

Matias Pitkänen

Vetokoneen modernisointi

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikka

Insinöörityö

19.5.2015

Tekijä Otsikko	Matias Pitkänen Vetokoneen modernisointi
Sivumäärä Aika	28 sivua + 2 liitettä 19.5.2015
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Kone- ja tuotantotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Koneautomaatio
Ohjaajat	Lehtori Heikki Paavilainen Osaamisaluepäällikkö Jari Savolainen
<p>Tämä insinööri työ tehtiin Metropolia Ammattikorkeakoulun toimeksiantona. Aiheena oli Myyrmäen toimipisteen vetokoneen modernisointi.</p> <p>Vetokoneen servomoottori oli rikkoutunut ja se päätettiin uusiksi. Samalla päätettiin uusiksi myös servovahvistin sekä modernisoida ohjausjärjestelmää. Tämän työn päätavoite oli saada vetokone toimimaan. Työn sisältönä oli vaihtaa servomoottori ja servovahvistin sekä avustaa vetokoneen ohjausjärjestelmän modernisoinnissa. Tämän lisäksi teoriaosuudessa perehdyttiin uusiin osiin sekä turvalogiikkaan, joka tuli uutena osana ohjausjärjestelmään. Työssä keskityttiin erityisesti käytännön osuuteen, eli vetokoneen uusien osien vaihtamiseen.</p> <p>Työssä kerrotaan tarkasti kuvien sekä tekstin avulla työn käytännön osuuden toteutuksesta eli vetokoneen purkamisesta, uusien osien valinnasta sekä niiden asennuksesta ja vetokoneen kokoamisesta.</p> <p>Odotusten mukaisesti työn tavoite saavutettiin ja Metropolia Ammattikorkeakoulun Myyrmäen toimipisteessä on jälleen toimiva vetokone. Mikäli tulevaisuudessa vetokonetta uusitaan joltakin osin, niin tämä insinööri työ antaa selkeän kuvan, mitä vetokoneeseen on jo uusittu.</p>	
Avainsanat	Vetokone, turvalogiikka, ohjausyksikkö, ohjausjärjestelmä

Author Title	Matias Pitkänen Modernization of Tensile Testing Machine
Number of Pages Date	28 pages + 2 appendices 19 May 2015
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Mechanical Engineering
Specialisation option	Machine Automation
Instructors	Jari Savolainen, Lecturer Heikki Paavilainen, Lecturer
<p>This Bachelor's thesis was made for Metropolia University of Applied Sciences. The topic of the thesis was the modernization of the tensile testing machine which is located in the Myyrmäki campus of Metropolia UAS.</p> <p>The tensile testing machines servo motor had been broken and it was decided to replace it with a new one. It was also decided to update the servo amplifier, as well as to modernize the control system. The main objective of this thesis was to ensure the tensile testing machine's proper operation. The goal was to change the servo motor and servo amplifier, as well as to assist in the modernization of the tensile testing machine's control system. The theory part focused on the new parts and safety logic which became a new part of the control system. To sum up, replacing the new parts of the tensile testing machine was the main objective of this thesis.</p> <p>The thesis describes the practical part of the work, disassembly of the tensile testing machine, the election and installation of new components and assembly of the machine, with images and text.</p> <p>In conclusion, the objective of the project was achieved and the tensile testing machine is operating properly. If the tensile testing machine needs to be updated in the future, this thesis gives a clear picture of what has already been renewed.</p>	
Keywords	tensile testing machine, safety logic, control unit, control system

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Ohjausjärjestelmä	2
2.1	Beckhoff AM8043-wEy1 -servomoottori	3
2.2	Beckhoff AX5106-0000-0x00 -servovahvistin	4
2.3	Beckhoff TwinSAFE	5
2.3.1	Beckhoff TwinSAFE:n ominaisuuksia	5
2.3.2	EL1904, EL2904 TwinSAFE väyläterminaalit neljällä virhesuojatulla tulolla tai lähdöllä	8
2.3.3	EL6900 TwinSAFE Logic -väyläterminaali	10
2.3.4	AX5805 TwinSAFE -turvakortti AX5000 -servokäytölle	10
2.4	Beckhoff-väyläterminaalijärjestelmän kuvaus	11
2.4.1	Väyläliitin	12
2.4.2	Väyläterminaalit	13
2.4.3	E-bus	14
2.4.4	Virtaliittimet	14
3	Käyttömoottorin vaihtaminen	15
3.1	Vetokoneen purku	16
3.2	Servomoottorin ja servovahvistimen valinta	19
3.3	Uuden servomoottorin ja servovahvistimen asennus	19
4	Tulokset	26
5	Yhteenveto	27
	Lähteet	28

Liitteet

Liite 1. EL1904, tekniset tiedot

Liite 2. EL2904, tekniset tiedot

Lyhenteet

K-bus/E-bus tiedonsiirtokanava terminaalirivissä

I/O input/output eli tulo/lähtö

1 Johdanto

Tämä insinööri työ tehtiin Metropolia Ammattikorkeakoululle. Työssä piti korjata ja modernisoida Myyrmäen toimipisteen pintakäsittely- ja materiaalitekniikan laboratoriossa sijaitsevaa vetokonetta. Vetokoneen vanha servomoottori oli rikkoutunut ja se päätettiin vaihtaa. Samalla vetokoneen ohjausjärjestelmää päätettiin hieman modernisoida.

Tämän työn tavoite on saada vetokone takaisin toimintakuntoon. Työ aloitettiin vetokoneen purkamisella, jonka yhteydessä mietittiin ja päätettiin, mitä kaikkea vetokoneeseen uusitaan. Vetokoneen modernisointiin liittyen tehdään myös toinen insinööri työ, jossa keskitytään enemmän vetokoneen antureihin sekä ohjaukseen ja kytkentöihin. Tässä työssä tärkeintä on uusien osien mekaaniset asennustyöt, jotta vetokone saadaan jälleen toimintakuntoon.

Tämän insinööri työn sisältö rajattiin vanhan servomoottorin ja servovahvistimen irrottamiseen ja uusien osien asentamiseen, osittain ohjainyksikön asentamiseen, sekä yleisiin vetokoneen purku/ kokoamistöihin. Lisäksi teoriaosuudessa perehdyttiin uuteen turvalogiikkaan.

