

SZAKDOLGOZAT

Keresztes Tamás
Ipari Gépek Biztonsága szak

Gödöllő
2024

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Szent István Campus
Ipari Gépek Biztonsága Szak

Robotcella gépbiztonsági felülvizsgálata és átalakítása

Belső konzulens:	Mayerné Sárközi Eszter Egyetemi adjunktus
Külső konzulens:	Tálas Viktor gépészmérnök
Készítette:	Keresztes Tamás BQNDNO levelező tagozat
Intézet/Tanszék:	Műszaki Intézet Mechatronika Tanszék

Gödöllő
2024

MŰSZAKI INTÉZET

Ipari Gépek Biztonsága szakmérnök / szakember

SAKDOLOGOZAT

feladatlap

Keresztes Tamás (BQNDNO)

részére

A szakdolgozat címe:

Robotcella gépbiztonsági felülvizsgálata

Feladatkiírás:

Bevezetés, szakirodalom feldolgozása, probléma bemutatása, Robotcella gépbiztonsági felülvizsgálat, kiértékelés, javaslatok, gazdasági számítás, összefoglalás

Közreműködő tanszék: Mechatronika

Külső konzulens: Tóth Viktor, Medicontur

Belső konzulens: Mayerné Dr. Sárközi Eszter egyetemi adjunktus, MATE MI

Beadási határidő: 2024. november 5

Gödöllő, 2024. szeptember 9

Jóváhagyom



(tanszékvezető)



(szakfelelős)

Átvettem



(hallgató)

A dolgozat készítőjének külső konzulense nyilatkozom arról, hogy a hallgató az előre egyeztetett konzultációkon megjelent.

Gödöllő, 2024.



(külső konzulens)

Tartalom

Robotcella gépbiztonsági felülvizsgálata és átalakítása	2
1. Bevezetés	6
1.1 Téma jelentősége	6
1.2 Célkitűzés	6
2. Szakirodalom feldolgozása	7
2.1 A robotok története	7
2.2 Általános felépítésük	8
2.3. A robotcellákra vonatkozó biztonsági követelmények	10
2.4 Törvényi előírások	10
2.5 Szabványok	11
2.6 A Robotcellára vonatkozó szabványok [9]	12
2.7 Az MSZ EN ISO 13849-1 számú szabvány és teljesítményszint	17
2.8 Teljesítményszint meghatározása EN 62061 szerint	19
2.9 Biztonsági funkció tervezése [13]	20
3. Robotcella bemutatása	26
3.1 Üzem módok	28
3.1.1 Kézi üzem mód	28
3.1.2 Automata üzem	29
3.2 Kezelőfelületek	29
3.3 Kijelző (Human-Machine Interface-HMI)	31
3.4 Gép vezérlése	33
3.5 Robotcella bemutató programok	33
3.6 Vezérlés elemei	34
3.7 Cella további vezérlő elemei	35
4. Kockázatértékelés	38
4.1 A gép határainak rögzítése:	38
4.2 Veszélyek azonosítása	38
4.3 Kockázat felmérés	39
5- Gépvizsgálat [10]	39
5.1 Vizsgálat kiértékelése	48
6. Védőintézkedések	50
6.1 Az AOPD kiválasztása:	51

6.2 Minimális biztonsági távolság meghatározása	51
6.2.1 A leállási idő meghatározása	53
6.2.2 Minimális távolság számítása:	55
6.3 Fényfüggöny elhelyezése és PLC bővítése	55
6.4 PLC program módosítása	59
7. Gazdasági számítás	66
8. Összefoglaló	67
9. Summary	68
10. Nyilatkozat	69
11. Irodalomjegyzék	71
12. Mellékletek	74

1. Bevezetés

Ma már az iparban a lehetőség szerint a legtöbb munkafolyamatot automatizálták. Szinte elképzelhetetlenek a modern gyártási folyamatok robotok nélkül, melyek legfőbb előnyei a hatékonyság, pontosság. Segítségükkel nem csak a termelékenység növelhető, de gyakran monoton vagy emberi egészségre ártalmas munkafolyamatok válthatóak ki segítségükkel.

1.1 Téma jelentősége

Az iparban a robotok száma évről-évre nő. A megnövekedett igények mellett nagyon fontos az, hogy biztonságosan üzemeljenek. Dolgozatom témája egy meglévő robotalkalmazás, egy kész robotcella gépbiztonsági felülvizsgálata, jogszabályi feltételek alapján. A cella biztonságos használata különösen fontos, mivel oktatási és elgondolási tesztek végrehajtására tervezték, így megvizsgálható, hogy a feladat megoldható-e és a kiválasztott robot megfelelő. A beépítésre került biztonsági PLC-nek köszönhetően a biztonsági rendszer könnyen módosítható. Fejlesztőkörnyezetében logikai kapcsolatok módosítása vagy hardverelem beépítése oldható meg. A robotcellák automatizálása komplex feladat, ami megköveteli az irányító rendszer, érzékelők és robot közötti tökéletes kommunikációt.

1.2 Célkitűzés

Dolgozatom során a meglévő robotcella szabvány szerinti megfelelőségét fogom ellenőrizni gépbiztonsági szempontból. Ennek során elkészítem a vizsgálati jegyzőkönyvét, illetve az eredménye alapján módosítom a gépbiztonsági áramkörét, valamint elkészítem a biztonsági PLC program kiegészítését.

2. Szakirodalom feldolgozása

Dolgozatom tárgya egy modern robotcella gépbiztonsági vizsgálata és eredményének alapján átalakítása. Ebben a fejezetben bemutatom a robotok rövid történetét, általános felépítésüket és a vonatkozó szabványokat.

2.1 A robotok története

A robotok története rendkívül izgalmas és hosszú folyamat.

Gyökerei egészen az ókorig nyúlnak vissza. Arkhimédész ókori görög filozófus egyszerű mechanikai eszközei a mai robotok elődjének tekinthetők. Az alexandrai Héron automata szerkezetei is híresek voltak, mint például a "Héron szökőkútja".

A középkorban Európában és Ázsiában a mechanikus automaták terjedtek el. A leghíresebb valószínűleg ezek közül Leonardo Da Vinci mechanikus lovagja volt, amely életnagyságú humanoid robot volt.

A 18. és 19. században az ipari forradalom utat nyitott a gépesítés és robotika fejlődésének.

A francia feltaláló Jacques de Vaucanson mechanikus figurákat épített, amelyek tudtak zenélni és egyszerű mozdulatokat elvégezni.

A modern robotika az 1920-as években kezdődött. A „robot” kifejezést Karel Čapek cseh író használta először R.U.R című sci-fi drámájában, melyben a „robot” mesterséges, humanoid gépet jelentett.

Az 1940-es években az amerikai mérnök és feltaláló, George Devol fektette le a modern robotika alapjait, ő volt az első, aki újra programozható robotot tervezett. Devol és Joseph Engelbergerrel megalapította az Unimation vállalatot, és 1961-ben elkészítették az első ipari robotot, az Unimate-et, amelyet a General Motors autógyártó üzemében használtak.

Az 1950-es években: Isaac Asimov sci-fi író megalkotta a robotika három törvényét:

1. A robotnak nem szabad kárt okoznia emberben, nem engedheti, hogy az ember bármilyen kárt szenvedjen.
2. A robotnak engedelmeskedni kell az embernek, kivéve, ha ezek az első törvénybe ütköznének.

3. A robotnak gondoskodnia kell saját védelméről kivéve, ha ez ütközik az első vagy második törvénnyel.

Az ipari robotok elterjedése az autógyártásban az 1960-as évektől kezdődött. Az Unimate az első sikeres ipari robottal forradalmasította a gyártási folyamatokat. Szintén ebben az időszakban a japán FANUC és Kawasaki elkezdtek fejleszteni saját robotjaikat, megalapozva ezzel a későbbi japán robotika fontosságát.

Az 1980-as években új területeket hódított meg a robotika, például elterjedtek az elektronika iparban, gyógyszer és élelmiszeriparban is. Megjelentek az első intelligenciával ellátott robotok, melyek mikroprocesszort, kamerákat és érzékelőket is használtak az összetett feladatok ellátására.

A 21. században a robotok az élet minden területén megtalálhatóak. Nemcsak ipari célokra használhatók, orvosi robotok is megjelentek. A robotok továbbra is kulcsszerepet játszanak a technológia fejlődésében.

2.2 Általános felépítésük

A robotok olyan főbb alkatrészekből állnak, amelyek lehetővé teszik számára a mozgást, érzékelést és interakciót, valamint a döntéshozatalt is.

Mechanikai szerkezetük:

1. Vázszerkezet, amely az egész szerkezet stabilitását szolgálja
2. Csuklók és aktuátorok a robot mozgását teszik lehetővé, ezek forgó vagy lineáris mozgást tesznek lehetővé.
3. Szerszámok és megfogók, amik a konkrét feladatnak megfelelőek, például hegesztőfej, csipesz, csavarozó vagy egyéb speciális eszköz.

Érzékelők:

1. Pozíció és szögérzékelők segítségével tudja, hogy a csuklók vagy karok milyen helyzetben vannak.
2. Látórendszerek segítségével képes objektumok felismerésére, valamint helyzetek elemzésére.

3. Érintésérzékelők a külső hatások érzékelésére, különösen fontos a kollaboratív robotok számára.
4. Távolságerzékelők az akadályok kikerülésére.

Vezérlőrendszer

1. Központi vezérlőegység, (CPU) az érzékelőkből kapott adatok elemzése, mozgásának irányítása a programnak megfelelően.
2. Szoftver, működési algoritmus, navigáció, döntéshozatal, mesterséges intelligencia.
3. Kommunikációs modul, más gépekkel való hálózati adatcseréhez, vezeték nélküli hálózaton is.



1. ábra OMRON i4H Scara robot Forrás: [1]

2.3. A robotcellákra vonatkozó biztonsági követelmények

A géptervezőknek a robotrendszerek tervezésénél vagy átalakítása során az előírások figyelembevételével kell megtervezni a berendezést. Ezek közül vannak ajánlottak, de kötelező érvényűek is.

2.4 Törvényi előírások

A törvények betartása kötelező, megszegése felelősségre vonással jár, ismeretének hiánya nem mentesít ez alól.

Az 1993. évi XCIII. törvény a munkavédelemről szól, és a munkavédelem alapvető jogi kereteit fekteti le Magyarországon. A törvény a munkavállalók számára biztonságos és egészséges munkakörnyezet biztosítását írja elő, valamint a munkáltatók számára előírja kötelezettségeiket a munkahelyi biztonságra vonatkozóan.[2]

Nemcsak a magyar törvények, hanem az Európai Unió is foglalkozik a gépbiztonsággal és munkavállalói biztonsággal. [3]

Az Európai Unió gépbiztonsági szabályai szigorú előírásokat tartalmaznak a gépek tervezésére, gyártására és forgalmazására, hogy így biztosítsa a munkavállalók és a felhasználók biztonságát. A gépek megfelelőségét a 2006/42/EK irányelv és a kiegészítő szabványok, valamint a piaci felügyelet biztosítja. Az EU célja, hogy az ipari gépek és egyéb berendezések biztonságos működését és használatát garantálja az egész unió területén. [4]

Rendelkezéseinek főbb pontjai [4]

1. Biztonsági és egészségvédelmi követelmények: Az irányelv részletes biztonsági előírásokat tartalmaz a gépek tervezésére, gyártására, és a forgalmazásukra. Ezek között szerepelnek a gépek mechanikai, elektromos és ergonómiai biztonságát érintő szabályok.
2. CE jelölés: A gépeken el kell helyezni a CE-jelölést, amely jelzi, hogy a gép megfelel az európai biztonsági szabványainak és előírásoknak, különösen az egészségre és biztonságra vonatkozó követelményeknek.

3. Kockázatértékelés és megelőzés: A gép tervezése és gyártása során kötelező a kockázatok értékelése és azok megelőzése. Az irányelv előírja, hogy a gép ne veszélyeztesse a felhasználót, és hogy a lehetséges veszélyeket a tervezési fázisban azonosítsák és meghozzák a megfelelő intézkedéseket.
4. Újrahasználhatóság és javíthatóság: A gépek tervezésénél figyelembe kell venni azok hosszú távú működtethetőségét, karbantartását és javíthatóságát is, hogy a munkavállalók és üzemeltetők számára biztonságos és gazdaságos módon lehessen őket használni.

„Az olyan gépről, amelyet az Európai Unió Hivatalos Lapjában közzétett hivatkozással rendelkező harmonizált szabványoknak megfelelően gyártottak, vélelmezni kell, hogy az ilyen harmonizált szabvány által előírt alapvető egészségvédelmi és biztonsági követelményeknek megfelel.”. [5]

2.5 Szabványok

A szabványok használata önkéntes, betartásuk a legrövidebb út a jogszabályi megfelelésnek.

„A szabványa elismert szervezet által alkotott vagy jóváhagyott, közmegegyezéssel elfogadott olyan műszaki (technikai) dokumentum, amely tevékenységre vagy azok eredményére vonatkozik, és olyan általános és ismételten alkalmazható szabályokat, útmutatókat vagy jellemzőket tartalmaz, amelyek alkalmazásával a rendező hatás az adott feltételek között a legkedvezőbb.” [6]

„Harmonizált szabvány: egy szabványügyi testület nevezetesen az Európai Szabványügyi Bizottság (CEN), az Európai Elektrotechnikai Szabványügyi Bizottság (CENELEC) vagy az Európai Távközlési Szabványügyi Intézet (ETSI) – Által elfogadott, nem kötelező erejű műszaki előírás, amelyet a Bizottság a műszaki szabványok és szabályok terén történő információszolgáltatási eljárás megállapításáról szóló, 1998. június 22-i 98/34/EK európai parlamenti és tanácsi irányelvnek (1) megfelelően kiadott megbízás alapján fogadott el.” [7]

Több csoportba sorolhatóak a biztonsági szabványok, ezek a következők: A, B1, B2 és C típus.

A típus: Alapvető biztonsági szabványok vagy biztonsági alapszabványok. Azokat az irányelveket, alapfogalmakat és általános szempontokat rögzítik, amelyek minden gépre alkalmazandók.

