

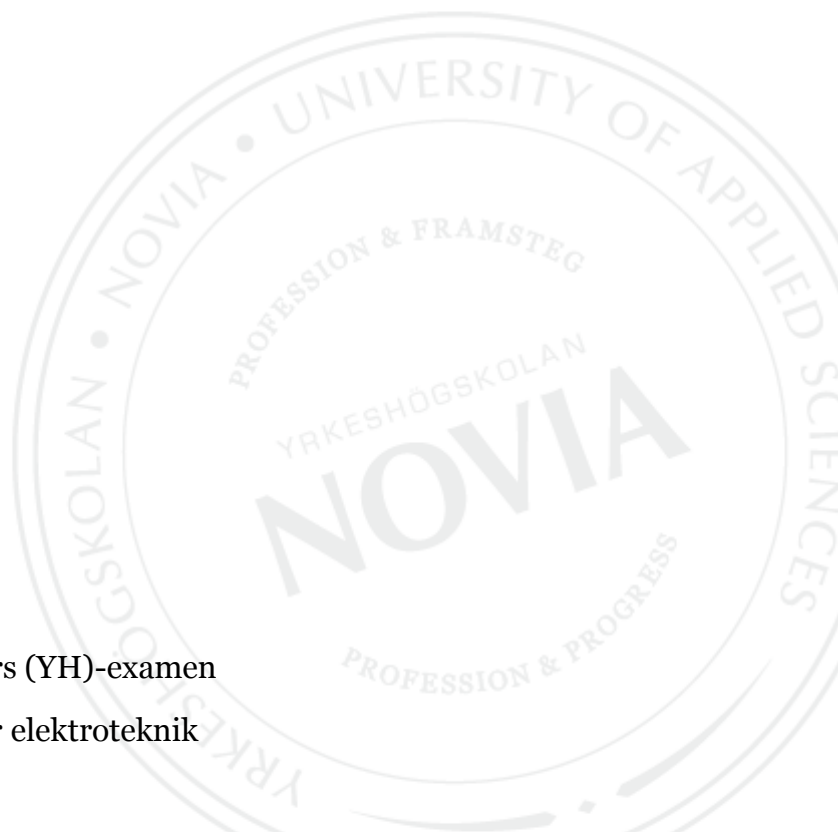
Kvalitetssäkring av ASF-EU genom analys och optimering av testrutiner

Daniel Björklund

Examensarbete för ingenjör (YH)-examen

Utbildningsprogrammet för elektroteknik

Vasa 2015



EXAMENSARBETE

Författare: Daniel Björklund
Utbildningsprogram och ort: Elektroteknik, Vasa
Inriktningalternativ: Automationsteknik
Handledare: Roger Mäntylä

Titel: *Kvalitetssäkring av ASF-EU genom analys och optimering av testrutiner.*

4.4.2015

Sidantal: 51

Bilagor: 14

Abstrakt

Detta examensarbete visar hur man har gått till väga för att planera samt tillverka testskåp som underlättar testningen av maskinmoduler i produktionen av en maskin vid företaget LKI Källdman. Företaget tillverkar olika plåthanteringsmaskiner till metallindustrin runtom i världen.

Uppgiften har varit att analysera vilka maskinfunktioner som bör testas med testskåp, hur funktionerna bör testas, planering och val av komponenter till testskåpen samt tillverkning av skåpen. Att programmera PLC och manöverpanel har inte ingått i arbetet, men instruktioner har utformats till den som utför programmeringen.

Examensarbetets slutresultat blev ett testskåp som är redo att tas i bruk inom produktionen. Med hjälp av detta skåp kan testningen av maskinmodulen LST underlättas och gå snabbare. Därtill har det även planerats och dokumenterats ett gemensamt testskåp för tre andra maskinmoduler. Dokumentationen är klar så långt att en tillverkning är möjlig.

Språk: svenska

Nyckelord: automation, B&R, testskåp, testrutin.

Förvaras: I webbiblioteket Theseus.fi och i Tritonia, Vasa Vetenskapliga Bibliotek.

BACHELOR'S THESIS

Author: Daniel Björklund
Degree programme and city: Electrical Engineering, Vaasa
Specialization: Automation
Supervisor: Roger Mäntylä

Title: *Quality assurance of ASF-EU through analysis and optimization of test routines.*

4.4.2015

Number of pages: 51

Appendices: 14

Abstract

This thesis describes how the planning and manufacture of test cabinets have been done. The test cabinets will facilitate the testing of machine modules in the production of a machine at the company LKI Kälöman. The company manufactures various sheet metal handling machines for the metal industry worldwide.

The task included an analysis of the machine functions that should be tested with the test cabinets and an analysis of how the functions should be tested. Planning and component selection for the test cabinets, and also the manufacture of the cabinets were included. The programming of the PLC and the control panel has not been part of the thesis, only document guidelines for the person that will program have been made.

The end result of the thesis is a test cabinet that is ready for use in the production. The test cabinet facilitates and speeds up the testing of the machine module LST. Also, another test cabinet which can be used for three other machine modules has been planned and documented. The documentation has been done so far that the manufacture of the test cabinet is possible.

Language: Swedish

Key words: automation, B&R, test routine, test cabinet.

Filed at: The web library Theseus.fi and at Tritonia Academic Library, Vaasa.

INNEHÅLL

1. INLEDNING	1
1.1 Uppdragsgivare	1
1.2 LKI Källdman Ltd.....	1
1.2.1 Bennäs	2
1.2.2 Lövö.....	2
1.2.3 Villmanstrand	3
1.3 Amada Co Ltd.....	3
1.4 Bakgrund, uppdrag och målsättning	4
2 PRODUKTIONEN PÅ LKI	5
2.1 Bakgrund till testrutiner	5
3 ASF-EU	6
3.1 Modulerna som ASF-EU består av	6
3.1.1 Upper frame	7
3.1.2 Lower frame	8
3.1.3 LST	8
3.1.4 PalletLifter unit.....	9
3.2 Styrsystemet.....	10
3.2.1 I/O-moduler	11
3.2.2 Databasen.....	11
4 TEORI	12
4.1 Kommunikation	12
4.1.1 Profibus fältbuss	15
4.1.2 DeviceNet fältbuss.....	18
4.1.3 Powerlink fältbuss	19
4.1.4 Black Channel	23
4.2 PLC och programmering	24
4.2.1 Maskinsäkerheten	26
4.2.2 Integrerad säkerhet	27
4.3 Lean	28
4.4 Standarder och direktiv	29

5	PRAKTISKA ARBETET	31
5.1	Testskåp för ASF-EU-moduler	32
5.2	Testskåp för LST	33
5.2.1	Testprotokoll.....	33
5.2.2	Elplanering	34
5.2.3	I/O-lista.....	35
5.2.4	Ombyggnad av testskåp.....	35
5.2.5	Val av komponenter.....	35
5.2.6	Programmering och användargränssnitt	38
5.2.7	Tillverkning	40
5.2.8	Dokumentation och användarmanual	41
5.3	Testskåp för Lower frame-moduler	41
5.3.1	Elplanering	42
5.3.2	I/O-lista.....	43
5.3.3	Val av komponenter.....	44
5.3.4	Programmering och användargränssnitt	45
5.3.5	Dokumentation och användarmanual	46
5.4	Upper frame	46
6	RESULTAT	47
6.1	Förbättringsförslag.....	48
7	DISKUSSION	49
8	KÄLLFÖRTECKNING	50

BILAGOR

BILAGEFÖRTECKNING

- Bilaga 1. OSI-modellen för Powerlink.
- Bilaga 2. I/O-lista över I/O-modulerna och SafeLogic i LST, och testskåpets PLC.
- Bilaga 3. Databladet på säkerhetsrelä från tillverkaren SICK.
- Bilaga 4. Materiallista över LST-testskåpets komponenter.
- Bilaga 5. Exempel på riktlinjer som har dokumenterats till PLC-programmet.
- Bilaga 6. Flödesschema på LST-testskåpets PLC-program.
- Bilaga 7. Elritning över LST-testskåpet.
- Bilaga 8. I/O-lista över PLU-, UNL- och LDU-testskåpets PLC.
- Bilaga 9. Databladet på isolerad terminalmodul från tillverkaren B&R.
- Bilaga 10. Materiallista över PLU-, UNL- och LDU-testskåpets komponenter.
- Bilaga 11. Flödesschema på PLU-, UNL- och LDU-testskåpets PLC-program.
- Bilaga 12. Elritning över PLU-, UNL- och LDU-testskåpet.
- Bilaga 13. Bild på gamla LST-testskåpet.
- Bilaga 14. Bild på nya LST-testskåpet.

ORDFÖRKLARINGAR

Absolut encoder	En givare som ger ut pulser. Genom att skala om pulserna med t.ex. en PLC kan man bestämma avstånd, hastighet, vinkel, varvtal och lägen. Varje position är unik och givaren vet alltid var den befinner sig.
Användargränssnitt	En länk mellan hårdvaran och användaren i ett styrsystem eller process. Består vanligtvis av en skärm med grafiska objekt och text.
ASF-EU	<i>Advanced Storage for Flying Optics for European market</i> , en maskinmodell som LKI skall börja tillverka. Examensarbetet berör denna maskin.
AutoCAD	Ett CAD-program utvecklat av Autodesk. Programmet används för att rita ritningar och som designverktyg i 2D samt 3D.
B&R Automation	<i>Bernecker & Rainer</i> , ett österrikiskt företag som tillverkar automationsutrustning riktat till industrin.
E3 series	Ett ritprogram från företaget Zuken. Programmet används till att rita och designa elsystem och olika vätskesystem.
FO-Laser	<i>Amada Flying Optics Laser</i> , typ av laserskärmaskin som Amada tillverkar. Plåten ligger stilla under bearbetningen medan laserhuvudet (skärhuvudet) rör sig över plåten.
Inkrementell encoder	En givare som ger ut pulser. Till skillnad från en absolut encoder, måste en inkrementell encoder alltid utgå ifrån en nollpunkt ifall spänningen bryts till den.
ISO	<i>Internationella Standardiserings Organisationen</i> , organisation som arbetar med industriell och kommersiell standardisering.

ITU	<i>Internationella Tele Unionen</i> , ett FN-organ som arbetar med standardisering och förbättring av infrastrukturen inom radio- och telekommunikation.
Kaizen	Ett begrepp som härstammar från Toyotas produktionssystem, innebär att man hela tiden strävar efter förbättring genom att minska slöseri inom företaget.
Ljusridå	Ett optiskt skydd som kan monteras runt farliga zoner. Ifall något/någon bryter ljusridån signaleras det till t.ex. styrsystemet eller säkerhetskretsen.
LKI	<i>Leif Käldman Industries</i> , automationsföretag i Pedersöre. Uppdragsgivare för detta examensarbete.
M-kod	En typ av kod som CNC-maskiner främst använder sig av. FO-lasrar styrs med Fanuc NC styrsystem vilka använder sig av M-kod.
MBP	<i>Manchestercoded BusPowered</i> , signalteknik som är speciellt framtagen för processindustrin.
MP-F	<i>ManiPulator-Flexit</i> , maskinmodell som tillverkas på LKI.
PLC	<i>Programmable Logic Controller</i> , en mikroprocessorbaserad styrenhet som används främst inom industrin. Liten dator som kan programmeras och utför funktioner utifrån de signaler som finns kopplad till PLC:n.
SICK	Ett globalt företag (ursprungligen från Tyskland) som tillverkar givare till industrin.
Switch	Komponent som styr datatrafiken i ett nätverk.
X2X	X2X-kommunikation möjliggör en fortsättning på PLC:ns bakplan genom kabel (<i>remote backplane</i>). B&R har utvecklat och använder sig av denna X2X-teknik.

1. INLEDNING

Detta examensarbete beskriver hur testrutiner togs fram för en ny maskin som skall börja serietillverkas vid LKI under sommaren 2015. Först i dokumentet finns en beskrivning av maskinen. Vidare står att läsa om bakomliggande teori. Detta för att få en bättre uppfattning om tekniken som testrutinerna bygger på, innan det praktiska arbetet beskrivs. Sist presenteras ett resultat av arbetet samt en avslutande diskussion.

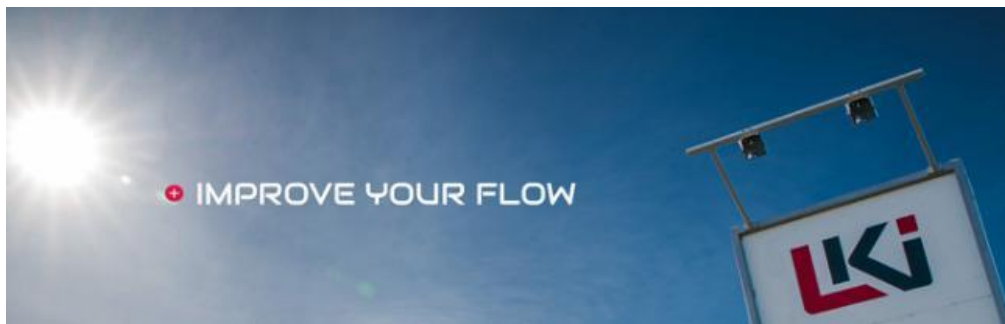
1.1 Uppdragsgivare

Automationsföretaget LKI Källdman har fungerat som uppdragsgivare för detta examensarbete och arbetet utfördes i Lövö, Pedersöre. Märten Snellman, Information Handling & Production Adaption (LKI), och Roger Mäntylä, lektor i elektroteknik (Yrkehögskolan Novia), har fungerat som handledare under arbetet.

1.2 LKI Källdman Ltd.

LKI Källdman är ett automationsföretag som ligger i kommunen Pedersöre. Företaget tillverkar plåthanteringsmaskiner samt olika automationslösningar för dessa. Familjeföretaget LKI grundades år 1979 som ett litet enmansföretag av Leif Källdman. Verksamheten började med underleverantörsarbeten som bestod av tillverkning och bearbetning av maskindelar åt de lokala företagen. Utvecklingen av företaget gled småningom in på egna lösningar till bearbetningsmaskiner och år 1984 producerades ett programmerbart bakre anslag till kantpressar. Med sex anställda, år 1995, levererades den första plåthanteringsmaskinen till det japanska företaget Amada som tillverkar plåtbearbetningsmaskiner. Då startade det långa samarbetet med Amada, där LKI fungerar som underleverantör av automationsutrustning. Under de kommande åren expanderades verksamheten med fler anställda, mer produktionsutrymme och nya maskinmodeller.

Idag arbetar LKI huvudsakligen som underleverantör åt Amada och 90 % av tillverkningen är export inom Europa och Nordamerika. Även export till Ryssland och Sydamerika har gjorts. LKI består av tre enheter varav två ligger i Pedersöre och en i Villmanstrand. LKI hade 165 anställda och en omsättning på 29,1 miljon euro år 2014. Amada har sedan år 2009 varit delägare i företaget. (1) (2)



Figur 1. Logon som representerar LKI.

1.2.1 Bennäs

LKI:s största affärsenhet är beläget i Bennäs, Pedersöre. Där utförs bearbetningen, målningen och monteringen av de flesta maskinmodellerna. Huvudkontoret och logistiken finns också här. Största delen av LKI:s anställda arbetar vid Bennäs.

1.2.2 Lövä

LKI:s andra produktionsenhet finns i byn Lövä som ligger ca 2 km från affärsenheten i Bennäs. Hela LKI:s verksamhet startade i Lövä men p.g.a. företagets tillväxt i början av 2000-talet blev det brist på utrymme och en del av verksamheten flyttades då till den nybyggda hallen i Bennäs. Idag tillverkas endast en maskinmodell vid Lövä och enheten sysselsätter ca 35 anställda. Examensarbetet utfördes vid Lövä eftersom utvecklingsgruppen av ASF-EU arbetar där.

1.2.3 Villmanstrand

År 2012 förvärvade LKI mjukvaruföretaget Camline som är beläget i Villmanstrand för att kunna erbjuda mera heltäckande automationslösningar till sina kunder. Mjukvaruföretaget heter idag LKI och designar och producerar mjukvarulösningar till olika industrier. Idag designar och programmerar företags ca tio anställda mjukvarulösningar för LKI:s produktionslinjer. De ansvarar för kommunikationen mellan maskinerna och användargränssnittet i produktionslinjerna. (2)

1.3 Amada Co Ltd.

Det japanska företaget Amada grundades år 1946 i Tokyo. Tillverkningen av olika bearbetningsmaskiner såsom bandsågar startades då och utgör grundstenen i företaget. På 1960-talet utvidgade Amada sin verksamhet till Frankrike och tillverkningen av bl.a. kantpressar påbörjades. Därefter började man tillverka diverse olika bearbetningsmaskiner till metallindustrin och snart hade man en marknad över hela världen. Idag är företaget världsledande inom tillverkning av plåtbearbetningsmaskiner och har sitt huvudkontor i Japan. De maskiner som säljs i Europa tillverkas till stor del i Frankrike. Amada finns idag även listat på Tokyobörsen. (3)



Figur 2. Amada logon som har funnits med sen företaget grundades.

1.4 Bakgrund, uppdrag och målsättning

När en maskin tillverkas vid LKI måste man säkerställa att den fungerar som den ska innan den levereras åt kunden. Alla funktioner som maskinen skall utföra behöver testas i produktionen för att säkerställa funktionaliteten. Dessa tester utförs på maskinen vid slutmonteringen enligt olika testrutiner och med olika testskåp beroende på vilken maskin det är. När en ny maskin produceras så måste man lista alla funktioner som den skall utföra och testa dessa. Målet med detta examensarbete var följande:

- Analysera funktionerna som maskinen utför och fastställa hur dessa funktioner bör testas i produktionen.
- Lista alla komponenter och funktioner som bör testas med testskåp i produktionen.
- Planering av testskåpen (materiallista, elritning)
- Planera och dokumentera riktlinjer för PLC:erna som behövs för testutrustningen.
- Tillverkning av testskåpen.
- Användarmanual till testskåpen.
- Förslag till testprotokoll som går igenom vid produktion.

Till examensarbetet hör inte:

- Programmering av testskåpens PLC:er.
- Programmering av testskåpens manöverpaneler.

Examensarbetet gäller endast ASF-EU-maskinen.

2 PRODUKTIONEN PÅ LKI

LKI tillverkar tillsammans med Amada maskiner riktade till metallindustrin. Amada tillverkar plåtbearbetningsmaskiner, maskiner som utför bearbetning av plåtar t.ex. stansmaskin och laserskärmaskin. Man kan se Amada-maskinen som mittpunkt i en produktionslinje. LKI tillverkar plåthanteringsmaskiner, maskiner runtom plåtbearbetningsmaskinen. Maskinernas främsta uppgift är att ladda obearbetade plåtar samt ta bort färdiga bearbetade plåtar/delar från Amada:s plåtbearbetningsmaskin. När Amada-maskinen och LKI:s maskiner sammankopplas så bildas en produktionslinje där Amada ger kommandon åt de övriga maskinerna. Främst stansmaskiner och laserskärmaskiner kopplas ihop med LKI:s maskiner.

Vid LKI tillverkas idag ett flertal olika maskinmodeller beroende på med vilken Amada-maskin den skall arbeta med och vilka funktioner kunden önskar. Till dessa maskinmodeller kan kunden enligt behov få olika tilläggsutrustning. LKI tillverkar också automatiska system där obearbetade plåtar samt färdiga bearbetade plåtar/delar kan lagras, i ett så kallat CS-lager (*Compact Storage*). Detta lagersystem kan kopplas ihop med en eller flera produktionslinjer.

2.1 Bakgrund till testrutiner

LKI monterar alla maskinmodeller själva. Från metallramen till slutlig produkt tillverkas i Bennäs, där huvudkontoret ligger. Vid slutmonteringen monteras diverse olika delmontage samman för att slutligen bilda den färdiga maskinen. För att undvika felsökning, vilket sparar tid vid slutmonteringen, bör man kunna säkerställa att dessa delmontage fungerar korrekt. Målet är att alla delmontage skall testas före de anländer till slutmonteringen, där hela maskinen monteras ihop. För att förverkliga detta har man under åren tagit fram olika testprotokoll. Dessa testprotokoll går igenom och fylls i efter att delmontaget är klart. Innehållet i testprotokollet beror på hur komplicerat delmontage det är frågan om. Ett testprotokoll vid slutmonteringen finns också.