2 Ohjausjärjestelmä

Metropolia Ammattikorkeakoulun vetokone on kone, jolla voidaan tehdä SFS-EN 10 002-1 -standardin mukainen vetokoe. Kokeessa selvitetään materiaalin lujuusominaisuuksia. Vetokokeen tuloksina saadaan selville esimerkiksi kappaleen myötölujuus sekä murtolujuus. Kokeessa käytetään standardin mukaisia koesauvoja. Koesauva kiinnitetään kuvassa 1 näkyvien puristusleukojen väliin ylhäältä sekä alhaalta. Tämän jälkeen vetokoneella vedetään sauvaa, kunnes se katkeaa. Alempi puristusleuka on kiinnitetty paikoilleen ja ylempi puristusleuka liikkuu pystysuunnassa. Vetokoneeseen on liitetty tietokone, johon on ladattu Bechoffin TwinCAT -ohjelma, jonka avulla tietokoneen ruudulle saadaan vetokoneen antureiden ilmoittama vetokokeen tulos (materiaalin myötöraja, murtolujuus yms.). Vetokoneen voimanlähteenä toimii servomoottori ja servovahvistin. Vetokoneesta löytyy myös mm. vaihteisto, ohjausyksikkö, erilaisia antureita, runko, suojakotelot, puristusleuat jne. Vetokokeita suoritetaan esimerkiksi laadunvalvonnan yhteydessä.



Kuva 1. Koulun vetokone

2.1 Beckhoff AM8043-wEy1 -servomoottori

Beckhoffin AM8000 -sarjan synkroniset servomoottorit ovat harjattomia kolmivaihe-moottoreita vaativille servosovelluksille. AM8000 -sarjan servomoottori yhdessä Beckhoffin digitaalisten servovahvistimien kanssa on erityisen sopiva paikoitustehtäviin esimerkiksi teollisuusroboteille, työstökoneisiin ja kuljetuslinjoille. Servomoottorien roottoreissa on kestmagneetit. Kolmivaiheinen käämitys on sijoitettu staattoriin, joka saa virran servovahvistimesta. Moottorissa ei ole harjoja, ja kommunikointi toteutetaan sähköisesti servovahvistimessa. Käämin lämpötila mitataan pii -anturilla ja servovahvistin seuraa sitä. AM8000 -sarjan moottoreita saa sisäänrakennetulla pitojarrulla tai ilman

sitä. Pitojarrua ei kuitenkaan voi jälkiasentaa moottoreihin. Tässä työssä käytetyssä moottorissa on pitojarru. Kuvassa 2 on AM8000 -sarjan servomoottori. (1)



Kuva 2. AM8000 sarjan servomoottori (1)

2.2 Beckhoff AX5106-0000-0x00 -servovahvistin

Beckhoffin AX5000 -sarjan servovahvistimet on saatavilla yksi- tai monikanavaisina versioina. Yhdessä EtherCATin kanssa integroitu säätötekniikka tarjoaa minimi läpimenoajat ja tukee nopeaa, erittäin dynaamisia paikannustehtäviä. Tässä työssä käytettiin yksikanavaista servovahvistinta. Kuvassa 3 on kaksi erilaista Beckhoff AX5000 -sarjan servovahvistinta. (2)



Kuva 3. Kaksi Beckhoffin AX5000 -sarjan servovahvistinta (2)

2.3 Beckhoff TwinSAFE

2.3.1 Beckhoff TwinSAFE:n ominaisuuksia

TwinSAFE integroitu turvallisuusratkaisu (turvalogiikka) on jatkoa Beckhoffin avoimen PC-pohjaisen ohjauksen filosofialle. Kenttäväyläkohtaisen neutraalin protokollan ansiosta TwinSAFE -laitteet voidaan integroida mihin tahansa kenttäväyläjärjestelmään. Tätä varten IP 20 TwinSAFE -väyläterminaalit integroidaan olemassa oleviin väyliin K-busilla tai EtherCATilla tai niitä käytetään suoraan laitteen IP 67 moduuleina. Nämä turva -I/O:t (input/output) muodostavat rajapintoja turvallisuudelle tärkeille antureille ja toimilaitteille. Mahdollisuus lähettää turvallisuudelle tärkeitä signaaleja standardiväylää pitkin tarjoaa etuja laitteen suunnittelulle, asennukselle, käytölle, huollolle, diagnostiikalle sekä kustannuksille. (3)

Turvallisuussovellus on määritetty tai ohjelmoitu TwinCAT -ohjelmistossa, josta se ladataan väylää pitkin TwinSAFE -logiikkaterminaaliin (KL6904 tai EL69x0). Nämä logiikkaterminaalit muodostavat TwinSAFE -järjestelmän sydämen. Laitteen kaikki turvalaitteet kommunikoivat tämän logiikkaterminaalin kanssa. Useita TwinSAFE -logiikkaterminaaleja voidaan käyttää samanaikaisesti yhdessä verkossa. (3)

Tiedonsiirto itsenäisen turvapiirin kautta

Jaettujen TwinSAFE -logiikkaterminaalien välinen tiedonsiirto on yksinkertaista toteuttaa TwinCAT -ohjelmistolla. Tämä koskee sekä verkon terminaaleja että laitteiden eri ohjaimia. Turvallisuuden kannalta olennaisia tietoja ja signaaleja voidaan vaihtaa heti, kun ohjaimet ovat muodostaneet viestintäyhteyden kenttäväylän avulla tai verkkomuuttujen kautta. Tietenkin käytetyn järjestelmän reaktioajat ja kyvyt on otettava huomioon. (3)

Tätä varten TwinCAT -ohjelmisto olettaa tehtäväkseen jakaa tietoa. Tällä keskeisellä tiedonjaolla on kaksi merkittävää etua:

- Kaikki turvallisuuden kannalta olennainen tieto syötetään funktionaalisen ohjaimen kautta ja ne ovat käytettävissä diagnostisiin tarkoituksiin. Diagnostisten tietojen tuottamista turvallisuus ohjaimessa ei tarvita. Tämä säästää ohjelmoinnin vaivaa sekä tietokoneen suorituskykyä ja siten myös kustannuksia.
- Kaikki kenttäväyläjärjestelmät, joita käytetään TwinCAT ohjelmistolla, ovat myös saatavilla turvalaitteilla. TwinSAFE/FSoE protokolla on niin turvallinen, että edes kenttäväyläjärjestelmien sekoittaminen tai turvallisuuden kannalta oleellinen tiedonvaihto, moduulien ja eri kenttäväyläjärjestelmien kesken, ei ole ongelma. (3)

Varmennettu turvatoiminto lohko helpottaa kokoonpanoa

TwinSAFE -logiikkaterminaalin varmennettu turvatoimintolohko mahdollistaa yksinkertaisen täytöntöönpanon kaikissa turvallisuuteen liittyvissä tehtävissä, yksinkertaisesta turvaovirajakytkimestä monimutkaisiin mykistystoimintoja ja turvaohjausta käyttäviin verkottuneisiin ja yhdistettyihin laitteisiin. Yksittäisten ”turvallisuusryhmien” sulkeminen tai ”viestinnän sulkeminen” mahdollistaa kohdennetun tehtaan eri osien pysäyttämisen koneiden operoinnin ajaksi. Nämä ovat olennaisia toimintoja, joita tarvitaan, jotta verkottunut turvajärjestelmä voi toimia. Ilman niitä käyttöönotto, huolto ja osissa toimivat