A típusú szabványok alapvető célja, hogy általános fogalmakkal lássák el a tervezőket, a döntésekre vonatkozó útmutatásokkal, amelyek birtokában lehetővé válik a biztonságos gép gyártása. További cél, hogy stratégiát biztosítson a B és C típusú szabványok készítői részére, valamint segítséget, iránymutatást adjon e szabványok ellentmondásmentes kidolgozásához

B típus: Az általános biztonsági szabványok vagy biztonsági csoport szabványok, amelyek egy biztonsági szempontot rögzítenek vagy egy olyan típusú biztonsági berendezést, és azokat a tervezési megfontolásokat tárgyalják, amelyek a gépek egy nagyobb csoportjára vonatkoznak.

A B1 típusú szabványok meghatározott biztonsági szempontokra (pl. biztonsági távolságok, felületi hőmérséklet, zaj) vonatkoznak. Többféle gépre vonatkozó, azonos szempontokat rögzítő szabványcsoport.

A B2 típusú szabványok a biztonsági berendezésekre (pl. kétkezes kapcsolásra, a reteszelő-berendezésekre, a nyomásra érzékeny berendezésekre, a védőburkolatokra) vonatkoznak.

C típusú szabványok (a gépek biztonsági szabványai) az egyes gépek, gépcsoportok szabványai, amelyek részletes biztonsági követelményeket tartalmaznak a meghatározott gépre, gépcsoportra. Megadják azokat a biztonsági intézkedéseket is az összes jelentős veszélyre vonatkozóan, amely egy-egy gépen vagy gép csoporton előfordulhat. [8]

2.6 A Robotcellára vonatkozó szabványok [9]

Az ipari robotrendszerekre C típusú szabvány a követelmény, ami a MSZ EN ISO 10218 számú szabvány:

Az ISO 10218 szabványt az ipari robotok és ipari robotrendszerek által jelentett sajátos veszélyek felismerésére hozták létre. [9]

Ha egy C típusú szabvány előírásai eltérnek az A vagy B típusú szabványokban foglaltaktól, a C típusú szabvány rendelkezései elsőbbséget élveznek a tervezett és gyártott gépekre vonatkozó egyéb szabványok rendelkezéseivel szemben. a C típusú szabvány előírásainak megfelelően.

Az érintett gépeket és a veszélyek, veszélyes helyzetek és események terjedelmét az ISO 10218 szabvány ezen részének hatálya tartalmazza.

A robotokkal kapcsolatos veszélyek jól felismerhetők, de a veszélyforrások gyakran egyediek egy adott robotrendszerre. A veszélyek száma és típusa közvetlenül összefügg az automatizálási folyamat természetével és a telepítés összetettségével. Az ezekkel a veszélyekkel kapcsolatos kockázatok a használt robot típusától és céljától, valamint a telepítési, programozási, üzemeltetési és karbantartási módtól függően változnak.

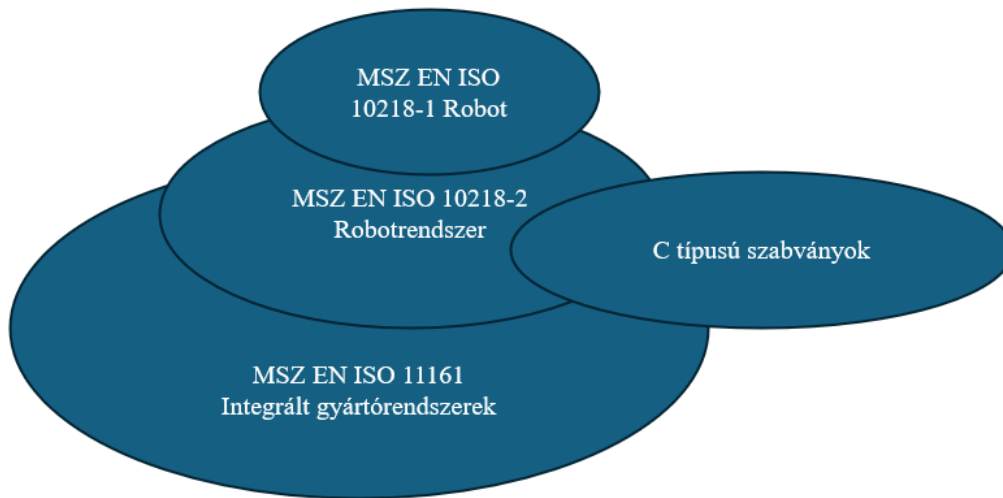
MEGJEGYZÉS Az EN ISO 10218 által azonosított veszélyek mindegyike nem vonatkozik minden robotra, és az adott veszélyes helyzethez kapcsolódó kockázati szint sem lesz azonos robotonként. Következésképpen a biztonsági követelmények, a védőintézkedések vagy mindkettő eltérhet az ISO 10218 szabványban meghatározottaktól. Kockázatértékelés végezhető annak meghatározására, hogy milyen védőintézkedéseket kell alkalmazni.

Az ipari robotok különböző felhasználási területeiből adódó veszélyek változó természetének elismeréseként az ISO 10218 szabvány két részre oszlik. Az ISO 10218 szabvány ezen része útmutatást ad a robot tervezésének és felépítésének biztonságának garantálásához. Mivel az

ipari robotok alkalmazásának biztonságát az adott robotrendszer-integráció tervezése és alkalmazása befolyásolja, az ISO 10218-2 iránymutatást ad a személyzet védelmére a robotintegráció, telepítés, funkcionális tesztelés, programozás, üzemeltetés, karbantartás és javítás során.

Az ISO 10218 ezen részét az ISO 10218-2 rendszer- és integrációs követelményekre vonatkozó útmutató kidolgozása során szerzett tapasztalatok alapján frissítettük annak biztosítása érdekében, hogy az megfelelően az ipari robotokra vonatkozó harmonizált C típusú szabvány

minimumkövetelményeinek. A felülvizsgált műszaki követelmények magukban foglalják többek között a szingularitás meghatározását és követelményeit, az átviteli veszélyek védelmét, a teljesítményveszteség követelményeit, a biztonsággal kapcsolatos vezérlőáramkör teljesítményét, a 2. kategóriájú leállítási funkció hozzáadását, az üzemmódváltást, a teljesítmény- és erőkorlátozási követelményeket, jelölés, frissített megállási idő és távolság mérőszám és jellemzők.[9]



2. ábra A robotrendszer szabványának kapcsolata más szabványokkal (saját kép)

A MSZ EN ISO 10218-1 szabvány által előírt követelményeket teljesíteni kell az MSZ EN ISO 10218-2 szabványnak is. Amely előírja a robotokra vonatkozó teljesítménykövetelményt.

Teljesítménykövetelmény [9]

A vezérlőrendszerek biztonsággal összefüggő részeit úgy kell megtervezni, hogy megfeleljenek a PL=d teljesítményszintnek, a 3. kategóriájú szerkezeti felépítésnek az ISO 13849-1:2006 szabványnak megfelelően, vagy úgy, hogy megfeleljenek a SIL 2 biztonsági integritási szintnek 1 hardverhiba-tűréssel, és legalább 20 éves igazoló teszt intervallummal, az IEC 62061:2005 szabvány szerint.

Ez különösen a következőket jelenti: a) az ezen részek bármelyikében fellépő egyszeri hiba nem vezethet a biztonsági funkció elvesztéséhez; b) amikor ésszerűen megvalósítható, az egyszeri hibát a biztonsági funkció következő igénybevételekor vagy azelőtt fel kell ismerni; c) az egyszeri hiba bekövetkezésekor a biztonsági funkció mindig teljesül, és biztonságos állapotot kell fenntartani a hiba kijavításáig; és d) minden ésszerűen előre látható hibát fel kell ismerni.

Az a)–d) pont követelményei egyenértékűek az ISO 13849-1:2006 szabvány szerinti 3. kategóriájú szerkezettel

EN ISO 10218-2 Hatálya [10]

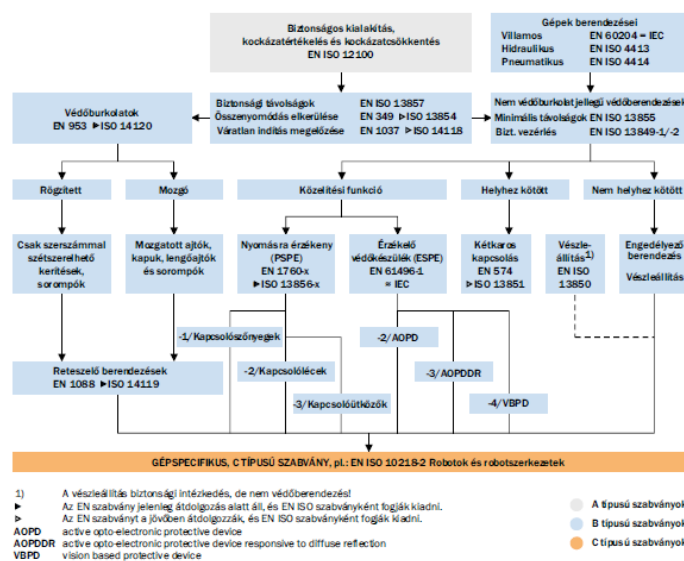
Az EN ISO 10218 szabvány ezen része biztonsági követelményeket határoz meg az EN ISO 10218-1 szabványban meghatározott ipari robotok és ipari robotrendszerek, valamint az ipari robotcellák integrációjára vonatkozóan. Az integráció a következőket tartalmazza:

- az ipari létesítmény tervezése, gyártása, telepítése, üzemeltetése, karbantartása és leszerelése robotrendszer vagy cella esetén
- a tervezéshez, gyártáshoz, telepítéshez, üzemeltetéshez, karbantartáshoz és karbantartáshoz szükséges információkat az ipari robotrendszer vagy cella esetén
- az ipari robotrendszer vagy cella alkatrészei.

Az EN ISO 10218 ezen része leírja az ezekkel a rendszerekkel azonosított alapvető veszélyeket és veszélyes helyzeteket, és követelményeket ír elő az ezekkel a veszélyekkel kapcsolatos kockázatok kiküszöbölésére vagy megfelelő csökkentésére.

Noha a zaj jelentős veszélyt jelent az ipari robotrendszereknél, az EN ISO 10218 szabvány ezen része nem veszi figyelembe. Az EN ISO 10218 ezen része az ipari robotrendszerrel szembeni követelményeket is meghatározza az integrált gyártási rendszer részeként. Az EN ISO 10218 szabvány ezen része nem foglalkozik kifejezetten a folyamatokhoz kapcsolódó veszélyekkel (pl. lézersugárzás, kilökődő forgácsok, hegesztési füst). Más szabványok is alkalmazhatók ezekre a folyamatveszélyekre.[10]

Kapcsolata más szabványokkal:



3 A EN ISO 10218-2 szabvány kapcsolata más szabványokkal [11]

Az MSZ EN ISO 10218-2 szabvány normatív hivatkozásai [12]

EN ISO 4413, Hidraulikafolyadék teljesítmény – A rendszerekre és alkatrészeikre vonatkozó általános szabályok és biztonsági követelmények

A hidraulikus teljesítményátvitel. A rendszerek és szerkezeti elemeik általános szabályai és biztonsági követelményei (ISO 4413:2010)

EN ISO 4414, Pneumatikus folyadék teljesítmény – Általános szabályok és biztonsági követelmények a rendszerekre és alkatrészeikre

Pneumatikus teljesítményátvitel. A rendszerek és szerkezeti elemeik általános szabályai és biztonsági követelményei (ISO4414:2010)

EN ISO 8995-1, Munkahelyek világítása – 1. rész: Beltéri

EN ISO 9946, Ipari robotok manipulálása – Jellemzők bemutatása

EN ISO 10218-1, Robotok és roboteszközök. Ipari robotok biztonsági követelményei. 1. rész: Ipari robotok

EN ISO 11161, Gépek biztonsága – Integrált gyártási rendszerek – Alapkövetelmények

EN ISO 12100, Gépek biztonsága – Általános tervezési alapelvek – Kockázatértékelés és kockázatcsökkentés

EN ISO 13849-1:2006, Gépek biztonsága. Vezérlőrendszerek biztonsággal kapcsolatos részei. 1. rész: Általános tervezési alapelvek

EN ISO 13850, Gépek biztonsága – Vészleállítás – Tervezési alapelvek

EN ISO 13854, Gépek biztonsága – Minimális hézagok az emberi testrészek összezúzásának elkerülésére

EN ISO 13855, Gépek biztonsága – Biztonsági intézkedések elhelyezése az emberi testrészek megközelítési sebessége tekintetében

EN ISO 13856 (minden alkatrész), Gépek biztonsága – Nyomásérzékeny védőeszközök

EN ISO 13857, Gépek biztonsága – Biztonsági távolságok a veszélyes zónák felső és alsó végtagjai általi elérésének megakadályozására

EN ISO 14118, Gépek biztonsága – Váratlan indítás megelőzése

EN ISO 14119, Gépek biztonsága – Védőelemekhez kapcsolódó reteszelőberendezések – Tervezési és kiválasztási alapelvek

EN ISO 14120, Gépek biztonsága – Védőburkolatok – A rögzített és mozgatható védőburkolatok tervezésére és felépítésére vonatkozó általános követelmények

EN ISO 14122 (minden alkatrész), Gépek biztonsága – A gépekhez való állandó hozzáférés

IEC 60204-1, Gépek biztonsága. Gépek elektromos berendezései. 1. rész: Általános követelmények

IEC 61496-1, Gépek biztonsága. Elektromos érzékeny védőberendezések. 1. rész: Általános követelmények és vizsgálatok

IEC 61800-5-2, Állítható fordulatszámú elektromos hajtásrendszerek. 5-2. rész: Biztonsági követelmények

IEC/TS 62046, Gépek biztonsága – Védőfelszerelés alkalmazása személyek jelenlétének kimutatására

IEC 62061:2005, Gépek biztonsága – A biztonsággal kapcsolatos elektromos, elektronikus és programozható elektronikus vezérlőrendszerek funkcionális biztonsága

2.7 Az MSZ EN ISO 13849-1 számú szabvány és teljesítményszint

Az MSZ EN ISO 13849-1:[13]

Vezérlőrendszerek biztonsági alkatrészei, 1. rész: Általános tervezési alapelvek.

Ez a szabvány a vezérlőrendszerek biztonsági alkatrészeire (SRP/CS) és minden géptípusra alkalmazható, tekintet nélkül a felhasznált technológia és energia típusára (elektromos, hidraulikus, pneumatikus, mechanikus stb.). SRP/CS= safety-related part of a control system = vezérlőrendszer biztonsággal összefüggő része Az EN ISO 13849-1 a programozható elektronikai rendszereket tartalmazó SRP/CS-ekre vonatkozó speciális követelményeket is felsorolja.