3 ASF-EU

Under de senaste åren har industrin över hela världen utvecklats mot en mer och mer automatiserad produktion. Produkterna skall idag tillverkas på ett så automatiserat och snabbt sätt som möjligt och med så lite arbetskraft som det bara går. Gamla maskiner som styrs av människor byts ut mot nya maskiner som utför arbetet automatiskt. Detta är en av orsakerna till varför LKI har utvecklat en ny maskin riktad till metallindustrin, ASF-EU maskinen. (4)

Den ny utvecklade ASF-EU kopplas samman med Amada:s FO-typ laserskrämaskiner som skär plåtar i en snabb takt och med hög precision m.h.a. effektiv fiber-laser skärteknik. För att FO-lasern skall kunna utföra bearbetningen med minimala väntetider bör ASF-EU fungera snabbt och med hög prestanda. Detta resulterade i att kraven på ASF-EU var att förbättra cykelhastigheten och flexibiliteten. Huvuduppgiften är att förse FO-lasern med obearbetade plåtar samt föra bort färdiga bearbetade plåtarna. ASF-EU har även ett plåtlager där obearbetade samt bearbetade plåtar kan lagras. (4)

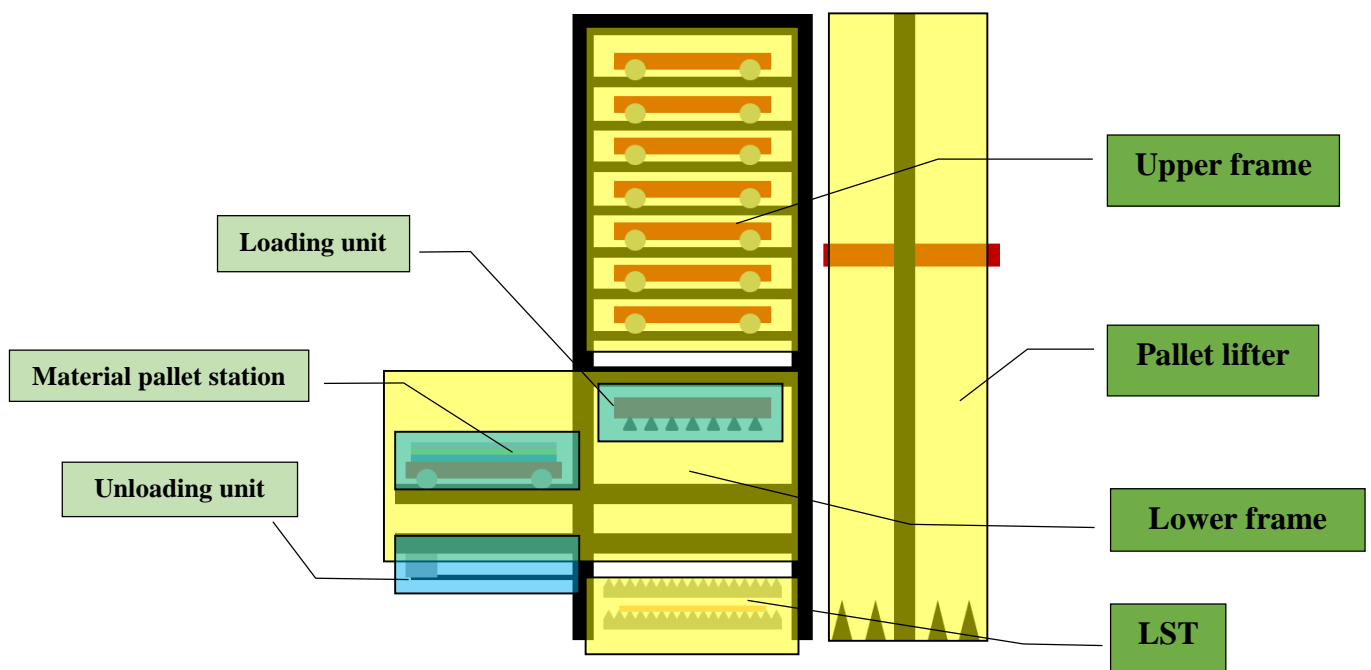
Nedan beskrivs maskinens moduler och dess funktioner för att få en bättre bild av maskinen och arbetet.

3.1 Modulerna som ASF-EU består av

ASF-EU består av fyra större moduler som slutligen monteras samman hos kunden. Tanken med att ha maskinen som flera moduler är att man inte skall behöva montera upp hela maskinen för testning i produktionen. Detta sparar både tid och utrymme i produktionen. Modulerna underlättar också transporten av maskinen till kunden. ASF-EU-modulerna är följande:

- **Upper frame** - fungerar som ett plåtlager med paletter.
- **Lower frame** - laddar obearbetade samt tar bort bearbetade plåtar från LST. Huvudelskåpet finns även fastmonterat på denna modul.
- **LST** - växlar skärpaletter mellan LKI:s och Amada:s maskin (FO-laser).
- **PalletLifter unit (PLU)** - en palettlyft som transporterar paletter med plåtar mellan lagret och lower frame.

Modulerna monteras sedan samman hos kunden enligt figur 3. (2) (4)



Figur 3. Skiss över de olika modulerna som ASF-EU består av.

3.1.1 Upper frame

Övre delen av maskinen fungerar som ett enkelt plåtlager. Denna modul innehåller inget annat än en metallram med ett antal hyllor för paletter. Inga givare eller annan elutrustning finns installerad. Den lyfts ovanpå ASF-EU:s nedre del och monteras fast. (4)

3.1.2 Lower frame

Nedre delen av ASF-EU innehåller fyra mindre moduler vilka alla görs som delmontage till maskinen. Dessa är:

- **Loading unit (LDU)** - Förser LST med obearbetade plåtar. Består av många sugkoppar som täcker hela plåten för att få en säker lastning. Modulen rör sig upp och ner med kedjedrift.
- **Material pallet station (MPS)** – Förser LDU med obearbetade plåtar.
- **Double Sheet Detector (DSD)** - Säkerställer att endast en plåt åt gången laddas till LST:s skärpalett.
- **Unloading unit (UNL)** - Tar bort den färdigt bearbetade plåten från skärpaletten på LST. Eftersom den bearbetade plåten kan innehålla många skurna delar så måste avlastningen ske försiktigt. UNL består av många tätt monterade ”fingrar” som körs in mellan skärpalettens sågblad. Avlastningen görs till paletten på PLU.

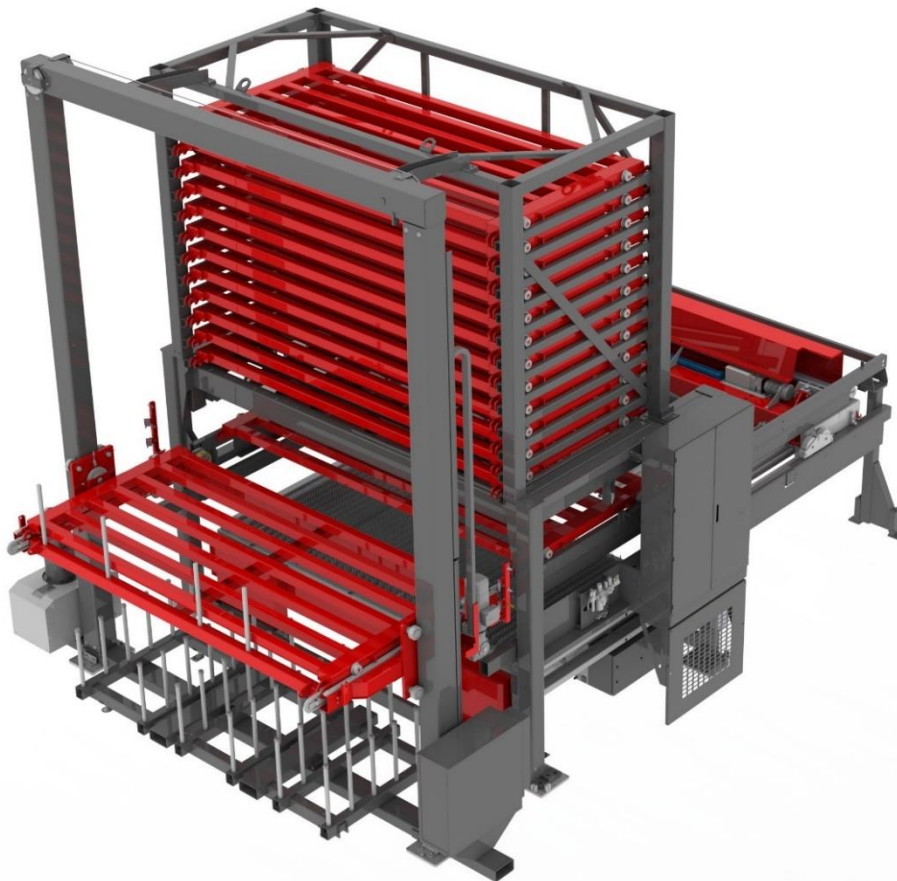
3.1.3 LST

LST (*Laser Shuttle Table*) fungerar som en palettväxel för FO-lasern. Ramen innehåller fack för två skärpaletter varpå LDU laddar en obearbetad plåt på ena skärpaletten som LST sedan skickar in till FO-lasern. Under tiden plåten bearbetas så tar UNL bort den bearbetade plåten från den andra skärpaletten som befinner sig på LST. Sedan vice versa när FO-lasern är klar med bearbetningen. Skärpalettsväxlingen mellan facken på LST görs m.h.a. fyra hydraulcylindrar som lyfter upp LST, medan växlingen mellan LST och FO-lasern görs med kedjedrag. På detta sätt uppstår det minimal väntetid för FO-lasern.

LST har redan funnits ett antal år i LKI:s sortiment och är därför ingen ny maskinmodell. Den ingår i en annan maskinmodell (MP-F) som LKI också tillverkar, där har den också samma uppgift som den har i ASF-EU. LST säljs även skilt så att modulen fungerar tillsammans med FO-lasern (*LST StandAlone*), men då görs laddningen och avlastningen manuellt.

3.1.4 PalletLifter unit

Denna fungerar som en palettlyft som transporterar paletter mellan nedre och övre delen av maskinen. På nedre delen av palettlyften finns elskåpet samt vajermotorn som driver palettlyften upp och ner. På ramen som palettlyft går efter så finns inte några el komponenter fastmonterat. Ramen består endast av ett antal vajerhjul högst uppe. Nedersta delen av palettlyften fungerar även som in- och utstation, d.v.s. varifrån plåtar tillförs till maskinen samt hämtas ut. Hela palettlyften är fristående, vilket betyder att den inte på något sätt sitter fast i de övriga ASF-EU-modulerna. (4)



Figur 4. En 3D-ritning över hur ASF-EU ser ut i verkligheten med alla modulerna ihop monterade. (2)

3.2 Styrssystemet

Om man använder komponenter i styrsystemet från flera olika tillverkare kan det resultera i inkompatibilitet och svårigheter att få komponenterna fungera tillsammans. Nu när maskinenens styrsystem består av komponenter från samma tillverkare (B&R) såsom PLC:n, manöverpanelen, frekvensomriktare och säkerhetsmoduler är detta mycket enklare, vilket resulterar i att man sparar tid i utvecklingen samt i produktionen.

ASF-EU är första maskinmodellen vid LKI med B&R-styrsystem och kommer nu att fungera som ett utvärderingsobjekt. (2) (4)



Figur 5. B&R har ett brett sortiment av automationsutrustning till industrin.

3.2.1 I/O-moduler

Förut satt I/O-moduler direkt i anslutning till PLC:n. Kabeldragningen på en maskin tog då upp mycket tid eftersom maskinens alla givare kopplades direkt in till elskåpet där PLC:n och I/O-modulerna fanns. Detta resulterade dessutom i att kabelkanalerna fort blev fulla. För att undvika detta har man nu på ASF-EU ett antal distribuerade I/O-moduler utplacerade, dit givarna istället kopplas. Den distribuerade I/O-modulen fungerar som en liten kopplingslåda dit ett flertal givare, lampor, ventiler, tryckknappar osv. kan anslutas för att underlätta kabeldragning. I/O-modulen kommunicerar med PLC:n via fältbuss. (4)

I/O-moduler från tillverkaren B&R som monteras inuti elskåp heter *X20 system*. De är inte lika bra inkapslade och skyddade som de I/O-moduler som kan monteras utanför elskåp, *X67 system*, vilka är mer robusta som man kan se på figur 6. (5)



Figur 6. Exempel på hur olika distribuerade I/O-moduler från tillverkaren B&R kan se ut.

3.2.2 Databasen

För att hålla reda på vad för material som finns i ASF-EU-lagret och vilka paletter som har vilket material så finns det en databas på allt detta. Databasen är, enkelt sagt en tabell som hela tiden automatiskt håller reda på mängden plåtar, var de finns i lagret, palettnummer osv. Data från databasen utbyts mellan ASF-EU och FO-lasern i produktionslinjen. (4)

4 TEORI

I detta kapitel förklaras teorin som behövs för att kunna utföra examensarbets praktiska del. Teorin behandlas först på en allmän nivå men längre in i texten blir teorin mer detaljerad.

4.1 Kommunikation

Eftersom t.ex. en produktionslinje kan bestå av många olika maskiner och processer blir det snabbt en mängd automationsutrustning som skall styras och kommunicera med varandra. Istället för att ha ett gemensamt elskåp dit all automationsutrustning kopplas kan man istället använda sig av flera PLC:er och distribuerade I/O-moduler som kan finnas utplacerade i mindre elskåp. Detta ger också möjligheten att bygga upp maskinen/anläggningen i flera moduler. Dessa kan då kommunicera med varandra genom olika fältbussar vilka i sig också kan bestå av olika kommunikationsprotokoll. Fältbussar har många fördelar jämfört med att ha hela styrsystemet i ett elskåp. Några av fördelarna är:

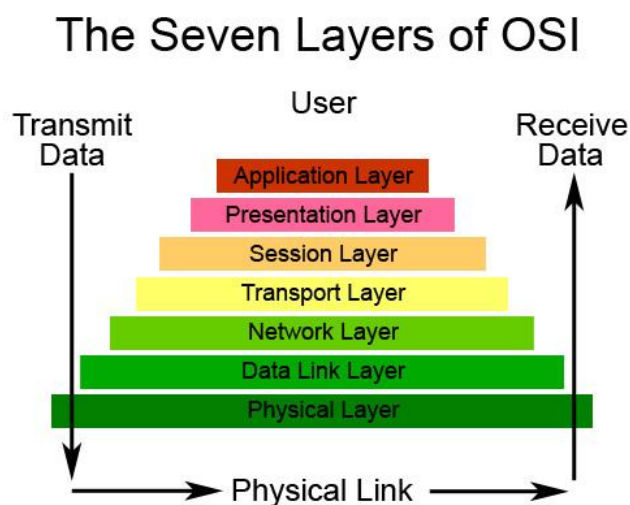
- Bättre och större flexibilitet.
- Enklare att ansluta ny utrustning.
- Enklare felsökning.
- Färre kablar vilket resulterar i mindre kostnader för installation.

Under 1980-talet utvecklade organisationen ISO och ITU fram en kommunikationsmodell (ISO/IEC 7498) som beskriver i form av regler hur kommunikationen mellan olika noder skall utföras. OSI-modellen består av sju olika skikt/lager som alla har en egen speciell funktion att sköta. Lagren kommunicerar sinsemellan endast med lagret ovanför eller under sig. Lagren är indelade enligt följande (figur 7): (6)

- **Applikation (7)** – lagret som är närmast programvaran som användaren ser. Program som använder sig av nätverk jobbar med detta lager.

- **Presentation (6)** – kryptering och dekryptering görs här så att applikationslagret kan läsa datan.
- **Session (5)** – ansvarar hur dialogen skall utföras, d.v.s. hur informationsbytet mellan noderna skall utföras.
 - Simplex - En nod sänder medan den andra tar emot information.
 - Halv duplex - En nod sänder i taget.
 - Full duplex - Båda noderna sänder och tar emot samtidigt.
- **Transport (4)** – här delas datan upp i mindre paket inför sändningen samt granskning av den inkommande datan så att all data har överförts korrekt.
- **Nätverk (3)** – ser till att datan sänds till rätt ställe i nätverket, sätter en adress på datan.
- **Datalänk (2)** – övervakar dataöverföringen och korrigerar fel i överföringen ifall det behövs.
- **Fysiska (1)** – hårdvaran i nätverket såsom kablage, kopplingsenheter osv. Här skickas eller tas bitar (data) emot.

Den egentliga datan som skall sändas, t.ex. information om en givare kommer från applikationslagret. Varefter datan trappar ner i OSI-modellen så sätter varje lager sin del av information s.k. *header* till meddelandet vilket gör att datan hittar rätt fram till mottagaren. OSI-modellen utgör grunden för de flesta typer av fältbussar.



Figur 7. OSI-modellen där varje lager har en speciell uppgift för att upprätthålla en kommunikation.

När sedan flera noder kopplas samman bildar de ett nätverk. Alla noder i nätverket måste också ha någon typ av adress för att andra noder skall kunna sända data och ta emot data av rätt nod. Man kan se adresserna som vanliga gatuadresser. För att kunna skicka ett brev så måste brevet föras med en gatuadress för att brevet skall hitta rätt. Samma gäller det i nätverk och detta görs i OSI-modellens tredje lager.

När ett nätverk byggs upp kan man koppla ihop det på olika sätt. Detta kallas nätverkstopologi. Alla fältbussar använder sig inte av samma topologi, vilken topologi man skall använda sig av beror på fältbuss typen. De vanligaste topologierna för nätverk är: (7)

- **Ringnät** – alla noder kopplas efter varandra, likt en ring. Datan som sänds i ringnätet går via varje noder tills data kommer fram dit den är adresserat. Alla noder behöver då två anslutningar, den skall kunna ta emot data och skicka vidare data. Enkelt att bygga nätverket men svårt att bygga ut.
- **Stjärnnät** – består av en centralnod i mitten som kan t.ex. vara en switch. Till switchen kopplas alla övriga noder skilt för sig så länge som det finns lediga portar på centralnoden. Ifall en nod slås ut påverkas inte de övriga noderna i nätet, men då igen om centralnoden slås ut slås även hela nätverket ut. Detta är vanligaste formen av nätverkstopologi i ett hemma nätverk.
- **Bussnät** – likt sitt namn så består nätet av en lång kabel dit alla noder ansluts. Även kallat linjenät. I nätet tar alla noder emot data samtidigt men endast en nod kan sända data åt gången. Ifall två eller flera noder försöker sända data på samma gång uppstår det kollisioner i nätverket och data kan förloras. Enkelt att ansluta fler noder till nätet men ifall kabeln går av slås samtliga noder ut.

Ett annat vanligt sätt idag är att trådlöst överföra data mellan noderna i nätverket. Detta ger möjligheten att överföra data till t.ex. svår tillgängliga platser eller rörliga maskiner. Då måste också alla noder i nätverket ha den funktionen att de kan sända och ta emot data trådlöst.

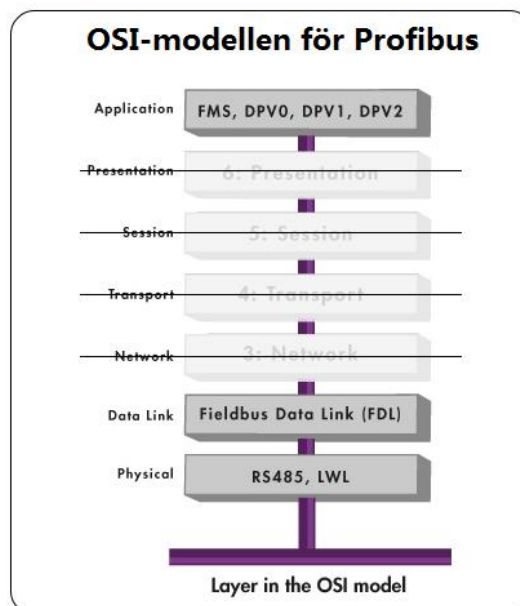
Dataöverföringshastigheten, hur snabbt data kan överföras mellan noder i nätverket beror på vilken typ av fältbuss och topologi man använder sig av.

4.1.1 Profibus fältbuss

Fältbussen Profibus används som kommunikation mellan FO-lasern och ASF-EU.

