



Torninosturin koulutussimulaattori

Petteri Korpiaho

Opinnäytetyö, AMK

Maaliskuu 2022

Tekniikan ja liikenteen ala

Insinööri (AMK), sähkö- ja automaatiotekniikka, monimuotototeutus

Korpiaho Petteri

Torninosturin koulutussimulaattori

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Maaliskuu 2022, 43 sivua.

Tekniikan ala. Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö AMK.

Julkaisun kieli: suomi

Verkkojulkaisulupa myönnetty: kyllä

Tiivistelmä

Lambertsson Oy on torninosturien myyntiä ja vuokrausta harjoittava yhtiö, joka toimi opinnäytetyön toimeksiantajana. Toimeksiantajalla on ollut haasteena uusien työntekijöiden perehdyttäminen, johon toivottiin opinnäytetyön avulla helpotusta.

Opinnäytetyön aiheena oli luoda Lambertsson Oy:lle torninosturin koulutussimulaattori. Koulutussimulaattori rakennettiin toimeksiantajan tiloissa sijaitsevaan merikonttiin. Koulutussimulaattori sisältää torninosturin oleelliset koneistot ja laitteet. Simulaattori rakennettiin havainnollistamaan torninostureiden toimintaa osana työntekijöiden perehdytystä, sekä toimimaan turvallisena ympäristönä harjoitella vikatilanteissa toimimista.

Työ toteutettiin perehtymällä torninostureiden toimintaan, ja rakentamalla fyysinen simulaattori oikean torninosturin komponenteista. Opinnäytetyön teoreettinen viitekehys käsittelee torninostureita ja niiden rakennetta.

Opinnäytetyön tavoitteena oli nopeuttaa uusien työntekijöiden perehdyttämistä ja edistää työturvallisuutta mahdollistamalla nykyisille työntekijöille tavan harjoitella erilaisien vikatilanteiden ratkaisua, mitä nostureiden parissa työskennellessä voi ilmaantua.

Opinnäytetyön tutkimusmenetelmänä käytettiin kehittämistutkimusta. Aineisto kerättiin haastattelujen, sekä torninosturin valmistajien laatimien dokumenttien avulla. Työn tuloksena syntyi konkreettinen työkalu toimeksiantajan työntekijöiden käyttöön. Simulaattori otettiin käyttöön heti sen valmistuttua.

Avainsanat (asiasanat)

Torninosturi, työturvallisuus, perehdytys

Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)

-

Korpiaho Petteri

Tower crane training simulator

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, March 2022, 43 pages.

Engineering and technology. Degree Programme in Electrical and Automation Technology. Bachelor's thesis.

Permission for web publication: Yes/No

Language of publication: Finnish

Abstract

Lambertsson Oy is a company that rents and sells tower cranes. The company's challenge has been job orientation for their new employees. The aim on this thesis is to find solutions to ease this challenge.

The subject of this thesis is to build a tower crane training simulator for Lambertsson Oy. The training simulator was built in a shipping container that is located in the company's facilities. The training simulator contains the most essential machinery and equipment of a tower crane. The simulator was built to illustrate the functionalities of tower cranes in part of the employees' job orientation. The simulator is also made to action as a risk-free environment to practice fault situations in tower cranes.

The thesis was executed by familiarizing to the functionalities of tower cranes and building a physical simulator from a real components of tower cranes. The knowledge base concerns tower cranes and their structure.

The thesis objective was to speed up the job orientation of new employees and further the industrial safety by enabling a way to practice solving fault situations that can occur while working around tower cranes.

Design-based research was used as the research method of the thesis. The data was collected using interviews and tower crane manufacturer's documentation. As a result, a concrete tool was built for Lambertsson's employees to use. The simulator started operating immediately after it was finished.

Keywords/tags (subjects)

Tower crane, industrial safety, job orientation

Miscellaneous (Confidential information)

-

Sisältö

1	Johdanto	3
1.1	Opinnäytetyön tausta, tavoitteet ja rajaukset	3
1.2	Lambertsson Oy / Nosturiasennus Virtanen	4
2	Tutkimusmenetelmä	5
3	Torninosturi	6
3.1	Alusta.....	8
3.2	Torni	9
3.3	Taivutus- tai puristuspuomi	10
3.4	Vastapainot	11
3.5	Käyttö-, hallinta- ja varolaitteet	13
3.6	Nostovaunu ja koukkupesä	15
4	Työturvallisuus torninostureissa	16
5	Koulutussimulaattori	17
5.1	Simulaattorin käyttötarkoitus	17
5.2	Simulaattorin komponentit.....	19
6	Koulutussimulaattorin rakentaminen	30
7	Tulokset ja pohdinta	31
	Lähteet	33
	Liitteet	34
	Liite 1. YONGMAO STT293 Power supply – sähkökuva (A-keskus).....	34
	Liite 2. YONGMAO STT293 Slewing/Trolley – sähkökuva (H-keskus)	35
	Liite 3. YONGMAO STT293 Hoisting – sähkökuva (L-keskus)	36
	Liite 4. YONGMAO STT293 Cab – sähkökuva (K-keskus).....	37
	Liite 5. YONGMAO STT293 Symbolien selitykset 1/4.....	38
	Liite 6. YONGMAO STT293 Symbolien selitykset 2/4.....	39
	Liite 7. YONGMAO STT293 Symbolien selitykset 3/4.....	40
	Liite 8. YONGMAO STT293 Symbolien selitykset 4/4.....	41
	Liite 9. Koulutussimulaattorin käyttöönottotarkastuspöytäkirja 1/2	42
	Liite 9. Koulutussimulaattorin käyttöönottotarkastuspöytäkirja 2/2	43

Kuviot

Kuvio 1	NT-CAB ohjaamo	5
---------	----------------------	---

Kuvio 3 Nosturin pääosat (KONE-RATU 04-3007 1989, 1.).....	7
Kuvio 4 Alavaunu, peruskivet ja alakivet. (Oh 2021.)	8
Kuvio 5 Valujalka. (Oh 2021.)	8
Kuvio 6 Maston harustukset eri mastokokoonpanoilla (Yongmao STT293 Operation Manual, n.d.)	9
Kuvio 7 H205B runkopala ja harustuskehikko (Yongmao STT293 Operation Manual, n.d.)	10
Kuvio 8 Taivutuspuominen nosturi (Yongmao STT293 Operation Manual n.d.)	11
Kuvio 9 Puristepuominen nosturi (Yongmao STL230 T32 Assembly Manual n.d.) Lisättävä lähteisiin	11
Kuvio 10 Taulukko kivien määrästä ja tyypistä eri puomin pituuksilla (Yongmao STT293 Operation Manual n.d.)	12
Kuvio 11 Vastapainojen paino ja tiheys (Yongmao Operation Manual n.d.).....	12
Kuvio 12 Nostovaunun köyden pujotuskuva (Yongmao STT293 Operation Manual n.d.)	13
Kuvio 13 Nostoköyden pujotuskuva (Yongmao STT293 Operation Manual n.d.)	14
Kuvio 14 Kääntöpöytä (Slewing Table) (Yongmao STT293 Operation Manual n.d.)	14
Kuvio 15 Nostovaunu (Oh 2021)	15
Kuvio 16 Nosturin koukku ja turvasalpa (Oh 2021).	16
Kuvio 17 Simulaattori.....	18
Kuvio 18 Maksimipukki oma kuva.....	19
Kuvio 19 Momenttirajat.....	20
Kuvio 20 Kuormanvalvontalaite	21
Kuvio 21 Ohjauspenkki.....	21
Kuvio 22 Kääntömoottori ja kääntövaihte	23
Kuvio 23 Nostovaunun koneisto	24
Kuvio 24 Kenkäjarru	25
Kuvio 25 Nostokoneisto	25
Kuvio 26 Liikeraja	26
Kuvio 27 Liikeraja	26
Kuvio 28 Jarruvastus	27
Kuvio 29 A – keskus.....	28
Kuvio 30 L – keskus	28
Kuvio 31 H – keskus.....	29
Kuvio 32 K – keskus	29
Kuvio 33 R - kotelo	30

1 Johdanto

1.1 Opinnäytetyön tausta, tavoitteet ja rajaukset

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Lambertsson Oy, joka on torninostureiden myyntiä, vuokrausta, asennuksia ja huoltoa harjoittava osakeyhtiö, jonka emoyhtiönä toimii Peab Oy. Toimeksiantaja esitellään tarkemmin luvussa 1.2.

Työturvallisuuden rooli torninostureissa työskentelevien ihmisten parissa on kasvanut ja tulee kasvamaan lähivuosina. Torninosturien modernisointi, turvalaitteet ja kuormanvalvontalaitteet ovat tulleet osaksi asentajien ja kuljettajien arkea. Työskentely torninostureissa on haastavaa jo pelkästään korkeutensa vuoksi, mutta pohjoismaiset olosuhteet tekevät siitä vielä entistä haastavampaa. Talvella nosturissa liikkuminen on vaikeaa liukkauden vuoksi. Jatkuva kelien vaihtelu tuo myös haasteensa nosturin sulana pitämiseen. Turvallisen työskentelyn peruspilareita on myös tietää, miten nosturi toimii tai käyttäytyy erilaisissa tilanteissa.

Toimeksiantajalla on jo pitkään ollut ongelmana löytää alalla vallitsevaan työvoimapulaan osaavia ja sitoutuneita työntekijöitä. Uusien työntekijöiden perehdyttämiseen ei ole laadittu ennalta suunniteltua prosessia, vaan kouluttaminen on hoidettu muiden töiden ohella epäjärjestelmällisesti. Uusi työntekijä tutustuu torninostureiden rakenteeseen ja komponentteihin yksitellen ja sattumanvaraisesti, jolloin kokonaiskuva torninostureiden toiminnasta muotoutuu liian hitaasti ja vaja-
vaisesti.

Tämän opinnäytetyön aiheeksi valittiin torninosturin koulutussimulaattori. Opinnäytetyön tavoitteena on rakentaa Lambertsson Oy:lle torninosturin koulutussimulaattori, jolla koulutetaan sekä havainnoidaan torninosturin toimintaa, liikerajojen säätämistä, turvalaitteiden toimintaa ja vikatilanteita turvallisesti, joita ei aikaisemmin ole pystytty havainnollistamaan kunnolla. Simulaattori rakennetaan merikonttiin, johon integroidaan nosturin tärkeimpiä komponentteja. Tavoitteena on kehittää alalla jo työskentelevien henkilöiden ammattitaitoa sekä kouluttaa simulaattorin avulla alalle uusia työntekijöitä nopeammin.

Tämän opinnäytteen aihetta määriteltäessä haluttiin pureutua torninosturin toiminnan selkeyttämiseen ja mahdollisten vaaratilanteiden minimoimiseen. Opinnäytetyössä kehitetyllä simulaattorilla voidaan antaa uusille työntekijöille mahdollisuus tutustua torninostureiden osiin ja toimintaan kokonaisuudessaan ennen kiipeämistä oikeaan nosturiin.