Rövid áttekintés:

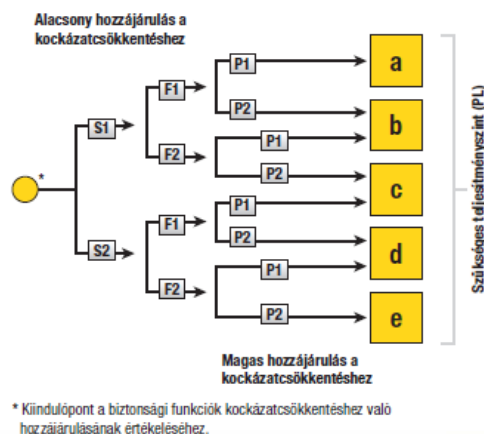
Az EN ISO 13849-1 az EN 954-1:1996 hasonló kategóriáin alapszik. Teljes körű biztonsági funkciókat vizsgál, beleértve a tervezésben szereplő összes alkatreszt.

Az EN ISO 13849-1 túl mutat az EN 954-1 kvalitatív megközelítésen, és a biztonsági funkciók kvantitatív értékelésének módját is magában foglalja. Ehhez a teljesítményszint (PL) nevű mennyiséget használja, mely a kategóriákra épül. Az alkatrészekhez/eszközökhöz a következő biztonsági paraméterek szükségesek:

- Kategória (szerkezeti követelmény)
- PL: Teljesítményszint
- MTTFd: A veszélyes meghibásodásig eltelt átlagos időtartam
- B10d: Azon ciklusszám, amely után a kopó alkatrészek 10%-a veszélyes módon meghibásodott
- DC: A diagnosztika terjedelme
- CCF: Általános okú hibák
- TM: Tervezett működési idő

A szabvány leírja, hogyan kell kiszámítani a vezérlő rendszerek biztonsági alkatrészeinek teljesítmény szintjét (PL) az adott architektúrák alapján, a tervezett működési időre (TM) vonatkozóan.[13]

Meghatározása a következő pontok szerint történik.



4 PL szint meghatározása [13]

- S - Sérülés súlyossága
- S1 - Enyhe (általában nem maradandó sérülés)
- S2 - Súlyos (általában maradandó sérülés vagy halál)
- F - A veszély gyakorisága és a kitettség mértéke
- F1 - Nem gyakori vagy ritka és/vagy a kitettség ideje rövid
- F2 - Gyakori vagy folyamatos és/vagy a kitettség ideje hosszú
- P - A veszély elkerülésének vagy a sérülés korlátozásának valószínűsége
- P1 - Bizonyos körülmények között lehetséges
- P2 - Alig lehetséges

2.8 Teljesítményszint meghatározása EN 62061 szerint

A szabvány kizárólag a funkcionális biztonsági követelményekkel foglalkozik, amelyek célja a veszélyes helyzetekből eredő kockázatok csökkentése, és csak a gép vagy a koordináltan működő gépcsoportok veszélyeiből közvetlenül eredő kockázatokra terjed ki. Nem foglalkozik az elektromos vezérlőberendezésekből eredő elektromos veszélyekkel (például áramütés) vagy a gépi szintű egyéb biztonsági követelményekkel, mint például a védőberendezések.

A Gépírányelv 2006/42/EK Alapvető Egészségvédelmi és Biztonsági Követelményeinek való megfelelés bizonyítható ennek a szabványnak az alkalmazásával.

Hogyan határozza meg a szükséges biztonsági integritást az IEC 62061 szerint [14]

„Minden olyan kockázat esetében, amely biztonsággal kapcsolatos ellenőrző rendszert igényel, meg kell becsülni a kockázatot, és meg kell határozni a kockázatsökkentést (SIL) az ellenőrzési rendszertől függően. A biztonsági funkcióval kapcsolatos kockázat becslése az IEC 62061 szabvány szerint történik.” [14]

SIL besorolás IEC 62061 szerint:

A megkövetelt biztonság-integritási szinthez szükséges kockázatfelmérés és -definíció

Következmények és súlyosság	Sa	Gyakoriság és időtartam		Veszélyes esemény valószínűsége	Val	Elkerülés		CI osztály				
		Gy				Elk	Enk	3-4	5-7	8-10	11-13	14-15
Halál, egy szem vagy kar elvesztése	4	< 1 óra	5	Nagyon magas	5			SIL 2	SIL 2	SIL 2	SIL 3	SIL 3
Ujjak végleges elvesztése	3	> 1 óra – ≤ 1 nap	5	Valószínű	4				EI	SIL 1	SIL 2	SIL 3
Nem maradandó, orvosi ellátás	2	> 1 nap – ≤ 2 hét	4	Lehetséges	3	Lehetetlen	5			EI	SIL 1	SIL 2
Nem maradandó, elsősegély	1	> 2 hét – ≤ 1 év	3	Ritkán	2	Lehetséges	3				EI	SIL 1
		> 1 év	2	Elhanyagolható	1	Valószínű	1					

EI – egyéb intézkedés szükséges

5. ábra SIL szerinti besorolás [13]

2.9 Biztonsági funkció tervezése [13]

Ismerve a megkívánt teljesítményszintet PLR-t lehetőségünk van olyan biztonsági vezérlés tervezésére, ami több paraméterből áll.

1. Hardverfelépítés (B, 1, 2, 3 és 4)
2. Rendszer elemeinek megbízhatósági adata (MTTFd)
3. A diagnosztika terjedelme (DCavg)
4. Tervezési integritás (CCF)

1. Hardver felépítés (Biztonsági kategória) [13]

Minden biztonsági rendszer három alrendszerből épül fel: bemenet, logika és kimenet. Ennek a hardvernek leírja a tervezési módot a biztonsági rendszer architektúráját.

Egycsatornás hardverfelépítés

Hardverfelépítés csak egy csatornát használ a gép veszélyes mozgásának leállításához. Ez a felépítés az EN954-1 szabvány szerinti B kategóriából és 1-es kategóriából ismert. A B az 1 kategória közti fő különbség a használt összetevők megbízhatóságából ered. Az 1-es kategóriában jól bizonyított biztonsági elvek (például jól kipróbált összetevők) csökkentik a biztonsági funkció kiesésének kockázatát. A rendszer egyetlen

meghibásodása a biztonsági funkció kiesését okozhatja.



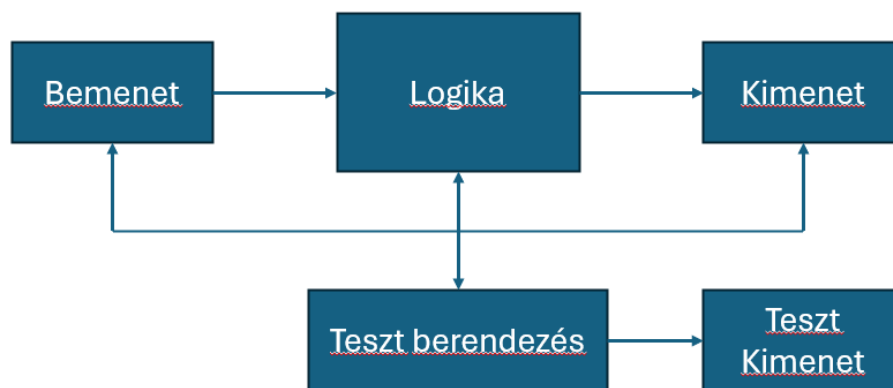
6. ábra Egy csatornás felépítés (saját szerkesztés)

Kétszatornás hardver felépítés

A gépbiztonsági rendszerek többségé kétszatornás hardverfelépítésen alapul. Ez a felépítés a következőkből állhat:

Az egy szatornás rendszer + teszrendszer (2-es kategória)

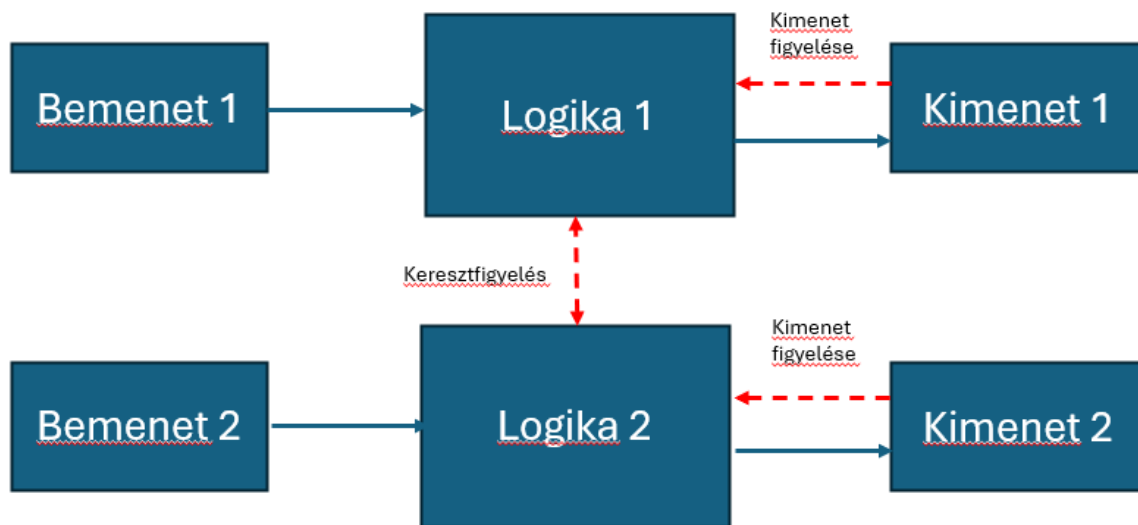
A Tesztberendezés (TB) figyeli (f) a Bemenet, a Logika és a Kimenet megfelelő működését. Ha a teszteredmények rendben vannak, aktiválódik a teszt kimenet (TKI). A Tesztberendezés érzékeli a biztonsági rendszer meghibásodását, így az nem okozhatja a biztonsági funkció kiesését, mert a leállítást a második szatornán keresztül is megvalósulhat. [13]



7.ábra Két szatornás felépítés (saját szerkesztés)

Két hasonló szatorna (3-as kategória)

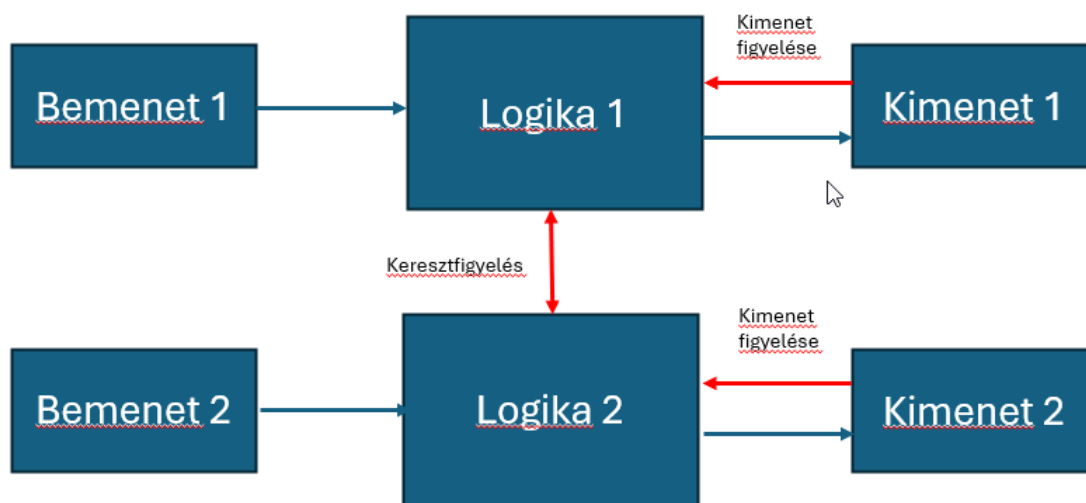
Egy 3-as kategóriájú biztonsági rendszer két szatornából épül fel, ami megvalósítható homogén módon (mindkét szatornában azonos technológiával) vagy eltérően (mindkét szatornában különböző technológiával, pl. az 1. szatornában elektronikusan és a 2. szatornában elektromechanikusan). Néhány 3-as kategóriájú rendszer az egyedi tervezéstől függően megköveteli a kimenetek figyelését vagy a logikai rendszer keresztfigyelését. Ha az egyik szatorna meghibásodik, az nem okozza a biztonsági funkció kiesését. A hibák halmozódása egy 3-as kategóriájú rendszerben nincs lefedve. [13]



8.ábra 3-as kategóriás felépítés (saját szerkesztés)

két hasonló csatorna + tesztrendszer (4-es kategória)

A 4-es kategóriájú rendszerek szinten két csatornát használnak (homogént vagy eltérőt). A figyelés és a kereszt figyelés segítségével a rendszer több hibája érzékelhető a biztonsági funkció kiesése nélkül.



9.ábra 4-es kategóriás felépítés (saját szerkesztés)

A rendszer vagy összetevők megbízhatósága

A biztonsági rendszereknek megbízhatónak és biztonságosnak kell lenniük. A megbízhatóság nagyon fontos mivel a rendszerhibák általában egyedi összetevők élettartamának végéhez közeledve fordulnak elő.

A mechanikus, pneumatikus, elektromechanikus, hidraulikus rendszere az összetevők meghibásodása az élettartammal vagy kapcsolások számával áll kapcsolatban. Ezért élettartam tesztek végeznek rajtuk, mindaddig amíg a tesztelt egység 10 %-a meg nem hibásodik. Ez a B10 érték.

Specifikusabb érték a B10d ami azt mutatja, hogy a tesztelt egységek 10 %-a veszélyt okozóan hibásodott meg. B10d érték megadása tipikusan a végálláskapcsolók, ajtókapcsolók, biztonsági relék.

Elektronikus rendszereknél aránya a meghibásodásnak egy valószínűségi érték, amit a felhasznált összes alkatrész adataiból számítanak ki. Az alkatrészek rendelkeznek egy meghibásodások alatti idővel, FIT értékkel. "Failure In Time" rövidítése, és az elektronikai komponensek megbízhatóságát jelző mérőszám. Egy komponens FIT értéke azt mutatja meg, hogy egymillió óra üzemidő alatt hány meghibásodásra számíthatunk

A FIT érték segítségével az egyes komponensek hibaarányát vagy meghibásodási gyakoriságát lehet meghatározni, ami hasznos a kockázatelemzésekben és a biztonságkritikus rendszerek tervezésében.