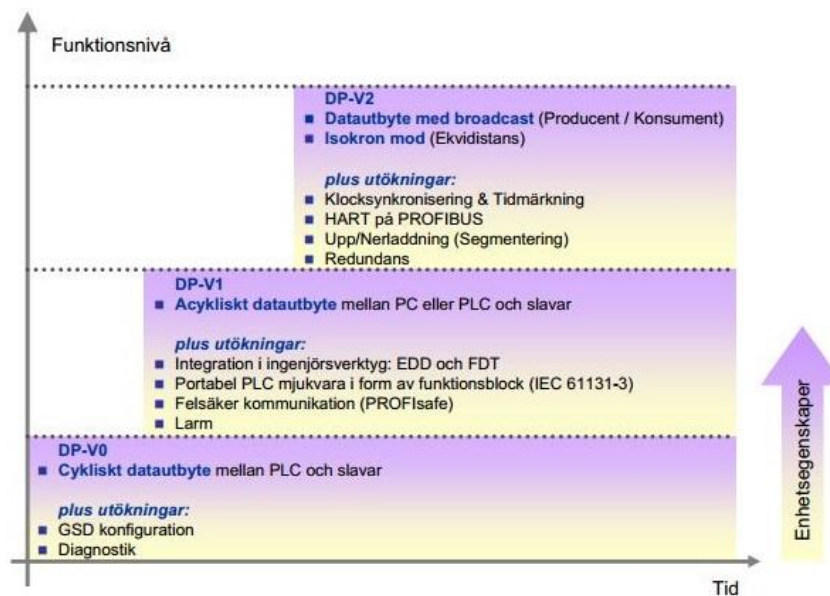
Profibus är en kommunikationsstandard som används inom industriell automation och är ursprungligen utvecklat av tyska företaget Siemens. Profibus används för att kommunicera mellan produkter av olika tillverkare, vilket gör till att den är ett av de vanligaste kommunikationssätten som används. Den behöver dessutom heller inga skilda program eller anpassningar för att kommunicera.

Profibus finns i tre olika varianter vilka är riktade till olika användningsområden; FMS, DP och PA. Profibus DP som är den vanligaste varianten av Profibus idag används på LKI:s maskiner. Profibus använder dock inte alla lagren i OSI-modellen utan endast tre lager; lager 1, 3 och 7 som figur 8 visar. (7)



Figur 8. Bild på hur OSI-modellen är uppbyggd och vilka lager Profibus använder sig av.

Av Profibus DP-varianten finns även tre olika versioner av prestanda som man kan välja mellan; DP-V0 (version 0), DP-V1 (version 1) och DP-V2 (version 2). Vilken version man skall välja är beroende på vilken tillämpning man skall använda Profibus på, vilket man kan se från figur 9 nedan. (7)



Figur 9. Specifikationer på de olika versionerna som används för Profibus DP.

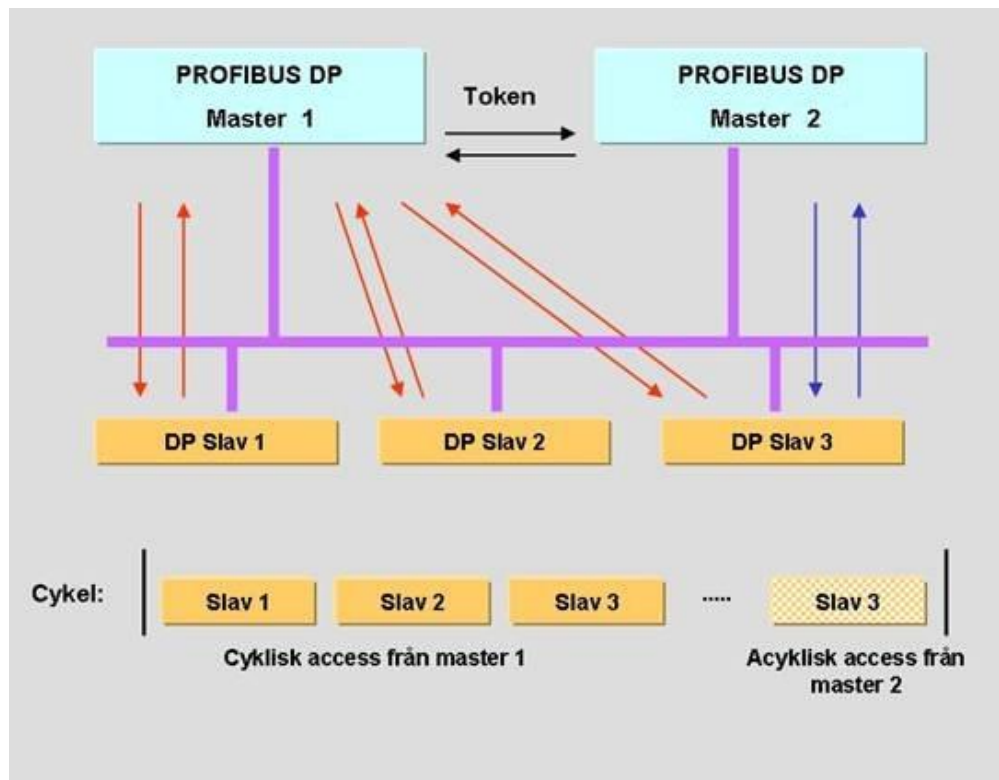
Profibus använder sig av master-slave metodik med token passing. I ett master-slave finns det alltid en master nod (kan finnas flera) som fungerar som chef och ger kommandon åt de övriga i nätverket, d.v.s. till slav noderna. En master kan vara en PLC eller dator som sänder ut kommandon i nätverket och den slav som kommandot är riktat till, den svarar på kommandot. En slav kan vara en givare eller ett ställdon. Till ett Profibus nätverk kan man högst ansluta 126 noder som får bestå av max fem segment, varav det får högst finnas 32 noder på ett segment. Alla noder adresseras med en egen adress som kan vara från 0 till 125.

(4) (7)

Tabell 1. Tabell över vad adresserna i ett Profibus nätverk används till.

NÄTVERKSADRESS	ANVÄNDNING
0 - 125	Noder
126	"Default resetadress"
127	Broadcast

Ifall flera masters finns i nätverket så används token passing vilket förhindrar kollisioner i datatrafiken. En token-signal skickas mellan master noderna och endast den som har token får sända på nätverket. Efter att mastern är klar med sändningen så skickas token över till nästa master. Enkelt förklarat, den som har mikrofonen får tala medan alla andra lyssnar. Slav noderna kan endast kommunicera med master noderna när den får en förfrågan i nätverket av en master nod, d.v.s. när den blir tillsagd att sända data. (7)



Figur 10. Token passing används mellan master noderna för att undvika kollisioner i datatrafiken.

Profibus nätverk kan kopplas samman med olika topologier beroende på vad som används i det fysiska lagret enligt OSI-modellen. Med kopparkabel (RS485, MBP) är vanligaste topologin bussnät, medan med optisk kabel (plast, glas) kan även ringnät användas. Ifall man använder sig av bussnät så måste de noder som är i ändorna av nätverket vardera anslutas till ett ändmotstånd (120Ω). Ifall ändmotstånd inte monteras kan signalerna reflekteras inuti kabeln och ge upphov till störningar i dataöverföringen. Trådlös kommunikation är också en möjlighet med Profibus. (7)

Hastigheten i Profibus nätverk kan variera beroende på vad som används i det fysiska lagret och också vilken typ av topologi som används. Tabell 2 berättar vilken hastighet som är möjlig beroende av kabellängden (RS485) per segment och vice versa. (7)

Tabell 2. Profibus överföringshastighet är beroende av kabellängden.

Hastighet (kbit/s)	9,6	19,2	45,45	93,75	187,5	500	1500	3000	6000	12000
Kabellängd (m)	1200	1200	1200	1200	1000	400	200	100	100	100

4.1.2 DeviceNet fältbuss

DeviceNet är en fältbuss som har utvecklats av amerikanska företaget Allen-Bradley. Fältbussen baserar sig på kommunikationsstandarden CAN (Controller Area Network) och kommunikationsprotokollet CIP (Communications and Information Protocol). DeviceNet stöder master/slave kommunikation men också *peer-to-peer (P2P)*. I P2P tilldelas inte noderna någon specifik roll (master eller slave), utan alla noder kan kommunicera sinsemellan.

Överföringshastigheten i DeviceNet bestäms på samma sätt som i Profibus nätverk, den är beroende av kabellängden. Hastigheten i DeviceNet nätverket kan vara:

- **125 kbit/s** vid max **500 m** kabellängd.
- **250 kbit/s** vid max **250 m** kabellängd.
- **500 kbit/s** vid max **100 m** kabellängd.

Nätverkstopologin som DeviceNet använder är bussnät där man kan koppla in max 64 noder i nätverket. Adressering av noder mellan 0 - 63 används också i nätverket. (8)

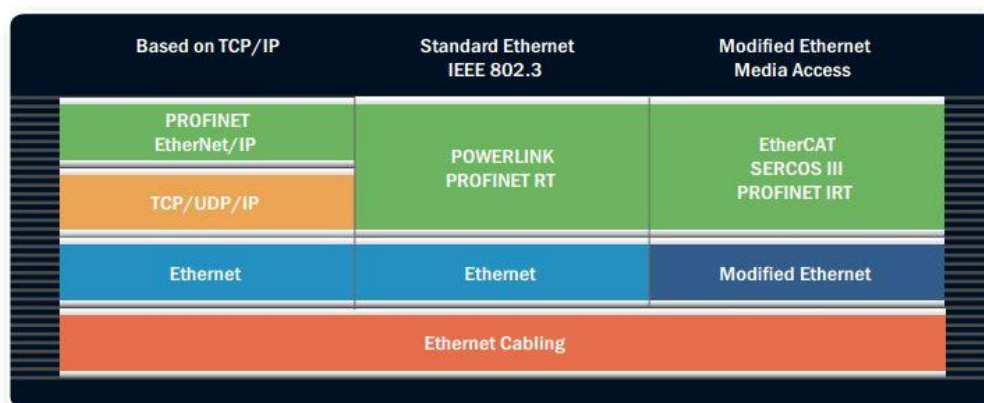
DeviceNet används på de maskiner som LKI exporterar till Amerika, medan Profibus används på de som skickas till Europa. (4)

4.1.3 Powerlink fältbuss

Tekniken går framåt varje dag, vilket betyder att dagens styrsystem blir allt mer komplicerade och arbetar i mycket snabbare takt än förut. Detta sätter också större krav på kommunikationen som skall utföras mellan den automationsutrustning som finns i styrsystemet. Snabbheten är vanligen den högsta prioriteten, allt skall ske i s.k. realtid. Ifall man skall reglera en elmotor med hög precision så behöver styrsystemet få data från motorgivare i realtid för att kunna reglera elmotorn utan dödtid. Annars kan reglering bli hackig. Också datatrafiken mellan datorer och PLC:er bör ske inom så kort tidsram (cykeltid) som möjligt utan att data går förlorad. Kommunikationen mellan PLC:n och alla distribuerade I/O-moduler på ASF-EU görs via Powerlink eftersom B&R använder sig av denna fältbuss.

Tillverkaren B&R började år 2001 utveckla en ny fältbuss, *Powerlink*. Första versionen av Powerlink släpptes samma år. År 2003 grundades *Ethernet Powerlink Standardization Group (EPSG)* som har som mål att standardisera Powerlink. Idag är Ethernet Powerlink en öppen källkod och ett helt patentfritt kommunikationssystem som bygger på Ethernet protokollet *IEEE 802.3* med realtids kommunikation. Fältbussen *EtherCAT* (Ethernet for Control Automation Technology) är en stor konkurrent till Powerlink. Båda fältbussarna bygger på samma grund och många likheter hittas i hur kommunikationen utförs. (9)

Ser man på OSI-modellen för Powerlink så består grunden på Ethernet medan de högre lagren består av Powerlink. En av de stora fördelarna med Powerlink jämfört med Ethernet är att man kan förhindra kollisioner i nätverket, d.v.s. ingen dataöverföring går förlorad. Detta har löst med att alla noder i nätverket sänder och tar emot data enligt en förutbestämd tidsplan som bestäms av en nod. CANopen går även att implementera i Powerlink. (10)

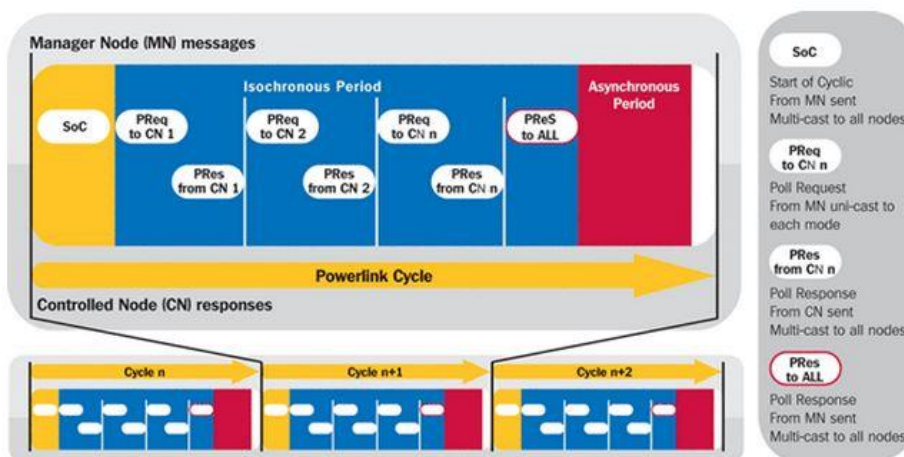


Figur 11. Bilden presenterar olika fältbussar för realtids kommunikation som bygger på Ethernet.

Datatrafiken i nätverk utförs på olika sätt beroende på vilken kommunikationsstandard som används. Datatrafiken i ett vanligt hemma nätverk (Ethernet) kan ha många noder i samma nätverk. Där kan det komma sig att flera noder sänder data på samma gång i nätverket och då kan kollisioner uppkomma. Ifall kollisioner uppkommer märker sändaren genast av detta och sänder då samma data på nytt under en millisekund, men ibland kan också data gå förlorad p.g.a. kollisioner. (9)

För att undvika kollisioner i datatrafiken som orsakar onödiga väntetider så använder sig Powerlink av en tidsplan för kommunikationen. Powerlink-nätverk är lik Profibus-metodiken med master-slave noder. I ett Powerlink-nätverk skall det alltid finnas en *Managing Node* (MN) som fungerar som master medan alla övriga i nätverket är *Controlled Nodes* (CN). MN ser till att alla noder i nätverket är synkroniserade med varandra för att uppnå cyklisk datakommunikation. Powerlink tidscykeln består av tre olika perioder: (9) (11)

- **Start Period** – MN sänder ut ett meddelande, *Start of Cycle (SoC)*, till alla CN i nätverket för att synkronisera alla noder.
- **Cyclic / Isochronous Period** – Alla noder befinner sig i den isokrona perioden och nu kan data sändas. MN skickar s.k. *Poll begäran* ut till varje CN som sedan omedelbart svara i tur och ordning. CN kan svara genom att skicka data endast åt MN eller genom att sända *Multicast*, d.v.s. samma data går ut till alla noder i nätverket.
- **Asynchronous Period** - MN sänder ut ett meddelande, *Start of Async (SoA)*, i nätverket för att indikera att den asynkrona perioden har startat. Nu kan icke tidskritisk data såsom TCP/IP-data eller parameterkonfigurationsdata överföras.

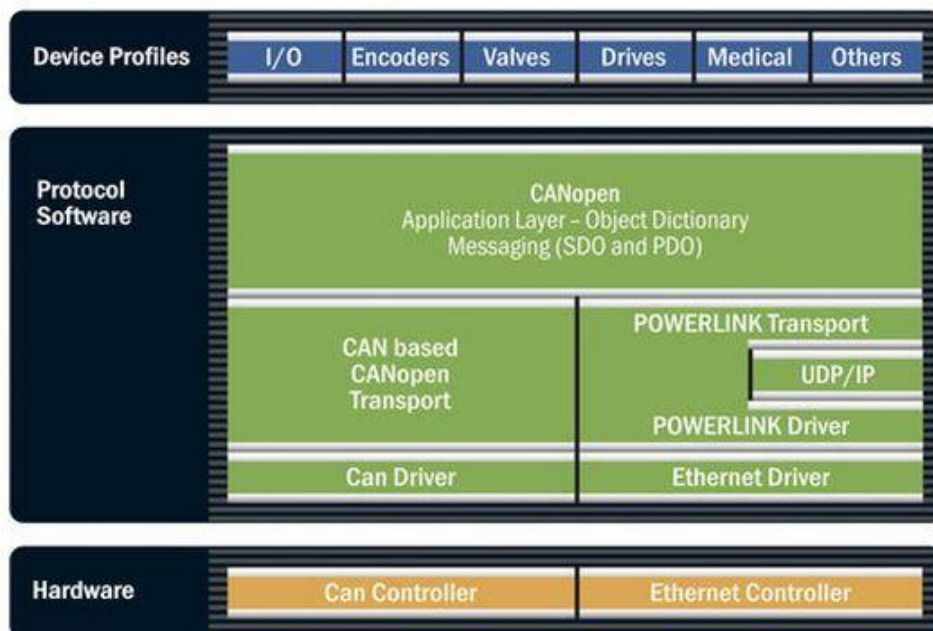


Figur 12. Pollningen mellan MN och CN görs stegvis i en fast sekvens i Powerlink-nätverket.

Som tidigare nämntes så går det att implementera CANopen i Powerlink-nätverk. Detta blev möjligt år 2003, när EPSG tillsammans med CAN in Automation (CiA) gruppen släppte Ethernet Powerlink version 2.

CANopen är ett av de mest använda applikationsprotokollen och enhetsprofilspecifikationen idag. Den används främst på fordon men används också inom industrin. CANopen representerar det högsta lagret i OSI-modellen, applikationslagret. CANopen "hjärna" heter *Object Dictionary* (objektlistan) vilket måste finnas i varje CANopen-nod. Den innehåller en gruppering av olika objekt (parametrar) som finns åtkomligt över nätverket. Objektlistan används för kommunikation och konfiguration mellan noderna i nätverket. CANopen använder sig av två olika typer av meddelanden; *Service Data Object (SDO)* som innehåller konfigureringsdata och *Process Data Object (PDO)* som innehåller processdata från t.ex. givare. (9) (10)

Detta gör att Powerlink är en väldigt flexibel fältbuss eftersom den kan implementeras i många olika miljöer. Bilaga 1 innehåller en mer detaljerad bild över hur lagren är uppbyggda enligt OSI-modellen.



Figur 13. CANopen fungerar också i Ethernet Powerlink-nätverk, "CANopen over Ethernet".

Som tidigare nämntes så består de nedersta lagren i Powerlink OSI-modellen av Ethernet. En av fördelarna med Ethernet nätverk är att användaren kan koppla nätverket i vilken topologi som helst, vilket också gäller för Powerlink. Det samma gäller för överföringshastigheten i nätverket. Ethernet standarden IEEE 802.3 stöder hastigheter upp till 100 Mbit/s (Fast Ethernet) i alla Powerlink-nätverk. Efter år 2006 började standarden även stöda hastigheter upp till 10 gånger snabbare, 1 Gbit/s (Gigabit Ethernet), vilket då också gäller för Powerlink. Ifall hastigheter upp till 1 Gbit/s skall användas så måste alla noder i nätverket stöda Gigabit Ethernet. (10)

För att hålla ordning på alla noder i nätverket så tilldelas alla noder ett nod-ID (adress) så att den kan identifieras i nätverket. Man ställer in nod-ID på alla noder manuellt genom två ställrattar på nodens framsida. Vanlig IP-adress kan även tilldelas noderna ifall man vill komma åt en nod från ett annat nätverk någonstans i världen, d.v.s. via Internet. (10)

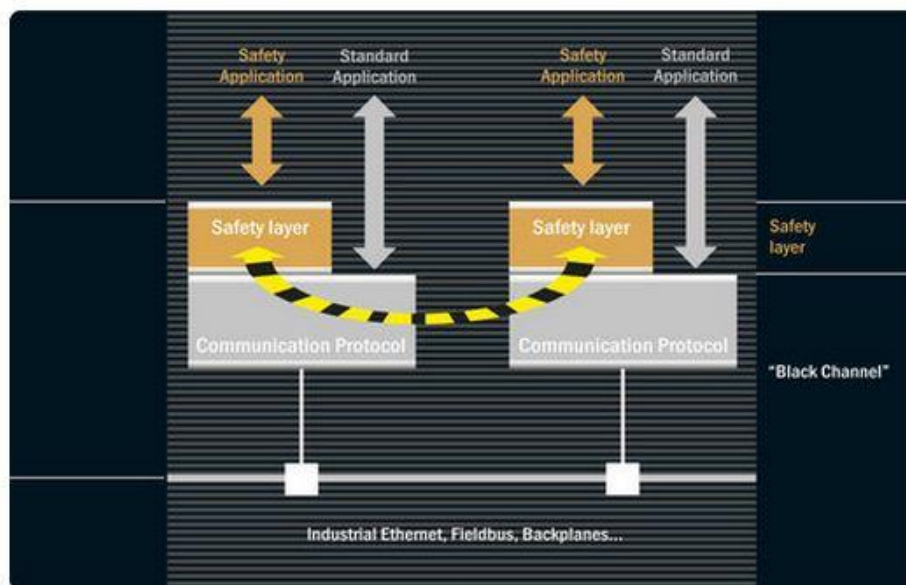
Tabell 3. Tabell över vad olika nod-ID används till i Powerlink-nätverk.