Opinnäytetyö rajataan simulaattorin rakentamiseen sekä torninosturin toiminnan selkeyttämiseen asentajille sekä huoltomiehille. Tämä opinnäytetyö ei käsittele torninosturilla ajamista kuljettajan näkökulmasta eikä itse kasautuvia ”linkkunostureita”. Opinnäytetyön ulkopuolelle jätettiin myös työvoimapulan ratkaisuehdotukset.

1.2 Lambertsson Oy / Nosturiasennus Virtanen

Nosturiasennus Virtasen historia alkoi vuonna 1989, jolloin Veli-Pekka Virtanen perusti yrityksen. Alussa yritys toimi pelkästään pystyttämällä ja purkamalla nostureita. 1990-luvun taitteessa toiseksi omistajaksi toimintaan liittyi Kosti Martikainen. Samaan aikaan yritys hankki ensimmäiset omat torninosturit. Tästä eteenpäin yrityksen liiketoimintaan on kuulunut myös elementtiasennukset sekä nostureiden pienimuotoinen vuokraaminen. (Virtanen 2021.)

Vuonna 2001 Virtasen liiketoiminnan ja yrityksen 20 omistamaa nosturia osti Lambertsson Oy, joka on Peab-konserniin kuuluva osakeyhtiö. Vuonna 2008 Lambertsson Oy aloitti Kiinalaisen Yongmao-merkkisen nosturin maahantuonnin, jolloin myös ensimmäinen kiinalainen nosturi pystytettiin Levin torin projektiin Lemminkäisen työmaalle. Levin työmaan jälkeen alkoi kehitystyö NTcab Oy:n kanssa, jonka tarkoituksena oli kehittää torninosturiin pohjoisen olosuhteisiin toimiva, ja kuljettajalle mieluisa ohjaamo. Kuviossa 1 näkyvää ohjaamo voidaan pitää yhtenä yrityksen läpimurroista nosturimarkkinoilla. (Virtanen 2021.)

Lambertsson Oy aloitti yhteistyön suoraan Yongmao-tehtaan kanssa vuonna 2014, joka on kestänyt tähän päivään saakka. Lambertsson Oy:n kalustoon kuuluu tällä hetkellä noin 135 torninosturia kokoluokassa 20–1400 tonnimetriä. Yritys työllistää kokonaisuudessaan noin 40 henkilöä. (Virtanen 2021.)



Kuvio 1. NT-CAB ohjaamo

Lambertsson Oy:n toimialueena on koko Suomi ja se pystyy vastamaan laajan kalustonsa avulla niin rakennustyömaiden kuin teollisuuden tarpeisiin. Kalustoon kuulu myös Euroopan suurin torninosturi Yongmao STT1330-64, jonka maksimikuorma on 64 tonnia, ja se pystyy nostamaan 12 tonnia 80 metrin etäisyydelle.

Lambertsson Oy:n toimintaan kuuluu tällä hetkellä nostureiden myynti, vuokraus, huolto ja asennus. Lambertssonilla on kaksi miehitettyä varikkoa, joista toinen sijaitsee Leppävedellä ja toinen Vantaan Kivistössä. Nostureiden huoltoon kuluu myös nostureiden modernisointi ja päivitys.

2 Tutkimusmenetelmä

Opinnäytetyössä haettiin vastaukset seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

- Miten työvoimapulasta kärsivälle alalle saadaan koulutettua nopeammin uusia työntekijöitä?
- Voidaanko torninosturin koulutussimulaattorin avulla vähentää vaaratilanteita ja parantaa työturvallisuutta?

Opinnäytetyö on toteutettu laadullisena eli kvalitatiivisena tutkimuksena. Opinnäytetyön tutkimusmenetelmänä on kehittämistutkimus. Kehittämistutkimuksen tavoitteena on konkreettinen muutos ja ongelman poistaminen, eikä vain ratkaisuehdotuksen esittäminen (Kananen 2015, 39-40). Tässä opinnäytetyössä koulutussimulaattorin avulla pyritään konkreettisesti helpottamaan uusien työntekijöiden perehdytystä ja parantamaan työturvallisuutta.

Opinnäytetyön aineistonkeruumenetelminä käytetään dokumentteja sekä haastatteluja. Opinnäytetyössä perehdytään perusteellisesti torninosturien toimintaan. Tietoa torninostureista on saatavilla nosturivalmistajien manuaaleista sekä toimeksiantajan ja nosturivalmistajan edustajilta. Tavoitteena on kerätä tietoa yhteen, jotta koulutussimulaattoriin saadaan sisällytettyä kaikki tarvittavat komponentit, ja toimeksiantajan työntekijöillä on mahdollisuus tutustua torninosturien rakenteeseen simulaattorin ja tähän opinnäytetyöhön kootun tiedon avulla.

Työssä haastatellaan toimeksiantajan osastopäällikköä, työnjohtajaa, sekä opinnäytetyössä käsiteltävän torninosturivalmistajan edustajaa. Toimeksiantajan haastattelut toteutetaan teemahaastatteluina. Teemahaastattelu valittiin aineistonkeruumenetelmäksi, sillä teemahaastattelu mahdollistaa haastattelulle joustavan rakenteen, jossa keskustellaan aiheeseen liittyvistä teemoista ilman tarkkaa, ennalta määriteltyä kysymyspatteristoa (Kananen 2015, 82–83.) Torninosturivalmistajan edustajan haastattelu toteutetaan verkkohaastatteluna ja sähköpostihaastatteluna. Nosturivalmistaja toimii Kiinassa, joten haastattelu kasvotusten ei ole mahdollista.

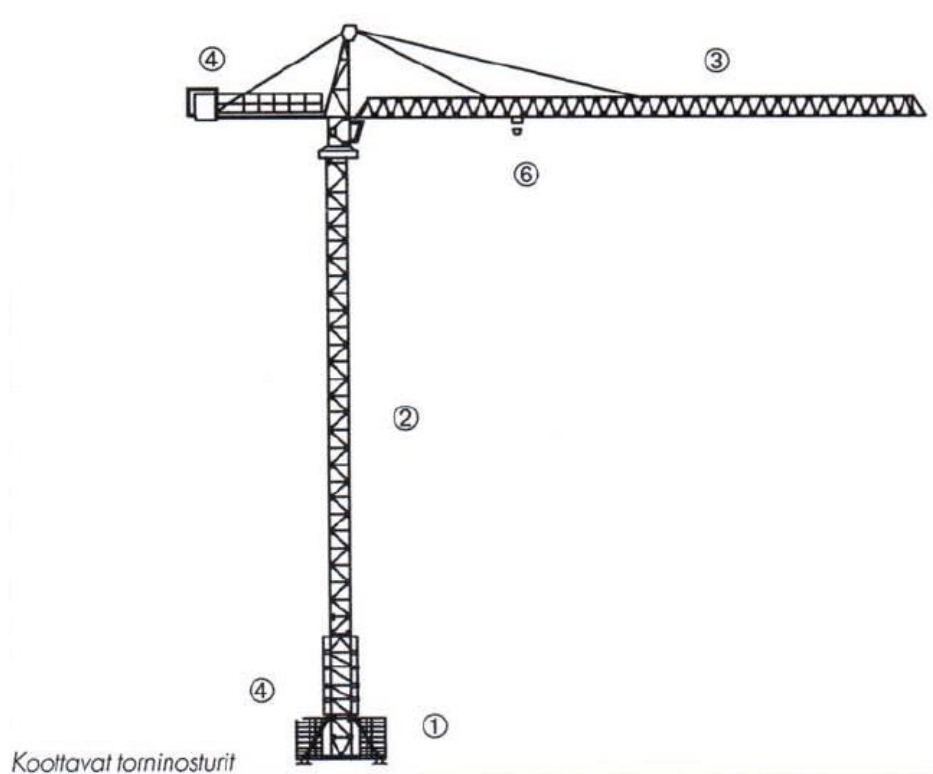
3 Torninosturi

Tämä kappale käsittelee Yongmao STT293 -torninosturin toiminnan kannalta oleelliset osat pääpiirteittäin. Opinnäytetyötä varten rakennettava simulaattori tehdään kyseistä nosturia mallintaen. Tiedonhaussa on hyödynnetty esimerkiksi torninosturivalmistajien manuaaleja, työturvallisuusstandardeja, sekä elektroniikan tietolähteitä.

Torninosturi on työkone, joka on suunniteltu mahdollistamaan raskaiden taakkojen nostamista erilaisissa rakentamisen kohteissa. Torninostureita on kahden tyyppisiä: Taivutus- ja puristuspuominostureita.

Nosturin pääosat (ks. kuvio 2) ovat:

1. Alusta
2. Torni
3. Taivutus- tai puristuspuomi
4. Vastapainot
5. Käyttö-, hallinta- ja varolaitteet:
 - ajo-, kääntö-, nostovaunu- ja nostokoneisto
 - rajakatkaisimet, ylikuormitussuojat, hallinta- ja tukirakenteisiin liittyvät varolaitteet
6. Nostovaunu ja koukkupesä



Kuvio 2. Nosturin pääosat (KONE-RATU 04-3007 1989, 1.)

3.1 Alusta

Nosturin alusta on nosturin ensimmäinen osa, joka asennetaan. Alustan avulla nosturi ankkuroidaan maahan. Nosturi voidaan perustaa työmaalla valettuun valujalkaan, kallioankkureihin tai alavaunun päälle, joka kasataan peruskivien päälle. Alavaunuun (ks. kuvio 3) on mahdollista asentaa myös ratatelit, jolloin nosturilla pystyy myös siirtymään ajoradalla. Alavaunulliseen nosturiin asennetaan alakiviä tietty määrä riippuen nosturin kokoonpanosta. Valujalkaan (ks. kuvio 4) ja kal-liokiinnitykseen ei tarvita alakiviä.



Kuvio 3. Alavaunu, peruskivet ja alakivet. (Oh 2021.)



Kuvio 4. Valujalka. (Oh 2021.)

3.2 Torni

Nosturin masto (mast section) on teräsrakenne alustan ja kääntöpöydän välillä. Maston rakenteen avulla nosturiin kohdistuvat voimat välittyvät ankkuroituun rakennukseen tai perustukseen (Oh 2021). Torninostureiden koukkukorkeus saadaan kasaamalla nosturin runkopaloja päällekkäin haluttuun korkeuteen saakka. Runko voidaan pystyttää suoraan autonosturilla tai nosturi voi kasata itseään kiipeilyhäkin avulla. Runkopalat voivat olla pultti- tai tappikiinnitteisiä.