Elektronikus rendszerekben ez a megbízhatósági érték az MTTFd

Az MTTFd a Mean Time To Dangerous Failure, azaz a veszélyes meghibásodások közötti átlagos időtartam. Ez a mutató azt jelzi, hogy egy adott biztonsági rendszer vagy komponens várhatóan mennyi ideig fog működni veszélyes meghibásodás nélkül. Az MTTFd mértékegysége általában óra.

MTTF _d besorolás			
Alacsony	3 év ≤	MTTF _d	< 10 év
Közepes	10 év ≤	MTTF _d	< 30 év
Magas	30 év ≤	MTTF _d	< 100 év

10.ábra MTTFd besorolás [12]

Elektronikus egységeknek a MTTFd értéket a gyártó adja meg. Pneumatikus, hidraulikus elektromechanikus és mechanikus rendszereknél a következő képlettel tudjuk kiszámolni:

$$MTTFd = \frac{B10d}{0,1 \times n_a}$$

A B10d érték szintén gyártói dokumentációban található. na érték a évenkénti használatok száma.

Rendszer diagnosztikai terjedelmét és megbízhatóságát EN ISO 13849-1 alapján DCavg érték mutatja. Minél magasabb az érték, annál magasabb szintű a biztonság.

Megnevezés	Tartomány
Nincs	DC < 60 %
Alacsony	60 % ≤ DC < 90 %
Közepes	90 % ≤ DC < 99 %
Magas	99 % ≤ DC

11. ábra DCavg érték [11]

Tervezési integritás és általános meghibásodások a CCF

A CCF a Common Cause Failure rövidítése, magyarul közös okú meghibásodás. A biztonsági rendszerekben és kockázatelemzésekben ezt a fogalmat arra használjuk, amikor egy adott rendszer két vagy több független komponense egyazon ok miatt meg hibásodik meg egyszerre.

A külső hatások akkor is kárt tehetnek a rendszerbe, ha azok két csatornások. Ezek elkerülése érdekében az EN ISO 13849-1 szabvány pontozási rendszerrel állapítja meg, hogy a minimális követelmények teljesültek-e.

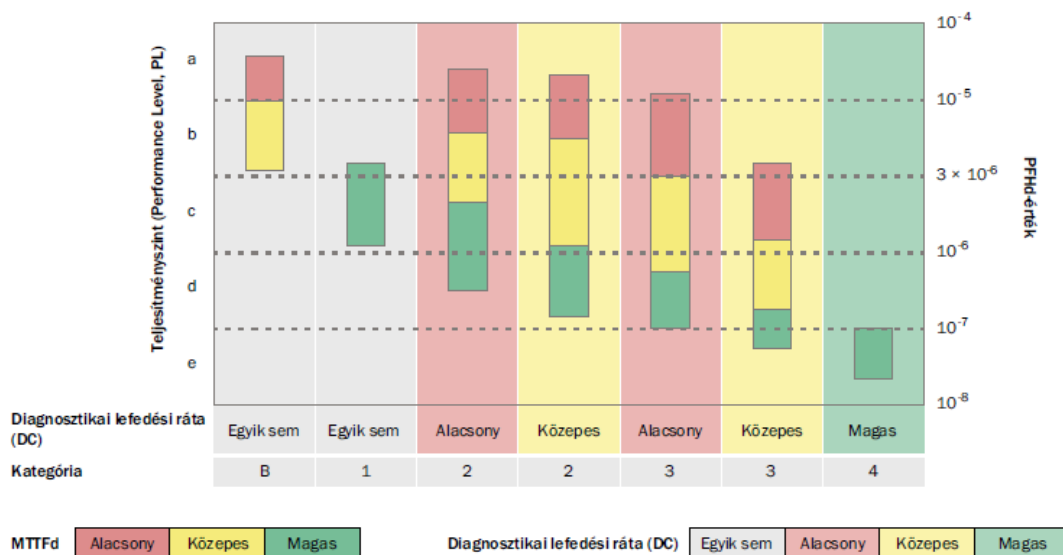
Minimum elérendő pontszám 100 pontból 65 pont.

Követelmények		Maximum
Elkülönülés	Jelek elkülönítése, elszigetelés stb.	15 pont
Változatosság		20 pont
Tervezés, alkalmazás, tapasztalat	Túlterhelés, túlfeszültség vagy védelem	15 pont
	Jól bevált összetevők vagy technológiák használata	5 pont

Elemzés	A hibaelemzés segítségével elkerülhetők a gyakori okokra visszavezethető hibák	5 pont
Szakértelem, oktatás	A tervezők megtanítása a CCF megértésére és elkerülésére	5 pont
Környezet	EMC teszt	25 pont
	Ütődés-, rázkódás- vagy hőmérsékletteszt	10 pont

Egy alrendszer teljesítményszintje

Az EN ISO 13849-1 egy grafikonon összeget minden információt.



12.ábra Alrendszer teljesítményszint [11]

3. Robotcella bemutatása

A robotcella koncepciók tesztelésére és tanulmányi célokra szolgáló robotállomás. Az állomásban egy Omron i4-650H típusú Scara robot található, amely képes tárgyakat felvenni a vákuumos szívókorong segítségével az adagolóból és elhelyezni a három szállítószalag valamelyikére.

Legnagyobb kinyúlása 650 mm és maximális terhelhetősége 15 kg.

Robot adatai: [omron]

- Kinyúlás: 650 mm
- Max. terhelés: 15 kg
- Z-löket: 210/410 mm
- IP-besorolás: standard IP20
- Kerekített végpontú, szakaszos üzemű ciklusidő: 0,37
- Ismétlési pontosság (mm): $XY \pm 0,015$ / $Z \pm 0,01$ / $\Theta \pm 0,005$

A kamerarendszerének köszönhetően a robot nemcsak a tárgyak észlelésére alkalmas, hanem alakjuk alapján való kiválasztására is képes.

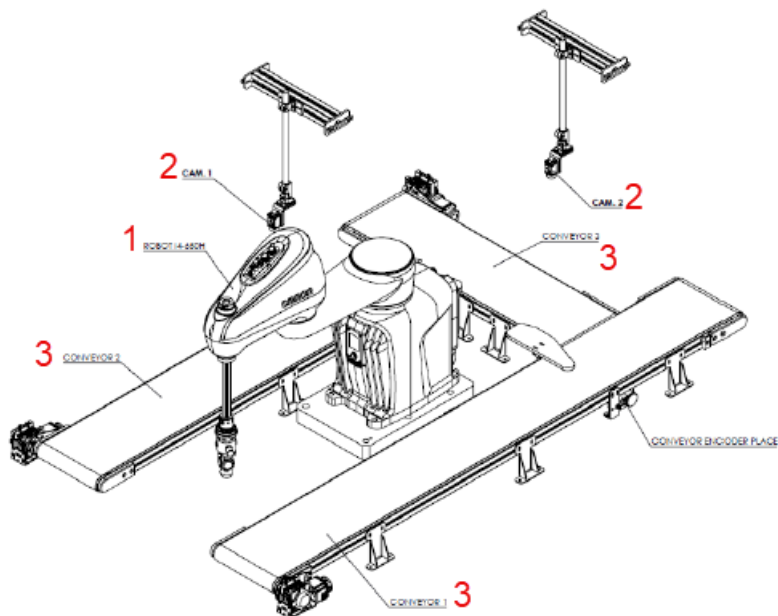
Veszélyes tér megközelítésnek megakadályozása érdekében védőburkolattal és reteszeltető ajtókkal látták el.

Az állomás egyedi próba alkatrészekkel is használható, vagy akár más koncepciók kidolgozása is használható.

Segítségével még tervezés előtt letesztelhető az elképzelés, hogy gyakorlatban is képes-e a feladat elvégzésére a robot. Ezzel rengeteg tervezési időt nyerhetünk.



13. ábra Robotcella (saját fotó)



14. ábra A cella felépítése [15]

A cella felépítése a védőburkolat nélkül:

- i4H Scara robot (1)
- Kamerák (2)
- Szállítószalagok (3)

3.1 Üzem módok

A cella két üzemmódban használható: ez a kézi és automata mód. Ennek kiválasztására az előlapi kulcsos kapcsoló használható, ezek a módok számos hatással vannak a gép működésére.

3.1.1 Kézi üzemmód

Kézi üzemmódban a robot csökkentett sebességgel működik, és minden ajtó nyitható. Az rezgő adagoló ajtaja csak akkor nyitható ki vészleállítás nélkül, ha a hozzáférés biztosított, vagy amikor az adagoló ürítési ciklusban van, különben aktiválja a biztonsági funkciót. A vészleállítás funkció és az üzemmódválasztó biztonsági funkció mindig aktív. A robotmozgások csak akkor engedélyezettek, ha a Teach Pendant engedélyező kapcsolója aktív, vagy ha az ACE szoftverben a Teach Pendant Bypass Plug és a V+ Jog Control funkciója aktív.

Kézi üzemmódban a következő biztonsági funkciók lesznek aktívak:

- Biztonsági nyomaték kikapcsolás (STO)
- Vészleállítás (E-Stop)
- Üzem módok (módválasztó)
- Kapcsoló engedélyezése

Kézi üzemmód váltás

Az automatikusról kézi módra való átálláshoz a kulcsos kapcsolót kézi üzem állásba kell állítani. Átállítása után a felhasználónak biztonsági okokból ki kell vennie a kulcsot a kapcsolóból. A rendszert nem lehetséges kézi vezérlésről automata üzemmódba állítani a kulcs nélkül.



15. ábra Üzem mód választó (saját fotó)

3.1.2 Automata üzem

Az automatikus üzemmód a meghívott cella programjának elvégzésére szolgál. Automatikus módban a gép teljes sebességgel működik. Ez azt jelenti, hogy minden mozgó alkatrész (robot, szállítószalag, adagoló) a programozott működési sebességén dolgozik. Biztonsági funkció aktívak, és bármely biztonsági funkció megszakadása esetén vészleállítás (ha a Vész Állj kapcsoló megnyomásra kerül) vagy leállítás (ha bármely más biztonsági feltétel nem teljesül) lép életbe.

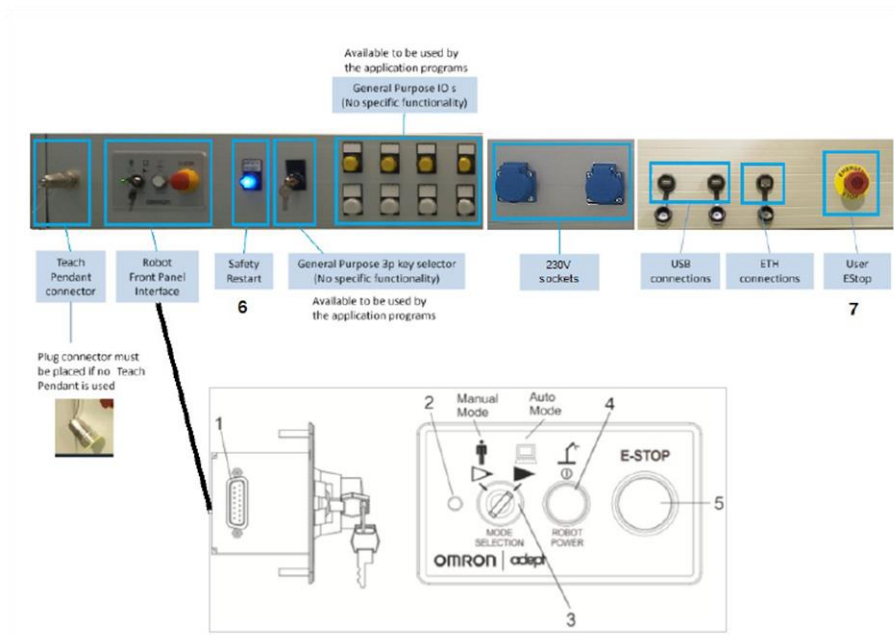
Automatikus módban az ajtók zárva és reteszelve vannak. Ezek nyitásához anélkül, hogy leállítást váltanánk ki, a HMI-n kell hozzáférést kell kérni a megfelelő gomb megnyomásával. Ennek hatására a program futása leáll, a robot és szalag szintén leállnak. Ebben a biztonságos állapotban sem a robot, sem a szállítószalag nem mozoghatnak.

A leállítás után amíg a "Hozzáférés engedélyezve" gomb ismételt megnyomására nem kerül sor, addig a védőajtók zárva és reteszelve maradnak, és az adagoló ajtajának kinyitása esetén egy E-stop aktiválódik.

3.2 Kezelőfelületek

A cellán a következő kapcsoló kerültek elhelyezésre:

1. XFP csatlakozó: A tanítópanel vagy a tanítópanel bypass dugó csatlakoztatására
2. Tápellátás LED: Jelzi, hogy a robot csatlakoztatva van-e az áramforráshoz
3. Kézi/Automatikus üzemmód kapcsoló: Kézi és az automatikus üzemmód választás
4. Robot be-/kikapcsoló kapcsoló és visszajelzés: A robot áramellátásának vezérlése
5. Robot vészleállító kapcsoló: Ennek a gombnak megnyomása lekapcsolja a robot betáplálását
6. Biztonsági újraindítás: A lámpa villogása esetén újraindítás szükséges. A gomb megnyomására alapállapotba kerül a rendszer
7. Felhasználói vészleállító kapcsoló: Funkciója megegyezik a robot vészleállító kapcsolóval



16. ábra Kapcsolótábla [15]



17. ábra Kézi vezérlő [15]

1. Kijelző
2. Vészleállító gomb (E-Stop)
3. Robot bekacsoló gomb és visszajelző lámpa
4. ACE LED
5. ERR LED (Hiba)
6. JOG LED

Ha világít, jelzi, hogy a panel és a robotvezérlő közötti kommunikációt

Ha világít, jelzi, hogy hiba történt

Ha világít, jelzi, hogy a tengelyvezérlő gombok elérhetőek a robot mozgatásához

7. Billentyűzet



18. ábra Engedélyező kapcsoló (Deadman switch) (saját fotó)

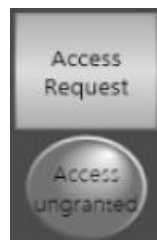
A kapcsoló segítségével kézi üzemmódban programozható, mozgatható a robot. Biztonsági funkciót ellátó kapcsolóval, melyek állásai a következők:

1. alaphelyzetben (Home), nyitott állapot
2. félig benyomva, Zárt, működésre kész
3. teljesen benyomva (Panic), nyitott állapot

3.3 Kijelző (Human-Machine Interface-HMI)

A kijelző segítségével a gép irányítható és megfigyelhető.