ID	ANVÄNDNING
0	<i>Används ej</i>
1 – 239	<i>Controlled Nodes (CN)</i>
240	<i>Managing Node (MN)</i>
241 – 250	<i>Reserved</i>
251	<i>Self-addressing</i>
252	<i>Dummy node</i>
253	<i>Diagnostic device</i>
254	<i>To legacy Ethernet Router</i>
255	<i>Broadcast</i>

4.1.4 Black Channel

Genom att använda sig av *Black Channel* principen så möjliggörs överföring av säkerhetsrelaterad data över redan existerande fältbussar i nätverket. Säkerhetsrelaterad data är data som innehåller uppgifter om säkerheten på en maskin eller anläggning, data som kan förhindra att människor kommer till skada. Det kan vara data från t.ex. givare som varnar ifall maskinen överhettas eller om nödstoppsstatus. (12)

Denna data måste alltid hanteras på ett säkert sätt och får inte under några omständigheter gå förlorad under överföringen mellan noderna i nätverket. Ett nytt lager, *Safety layer* implementeras ovanpå applikationslagret på OSI-modellen. Safety layer behandlar endast säkerhetsrelaterad data och ser till att den sänds i ett isolerat protokoll. Datan som sänds från Safety layer kan endast läsas av andra Safety layer i nätverket. (12)



Figur 14. Säkerhetsrelaterad data sänds via black channel i fältbuss nätverk.

4.2 PLC och programmering

”Hjärnan” i ett styrsystem består vanligen av en eller flera PLC:er som styr hela maskinen/anläggningen. PLC:n har ett antal I/O-moduler, d.v.s. ingångar (givare, knappar osv.) kopplat till sig samt ett antal utgångar (elmotorer, lampor osv.). Föregångaren till PLC:n var reläkort, som fort tog upp stora utrymmen ifall ett större styrsystem byggdes. I slutet av 1960-talet utvecklade man den första PLC:n för att kunna minimera installationsutrymmen och vilka också blev flexiblare genom att de kunde programmeras. (13)

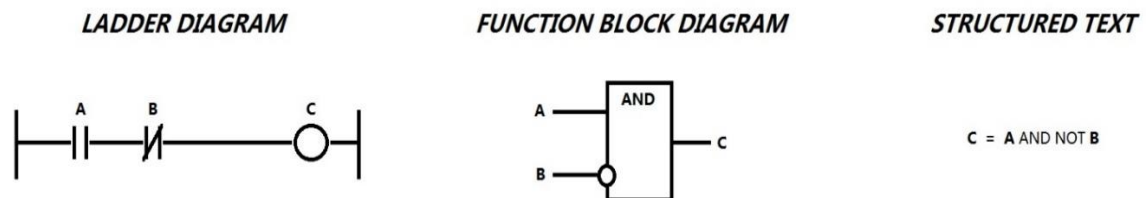
ASF-EU har endast en PLC som styr hela styrsystemet, men den har flera distribuerade I/O-moduler den kommunicerar med.

För att PLC:n skall kunna utföra funktioner utifrån de signaler som finns kopplat så måste den programmeras först med en PC. Programmeringen görs med olika programmeringsverktyg. Dessa verktyg beror på vilken tillverkare på PLC:n det är för att nästan alla tillverkare har sina egna mjukvara verktyg för programmeringen.

Programmeringen kan utföras i olika s.k. programmeringsspråk. Den internationella standarden *IEC 61131-3* definierar syntaxen, semantiken och riktlinjer för olika programmeringsspråk. De tre vanligaste språken som definieras i standarden IEC 61131-3 är: (14)

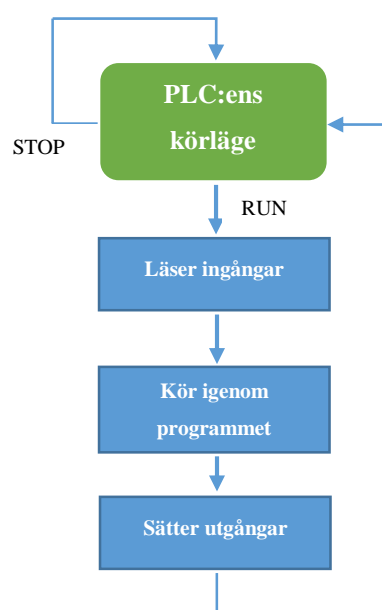
- **Structured text (ST)** – programmeringen görs endast med enkla textkommandon (engelska). Språket påminner mycket om andra olika programmeringsspråk som används inom datatekniken.
- **Ladder diagram (LD)** – grafisk programmering där koden ser ut lite som en stege, varav namnet kommer ifrån. Den klassiska och mest kända typen av programmeringsspråken.
- **Function Block diagram (FBD)** – grafisk programmering där koden består av olika funktionsblock. Blocken kan innehålla koder som skall utföra en speciell funktion samt att koden i blocken kan vara programmerad i andra programmeringsspråk.

Fördelen med standarden är att den tillåter olika programmeringsspråk att användas inom samma PLC. På detta sätt kan den som programmerar PLC:n själv välja vilket av programmeringsspråken som passar bäst till den uppgift som skall programmeras.



Figur 15. Exempel på tre olika programmeringsspråk som utför samma funktion. Utgången C (lampa) slår på ifall ingången A (knapp) är aktiv och ingång B (knapp) inte är aktiv.

När en PLC har programmerats och testas så kan den tas i bruk. PLC:n jobbar cykliskt för att den endast kan utföra en instruktion åt gången. Först läser den av ingångarna och lagrar alla värden i ett minne. Sedan bearbetar programmet rad för rad och slutligen sätter den av eller på utgångar beroende på programmet. Hela tidscykeln går väldigt snabbt så det ser ut som att PLC:n gör allt på samma gång. Kommunikationen mellan PLC:er sker över olika typer av fältbussar.



Figur 16. Exempel på flödesschema hur PLC:n jobbar cykliskt.

4.2.1 Maskinsäkerheten

Dagens industri består till stor del av olika maskiner som utför arbeten automatiskt eller manövreras av en människa. Säkerheten är då en av de högsta prioriteterna i industrin, människor som manövrar maskiner skall inte under några omständigheter komma till skada. Detta sätter naturligtvis en del krav på de maskiner som konstrueras och tillverkas till industrin. När en ny maskin konstrueras måste man alltid ta i beaktande säkerheten. För att en maskin skall vara ”säker”, så menas det att alla risker är tillräckligt låga.

Vanligtvis så monteras det någon typ av skyddsnät eller annan skyddsutrustning som skall hindra människor att komma in i farozonen runt maskinen. Ifall man måste röra sig i farozonen t.ex. p.g.a. underhåll så skall det finnas en dörr in till farozonen. Dörren måste vara säkrad med en säkerhetsbrytare så att ifall dörren öppnas skall maskinen omedelbart stanna. Nödstopp skall också finnas utplacerade runtom maskinen och dessa skall också ha samma funktion, maskinen skall stanna ifall nödstoppen tryck in. (15)

Styrsystemet som övervakar alla säkerhetsbrytare och dess krets kan inte bestå av vanliga reläer eller PLC:er. I styrsystem övervakas säkerhetsbrytarna (givare, nödstopp, ljusridåer osv.) alltid av en eller flera säkerhetsreläer. Dessa har inbyggd elektronik som hela tiden kollar ifall säkerhetskretsen är i skick. Ifall kretsen bryts skall all spänning ut till maskinen brytas och för att få igång maskinen igen måste säkerhetsreläerna kvitteras. (15)

Maskiner delas in i tre olika maskinsäkerhetsklasser (ABC-standarder) beroende på hur ”farliga” de är. Dessa klasser sätter krav på hur komplicerad säkerhetskretsen och antalet säkerhetskomponenter skall vara för att maskinen skall klassificeras som säker enligt vissa standarder. Även riskanalyser, riskbedömning sätts i dessa klasser samt krav på mekaniska skydd. (2) (4)



Figur 17. Maskiner klassificeras enligt ABC-standarderna beroende på hur farliga de anses vara.

4.2.2 Integrerad säkerhet

Komplicerade säkerhetskretsar som görs på traditionellt sätt (kopplingstråd) är svåra att designa, tidsdryga att koppla samt svåra att felsöka. Detta kan bli väldigt kostsamt ifall man har en större maskin eller anläggning och man måste dra kablar långa vägar. Diagnostik är ofta inte heller möjligt.

Detta har resulterat i att man idag har utvecklat en ny teknik som tillåter säkerhetskretsar att fungera över fältbussar, *integrerad säkerhet*. Säkerhetskretsen är kopplad till en skild säkerhetsmodul som är kopplad till styrsystemets PLC. Detta är ett mycket flexiblere alternativ eftersom det medför många nya möjligheter. Feldiagnostik är enkelt eftersom all information om givarna finns tillgängligt i hela nätverket. Säkerhetskomponenterna överför data i fältbussen genom att använda sig av ett säkert isolerad protokoll. (15)

Integrerade säkerheten som tillverkaren B&R använder sig av är *OpenSafety*, som har utvecklats av EPSG. OpenSafety använder sig av Black Channel, som behandlas i kapitel 4.1.4. På detta sätt kan OpenSafety implementeras i vilken fältbuss nätverk som helst utan att behöva ändra något annat än mjukvaran i nätverksenheterna. Datan sänds under den asynkrona perioden i Powerlink. Säkerhetskretsen består av en egen sluten krets som är kopplad till en säkerhetsmodul dit alla nödstopp, säkerhetsgivare osv. är kopplade. Säkerhetsmodulen är programmerbar och programmeras med ett programmeringsmjukvara verktyg i programmeringsspråket Function Block Diagram. Programmet görs inte med samma programmeringsverktyg som styrsystemets PLC görs i, men verktyget finns nog med i samma programpaket. (4) (16)



Figur 18. En PLC från tillverkaren B&R där de gula säkerhetsmodulerna är sammankopplade med PLC:n.

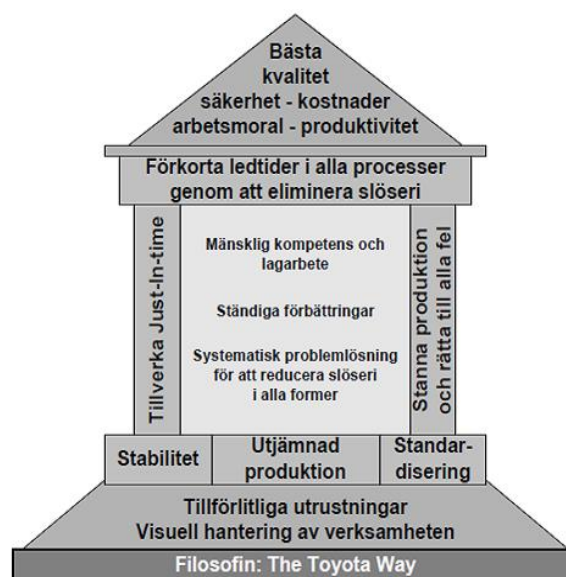
4.3 Lean

Idag förväntar sig kunden högre kvalitet på produkter men till ett förmånligare pris än förut fastän tillverkningskostnaderna många gånger stiger mer och mer. Då gäller det för tillverkaren att till fullo ta vara på de resurser man har.

Lean har olika betydelser enligt många. En del ser Lean som en filosofi eller ett tankesätt, medan andra ser Lean som en metod för verksamhetsutveckling. I vilket fall som helst så härstammar Lean från Toyotas utvecklingsstrategi som blev internationellt känt på 1980-talet. Lean är idag ett världskänt affärskoncept som syftar på att maximera kundvärdet i en produkt och eliminera alla typer av slöseri. Enligt *Kaizen*, resulterar det i att en organisation som är Lean, är ständigt en lärande organisation för att det finns alltid något man kan göras snabbare, bättre eller mera.

För att förverkliga Lean i ett företag så finns det ett antal olika verktyg. *Lean Systems* är ett verktyg som företaget Tieto har utvecklat, vilket är ett flexibelt dataprogram med nästan oändliga funktioner. Målet är att företaget kan mata in uppgifter om sig själva och produktionen för att ständigt följa med hur produktionen löper. I programmet kan man lagra all information om komponenter, ritningar, dokument osv. som används inom företaget. *Lean Systems* fungerar som en databas där alla komponenter får ett artikelnummer för att enkelt kunna hittas. (2) (4)

LKI använder sig av Lean och verktyget *Lean Systems*.



Figur 19. "Lean Temple" innehåller de faktorer man bör ta i beaktande gällande Lean.

4.4 Standarder och direktiv

Standarder är dokument som innehåller tekniska specifikationer, riktlinjer eller krav för ett vist objekt, komponent, tjänst, system eller maskin. Standarder syftar till en förbättrad säkerhet, kvalitet och tillförlitlighet. Dessa standarder sätts samman av olika standardiseringsorganisationer och de kan gälla internationellt eller bara inom ett vist land. Enkelt beskrivet är en standard ett överens kommit sätt att lösa igen uppkomna problem. Olika standarder används runtom oss dagligen i alla industrier och även i vardagslivet utan att vi lägger märke till dem. En av de vanligaste standarder som alla säkert känner till är måttet på hur stort ett A4 pappersark skall vara (*ISO 216*).

För att förbättra säkerheten på olika produkter och maskiner finns det olika direktiv som tillämpas. Ett av de vanligare direktiven som används är maskindirektivet (*2006/42/EC*). Maskindirektivet innehåller riktlinjer och olika krav på hur en maskin skall vara säker med tanke på tillverkningen, underhållet och driften. Enkelt beskrivet är maskindirektivet en ”lagbok” och för att uppfylla kraven som den sätter tar man hjälp av olika standarder. Dessa direktiv gäller endast inom EU. (4)

Följande direktiv och standarderna är tillämpade på ASF-EU-maskinen: (2) (17)

2004/108/EC – EMC-direktiv

2006/42/EC – Lågspänningsdirektiv

- **EN 60204-1** – innehåller säkerhetskrav på den elektriska utrustningen som finns på maskiner. Tillämpas på maskiner som använder sig av lägre spänning än 500 VDC eller 1000 VAC.
- **ISO 13849-1** - säkerhetskrav och vägledning för design och konstruktion av säkerhetsrelaterade delar i ett styrsystem, d.v.s. vilka skyddsfunktioner behövs på maskinen.

2006/42/EC – Maskindirektiv

- **EN 953 + A1** – allmänna krav på konstruktionen och tillverkningen av fasta eller flyttbara skydd som skall skydda personer från mekaniska risker.
- **EN 983** – identifierar faror och risker när pneumatiska system och pneumatiska komponenter tas i bruk på maskiner.

- **ISO 12100-1 :2010** – specificerar grundläggande principer angående säkerheten vid konstruktion av maskiner. Bygger på metoder för riskbedömning och riskreducering.
- **ISO 13850 :2008** – konstruktionsprinciper och funktionskrav för nödstoppsfunktioner på maskiner oberoende av vilken energi som används för att styra funktionen.
- **ISO 13855 :2010** – placering av säkerhetsljusriddåer framför maskinen. Ett minimiavstånd till farozonen bestäms genom att ta i beaktande kroppsdelars hastighet mot maskinen.
- **ISO 13857 :2008** – avståndsvärden för skyddsavstånd för att förhindra att maskinens riskområde nås. Avstånden är riktade till skyddande konstruktioner.

5 PRAKTISKA ARBETET

Det praktiska arbetet påbörjades hösten 2014 genom att grundligt studera ASF-EU-maskinen och dess funktioner. Då genomfördes ett antal tester på en prototyp som hade tillverkats på LKI. Prototypen skulle sedan monteras upp på en stor mäsas för plåtbearbetningsmaskiner och system. Mässan heter EuroBlech och ordnas varannan höst i Tyskland. Detta skulle bli första gången som maskinen visades på marknaden och serietillverkningen av ASF-EU beräknas starta efter sommaren 2015.

Efter att mässan hade ägt rum ordnades ett möte på LKI för att sammanfatta feedbacken som maskinen fått. En del små förändringar skulle göras på några av ASF-EU:s moduler. Även examensarbetet togs upp under mötet och man diskuterade vilka modulers testskåp som skulle prioriteras. Man kom fram till att planering och tillverkning av ett testskåp till LST skall göras och testskåp till PLU, UNL och LDU skall planeras. Målet med examensarbetet var; att när delmontagen och modulerna kommer till slutmonteringen skall de vara felfria. Så att när man vid slutmonteringen skall testa maskinen och ifall det uppstår fel så skall man inte behöva felsöka efter fel på delmontagen eller modulerna.

ASF-EU-maskinen kommer inte att monteras upp i sin helhet i produktionen p.g.a. brist av utrymme. Detta betyder att modulerna kommer att monteras upp skilt i produktionen och de kommer heller inte att testas ihop med varandra. Monteringen av modulerna kommer att ske enligt följande:

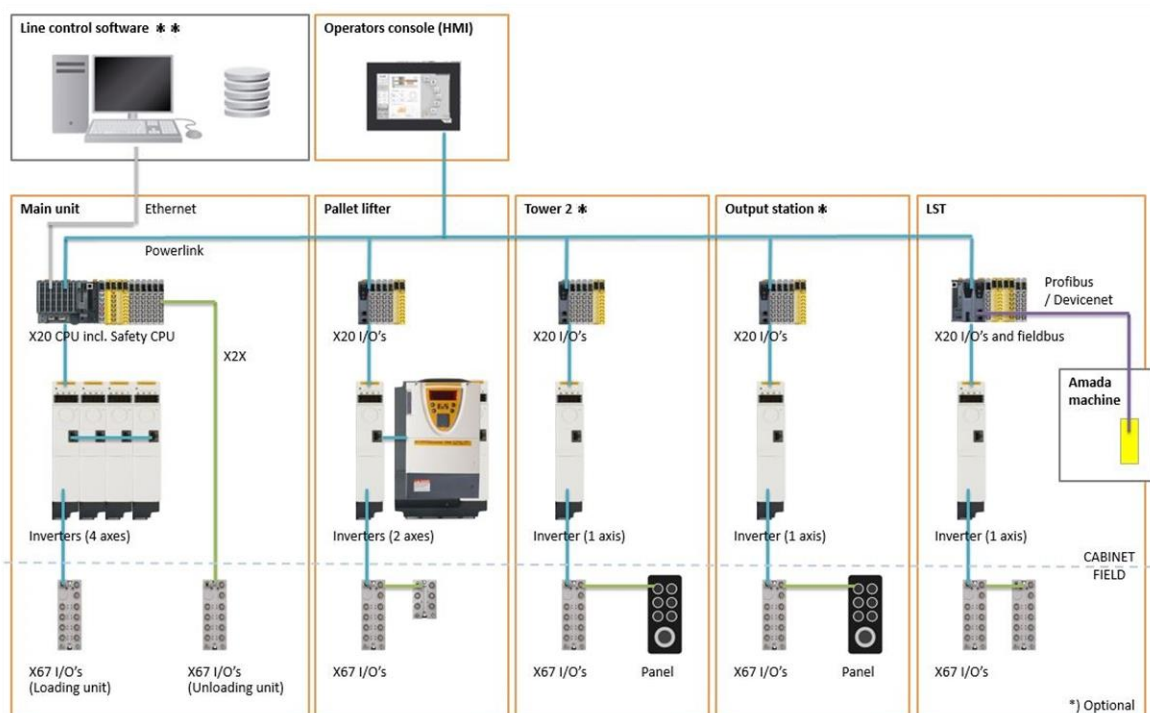
- LST monteras samt testas skilt för sig.
- PLU kommer att monteras skilt och även testas skilt. Ramen som palettlyften går efter kommer inte att monteras upp heller.
- Lower frame tillsammans med modulerna UNL, LDU och MPS kommer att monteras ihop och testas.
- Upper frame innehåller inte några elkomponenter och bör därför inte testas.

Detta resulterar i att totalt tre testskåp bör tillverkas till LST, PLU och Lower frame.

