Manuals/EPEC\\_Programming\\_And\\_Libraries/projecttopics/topic000978.htm](http://epec.planeetta.com/Public/Manuals/EPEC_Programming_And_Libraries/projecttopics/topic000978.htm)
- Epec. Ei päiväystä. Epec 6200 Remote Access Unit. [Verkkosivu]. Epec Oy. [Viitattu 10.12.2019]. Saatavana: [http://epec.planeetta.com/Public/Technical\\_Documents/6200/MAN000683/Web\\_Help/projectTopics/topic000008.htm](http://epec.planeetta.com/Public/Technical_Documents/6200/MAN000683/Web_Help/projectTopics/topic000008.htm)

- Epec. 1.7.2015. Product Overview. [Verkkosivu]. Epec Oy. Saatavana: [http://epec.planeetta.com/Public/Technical\\_Documents/5050/5050\\_WebHelp\\_x1/projecttopics/topic00060.htm](http://epec.planeetta.com/Public/Technical_Documents/5050/5050_WebHelp_x1/projecttopics/topic00060.htm)
- Epec. Ei päiväystä. Epec 6107 Display Unit. [Verkkosivu]. Epec Oy. [Viitattu 12.12.2019]. Saatavana: <https://epec.fi/products/embedded-display-6107/>
- Epec. Ei päiväystä. Epec 3610 Control Unit. [Verkkosivu]. Epec Oy. [Viitattu 13.12.2019]. Saatavana: <https://epec.fi/products/control-system-products-3610/>
- Hanssen, D. H. 2015. Programmable Logic Controllers : A Practical Approach to IEC 61131-3 Using CoDeSys. [Verkkokirja]. Edition 1. John Wiley & Sons, Incorporat. [Viitattu 29.11.2019]. Saatavana: ProQuest Ebook Central – palvelusta. Vaatii käyttöoikeuden.
- HMS. Ei päiväystä. SAE J1939 – a short introduction. [Verkkosivu]. HMS Industrial Networks AB. [Viitattu 27.11.2019]. Saatavana: <https://www.ixxat.com/technologies/all4can/sae-j1939-technology>
- Kvaser. Ei päiväystä. J1939 Introduction. [Verkkosivu]. Kvaser Europe AB. [Viitattu 27.11.2019]. Saatavana: <https://www.kvaser.com/about-can/higher-layer-protocols/j1939-introduction/>
- Linak. Ei päiväystä. LA36. [Verkkosivu]. Linak Oy. [Viitattu 10.12.2019]. Saatavana: <https://www.linak.fi/tuotteet/karamoottorit/la36/>
- Voss, W. 27.11.2018. Controller Area Network (CAN Bus) - Bus Arbitration. [Verkkójulkaisu]. Copperhill Technologies. [Viitattu 11.11.2019]. Saatavana: <https://copperhilltech.com/blog/controller-area-network-can-bus-bus-arbitration/>
- Zhu, Y. 2010. CAN and FPGA Communication Engineering: Implementation of a CAN Bus based Measurement System on an FPGA Development Kit. [Verkkokirja]. Edition 1. Diplomica Verlag. [Viitattu 10.11.2019]. Saatavana: ProQuest Ebook Central –palvelusta. Vaatii käyttöoikeuden.