Anchorage installation schematic

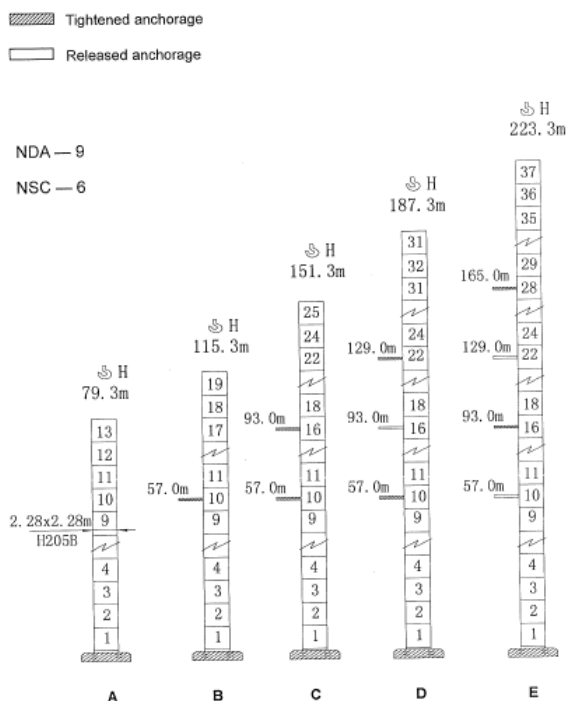


Fig. 7.3-1

A—Freestanding height B— 1 anchorage C—2 anchorages
 D—3 anchorages E—4 anchorages
 H—Height under the hook (other height is from fixing angles to anchorage frame)
 NDA—Number of standard mast section above the last anchorage
 NSC—Number of standard mast section between two anchorages

Kuvio 5. Maston harustukset eri mastokokoonpanoilla (Yongmao STT293 Operation Manual n.d., 7A-3)

STT293-nosturin vapaa seisontakorkeus H205B-mastolla on 79,3 metriä, joka nähdään kuviosta 5. Kuviosta 6 ilmenee myös maston harustuskohdat eri koukkukorkeuksilla. Jos nosturin vapaa seisontakorkeus ylitetään, joudutaan nosturin mastoa harustamaan esimerkiksi rakennettavan talon runkoon. Mastoon asennetaan kuviossa 6 näkyvä harustuskehikko, josta se harustetaan rakennuksen runkoon.

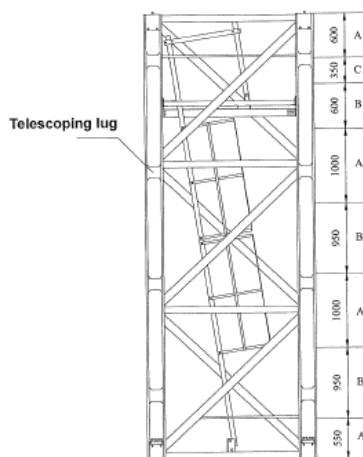
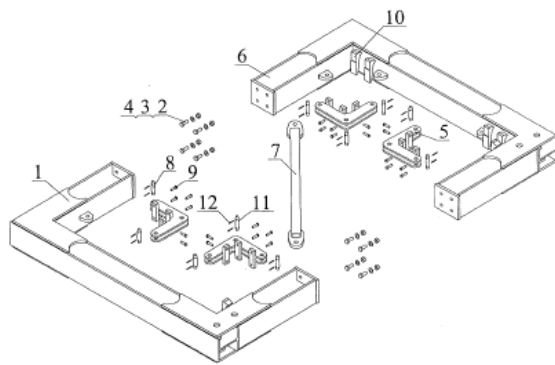
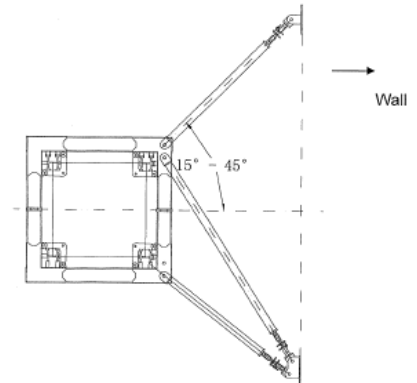


Fig. 7.4-1

Form 1



Form 2

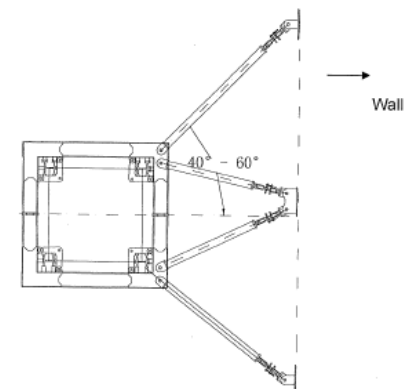
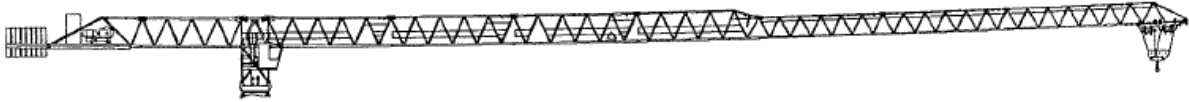


Fig. 7.4-2

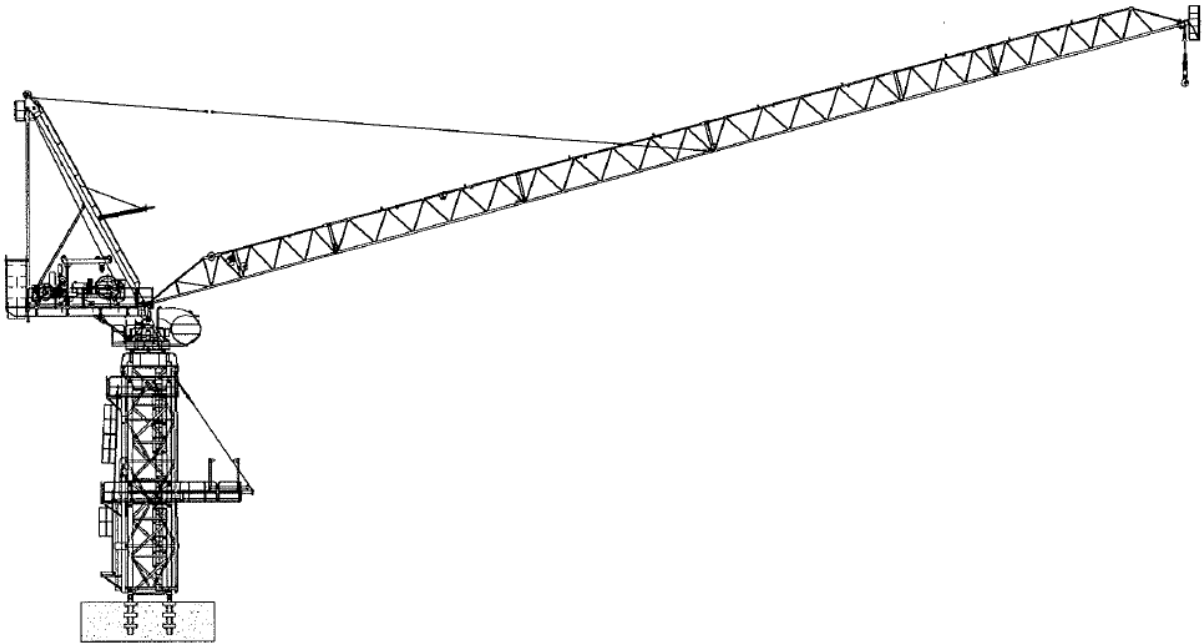
Kuvio 6. H205B runkopala ja harustuskehikko (Yongmao STT293 Operation Manual n.d., 7A-5)

3.3 Taivutus- tai puristuspuomi

Nosturin puomisto (jib) on ristikkorakenteinen teräsrakenne, jonka avulla nosturi saavuttaa nostoetäisyytensä (Oh, 2021). Taivutuspuomisessa nosturissa (ks. kuvio 7) nostoetäisyyttä muutetaan liikuttamalla nostovaunua vaakasuunnassa eri kohtaan. Puristepuomisessa nosturissa (ks. kuvio 8) nostoetäisyyttä säädetään nostamalla tai laskemalla puomia. Puristepuomisessa nosturissa ei ole erillistä nostovaunua. (KONE-RATU 04-3007 1989)



Kuvio 7. Taivutuspuominen nosturi (Yongmao STT293 Operation Manual n.d., 6A-1)



Kuvio 8. Puristepuominen nosturi (Yongmao STL230 T32 Assembly Manual n.d., 83)

3.4 Vastapainot

Nosturin vastapainot (counterweight) ovat betonista valmistettuja erimuotoisia sekä painoisia elementtejä. Vastapainot roikkuvat nosturin vastapainopuomilla kuvion 7 näyttämällä tavalla. Nosturi pysyy tasapainossa vastapainojen avulla ja niiden yhteenlasketun kokonaismassan määrittää nosturin puomin pituus.

Valmistajan käyttöohjeiden mukaan on erittäin tärkeää, että vastapainot valmistavat joko valmistaja itse tai valtuutettu valmistaja. Tällä varmistutaan että, vastapainot ovat varmasti oikean painoisia ja muotoisia. Valmistaja suosittelee myös merkkimaan kiven painon kiven kylkeen. Tämä helpottaa kiven tunnistamista lastausvaiheessa. (Yongmao STT293 Operation Manual n.d., 6A-1)

Jib length (m)		20		25		30			35		
Counter-jib length (m)		16.2	14.2	16.2	14.2	20.2	16.2	14.2	20.2	16.2	14.2
In service and telescoping	Counter block	2A+B	3A+B	3A	4A+C	2A+C	3A+B	5A	2A+B+C	4A+B	5A+B
	Weight (kg)	10000	14000	12000	17000	9000	14000	20000	11000	18000	22000

Jib length (m)		40			44			50		54		60	64	70	74
Counter-jib length (m)		20.2	16.2	14.2	20.2	16.2	14.2	20.2	16.2	20.2	16.2	20.2	20.2	20.2	20.2
In service and telescoping	Counter block	3A+C	5A+C	6A+B	3A+B	5A+B	6A+B+C	4A+C	6A+C	4A+C	6A+B	5A+C	5A+B+C	6A+C	6A+B
	Weight (kg)	13000	21000	26000	14000	22000	27000	17000	25000	17000	26000	21000	23000	25000	26000

Kuvio 9. Taulukko kivien määrästä ja tyypistä eri puomin pituuksilla (Yongmao STT293 Operation Manual n.d., 6A-1)

Kuviossa 9 näkyvän taulukon mukaan nähdään, että esimerkiksi 40 metrin etupuomilla sekä 20,2 metrin vastapainopuomilla tarvitaan yhteispainoltaan 13 000 kg vastapainoja, jotka muodostuvat kolmesta A-kivestä ja yhdestä C-kivestä.

