

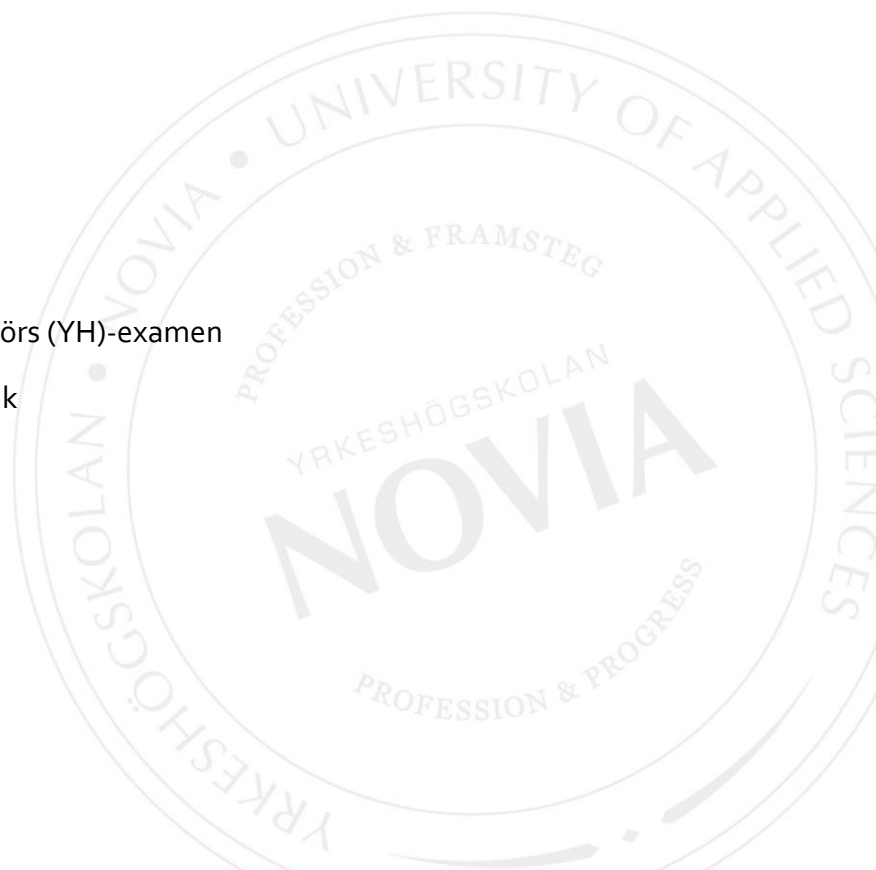
Utveckling av CS-säkerhetskrets

Jonas Renlund

Examensarbete för ingenjör (YH)-examen

Utbildningen Elektroteknik

Vasa 2017



EXAMENSARBETE

Författare: Jonas Renlund
Utbildning och ort: Elektroteknik, Vasa
Inriktningsalternativ: Elkraft
Handledare: Erik Englund

Titel: Utveckling av CS-säkerhetskrets

Datum 12.4.2017

Sidantal 33

Bilagor 0

Abstrakt

Detta examensarbete handlar om utvecklingen av säkerhetskretsar på lagersystemet CS, från konventionella permanent programmerade säkerhetsreläer till programmerbara. Arbetet är gjort vid företaget LKI Källdman som tillverkar olika maskiner för plåthantering till metallindustrin.

Uppgiften var att först förstå säkerhetskretsarna som används på dagens lagersystem, planera de nya säkerhetskretsarna, utvärdera olika alternativ för nya programmerbara säkerhetsreläer och förslag till inköp. Största delen av examensarbetet behandlar bordstestning av olika funktioner på de nya programmerbara säkerhetsreläerna.

Examensarbetets slutresultat blev färdigt bordstestade moduler från den tyska tillverkaren Sick. En nästan färdig planerad layout för hur de nya programmerbara säkerhetsreläerna och modulerna skulle användas i ett CSII-lagersystem. En detaljerad projektplan för implementering ska göras under våren, och förhoppningsvis är de nya säkerhetskretsarna en del i något av höstens kundprojekt.

Språk: svenska

Nyckelord: säkerhetskrets, Sick, Flexi Soft

OPINNÄYTETYÖ

Tekijä: Jonas Renlund
Koulutus ja paikkakunta: Elektrotekniikka, Vaasa
Suuntautumisvaihtoehto: Sähkövoimatekniikka
Ohjaaja: Erik Englund

Nimike: CS-turvapiirin kehitys

Päivämäärä 12.4.2017

Sivumäärä 33

Liitteet 0

Tiivistelmä

Tämä opinnäytetyö käsittelee turvapiirien kehitystä, tavallisista turvareleistä ohjelmoitaviin, varastojärjestelmässä CS. Työ tehdään yritykselle LKI Kälđman, joka valmistaa erilaisia automaattisia peltien käsittelykoneita metalliteollisuudelle.

Tehtävänä oli ensin ymmärtää varastojärjestelmän nykyiset turvapiirit, suunnitella uudet turvapiirit, arvioida eri vaihtoehtoja uusien turvareiden hankintaan ja tehdä ostoehdotus. Suurin osa opinnäytetyöstä käsittelee uusien ohjelmoitavien turvareiden eri toimintojen testausta.

Opinnäytetyön lopputulos on valmiiksi testatut moduulit saksalaiselta valmistajalta Sick, ja lähes valmis suunnitelma miten uudet ohjelmoitavat turvareleet ja moduulit voidaan käyttää CSII-varastojärjestelmässä. Yksityiskohtainen hankesuunnitelma projektin toteuttamiseen tehdään keväällä 2017, ja toivottavasti uudet turvapiirit ovat osa syksyn asiakasprojekteja.

Kieli: ruotsi

Avainsanat: turvapiiri, Sick, Flexi Soft

BACHELOR'S THESIS

Author: Jonas Renlund
Degree Programme: Electrical Engineering, Vaasa
Specialization: Electrical Power Engineering
Supervisors: Erik Englund

Title: Development of CS Safety Circuit

Date 12.4.2017 Number of pages 33 Appendices 0

Abstract

This thesis is about the development of safety circuits on the storage system CS from conventional hard-wired safety relays to programmable safety relays. The work is done at the company LKI Kälöman which manufactures various machines for sheet metal handling for the metal industry.

The task was to first understand the safety circuits used in today's storage systems, plan the new safety circuits, evaluating different options for new programmable safety relays and a proposed purchase. Most of the thesis deals with table testing of different features on the new programmable safety relays.

The thesis resulted in completed table tested modules from the German manufacturer Sick. It is an almost completely planned layout for how the new programmable safety relays and modules are to be used in CSII storage systems. A detailed project plan for implementation should be done in spring, and hopefully the new safety circuits part in one of the customer projects in autumn.

Language: Swedish Key words: safety circuit, Sick, Flexi Soft

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
1.1	Företaget.....	1
1.2	Amada.....	2
1.3	Problembeskrivning, uppdrag och målsättning.....	3
2	CSII.....	4
2.1	Exempel på uppbyggnad av CSII lagersystem.....	5
3	Säkerhetskretsar och säkerhetsfunktioner.....	6
3.1	Automatiserade lagersystem.....	6
3.2	Industri 4.0.....	7
3.3	Maskinsäkerhet.....	8
3.3.1	ABC- standarder.....	8
3.3.2	Riskbedömning.....	9
3.3.3	Minska risken.....	10
3.3.4	Designa och beräkna säkerhetsfunktionerna.....	10
3.4	Säkerhetskretsar.....	10
3.5	PLC.....	12
3.5.1	Programmering.....	13
3.6	Säkerhets-PLC.....	14
3.7	Kommunikation.....	15
3.7.1	Kabeltyper, kabeldragning och störningar.....	15
4	Konfigurering av säkerhetskretsen.....	16
4.1	Utvärdering av olika säkerhets-PLC.....	17
4.2	I/O- moduler.....	18
4.3	Flexi Loop.....	19
4.4	Flexi Link/Line.....	20
4.5	Flexi Soft Designer.....	21
4.6	Bordstestning av olika funktioner.....	23
4.6.1	Flexi Loop.....	23
4.6.2	Flexi Link.....	24
4.6.3	Flexi Line.....	25
5	Resultat.....	30
6	Analys, diskussion och slutsatser.....	31
7	Källförteckning.....	32

Ordförklaringar

CSII	<i>Compact Storage</i> , ett automatiserat lagersystem som LKI tillverkar. Examensarbetet berör denna maskin.
I/O- station	<i>Input/Output- station</i> , en station i lagersystemet var material sätts in och tas ut.
Gateway	En nätverksnod som kopplar ihop två olika nätverk.

1 Inledning

Examensarbetet beskriver utvecklingen av säkerhetskretsar för LKI:s lagersystem (CSII) från hårdkodade säkerhetsreläer till programmerbara. Först i dokumentet finns information om företaget och maskinen i fråga. Sedan fortsätter en teoridel för att få en bättre uppfattning om vad säkerhetskretsar och dess tillhörande komponenter är, före den praktiska delen av arbetet beskrivs.

1.1 Företaget

LKI Källdman är ett automationsföretag beläget i Pedersöre kommun. I företaget tillverkas olika plåthanteringsmaskiner och automationslösningar. LKI grundades år 1979 av Leif Källdman som började verksamheten som underleverantör med tillverkning och bearbetning av maskindelar.

Företaget utvecklades och år 1984 påbörjades produktionen av LKI:s första produkt som var ett programmerbart bakre anslag till kantpressar. År 1990 var det dags för leverans av ett automatiserat hanterings system för plåtskärning till ABB Distribution i Finland. Den första plåthanteringsmaskinen LKI 200 Manipulator levererades år 1995 till japanska företaget Amada som tillverkar plåtbearbetningsmaskiner, och samarbetet mellan LKI och Amada började.