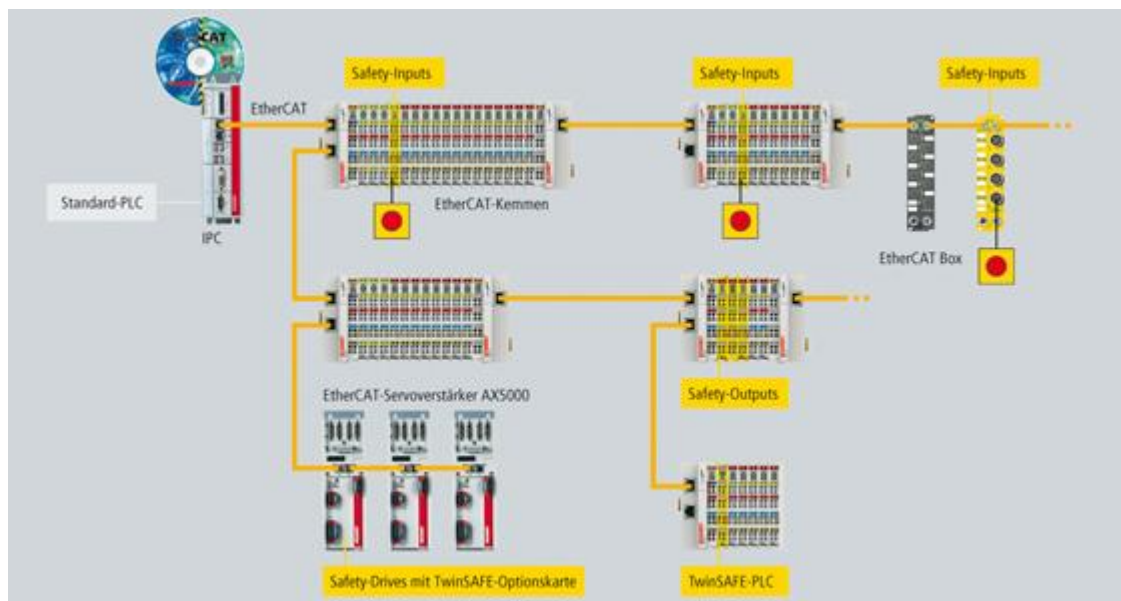
linkitetyt koneet eivät ole mahdollisia. EL69x0 TwinSAFE PLC:n kanssa kaikki diagnostiset tiedot ja toimilohkojen statukset voidaan yhdistää sykliseen EtherCAT -sähkeeseen. (3)

Varmuuskopiointi ja palautusmekanismi helpottavat vaihtoa vikatilanteessa

Kaikki parametrit ja asetukset sekä sovellusohjelma tallennetaan EL69x0 TwinSAFE PLC:hen. Tämän ansiosta turvaohjain voidaan ohjelmoida joko työasemalla tai tehtaalla kenttäväylän avulla ja sitten yksinkertaisesti kytkeä järjestelmään.

EL69x0:ssa on erityinen varmuuskopiointi- ja palautusmekanismi. Tämän takia ylimääräisille vaihdettaville tallennusvälineille ei ole tarvetta. Käyttäjä voi aktivoida tämän toiminnon TwinCAT -ohjelmistossa tai sovelluksen kautta.

Mikäli alkuperäinen päätte on vaihdettu esimerkiksi vian vuoksi, järjestelmä tunnistaa automaattisesti uuden TwinSAFE PLC:n ja voimassa oleva TwinSAFE -sovellus ladataan automaattisesti uuteen terminaaliin. Turvatarkastus tapahtuu täysin automaattisesti eikä se vaadi käyttäjän suorittamia toimia. Huoltohenkilöstön tarvitsee vain vaihtaa väyläterminaali ja TwinSAFE -järjestelmä hoitaa kaiken muun. Kuvassa 4 on esimerkki TwinSAFE -järjestelmästä. (3)

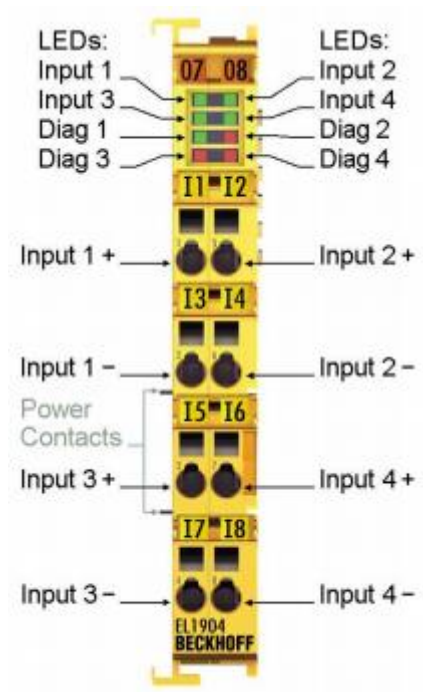


Kuva 4. Avoin säätötekniikka turvallisuus integraatiolle: TwinSAFE-protokolla mahdollistaa turvallisuuden kannalta tärkeiden tietojen siirtämisen minkä tahansa välineen kautta (3)

2.3.2 EL1904, EL2904 TwinSAFE väyläterminaalit neljällä virhesuojatulla tulolla tai lähdöllä

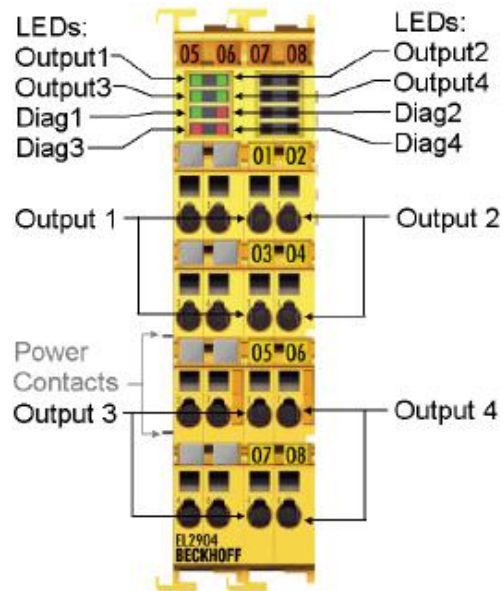
EL1904 ja EL2904 -väyläterminaaleilla voidaan yhdistää tavalliset turvallisuusanturit ja turvallisuuslaitteet. EL1904:ää ja EL2904:ää ohjataan EL6900 TwinSAFE Logic -väyläterminaalilla. (4; 5)

EL1904 on digitaalinen tuloterminaalit antureille. Väyläterminaalissa on neljä virhesuojattua tuloa. Kaksikanavaisella liitännällä EL1904 vastaa standardien IEC 61508 SIL 3, EN 954 Cat 4, DIN EN ISO 13849-1:2006 (Cat 4, PL e), NRTL, UL508, UL1998 ja UL991 vaatimuksia. Kuvassa 5 on EL1904 tuloterminaalit. (4)