Counter weight type	Density (t/m ³)	Weight (kg)	Tolerance
A	2.4	4000	±1%
B	2.4	2000	±2%
C	2.4	1000	±2%

Kuvio 10. Vastapainojen paino ja tiheys (Yongmao Operation Manual n.d., 6A-1)

Kuviosta 10 nähdään, että STT293 merkkisessä nosturissa on kolme erityyppistä kiveä:

- A-kivi 4000 kg ±1 %
- B-kivi 2000 kg ±2 %
- C-kivi 1000 kg ±2 %

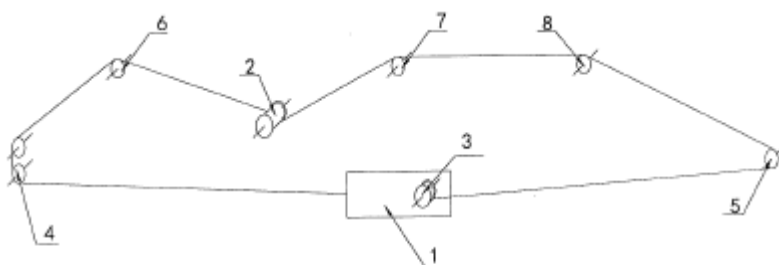
Betonin tiheys on oltava 2,4 tonnia kuutiometrillä ja vastapainojen painon on pysyttävä kuviosta 10 näkyvien toleranssien sisäpuolella.

3.5 Käyttö-, hallinta- ja varolaitteet

STT293 nosturin liikekoneistoilla sekä ohjaamossa on omat sähkökeskukset, joita ohjataan ohjaamossa olevilla ohjaussauvoilla. Nosturit toimivat sähköllä ja nykyisin lähes kaikki nosturit ovat logiikka- sekä taajuusmuuttajaohjattuja. Ohjaussauvat antavat käskyjä logiikoille ja logiikat ohjaavat taajuusmuuttajia. Näin on saavutettu nosturin tarkempi ohjattavuus ja mahdollisuus säätää nosturin toimintaa. Taajuusmuuttajalla tässä työssä tarkoitetaan jännitevälipiiritasasuuntajaa, joka koostuu tasa- ja vaihtosuuntaussillasta (Hietalahti 2011, 90). Logiikalla tässä työssä tarkoitetaan ohjelmoitavaa logiikkaa (PLC = Programmable Logic Controller). Ohjelmoitava logiikka on automaatiojärjestelmä, joka suorittaa siihen ladattua ohjelmaa tietyssä järjestyksessä ohjelman sääntöjen mukaisesti (Kippo & Tikka 2008, 54). Vanhat nosturit, joita vielä esiintyy työkäytössä, ovat kontaktiohjattuja. Nosturin liikekoneistoja ovat:

- Nostokoneisto (Hoisting)
- Nostovaunun koneisto (Trolley/Luffing)
- Kääntökoneisto (Slewing)
- Ajoavaunukoneisto (Traveling)

Nostokoneiston tehtävänä on liikuttaa nostoköyttä, jonka avulla koukkupesä liikkuu ylös- tai alaspäin. Nostoköysi lähtee nostokoneistolta ja pujotetaan köysipyörien, nostovaunun ja koukkupesän läpi ja lopuksi kiinnitetään nosturin puomin päähän kärkipukkiin kiilapesällä. Kuviosta 12 nähdään nostoköyden pujotuksen periaate. Nostokoneisto on nosturin suurin liikekoneisto. Nostovaunun koneisto liikuttaa nostovaunua puomilla vaakasuunnassa säätäen nostoetäisyyttä haluttuun kohtaan. Nostovaunu liikkuu puomilla vaijerin avulla, jota nostovaunun koneisto vetää. Kuviosta 11 nähdään nostovaunun köyden pujotuskuva.

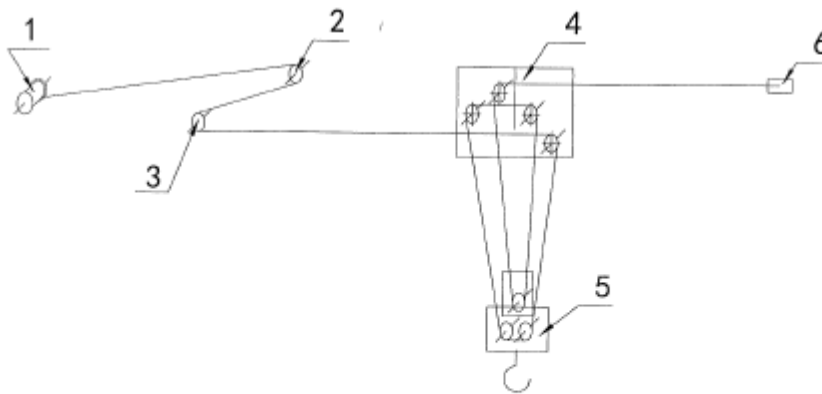


1. trolley 2. trolley drum 3. tension wheel 4. jib foot pulley 5. jib end pulley

6-8. jib pulley

Fig. 13.1-1

Kuvio 11. Nostovaunun köyden pujotuskuva (Yongmao STT293 Operation Manual n.d., 13A-1)

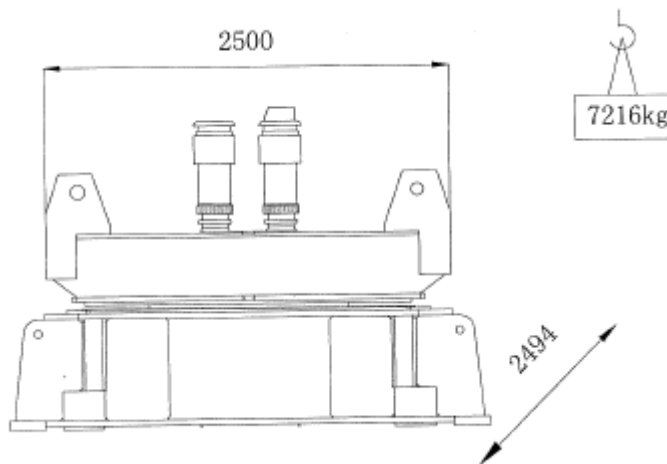


- | | | |
|-------------------------|------------------|--------------------|
| 1. hoisting drum | 2. proving ring | 3. jib foot pulley |
| 4. trolley pulley block | 5. hook assembly | 6. rope swivel |

Fig. 13.2-1

Kuvio 12. Nostoköyden pujotuskuva (Yongmao STT293 Operation Manual n.d., 13A-4)

Kääntökoneiston (ks. kuvio 13) avulla nosturia käännetään joko vasemmalle tai oikealle. STT293 nosturissa on kaksi kääntömoottoria. Kääntömoottorit on asennettu vaihdelaatikoihin, jotka hammaspyörien avulla pyörittävät kääntöpöydän kääntölaakeria.



Kuvio 13. Kääntöpöytä (Slewing Table) (Yongmao STT293 Operation Manual n.d., 10A-3)

Ajovaunukoneiston tehtävänä on liikuttaa nosturia ratakiskoilla. Tästä on hyötyä, jos työmaa on pitkä. Tällöin sama nosturi pystyy työskentelemään koko työmaan alueella.

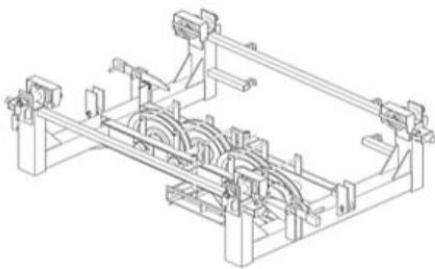
STT293 nosturissa varolaitteita ovat:

- Liitekoneistojen seisontajarrut
- Nostovinssin hätäjarru
- Liitekoneistojen rajakytkimet
- Momenttirajat
- Maksimiraja
- Nopeusrajat
- Hätä-Seis-Painikkeet

Varolaitteita käsitellään tarkemmin luvussa 5.2

3.6 Nostovaunu ja koukkupesä

Nostovaunu (ks. kuvio 14) on taakan kuljetukseen rakennettu teräsrakenne, joka kulkee puomistoa pitkin kantopyörien avulla. Nostovaunua liikutetaan nostovaunun koneistoon kiinnitetyn teräsvaijerien avulla. Vaijerit ovat kiinnitetty nostovaunuun molemmista päistä kiilapesän avulla. Joissakin nostovaunu ja koukku yhdistelmissä on mahdollista muuttaa nostoköyden köysikertoja ilman manuaalista työtä (Oh 2021). Köysikertoja muuttamalla voidaan vaikuttaa nosturin nostokapasiteettiin sekä työskentelyn nopeuteen.



Kuvio 14. Nostovaunu (Oh 2021)

Nosturin koukku toimii taakan kiinnityspisteenä. Koukku on kokonaisuudessaan teräsrakenteinen, mutta itse koukku on taottua terästä riittävällä sitkeydellä. Tällä vältytään murtumilta ja pystytään työskentelemään nosturin käyttölämpötila-alueella. Kuviossa 15 näkyvä koukun turvasalpa on oltava kiinnitettynä koko ajan, jotta vältytään taakan lipeämiseltä. (Oh 2021.)



Kuvio 15. Nosturin koukku ja turvasalpa (Oh 2021).

4 Työturvallisuus torninostureissa

Työturvallisuus on todella isossa roolissa torninostureissa. Nosturit sekä liikuteltavat massat ovat kooltaan suuria ja voivat aiheuttaa suurta vahinkoa nosturin toimiessa epänormaalisti. Nosturille tehtävillä huolloilla, ennakoivilla kunnossapitotarkastuksilla, pystytystarkastuksilla, määräaikaistarkastuksilla sekä perusteellisilla määräaikaistarkastuksilla pyritään pitämään nosturi turvallisena koko sen elinkaaren ajan. Tarkastukset yhdessä kuljettajan kanssa ovat avaintekijöitä nosturin turvalliselle käytölle.

Torninosturille tehdään pystytystarkastus jokaisen asennuksen yhteydessä tai nosturin kokoonpanoa muutettaessa. Tarkastuksella varmistetaan, että nosturi on rakenteeltaan, yleiskunnonaltaan sekä turvalaitteiltaan soveltuva työkäyttöön. Tarkastuksessa havaitut puutteet ilmoitetaan työmaan johdolle, jotta niihin voidaan puuttua heti ja tarkastus saadaan suoritettua loppuun. Pystytystarkastuspöytäkirja voidaan allekirjoittaa ja nosturi luovuttaa käyttöön vasta, kun kaikki havaitut puutteet on korjattu. (Torninosturiohjeet 2014, 8).

Torninostureille tehdään määräaikaistarkastus kahden vuoden välein sekä perusteellinen määräaikaistarkastus kymmenen vuoden välein. Määräaikaistarkastus tehdään nosturin ollessa pystytettynä ja perusteellinen määräaikaistarkastus tehdään nosturin ollessa purettuna. Määräaikaistarkastuksessa tutkitaan turvallisuuteen vaikuttavien osien väsymistä, kulumista, korroosiota tai

muita vaurioita (L. 1403/1993, 14 §). Perusteellisessa tarkastuksessa tutkitaan purettuna sellaisia osia, joiden toimintakunnon tarkastaminen ei ole muutoin luotettavasti mahdollista. Tarkastuksessa on käytettävä ainetta rikkomattomia menetelmiä (L. 403/2008, 34 §).