År 2002 öppnade en ny hall på Bennäs industriområde, i det skedet främst för komponenttillverkning och svetsning. Efter flera utbyggningar med kontor, slutmontering m.m. är Bennäs idag huvudkontor där även majoriteten av monteringen sker.

År 2008 valdes LKI Källdman till Österbottens och Finlands starkaste företag, dessutom belönades företaget med den nationella innovationstävlingen Innofinland år 2009. Företagets tornkonstruktion för automatisk in- och utmatning av plåt räckte till seger i den regionala finalen. År 2012 blev LKI Källdman vald till Pedersöres företag.



Figur 1. LKI:s logo.

LKI Källdman har idag ca 150 arbetstagare i tre olika enheter. Den största enheten är belägen i Bennäs där också största delen av de anställda arbetar. I Bennäs utförs bearbetningen och tillverkning av de flesta maskinerna.

Lövö som är LKI:s andra enhet ligger ca 3 km från Bennäs. I Lövö tillverkas också maskiner, men endast några få i jämförelse med Bennäs. LKI:s historia startade i Lövö men p.g.a. utrymmesbrist flyttades en del av tillverkningen till Bennäs.

Den tredje enheten kom till år 2012 då LKI förvärvade Camline OY från Villmanstrand. Camline som är ett mjukvaruföretag går idag också under namnet LKI, och deras uppgift är att programmera och designa mjukvarulösningar för LKI. [4]

1.2 Amada

AMADA grundades år 1946 och tillverkade först bandsågsblad. Verksamheten drevs vidare och AMADA började tillverkningen av bockningsmaskiner, revolverstansmaskiner och laserskärningssystem. Idag består verksamheten av 80 företag i 70 olika länder. Idag har AMADA 6400 anställda och är en av världsledande tillverkare av plåtbearbetningsmaskiner och tekniska lösningar. [5]



Figur 2. AMADA: s logo

1.3 Problembeskrivning, uppdrag och målsättning

Skyddsutrustning som stannar maskiner på ett säkert sätt krävs enligt maskindirektivet för att uppfylla CE-krav. Det kan gälla dörrar, galler, ljusridåer o.s.v. som skall kopplas till maskinens styrsystem.

Lagersystemet CS (Compact Storage) använder idag säkerhetskretsar med konventionella säkerhetsreläer. Problemet är att kretsarna blir invecklade och svåra att felsöka, vilket orsakar extra kostnader och tidsförluster vid installationer. Idag finns alternativ till standard säkerhetsreläer s.k. säkerhets- PLC eller programmerbara säkerhetsreläer.

Målet med arbetet är att:

- Utvärdera vilka olika alternativ som finns för programmerbara säkerhetsreläer.
- Förstå säkerhetskretsarna som används på dagens CS-lagersystem.
- Förstå kraven som finns på styrsystem.
- Få fram upplevda problem från LKI-servicepersonal.
- Nya säkerhetskomponenter t.ex. brytare.
- Förslag till inköp.
- Bordstesta moduler och programmera funktioner.

2 CSII

Industrin idag utvecklas hela tiden mot en mer automatiserad produktion. Produkter skall tillverkas så snabbt, kostnadseffektivt och med så lite arbetskraft som möjligt. LKI tillverkar många olika maskiner för syftet att få en snabbare, mera automatiserad och kostnadseffektivare produktion, en av dessa lösningar är lagersystemet CS.

CS är ett kompakt lagersystem för lagring av råmaterial. Eftersom ett kompakt lagersystem som CSII består av en automatiserad kran istället för att hantera material med truck, så sparar man utrymme, arbetskraft och får ett bättre materialflöde.

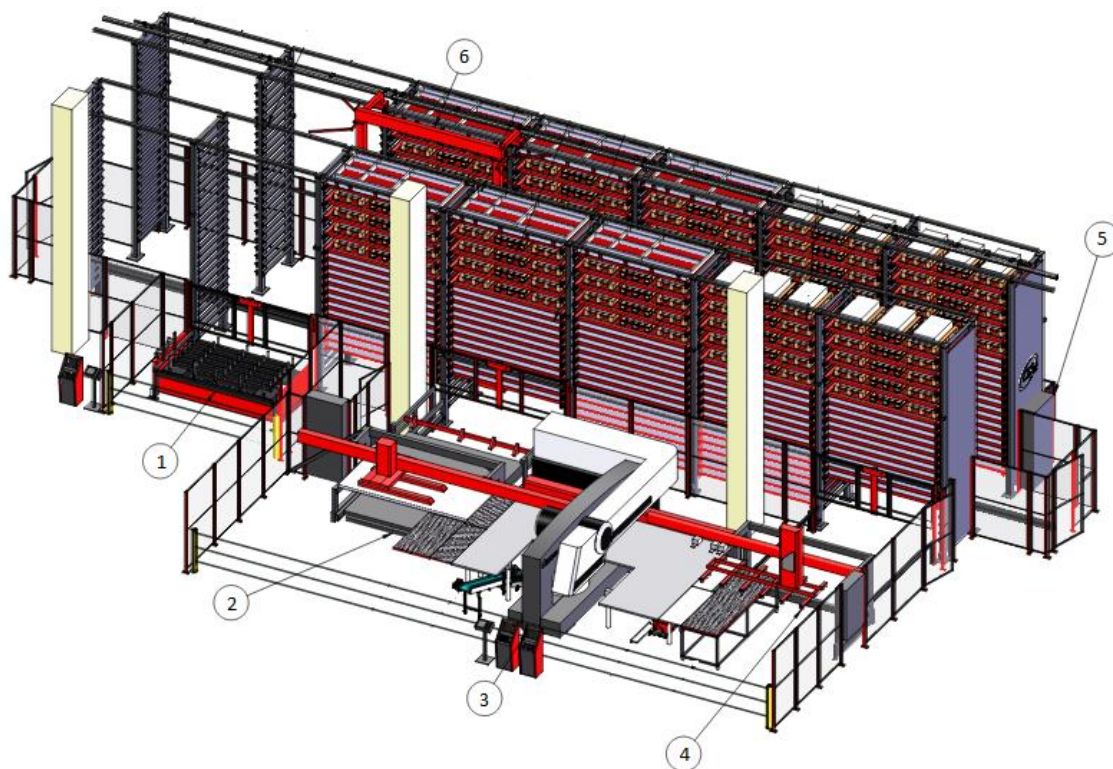
CS kan ha olika många celler och kopplas samman med ett antal olika maskiner t.ex. Amadas laserskärmaskiner, plåtbockare, stansmaskiner och många andra av LKI:s maskiner. Huvuduppgiften för ett CS-lagersystem är att förse Amadas maskiner med obearbetade plåtar samt lagring av plåtarna efter bearbetning.

Ett CS-lagersystem kan också användas endast för lagring av olika saker beroende på kunden. I detta fall kopplas lagersystemet endast samman med en eller flera I/O-stationer för insättning eller uttag av delar i lagersystemet.

Nedan beskrivs ett exempel på hur ett CS-lagersystem kan vara uppbyggt tillsammans med en del andra maskiner.

2.1 Exempel på uppbyggnad av CSII lagersystem

Som sagt så kan ett CSII lagersystem samarbeta med olika typer av maskiner och bestå av olika många celler. I detta fall är lagersystemet dubbelsidigt som betyder att det finns hyll-sektioner på båda sidorna av kranen, lagret består av en cell och är kopplat samman med en in/out- station, PRIII, LIII och en av Amadas kombimaskiner (laser/stans).



Figur 3. CSII lagersystem.

1. I/O- station, för insättning och uttag av plåtar ur lagret.
2. PR III UL 300 L S, för automatisk insamling och stapling av delar.
3. Amadas Kombimaskin (laser/stans).
4. LIII 300 S, förser kombimaskinen med obearbetade plåtar.
5. CSII elskåp.
6. CSII kran, för transport av materialpaletter till hyllplatser och de sammankopplade maskinerna.

3 Säkerhetskretsar och säkerhetsfunktioner

I denna del tas de olika teorierna upp som används i mitt examensarbete bl.a. om olika säkerhetskretsar och dess komponenter och programmerings verktyg.

3.1 Automatiserade lagersystem

Automatiserade lagersystem består av en mängd olika datorstyrda system för automatisk placering och hämtning av laster från definierade platser. Automatiserade lagersystem används vanligtvis där

- Det finns en hög volym av material och gods som förflyttas in och ut ur lagersystemet.
- Lagringskapacitet är viktigt på grund av utrymmesbrist.
- Noggrannhet är viktigt på grund av eventuella dyra skador på godset.
- Lagersystemet och dess maskiner bör fungera utan operatörer t.ex. utanför arbetstid.

Automatiserade lagersystem har sitt ursprung i 1960-talet, till en början med fokus på tunga laster, men i takt med utvecklingen av tekniken har lasterna blivit mindre. Systemet arbetar som sagt med hjälp av datorstyrning och håller därmed reda på exakt vad och hur mycket det finns i lagret. Hämtning av gods sker genom att ange vad och hur mycket som skall hämtas. Datorn bestämmer varifrån och vart lasten kan hämtas och föras, samt schemalägger operationen. Därmed håller systemet hela tiden reda på var i lagret olika saker finns. In och uttag i lagret sker med hjälp av s.k. I/O-stationer. Med hjälp av truck förs lasten till I/O-stationen och därifrån sköter lagret om att lasten hittar till rätt plats. Samma sak gäller med uttag, man beställer det gods man vill ha och lagret sköter om att transportera den till I/O-stationen.