Kuva 5. EL1904 TwinSAFE virhesuojattu tuloterminaalit (4)

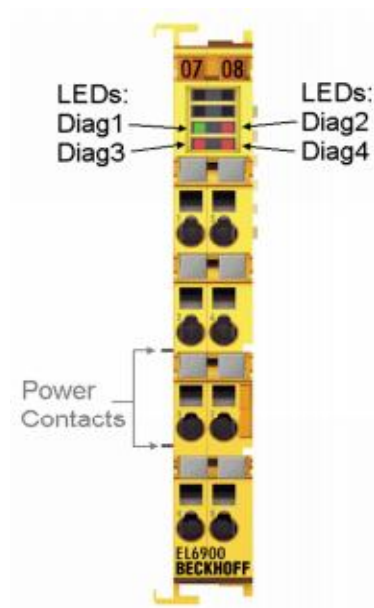
EL2904:llä toimilaitteet (esim. kontaktorit, releet jne.) voidaan liittää korkeintaan 0,5 A:n (24 V_{DC}) virtaan. EL2904 vastaa standardien IEC 61508 SIL3, EN 954 Cat 4, DIN EN ISO 13849-1:2006 (Cat 4, PL e), NRTL, UL508, UL1998 ja UL991 vaatimuksia. Kuvassa 6 on EL2904 -lähtöterminaali. (5)



Kuva 6. EL2904 TwinSAFE virhesuojattu lähtöterminaali (5)

2.3.3 EL6900 TwinSAFE Logic -väyläterminaali

EL6900 TwinSAFE Logic -väyläterminaali on turvalogiikka TwinSAFE:n tulo- ja lähtöterminaalien välillä. EL6900 vastaa standardien IEC 61508 SIL3, EN 954 Cat.4 ja DIN EN ISO 13849-1:2006 (Cat4, PLe) vaatimuksia. Kuvassa 7 on EL6900 TwinSAFE Logic -väyläterminaali. (6)



Kuva 7. EL6900 TwinSAFE Logic -väyläterminaali (6)

2.3.4 AX5805 TwinSAFE -turvakortti AX5000 -servokäytölle

Bechhoffin AX5xxx -sarjan servovahvistimista tulee täysivaltaisia turvakäyttöjä, kun niihin lisää AX5805 TwinSAFE -turvakortin. Turvakortti pystyy poistamaan kokonaan vääntömomentin moottorin tai näytön nopeudesta, asemasta ja pyörimissuunnasta (EN ISO 13849-1:2006 PL e:n mukaisesti). Katkaisijat, kontaktorit syöttölinjoissa tai erityiset pulssianturijärjestelmät eivät ole toiminnallisuuden kannalta välttämättömiä. Tämä mahdollistaa helpon asennuksen ja auttaa säästämään kaappitilaa. Erityiset pulssianturijärjestelmät, SDI (Safe Direction) tai SLS (Safety Limited Speed), eivät ole tarpeellisia toimintojen toteuttamiseksi. Kaikkia Bechhoffin moottoreita, jotka ovat listattuna "AX5805 – List of permitted motors" -tiedostossa, voidaan käyttää ilman ylimääräisiä pulssianturijärjestelmiä näille toimintoille. Turvallinen paikanvalvonta tai sijaintialueen valvonta on yksinkertaista toteuttaa AX5805 turvakortin tuella. (7)

AX5805:n lisääminen ei vaadi ylimääräisiä johdotuksia, koska EtherCAT -viestintää käytetään AX5xxx -sarjan perussäätimissä. AX5805 TwinSAFE -turvakortti on itsenäinen EtherCAT -orja ja se viestii suoraan AX -ohjaimen kautta TwinSAFE -logiikkaterminaalin kanssa olemassa olevassa verkossa. Kuvassa 8 on AX5805 turvakortti. (7)

AX5805:n käyttöohjeessa kerrotaan, että turvakortilla voidaan toteuttaa seuraavat turvatoiminnot:

- Stop functions (STO, SOS, SS1, SS2)
- Speed Functions (SLS, SSM, SSR, SMS)
- Position functions (SLP, SCA, SLI)
- Acceleration functions (SAR, SMA)
- Direction of rotation functions (SDIp, SDIn) (7)



Kuva 8. AX5805 turvakortti (7)

2.4 Beckhoff-väyläterminaalijärjestelmän kuvaus

Beckhoff-väyläterminaalijärjestelmän avulla anturit sekä toimilaitteet saadaan liitettyä ohjaukseen hajautetusti. Siihen kuuluvia komponentteja käytetään suurimmaksi osaksi teollisuus- ja rakennusautomaatiossa. Yksinkertaisimmassa tapauksessa väyläasema koostuu väyläliittimestä ja siihen kytketyistä väyläterminaaleista. Väyläterminaalit muodostavat viestintäyhteyden anturi- sekä toimilaittejärjestelmään. Vastaavasti väyläliitin

muodostaa yhteyden ohjaukseen. Toimilaitteet sekä anturit liitetään ruuvittomalla liitännättekniikalla terminaaleihin.

2.4.1 Väyläliitin

Taulukossa 1 on väyläliittimen mekaaniset tiedot ja taulukossa 2 on esitelty väyläliittimen liitännättekniikkaa. Kuvassa 9 on väyläliitin. (4; 5)

Taulukko 1. Väyläliittimen mekaaniset tiedot (4; 5)

Mekaaniset tiedot	Väyläliitin
Materiaali	Polykarbonaatti, polyamidi (PA6.6)
Mitat (L x K x S)	44 mm x 100 mm x 68 mm
Asennus	35 mm:n kannatuskiskolle (EN50022) lukituksella
Kiinnitys	Kaksinkertainen ura- ja jousiliitântä



Kuva 9. Väyläliitin (4; 5)

Taulukko 2. Väyläliittimen liitântäteknikka (4; 5)