Nostureille tehdään myös päivittäisiä ja viikoittaisia tarkastuksia. Näillä tarkastuksilla pyritään ennakoidaan mahdollisia tulevia vikoja sekä varmistetaan päivittäin sekä viikoittain nosturin turvallisuudesta toimintakunnosta. Tarkastuksen voi suorittaa työmaan työnjohto tai jollei työnjohdolla ole pätevyyttä tähän, niin tarkastuksen voi suorittaa torninosturin rakenteeseen ja käyttöön perehtynyt henkilö, tai nosturin kuljettaja. (Torninosturiohjeet 2014, 3).

Nostureita modernisoidaan ja huolletaan niiden ollessa purettuina, mutta myös niiden ollessa pystytettyinä. Tämän vuoksi on tärkeää, että nostureita pystyttävät ja huoltavat henkilöt ovat hyvin perehtyneitä nosturin toimintaan ja tietävät, kuinka nosturin kuuluu toimia ja kuinka huoltotyöt tehdään korkealla vaaraa aiheuttamatta.

Tällä hetkellä huoltotoimenpiteitä on harjoiteltava pystytetyssä nosturissa, kymmenien metrien korkeudessa. Opinnäytetyössä laadittavan koulutussimulaattorin tavoitteena on mahdollistaa tapa harjoitella huolto- ja vikatilanteita toimeksiantajan toimitiloissa. Tällöin voidaan eliminoida pystytetyssä nosturissa esiintyvät riskitekijät, kuten sääolosuhteet ja työskentely korkealla. Perehdyttäminen oikeassa nosturissa voi olla uudelle työntekijälle myös stressaavampaa kuin harjoittelu simulaattorin avulla.

5 Koulutussimulaattori

5.1 Simulaattorin käyttötarkoitus

Opinnäytetyön tavoitteena oli rakentaa Lambertsson Oy:lle koulutussimulaattori havainnollistamaan torninosturin normaalia toimintaa sekä mahdollisia vikatilanteita. Koulutussimulaattorin (ks. Kuvio 16) avulla Lambertsson Oy toivoo nopeuttavansa uusien työntekijöiden perehdytystä. Simulaattorin avulla uudet työntekijät pystytään perehdyttämään nosturin toimintaan ennen oikeaan nosturiin kiipeämistä. Uusien työntekijöiden perusteellinen perehdyttäminen helpottaa vanhojen asentajien työtä sekä nopeuttaa heitä oppimaan nostureissa toimimisen periaatteet.



Kuvio 16. Simulaattori

Simulaattorilla pystytään havainnollistamaan:

- Nostureissa esiintyviä vikatilanteita
- Liikerajojen säätämistä
- Maksimipukin säätämistä
- Kuormanvalvontalaitteen säätämistä
- Erilaisia mittauksia
- Komponenttien vaihtoa
- Taajuusmuuttajien parametointia
- Momenttirajojen toimintaa
- Ohjauslogiikoiden toimintaa

5.2 Simulaattorin komponentit

Simulaattoriin asennettiin Yongmao STT293 torninosturin sähköjärjestelmän kannalta oleelliset koneistot, varolaitteet sekä sähkökaapit. Oleellisimpia osia ovat maksimipukki, momenttirajat, kuormanvalvontalaite, ohjauspenkki, kääntömoottori, kääntövaihde, nostovaunun koneisto, nostomoottori, kenkäjarru, nostovaihteisto, liikerajakytkimet, jarruvastukset sekä tuulimittari.

Maksimipukki (ks. kuvio 17) on momenttianturi, jossa on neljä mikrokytkintä. Kuviossa 18 näkyvät lehtiliuskat venyvät nostoköyden kuormittuessa ja ohjaavat mikrokytkimiä päälle tietyssä järjestyksessä. Mikrokytkimistä yksi on maksimirajakytkin (SLchPV, Liite 6) ja kolme muuta ovat nopeusraajakytkimiä (SLchGV1, SLchGV2 ja SLchGV3, Liite 6). Maksimirajakytkin katkaisee nostoliikkeen nosturin saavuttaessa maksimikuormansa. Nopeusraajakytkimet katkaisevat nostonopeuksia pois tietyn suuruisilla taakoilla. Rajakytkimien tieto menee ohjauslogiikalle nostokoneiston sähkökeskukselle (L-keskus). Maksimipukin avulla pystytään havainnollistamaan rajojen säätämistä sekä niiden vaikutusta nosturin toimintaan.



Kuvio 17. Maksimipukki

Momenttirajat (ks. kuvio 18) sijaitsevat nosturin huipussa. Momenttirajakytkin koostuu kahdesta lehtiliuskasta ja kolmesta rajakytkimestä. Momenttirajat mittaavat nosturin taipumista. Ensimmäisenä toimii 90 % rajakytkin (RDM, Liite 7), joka hidastaa ajovaunun liikkeen. Toisena toimii 100 % rajakytkin (SDM, Liite 7), joka pysäyttää ajovaunun ja viimeisenä toimii nostoliikkeen katkaisu (SLM, Liite 8). Tilan puutteen vuoksi simulaattoriin asennettiin ainoastaan rajakytkimet sekä säätöruuvit. Rajakytkimet ohjaavat ohjausreleitä, joiden koskettimilta menee tieto ohjauslogiikoille L-

keskukseen sekä H-keskukseen. Momenttirajoilla pystytään havainnollistamaan, miten nosturi toimii, kun jokin rajakytkimestä aktivoituu.



Kuvio 18. Momenttirajat

Kuormanvalvontalaite (ks. kuvio 19) on turvalaite, josta luetaan reaaliaikaista dataa nosturin toiminnasta. Kuormanvalvontalaitteesta nähdään koukkukorkeus, nostovaunun sijainti puomistolla, kääntöpöydän astekulma, taakan paino, momenttikäyrä ja kuormataulun mukainen paino, joka pystytään nostamaan senhetkiseltä nostovaunun kohdalta. Sijaintitiedot tulevat liikerajoissa sijaitsevilta potentiometreiltä analogiaviestinä ja taakan paino tulee maksimipukissa sijaitsevalta vaakanturilta. Vaaka-anturi on venymäliuska-anturi, joka mittaa vaakanturin venymistä. Virtaviesti muuttuu anturin venyessä, joka näkyy kuormanvalvontalaitteessa taakan painona, kääntöpöydän astekulma tulee liikerajassa olevalta absoluuttianturilta. Kuormanvalvontalaite muuttaa analogiaviestit digitaaliseen muotoon. Vanhoissa nostureissa kuormanvalvontalaite toimii pelkästään näyttölaitteena, josta luetaan tietoa. Uusimmissa nostureissa kuormanvalvontalaite valvoo nosturin toimintaa ja liikkeitä automaattisesti. Kuormanvalvontalaite toimii myös sektorirajana, jolla pystytään estämään nosturilla ajaminen tietylle alueelle sekä törmäyksenestolaitteena, jos työmaalla on useampia nostureita. Simulaattorissa pystytään nyt esittelemään kuormanvalvontalaitteen säätämistä sekä sen käyttöä.



Kuvio 19. Kuormanvalvontalaite

Ohjauspenkissä (ks. kuvio 20) sijaitsee nosturin ohjaukelimet. Ohjauspenkissä sijaitsee nosturin ohjaussauvat, joilla nosturia ohjataan sekä käynnistys- ja pysäytyspainike (I ja STOP, Liite 5). Näiden lisäksi ohjainsauvojen päissä sijaitsee kuolleen miehen kytkimet (dead man switch), joilla estetään nosturin käynnistyminen, jonkin ajoliikkeen ollessa päällä. Ohjauspenkissä on myös tuulijarrupainike (XRFS, Liite 7), ylärajan ohituspainike (SH), tyvirajan ohituspainike (SM), merkkivalot mitkä ilmaisevat nosturin olevan käynnissä sekä suuren taakan alue (GV). Ohjauspenkin avulla pystytään opettelemaan, miten nosturia ohjataan sekä sähkökaappien läheisyyden avulla nähdään mitä sähkökaapissa tapahtuu nosturia ajettaessa. Tästä on suuri apu etenkin huoltomiesten kannalta, jotta henkilökunta ymmärtää miten sähköjärjestelmä toimii.



Kuvio 20. Ohjauspenkki

STT293 mallisessa nosturissa on kaksi kappaletta kääntömoottoreita ja -vaihteita (ks. kuvio 21). Ne sijaitsevat nosturin kääntöpöydässä. Kääntömoottoreita ohjataan logiikkaohjatun taajuusmuuttajan avulla. Kääntömoottoreiden päällä on tuulijarrut (weathervane), joiden avulla nosturi pysyy paikallaan ajoliikkeen päätyttyä. Tuulijarrut menevät päälle joko ohjauslogiikkaan asetetun ajan kuluessa tai painamalla tuulijarrupainiketta (XRFS, Liite 7). Nosturi saadaan myös tuuliviiriasentoon painamalla tuuliviiripainiketta H-keskuksessa (XGi, Liite 7) tai vapauttamalla manuaalisesti tuulijarrut. Tuuliviiriasentoon laittaminen edellyttää, että nosturista on katkaistu ohjausvirta. Tuuliviiriasennossa nosturi pyörii vapaasti tuulen suuntaisesti.

Kääntömoottoreissa on myös pyörrevirtakäämit (eddy current coil, RRa), jonka avulla nosturin kääntöliikettä hidastetaan ohjaamalla pyörrevirtasäätimellä tasajännitettä pyörrevirtakäämille. Moottoreissa on myös PTC-vastukset eli termistorit (PTCR, Liite 7), joiden avulla valvotaan moottoreiden ylikuumentumista. Moottorin lämmitessä termistorin vastusarvo kasvaa. Vastusarvon kasvaessa tarpeeksi suureksi termistori katkaisee ohjausvirran (Haiko 2009, 169). Simulaattoriin rakennettiin tilan puutteen vuoksi kääntömoottorin ja – vaihteen kokonaisuus. Paketista nähdään,

kuinka liikeraja pyörii kääntövaihteen hammasratasta pitkin sekä kuinka moottori johdotetaan. Paketin avulla pystytään opettamaan tuulijarrun ilmvälän säätäminen, moottorin mittaaminen, moottorin kytkeminen sekä erilaisia vikatilanteita.



Kuvio 21. Kääntömoottori ja kääntövaihde

Nostovaunun koneisto (ks. kuvio 22) oli ainut kokonaisuus, joka saatiin mahtumaan simulaattoriin kokonaisena. Koneisto koostuu moottorista, vaihdelaatikosta, liikerajasta ja köysirummusta. Nostovaunun ohjaus on yksinkertainen koneisto nosturissa. Moottoria ohjataan taajuusmuuttajalla, jota ohjauslogiikka ohjaa ja liikkeitä rajoitetaan liikerajalla sekä momenttirajoilla. Moottorin päässä on seisontajarru (DFs, Liite 7). Moottorin ylikuumentumista valvoo termistori (PTCD, Liite 8). Koneiston avulla opetellaan liikerajan säätämistä, seisontajarrun toimintaa sekä itse koneiston toimintaa.