Fördelarna med automatiserade lagersystem är:

- Hjälper företag att skära ner kostnader genom att minimera mängden onödiga delar och produkter i lagret och förbättra översikten av innehållet i lagret.
- Med hjälp av automatiserade processer fås också mera lagringsutrymme på grund av lagring med hög densitet, smala gångar etc.
- Automation minskar arbetskostnaderna genom att sänka på personalkrav och samtidigt ökad säkerhet.
- Länk till orderhantering och logistik, enklare packning och plockning av produkter.
- Spårning av var produkter lagras, vilka leverantörer de kommer ifrån och hur länge de lagras. Genom att analysera dessa uppgifter kan företag kontrollera lagernivåer och maximera användning av lagerutrymme. Dessutom är företagen mer förberedda på krav och leverans av produkter, särskilt under speciella omständigheter, som t.ex. under högsäsong en viss månad. [10]

3.2 Industri 4.0

Industri 4.0 eller den fjärde industriella revolutionen är den nuvarande trenden inom automation och dataöverföring. Industri 4.0 skapar vad som har kallats en "smart fabrik". Med detta menas att varje produkt i produktionskedjan bär på information om vart den ska och hur, för att få en så organiserad fabrik som möjligt. Målet är en snabbare produktion, större flexibilitet och färre fel. [17]

Ett steg i rätt riktning är automatiserade lagersystem eftersom får vi ut mera information ur systemet, vi vet exakt vad som finns i lagret och var. Med hjälp övergången till programmerbara säkerhetsreläer kan vi dessutom via en gateway till ett överliggande system skapa en virtuell bild av det fysiska systemet. Detta underlättar vid felsökning och man får en bra överblick över systemet. Just detta är en av konstruktionsprinciperna för industri 4.0.

3.3 Maskinsäkerhet

För att bygga ett skyddssystem som fungerar i praktiken och ger tillräckligt hög säkerhet krävs kompetens inom flera områden. Utformningen av säkerhetsfunktionerna i systemet för att garantera att det ger en tillräckligt hög säkerhet och tillförlitlighet är viktigt. Som hjälp till detta finns olika standarder och riskbedömningstabeller att ta hjälp av.

Enligt maskindirektivet är maskintillverkaren skyldig att göra en riskbedömning för maskinkonstruktionen och en riskbedömning av alla arbetsmoment som maskinen kommer att utföra.

3.3.1 ABC- standarder

Maskiner kan delas in i tre olika säkerhetsklasser beroende på hur farliga de anses vara. ABC- standarderna sätter krav på vilken säkerhetsutrustning som krävs och hur komplicerad den bör vara för att maskinen skall klassificeras som säker.

C- standarden har tagits fram för de maskiner som anses vara särskilt farliga. Om en C- standard har strängare direktiv och krav än vad som anges i A- eller B- standardens så är det kraven i C- standarden som gäller. [16]

För lagersystem och rälsbunden utrustning finns en C- standard SS-EN 528:2008, som är en "lagbok" över olika krav som maskinen bör uppfylla för att vara säker i drift, underhåll samt tillverkning. [14]



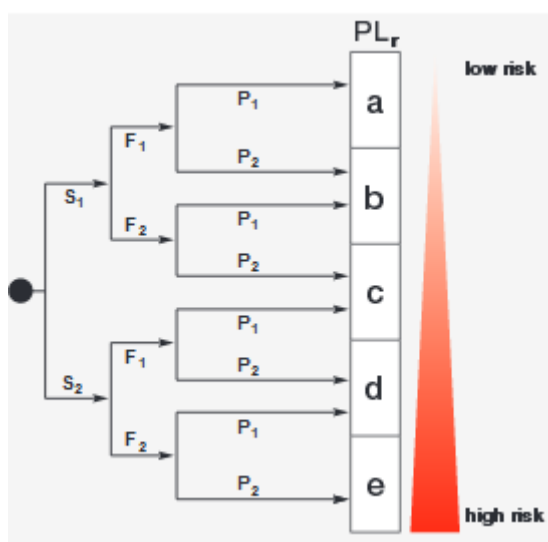
Figur 4. Maskiner delas in i olika standarder beroende på hur farliga de anses vara.

3.3.2 Riskbedömning

Det finns olika metoder för riskbedömning varav detta är en. Riskbedömning börjar med att bestämma maskinens arbetsområde. Detta inkluderar det utrymme som maskinen och dess operatörer behöver för att utföra alla sina arbetsuppgifter. Tre faktorer lägger grunden för riskbedömningen, för varje faktor ges två olika alternativ.

- Skadornas svårighetsgrad (S, severity).
S1 blåmärken, skrubbsår, sticksår och mindre klämskador.
S2 skelettskador, amputationer och död.
- Exponering för risken (F, frequency).
F1 mindre än varannan vecka.
F2 oftare än varannan vecka.
- Möjlighet att undvika eller begränsa skadan (P, possibility)
P1 långsamma maskinrörelser, gott om utrymme, låg effekt.
P2 snabba maskinrörelser, trångt, hög effekt.

Genom riskbedömningen av S, F och P faktorerna fås PL_r (Performance Level required) samt en bedömning om risken behöver reduceras eller om tillräcklig säkerhet kan garanteras.



Figur 5. Riskkalkyl.

3.3.3 Minska risken

Om risken behöver reduceras måste vissa åtgärder göras.

- Undvika risken redan i planeringsstadiet.
- Använd skydds- och/eller säkerhetsanordningar (staket, ljusridåer, säkerhetsbrytare o.s.v.)
- Ge information och skolning om hur maskinen skall användas säkert.

3.3.4 Designa och beräkna säkerhetsfunktionerna

Till att börja med måste säkerhetsfunktionerna för maskinen identifieras t.ex. nödstopp, dörrbrytare eller ljusridåer. Som tidigare nämnts upprättas en PLr för varje säkerhetsfunktion. Därefter utformas och genomförs lösningar för säkerhetsfunktionerna. När lösningen är klar kan PL (Performance Level) för säkerhetsfunktionen beräknas. Det beräknade värdet för PL skall vara minst lika högt som PLr. [9]

3.4 Säkerhetskretsar

Vid en eventuell farosituation är det olika säkerhetsfunktioners som t.ex. nödstopp, tvåhandsmanöverdon och ljusridåers uppgift att använda lämpliga åtgärder för att minska den nuvarande risken till en acceptabel nivå. Säkerhetskretsar måste alltid utformas på ett sådant sätt att varken ett fel i enheten eller ett externt fel som orsakas av en sensor eller ställdon får leda till att säkerhetsfunktionen sätts ur spel.

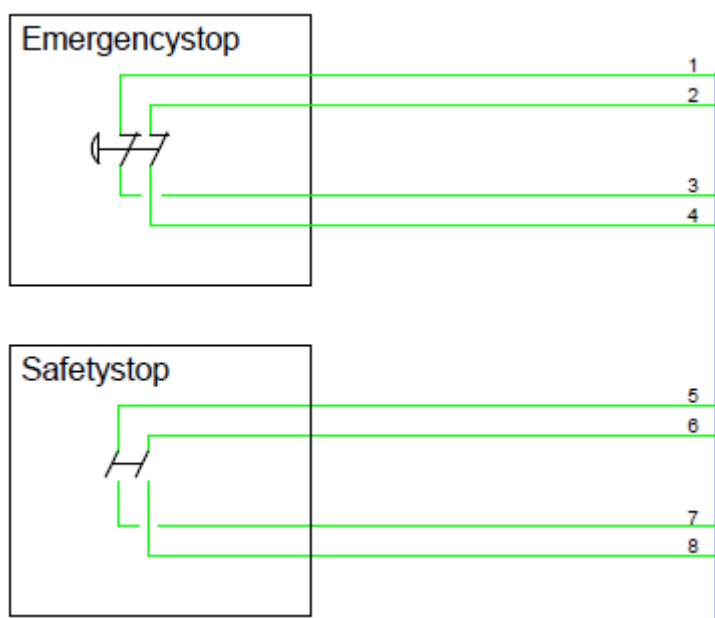
Ett normalt relä använder en trådspole och den mekaniska rörelsen av metallkontakter för att koppla av och på belastningen. Metallkontakterna kan svetsas samman vid eventuellt fel och om detta händer skulle maskinen fortsätta arbeta även om operatören trycker på nödstoppknappen. Detta skulle vara farligt för operatören, och av denna anledning är det förbjudet att använda enkla reläer eller kontaktorer i säkerhetskretsar, och istället används säkerhetsreläer. [7]

Säkerhetsreläer klarar av att upptäcka fel i ingångs- och utgångs enheter, samt interna fel, t.ex. att en kontakt har blivit svetsad fast, vilket resulterar i att lasten bortkopplas

och återstart förhindras. Den typiska designen för säkerhetsrelä är att två kretsar alltid skall brytas för att säkerhetskretsen skall fungera korrekt. Säkerhetsreläer använder sig också av en s.k. OSSD (Output Signal Switching Device) som betyder att spänningen i säkerhetskretsen pulserar mellan 0 V och 24 V x-antal gånger per millisekund. Den pulserande spänningen från säkerhetsreläets utgångar måste då vara lika som den pulserande signalen som kommer tillbaka på ingångarna. Designen säkerställer att kopplingsfel inte leder till förlust av säkerhetsfunktionen.[8]

Säkerhetsreläer är bara en komponent i en säkerhetskrets och alla komponenter måste väljas och tillämpas på rätt sätt för att uppnå den önskade nivån av skydd.

Bilden nedan visar hur två kretsar kan brytas med hjälp av en nödstopp och säkerhetsstopp. Kretsarna kan vara konstruerade så att man har direkt matning till exempelvis tråd 1 och 2 medan tråd 3 och 4 har varsin ingång till säkerhetsreläet. En annan möjlighet är att tråd 1 har direkt matning och tråd 3 har en egen ingång medan tråd 2 är kopplad till en OSSD utgång på säkerhetsreläet och tråd 4 till en ingång som läser av pulserna från OSSD utgången.



Figur 6. Exempel på säkerhetskrets med nöd och säkerhetsstopp, två kretsar bryts alltid.