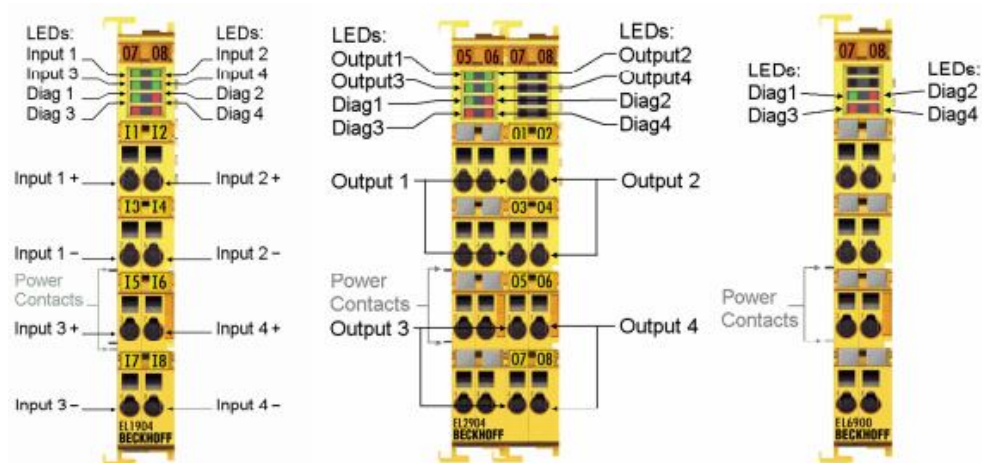
Liitântäteknikka	Väyläliitin
Johdotus	Jousipuristustekniikka (Cage Clamp)
Liitântäpoikkileikkaus	0,08 mm ² ...2,5 mm ² , säkeislanka, umpilanka
Kenttäväyläliitântä	Riippuu kenttäväylästä
Virtakontaktit	3 jousikontaktia
Virtakuormitus	10 A
Nimellisjännite	24 V _{DC}

2.4.2 Väyläterminaalit

Taulukossa 3 on väyläterminaalien mekaaniset tiedot ja taulukossa 4 on esitelty väyläterminaalien liitântäteknikkaa. Kuvassa 10 on EL1904, EL2904 ja EL6900 väyläterminaalit.

Taulukko 3. Väyläterminaalien mekaaniset tiedot (4; 5)

Mekaaniset tiedot	Väyläterminaali
Materiaali	Polykarbonaatti, polyamidi (PA6.6)
Mitat (L x K x S)	12 mm x 100 mm x 68 mm tai 24 mm x 100 mm x 68 mm
Asennus	35 mm:n kannatuskiskolle (EN50022) lukituksella
Kiinnitys	Kaksinkertainen ura- ja jousiliitântä



Kuva 10. EL1904, EL2904 ja EL6900 (4; 5)

Taulukko 4. Väyläterminaalin liitântäteknikka (4; 5)

Liitântäteknikka	Väyläliitin
Johdotus	Jousipuristustekniikka (Cage Clamp)
Liitântäpoikkileikkaus	0,08 mm ² ...2,5 mm ² , säkeislanka, umpilanka
Kenttäväyläliitântä	E-bus
Virtakontaktit	Enintään 3 terä-/ jousikontaktia
Virtakuormitus	10 A
Nimellisjännite	Riippuu väyläterminaali tyypistä

2.4.3 E-bus

E-bus on tiedonsiirtokanava terminaalirivissä. E-bus johdatetaan väyläliittimestä käsin kaikkien terminaalien läpi terminaalin sivuseinissä olevan kuuden kontaktin kautta. (4; 5)

2.4.4 Virtaliittimet

Käyttöjännite siirretään seuraaviin terminaaleihin kolmen virtaliittimen kautta. Terminaalirivissä voidaan muodostaa halutunmukaisia potentiaalerotettuja ryhmiä käyttämällä potentiaalisyöttöterminaaleja. Syöttöterminaaleja ei huomioida terminaalien ohjauksessa ja ne voidaan liittää mihin tahansa terminaalirivin kohtaan. (4; 5)

3 Käyttömoottorin vaihtaminen

Vetokoneen servomoottori oli rikkoutunut ja se päätettiin vaihtaa uuteen, jotta vetokone saataisiin takaisin opetuskäyttöön. Vetokonetta päätettiin samalla myös hieman modernisoida. Työ alkoi vetokoneen purkamisella. Purkamisen yhteydessä saatiin tarvittavaa tietoa (mitä osia vetokoneessa on, mitä voidaan käyttää uudelleen, mitä uusia osia tilataan, mittoja jne.) uusien osien tilaamiseksi. Uudet osat tilattiin Beckhoff Automation Oy:ltä, minkä jälkeen alkoi uusien osien sovittaminen sekä asennus. Sen jälkeen, kun uudet osat oli asennettu, tehtiin tarvittavat kytkennät ja koottiin vetokone lopullisesti. Tämän jälkeen vetokoneeseen liitettiin uusi tietokone ja vetokoneen toiminta testattiin. Lopulta vetokone saatiin jälleen toimintakuntoon ja nykyiset sekä tulevat opiskelijat voivat taas tehdä sillä vetokokeita.

3.1 Vetokoneen purku

Vetokoneen servomoottori, servovahvistin sekä vaihteisto olivat kiinnitetty melko tiiviiseen ryppääseen kytkentäkaappiin, kuten kuvasta 11 nähdään. Alkuun tuotti hieman ongelmia päästä käsiksi servovahvistimen sekä takaoven ja sivupellin kiinnityspultteihin/-muttereihin, koska kädet eivät mahtuneet pieniin rakoihin. Onneksi koululta löytyi jatkovarsia työkaluihin ja purkaminen pääsi alkamaan.



Kuva 11. Vetokoneen vanha servomoottori (vihreä laatikko), servovahvistin (sininen laatikko) sekä vaihteisto (punainen laatikko) kiinni vetokoneessa

Ensimmäiseksi vetokoneesta irrotettiin servovahvistin, toinen takaovi ja sivupelti (kuva 12). Servovahvistin oli kiinnitetty pulteilla kytkentäkaapin takalevyyn. Takaovi sekä sivupelti oli kiinnitetty pulteilla ja muttereilla.



Kuva 12. Vetokoneen toinen takaovi, sivupelti sekä servovahvistin on irrotettu

Toisen takaoven, sivupellin ja servovahvistimen irrottamisen jälkeen vaihteiston ja servomoottorin sai irrotettua yhtenä kokonaisuutena vetokoneesta, minkä jälkeen ne irrotettiin toisistaan (kuva 13). Vaihteisto oli kiinnitetty pulteilla ja muttereilla vetokoneen runkoon ja servomoottori oli kiinnitetty kuusiokolo pulteilla servomoottorin ja vaihteiston välissä olleeseen kiinnityslaippaan.



Kuva 13. Vanha servomoottori (yläpuolella) ja vaihde (alapuolella) irrotettuina

Seuraavaksi selvitettiin vaihteen välityssuhde. Vaihteen akselia pyöritettiin ja samalla katsottiin, kuinka monta kierrosta vaihteen hammasratas pyöri. Tuloksena saatiin vaihteen välityssuhteeksi 1:36. Välityssuhde luki vaihteiston kyljessä italiaksi, mutta välityssuhde päätettiin varmistaa myös mekaanisesti. Vanhasta servomoottorista mitattiin päämitat (pituus 230 mm ja leveys 100 mm), akselin halkaisija (19 mm) sekä pituus (40 mm). Moottorista otettiin ylös myös seuraavat tiedot: teho 1,4 kW, vääntömomentti 8,0 Nm sekä moottorin max kierrosnopeus 3000 r/min. Servomoottorin ja vaihteen välissä ollut kiinnistyslaippa mitattiin. Myöhemmässä vaiheessa uuden servomoottorin mitoittaminen perustui vanhasta servomoottorista saatuihin tietoihin.