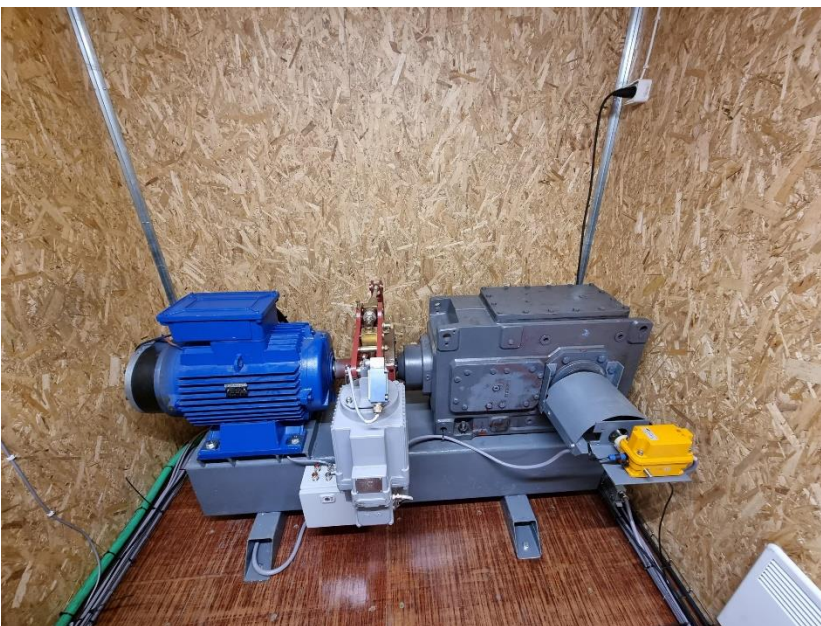


Kuvio 22. Nostovaunun koneisto

Nostokoneisto (ks. kuvio 24) on nosturin suurin koneisto. STT293 mallissa siihen kuuluvat nostomoottori (LM, Liite 6), Encoderi (PG, Liite 6), nostovaihte, köysirumpu, liikeraja ja kenkäjarru (LFaM, Liite 6). Nostomoottoria ohjataan logiikkaohjatulla taajuusmuuttajalla. Encoderi (PG, Liite 6) on pulssianturi, joka toimii 5-30VDC sähköllä ja antaa pulsseja takaisinkytkentätietona taajuusmuuttajan encoderi-kortille moottorin pyörimisnopeuden mukaan. Encoderi liitetään nostomoottorin akselin päähän joustavalla kytkimellä (Pulssianturi 2011). Encoderi sijaitsee nostomoottorin akselin päässä. Kuviossa 23 näkyvä kenkäjarru on seisontajarru, jonka avulla taakka pysyy paikallaan. Taajuusmuuttaja kuitenkin hidastaa liikkeen jarruvastukseen. Kenkäjarru sijaitsee nostomoottorin ja vaihdelaatikon välissä. Kenkäjarrun päällä sijaitsee rajakytkin (FaJ, Liite 6), joka antaa tiedon logiikalle, että jarru on auki. Tilan puutteen vuoksi nostokoneistosta poistettiin köysirumpu ja liikerajakytkin kiinnitettiin suoraan vaihdelaatikon akselin päähän. Normaalisti liikeraja sijaitsee köysirummun toisella puolella. Nostokoneiston sekä nostokoneiston sähkökeskuksen avulla voidaan opetella taajuusmuuttajan säätämistä, komponenttien vaihtamista, vian hakua sekä laitteiston toimintaa.



Kuvio 23. Kenkäjarru

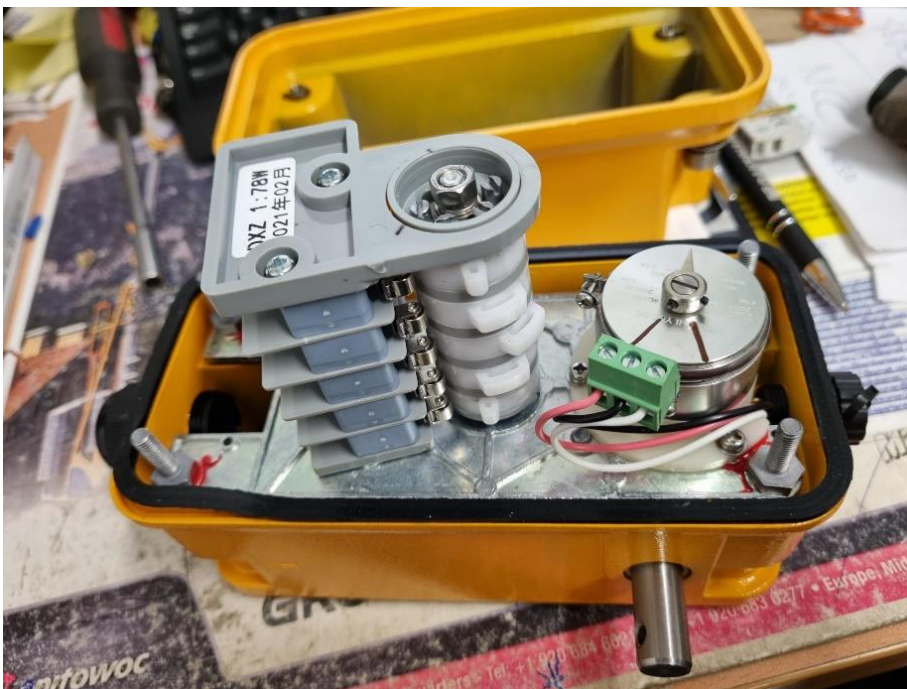


Kuvio 24. Nostokoneisto

Liikerajakytkimet (ks. kuvio 25 ja 26) ovat pyöriä rajakytkimiä. Liikerajat ovat Yongmao-merkkisissä nostureissa kaikki samanlaisia, mutta niiden suhdeluvut ovat erilaisia. Kääntökoneistolla suhdeluku on 1:46 tai 1:72, nostovaunun koneistolla 1:72 ja nostokoneistolla 1:360. Suhdeluku tarkoittaa kuinka monta kierrosta rajakytkimen akselin on pyörittävä, jotta liikeraja on pyörinyt täyden kierroksen.



Kuvio 25. Liikeraja



Kuvio 26. Liikeraja

Taajuusmuuttajien välipiirin tasajännite ohjataan jarrutustilanteessa jarruvastuksiin (ks. kuvio 27). YASKAWA:n A1000 ja H1000 -sarjassa pienemmissä taajuusmuuttajissa on sisäinen jarrukatkoja ja isommissa erillinen. Schneider Electric'in Altivar 71 -sarjassa on myös sisäiset jarrukatkojat. Jarru-

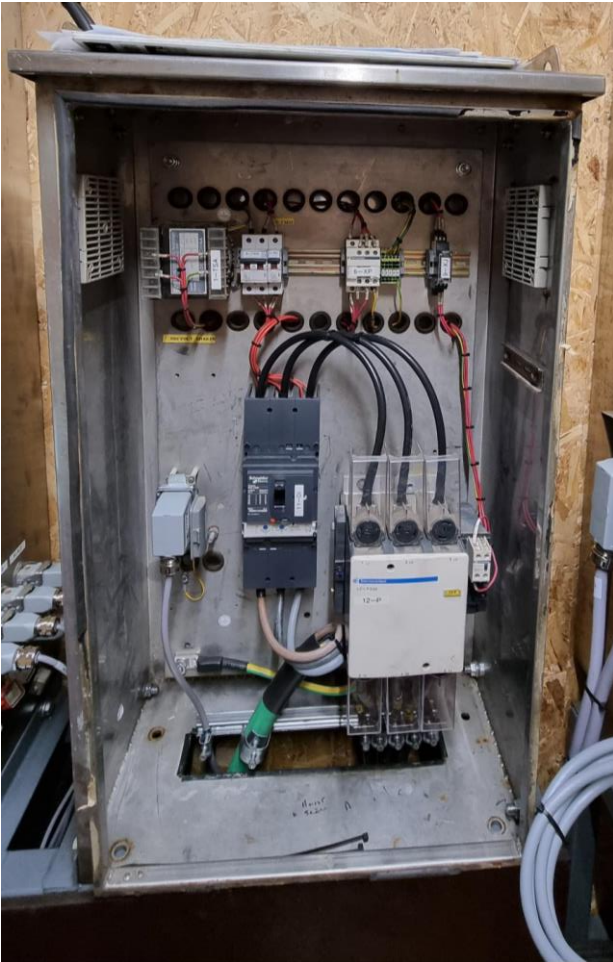
katkoja toimii automaattisesti välipiirin tasajännitteen ylittäessä vaihtosuuntaajan nimellisjännitteeseen verrannollisen rajan. Jarruvastukseen ohjattu jännite muuttuu lämpöenergiaksi vastuksessa. (Jarruvastus, N.d.)



Kuvio 27. Jarruvastus

STT293 nosturissa on liikekoneistolla ja ohjaamossa omat sähkökeskukset, jotka saatiin kaikki mahdumaan simulaattoriin. Keskusten avulla saadaan ymmärrys nosturin sähköisestä toiminnasta sekä samalla nähdään mitä koneistolla tapahtuu. Jokaisella keskuksella on oma tunnuksensa, jotka ovat seuraavat:

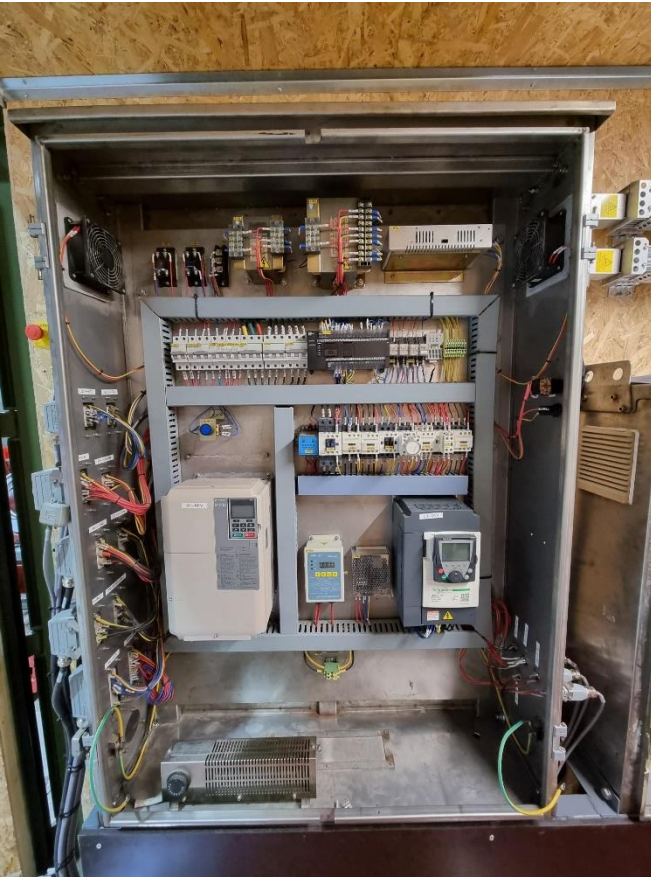
- L – keskus on nostoliikkeen ohjauskeskus, Hoisting (ks. kuvio 29, Liite 3)
- H – keskus on kääntökoneiston sekä nostovaunun koneiston yhdistetty ohjauskeskus, Slewing / Trolley (ks. kuvio 30, Liite 2)
- R – kotelo on kääntöpöydällä sijaitseva riviliitinkotelo, Slewing (ks. kuvio 32, Liite 2)
- K – keskus on ohjaamossa sijaitseva ohjauskeskus, Cab (ks. kuvio 31, Liite 4)
- A - keskus on päävirran ohjauskeskus, Power (ks. kuvio 28, Liite 1)