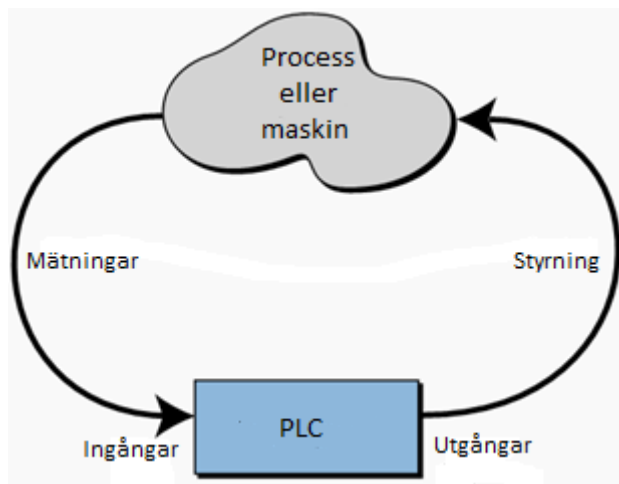
3.5 PLC

Programmerbart styrsystem även kallad PLC är en slags dator som främst används inom automation. PLC:n använder integrerade kretsar istället för elektromekaniska anordningar för att genomföra styrfunktioner. PLC:n tar emot indata från brytare och sensorer, utvärderar dessa baserat på ett program, och ändrar tillståndet hos utgångar för att styra en maskin eller process.

De är kapabla att lagra instruktioner såsom sekvensering, timing, räkning, aritmetik, datamanipulation och kommunikation för att styra industriella maskiner och processer.

De första programmerbara styrsystemen var mer eller mindre bara ersättare för reläer. Deras primära funktion var att utföra de sekventiella operationer så som ON/OFF styrning av maskiner och processer som tidigare genomfördes med reläer. Dessa programmerbara styrsystem var en stor förbättring jämfört med reläer. De var lätt att installera, använde betydligt mindre utrymme och energi och hade diagnostik som underlättade felsökning.

Funktionaliteten av PLC:n har utvecklats under åren och kommunikationsfunktioner för vissa moderna PLC:er är ungefär likvärdiga med moderna stationära datorer. [6]

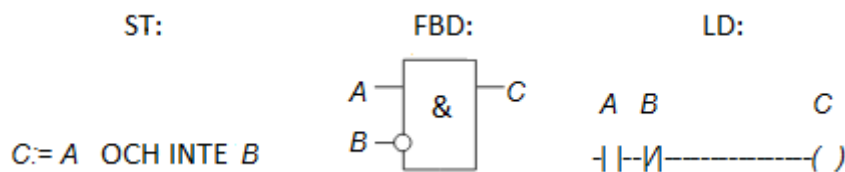


Figur 7. Funktionsprincip för PLC.

3.5.1 Programmering

För att en PLC skall kunna fungera som vi vill måste den först programmeras. Programmeringen sköts med hjälp av varierande programmeringsverktyg beroende på tillverkare av PLC:n. De tre vanligaste programmeringsspråken är strukturerad text (ST), ladderdiagram (LD) och funktionsblocksdiagram (FBD) och alla tre är definierade enligt IEC 61131-3 standarden. Det är ingen skillnad vilket av språken som används för programmeringen av PLC:n utan det lämpligaste alternativet för uppgiften väljs. [11]

- **Strukturerad Text (ST)** korta textkommandon används, påminner om andra programmeringsspråk som Java och C.
- **Funktionsblocksdiagram (FBD)** olika block används för programmeringen, varje skilt block har en egen funktion.
- **Ladderdiagram (LD)** Den mest kända typen av programmeringsspråk, symbolerna motsvarar kontakter och reläer och koden är utformad lite som en stege varav namnet.



Figur 8. Exempel på de tre programmeringsspråken med samma funktion. Utgången C blir aktiv ifall ingången A är aktiv och B inte är aktiv.

3.6 Säkerhets-PLC

I fabriker och industrier idag prioriteras säkerheten väldigt högt. Operatörer som manövrerar de automatiserade maskinerna får inte på något sätt komma åt rörliga delar som de kan skada sig på. Med hjälp av skyddsörrar, ljusridåer och skyddsnet buras maskinen in i olika säkerhets zoner. Med hjälp av säkerhetsbrytare på dörrar, nöd stoppar, ljusridåer mellan olika säkerhets zoner, ser man till att maskinen stannar om någon rör sig inom maskinens faroområde. Dessa säkerhetskomponenter fungerar som sensorer eller givare, vars signaler utgör ingångssignaler till säkerhetsreläer och PLC-enheter.

Konventionella säkerhetsreläer är permanent programmerade och bra för att övervaka enkla säkerhetskretsar. Men när säkerhetskretsarna blir mera komplicerade än bara några in- och utgångar som måste övervakas och styras, eller när det krävs kommunikation med ett överliggande system, sköts uppgiften bäst av en säkerhets-PLC.

Fördelarna med användning av säkerhets-PLC är minskat antal moduler eftersom den är programmerbar. Installationstiden minskar eftersom säkerhets-PLC:er kan kommunicera med hjälp av tvåtrådsbuss och det behövs inte lika mycket kablar mellan olika säkerhetsreläer. Felsökningstiden minskar nämnvärt p.g.a. möjlighet till övervakning över alla givare och brytare skilt för sig. Kabeldragning minskar eftersom det finns speciella funktioner som gör det möjligt koppla givare och brytare i serie på en slinga och tar därmed upp färre antal in och utgångar.



Figur 9. Sick:s säkerhets-PLC.

3.7 Kommunikation

För att få information från säkerhets-PLC enheter till ett överliggande system behövs någon slags kommunikation, i regel via en gateway. Det finns många olika fältbussar med olika kommunikationsprotokoll att välja på, men i detta fall kommer fältbussen Profibus att fungera som kommunikation mellan säkerhets-PLC och överliggande system.

Profibus är en fältbussteknik, som används för att kommunicera mellan olika enheter i systemet. Enheter i systemet är anslutna till en central linje. Väl anslutna kan dessa enheter förmedla information mellan varandra.

Profibus finns i tre olika varianter som gör att systemet kan anpassas för olika behov i olika användningsområden. De tre olika varianterna av Profibus är FMS (Fieldbus Message Specification), Profibus PA som är designad för process automation och Profibus DP (Decentralized Periphery) som idag är den vanligaste varianten av Profibus, och används också på LKI:s maskiner. [3]

3.7.1 Kabeltyper, kabeldragning och störningar

För att minska på störningar i kablar som kan orsaka problem i samband med känslig elektronik finns det speciella kablar som är designade för att klara av och få bort störningar på ett så bra sätt som möjligt.

Det finns många olika modeller men en av de vanligaste är partvinnad kabel. Där är ledarna tvinnade för att få bort störningar, främst i form av överhörning. Skärmning är också ett vanligt sätt att reducera både inre och yttre störningar. Skärmningen kan bestå av metallfolie eller en vev av metalltråd runt kabeln.

Det effektivaste sättet att få bort störningar är att kombinera dessa metoder i en så kallad STP-kabel (Shielded Twisted Pair). STP-kabeln har partvinnade trådar varav varje par har en skärm runt sig, samt en yttre skärm runt hela kabeln för att ytterligare stärka skyddet. [18]

Ett annat sätt är att med hjälp av eftertänkt kabeldragning reducera störningar i känsliga kablar. De kablar som kan påverkas av störningar dras så långt som möjligt

från större kablar som t.ex. matningskablar till motorer. Väl jordade skärmningar minskar också risken för att känslig elektronik skall påverkas.

4 Konfigurering av säkerhetskretsen

Det praktiska arbetet påbörjades i november 2016 med att studera de nuvarande säkerhetskretsarna i elritningarna för CSII-lagersystemet. En fördel med arbetet var att jag hade tidigare erfarenhet från installationer vid kunder och monteringen, om hur lagersystemet fungerade och lite om hur de olika maskinerna arbetade tillsammans, så någon grundlig undersökning om hur lagersystemet fungerar behövdes inte. Det fanns också en del idéer från tidigare undersökningar om hur det nya systemet med säkerhets-PLC skulle kunna byggas upp, fastän de var en aning bristfälliga så var de till stor hjälp med att komma igång.

En del av arbetet var också att se på olika tillverkare och modeller av programmerbara säkerhetsreläer, jämföra priser och komma fram till vad som skulle vara det lämpligaste alternativet för detta projekt. Detta innebar också diskussioner med LKI:s personal, både ingenjörer och personal vid serviceavdelningen, och fundera över vad det finns för brister i det nuvarande systemet och vad som skulle behöva förbättras. Ganska snabbt kom vi fram till att ett system med programmerbara säkerhetsreläer skulle ha många fördelar jämfört med de nuvarande säkerhetskretsarna.

Eftersom inga andra maskiner vid LKI använder den typ av programmerbar säkerhets-PLC som detta projekt skulle kräva så fanns det många olika funktioner som behövde testas. Efter inköpsförslaget beställdes ett par olika säkerhets-PLC:n och I/O- moduler samt lite andra komponenter som behövde testas.

När de beställda delarna kom var det dags att sätta igång. Till först gällde det att komma underfund med programmeringsverktyget fungerade. Sedan påbörjades bordstestningen av de enklaste funktionerna och efterhand vidare till att testa mer avancerade funktioner. Allt fungerade inte alltid som man hade tänkt sig, men genom att studera manualer, support från tillverkare och LKI:s personal så löstes eventuella små bekymmer ganska snabbt.

4.1 Utvärdering av olika säkerhets-PLC

Som tidigare nämnts så bestod en del av arbetet av att utvärdera olika alternativ och tillverkare av programmerbara säkerhetsreläer, och komma fram till vilket alternativ som skulle vara lämpligast.

Ett alternativ var Wielands programmerbara säkerhetsrelä. Positivt med denna modell var att PLC:n hade inbyggda in och utgångar så mindre tilläggs moduler skulle behövas. Men eftersom det fanns mycket lite information om Wieland att få tag i, och den saknade vissa funktioner som var önskvärda, så uteslöts det som alternativ.

Ett annat alternativ var Omrons säkerhets-PLC. Där fanns de mesta av funktionerna som önskades, men efter en snabb titt på deras priser så uteslöts detta alternativ också ganska snabbt.