Tästä eteenpäin vetokoneen purkamisen suoritti toinen opiskelija, joka oli päävastuussa koneen antureiden, ohjauksen sekä kytkentöjen uusimisesta.

Vetokoneen lopulliseksi sijoituspaikaksi oli päätetty toinen huone materiaali- ja pintakäsittelylaboratoriossa, jonne se siirrettiin purkamisen jälkeen. Vetokone on melko painava ja sen painopiste on aika korkealla, joten se päätettiin pultata lattiaan kiinni, jotta se ei pääse vahingossakaan kaatumaan. Vetokoneen rungossa oli valmiiksi reiät lattiaan kiinnittämistä varten.

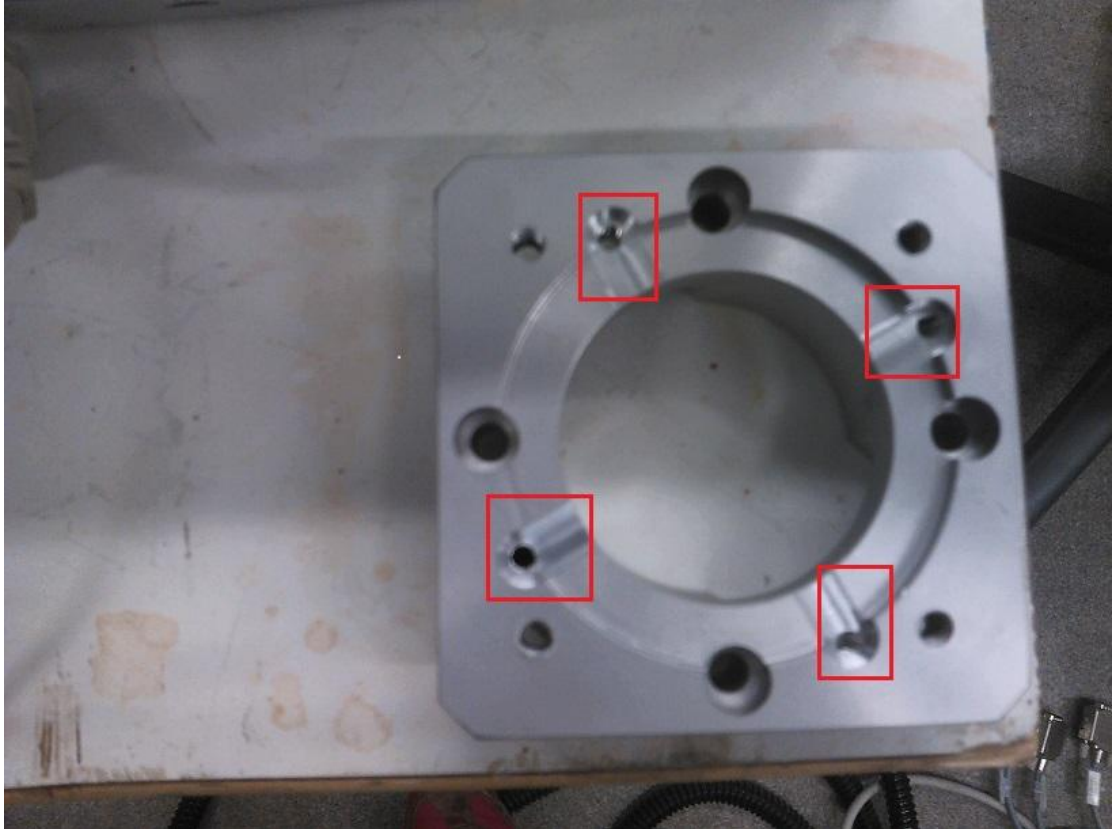
3.2 Servomoottorin ja servovahvistimen valinta

Vetokoneen vaihteistoa ei päätetty vaihtaa, koska vanha vaihteisto toimi hyvin. Vetokoneen toiminnalliset vaatimukset pysyivät samoina eli koneella tulee pystyä suorittamaan vetokoe turvallisesti. Uudet osat päätettiin hankkia Bechoff Automation Oy:stä. Uuden servomoottorin mitoittaminen perustui vanhasta servomoottorista saatuihin tietoihin, jotta vetokoneen voimat pysyisivät suurin piirtein samoina. Valitulle servomoottorille löytyi yhteensopiva servovahvistin suoraan listasta.

3.3 Uuden servomoottorin ja servovahvistimen asennus

Muutama viikko tilauksen jälkeen uudet osat saapuivat koulun pintakäsittely- ja materiaalitekniikanlaboratorioon ja asennustyö voitiin aloittaa. Uusi servomoottori ei sopinut suoraan vanhaan kiinnitysliippaan. Kiinnitysliippaa voitiin kuitenkin muokata sen verran, että sitä voitiin käyttää myös uuden servomoottorin ja vaihteiston kiinnitykseen.

Kiinnityslaippaan jysittiin uudet lovet, joihin porattiin reiät (kuva 14) uuden moottorin kiinnitystä varten. Uusiin reikiin tehtiin myös kierteet. Silmämääräinen mittaaminen osoittautui liian epäluotettavaksi, joten servomoottorissa olevia reikiä jouduttiin hieman suurentamaan, jotta moottori saatiin kiinnitettyä pulteilla kiinnityslaippaan.



Kuva 14. Servomoottorin ja vaihteen välissä olevaan kiinnityslaippaan tehtiin uudet reiät uuden servomoottorin kiinnitystä varten

Uudet reiät jouduttiin poraamaan siten, että servomoottori ja vaihteisto eivät ole suorassa linjassa (kuva 15). Tällä ei kuitenkaan ole toiminnan kannalta mitään merkitystä, vaan se on ainoastaan kosmeettinen ”virhe”, joka on kuitenkin katseilta piilossa vetokoneen kytkentäkaapin sisällä.



Kuva 15. Servomoottori ei ole suorassa linjassa vaihteen kanssa

Uusi servovahvistin on hieman leveämpi kuin vanha servovahvistin (kuva 16) ja uudessa servomoottorissa on vain yksi liitin, kun vanhassa servomoottorissa liittimiä oli kaksi.