Kuvio 28. A – keskus



Kuvio 29. L – keskus



Kuvio 30. H – keskus



Kuvio 31. K – keskus



Kuvio 32. R - kotelo

6 Koulutussimulaattorin rakentaminen

Simulaattori rakennettiin 6 metrin pituiseen merikonttiin. Rakentaminen alkoi sähkökaappien rakentamisella ja siistimisellä. H- ja A-keskus, jotka näkyvät kuvioissa 30 ja 28 löytyivät valmiina, joten niiden osalta ainoastaan siistittiin ja tarkistettiin johdotukset sekä merkattiin liittimet vastamaan sähkökuvia. L-Keskuksen ja K-keskuksen, jotka näkyvät kuvioissa 29 ja 31 rakennettiin uudelleen ja uusittiin kaikki komponentit. Ainoastaan L-keskuksen taajuusmuuttaja on vanha komponentti, joka on työmaakäytöstä poistettu.

Sähkökeskusten rakentamisen jälkeen liikekoneistot muokattiin ja rakennettiin sopiviksi merikonttiin sekä sähkökeskuksille rakennettiin jalat, jotta kaapelointi saatiin mahdolliseksi sekä sähkökaapit mukavammalle korkeudelle. Simulaattorin metalli-, hitsaus- ja asennustöissä olivat mukana Lambertsson Oy:n työntekijät Jouni Niskanen ja Kosti Martikainen sekä kalustopäällikkö Jarkko Taipale. Koneistojen ja keskusten asentamisen jälkeen kytkettiin koneistot sekä asennettiin ohjaus- ja syöttökaapelit keskusten välille. Ennen testausta simulaattorista tehtiin käyttöönottotarkastuspöytäkirja (ks. liite 9) ja korjattiin tarkastuksessa havaitut puutteet. Testauksen jälkeen taajuusmuuttajien parametrit säädettiin kohdilleen. Parametroinnin jälkeen nostomoottori kohdistettiin ja kenkäjarrun ilmaväli säädettiin Lambertsson Oy:n työntekijän Matias Haljalan kanssa. Lopuksi

koneistojen pyörimisnopeudet pudotettiin turvalliselle tasolle ja varmistettiin hätäseis-painikkeiden toiminta hätätilanteita varten.

Aikaa simulaattorin rakentamiseen kului noin 1,5 kuukautta. Haasteet, joita rakentamisen aikana oli, koskivat pääasiassa merikontin kokoa. Suurempi kontti tai erillinen tila olisi helpottanut simulaattorin rakentamista, mutta loppujen lopuksi simulaattorista tuli kuitenkin hyvä ja kaikki tarpeellinen saatiin mahtumaan konttiin. Haasteita tuotti myös opinnäytetyön tekijän työvelvoitteiden ja opinnäytetyön samanaikainen päällekkäisyys, joista aiheutui keskeytyksiä simulaattorin rakentamiselle. Koulutussimulaattori on rakennettu muilta osin opinnäytetyön tekijän toimesta, pois lukien aiemmin mainitut toimeksiantajan työntekijät.

7 Tulokset ja pohdinta

Opinnäytetyön tavoitteena oli rakentaa Lambertsson Oy:lle koulutussimulaattori, jolla koulutetaan ja perehdytetään uusia työntekijöitä. Tuloksena saavutettiin toimiva kokonaisuus, jolla pystytään esittelemään Yongmao STT293 -torninosturin sähköjärjestelmää sekä sen toimintaa. Lisäksi opinnäytetyöhön koottua komponenttien määrittelyä voidaan myös jo nyt hyödyntää osana työntekijöiden perehdytystä. Laajempi perehdytysopas on tarkoitus luoda myöhemmin tämän opinnäytetyön pohjalta.

Tämän opinnäytetyön **tutkimuskysymykset** olivat:

Miten työvoimapulasta kärsivälle alalle saadaan koulutettua nopeammin uusia työntekijöitä?

Torninosturin koulutussimulaattoriin saatiin mahtumaan sähköjärjestelmän kannalta tärkeimmät komponentit sekä sähkökeskukset. Simulaattoriin saatiin mahdutettua myös kaikki nosturin liikekoneistot, ja vaikka nostokoneistosta poistettiin nostoköyden köysirumpu, niin kokonaisuudesta tuli kuitenkin hyvä. Simulaattorissa pystytään esittelemään varolaitteiden ja komponenttien toimintaa, mutta nosturin oikea toiminta ei tule kuitenkaan simulaattorissa esille, vaan se on opeteltava käytännössä erikseen. Perehdyttämällä uusi työntekijä simulaattorissa kuitenkin nopeuttaa oppimista ja helpottaa käytännön perehdyttämistä. Uudet työntekijät saavat perustietoa nosturin toiminnasta ja sen osista, vaikka eivät olisi vielä oikeassa nosturissa käyneetkään.

Koulutussimulaattoria on jo päästy testaamaan uusien työntekijöiden toimesta. Palaute simulaattorista on ollut hyvin positiivista. Vastaavaa kokonaisuutta ei ole ollut aiemmin käytössä muilla työnantajilla. Työntekijät ovat ilmaisseet, että simulaattori on toimiva tapa päästä tutustumaan torninostureiden toimintaan, ja siirtyvät työskentelemään oikeaan nosturiin varmemmin mielin simulaattoriin tutustumisen jälkeen.

Koulutussimulaattori ei kuitenkaan ole ollut vielä niin kauaa käytössä, että voitaisiin tehdä pidemmälle vietyjä johtopäätöksiä siitä, nopeuttaako simulaattorin käyttö nykyistä perehdytystä, ja antaaako se henkilöstölle kattavampaa ymmärrystä torninostureiden toiminnasta. Koulutussimulaattori yhdessä tulevaisuudessa laadittavan perehdytysoppaan kanssa on kuitenkin hyvä lähtökohta uusien työntekijöiden perehdyttämiseen.

Voidaanko torninosturin koulutussimulaattorin avulla vähentää vaaratilanteita ja parantaa työturvallisuutta?

Uudet työntekijät eivät työuran alkuvaiheessa ole saaneet tarpeeksi kattavaa kokonaiskuvaa torninostureiden toiminnasta ja komponenteista. Tämä johtaa siihen, että työntekijät joutuvat varmistamaan asioita kokeneemmilta työntekijöiltä tai esimiehiltä puhelimen välityksellä huoltojen aikana. Tämä voi johtaa sekä vaaratilanteisiin korkeissa olosuhteissa työskennellessä että väärinymmärryksiin puhelimesta saatujen ohjeiden tulkinnassa.

Koulutussimulaattori tarjoaa uudelle työntekijälle mahdollisuuden harjoitella nosturin huoltotoimenpiteitä ja yleisimpiä vikatilanteita simulaattorissa turvallisesti. Harjoittelulla sekä koulutuksella saavutetaan uusille työntekijöille nopeammin ammattitaitoa, mikä lisää työntekijöiden itsevarmuutta. Harjoittelu nopeuttaa komponenttien tuntemusta sekä kokonaiskuvan ymmärtämistä torninostureiden toiminnasta. Tällöin edellä mainitut tilanteet vähenevät ja vaaratilanteiden riski pienenee.

Lähteet

Haiko, T. 2009. Analoginen elektroniikka. Helsinki: WSOYpro Oy

Hietalahti, L. 2011. Tehoelektroniikan perusteet. Tampere: Amk-Kustannus Oy.

Jarruvastus, N.d. Viitattu 26.2.2022 <https://www.zener.fi/taajuusmuuttajat/jarruvastus/>

Kananen, J. 2015. Kehittämistutkimuksen kirjoittamisen käytännön opas. Jyväskylän ammattikorkeakoulun julkaisuja 212. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

Kippo, A., Tikka, A. 2008. Automaatiotekniikan perusteet. Helsinki: Edita Prima Oy.

KONE-RATU 04-3007. 1989. Torninosturit.

L. 1403/1993. Valtioneuvoston päätös työvälineiden turvallisesta käytöstä. Viitattu 27.1.2022. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1993/19931403#Pidm45237816909712>

L. 403/2008. Valtioneuvoston asetus työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta. Viitattu 27.1.2022. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2008/20080403#Pidm45237816035792>

Oh, J. 2021. Selvitys torninosturin rakenteista. Sähköpostiviesti. Vastaanottaja P. Korpiaho.

Pulssianturi. 2011. Metropolia Confluence. Viitattu 15.2.2022. <https://wiki.metropolia.fi/display/koneautomaatio/Pulssianturi#app-switcher>

STT293. Tower Crane. Operation and service manual. Fushun Yongmao Construction Machinery Co., Ltd. N.d.

Torninosturiohjeet. 2014. Rakennuskonepäälliköt ry, Rakennusliitto ry, Talonrakennusteollisuus ry.

Virtanen, V-P. 2022. Osastonjohtaja. Lambertsson Oy. Haastattelu 7.12.2021.

Yongmao STL230 T32. Assembly Manual. Fushun Yongmao Construction Machinery Co., Ltd. N.d.