Det tyska företaget Sick valdes som leverantör för de säkerhetsreläer och moduler som behövdes. Sicks produkter användes också sedan tidigare vid LKI, så en bekantskap med produkterna fanns redan. Prisen på produkterna var på sin plats och de funktioner som krävdes av säkerhetskomponenterna fanns.



Figur 10. Programmerbara säkerhetsreläer från Wieland och Omron

Nästa steg var att se på vilka modeller av programmerbara säkerhetsreläer som skulle lämpa sig bäst. Sick:s huvudmoduler består av fyra olika CPU: n

- CPU0 som är den billigaste av produkterna, den har inget EFI gränssnitt eller Flexi Line funktion så den klarar inte av kommunikation med andra säkerhetsreläer.
- CPU1 klarar av kommunikation med upp till fyra andra säkerhetsreläer via EFI gränssnitt.
- CPU2 klarar också av kommunikation via EFI gränssnitt, har en ACR-funktion (Automatic Configuration Recovery) som gör det enklare att t.ex. byta ut en modul eftersom konfigurationen inte måste göras på nytt.
- CPU3 är den bästa och dyraste av modellerna, har alla funktioner som de ovannämnda har men är den enda modulen som klarar av kommunikation över Flexi Line, samt har också en USB port för konfiguration och diagnostik.

Alla av de ovannämnda modellerna uppfyller de krav på säkerhetskategori som krävs för användning på LKI:s maskiner och liknande.

Ett inköpsförslag gjordes på några olika programmerbara säkerhetsreläer, några I/O-moduler, en gateway och lite olika komponenter för Flexi Loop funktionen, för att sedan påbörja bordstestning av modulerna.

4.2 I/O- moduler

Eftersom Sicks säkerhets-PLC:er inte har inbyggda in- och utgångar så måste separata I/O- moduler användas, de används för att få in signaler från givare och brytare till säkerhets-PLC: n, och för att styra kontaktorer och reläer med hjälp av utgångarna. Ingen tråddragning behövs mellan CPU:n och olika tilläggsmoduler utan de trycks fast i varandra med hjälp av en kontakt på sidan. De I/O- moduler som används i detta projekt är FX3-XTIO och FX3-XTDI, funktionerna för modulernas in- och utgångar bestäms genom programmering av säkerhets-PLC:n.

XTIO modulen består av 8 ingångar (I1-I8), 2 test signal utgångar (X1, X2) och 4 utgångar (Q1-Q4)

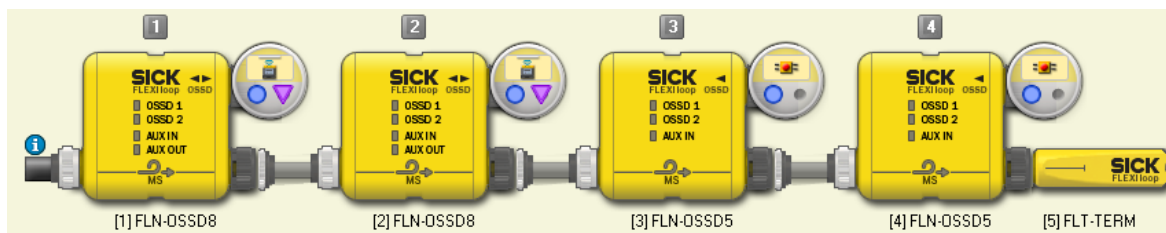
XTDI modulen är betydligt billigare än XTIO modulen och är därför ett lämpligare alternativ så länge som endast ingångar behövs. Den består av 8 ingångar (I1-I8) och 8 test signal utgångar (X1-X8). Båda modulerna är Flexi Loop kompatibla, som tas upp i nästa kapitel.

4.3 Flexi Loop

Med hjälp av Sick Flexi Loop är det möjligt att kaskadkoppla upp till 32 olika säkerhetsbrytare och säkerhets sensorer på en slinga. Slingans maxlängd är 960 m med 30 m mellan noder och max 10 m långa givarkablar. Sensorer får spänningsmatning direkt via Flexi Loop genom 5-poliga kablar med M12 standardkontakter. Med hjälp av Loop funktionen fås också diagnos över samtliga dörrkontakter, nödstoppsknappar och sensorer. Ett Flexi Soft säkerhetssystem kan hantera upp till åtta Flexi loopar, vilket möjliggör användning av totalt 256 olika säkerhets komponenter.

De största fördelarna med användningen av Flexi Loop är minskad kabeldragning, och installationstid, enkel övervakning och felsökning eftersom varje sensor och brytare kan övervakas individuellt.

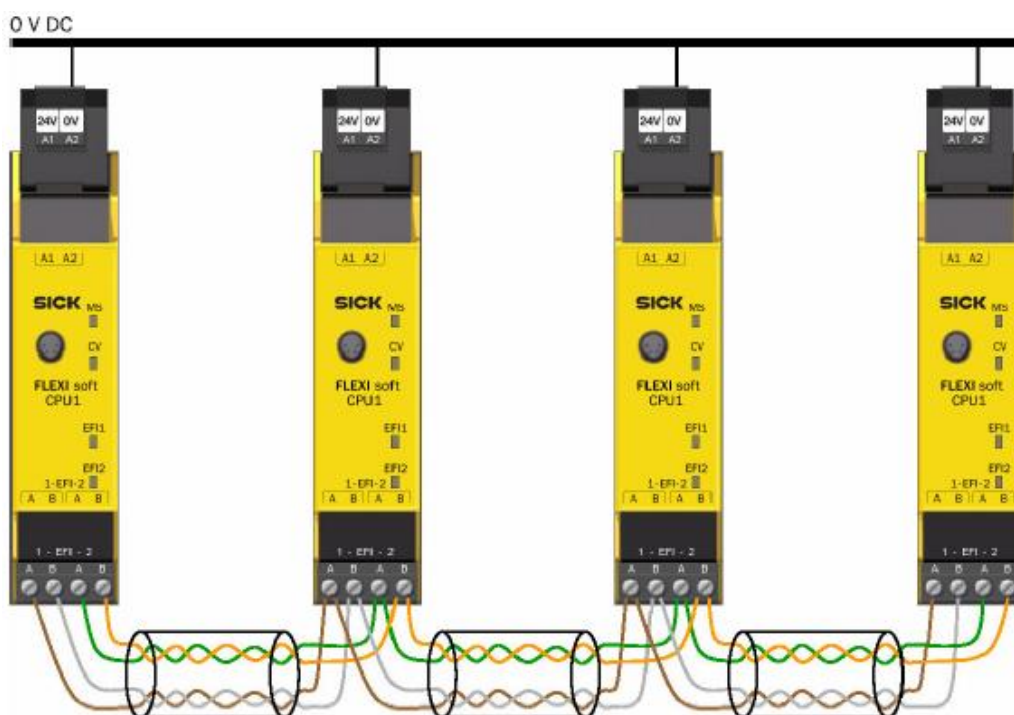
Nedan ses exempel på hur en liten Flexi Loop i programmeringsverktyget Flexi Soft Designer kan se ut, med fyra stycken OSSD noder, två stycken säkerhetsbrytare och två nödstoppsknappar. I ändan av slingan måste alltid kopplas ett FLT-TERM motstånd som också kan ses i figuren.



Figur 11. Exempel på Flexi Loop slinga med fyra noder.

4.4 Flexi Link/Line

Med hjälp av Flexi Link kan fyra skilda Flexi Soft stationer kommunicera säkert med varandra via EFI (Enhanced Function Interface). Kommunikation via EFI kan göras på två sätt, med EFI1 där endast två trådar behövs mellan stationerna men överföringen och mottagningen begränsas till 26 bit, eller med EFI1+2 där fyra trådar behövs mellan stationerna men dataöverföringen ökar till 52 bitar.



Figur 12. Förbindelse av Flexi Link stationer via EFI1+2.

Huvudmodulerna i Flexi Soft stationerna måste vara av modell FX3-CPU1, CPU2 eller CPU3. Processdata från varje station (ingångar, utgångar, diagnostik o.s.v.) kan göras tillgänglig för de andra stationerna via Flexi Link systemet. Flexi Link systemet kan användas i ett CSII lagersystem med upp till tre celler, i ett större lagersystem med behov av fler än fyra Flexi Soft stationer måste Flexi Line användas.

Med Flexi Line kan man ha ett nätverk med upp till 32 Flexi Soft stationer. Endast huvudmodulen FX3-CPU3 kan användas i samband med Line systemet. En enda processbild definieras för hela Flexi Line systemet. Varje byte i denna processbild är giltig antingen i hela systemet eller bara för en station och dess grann stationer. Varje Flexi Line station använder denna processbild för att kommunicera med dess grann station.

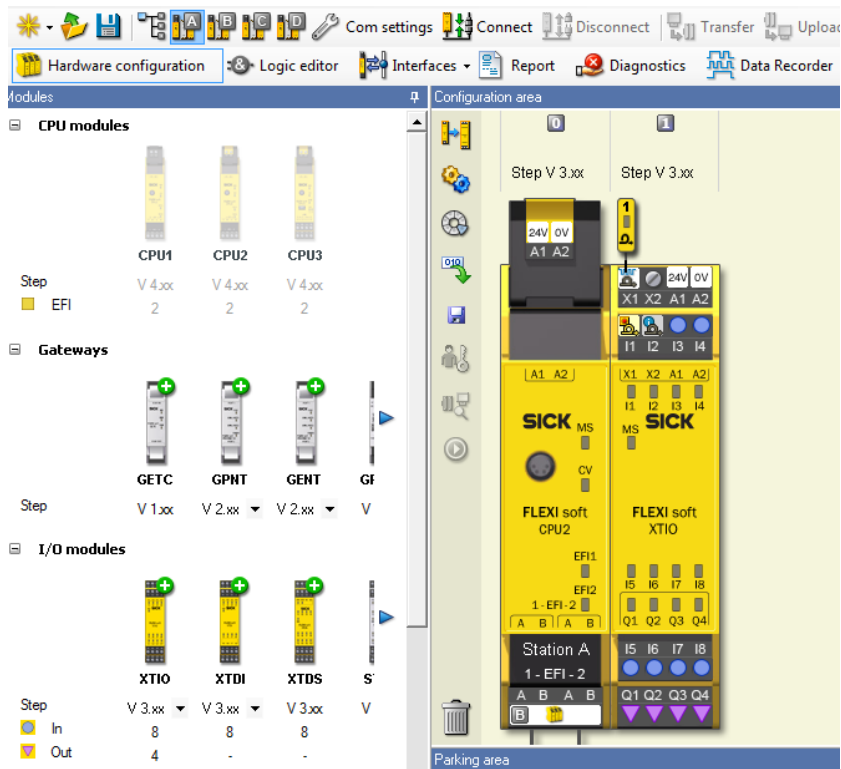
Tack vare den topologin krävs inte adresser för att kommunikationen skall ske. Max längden för kablar mellan stationer är 1000 m och det räcker väl till för LKI:s lagersystem. I Line systemet kan också EFI gränssnittet användas utan begränsningar. [15]



Figur 13. Exempel på förbindelse av ett Flexi Line system.