A programban a „kattintható” gombok négyzet alakúak, míg a visszajelzők kör alakúak.



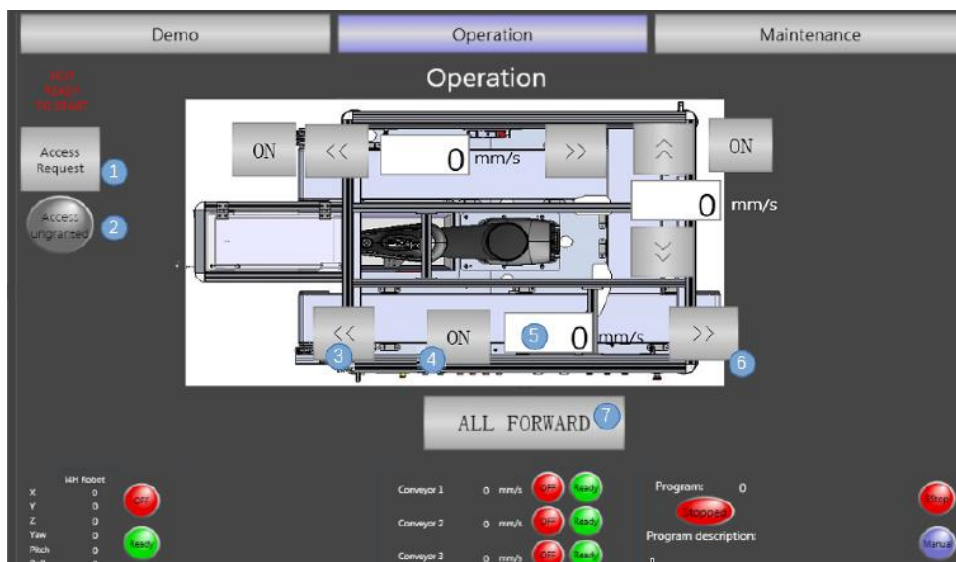
19. ábra HMI engedélyező kapcsoló (Robot cellaprogram)

Engedély kérése: kattintáskor engedélyt kér az ajtók kinyitására. Engedély kérésének elutasítása esetén megjeleníti a kérés állapotát.

A gép bekapcsolása után a következő kezdő képernyő látható.



20. ábra A HMI kezdő kezdő képernyő (saját fotó)



21. ábra HMI kezelő kép (saját fotó)

1. Ajtók nyitás engedélyezése
2. Kérés állapota

3. Szállítószalag balra mozgatása
4. Szállítószalag bekapcsolása
5. Sebesség választó mm/s-ban
6. Szállítószalag jobbra mozgatása
7. Minden szállítószalag előre menet

3.4 Gép vezérlése

A cella programozása és üzemeltetése egy komplett platformra, az úgy nevezett Sysmac rendszerre épül, amely vezérli a robotot, konvejort, kamerák jelét feldolgozza, biztonsági felügyeletet ellát.

A gép vezérlőjének számítógépen futó Omron ACE nevű szoftvercsomagja használható, amit kifejezetten automatizáláshoz fejlesztettek. Az ACE segítségével gyorsan és egyszerűen állíthatóak be a robotrendszerek. Felhasználóbarát kezelőfelületének köszönhetően egyszerű és hatékony a tervezés, programozás és üzembe helyezés. Komplett csomag áll rendelkezésre az OMRON ipari robotok, vezérlők, rendszerek és rugalmas kezeléséhez. Varázslók segítségével akár csomagolósorok tervezése, hatékonysága, üzembehelyezése oldható meg. Optikai eszközök találhatók a helyzet meghatározásához, azonosításához, méréshez és ellenőrzéshez.

3.5 Robotcella bemutató programok

„AnyFeeder Demo” program

A program bemutatja az AnyFeeder nevezetű alkatrész adagoló hasznosságát. A felette található kamera a kerek alkatrészek érzékelésére van programozva. A mintadarabok az adagoló tárolójába kerülnek elhelyezésre. Az alkalmazás célja, hogy a robot az alkatrészeket összeszedje, és négy alkatrészből álló sort alakítson ki a szállítószalagon. Kiadagolja a készülék szalagjára, amennyiben nincsenek értékelhető pozícióban, úgy automatikusan megrázza azokat ismételt kamera ellenőrzésre. Utána a beazonosított kerek alkatrészeket a szállítószalagra helyezi. Amikor a sor elkészül, a bemutató véget ér, és a felhasználónak le kell állítania a programot a HMI-n található „Stop Program” gomb megnyomásával.

„Application Manager Demo” program

A program bemutatja a szállítószalagon lévő alkatrészek észlelésén alapuló elrendezést. A

kamera kétféle alkatrész észlelésére (kerek és négyzetes) lett programozva. Elindítás után a szállítószalagok a beállított sebességgel és irányban mozognak. A felhasználó manuálisan elhelyezi az alkatrészeket a 1. számú szállítószalag elején. Az alkatrészek észlelése után, a robot felveszi a megfogó segítségével és a 2. számú szállítószalagra helyezi őket, két különböző sor kialakításával, az orientáció figyelembevételével. A program leállítása, a HMI-n található Stop Program gomb megnyomásával lehetséges.

Természetesen mindkét program a biztonsági feltételek teljesülése esetén fut, amennyiben ezek nem teljesülnek, a program futása megáll és a feltételek ismételt teljesülésekor nyugtázni szükséges és a folyamat újraindítható.

3.6 Vezérlés elemei

A gép központi vezérlését Omron NJ501-R520 PLC látja el, ami 2560 I/O-t tud kezelni és maximum 64 tengely vagy 8 robot irányítását tudja elvégezni. Hozzá Ethercat hálózaton csatlakozik egy NX-ECC203 csatoló eszköz, amely a hálózaton használt modulokat kapcsolja össze és kommunikációt biztosít a különböző I/O (input/output) moduloknak. Feladata, hogy a busz és a modulok kezeljék az adatcserét, biztosítsák a gyors adatátvitelt. Ezzel valós idejű vezérlés alakítható ki. Az egységhez tartozik a biztonsági vezérlő, ami egy Omron NX-SL3300 CPU.

A biztonsági egységhez csatlakoznak a biztonsági bemenetek és biztonsági kimenetek, amelyek a következők:

1. 2 darab NX-SID800 biztonsági bemenet, 8 darab PNP bemenettel
2. 2 darab NX-SOD400 biztonsági kimenet, 4 darab PNP kimenettel
3. 1 darab NX-PD1000 tápmodul
4. 3 darab NX-ID442 bemenet, 8 darab PNP bemenettel
5. 3 darab NX-OD4256 kimenet, 8 darab PNP kimenettel



22. ábra Biztonsági Vezérlő (saját fotó)

3.7 Cella további vezérlő elemei

A Windows 10 operációs rendszerrel működő AC1-152000 ipari számítógép kezeli a kamerákat és a rezgő adagolót.

Monocrom kamerák a munkadarabok azonosítására szolgálnak.

SX240 rezgő adagoló.

3 darab R88D-1SN02H-ECT AC szervő vezérlő és 200 wattos motorok, EtherCat hálózati eléréssel.

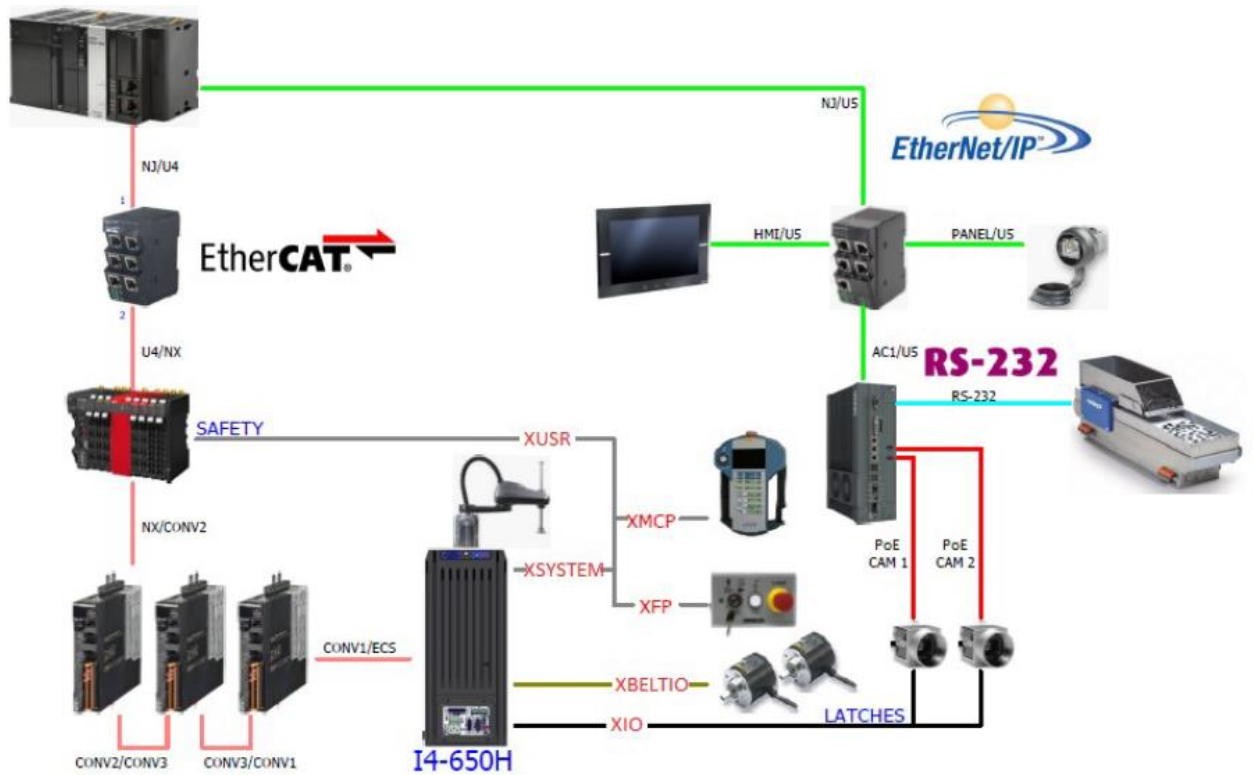
Gépbiztonság további elemei:

D4SL-N4RDA-D Reteszelvehető ajtókapcsolók.

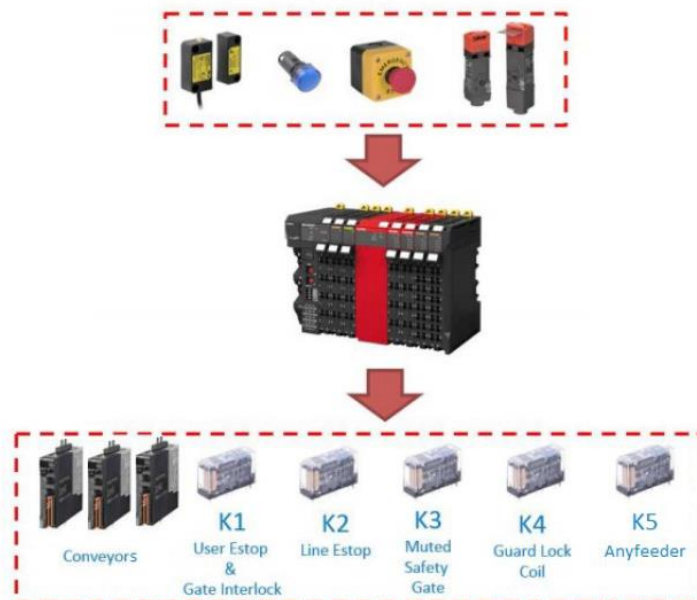
3 darab vész állj nyomógomb

F3S-TGR érintésmentes ajtókapcsoló.

G7SA biztonsági relé, amelyet a kimenetek működtetnek.



23. ábra A cella hálózati kapcsolatai [15]



24. ábra Cella biztonsági elemei [15]

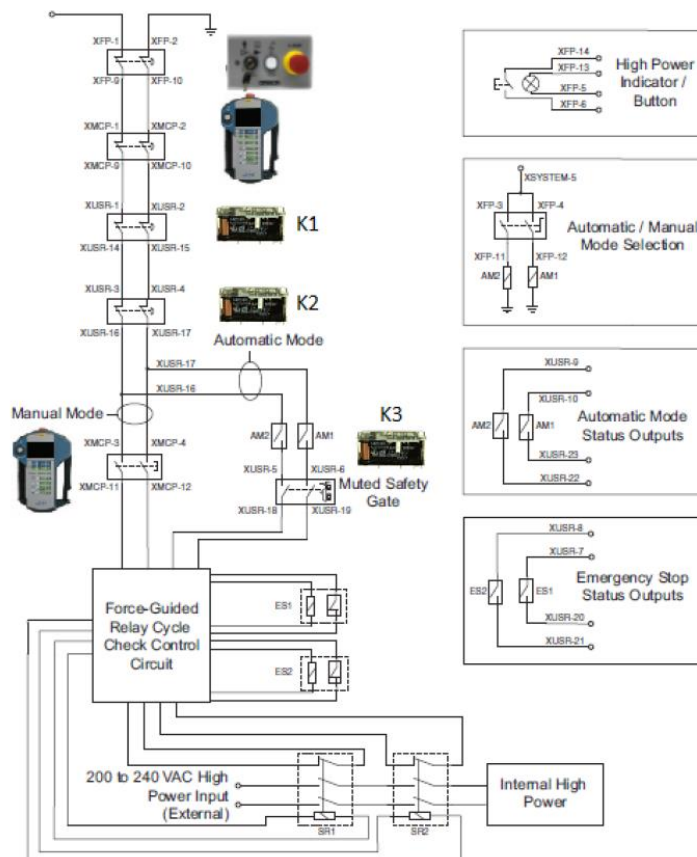
Gépbiztonsági vezérlő NX-SL3300 CPU

NX-SID800 gépbiztonsági bemeneti jelek:

- Érintésmentes ajtókapcsoló az adagoló betöltő ajtaján
- Nyugtázó nyomógomb a kezelőpanelen
- Vész állj nyomógombok
- Reteszeltető ajtókapcsoló kontaktok

NX-SOD400 gépbiztonsági kimenetei vezérlések

- szervó vezérlők STO vezérlése
- K1 biztonsági relé vész állj és ajtózár
- K2 biztonsági relé kezelőpanel vész állj
- K3 biztonsági relé kézi üzemmód ajtó nyitás
- K4 biztonsági relé ajtó reteszelés
- K5 biztonsági rezgőadagoló



25. ábra a cella biztonsági körének kapcsolása [15]

A belső robotbiztonsági relé áramkör az ISO 13849 szerinti működéshez a 3-as kategóriájú PL-d biztonsági szinttel rendelkezik.