5.1 Testskåp för ASF-EU-moduler

Ett testskåp skall underlätta testningen av moduler i produktionen och säkerhetsställa att modulen fungerar som den ska. Testskåp har som huvudfunktion att simulera och testa de funktioner en modul skall utföra. Genom att koppla testskåpet till en fristående modul så skall man kunna utföra alla funktioner på modulen utan att behöva koppla in de övriga modulerna.

Figur 20 nedan visar hur styrsystemet är kopplat samman på ASF-EU med Powerlink. Styrsystemet består endast av en PLC som styr de övriga modulerna på maskinen genom utplacerade I/O-moduler. (2)



Figur 20. Layout över hur styrsystemet är kopplat på ASF-EU.

* Dessa moduler är tilläggsutrustning till ASF-EU och tillverkas inte ännu i dagsläget.

** Huvuddator som styr hela produktionslinjen.

5.2 Testskåp för LST

Testskåpet till LST-modulen prioriterades högst eftersom att inga förändringar kommer att göras på modulen. LST har ett eget elskåp monterat som innehåller en Powerlink-modul (möjliggör kommunikation över Powerlink) samt ett antal X20 I/O-moduler. Dessa kommunicerar över Powerlink med ASF-EU:s PLC som finns i huvudelskåpet.

Som tidigare nämnts i kapitlet 3.1.3, så har LST redan funnits i LKI:s produktsortiment ett antal år. Ett gammalt testskåp finns i produktionen som LST testas med i dagsläget. Testskåpet styrs med en PLC av märket Mitsubishi och medan ASF-EU:s LST-modulen styrs med en PLC av märket B&R. Eftersom Mitsubishi och B&R använder olika fältbussar så kan man inte testa ASF-EU:s LST-modul med det gamla testskåpet. Ett nytt testskåp som styrs med en PLC av märket B&R bör tillverkas.



Figur 21. 3D-ritning över hur LST-modulen ser ut i verkligheten.

5.2.1 Testprotokoll

I och med att LST redan har tillverkats ett antal år så finns ett testprotokoll på hur och vad som bör testas. På den mekaniska sidan av monteringen finns redan ett antal olika verktyg som används för att underlätta testningen. Även vilka funktioner som bör testas finns listade. Eftersom LST inte kopplas samman med Amada:s FO-laser i produktionen, måste testskåpet simulera alla funktioner och signaler som FO-lasern i verkligheten gör.

5.2.2 Elplanering

Elritningarna på ASF-EU är ritade i ett ritningsprogram som är nytt för LKI, nämligen E3 series. Utifrån elritningarna kan man se att enda kommunikationen mellan ASF-EU:s huvudelskåp och Amada-maskinen sker via LST-modulen. Den kommunicerar med Amada:s FO-laser genom Profibus. FO-lasern förser även LST med strömmatning, både 3x200 VAC och 24 VDC. En elmotor finns fastmonterad på FO-lasern som har till uppgift att driva skärpaletter mellan FO-lasern och LST m.h.a. kedjedrift. Denna elmotor styrs med frekvensomriktare från LST.

LST har en stöpselplåt fastmonterad på ramen dit alla kablar från FO-lasern kopplas med stöpselkopplingar. Kablaget som går mellan LST och FO-lasern är:

- 4 x 6 mm² – Strömmatningen 3x200 VAC (200 VAC är standard i Japans elnät mellan faserna, i Finlands elnät används spänningen 400 VAC mellan faserna).
- 7 x 2,5 mm² – Elmotorkabeln som styrs från LST.
- 18 x 0,5 mm² – Strömmatningen 24 VDC och säkerhetssignaler.
- 25 x 0,5 mm² – 24 VDC styrsignaler.
- 2 x 0,64 mm² – Profibus fältbuss.

Kommunikationen mellan LST och ASF-EU:s huvudelskåp sker via Powerlink.

Alla säkerhetssignaler och styrsignaler mellan LST och FO-lasern bör testas för att säkerställa att de är rätt kopplade. För att testa detta så används en PLC som kan simulera signalerna som skickas och tas emot på FO-lasern. Signalerna ”rings” igenom, d.v.s. testskåpets PLC aktiverar i tur och ordning en utgång för att sedan kontrollera att rätt signal kommer in till rätt ingång på LST:s I/O-moduler. Sedan vice versa så att signalerna går andra vägen.

Elmotorn som LST styr med frekvensomriktare borde också testas. Den skall rotera med tre olika hastigheter i två olika riktningar och den har även en reostatisk broms, vilket är en broms på elmotorn som hindrar den från att rotera fritt. När spänning kopplas till bromsen släpper den och elmotorn kan rotera fritt. Till detta behövs en likadan elmotor som finns på FO-lasern som man kan simulera med. Elmotorn med kablage monteras bredvid testskåpet och kan då enkelt anslutas till LST vid testning.

Profibus DP-V1 kommunikationen mellan LST och FO-lasern utförs med M-koder. En Profibus-tilläggsmodul finns sammankopplad med I/O-modulerna i LST-elskåpet vilket gör det möjligt att kommunicera med Profibus. När ASF-EU och FO-lasern är sammankopplade

i en produktionslinje så ger FO-lasern kommandon åt ASF-EU, enkelt sagt så fungerar ASF-EU som slavenhet. M-koderna som skickas mellan maskinerna är data som finns i databasen samt data om maskinstatus. Detta kommer inte att testas med testskåpet eftersom M-koderna skall avläsas i ASF-EU:s PLC. Endast en kontroll kommer att göras att Profibus-modulen i LST är inställt på rätt adress. (4)

Ifall en fara skulle uppstå vid testningen måste testskåpet också ha en nödstopp som bryter all spänning till LST. För nödstoppet behövs en säkerhetskrets som fungerar med ett säkerhetsrelä och även en kontaktor som bryter spänningen ut från testskåpet. Säkerhetsreläet behöver också en kvitteringsknapp.

Diskussioner med montörerna som testar LST-modulen i produktionen har också bidragit med bra förslag på vilka saker som bör testas och hur de bör testas.

5.2.3 I/O-lista

För att hålla reda på alla signaler som en PLC hanterar så gör man en I/O-lista över signalerna. En lista där både in- och utsignaler är listade, var de är kopplade på PLC:n och vad de används till. I/O-listan över I/O-modulerna och SafeLogic i LST, och testskåpets PLC finns som bilaga 2.

5.2.4 Ombyggnad av testskåp

Eftersom LST en längre tid har tillverkats på LKI så har det funnits två testskåp i produktion. Idag är endast ett av dessa testskåp ibruk medan det andra skåpet inte används. Genom att rensa bort allt innehåll i elskåpet går det att använda som testskåp för ASF-EU:s LST. En del av komponenterna i skåpet går fortfarande att använda till det nya testskåpet och på det viset kan man spara i materialkostnader enligt Lean tankesättet. Ramen som elskåpet är monterad på har hjul för att testskåpet skall vara flyttbart.

5.2.5 Val av komponenter

När man väljer komponenter är det enklaste att först välja ut huvudkomponenterna. En enkel regel är att man börjar från spänningsmatningen från nätet och sedan går systematiskt vidare genom hela kretsen.

För att testskåpet skall kunna ge ut rätt spänning till LST (3x200 VAC) så måste en transformator som omvandlar 3x400 VAC till 3x200 VAC användas. Transformatorn från det gamla LST-testskåpet, en *Noratel 3LT8.0-400/200* används till detta. Enligt databladet ger den ut en max effekt på 8 kVA. Utifrån effektformeln för trefassystem så kan uträknas den maximala ström transformatorn klarar av:

$$S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \quad \rightarrow \quad I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U}$$

$$I = \frac{8000 \text{ VA}}{\sqrt{3} \cdot 200 \text{ V}} \approx 23 \text{ A}$$

Där S är skenbar effekt i enheten voltampere, I är strömmen i enheten ampere och U är huvudspänningen i enheten volt. Enligt uträkningen klarar transformatorn av att ge ut en ström på ca 23 A vilket räcker gott och väl till. Största lasten som kopplas till testskåpet är frekvensomriktaren i LST som skall driva en 1,5 kW motor (motsvarar en ström på ca 7,5 A).

Eftersom en del av testskåpets komponenter använder 24 VDC så behövs också en strömkälla (transformator) till detta. Även 24 VDC-matningen till LST kommer från testskåpet. Till detta används en *Phoenix Contact 5A Trio-PS/24DC* strömkälla som klarar av att ge ut en ström på 5 A.

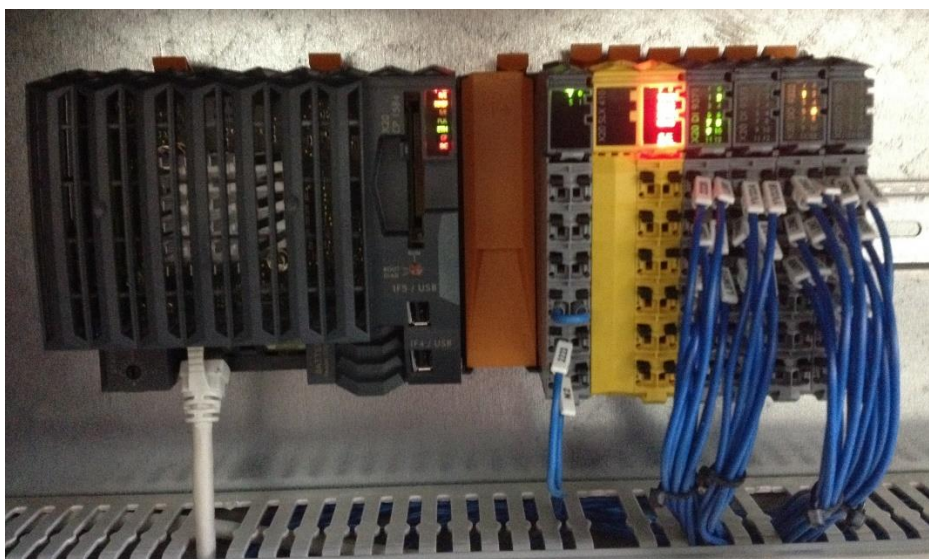
Både huvudkretsen (3x200 VAC) och manöverkretsen (24 VDC) säkras med automatsäkringar och hela testskåpet har också en helt vanlig huvudbrytare. Alla dessa komponenter återanvänds från det gamla testskåpet.

Som PLC till testskåpet valdes *X20CP1584* och PLC:n måste också ha ett minneskort, ett *5CFCRD.1024-06* minneskort med storleken 1 Gb. Utifrån I/O-listan för PLC:n valdes det I/O-moduler. Två digitala ingångsmoduler, *X20DI9371*, vilka har 12 st ingångar var och behöver 24 VDC för att aktiveras. Två digitala utgångsmoduler, *X20DO9322*, vilka också har 12 st utgångar var och ger ut 24 VDC vid aktivering.

Till I/O-modulerna behövs också enskilda terminalmoduler vilka I/O-modulerna sätts fast på, dessa fungerar som en modulbotten, även kallas bussmodul. Terminalmodulerna kopplas samman och slutligen ansluts de samman med PLC:n. Då kan 24 VDC-matningen från PLC:n löpa genom alla I/O-moduler och även en databuss. Slutligen behövs det en kontaktplint som sätts fast på varje I/O-modulerna dit trådarna kopplas fast. Som terminalmoduler används *X20BM11* och som kontaktplint används *X20TB12*. I/O-modulerna byggs till PLC:ns högra sida och normalt placeras ingångsmodulerna närmast PLC och sedan utgångsmodulerna längs mot höger.

Eftersom OpenSafety (teori i kapitel 4.2.2) används på modulerna så måste varje PLC ha en säkerhetsmodul, en s.k. *SafeLogic* sammankopplad till sig för att fungera. Det har och göra med att PLC:n inte kan sättas i run-läge före den har säkerhetskretsen i skick eftersom säkerheten är en hög prioritet. En *SafeLogic* av modellen *X20SLX410* används och till den behövs också en terminalbotten och kontaktplint, *X20TB52* och *X20BM33*. Dessa är lite annorlunda än de som används till I/O-modulerna på PLC:n. Säkerhetsmodulen kommer inte att ha några in- eller utgångar kopplad till sig i testskåpet. Figur 22 är en bild över hur hela PLC:n ser ut i testskåpet när alla moduler är sammankopplade.

Till säkerhetskretsen i testskåpet används ett säkerhetsrelä från tillverkaren SICK av modell *UE48-2OS3D2*. Detta säkerhetsrelä används på ett antal maskinmodeller på LKI och enligt databladet (se bilaga 3) lämpar sig säkerhetsreläet för tvåkanals nödstoppkretsar. Till säkerhetsreläet skall en nödstoppknapp, en kvitteringsknapp och en kontaktor kopplas. (2)



Figur 22. LST-testskåpets PLC-enhet med säkerhetsmodul och I/O-moduler sammankopplade.

En kontaktor, *Siemens 3RT1026-1BB40*, som även har en hjälpspets, *Siemens 3RH1921-1HA22*, används. Kontaktorn skall bryta 3x200 VAC spänningen ut till LST medan hjälpspetsen skall bryta 24 VDC spänningen till LST. Som kvitteringsknapp till säkerhetsreläet används en tryckknapp som har ett inbyggt LED-element som lyser blå när säkerhetsreläet bör kvitteras. Nödstoppsknappen återanvänds från det gamla testskåpet.

Elmotorn som LST styr med frekvensomriktare är en dyr komponent ifall man skall köpa den ny. Efter lite sökning på LKI så hittades en överbliven begagnad elmotor, *SEW SA47 DT80N4*, som var nästan identisk med den som används på FO-lasern. För säkerhetsskull testades den för att kontrollera att den fungerar före den togs i användning på testskåpet.

Slutligen valdes en manöverpanel till testskåpet. Första tanken var att använda sig av en panel från B&R som var 7". Efter att ha kollat upp priset på denna och jämfört med 10" modellen som används till manöverpanel på ASF-EU, så var prisskillnaden väldigt liten. Till slut valdes en likadan 10" manöverpanel som ASF-EU använder sig av, en *Power Panel 6PPT30.101G-20B*. Dessutom kan man till en del använda sig av samma grundlayout till testskåpets manöverpanel som ASF-EU har, vilket sparar tid i programmeringen.

Kablaget med stöpselkontakter som går mellan LST och FO-lasern återanvändes från det gamla testskåpet. Endast elmotorkabeln, 7 x 2,5 mm² och Powerlink-kabeln behövde skaffas till som går mellan maskinerna.

En materiallista (se bilaga 4) gjordes i programmet Microsoft Excel. Där listades allt material, alla priser och alla artikelnumren på materialet från databasen Lean Systems.

5.2.6 Programmering och användargränssnitt

Eftersom B&R-hårdvara och -mjukvara är nytt för LKI anlitas B&R egen personal att utföra största delen av programmeringen. B&R utför PLC-programmeringen i språket strukturerad text enligt standarden IEC 61131-3 med programvaran *Automation Studio 4*.

Riktlinjer om hur testskåpets PLC-program skall fungera har dokumenterats så att programmeraren skall kunna utföra programmeringen utifrån dokumentationen. Den har gjorts med strukturerade textkommandon och en förklarande text till. Även riktlinjer för hur användargränssnittet kan se ut i manöverpanelen vid de olika delmomenten i testningen har gjorts. PLC-programmet kommer att fungera så att testningen stegar stegvist igenom olika delmoment och på detta sätt kan man inte slutföra hela testningen utan att göra varje delmoment. Då finns det inte heller någon risk att personen som utför testningen kan glömma

något delmoment i testningen. Genom att testet måste utföras på samma sätt på alla LST-moduler som tillverkas, så säkerställs också samma kvalitet på modulerna. Testningen manövreras från manöverpanelen på testskåpet.

Första delmomentet i testningen börjar med en del inställningar angående kommunikationen via fältbuss. I/O-modulerna nod-ID ställs in manuellt. Sedan kan testskåpet ladda in olika parametrar till frekvensomriktaren och Powerlink-modulen. Eftersom det troligen i framtiden kommer att göras olika modeller av LST med B&R-styrssystem så är tanken att testskåpet också skall gå att använda till dessa. I programmet kan man då också välja vilken maskinmodell LST kommer att kopplas samman med eftersom, modellerna har olika parameterinställningar.

Nästa delmoment i testningen kontrollerar att LST:s elkretsar är rätt kopplade, främst ingångarna på PLC:n. Först görs ett automatiskt test där alla signaler mellan LST och FO-lasern rings igenom. PLC-programmet programmeras så att en signal åt gången testas. Ifall elkretsen inte är rätt kopplad och någon signal går fel indikerar programmet felet. Vilken krets som är fel kopplad visas på manöverpanelen efter att alla signaler har testats. Testet utförs pånytt efter att felet är korrigerat. Instruktioner på manöverpanelen ges åt personen som utför testningen för att manuellt aktivera givare i rätt ordning. På detta sätt kontrolleras kopplingen av givarna. Ett antal andra signaler kontrolleras också manuellt av personen som utför testningen. Ett exempel på hur riktlinjer angetts för detta test finns som bilaga 5.

Tredje delmomentet är att testa frekvensomriktaren som styr elmotorn på FO-lasern. Laserns riktiga elmotor simuleras med den elmotor som finns fastmonterad på testskåpet. Genom att starta elmotorn via manöverpanelen skall den endera rotera framåt eller bakåt. Den skall rotera med tre olika hastigheter (låg, normal och snabb) med tre sekunders intervaller. Personen som utför testningen kontrollerar rotationen och hastigheterna genom att under test se på elmotorn.

Fjärde delmomentet är att testa funktionerna som LST utför, d.v.s. utgångarna på I/O-modulerna testas. Knappar som utför funktioner på LST visas turvis på manöverpanelen med beskrivning och personen som utför testningen kontrollerar att LST utför rätt funktion, enligt funktionsbeskrivningen.

Slutligen när alla elkretsar är testade utförs två tester för att kontrollera att alla funktioner fungerar. I första testet, testas alla funktioner som LST skall utföra när den är kopplad till FO-lasern. Testet, där funktionerna utförs efter varandra i en serie som simuleras 30 gånger, görs automatiskt. LST belastas vid testet med en skärpalett lastat med en 920 kg plåt vilket

är max vikt på en skärpalett. Andra testet som utförs är ett fullviktstest där funktionerna testas när LST är belastad till den maximala tillåtna viktgränsen. Två skärpaletter vilka båda är lastade med en 920 kg tung plåt. Funktionerna körs nu ett antal gånger manuellt från manöverpanelen för att kontrollera att LST klarar av att arbeta under full belastning.

Efter att alla testmoment är avklarade har man säkerställt att maskinens elkretsar är felfria.

Ifall man har behov att kunna köra LST-funktioner före alla test är gjorda, skall man från manöverpanelen ha tillgång till en sida varifrån alla funktioner går att köra manuellt. Detta skall vara möjligt från varje testmoment. Från manöverpanelen skall man också ha tillgång till en sida som innehåller en I/O-lista över alla in- och utgångar på både LST:s I/O-moduler och testskåpets PLC.

Ett flödesschema på hur testmomenten stegas igenom finns som bilaga 6.

5.2.7 Tillverkning

Tillverkningen av testskåpet gjordes i LKI:s produktionshall i Lövö. Komponenter i det gamla testskåpet rensades bort förutom de komponenter som återanvändes och kabelkanalerna sparades också. Placeringen av komponenterna i testskåpet gjordes på basen av de föreskrifter som används på LKI. Inga speciella standarder angående testskåp hittades, men de standarder som togs i beaktande under planeringen och tillverkningen av testskåpet var:

- EN 953 + A1
- EN 60204-1
- ISO 13849-1
- ISO 13850 :2008

Kabel- och trådmärkningar har följt de interna standarder som ASF-EU-maskinen använder sig av.