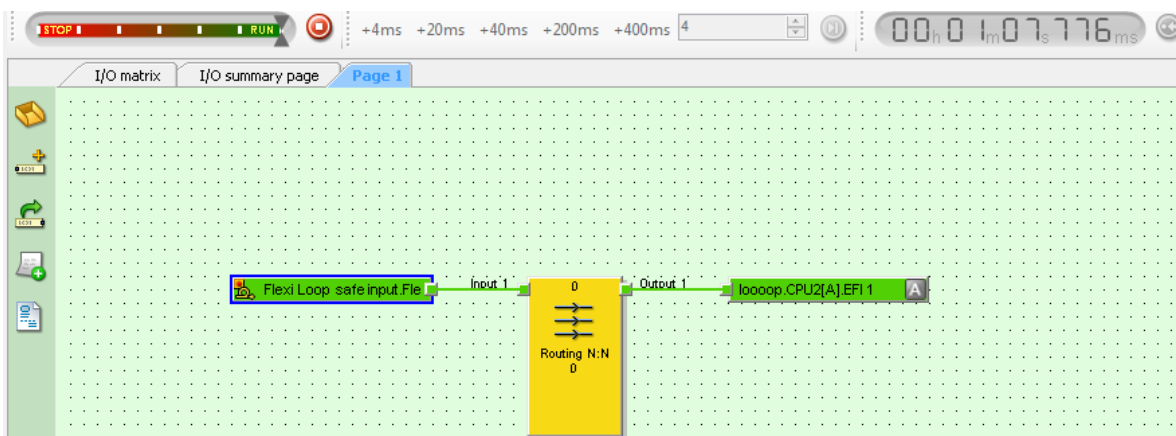
4.5 Flexi Soft Designer

Som programmeringsverktyg för Flexi Soft modulerna i detta projekt används Sick:s Flexi Soft Designer. Med hjälp av programmeringsverktyget är det möjligt att skapa enkla och okomplicerade konfigurationer för Flexi Soft modulerna. Endast tre steg behövs (hårdvarukonfiguration, skapande av program samt överföring, och verifiering) för att producera konfigurationen.



Figur 14. Hårdvarukonfiguration i Flexi Soft Designer.

Programmeringsverktyget ger information om modulerna, grafisk överblick för kopplingsscheman och en fullständig dokumentation. Funktionsblocksdiagram används för programmeringen och upp till 255 logikblock finns tillgängliga. Off-line projektsimulering är också möjligt som säkerställer att man har ett fungerande program före användning i praktiken. [12]



Figur 15. Off-line simulering i Flexi Soft Designer.

4.6 Bordstestning av olika funktioner

Eftersom ett CS-lagersystem består av ett antal olika säkerhets zoner så måste också säkerhetskretsarna delas upp. Varje zon behöver då en egen station bestående av en säkerhets-PLC och I/O- moduler. För att säkerhetskretsen skall fungera som en helhet måste dessa stationer kommunicera med varandra på något sätt. Fördelen med programmerbara säkerhetsreläer är i detta fall att det inte behövs en bunt med trådar som sköter en signal var, utan kommunikationen sköts med en två- eller fyrtrådsbuss. För att minska på kabeldragningen till brytare och givare kan Flexi Loop användas och behövde därför också testas.

4.6.1 Flexi Loop

Första skedet i bordstestningen var att koppla upp en fungerande Flexi Loop krets med lite olika komponenter. I programmeringsverktyget Flexi soft designer finns en loop funktion som tar upp en ingång, en utgång samt en test utgång. Därefter lägger man till hur många noder som används och vilka komponenter som kopplas till noderna. Detta gjordes enkelt med att en dörrbrytare och ett nödstopp på samma Flexi Loop slinga skulle aktivera en utgång.

I logikeditorn definieras sedan ett program hur kretsen skall fungera. I detta skede upptäcktes första bekymret, till en början trodde vi att varje nod i en slinga kunde styra varsin säkerhetsfunktion men så var inte fallet. Endast en stycken safety bit fås från varje slinga, det i sin tur betydde att även fast 32 olika brytare och givare kunde kopplas till en slinga så kan de endast styra en safety bit som får användas till säkerhetsfunktioner. Detta betydde att planerna med att koppla alla olika säkerhets zoners brytare och givare till en och samma slinga inte kunde förverkligas, varje skild säkerhetszon behöver en egen Flexi Loop slinga.



Figur 16. Exempel på dörrbrytare ansluten till en nod.

Diagnostik fås dock för varje skild nod som sedan kan överföras via en gateway för att enkelt kunna se vilken brytare eller givare som är aktiverad. Men diagnostikbitarna får inte användas för att styra säkerhetsfunktioner. Om användning av gateway inte är nödvändig finns även en komponent som kopplas till Flexi Loop slingan. Där kan också ses med hjälp av små LED- lampor vilken av de eventuella 32 noderna är aktiverad. Diagnostiken underlättar och sparar tid vid t.ex. felsökning av problem med givare, brytare eller annan utrustning som är kopplad till Loop slingan.



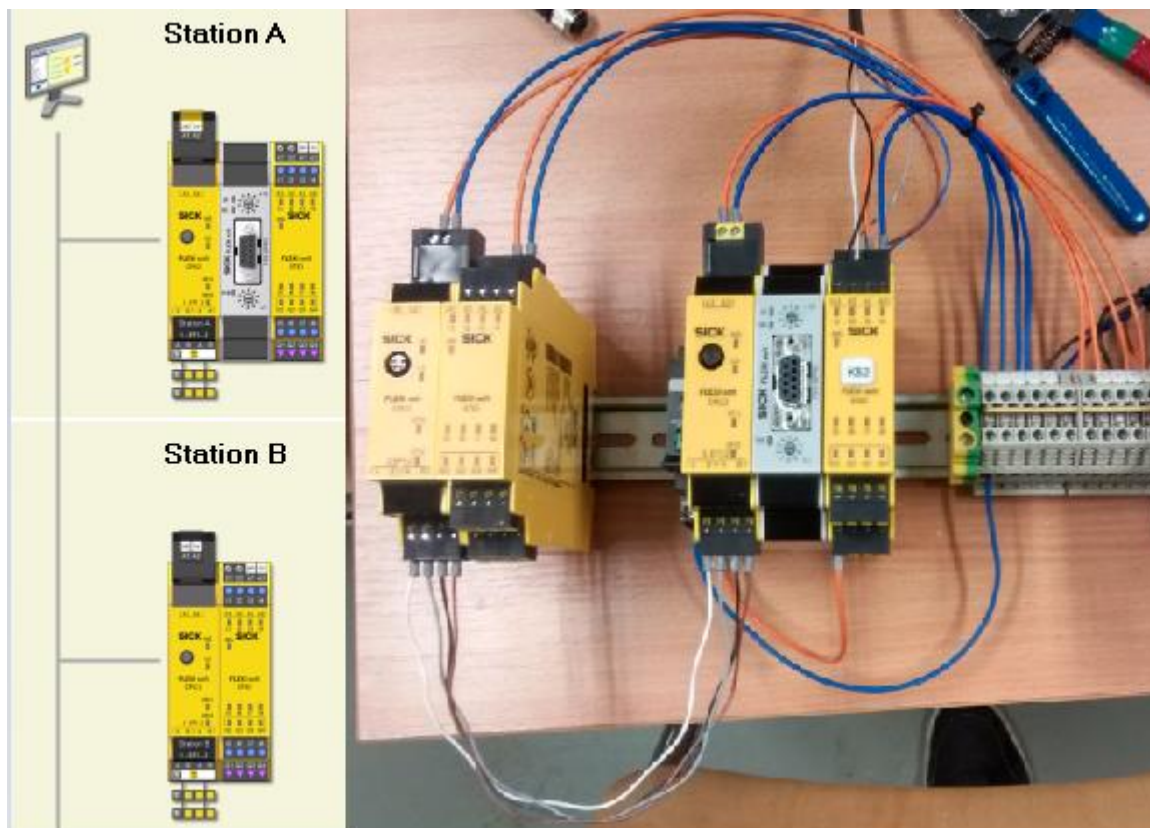
Figur 17. LED- lamporna visar vilken av noderna som är aktiverad

4.6.2 Flexi Link

När flera stationer skall kommunicera används Flexi Link eller Line. Till först testades Flexi Link med hjälp av två stycken säkerhets-PLC, en CPU1 och en CPU2 med I/O-moduler kopplade till båda två. Uppkopplingen var ganska liknande som med Flexi Loop men i detta fall skulle Loop slingan som var kopplad till CPU2:an, via Flexi Link styra en utgång på CPU1:an. Det som skiljer sig med användning av Flexi Link är att ett nytt Link projekt skall skapas i designer, och där väljs hur många stationer och vilka typer av PLC och moduler som används.