Liite 5. YONGMAO STT293 Symbolien selitykset 1/4

Symbol	Description	Symbol	Description
CX0RD	Left control panel zero switch	A	hailer
CX0L	Right control panel zero switch	I、XA	Start button
Di	Power supply air switch	VOI	power indicator
X1\X2\X3	Obstacle light	O	Emergency stop button
XJ	Phase sequence and open phase protection relay	TSA	Control transformer
P	Main power contactor	XLO	Auxiliary hoist stop button
XP	Main power supply relay	XLHF	Auxiliary hoist hoisting button
LHF	Auxiliary hoist raising contactor	XLDF	Auxiliary hoist lowering button
LDF	Auxiliary hoist lowering motor	LFaF	Auxiliary hoist brake
LMF	Auxiliary hoist motor	LDiF	Auxiliary hoist breaker
TSDi	Transformer primary breaker	BU1\BU2	Brake unit
TSDi1	Transformer secondary breaker	Red	Diode
FanDi	Small breaker	L/LM	Socket for L box to motor control wire
PLCDi	PLC breaker	L/K	Socket for L box to K box control wire
EVDi	solenoid valve breaker	L/SL	Socket for L Box to moment and proving ring
LDi	Hoisting air speed	L/PG	Socket for L box to encoder
LTS	Hoisting control transformer	L/HY	Rectangle socket
XKM	Hoisting relay	PTCS	Thermoswitch
LFaK	Hoisting brake auxiliary relay	LI	Hoisting power indicator
CXT	Control solenoid valve relay	GVI	Hoisting high speed indicator
CXDK	Solenoid valve relay	BZ\BZ10\BZ9	Buzzer

Liite 6. YONGMAO STT293 Symbolien selitykset 2/4

Symbol	Description	Symbol	Description
GVK	High speed indicate relay	DCZ	DC source
BZK	Buzzer relay	RFaK	Slewing brake auxiliary relay
KMK	Auxiliary relay of hoisting main contactor	14	Pressure switch
LFa	Hoisting brake contactor	XLH	Hoisting 1 st shift
CXD	Control solenoid valve relay	XLD	Lowering 1 st shift
KM	Hoisting main contactor	XL2	Relay (2 nd shift)
PLC	Programmable controller	XL3	Relay (3 rd shift)
LFV	Hoisting FC converter	XL4	Relay (4 th shift)
Fan	Fan	XL5	Relay (5 th shift)
SB0	Reset button	SH	Short circuit hoisting limiter button
React	Reactor	RL1	Hoisting resistance box
SLchPV	Proving ring max. lifting load switch	RL2	Hoisting resistance box
SLchGV1	Proving ring speed limit switch	PG	encoder
SLchGV2	Proving ring speed limit switch	LFaM	Hoisting brake
SLchGV3	Proving ring high speed limit switch	SLM0	Hoisting moment
RLH	Hoisting deceleration limit	LVeM	Hoisting blower fan
RLD	Lowering deceleration limit	HYM	Hydraulic tongs motor
SLH	Hoisting stop limit	HEVt	Solenoid valve
SLD	Lowering stop limit	L	L box terminal
SD	Parallel connection relay	K	K box terminal
FAJ	Brake switch	A	A box terminal
LM	hoisting motor	PH100/PH200/PH300	Heater
RFs1\RFs2 RFs3\RFs4	Slewing brake coil	RRa1\RRa2 RRa3\RRa4	Vortex coil
GiFa1\GiFa2 GiFa3\GiFa4	Weathervane coil	RM1\RM2 RM3\RM4	Slewing motor

Liite 7. YONGMAO STT293 Symbolien selitykset 3/4

Symbol	Description	Symbol	Description
G1\G2\G3\G4	Weathervane switch	TS1	Slewing transformer
XRFs	Locking jib button	Red1	Diode
FIL1	Slewing gyrator filter	RLC	Slewing PLC
RR	Slewing resistance	RFV	Slewing frequency converter
PXR、PR1	Slewing potentiometer	RA	Slewing relay
XRGi1	Realy for weathvane effect	XRD	Right slewing gear
XRGi2	Relay for weathervane effect	XRG	Left slewing gear
HVeM1\HVeM2 HVeM3\HVeM4	Slewing blower fan	PTCR1\ PTCR2 PTCR3\ PTCR4	Slewing thermostwitch
Gt	Telescoping fan	RFa	Slewing brake contactor
MFA	Silicon controlled	RedDi	Diode breaker
GtDi	Telescoping brake	RDi	Slewing main breaker
XGi	Weathervane button	DRBO	Slewing/Trolleyingreset button
VGi	Weathervane light	An	Anemoscope
SRD	Slewing right limiter	SRG	Slewing left handed limiter
H/R	Socket from H panel to R box	H/K	Socket for control wire
H/D	Trolleying limit socket	H/A	Socket from H panel to A panel
XDv	Joystick control trolley forward switch	TS2	Trolley control transformer
XDr	Joystick control trolley backward switch	DA1	Trolley contactor
XD2	Joystick control trolley 2 nd switch	DA	Trolley main contactor
XD3	Joystick control trolley 3 rd switch	DFa	Trolley brake contactor
DBO	Trolley reset button	DFs	Trolley brake
RDMO	Reduction switch for fixed radius	DLC	Trolley PLC
SDMO	Switch for fixed load variable radius	DFaK	Trolley brake relay
RDv	Trolley forward deceleration switch	RDr	Trolley backward deceleration switch

Liite 8. YONGMAO STT293 Symbolien selitykset 4/4

Symbol	Description	Symbol	Description
SDv	Trolley forward stop switch	SDr	Trolley backward stop switch
DM	Trolley motor	DR	Trolley brake resistance
DDi	Trolley air switch	PLDi	PLC power breaker
DFV	Trolley frequency converter	FaDi	Cooling fan breaker
PTCD	Trolley thermoswitch	TSDi	Transformer primary breaker
SM	Trolley shut button	TSDi1	Transformer secondary breaker
Red、Red1	rectifier	FIL	Trolley filter
ADi	Cabin circuit breaker	EL	Hoisting service button
ED	Trolley service button	XPP	Power supply key button
SLM	hoisting moment relay	AD	DC source
Fax	brake wear confirm	HYJ	Clamp switch
RDM	trolley reduce relay	SDM	Trolleying stop relay
HW-1	Vortex control unit	AODi	Auto lubrication circuit breaker
AO	Auto lubrication relay	AOM	auto lubricate
R	R box terminal	H	H box terminal
S256	Hook free fall protective switch	KA256	Speed relay
KA211/KA311	Dead slow relay	S234	Dead slow switch
H/GTM	Telescoping motor socket	H/DM	Trolleying motor socket
H/DR(RR)	Socket for trolleying/slewing resistor	H/ED	Socket for trolleying service button
H/EL	Socket for hoisting service button	H/A	Power socket for slewing/trolleying box
H/R2	Slewing motor socket	H/K2、H/K3	Socket for control line from slewing/trolleying box to K box
L/K2	Socket for control line from hoisting box to K box	K/M0	Control line from K box to moment switch
H/AOM(2)	Slewing auto lubrication socket	H/HA	Electric bell socket
A/K	Power socket from A box to K box	A/HJ、A/LJ	Heater socket from A box to slewing & hoisting box

Liite 9. Koulutussimulaattorin käyttöönottotarkastuspöytäkirja 1/2

LOMAKE 8 Nosturin rahti ja asennus



NOSTURIN SÄHKÖTARKASTUKSET

Nosturin sähkö tarkastukset suoritetaan aina asennuksen yhteydessä. Sähkö tarkastuksella varmistetaan nosturin käyttäjän ja asentajan turvallisuus (mukaillen ST kortisto 51.21.05)

Lambertsson Oy sähkötoidenjohtaja, Petteri Korpiaho 0400 257 133. Purkaamontie 3, Leppävesi Y-tunnus 0937993-4

Pvm ja klo	22.12.2021 08:41	Asiakas
Läsnä	Petteri Korpiaho	Työmaan osoite
Läsnäol. puhno	0400257133	
Koneen tyyppi	Koulutuskontti	
Valmistusnumero		

Nosturin sähköasennustarkastuspöytäkirja

Aistinvaraiset

1. Suojaus sähköiskulta	Valokuvat liitteenä: 3 kpl
<input type="checkbox"/> Kunnossa <input checked="" type="checkbox"/> Huomautettavaa Muuntajaan sekä L-kaapin pääkytkimeen lisättävä kosketussuoja ennen käyttöönottoa.	
2. Johtimet ja kaapelit	
<input checked="" type="checkbox"/> Kunnossa <input type="checkbox"/> Huomautettavaa	
3. Syöttöjohtimien liitäntä, erotus- ja kytkentälaitteet	Valokuvat liitteenä: 1 kpl
<input type="checkbox"/> Kunnossa <input checked="" type="checkbox"/> Huomautettavaa Pääkytkin korjattava ennen käyttöönottoa	
4. Syöttöjohtimien merkintä	
<input checked="" type="checkbox"/> Kunnossa <input type="checkbox"/> Huomautettavaa	
5. Johtimien liitosten sopivuudet (Al/Cu)	
<input checked="" type="checkbox"/> Kunnossa <input type="checkbox"/> Huomautettavaa	
6. Alakeskuksen merkintä	
<input type="checkbox"/> Kunnossa <input checked="" type="checkbox"/> Huomautettavaa Merkattava	

Liite 9. Koulutussimulaattorin käyttöönottotarkastuspöytäkirja 2/2

LOMAKE 8 Nosturin rahti ja asennus



Jännitteettömät mittaukset

1. Eristysresistanssi Ohje: Syöttöjohtimien ja suojaamaaloituspiirin välisen eristysresistanssin on oitava vähintään 1 Mohm mitattuna 500V:n tasajännitteellä.	
Mittaustulos: 500 Mohm	<input checked="" type="checkbox"/> Todettu vaatimusten mukaisiksi
2. Suojajohtimen jatkuvuus Ohje: Nousukaapeleiden loppupäässä yhdistetään vaihe- ja suojajohdin hyppylangalla. Mittaus suoritetaan nousukaapeleiden alkupäässä. Yleisesti mitaustulokset vaihtelevat 0-2 Ohmin välillä.	
Mittaustulos: 0,14ohm viimeinen pistorasia	<input checked="" type="checkbox"/> Todettu vaatimusten mukaisiksi <input type="checkbox"/> Mittauksessa käytetyt hyppylangat ovat poistettu

Jännitteelliset mittaukset

3. Jännitteen toteaminen Ohje: Nosturit ovat suunniteltu toimimaan 50Hz:n taajuudella nimellisjännitteen ollessa $U = 400V \pm 10\%$. Jännitteen tulee pysyä 360-440V:n välillä.	
Mittaustulos: Ei sisälly	<input type="checkbox"/> Todettu vaatimusten mukaisiksi
4. Syötön automaattisen poiskytkennän toteutumisen Ohje: 5,0s laukaisuajalla vaadittu mitattu oikosulkuvirran arvo on: 125A gG = 893,8A 160A gG = 1187,5A 200A gG = 1562,5A 250A gG = 2062,5A	
<input type="checkbox"/> Todettu mitaamalla	<input type="checkbox"/> Todettu vaatimusten mukaisiksi
Mittaustulos: Ei sisälly	
Sulakkeen koko:	

Mittauksessa käytetyt mittalaitteet

--

Pöytäkirjan tarkastaminen ja allekirjoittaminen

Hyväksymme tämän pöytäkirjan ja sitoudumme täyttämään sen ehdot.

Pvm 22.12.2021

Petteri Korpiaho
Asennustyönjohtaja

Työmaavastaava