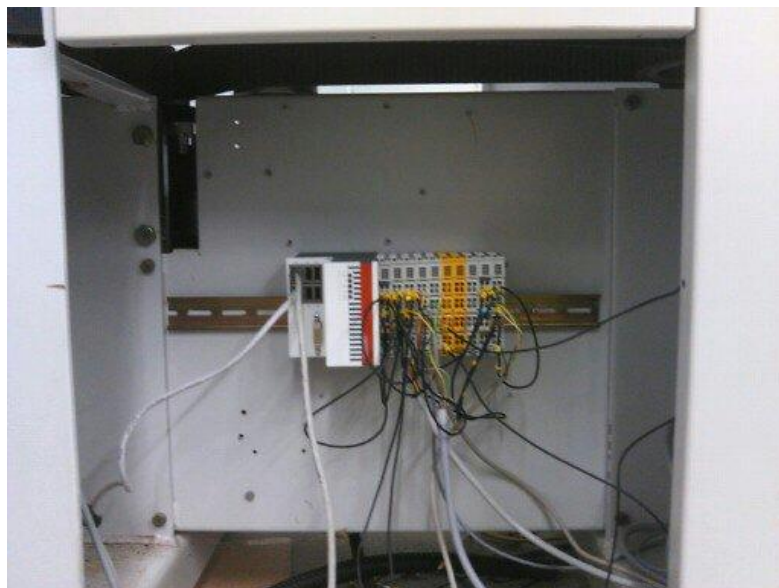
Kuva 16. Uusi servovahvistin (oikealla) on hieman leveämpi kuin vanha servovahvistin (vasemmalla)

Uuden servovahvistimen kiinnitystä varten porattiin reiät vetokoneen kytkentäkaapin takalevyyn, ja se mahtui samaan kohtaan kuin vanha servovahvistin (kuva 17), vaikka uusi servovahvistin onkin hieman leveämpi kuin vanha servovahvistin. Samalla kaikki vanhat kytkennät poistettiin kytkentäkaapista ja sinne syntyi runsaasti tilaa.



Kuva 17. Uusi servovahvistin mahtui vaihteen viereen, vaikka uusi vahvistin onkin hieman leveämpi kuin vanha vahvistin

Vetokoneen uusi ohjausyksikkö sijoitettiin vetokoneen toiselle puolelle (kuva 18), vaikka servovahvistimen puolelle tuli runsaasti tilaa, kun vanhat liitännät voitiin poistaa. Uuden ohjainyksikön sijoittaminen koneen toiselle puolelle, näkyville, oli kuitenkin opetusmielessä järkevää, koska nyt vetokoneen ohjausjärjestelmän kytkentöjä pääsee helposti katsomaan ja opiskelemaan. Vetokoneen toiselle puolelle kiinnitettiin vanhojen kytkentöjen pois ottamisen yhteydessä ylimääräiseksi jäänyt kisko, johon uusi ohjausyksikkö kiinnitettiin.



Kuva 18. Vetokoneen uusi ohjausyksikkö kiinnitettynä vetokoneen toiselle puolelle

Koulun helpdeskistä haettiin uusi tietokone, johon ladattiin Beckhoffin internetsivuilta TwinCAT -ohjelma, jonka avulla vetokoneella tehtyjen testien tulokset saadaan näkyviin tietokoneen näytölle. Laboratorion huoneeseen, johon vetokone sijoitettiin, vedettiin myös internetyhteys kaapelilla, koska sitä ei aikaisemmin ollut siellä.

Kun kaikki osat oli saatu kiinnitettyä vetokoneen sisälle, alkoi vetokoneen ulkokuoren kokoaminen. Tämä osoittautui haastavaksi, koska näiden osien purkamisesta oli vastannut toinen opiskelija, joka ei kuitenkaan ollut paikalla kokoamisen aikana. Vetokoneen sivupeltejä, ovia, pultteja, muttereita sekä muita osia oli ympäri huonetta. Useammin kuin kerran kävikin niin, että jokin osa oli jo kiinnitetty vetokoneeseen, kun vastaan tuli toinen osa, joka olisi pitänyt kiinnittää aikaisemmin. Sivupeltejä tuli siis kiinnitettyä ja irrotettua useamman kerran. Lopulta oltiin siinä vaiheessa, että vetokoneesta puuttui enää muoviset suojaovet, joiden kiinnityksen jälkeen vetokone oli koottu (kuva 19).



Kuva 19. Vetokone koottuna

4 Tulokset

Vetokone purettiin osittain ja koneesta poistettiin hajonnut servomoottori sekä servovahvistin, minkä lisäksi vetokoneesta irrotettiin vaihteisto, ovia, suojalevyjä jne. Vetokoneen hajonneen servomoottorin tilalle vaihdettiin uusi servomoottori sekä servovahvistin. Vetokone siirrettiin ja pintakäsittely- ja materiaalitekniikan laboratorion sisällä eri huoneeseen, jossa se pultattiin lattiaan kiinni kaatumisvaaran minimoimiseksi.

Vetokoneen modernisoinnissa vetokoneen ohjausjärjestelmä vaihdettiin uudenaikaiseen ohjausyksikköön ja uutena osana ohjausjärjestelmään tuli turvalogiikka, joka on integroitu ohjausyksikköön. Uusi ohjausyksikkö on huomattavasti pienempi kuin vanha ohjausjärjestelmä, joten vetokoneen kytkentäkaappiin jäi paljon tyhjää tilaa, kun kaikki vanhat kytkennät poistettiin. Uusi ohjausyksikkö sijoitettiin kytkentäkaapin vastakkaiselle puolelle ja se jäi näkyviin, joten opiskelijat voivat vetokokeiden yhteydessä opiskella samalla kytkentöjä. Vetokoneeseen liitetty uusi tietokone saatiin toimimaan vetokoneen kanssa. Huoneeseen, johon vetokone sijoitettiin, vedettiin myös verkkoyhteys kaapelilla.

Vetokoneen korjauksen sekä modernisoinnin lopputuloksena Metropolia Ammattikorkeakoulun Myyrmäen toimipisteellä on jälleen toimiva vetokone ja opiskelijat voivat taas tehdä vetokokeita.

5 Yhteenveto

Työn tavoite oli saada Metropolia Ammattikorkeakoulun Myyrmäen toimipisteen hajonnut vetokone takaisin toimintakuntoon ja samalla hieman modernisoida sitä. Työssä piti toteuttaa vetokoneen servomoottorin ja servovahvistimen vaihtaminen uusiin sekä purkaa vanhoja kytkentöjä ja uusia ohjausjärjestelmää. Lopuksi vetokone piti koota, minkä jälkeen alkoi vetokoneen testaaminen. Lisäksi työssä piti kirjoittaa teoriaa ohjausjärjestelmän turvalogiikasta, joka tuli uutena osana ohjausjärjestelmään.

Työn käytännön osuudessa hankalimmaksi vaiheeksi osoittautui vetokoneen kokoaminen, koska suurimman osan vetokoneen purkamisesta oli tehnyt toinen opiskelija oman insinööriyönsä yhteydessä. Niinpä monia osia saikin irrottaa useampaan kertaan, kun käteen tuli sellainen osa, joka olisi pitänyt kiinnittää jo aikaisemmassa vaiheessa. Ohjausjärjestelmät, kuten myös ohjausjärjestelmän turvalogiikka, eivät olleet entuudestaan kovinkaan tuttuja tämän insinööriyön tekijälle. Tämä toi myös lisähaastetta projektille. Loppujen lopuksi kaikki osat saatiin kuitenkin kiinnitettyä vetokoneeseen ja vetokone saatiin jälleen toimimaan. Vetokoneen kytkentäkaappiin jäi melko paljon ylimääräistä tilaa, kun uusi pienempi ohjausyksikkö korvasi suuren määrän vanhoja kytkentöjä.