Ett problem som uppstod var att få stationerna att kommunicera med varandra. Eftersom det inte fanns någon vid LKI som visste något om detta var det bara att klura ut själv. Efter flera timmars studerande av manualer och programmeringsverktyget så löstes problemet, även om stationerna är ihopkopplade med Flexi Link så måste programmet laddas ner via en station skilt till alla stationer. Efter detta fungerade kretsen som den skulle och stationerna kommunicerade via Flexi Link.

I bilden nedan ses att stationerna kommunicerar med hjälp av fyra trådar då används s.k. EFI1+2. Som redan nämnts i teoridelen kan kommunikationen också ske med endast 2 trådar (EFI1), det enda som skiljer är att överföringen begränsas till 26 bit istället för 52.



Figur 18. Exempel på uppkoppling av två stationer via Flexi Link i Flexi soft designer, och vid bordstestning.

4.6.3 Flexi Line

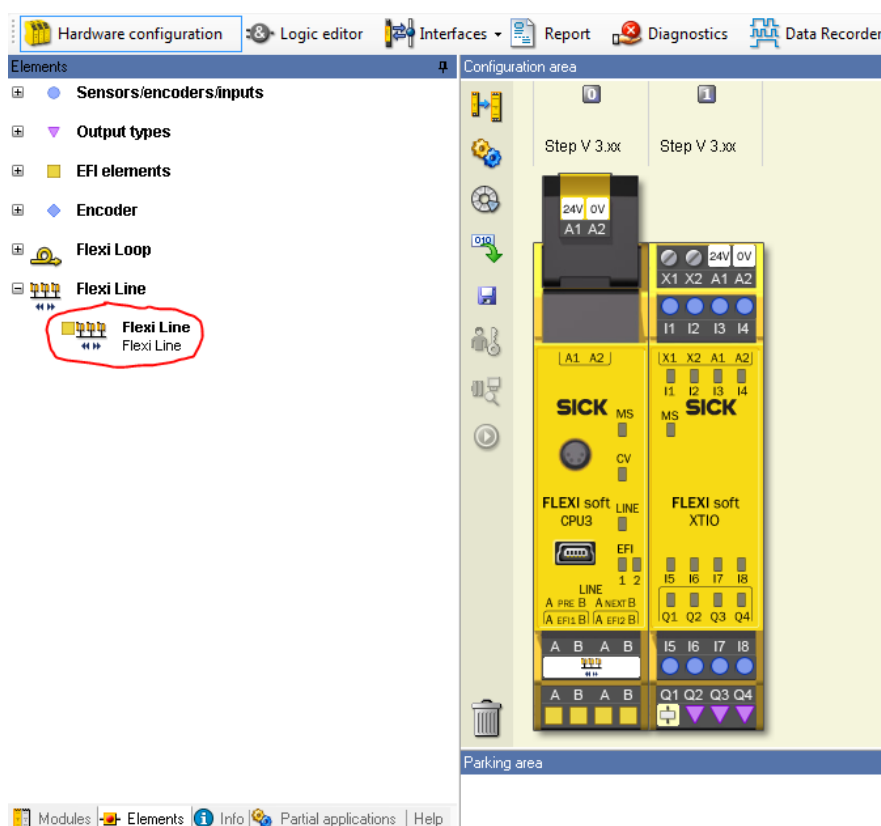
I ett mindre lagersystem med endast fyra olika säkerhetszoner kunde Flexi Link användas, men i ett större lagersystem med flera säkerhetszoner behövs Flexi Line.

Efter diskussioner med personal vid LKI kom vi fram till att det skulle vara enklast om endast en modell av säkerhets-PLC skulle användas, och den modellen skulle klara av alla funktioner. Därför beslöts det att även vid ett litet lagersystem används CPU3:an som alltså är den bästa modellen och den enda som klarar av kommunikation via Flexi Line.

Fördelarna med att endast använda en modell av CPU är att det minskar på eventuella problem vid utbyggnad av lagersystem, och endast en modelltyp behövs i lager. Programmeringen skiljer sig också en aning mellan användning av Flexi Link och Line.

Nästa steg var då att försöka få två stycken säkerhets-PLC av modell CPU3 att kommunicera med varandra via Flexi Line. Det som skiljer Line från Link i programmeringen är att man för varje skild CPU skapar ett helt eget program som vid programmering av vanliga PLC:n.

Det som behövs för att få säkerhets-PLC:n att förstå att den skall kommunicera via Flexi Line är att man i hårdvarukonfigurationen lägger till elementet Flexi Line.



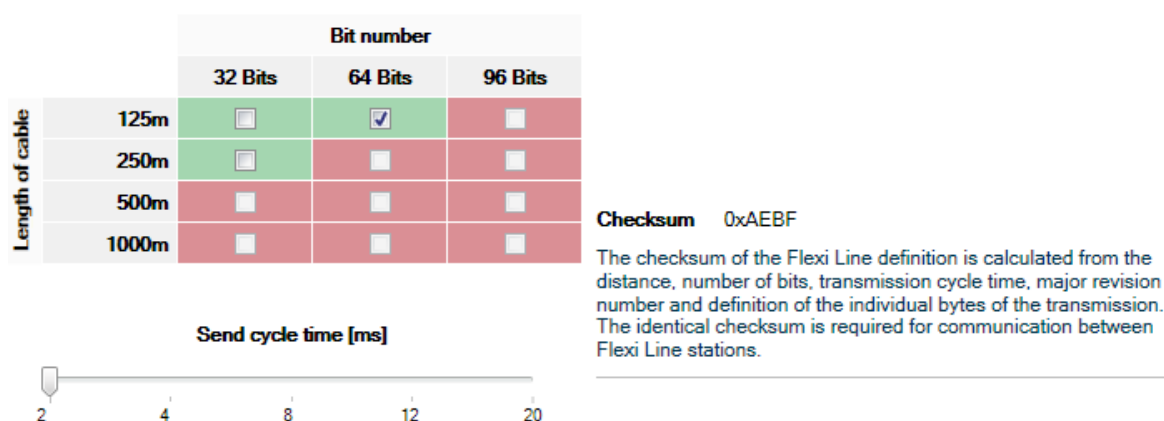
Figur 19. Elementet Flexi Line läggs till i konfigurationen.

Därefter görs ett program i logikeditorn med alla de funktioner som önskas för just denna station.

I ett system med flera olika stationer behövs vanligtvis nödstopp eller liknande som påverkar flera än en station. Därför måste man göra s.k. globala funktioner för de

element man vill att skall påverka andra stationer. Samma sak gäller om man via gateway vill få diagnostik från andra stationer så måste detta också delas globalt.

Till att börja med väljs hur många bitar som skall användas beroende på kabel längd och tiden hur ofta informationen skall delas (Send cycle time).



Figur 20. Här väljs hur många bitar som finns till förfogande, varje skild kombination inverkar på checksumman.

Varje olik kombination har skilda checksummor, för att olika stationer skall kunna kommunicera måste checksumman vara lika på alla stationer.

Efter detta så skall det definieras vad de olika bitarna skall innehålla och hur de skall delas (Routing direction). Det går att dela bitarna från en station till endera av grannstationerna, båda eller globalt i hela systemet. Man skall också välja om biten skall vara hög eller låg samt ge varje bit ett unikt namn som är lätt att förstå sedan när den skall användas i programmet.

The screenshot shows a configuration window divided into two main sections: 'Byte configuration' and 'Details and bit configuration'.

Byte configuration: A list of 8 bytes with their bit settings:

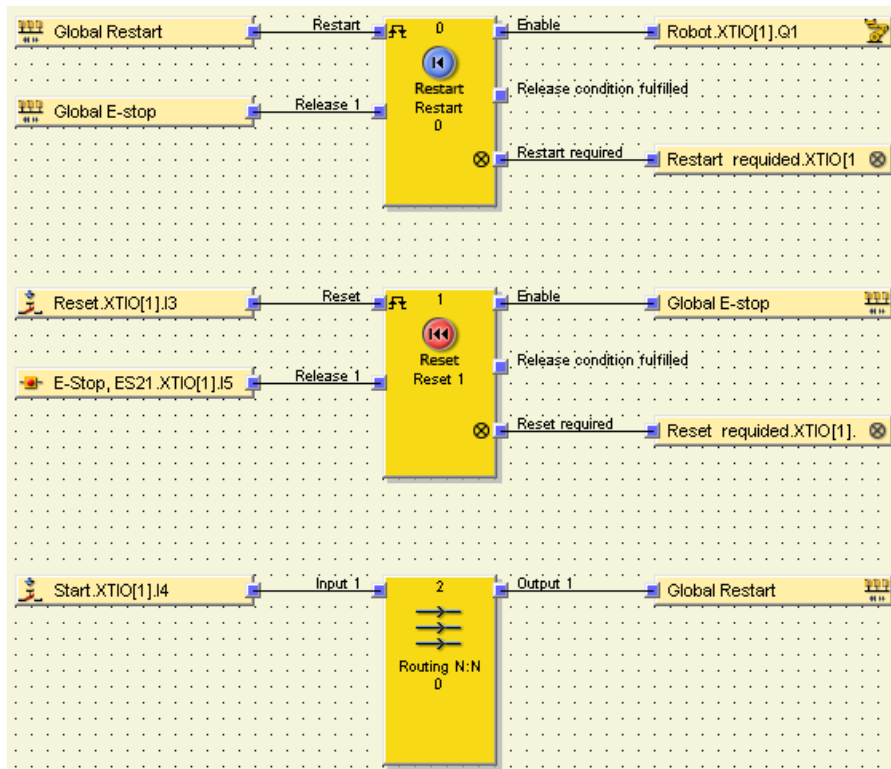
- 1: Global E-stop: High, Bit: 7 6 5 4 3 2 1 0
- 2: Global Restart: Low, Bit: 7 6 5 4 3 2 1 0
- 3: Byte 2: Low, Bit: 7 6 5 4 3 2 1 0
- 4: Byte 3: Low, Bit: 7 6 5 4 3 2 1 0
- 5: Byte 4: Low, Bit: 7 6 5 4 3 2 1 0
- 6: Byte 5: Low, Bit: 7 6 5 4 3 2 1 0
- 7: Byte 6: Low, Bit: 7 6 5 4 3 2 1 0
- 8: Byte 7: Low, Bit: 7 6 5 4 3 2 1 0

Details and bit configuration:

- Byte 0:** A text field for 'Global E-stop' and a 'Comment' field.
- Routing direction:** Radio buttons for 'Low' (selected) and 'High'.
- Diagram:** A schematic of a Flexi Line chain with stations P, C, N, N. A note explains that 'Global High' is used for emergency stop switches, requiring all stations to transmit a High value.
- Bit configuration:** A field for 'Global E-stop' with bit 0 selected.