4. Kockázatértékelés

4.1 A gép határainak rögzítése:

Térbeli határok

Robotcella használatához elegendő hely szükséges a kezeléséhez

Időbeni határok

A gép hetente 2-3 órát üzemel, ezért 20 évig biztonságosan használható. Az alkatrészek kopása nem jellemző.

Használati határok

A robotcella oktatási, koncepció kidolgozási céllal készült. Használat során több személy is jelen lehet.

Működési módok:

- Automata üzemmód, a robotcella az adott program szerinti futása
- Manuális üzemmód, beállítások, tanítás

4.2 Veszélyek azonosítása

Robotcellák alkalmazása során a legtöbb esetben a legnagyobb veszélyt a robot mozgása hordozza, mivel környezetében igen magas a zúzódás veszélye. A nagy erővel és gyorsasággal mozgó robot marandó sérüléseket okozhat környezetében. Az állomás védőburkolattal rendelkezik, de a rajta található reteszeltető ajtók tanítási módban nyithatóak. Ebben az üzemmódban sérülésre jelentős kockázata van, ezért csak csökkentett sebességgel használható.

4.3 Kockázat felmérés

A robotcella szemrevételezése során, normál üzemmód vizsgálatakor feltűnt, hogy a védőburkolaton található alkatrész beadó nyílások nem megfelelőek.

Mivel az állomásra C típusú szabvány vonatkozik, biztonsági követelmények ellenőrzésére magát a szabványt vettem alapul az EN ISO 10218-2 szabvány G. mellékletét. A cellára vonatkozó pontok alapján a robotbiztonságnak, illetve a szabványnak való megfelelést tudtam ellenőrizni és értékelni. A készített táblázatban a biztonsági követelmények szerinti megfelelés értékelése történt.

5- Gépvizsgálat [10]

A vizsgálatom a EN ISO 10218-2 szabvány szerint és a következő pontok alapján történ.

Vizsgálat helyszíne: OMRON Robot labor, Budapest

	Alkalmazandó biztonsági követelmények és/vagy intézkedések	Megfelelőség			Megjegyzés
		Igen	Nem	N/A	
1	A biztonsági vezérlőrendszer teljesítménye (hardver/szoftver)				
1.1	Teljesítőképességek és az azok meghatározására szolgáló adatok és kritériumok megadása a használatra vonatkozó információkban	x			
1.2	Teljesítményszint PL=d, SIL 3	x			
1.3	Teljesítményszint SIL 2, hardver hibatűrés 1, a tesztelési időszak legalább 20 év	x			
1.4	A kockázatértékelés felhasználása a teljesítményszint meghatározására			x	
1.5	Tervezés és telepítés				
1.6	A rendszer a teljesítményszint alapján lett tervezve és gyártva	x			
1.7	Az üzemmódkiválasztás a védett területen kívül történjen	x			
1.8	A működtető elemek megfelelnek az IEC 60204-1 követelményeinek	x			
1.9	A robotrendszer nem reagálhat külső parancsokra vagy veszélyes helyzeteket okozó feltételekre	x			
1.10	Minden áramforrásnak meg kell felelnie a gyártó követelményeinek	x			
1.11	Az elektromos szekrényajtókat úgy kell felszerelni, hogy teljesen	x			

	kinyithatók legyenek, és a menekülési útvonalak elérhetőek legyenek				
1.12	A védőföldelésnek meg kell felelnie az IEC 60204-1 szabványnak	x			
1.13	Veszélyes energia kizárásának eszközei biztosítva vannak	x			
1.14	A veszélyes energia kizárásának eszközei egyértelműen meg vannak jelölve	x			

	Alkalmazandó biztonsági követelmények és/vagy intézkedések	Megfelelőség			Megjegyzés
		Igen	Nem	N/A	
2.1	A robotrendszer védőütközővel van ellátva		x		
	A robotcella rendelkezik független vészleállítással	x			
2.2	A működtető vezérlők állapota egyértelműen jelzett		x		
2.4	A vezérlőállomás rendelkezzen vészleállítóval	x			
2.5	A leállítás megszünteti az összes robotmozgást és egyéb veszélyes funkciókat a cellában	x			
3.4	A biztonsági vezérlőrendszer teljesítményének meghatározásához szükséges adatok és kritériumok szerepelnek a használati utasításban		x		
3.5	Az összes vészleállító ugyanazon vezérlőkört fedi le	x			
3.6	A vezérlőkör kialakítását tartalmazza a használati utasítás	x			
3.7	Az egyes hibák bekövetkezésekor a biztonsági funkció aktiválódna és állapot fennmarad, amíg a hiba kijavításra nem kerül	x			
3.8	A vészleállítási funkciónak 0-s vagy 1-es leállítási kategóriájúnak kell lennie	x			
4	A robot mozgásának korlátozása				
4.1	A védett teret és elrendezést a veszélyek figyelembevételével hozták létre	x			
4.2	A robot korlátozott tere a robot mozgását korlátozóval került kialakításra	x			

	Alkalmazandó biztonsági követelmények és/vagy intézkedések	Megfelelőség			Megjegyzés
		Igen	Nem	N/A	
4.4	A mechanikus robothatároló eszközök megfelelnek az ISO 10218-1 szabványnak			x	Nem található
4.5	A nem mechanikus robotkorlátozó eszközök megfelelnek az ISO 10218-1 szabványnak	x			
4.6	A korlátozó eszközökhöz kapcsolódó biztonsági távolság számítása szerepel			x	
4.7	3 A nem mechanikus robotkorlátozási eszközökhöz használt vezérlőrendszerek megfelelnek az ISO 10218-1 szabványnak, hacsak a kockázatértékelés más teljesítményt nem határoz meg	x			
4.8	A határoló eszközöket megfelelően beállították és rögzítették			x	
4.9	Ha nem mechanikus korlátozó eszközöket a robot terhelése szerint határozták meg	x			
4.11	A védőburkolatot a kockázatértékelés eredményeit alapján kerültek kialakítására	x			
4.12	A dinamikus mechanikus határoló eszközök képesek leállítani a robot névleges terhelés és sebesség mellett			x	Nem található
5	Elrendezés				
5.1	A védőberendezés kiválasztásakor figyelembe veszik a várható üzemi igénybevételeket	x			

	Alkalmazandó biztonsági követelmények és/vagy intézkedések	Megfelelőség			Megjegyzés
		Igen	Nem	N/A	
5.2	A biztonsági távolságok mechanikus védőburkolatok megfelelnek az ISO 13857 szabványnak	x			
5.3	A minimális biztonsági távolságok a reteszelő védőburkolatoktól megfelelnek az ISO 13855 szabványnak	x			
5.4	A zúzódást megakadályozó minimális hézagok megfelelnek az ISO 13854 szabványnak		x		Beadagoló ablak
6	Működési módok				
6.1	A működési mód választó minden állásban lezárható	x			
6.2	A módok egyértelműen azonosíthatóak és egyszerre csak egy mód kiválasztását teszi lehetővé	x			
6.3	A jogosulatlan és/vagy véletlen módválasztás meg van akadályozva	x			
6.5	A robot működésének elindításához külön engedélyezés szükséges	x			
6.6	Az automata üzemmód nem engedélyezett, ha bármilyen megállási feltétel észlelhető	x			
6.7	Az automatikus módról való átváltás megállást eredményez	x			
6.8	Az üzemmód megváltoztatása nem jelent veszélyt	x			
6.9	Az automatikus üzemmód elindítása csak akkor lehetséges, ha biztonsági vezérlő aktív	x			

	Alkalmazandó biztonsági követelmények és/vagy intézkedések	Megfelelőség			Megjegyzés
		Igen	Nem	N/A	
6.10	Az indítás és az újraindítás egyszerű művelet	x			
6.11	A védelmi intézkedések az indítás és az újraindítás előtt működnek	x			
6.12	Kézi működtetésű reteszelés indításhoz és újraindításhoz	x			
6.13	A kiválasztás további megerősítést igényel	x			
6.14	A kézi indítási és újraindítási nem aktiválhatók védett térből	x			
6.15	Védőintézkedések annak biztosítására, hogy senki ne tartózkodjon a védett térben az indítás és az újraindítás előtt	x			
6.16	Szükség esetén jelenléterzékelő vagy audiovizuális indítás előtti figyelmeztető jelzés			x	
6.17	A biztonságos térben hozzáférhető vészleállító eszköz található			x	
6.18	Más forrásból származó vezérlés megakadályozva	x			
6.19	A TCP maximális sebessége kisebb, mint 250 mm/s	x			
6.20	Annak meghatározása, hogy szükség van-e lassabb sebességre			x	
6.21	A mozgáshoz szükséges funkcionális engedélyező eszköz	x			

	Alkalmazandó biztonsági követelmények és/vagy intézkedések	Megfelelőség			Megjegyzés
		Igen	Nem	N/A	
7	Kézi vezérlő eszközök				
7.1	Az ISO 10218-1 és a pendant követelményei teljesülnek	x			
7.2	A használati utasítás tartalmazza az engedélyező eszköz működési tesztjét	x			
7.3	A távirányító csak kézi üzemmódban lehetséges	x			
7.4	A távirányító miatt nem írható felül a helyi kiválasztás, és nem okoz veszélyes körülményeket	x			
7.5	Az engedélyező kapcsoló tiltva van nagysebességű üzemmódban	x			
7.6	A használati információk a kézi távvezérlés követelményeit tartalmazzák	x			
8	Robotkezelő				
	A védett térben használt robotkezelő megfelelnek az ISO 10218-1 szabványnak	x			
8.1	A robotkezelőn vészleállító megfelelő	x			
8.2	A kábelezett robotkezelő megfelelő kábelhosszúsággal és tartóssággal rendelkeznek	x			
8.3	Robotkezelő tároló a sérülések elkerülése érdekében	x			
8.4	A kábel nélküli vagy levehető robotkezelő megfelelnek az ISO 10218-1 szabvány követelményeinek			x	
8.5	Vészleállító és engedélyező eszköz megfelel az ISO 10218-1 szabványnak	x			
8.6	A nem szándékos vezérlés elkerülhető	x			
8.7	A jel elvesztése leállást eredményez	x			
8.8	Egyetlen vezérlési pont biztosított	x			
8.9	A kézi vezérlésű vezérlők megfelelnek az ISO 10218-1 szabvány követelményeinek	x			

	Alkalmazandó biztonsági követelmények és/vagy intézkedések	Megfelelőség			Megjegyzés
		Igen	Nem	N/A	
9	Karbantartás és javítás				
	NEM része a vizsgálatnak			x	
10	Integrált gyártási rendszer (IMS) interfész				
	NEM része a vizsgálatnak			x	
11	Védelem				
11.1	1 A védőburkolatok és védőeszközök megfelelnek az ISO 12100 szabvány követelményeinek		x		Beadagoló ablak
11.2	A biztonsági eszközök kiválasztása minden veszélyt és feladatot figyelembe vesz	x			
11.3	A reteszelvek biztonságosan fel vannak szerelve és megfelelően vannak elhelyezve	x			
11.4	A rögzített és mozgatható védőburkolatok megfelelnek az ISO 14120 szabvány követelményeinek	x			
11.5	A rögzített és mozgatható védőburkolatok veszélyeitől való minimális távolságot az ISO 13857 szabvány vonatkozó követelményei szerint határozzák meg	x			
11.6	A hozzáférés megakadályozása esetén védőburkolatokkal az ISO 13857 szabványt használják a minimális biztonságos távolság meghatározására				
11.7	Minden védőburkolat megfelel az ISO 12100 és ISO 14120 vonatkozó követelményeinek		x		Beadagoló ablak
11.8	A védőburkolatokhoz kapcsolódó reteszelvek megfelelnek az alkalmazandó követelményeknek	x			
11.9	A rögzített védőburkolatok eltávolításához szerszám szükséges	x			
11.10	A védőburkolat megakadályozza a hozzáférést	x			
11.11	A védőburkolat magassága legalább 1 400 mm	x			
11.12	A mozgatható védőburkolatokhoz kapcsolódó biztosítóberendezések megfelelnek a vonatkozó követelményeknek	x			
11.13	A mozgatható védőburkolatok oldalirányban vagy a veszélytől távol nyílnak, nem pedig a védett térbe	x			

	Alkalmazandó biztonsági követelmények és/vagy intézkedések	Megfelelőség			Megjegyzés
		Igen	Nem	N/A	
11.14	A reteszelés biztosítja a veszélyek biztonságos állapotba hozását, mielőtt a kezelő hozzáférhetne	x			
11.15	A mozgatható védőburkolatok megfelelően vannak elhelyezve	x			
11.16	A zárás indítására használt mozgatható védőburkolatok megfelelnek a vonatkozó követelményeknek	x			
11.17	A mozgatható védőburkolat reteszelő funkciója teljesíti legalább a SIL 2 típust	x			
11.18	Ahol szükséges, a vezérlőretesz mellett védőrögztítés is biztosított	x			
11.19	A mozgatható védőburkolat-visszaállító működtetők az 5.6.3.4	x			
11.20	Ahol szükséges, a vezérlőretesz mellett védőrögztítés is biztosított	x			
11.21	A védőburkolatokhoz kapcsolódó reteszelőberendezések megfelelnek az alkalmazandó követelményeknek	x			
11.22	A reteszelés vagy nyitás feltételeként használt folyamatparaméterek ugyanazoknak a funkcionális biztonsági követelményeknek felelnek meg, mint a reteszelő funkció	x			
11.23	A védett térnek van egy olyan eszköze, amely megakadályozza, hogy valaki beszoruljon			x	
11.24	Az érzékeny védőfelszerelés biztonságosan fel van szerelve és úgy van elhelyezve, hogy a kezelő ne tudja megkerülni az észlelési zónát			x	
11.25	A védőleállítás akkor indul, ha az érzékeny védőberendezést a veszélyes körülmények működése közben működtetik			x	
11.26	A mozgatható védőburkolatok oldalirányban vagy a veszélytől távol nyílnak, nem pedig a védett térbe	x			