Työn ehdoton hyöty on se, että vetokone on jälleen opetusikäisessä, joten tällä hetkellä projektia ei tarvitse jatkaa. Tulevaisuudessa, mikäli vetokoneeseen joudutaan vielä vaihtamaan servomoottori tai servovahvistin, niin tässä insinööriyössä on siihen valmiit ohjeet. Myös joidenkin muiden osien vaihtoon on hyvät pohjatiedot.

Lähteet

- 1 Beckhoff: Syncronous Servomotors. 2015. Verkkodokumentti. Beckhoff Automation Oy.
<http://download.beckhoff.com/download/Document/Drives/AM8000_AM8500_BA_en.pdf> . Luettu 23.2.2015.
- 2 Beckhoff: Servo Drives. 2015. Verkkodokumentti. Beckhoff Automation Oy.
<http://www.beckhoff.com/english.asp?drive_technology/ax51xx.htm> . Luettu 23.2.2015.
- 3 Beckhoff: TwinSAFE. 2013. Verkkodokumentti. Beckhoff Automation Oy.
<<http://www.beckhoff.fi/TwinSAFE/>> . Luettu 11.12.2014.
- 4 Beckhoff: TwinSAFE. EL1904. 2013. Verkkodokumentti. Beckhoff Automation Oy.
<<http://download.beckhoff.com/download/Document/TwinSAFE/EL1904en.pdf>> . Luettu 10.1.2015
- 5 Beckhoff: TwinSAFE. EL2904. 2013. Verkkodokumentti. Beckhoff Automation Oy.<<http://download.beckhoff.com/download/Document/TwinSAFE/EL2904en.pdf>> . Luettu 25.1.2015.
- 6 Beckhoff: TwinSAFE. EL6900. 2013. Verkkodokumentti. Beckhoff Automation Oy.<<http://download.beckhoff.com/download/Document/TwinSAFE/EL6900en.pdf>> . Luettu 16.2.2015.
- 7 Beckhoff: TwinSAFE. AX5805. 2013. Verkkodokumentti. Beckhoff Automation Oy.<<http://download.beckhoff.com/download/Document/TwinSAFE/AX5805en.pdf>> . Luettu 19.2.2015.

EL1904, tekniset tiedot

Product name	EL2904	
Number of inputs	0	
Number of outputs	4	
Status display	4 (one green LED per output)	
Fault response time	≤ watchdog times	
Output current per channel	max. 500 mA, min. 20 mA with current measurement active	
Actuators	When selecting actuators please ensure that the EL2904 test pulses do not lead to actuator switching.	
Cable length between actuator and terminal	(unshielded)	max. 100 m
	(shielded)	max. 100 m
Wire cross section	min. 0.75 mm ²	
Input process image	6 bytes	
Output process image	6 bytes	
EL2904 supply voltage	24 V _{DC} (-15%/+20%)	
Current consumption from the E-bus	approx. 221 mA	
Power dissipation of the terminal	typically 2 W	
Electrical isolation (between the channels)	no	
Electrical isolation (between the channels/E-bus)	yes	
Insulation voltage (between the channels and the E-bus, under common operating conditions)	insulation tested with 500 V _{DC}	
Dimensions (W x H x D)	24mm x 100mm x 68mm	
Weight	approx. 100 g	
Permissible ambient temperature (operation)	0°C to +55°C	
Permissible ambient temperature (transport/storage)	-25°C to +70°C	
Permissible air humidity	5% to 95%, non-condensing	
Permissible air pressure (operation/storage/transport)	750 hPa to 1100 hPa	
Climate class according to EN 60721-3-3	3K3	
Permissible contamination level	Contamination level 2 (follow the chapter cleaning)	
Unacceptable operating conditions	TwinSAFE terminals must not be used under the following operating conditions: <ul style="list-style-type: none"> • under the influence of ionizing radiation • in corrosive environments • in an environment that leads to unacceptable soiling of the Bus Terminal 	
EMC immunity/emission	conforms to EN 61000-6-2 / EN 61000-6-4	
Vibration / shock resistance	conforms to EN 60068-2-6 / EN 60068-2-27	
Shocks	15 g with pulse duration 11 ms in all three axes	
Protection class	IP20	
Permitted operating environment	control cabinet or terminal box with minimum protection class IP54 according to IEC 60529	
Permissible installation position	see chapter <i>Installation position and minimum distances</i>	
Approvals	CE, cULus, ATEX	

EL2904, tekniset tiedot

Product name		EL2904
Number of inputs		0
Number of outputs		4
Status display		4 (one green LED per output)
Fault response time		≤ watchdog times
Output current per channel		max. 500 mA, min. 20 mA with current measurement active
Actuators		When selecting actuators please ensure that the EL2904 test pulses do not lead to actuator switching.
Cable length between actuator and terminal	(unshielded)	max. 100 m
	(shielded)	max. 100 m
Wire cross section		min. 0.75 mm ²
Input process image		6 bytes
Output process image		6 bytes
EL2904 supply voltage		24 V _{DC} (-15%/+20%)
Current consumption from the E-bus		approx. 221 mA
Power dissipation of the terminal		typically 2 W
Electrical isolation (between the channels)		no
Electrical isolation (between the channels/E-bus)		yes
Insulation voltage (between the channels and the E-bus, under common operating conditions)		insulation tested with 500 V _{DC}
Dimensions (W x H x D)		24mm x 100mm x 68mm
Weight		approx. 100 g
Permissible ambient temperature (operation)		0°C to +55°C
Permissible ambient temperature (transport/storage)		-25°C to +70°C
Permissible air humidity		5% to 95%, non-condensing
Permissible air pressure (operation/storage/transport)		750 hPa to 1100 hPa
Climate class according to EN 60721-3-3		3K3
Permissible contamination level		Contamination level 2 (follow the chapter cleaning)
Unacceptable operating conditions		TwinSAFE terminals must not be used under the following operating conditions: <ul style="list-style-type: none"> • under the influence of ionizing radiation • in corrosive environments • in an environment that leads to unacceptable soiling of the Bus Terminal
EMC immunity/emission		conforms to EN 61000-6-2 / EN 61000-6-4
Vibration / shock resistance		conforms to EN 60068-2-6 / EN 60068-2-27
Shocks		15 g with pulse duration 11 ms in all three axes
Protection class		IP20
Permitted operating environment		control cabinet or terminal box with minimum protection class IP54 according to IEC 60529
Permissible installation position		see chapter <i>Installation position and minimum distances</i>
Approvals		CE, cULus, ATEX