Figur 21. Här definieras vilka och hur bitarna används.

När alla de funktioner som man vill dela med andra stationer är tillagda sparas definitionen på datorn, för att sedan enkelt kunna använda samma definition vid programmering av de andra stationerna. Alla stationer skall ha samma definition för att kunna förstå varandra och läsa av bitarna på samma sätt.



Figur 22. Exempel på program med global E-stop och omstart.

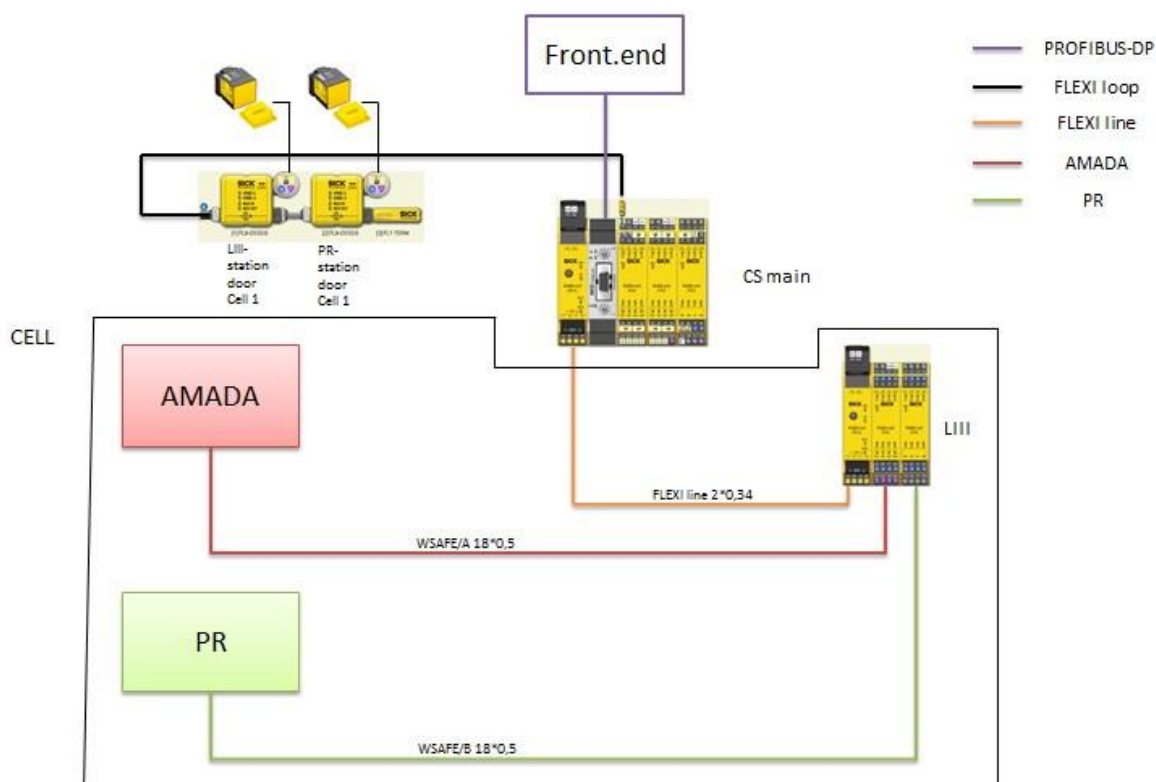
I programmet ovan används de bitar som vi tidigare definierat för att styra en utgång Q1. Alla stationer med samma program kan påverka utgången. Det betyder att vilken som helst nödstopp som trycks in runt maskinen gör att utgången blir låg och maskinen stannar, maskinen kan också startas om från andra stationer med hjälp av Global omstart.

5 Resultat

Resultatet av examensarbetet blev en nästan färdig planerad layout för hur och vilka programmerbara säkerhetsreläer och moduler som skulle användas i ett CSII-lagersystem. Projektet är långt ifrån färdigt och en hel del planering, programmering och val av utrustning krävs ännu, men det är en god start på ett ganska stort projekt.

Olika alternativ för programmerbara säkerhetsreläer utvärderades och Sicks produkter valdes som det lämpligaste alternativet för detta projekt. En ungefärlig prislista gjordes också över vad det gamla systemet kostade och vad det nya systemet ungefär skulle bli att kosta, men kvar är ännu en del planering och begäran av offerter från tillverkare för att få en mera exakt prislista.

Bordstestning på alla funktioner både på säkerhetsreläerna och annan utrustning som krävde testning blev också gjord.



Figur 23. Exempel på layout för ett CSII-lagersystem med en cell, för hur reläer och moduler kunde användas

6 Analys, diskussion och slutsatser

Nu när examensarbetet är färdigt kan jag konstatera att det har varit mycket lärorikt och jag har fått goda kunskaper inom området, som uppgiften innefattar. Jag har också fått en bra inblick i hur en ingenjör arbetar och den mängd arbete som faktiskt krävs för planering och utförande av liknande projekt.

Jag har till största delen arbetat självständigt och de problem som uppstått har till stor del lösts med att studera manualer och prova sig fram. Personalen vid LKI har svarat på en hel del frågor och har alltid hjälpt till när det behövts. Personalen vid Sick har också varit till stor hjälp och alltid svarat på frågor vid behov.

I samband med examensarbetet ordnades också en programmeringskurs vid LKI. Med en föreläsare från Sick gick vi igenom grunderna för programmeringsverktyget Flexi Soft Designer samt olika funktioner för olika moduler.

Examensarbetet gick enligt planerna och de målsättningar som fanns blev uppfyllda. En detaljerad projektplan för implementering ska göras under våren, och förhoppningsvis är Flexi Soft projektet en del i något av höstens kundprojekt.

Målet är att ha ett nytt och modernt system som sparar tid och pengar vid installationer och underlättar felsökning vid eventuella problem. Systemet skall också vara flexibelt för att möjliggöra användning på alla olika maskinkombinationer och storlekar av lagersystemet. Det skall också vara enkelt att modifiera säkerhetskretsarna vid t.ex. utbyggnad av lagersystem.

7 Källförteckning

- [1] D. Hebert, "www.controldesign.com," 2013. [Online]. Available: <http://www.controldesign.com/articles/2013/safety-relay-or-safety-rated-plc/>. [Använd 14 10 2017].
- [2] A. World, "www.automationworld.com," [Online]. Available: <http://www.automationworld.com>. [Använd 19 10 2017].
- [3] R. automation, "www.rtaautomation.com," [Online]. Available: <http://www.rtaautomation.com/technologies/profibus/>. [Använd 11 11 2017].
- [4] L. Källdman, "www.lki.net," [Online]. Available: http://www.lki.net/history_lki. [Använd 11 11 2017].
- [5] Amada, "www.amadasweden.se," [Online]. Available: <http://www.amadasweden.se/historia>. [Använd 11 11 2017].
- [6] E. e. portal, "www.electrical-engineering-portal.com," [Online]. Available: <http://electrical-engineering-portal.com>. [Använd 18 11 2017].
- [7] Pilz, "www.pilz.com," [Online]. Available: <https://www.pilz.com>. [Använd 9 12 2017].
- [8] R. automation, "www.rockwellautomation.com," [Online]. Available: http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/700-td556_-en-p.pdf. [Använd 10 1 2017].
- [9] ABB, "www.library.e.abb.com," [Online]. Available: https://library.e.abb.com/public/f282e8fb773fa733c1257996004307a6/EN_ISO_13849-1_2TLC172003B02002.pdf. [Använd 13 1 2017].
- [10] I. E. E. a. Automation, "www.iea.lth.se," [Online]. Available: <http://www.iea.lth.se/eief05/pdf/IEC61131-3.pdf>. [Använd 24 1 2017].
- [11] Sick, "www.sick.com," [Online]. Available: <https://www.sick.com/de/en/flexi-soft-designer-predecessor-type-1-3-0/p/p296349>. [Använd 24 1 2017].
- [12] P. N. e. PNO, "www.iea.lth.se," [Online]. Available: http://www.iea.lth.se/eief05/pdf/PB_SystemBesch_SE_1.0.pdf. [Använd 27 1 2017].
- [13] sis, "www.sis.se," [Online]. Available: <http://www.sis.se/maskins%C3%A4kerhet/lagerutrustning/ss-en-5282008>. [Använd 7 4 2017].
- [14] Sick, "www.sick.com," [Online]. Available: <https://www.sick.com/medias/Flexi-Soft-Operating-Instructions.pdf>. [Använd 10 3 2017].

- [15] SIS, "www.sis.se," [Online]. Available: (<http://www.sis.se/tema/maskinsakerhet/ABC-standarder/>). [Använd 7 4 2017].
- [16] Industri 4.0, "www.wikipedia.org," [Online]. Available: https://sv.wikipedia.org/wiki/Industri_4.0. [Använd 7 4 2017].
- [17] Partvinnad kabel, "www.wikipedia.org," [Online]. Available: https://sv.wikipedia.org/wiki/Partvinnad_kabel. [Använd 13 4 2017].
- [18] Automated storage system, "www.wikipedia.org," [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Automated_storage_and_retrieval_system. [Använd 20 1 2017].