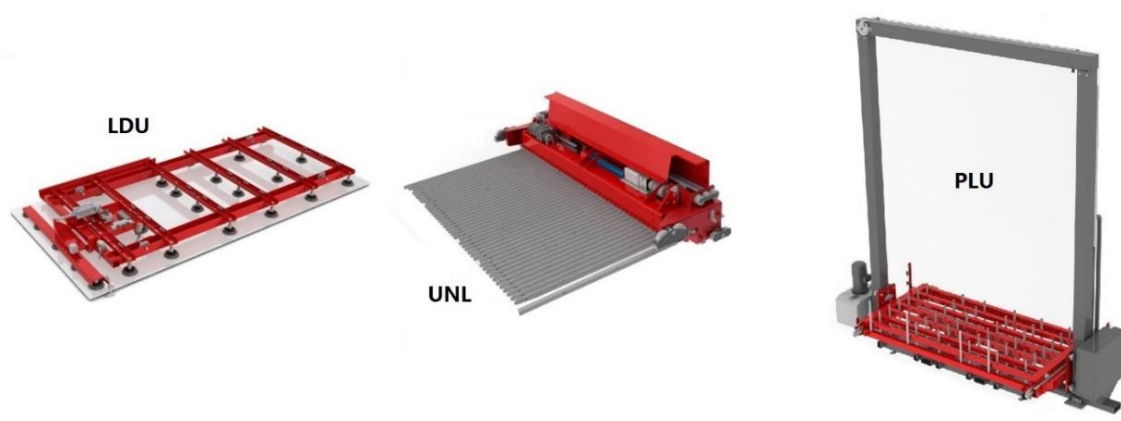
5.2.8 Dokumentation och användarmanual

Under arbetes gång har ritningar på testskåpets koppling skissats upp på papper och med ritprogrammet AutoCAD. Efter att testskåpet blivit testat och kontrollerats att allt fungerar ritades en slutlig elritning (se bilaga 7) och layout över testskåpet och kablaget. Ritstandarderna som används på LKI följdes.

Eftersom det inte alltid är samma person som utför testningen av LST i produktionen har en användarmanual till testskåpet också gjorts. Manualen innehåller information om hur man kopplar in testskåpet vid testning och hur det används. Elritning över testskåpet finns även med i slutet av manualen.

5.3 Testskåp för Lower frame-moduler

Efter att planeringen och tillverkningen av LST-testskåpet var klart påbörjades planering av ett nytt testskåp. Till en början var tanken den att modulerna PLU, UNL och LDU skulle ha skilda testskåp som används i produktionen. Efter lite analysering kom man fram till att de funktioner på modulerna som bör testas m.h.a. ett testskåp inte tar någon lång tid att utföra. Modulerna kommer att monteras som delmontage i samma produktionshall på LKI. Därför kan de använda sig av ett gemensamt testskåp, d.v.s. ett flyttbart testskåp som kan kopplas samman med ett delmontage åt gången. Följande är en beskrivning på hur man har gått till väga för att planera ett testskåp till modulerna.



Figur 23. 3D-ritning över modulerna LoadingUnit, UnloadingUnit och PalletLifter.

5.3.1 Elplanering

PLU, UNL och LDU består av väldigt olika elkomponenter och har dessutom olika funktioner. Inledningsvis analyserades modulernas funktioner, vilka testas m.h.a. testskåpet för att sedan kunna välja komponenter till testskåpet.

5.3.1.1 PalletLifter unit

Modulen har ett eget elskåp monterat på ramen. Elskåpet har en 3x400 VAC-matningskabel, en Powerlink-kabel och en jordkabel kopplad till sig från ASF-EU:s huvudelskåp. Huvudkomponenterna i elskåpet är en strömkälla för 24 VDC och en Powerlink-modul med I/O-moduler och säkerhetsmoduler kopplad till sig. Ett par frekvensomriktare finns, en frekvensomriktare på 11 kW som driver palettlyften upp och ner (Z-motor) med vajerdrift och en frekvensomriktare på 1,5 kW som driver paletter av och på palettlyften (Y-motor) med kedjedrift. Hos kunden monteras ett skyddsnät runt hela ASF-EU-maskinen och framför PLU-modulen kommer en dörr in till maskinen. Dörren är utrustat med en säkerhetsbrytare som är kopplad till PLU-modulens elskåp. Z-motorn har en inkrementell encoder, Y-motor har en absolut encoder och en absolut encoder som mäter höjden på palettlyften finns också fastmonterad.

Allt som behövs för att testa modulen är en PLC som kommunicerar med I/O-modulerna i elskåpet via Powerlink. Sedan kan man genom PLC-programmet testa alla in- och utgångar på I/O-modulerna.

5.3.1.2 LoadingUnit

Modulen består till stor del av sugkoppar och ett par pneumatiska cylindrar vilka alla styrs av pneumatiska ventiler. Ventilerna samt I/O-modulen som styr dessa, finns fastmonterad på modulen. Den distribuerade I/O-modulen styrs i sin tur från ASF-EU:s PLC varifrån den också får sin spänningsmatning 24 VDC. För att testa givare och ventiler som finns på modulen behövs en PLC. I detta fall kommer testskåpet att simulera PLC:n i ASF-EU:s huvudelskåp.

Kablaget som kommer från modulen är:

- Powerlink-kommunikationskabel.
- 24 VDC-matningskabel som försörjer I/O-modulen.

5.3.1.3 UnloadingUnit

UNL-modulen utför flera funktioner med elmotorer. Den består av två elmotorer vilka båda utför olika rörelser och ett hydraulaggregat som drivs med elmotor. Elmotorerna styrs från huvudelskåpet på ASF-EU, två med frekvensomriktare och ett hydraulaggregat som är direkt styrt med kontaktor. Dessa bör testas för att verifiera att motorerna fungerar korrekt och detta kan enklast göras med tre kontaktorer.

På modulen finns en distribuerad I/O-modul som har ett antal givare kopplade till sig. I serie med den distribuerade I/O-modulen finns en encoder-modul, som har en pulsgivare fastmonterad på en av elmotorerna. Kommunikationen till I/O-modulen och encoder-modulen görs via X2X eftersom encoder-modulen kräver denna typ av kommunikation.

En hydraulventil på modulen styrs inte från den distribuerade I/O-modulen utan styrs av säkerhetsskäl direkt från ASF-EU:s huvudelskåp. Också i detta fall kommer testskåpet att simulera ASF-EU:s PLC.

Kablaget som kommer från modulen är:

- 4 x 1,5 mm² – Tre kablar för elmotorerna.
- 4 x 0,75 mm² – Kabel för reostatisk broms.
- 4 x 0,25 mm² – Kabel för hydraulventil.
- Skärmad 4-polig X2X kommunikationskabel.
- 24 VDC-matningskabel som försörjer I/O-modulen och encoder-modulen.

Testskåpet skall även ha en säkerhetskrets som bryter spänningen ut från testskåpet när nödstoppsknappen trycks in. Samma typ av säkerhetskrets som användes i LST-testskåpet, används också nu.

5.3.2 I/O-lista

Testskåpets PLC har inte många signaler kopplade till sig eftersom den främst kommunicerar med distribuerade I/O-moduler via Powerlink. Testskåpets I/O-lista finns som bilaga 8.

5.3.3 Val av komponenter

El- och säkerhetskretsen inuti testskåpet består till stor del av samma komponenter som användes i testskåpet för LST.

Ett SICK *UE48-2OS3D2* säkerhetsrelä (bilaga 3), en kontaktor, *Siemens 3RT1026-1BB40*, med en hjälpspets, *Siemens 3RH1921-1HA22*, en strömkälla, *Phoenix Contact 5A Trio-PS/24DC*, ett antal automatsäkringar och en vanlig 3-fas huvudbrytare behövs. En vanlig nödstoppknapp med kontaktmodul och en kvitteringstryckknapp med blått LED-element behövs också för säkerhetskretsen.

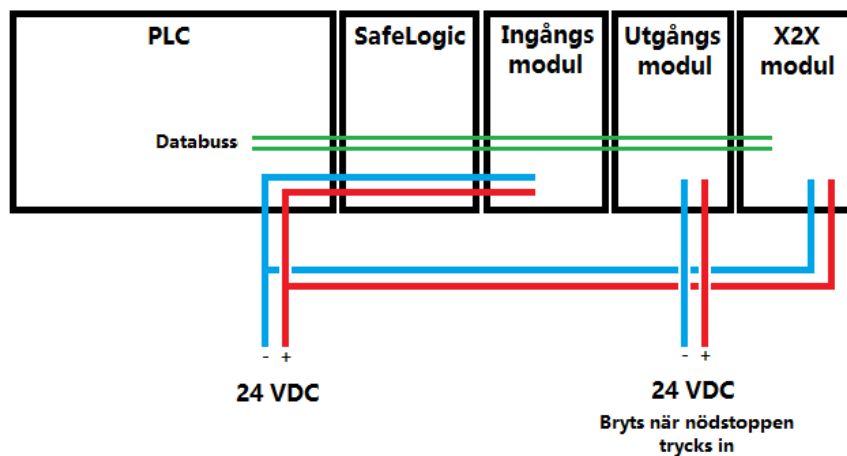
För att testa elmotorerna på UNL-modulen används tre kontaktorer, *Siemens 3RT1016-1BB42*. Eftersom en elmotor har reostatisk broms är en av kontaktorer utrustad med en hjälpspets, *Siemens 3RH1921-1HA22*. För att skydda elmotorerna mot höga strömmar väljs tre motorskydd som är lämpade för elmotorernas storlek. Två motorskydd för 0,75 kW elmotorerna, *Siemens 1.4-2 A 3RV1011-1BA10*, och ett motorskydd för 1,1 kW elmotorn, *Siemens 2.8-4 A 3RV1011-1BA10*. Rotationen kommer att testas i endast en riktning.

En PLC till testskåpet valdes, *X20CP1584* med ett minneskort, *5CFCRD.1024-06*. I/O-moduler till PLC:n valdes utifrån I/O-listan. En digital ingångsmodul, *X20DI9371*, som har 12 st ingångar, en digital utgångsmodul, *X20DO8331*, som har 8 st utgångar. Varför denna utgångsmodul valdes är av säkerhetsskäl. Utgångsmodulen skall ha en skild 24 VDC-matning, så ifall testskåpets säkerhetskrets bryts så skall matningen till utgångsmodulen också brytas. Då kan inga utgångar på PLC:n aktiveras och inga faror kan uppstå genom att t.ex. en kontaktor styrd elmotor kan börjar rotera.

Som terminalmodul till ingångsmodulen valdes *X20BM11*. Eftersom utgångsmodulen skall ha skild 24 VDC-matning så måste den vara isolerad från PLC:ns 24 VDC-matning. *X20BM01* valdes som isolerad terminalmodul. Den är isolerad från 24 VDC-matningen på vänster sida men inte höger sida. Databladet över terminalmodulen finns som bilaga 9. Databussen är fortsättningsvis sammankopplad med övriga I/O-moduler och PLC:n.

Kommunikationen till UNL sköts med X2X, vilket inte ske via Powerlink-kabel utan med en 4 polig skärmad kabel. En skild X2X-modul, *X20BT9400*, möjliggör X2X kommunikation ut från PLC:n. X2X-modulen måste alltid placeras längst till höger (sist) om PLC:n, vilket betyder att den kommer att placeras bredvid utgångsmodulen. Därför valdes en isolerad terminalmodul, *X20BM01*, så att X2X-modulen kan ha samma 24 VDC-matning som PLC:n har. Modulerna kopplas samman enligt figur 24.

Tre vanliga kontaktplintar, X20TB12, till I/O-modulerna och X2X-modulen valdes också.



Figur 24. Layout över hur 24 VDC-matningen skall kopplas på testskåpets PLC.

PLC:n måste också i detta testskåp ha en SafeLogic X20SLX410. Till den valdes en terminalbotten och kontaktplint, X20TB52 resp. X20BM33. Manöverpanel som valdes till testskåpet är en Power Panel 6PPT30.101G-20B. Den valdes eftersom den har visat sig vara en bra och tydlig panel.

Eftersom kablaget till UNL- och LDU-modulerna kopplas fast färdigt vid delmonteringen, behövs inte skaffas något kablage för testningen. Till PLU behövs en 5 x 2,5 mm² matningskabel och en Powerlink-kommunikationskabel.

En materiallista på komponenterna (se bilaga 10) gjordes i programmet Microsoft Excel. Allt utom kablar och elskåpet finns i materiallistan.

5.3.4 Programmering och användargränssnitt

En del enkla riktlinjer om hur PLC-programmet skall fungera har dokumenterats, men inga specifika riktlinjer. Hur layouten i manöverpanelen skall se ut har inte heller specifikt dokumenterats. PLC-programmet skall stegvist gås igenom för att alla komponenter skall kunna testas.

Flödesschema på hur testmomenten stegas igenom finns som bilaga 11.

5.3.5 Dokumentation och användarmanual

All dokumentation som behövs för tillverkning av testskåpet finns dokumenterat. Elritningar i AutoCAD och materiallista i Excel finns sparade på LKI:s dataservert.

En användarmanual till testskåpet har inte gjorts p.g.a. testskåpet inte har blivit tillverkat och att kunskap om dess funktion saknas.

5.4 Upper frame

Upper frame har inte några elkomponenter, d.v.s. modulen består endast av en metallram. Därför behövs inte något testskåp tillverkas åt modulen. Den kommer direkt efter målning att packas inför leverans.

Ett mätprotokoll som används vid tillverkningen av modulen finns. Protokollet skall fyllas i efter att ramen har mätts in och blivit svetsad. Avstånd mellan hyllorna och också lutningen fylls i protokollet. De uppmätta måtten måste vara inom den givna toleransen.

6 RESULTAT

Resultatet av examensarbetet blev ett testskåp som har planerats och tillverkats till LST-modulen. Eftersom programmeringen av PLC och manöverpanel inte hörde till examensarbetet har inte LST-testskåpets alla funktioner kunnat testas. B&R personalen har inte programmerat PLC:n när detta skrevs (mars 2015), varför endast testskåpets el- och säkerhetskrets har testats. Med tanke på att LKI inte idag ännu har börjat serietillverkningen av ASF-EU behövs inte testskåpen ännu vid produktionen. Man har haft diskussioner med programmerarna från B&R och enligt dem så borde programmering vara möjlig utifrån dokumentationen som har gjorts på LST-testskåpet.

En stor skillnad mellan det nya testskåpet och det gamla testskåpet med Mitsubishi PLC ser man i antalet komponenter. Det nya testskåpet simulerar samma funktioner som det gamla, plus några funktioner till, men innehåller ändå färre komponenter. Det gamla testskåpet består till stor del av reläer och knappar som aktiverar funktioner, medan det i nya testskåpet görs via manöverpanelen och PLC:n. Bilaga 13 är en bild på det gamla testskåpet och bilaga 14 är av det nya testskåpet.

Genast efter tillverkningen av LST-testskåpet blev det kopplad till ASF-EU prototypen som är monterad vid LKI. När en del tester har utförts på prototypens LST-modul så har man använt testskåpets PLC. Även om inte testskåpet blivit programmerat och testat till sitt verkliga ändamål, kan man ändå med god säkerhet konstatera att det fungerar som planerat.

Också ett gemensamt testskåp till PLU-, UNL- och LDU-modulerna har planerats. Dokumentation har gjorts till den detalj att tillverkningen av testskåpet skall vara möjlig. Testprotokoll till modulerna har under arbetets gång gjorts av handledaren på LKI. En del idéer och förslag har även tagits fram under examensarbetet.

6.1 Förbättringsförslag

I framtiden kommer LST-modulen att tillverkas i olika modeller med B&R komponenter, varav en modell är *StandAlone*. På *StandAlone* modellen utförs modulens funktioner till stor del på samma sätt som ”vanliga” LST men säkerhetskretsen är lite annorlunda. En av skillnaderna är att en ljusridå monteras runt maskinen hos kunden och kopplas till elskåpet. För att inte behöva montera upp ljusridån i produktionen så borde man på något sätt m.h.a. testskåpet testa att säkerhetskretsen för ljusridån fungerar. Eftersom ljusridåernas kablage kopplas vid monteringen är ett alternativ att tillverka en liten enkel testlåda dit ljusridåernas kablage kopplas. Testlådan skulle vara utrustad med en knapp som när den trycks in simulerar att ljusridån bryts. På detta sätt kan man verifiera att säkerhetskretsen fungerar.

Ett annat förbättrings-/utvecklingsförslag som diskuterades på examenarbetets avslutningsmöte på LKI var en testrapport. Idag fylls en testrapport på papper i på vad som har blivit testat på modulen men för att slippa detta skulle istället testskåpet skriva ut en testrapport. Eftersom manöverpanelen som används på testskåpen har den funktionen att den kan spara data i minnet så kan data om testningen sparas. Då skulle man efter testningen kunna skriva ut en testrapport där det bl.a. står datum och tid när testet utfördes, vem testningen utfördes av, vilka fel som upptäcktes osv. För att förverkliga detta måste PLC-programmet under testningen spara undan den information man vill ha till testrapporten.

Under diskussioner på LKI angående standarder och direktiv kom det upp ett koncept som heter *Functional Safety*. Konceptet går ut på att man utför olika riskanalyser där man tar i beaktande maskinens säkerhet på en bredare plan och mer detaljerad nivå än vad en standard gör. Man analyserar t.ex. ifall komponenters funktionalitet är korrekt under maskinens hela livscykel. Genom att börja fördjupa sig i konceptet redan nu är man förberedd inför framtiden eftersom småningom blir *Functional Safety* ett måste på alla maskiner som tillverkas enligt maskindirektivet. (4) (18)

7 DISKUSSION

Nu när examensarbetet är klart kan jag konstatera att det har varit väldigt lärorikt. Jag har till största delen av tiden jobbat självständigt men ifall jag haft frågor har det alltid funnits personer på LKI som har kunnat svara på dem. Jag har fått en bra inblick i hur en ingenjör arbetar och god kunskap inom området som uppgiften innefattar. Jag har insett att det krävs god kommunikationsförmåga med användaren/kunden för att uppfylla deras krav. Ständig uppföljning av resultatet samt feedback från användaren/kunden för en förbättring krävs också.

Tidigt på hösten började jag med planeringen och till en början var tanken att jag endast skulle planera testskåpen och sedan skulle ett företag, Protoparts i Jakobstad, tillverka testskåpen efter dokumentationen som jag gjorde. Eftersom det vid LKI fanns ett gammalt testskåp som inte användes, tyckte jag att en modifiering av testskåpet skulle vara bättre. Jag gjorde en materiallista med priser på vad som skulle behövas till en modifiering och en materiallista på vad som skulle behövas ifall Protoparts gör testskåpet från grunden. Efter diskussioner med handledaren på LKI så blev resultatet en modifiering av det gamla testskåpet, vilket jag tycker var ett bra alternativ eftersom jag gärna ville tillverka testskåpet själv. Planeringen var klar före nyår men p.g.a. logistiska problem blev testskåpet klart först i februari.

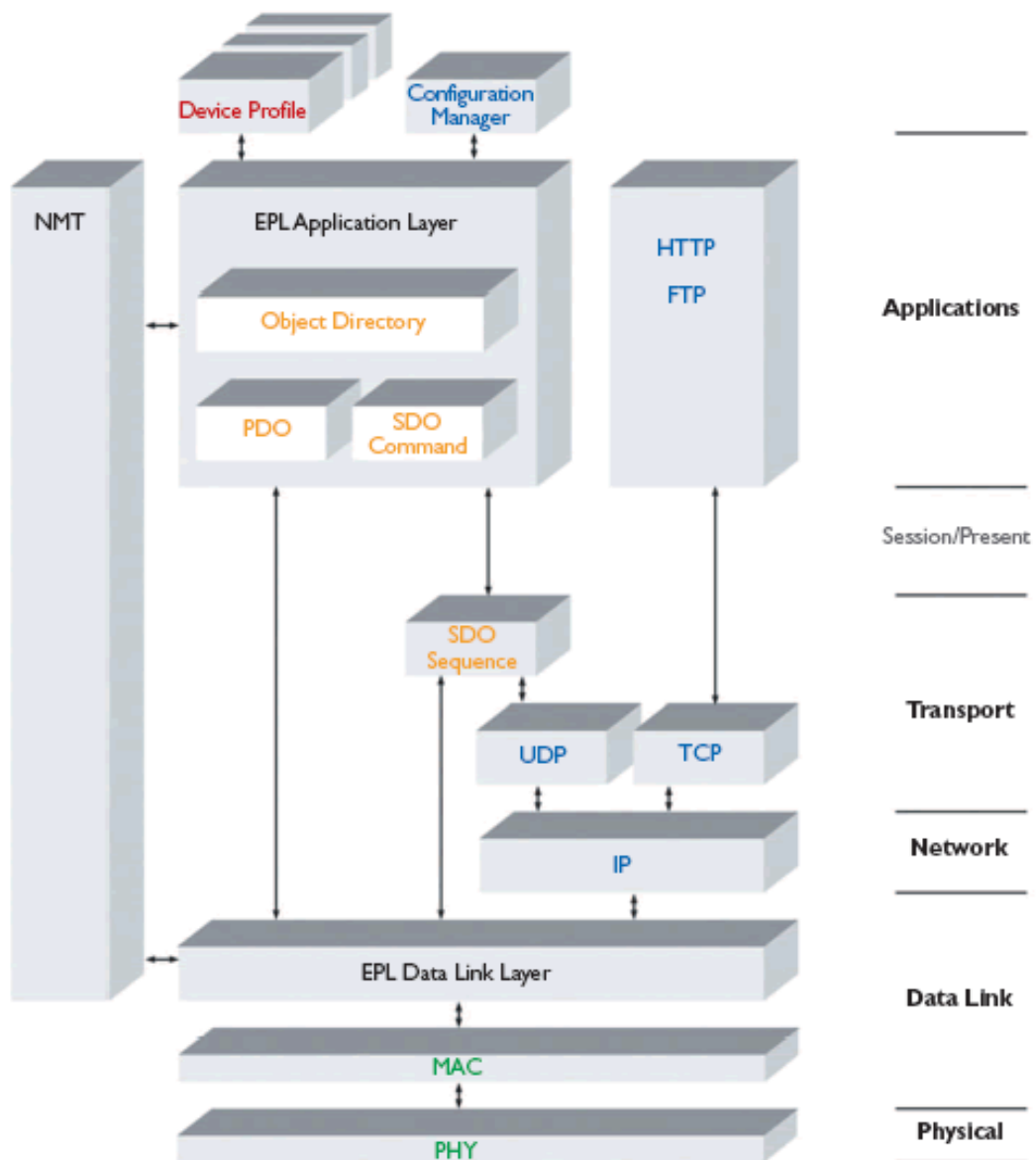
Tanken var att elplaneringen av testskåpen skulle göras i programmet E3 series. Eftersom jag inte hade tillgång till programmet på den dator som jag använde under arbetet på LKI, så ritades istället alla ritningar i AutoCAD.