	Alkalmazandó biztonsági követelmények és/vagy intézkedések	Megfelelőség			Megjegyzés
		Igen	Nem	N/A	
11.27	A minimális biztonságos távolság képlet az érzékeny védőberendezés minimális távolságának meghatározására szolgál minden megközelítési irányra, a mozgó részek maximális kiterjedését alkalmazva a megközelítés irányába		x		Beadagoló ablak
11.28	Ahol a kezelő egy része maradhat ebben a védett térben további intézkedések vannak biztosítva a veszélyes helyzetek megelőzésére			x	
11.29	Ha lehetséges, hogy a kezelő elrejtőzzék a visszaállítási vezérlő helyétől, akkor kiegészítő védelmi intézkedéseket kell biztosítani az újraindítási retesz visszaállításának megakadályozására			x	
11.30	Az újraindítási retesz visszaállítása szándékos emberi beavatkozást igényel	x			
11.31	Az indítás megakadályozására használt, jelenlét-érzékelő érzékeny védőfelszerelést más biztonsági intézkedésekkel együtt használják			x	
11.32	A jelenlétérzékelő eszközöket úgy helyezik el és konfigurálják, hogy egy személyt vagy egy személy egy részét észleljék az észlelési zónában			x	
11.33	Ahol szükséges, kiegészítő intézkedéseket tesznek annak biztosítására, hogy az észlelési zónát ne lehessen megkerülni			x	
11.34	Intézkedések vannak biztosítva a kézi állomások mozgásából adódó kezelői hozzáférési veszélyek elkerülésére	x			
11.35	A mozgó állomás és a rögzített elemek közötti távolság nem haladja meg a 120 mm-t	x			
11.36	Az anyagbemeneti és -kimeneti nyílások a szükséges minimális méretek		x		Beadagoló ablak
11.37	Az anyag és a nyílás oldalai közötti zúzódás/nyírás veszélye elkerülhető		x		Beadagoló ablak

	Alkalmazandó biztonsági követelmények és/vagy intézkedések	Megfelelőség			Megjegyzés
		Igen	Nem	N/A	
11.38	A veszélyhez való hozzáférést megakadályozták vagy észlelik		x		Beadagoló ablak
12	Némítás nem része a rendszernek ezért nem vizsgált				
13	Együttműködő robotok				
	A robot nem együttműködő				
14	Robotrendszerek üzembe helyezése				
14.1	Üzembe helyezés a terv tartalmazza az üzembe helyezés során szükséges védelmi intézkedésekre (ideiglenes biztosítékokra) vonatkozó információkat			x	
14.2	Ideiglenes biztosítékok védenek az azonosított veszélyek ellen kockázatértékelés			x	
14.3	Legalább figyelemfelkeltő korlátokat telepítettek a korlátozott tér meghatározására			x	
14.4	A használati tájékoztatóban átmeneti biztosítékokat jelöltek meg			x	
14.5	A kezdeti indítási eljárási terv legalább az 5.12.3 pontban felsorolt elemeket tartalmazza			x	

5.1 Vizsgálat kiértékelése

A vizsgálat során kiderült, hogy az állomás a védőburkolatán található 3 darab beadó ablak kivételével megfelel az MSZ EN ISO 10218-2 szabványnak. A robot gyártója az EN ISO 10218-1 szabványnak való megfelelést dokumentációban igazolta.

Az ablakon keresztül veszélyes tér elérhető, magas kockázatot hordoz magában.

Az ide vonatkozó szabvány: MSZ EN ISO 13857:2020

Átnyúlás nyíláson

Testrész (tájékoztató)	Ábra	Nyílás e [mm]	Biztonsági távolság, s_r [mm]		
			Horony	Négyzet	Kör
Ujjhegy		$e \leq 4$	≥ 2	≥ 2	≥ 2
		$4 < e \leq 6$	≥ 10	≥ 5	≥ 5
Ujj az ujjtőig		$6 < e \leq 8$	≥ 20	≥ 15	≥ 5
		$8 < e \leq 10$	≥ 80	≥ 25	≥ 20
		$10 < e \leq 12$	≥ 100	≥ 80	≥ 80
		$12 < e \leq 20$	≥ 120	≥ 120	≥ 120
Kéz		$20 < e \leq 30$	≥ 850 (ha a horony hossza ≤ 65 mm, $s_r \geq 200$ mm elfogadható!)	≥ 120	≥ 120
Kar a vállízületig		$30 < e \leq 40$	≥ 850	≥ 200	≥ 120
		$40 < e \leq 120$	≥ 850	≥ 850	≥ 850

26. ábra Átnyúlás nyíláson [16]

A cellán található nyílásméretetek:

1. 370 x 280 mm
2. 370 x 280 mm
3. 360 x 280 mm

Veszélyes tér közötti távolság

1. 400 mm
2. 400 mm
3. 800 mm



27. ábra Ablak szélessége (saját fotó)

A táblázatban meghatározott nyílás értékek esetünkben nem használhatóak ezért a minimális biztonsági távolságot számításokkal kaphatjuk meg

6. Védőintézkedések

A cellán található beadagoló ablakok nyílásméretei nem megfelelőek, a veszélyes tér elérhető. Átnyúlás veszélye és a veszély tér elérhető. Intézkedést kell hozni, hogy a kockázat ne maradjon fent.

Biztonsági intézkedésként biztonsági fényfüggönyt (AOPD) felszerelést választottam az ablakokra.

AOPD jelentése = active optoelectronic protective devices = aktív optoelektronikai védőeszközök

Az AOPD-k olyan védőberendezések, amelyek optoelektronikus adó- és vevőelemek segítségével meghatározott kétdimenziós tartományban érzékelik az embert. Az adó

által a vevőnek küldött, párhuzamos fénysugarak (rendszerint az infravörös tartományban) olyan védőmezőt alkotnak, amely biztosítja a veszélyzónát. Az érzékelés egy vagy több sugár átlátszatlan test okozta teljes megszakításával történik. Ennek során a vevő a kapcsolókimenetek (OSSD) jelváltozásával (KI állapot) jelzi a sugár megszakadását. [11]

6.1 Az AOPD kiválasztása:

A robotrendszerekre érvényes MSZ EN ISO 10218-2 szabvány előírja az elérendő PLd teljesítmény szintet és SIL 3 kategóriát ezért az a fényfüggöny kiválasztásánál figyelembe kell venni.

A kívánt szint eléréséhez egy OMRON F3SG-4SRA0280-14-F típusú fényfüggőnyt választottam.



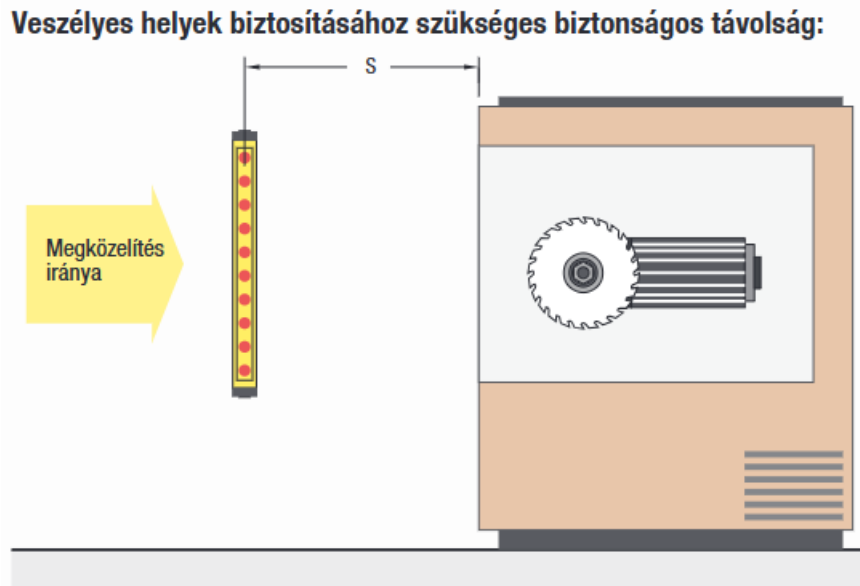
28. ábra F3SG-4SRA fényfüggöny [17]

Jellemzői felbontása 14 mm, újjvédelem, EN ISO 61496-1 szerinti 4 kategória, biztonsági magasság 280 mm, érzékelési távolság 300 mm-től – 10 méterig, válaszidő 8 ms.

6.2 Minimális biztonsági távolság meghatározása

A biztonsági fényfüggöny elhelyezésénél, figyelembe kell venni a szükséges minimális biztonsági távolságot. Ez nem más, mint a fényfüggöny és a veszélyes tér közötti távolság. Ipari

környezetben használt AOPD távolságnak a számítását az EN ISO 13855 szabvány szerint kell meghatározni.[13]



29. ábra Minimális biztonsági távolság [13]

Az EN ISO 13855 szabvány szerinti számítás képlete: $S = (K \times T) + C$

S = a veszélyzóna és az észlelési pont, közötti minimális távolság milliméterben kifejezve.

Ha a számítás eredményétől függetlenül 100 mm-es távolságot kell biztosítani. [13]

K = Megközelítési sebesség mm/s-ban kifejezve. 500 mm-es zárt térben ez a sebesség általában 2000 mm/s.

Ha a távolság 500 mm-nél nagyobb, akkor a K értéke 1600 mm/s is lehet. Ebben az esetben minimum 500 mm-nek kell lennie a biztonsági távolságnak. [13]

T = A teljes rendszerleállítás időigénye másodpercben kifejezve.

$$T = t_1 + t_2 + t_3$$

t_1 = a biztonsági érzékelő válaszideje másodpercben.

t_2 = a biztonsági csatolófelület tsi válaszideje, ha van ilyen.

t_3 = a gép leállításához szükséges maximális t_m idő másodpercben.

$C = 8 \times (d-14 \text{ mm})$, de nem kisebb, mint nulla.

d = a biztonsági érzékelő minimális tárgyfelbontása milliméterben.

$$S = (2000 \text{ mm/s} \times T) + 8 \times (d-14 \text{ mm})$$

Ez a képlet 500 mm-es minimális S távolságig bezárólag az összes távolságra alkalmazható.

S minimális értéke nem lehet 100 mm-nél kisebb.

Ha S értéke a fenti képlet használatával 500 mm-nél nagyobb, akkor az alábbi képletet lehet használni. Ebben az esetben az

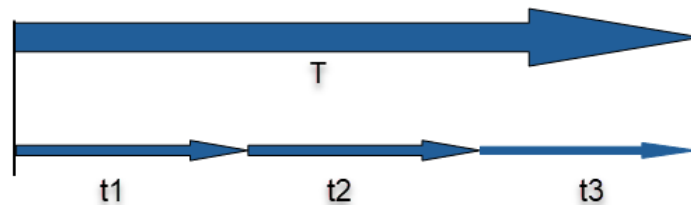
S minimális értéke nem lehet 500 mm-nél kisebb.

$$S = (1600 \text{ mm/s} \times T) + 8 \times (d-14 \text{ mm})$$

6.2.1 A leállási idő meghatározása

A minimális biztonsági távolság meghatározásához szükséges a teljes leállási idő kiszámítás, azaz T érték meghatározása.

$$T = t_1 + t_2 + t_3$$



30. ábra Leállási idő felépítése (saját kép)

t_1 = a biztonsági érzékelő válaszideje másodpercben.

t_2 = a biztonsági csatolófelület tsi válaszideje, ha van ilyen.

t_3 = a gép leállításához szükséges maximális t_m idő másodpercben.

t_1 = fényfüggöny válaszideje

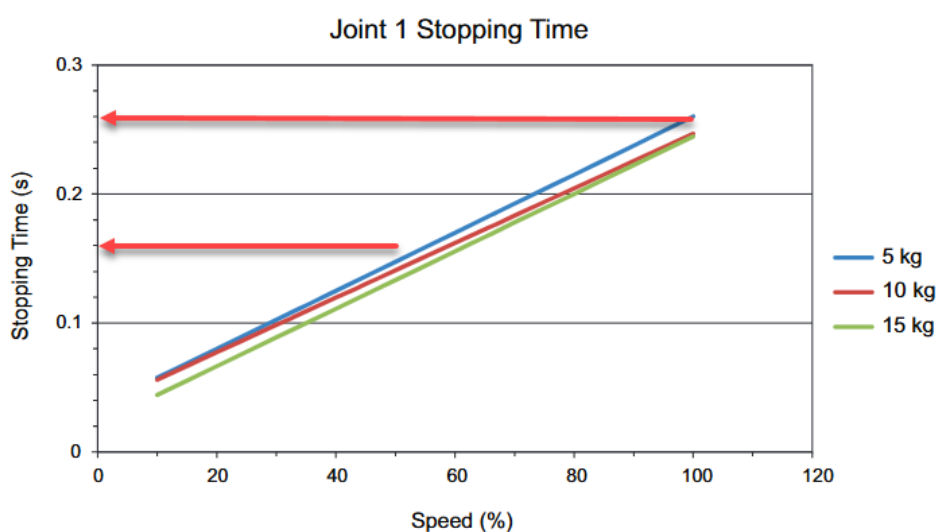
t_2 = biztonsági PLC válaszideje

t_3 = robot leállási ideje

A robot maximális leállási idejét a MSZ EN ISO 10218-1 szabvány szerint a gyártó megadja. Mivel az Omron robot tanúsítottan megfelel a szabványnak, így ennek érték használható további számításainkban.

Az EN ISO 10218-1 szabvány 7.2 n pontban előírtak szerint a gyártó a leállási idő szabványosított adatait megadta.

Leállási idő a %-ban megadott sebességtől és a robotkar maximális terhelési tömegéből adódik.