Efter att mitt examensarbete är färdigt kommer jag att fortsätta arbeta på LKI och ska då även planera de övriga testskåpen som behövs för ASF-EU:s moduler. Jag ska även närvara när B&R programmerar PLC:n och manöverpanelen. Ifall det blir möjligt kommer jag själv att utföra en del av programmeringen.

8 KÄLLFÖRTECKNING

- (1) *LKI History*. 2013. [Online]
www.lki.net/history_lki [hämtat: 24.10.2014].
- (2) Dokument från LKI:s dataserver.
- (3) *Amada History* (u.å.). [Online]
www.amadasweden.se/historique.php [hämtat: 24.10.2014].
- (4) Personliga diskussioner med ingenjörerna på LKI som har utvecklat ASF-EU.
- (5) *B&R Automation*. 2015. [Online]
www.br-automation.com/en/products/io-systems [hämtat: 15.12.2014].
- (6) *The OSI Model*. 2012. [Online]
www.tech-faq.com/osi-model.html [hämtat: 15.12.2014].
- (7) *Profibus systembeskrivning*. 2010. [Online]
www.iea.lth.se/eief05/pdf/PB_SystemBesch_SE_1.0.pdf [hämtat: 3.1.2015]
- (8) *DeviceNet Unplugged*. 2008. [Online]
www.rtaautomation.com/technologies/devicenet [hämtat: 10.2.2015]
- (9) *Industrial Ethernet Facts – The 5 Major Technologies*. 2013. [Online]
www.ethernet-powerlink.org/fileadmin/user_upload/Dokumente/Dokumente/EPDG_IEF2ndEdition_en_WEB.pdf [hämtat: 7.12.2014]
- (10) *Ethernet Powerlink – Real-time industrial Ethernet is reality*. 2004. [Online]
www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos_y_documentos/187805/Bus_comunicacion_Ethernet_POWERLINK.pdf [hämtat: 8.12.2014]

-
- (11) *Powerlink Basic Cycle*. (u.å.) [Online]
www.abbmotion.com/products/EPL/EPL_Basic_cycle [hämtat: 10.12.2014]
- (12) Wilamowski, M & David, J. 2011. *Industrial Communications System – second edition*. Boca Raton: CRC Press.
- (13) *PLC Timeline*. (u.å.) [Online]
www.plcdev.com/plc_timeline [hämtat: 10.12.2014]
- (14) *IEC 61131*. (u.å.) [Online]
www.iea.lth.se/eief05/pdf/IEC61131-3.pdf [hämtat: 3.1.2015]
- (15) *Säkerhet i styrsystem enligt EN ISO 13849-1*. 2012. [Online]
[www08.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/bfae376b71a1cd1fc12579e50033d916/\\$file/Introduction_to_EN_ISO_13849_SE_2TLC172003B3401.pdf](http://www08.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/bfae376b71a1cd1fc12579e50033d916/$file/Introduction_to_EN_ISO_13849_SE_2TLC172003B3401.pdf) [hämtat: 28.12.2014]
- (16) *OpenSafety*. 2011. [Online]
www.open-safety.org [hämtat: 28.12.2015]
- (17) *ISO-standarder* (u.å.) [Online]
www.iso.org/iso/home.html [hämtat: 12.1.2015].
- (18) *Functional Safety*. (u.å.) [Online]
www.tuv-sud.com/activity/focus-topics/functional-safety#tab_1397654989739388790133 [hämtat: 21.2.2015]



I/O-lista för LST:s I/O-moduler		
Ingång	Trådmärkning	Objekt
DI 1	SQ113	<i>Hatch is open</i>
DI 2	SQ112	<i>Hatch is closed</i>
DI 3	SQ128	<i>Pallet is locked</i>
DI 4	SQ129	<i>Pallet is unlocked</i>
DI 5	SQ127	<i>Wrinkle sheet detector</i>
DI 6	SQ98	<i>Chain at FO end pos.</i>
DI 7	SQ97	<i>Chain on FO slow area</i>
DI 8	SQ99	<i>Chain on LST slow area</i>
DI 9	SQ100	<i>Chain at LST end pos.</i>
DI 10	3210	<i>Motor alarm</i>
DI 11		
DI 12		

I/O-lista för LST:s I/O-moduler		
Utgång	Trådmärkning	Objekt
DO 1	4201	<i>Hydraulic unit on</i>
DO 2	4202	<i>Lift LST</i>
DO 3	4203	<i>Lower LST</i>
DO 4	YV33A	<i>Lock pallet</i>
DO 5	YV33B	<i>Unlock pallet</i>
DO 6	YV60B	<i>Open hatch</i>
DO 7	YV60A	<i>Close hatch</i>
DO 8		
DO 9		
DO 10		
DO 11		
DO 12		

I/O-lista för LST:s SafeLogic		
I/O	Trådmärkning	Objekt
Pulse 1		
Pulse 2		
SI 1	LEM2	<i>Emergency stop from Amada 1</i>
SI 2	LEM2	<i>Emergency stop from Amada 2</i>
Pulse 3		
Pulse 4		
SI 3	LSS2	<i>Safety stop from Amada 1</i>
SI 4	LSS2	<i>Safety stop from Amada 2</i>
Pulse 5	6209	<i>EDM, Safety stop</i>
Pulse 6	6211	<i>EDM, Inverter safety stop</i>
SI 5	6210	<i>EDM, Safety stop</i>
SI 6	6212	<i>EDM, Inverter safety stop</i>
SO 1	6203	<i>Emergency stop to Amada</i>
	6204	<i>Emergency stop to Amada</i>
SO 2		

I/O-lista för LST:s SafeLogic		
Utgång	Trådmärkning	Objekt
SO 1	6205	<i>Safety function</i>
	6206	<i>Safety function</i>
SO 2	6207	<i>Safety function</i>
	6208	<i>Safety function</i>

I/O-lista för testskåpets PLC		
Ingång	Trådmärkning	Objekt
DI 1	2228	<i>Safety stop testskåp</i>
DI 2	LEM1	<i>Emergency stop Amada</i>
DI 3	LEM4	<i>Emergency stop Amada</i>
DI 4	LEM6	<i>OT limit switch</i>
DI 5	LEM8	<i>Emergency stop LST</i>
DI 6	LEM10	<i>Emergency stop LST</i>
DI 7	LSS1	<i>Safety stop Amada</i>
DI 8	LIN2	<i>NC stop</i>
DI 9	LIN3	<i>Line stop</i>
DI 10		
DI 11		
DI 12		
DI 13	YV33A	<i>Lock pallet</i>
DI 14	YV33B	<i>Unlock pallet</i>
DI 15	YV60A	<i>Close hatch</i>
DI 16	YV60B	<i>Open hatch</i>
DI 17	YV64	<i>Connect air to clamps</i>
DI 18	YV65	<i>Disconnect air to clamps</i>
DI 19		
DI 20		
DI 21		
DI 22		
DI 23		
DI 24		

I/O-lista för testskåpets PLC		
Utgång	Trådmärkning	Objekt
DO 1	LEM2	<i>Emergency stop Amada</i>
DO 2	LEM3	<i>Emergency stop Amada</i>
DO 3	LEM5	<i>OT limit switch</i>
DO 4	LEM7	<i>Emergency stop LST</i>
DO 5	LEM9	<i>Emergency stop LST</i>
DO 6	LSS2	<i>Safety stop Amada</i>
DO 7		
DO 8		
DO 9		
DO 10		
DO 11		
DO 12		
DO 13	SQ97	<i>Chain on FO slow area</i>
DO 14	SQ98	<i>Chain at FO end pos.</i>
DO 15	SQ99	<i>Chain on LST slow area</i>
DO 16	SQ100	<i>Chain at LST end pos.</i>
DO 17	SQ112	<i>Hatch is closed</i>
DO 18	SQ113	<i>Hatch is open</i>
DO 19	SQ123	<i>Air connected to clamps</i>
DO 20	SQ124	<i>Air disconnected to clamps</i>
DO 21	SQ127	<i>Wrinkle sheet detector</i>
DO 22	SQ128	<i>Pallet is locked</i>
DO 23	SQ129	<i>Pallet is unlocked</i>
DO 24		

623. na_u4821

Aufgabe

Not-Aus-Schaltung mit Sicherheits-Schaltgerät UE48-20S.
 Betriebsart: mit Wiederanlaufsperrung und Schützkontrolle.

- A) Für einkanaligen Not-Aus-Taster
- B) Für zweikanaligen Not-Aus-Taster

Wirkungsweise

Bei unbetätigtem Not-Aus-Taster und fehlerfreier Ruhelage von K1 und K2 ist das UE48-20S einschaltbereit und wartet auf ein Eingangssignal/Einschaltssignal. Durch Drücken und wieder Loslassen des Tasters S1 wird das UE48-20S eingeschaltet. Die Ausgänge (Kontakte 13-14 und 23-24) schalten die Schütze K1 und K2 ein. Das Betätigen des Not-Aus-Tasters schaltet das UE48-20S ab. Die Schütze K1 und K2 werden abgeschaltet.

Fehlerbetrachtung

- A) Querschlüsse im Not-Aus-Taster-Kreis werden nicht erkannt. Das Fehlverhalten eines der Schütze K1 oder K2 wird erkannt. Die Abschaltfunktion bleibt erhalten. Bei Manipulation (z. B. Festklemmen) oder Querschluss des Tasters S1 gibt das UE48-20S die Ausgangsstromkreise nicht wieder frei.
- B) Ein Kurzschluss im Not-Aus-Taster-Kreis wird erkannt und führt nach einer Auslösung zum Sperrzustand (Lock-out) des UE48-20S. Bei einem Querschluss zwischen den Not-Aus-Taster-Kreisen der Sicherheitszuhaltung spricht die im UE48-20S eingebaute Überstromschutzeinrichtung an. Das UE48-20S schaltet sich ab. Das Fehlverhalten eines der Schütze K1 oder K2 wird erkannt. Die Abschaltfunktion bleibt erhalten. Bei Manipulation (z. B. Festklemmen) oder Querschluss des Tasters S1 gibt das UE48-20S die Ausgangsstromkreise nicht wieder frei.

Anmerkungen

Beachten Sie die Betriebsanleitungen der eingebundenen Geräte.
 Diese Schaltung kann auch für das UE48-30S angewendet werden.

Task

Emergency stop circuit with UE48-20S safety relay.
 Operating mode: with restart interlock and external device monitoring.

- A) For single-channel emergency stop buttons
- B) For dual-channel emergency stop buttons

Operating characteristics

If the emergency stop button has not been actuated and K1 and K2 are de-energised and functioning correctly, the UE48-20S is ready for switch on and waits for an input signal/switch on signal. The UE48-20S is switched on by pressing and releasing the button S1. The outputs (contacts 13-14 and 23-24) energise the contactors K1 and K2. The actuation of the emergency stop button shuts down the UE48-20S. The contactors K1 and K2 are de-energised.

Fault analysis

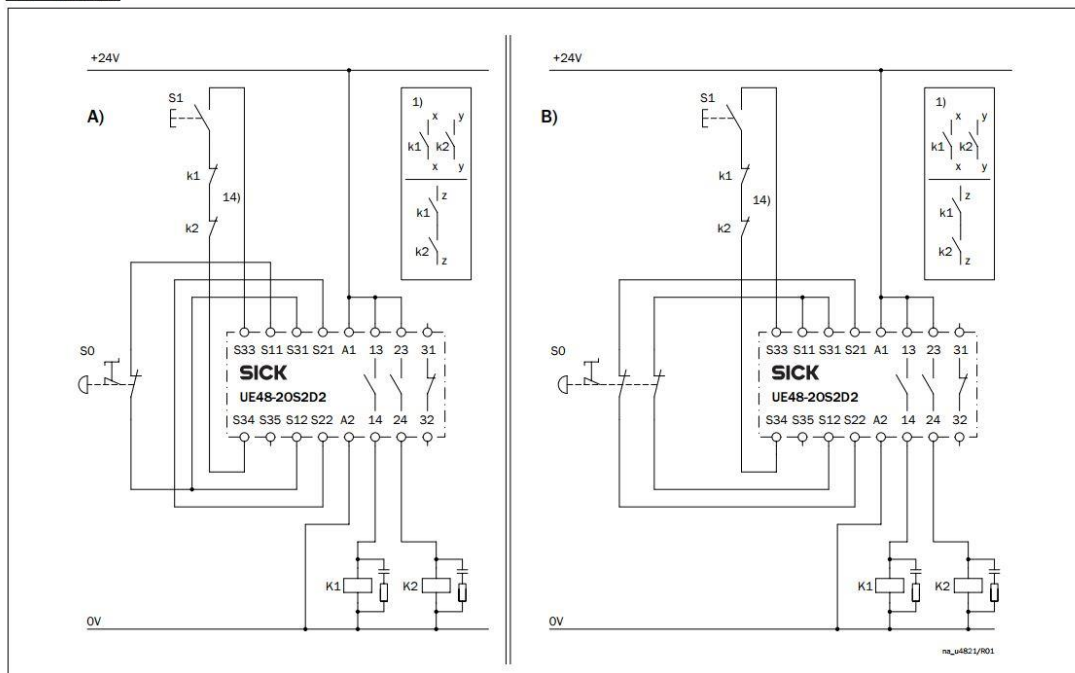
- A) Cross-circuits in the emergency stop button circuit are not detected. The erroneous behaviour of one of the contactors K1 or K2 will be detected. The shutdown function is retained. On manipulation (e.g. jamming) or a cross-circuit on the button S1, the UE48-20S will not re-enable the output current circuits.
- B) A short-circuit in an emergency stop button circuit will be detected and will trigger the inhibited state (lock-out) of the UE48-20S. On a cross-circuit between the emergency stop button circuits for the safety locking device, the overcurrent protection in the UE48-20S will be triggered. The UE48-20S shuts down. The erroneous behaviour of one of the contactors K1 or K2 will be detected. The shutdown function is retained. On manipulation (e.g. jamming) or a cross-circuit on the button S1, the UE48-20S will not re-enable the output current circuits.

Notes

Take note of the operating instructions of the integrated devices.
 This circuit can also be used for the UE48-30S.



623. na_u4821



Bemerkungen

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte bleiben bei der Firma SICK AG. Eine Vervielfältigung des Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes zulässig. Eine Abänderung oder Kürzung des Werkes ist ohne ausdrückliche schriftliche Zustimmung der Firma SICK AG untersagt.

Die Schaltungsbeispiele sind ausschließlich in Steuerungen nach EN 60204-1 einzusetzen. Die Steuerstromkreise sind mit einer selektiven Überstromschutzeinrichtung (Sicherung) zu versehen. Insbesondere ist der maximal zulässige Schaltstrom der Relaiskontakte zu berücksichtigen. In den Schaltungen mit Sicherheitsschalter, die der Sicherheitskategorie 3 oder 4 nach EN954 entsprechen sollen, muss durch zusätzliche Maßnahmen vermieden werden, dass eine Fehlererkennung durch Aus- und Wiedereinschalten der Versorgungsspannung rückgesetzt wird. Werden an Schaltgeräte weitere Schaltgeräte, Schütze oder Relais nachgeschaltet, so sind diese im selben Einbauraum (EN 60204-1) zu montieren.

- 1) Ausgangstromkreise. Diese Kontakte sind in der Steuerung so einzubinden, dass bei geöffnetem Ausgangstromkreis der Gefahr bringende Zustand aufgehoben wird. Bei den Kategorien 4 und 3 muss diese Einbindung zweikanalig (x,y Pfade) erfolgen. Das einkanalige Einfügen in die Steuerung (z Pfad) ist nur bei einkanaliger Steuerung und unter Berücksichtigung der Risikoanalyse möglich.
- 2) Der Potenzialausgleich ist zu erstellen, wenn das OV-Potenzial des Netztesiles nicht mit dem Schutzleiter (PE) verbunden ist (VDE0160).
- 3) Entkopplungsdioden als Diodenklemmen im Schaltschrank montiert. Mögliche Type: Fabrikat Phönix, Type UKK5-DIO.
- 4) Endschalter mit Zwangsöffnung (EN 60947-5-1). Die Leitungen der Endschalter sind getrennt zu verlegen.
- 5) Die Leitungen der AOPD sind getrennt zu verlegen.
- 6) Nicht sicherheitsrelevante NPN-Meldeausgänge.
- 7) Betriebsartenwahl; siehe technische Beschreibung des LCU-P.
- 8) Die Abfallzeit von K3 und K4 soll so bemessen sein, dass diese sich mit K1 und K2 überlappen.
- 9) Die Klemmen 5-6 des MSLS sind bei 20-70m Reichweite zu brücken (nur coded version).
- 10) Die zugelassenen Lichtschranken sind in der technischen Beschreibung der UAS200 aufgelistet.
- 11) Nur anwendbar wenn die Einschaltspannung der Schütze/Relais über 50% der Nennspannung liegt.
- 12) Um das Einschalten von K1 und K2 während der Umschaltphase sicherzustellen, ist K3 entsprechend der verwendeten Schütze und der Betriebsspannung abfallverzögert auszuführen.
- 13) Antivalente Signale. Siehe technische Beschreibung der Geräte.
- 14) Die Schützkontrolle ist nur statisch.
- 15) Zusätzliche Einbindung einer Verriegelung [ks] (z.B. Stillstandswächter) ist notwendig.
- 16) PELV gemäß den Anforderungen von EN 60204-1 / 6.4

Comments

This document is protected by the law of copyright, whereby all rights established therein remain with the company SICK AG. Reproduction of this document or parts of this document is only permissible within the limits of the legal determination of Copyright Law. Alteration or abridgement of the document is not permitted without the explicit written approval of the company SICK AG.

The connection diagrams have to be used in control circuits that accomplish EN60204-1. The control circuits shall be provided with an selective overcurrent protection (fuse). In particular the maximum switching current of the relay contacts has to be considered. In connection diagrams with guard switches where the safety categorie 3 or 4 should be reached, additional means have to be taken to avoid the reset of a detected fault by recycling the supply voltage. In connection diagrams where safety interfaces, relays or contactors are switched by a safety interface, these have to be mounted in the same installation housing (EN 60204-1).

- 1) Output circuit. These contacts have to be integrated in the control system in such a way that the hazardous state is overcome when the output circuit is open. In case of category 4 and 3 this integration shall have two channels (x, y, paths). An integration in the control system with one channel (z path) is only possible with single-channel control systems and under consideration of the risk analysis.
- 2) The potential equalisation has to be made, if the OV potential of the power supply is not connected to the protective conductor (PE) (VDE 0160).
- 3) Uncoupling diodes mounted as diode terminals in the control cabinet. Possible type: Phönix, Type UKK5-DIO.
- 4) Limit switch with positive opening (EN 60947-5-1). The cables of the limit switches have to be wired separately.
- 5) The cables of the AOPD have to be wired separately.
- 6) NPN monitoring outputs not relevant for safety.
- 7) Operating mode selection; refer to the technical description of LCU-P.
- 8) The releasing time of K3 and K4 shall be such that they overlap with K1 and K2.
- 9) In case of 20-70 m range the terminals 5-6 of MSLS shall be bridged.
(only coded version)
- 10) The allowed light switches are listed in the technical description of the UAS 200.
- 11) Only applicable if the making voltage of the contactor/relays is above 50% of the nominal voltage.
- 12) In order to guarantee the actuation of K1 and K2 during the changover period, K3 has to be of-delayed in accordance with the applied contactors and the operating voltage.
- 13) Inverse input signals; refer to the technical description of the devices
- 14) The external device monitoring is only statical.
- 15) Additional interlocks [ks] shall be used (e.g. motion stop monitoring).
- 16) PELV in accordance to EN 60204-1 / 6.4

Bilaga 4.

Objekt	Tillverkare	Modell nr.	Artikelnr.	Antal
Power Panel T30 10"	B&R	6PPT30.101G-20B	A07783	1
PowerStift 2-pole	B&R	0TB6102.2010-01	A08028	1
CPU (-1584)	B&R	X20CP1584	A07784	1
Compact Flash 1024B	B&R	5CFCRD.1024-06	A07785	1
Bus module	B&R	X20BM11	A07801	4
Digital Input 12x	B&R	X20DI9371	A07791	2
Digital Output 12x	B&R	X20DO9322	A07792	2
Terminal block	B&R	X20TB12	A07802	4
SafeLOGIC	B&R	X20SLX410	A07803	1
Safety bus module	B&R	X20BM33	A07806	1
Safety terminal block	B&R	X20TB52	A07807	1
Huvudkontaktor 11 kW	Siemens	3RT1026-1BB40	A03129	1
Hjälpkontakt 2NO, 2NC	Siemens	3RH1921-1HA22	A02351	1
Störningsskyddsdiöd	Siemens	3RT1926-1ER00	A00520	1
Strömkälla 24VDC	Phoenix Contact	5A TRIO-PS/ 1AC/24DC/5	A02637	1
Säkring 10A	Siemens	1P10A	A00504	1
Säkring 4A	Siemens	1P4A	A00505	1
Säkerhetsrelä	SICK	UE48-20S3D2	A05921	1
Vridbrytare	Moeller	M22-WK3 1>0<1	A00795	1
Tryckknapp	Moeller	M22-DL-B	A00788	1
Indikationslampa	Moeller	M22-LH-W	A04041	1
LED-element	Moeller	M22-LED-W	A00792	1
LED-element	Moeller	M22-LED-G	A00791	1
Kontaktelemt	Moeller	M22-K10	A00800	1
Dekal	Graphics	"Emergency stop"	A02759	1
Skyddslock paneluttag	SLO	42-677-75	A05250	1
Ethernet adapter	SLO	42-677-61	A05257	1
Ethernetkabel	SLO	1m 6E S-FTP	A04045	1
Ethernetkabel	SLO	2m 6E S-FTP	A05144	1
Lagerenhet	SKF	SY 30 TF	A01079	1

Interface test – Motor Alarm

When manually pressing down the motor protection F203 in the LST electric cabinet a green light will appear on the screen. If not a green light appears on the screen after pressing the motor protection, then error message.

```
(Pressing motor protection F203)
IF LST DI10
  THEN green light on panel → OK
  IF NOT OK
    THEN Error Message: Check connection to F203
```

Interface test – EDM

Checking the EDM connections automatically in the LST electric cabinet.

```
IF LST pulse 5
AND LST pulse 6
AND NOT LST SO1
AND NOT LST SO2
  THEN LST SI5 AND LST SI6
```

Clear

```
IF LST pulse 5
AND LST pulse 6
AND LST SO1
AND LST SO2
  THEN NOT LST SI5 and LST SI6 → OK
  IF NOT OK
    THEN Error Message: Check connection K262 and K263
```

Input test – Sensors

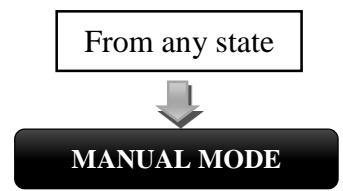
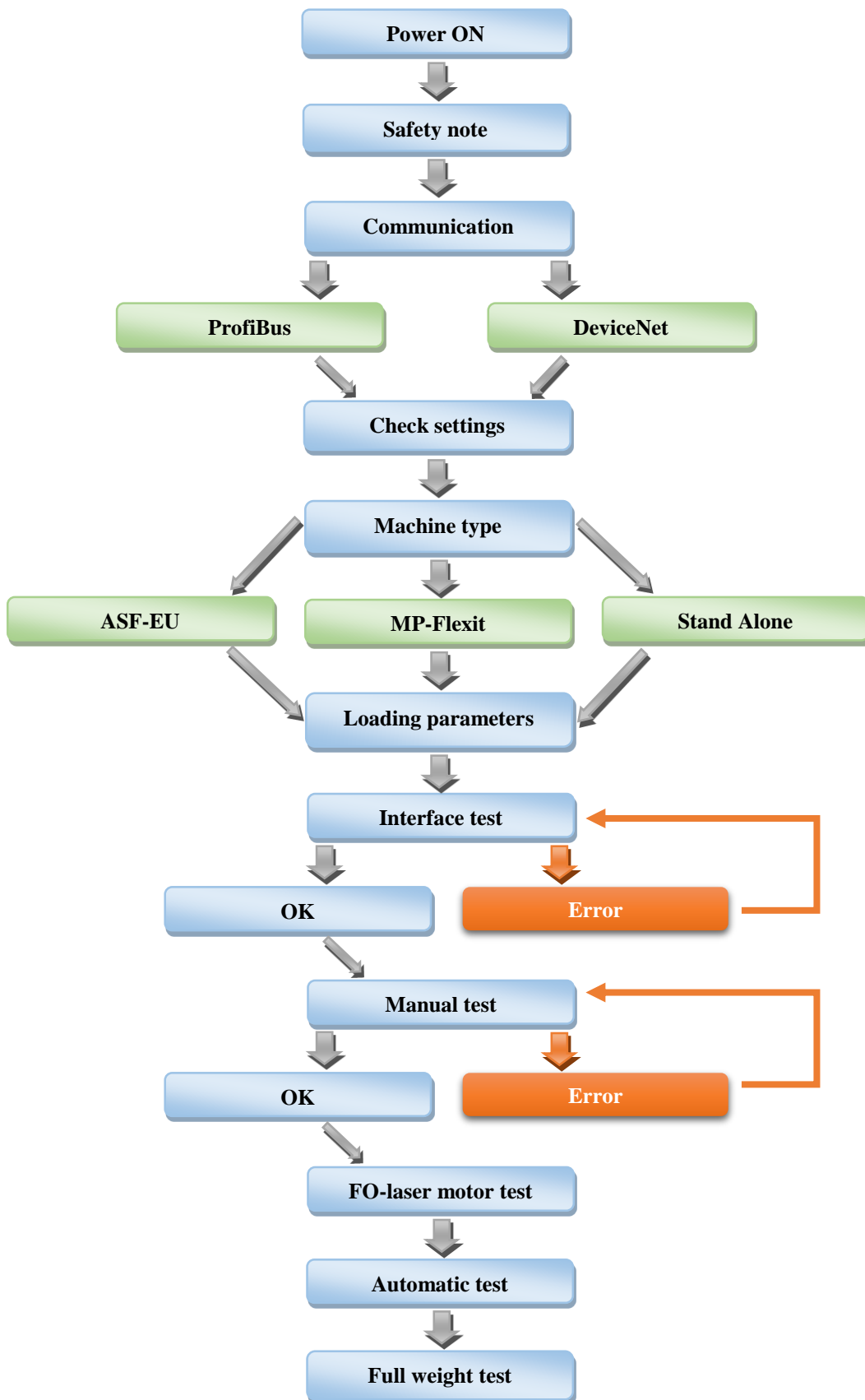
Checking the sensor manually by activate them with e.g. a tool. The sensors have to be activated in the right order for the test to succeed.

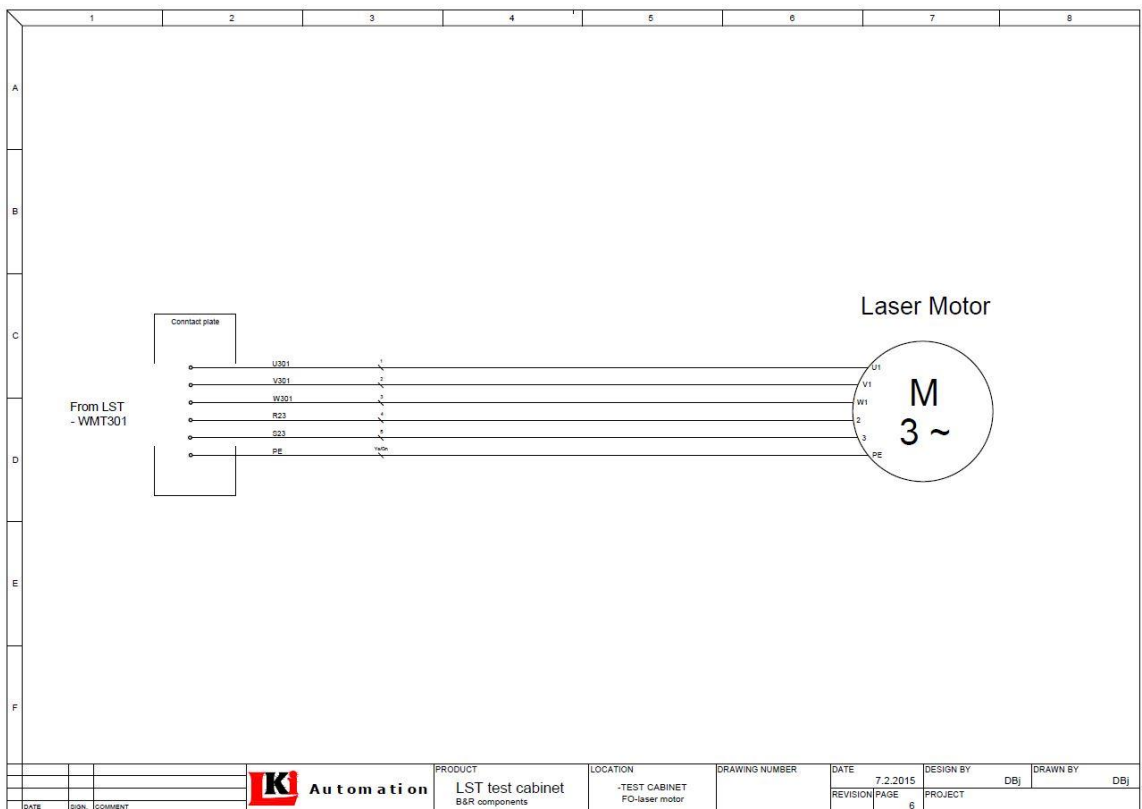
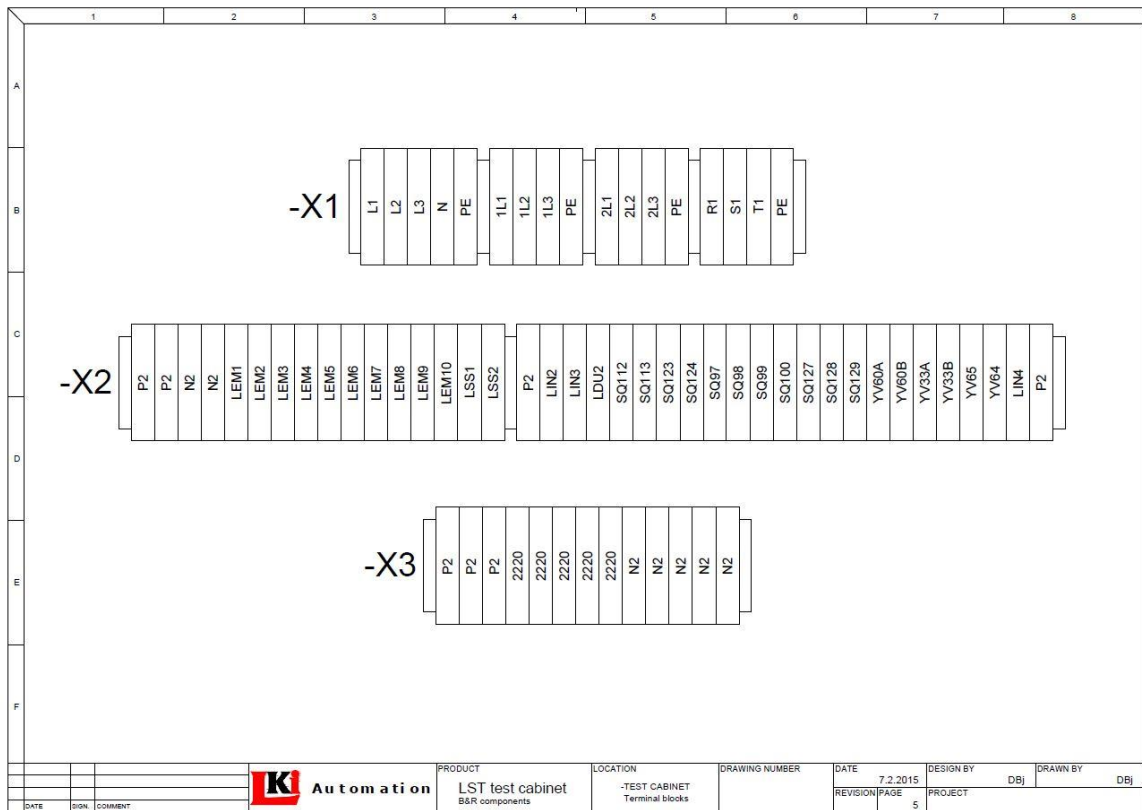
```
IF LST pallet in lower
  THEN OK
```

```
IF LST pallet in lower 2
  THEN OK
```

```
IF LST pallet in upper
  THEN OK
```

```
IF ALL OK
  THEN NEXT button on panel
```





I/O-lista för testskåpets PLC		
Ingång	Trådmärkning	Objekt
DI 1	2238	<i>Safety stop testskåp</i>
DI 2	2241	<i>Motor alarm testskåp</i>
DI 3		
DI 4		
DI 5		
DI 6		
DI 7		
DI 8		
DI 9		
DI 10		
DI 11		
DI 12		

I/O-lista för testskåpets PLC		
Utgång	Trådmärkning	Objekt
DO 1	4101	<i>Ventil forks down</i>
DO 2	4102	<i>Motor forks up/down</i>
DO 3	4103	<i>Motor forks forw./backw.</i>
DO 4	4104	<i>Motor UnloadingUnit forw./backw.</i>
DO 5		
DO 6		
DO 7		
DO 8		

X20BM01

1 General information

The X20BM01 bus module is the base for all X20 supply modules.

- Basis for all X20 supply modules
- For creating voltage groups
- The internal I/O supply is isolated to the left

2 Order data

Model number	Short description	Figure
X20BM01	Bus modules X20 supply bus module, internal I/O supply is isolated to the left	

Table 1: X20BM01 - Order data

3 Technical data

Product ID	X20BM01
Short description	Supply bus module, internal I/O supply is isolated to the left
Bus module	
General information	
Power consumption	0.13 W
Internal I/O	-
Additional power dissipation caused by the actuators (resistive) [W]	-
Certification	
CE	Yes
UL	Yes
CSA/US HazI or Class 1 Division 2	Yes
ATEX Zone 2	Yes
KC	Yes
GL	Yes
COSE-R	Yes
I/O supply	
Nominal voltage	24 VDC
Permitted contact load	10.0 A
Operating conditions	
Mounting orientation	
Mounting position	Yes
Horizontal	Yes
Vertical	
Installation at altitudes above sea level	
0 to 2000 m	No limitations
>2000 m	Reduction of ambient temperature by 0,5°C per 100 m
Protection in accordance with EN 60529	IP20

Table 2: X20BM01 - Technical data

Product ID	X20BM01
Environmental conditions	
Temperature	
Operation	-25 to 60°C
Horizontal installation	-25 to 50°C
Vertical installation	
Derating	
Storage	-40 to 85°C
Transport	-40 to 85°C
Relative humidity	
Operation	5 to 95%, non-condensing
Storage	5 to 95%, non-condensing
Transport	5 to 95%, non-condensing
Mechanical characteristics	
Sizing	12.5 x 32 mm

Table 2: X20BM01 - Technical data

4 Voltage routing

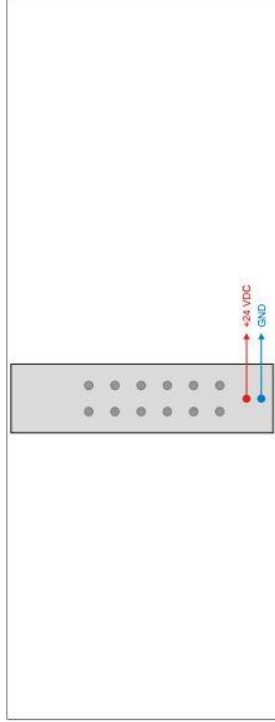


Figure 1: Voltage routing

Bilaga 10.

Objekt	Tillverkare	Modellnr.	Artikelnr.	Antal
Power Panel T30 10"	B&R	6PPT30.101G-20B	A07783	1
PowerStift 2-pole	B&R	0TB6102.2010-01	A08028	1
CPU (-1584)	B&R	X20CP1584	A07784	1
Compact Flash 1024B	B&R	5CFCRD.1024-06	A07785	1
Bus module	B&R	X20BM11	A07801	1
Digital Input 12x	B&R	X20DI9371	A07791	1
Bus module (isolated)	B&R	X20BM01	A07801	2
Digital Output 8x	B&R	X20DO8331	Beställ	1
Terminal block	B&R	X20TB12	A07802	3
X2X Bus module	B&R	X20BT9400	A07795	1
SafeLOGIC	B&R	X20SLX410	A07803	1
Safety bus module	B&R	X20BM33	A07806	1
Safety terminal block	B&R	X20TB52	A07807	1
Huvudbrytare 32A	Kraus&Naimer	KG32B/T104/01E	A03443	1
Huvudsäkring 3 x 25A	Siemens	3P25A	A02477	1
Huvudsäkring 3 x 10A	Siemens	3P10A	A00501	1
Huvudkontaktor 11 kW	Siemens	3RT1026-1BB40	A03129	1
Hjälpkontakt 2NO, 2NC	Siemens	3RH1921-1HA22	A02351	1
Störningsskyddsdiöd	Siemens	3RT1926-1ER00	A00520	1
Kontaktor 4kW	Siemens	3RT1016-1BB42	A00513	3
Hjälpkontakt 2NO	Siemens	3RH1911-1FA20	A00519	1
Motorskydd 0,75kW	Siemens	3RV1011-1BA10	A02988	2
Motorskydd 1,1kW	Siemens	3RV1011-1EA10	A00523	1
Motorskydd hjälpkontakt	Siemens	3RV1901-1E	A00526	3
Säkring 10A	Siemens	1P10A	A00504	1
Strömkälla 24VDC	Phoenix Contact	5A TRIO-PS/ 1AC/24DC/5	A02637	1
Säkring 4A	Siemens	1P4A	A00505	1
Säkerhetsrelä	SICK	UE48-20S3D2	A05921	1
Relä	Omron	G2R-2-SN	A00813	1
Reläsockel	Omron	P2RF-08-E	A00814	1
Relä	Omron	G7S-4A2B-E	A00817	1
Reläsockel	Omron	P7S-14F-END	A00818	1
Nödstop	Telemecanique	ZB4 BS844	A00784	1
Kontaktmodul	Telemecanique	ZB4 BZ104	A00803	1
Dekal	Graphics	"Emergency stop"	A02759	1
Vridbrytare	Moeller	M22-WK3 1>0<1	A00795	1
Tryckknapp	Moeller	M22-DL-B	A00788	1
Kontaktmodul	Moeller	M22-AK10	A00798	1
Kontaktelement	Moeller	M22-K10	A00800	3
Indikationslampa	Moeller	M22-LH-W	A04041	1
LED-element	Moeller	M22-LED-W	A00792	1
LED-element	Moeller	M22-LED-G	A00791	1
Skyddslock paneluttag	SLO	42-677-75	A05250	1
Ethernet adapter	SLO	42-677-61	A05257	1
Ethernetkabel	SLO	1m 6E S-FTP	A04045	1
Radklämma	Phoenix Contact	PIT 1.5 / S	A06543	34
Radklämma	Phoenix Contact	PIT 1.5 / S / PE	A06544	8
Radklämma	Wieland	WKN16 / U	A04127	6
Radklämma	Wieland	WKN16 / U / BU	A04128	2
Radklämma	Wieland	WKN16 / U / PE	A04129	2