31. ábra Leállási idő grafikon [18]

Grafikonról 100 % sebességnél és 5 kg-os terhelésnél a kapott érték 0,26 s, 50 % sebességnél 0,16 s

Dokumentációk alapján rendelkezésre álló további adatok a fényfüggönyre és PLC-re:

$$t_1 = 8 \text{ ms} = 0,008 \text{ s}$$

$$t_2 = 125 \text{ } \mu\text{s} = 0,000125 \text{ s}$$

$$t_3 = \text{robot leállási ideje} = 0,26 \text{ s (100 \% sebességnél)} \text{ és } 0,16 \text{ s (50 \% sebességnél)}$$

$$T (100 \%) = 0,008 + 0,000125 + 0,26 \text{ s} = 0,268125 \text{ s}$$

$$T (50 \%) = 0,008 + 0,000125 + 0,16 \text{ s} = 0,168125 \text{ s}$$

6.2.2 Minimális távolság számítása:

Korábbi képletek alapján

100 % sebesség esetén:

$$S = (2000 \text{ mm/s} \times T) + 8 \times (d-14 \text{ mm}) = (2000 \text{ mm/s} \times 0,268125 \text{ s}) + 8 \times (14 - 14) = 536,25 \text{ mm}$$

50 % Sebesség esetén:

$$S = (2000 \text{ mm/s} \times T) + 8 \times (d-14 \text{ mm}) = (2000 \text{ mm/s} \times 0,168125 \text{ s}) + 8 \times (14 - 14) = 336,25 \text{ mm}$$

A veszélyes tér távolsága a fényfüggönyök tervezett felszerelési helyétől két esetben 400 mm. Számításaink alapján a minimális védőtávolság 336,25 mm csak 50 % sebesség esetén felel meg a szabványnak.

Ezért a robot maximális sebességet 50 %-ban kell meghatározni.

6.3 Fényfüggöny elhelyezése és PLC bővítése

Felhelyezésénél figyelembe kell venni, hogy a nyílásméret magassága 280 mm, a fényfüggöny legkisebb érzékelési távolsága 300 mm, ezért a burkolat nyílástól 10 mm-el kell szerelni. A robotcella védőburkolata alumínium gépépítő elemből készült ezért elhelyezése megfelelő elemekkel egyszerű feladat. Felszerelésénél a gyári F39-LSGA álltható rögzítőt használok.

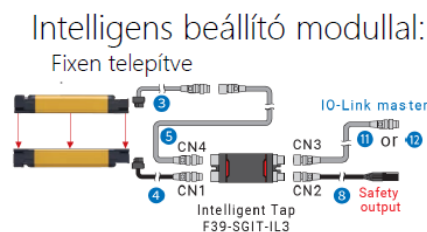


32. ábra Fényfüggöny tartó [19]



33. ábra A fényfüggönyök a robotcellán (saját szerkesztés)

A mechanikai telepítése után az elektromos bekötése szükséges a biztonsági vezérlőbe. A használt fényfüggöny számos bekötési lehetőséget biztosít a további alkalmazások kiválasztása függvényében. Lehetőség van a fényfüggönyökhöz intelligens F39-SGIT-IL3 betanító modult használni, amivel a jelszint, kapcsolási állapot ellenőrizhető, beállítható a némítás, bénítás funkció is. Ezenkívül akár I/O link vagy akár Bluetooth kapcsolat is kiépíthető az eszközzel. Ebben az esetben a következő csatlakozást kell választani. A biztonsági OSSD1 és OSSD2 jel kerül bekötése a biztonsági PLC-be.



34. ábra Betanító bekötése []

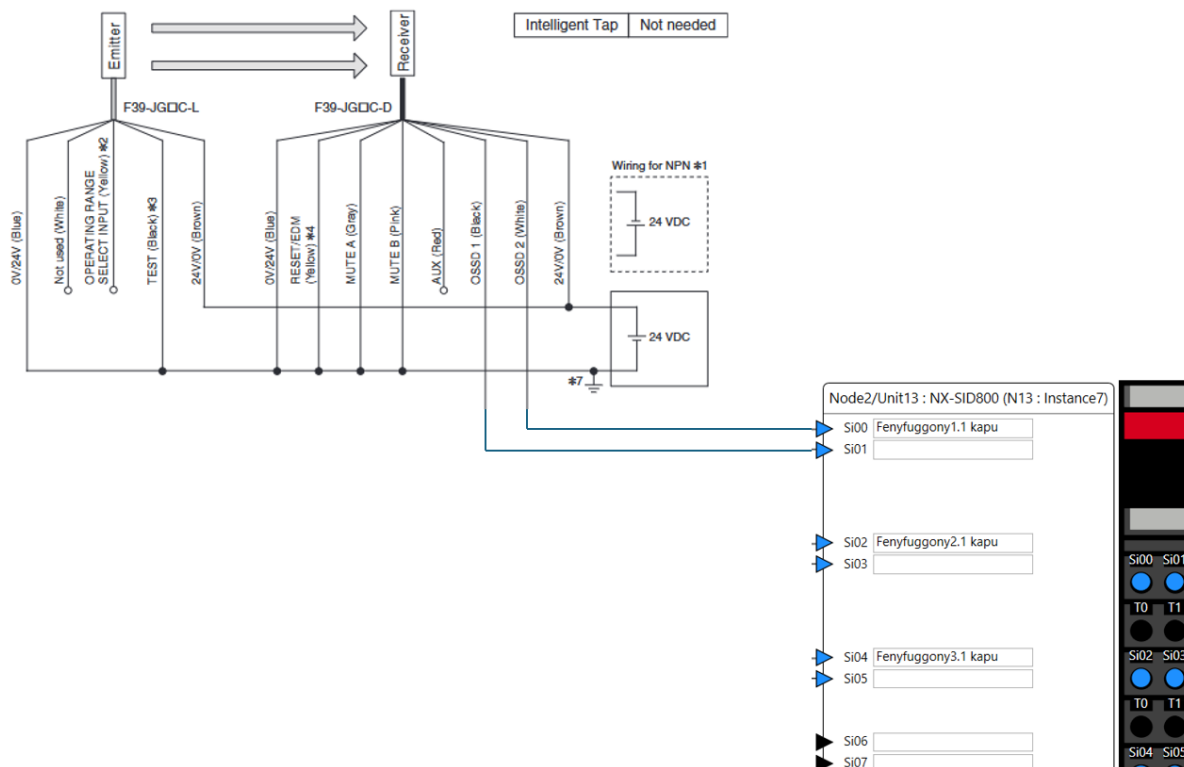


35.ábra F3SG-4SRA programozása

A Biztonsági jelek bekötéséhez nem áll rendelkezésre szabad bemenet, ezért bővítése szükséges. A NX-ECC203 csatoló egységre felfűzött biztonsági PLC mellé új NX-SID800 biztonsági modul beépítendő.



36.ábra NX-SID800 [20]

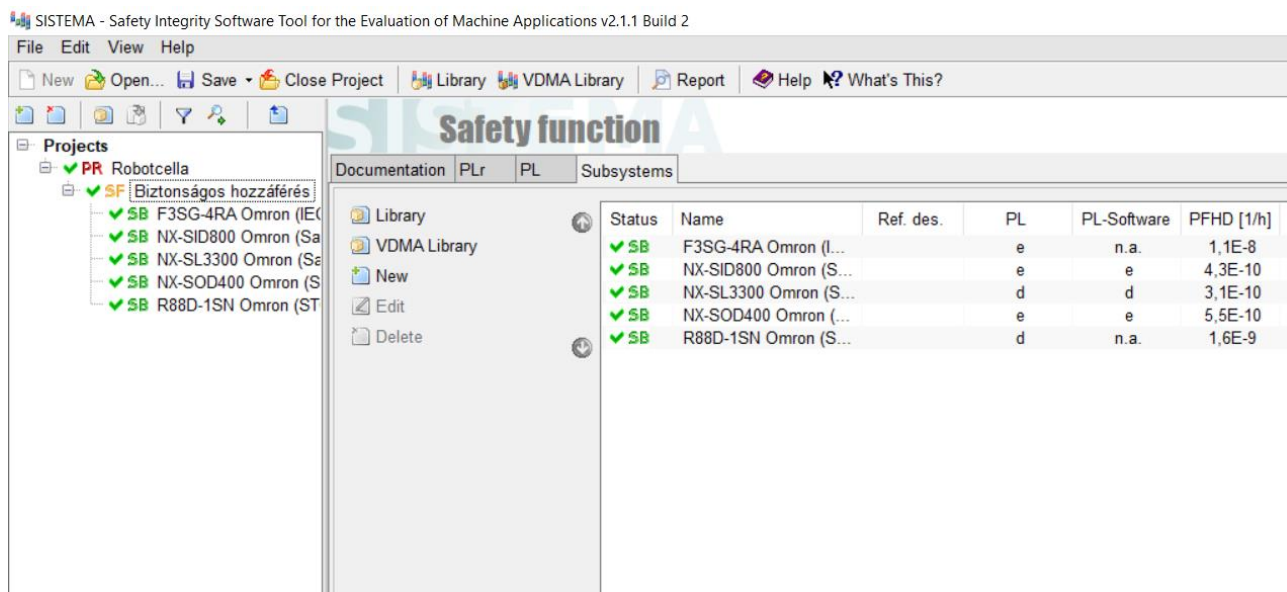


37.ábra a fényfüggöny bekötése (saját szerkesztés)

Beépítése után a biztonsági program módosítása szükséges.

A program módosítás előtt a beépített fényfüggönnyt és a vezérlő rendszer teljesítményszintjét ellenőriztem Sistema program segítségével. A MSZ EN ISO szabványban meghatározott teljesítményszint $PL = d$, a Sistema program ellenőrzés eredménye alapján teljesíti az elvárt $PL = d$ teljesítményszintet.

Az ellenőrzés menetének ismertetése nem része dolgozatomnak.



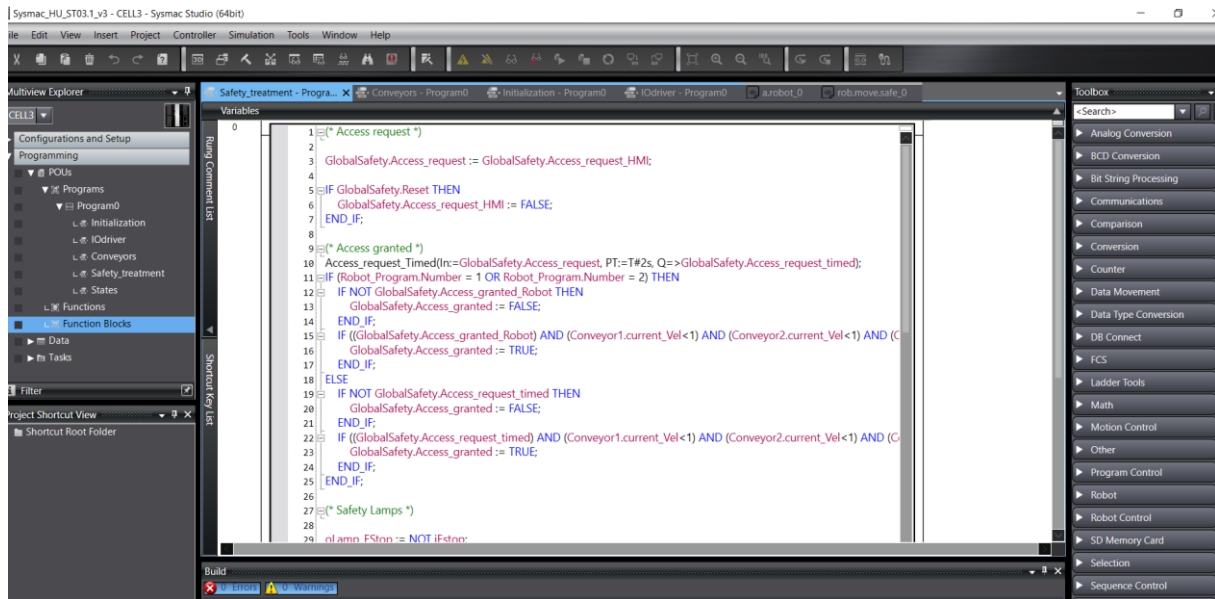
38.ábra Sistema ellenőrzés (saját fotó)

6.4 PLC program módosítása

A Vezérlő programozásához a Omron Sysmac Studio program segítségével lehetséges, melyben a fényfüggőnyt kell integrálni a korábbi rendszerhez. Az elvégzet első lépések:



39.ábra Sysmas induló képernyő (saját fotó)



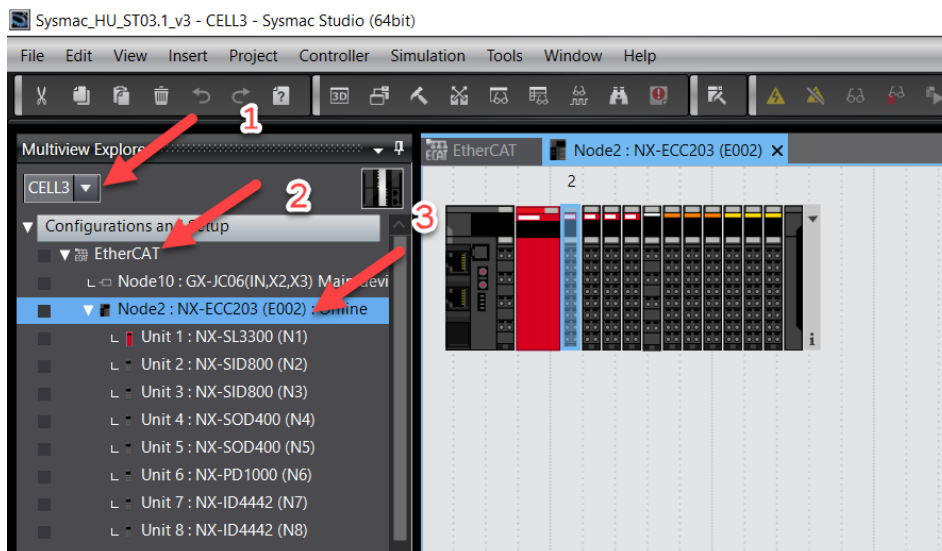
40.ábra Robot program (saját fotó)

A cella vezérlése három külön program egységből áll:

1. RobotcontrolSettings
2. Safety CPU
3. HMI

A PLC bővítéséhez először az új bemeneti egységet kell elhelyezni, ezt a CELL3-ba, ami a központi vezérlőegység.

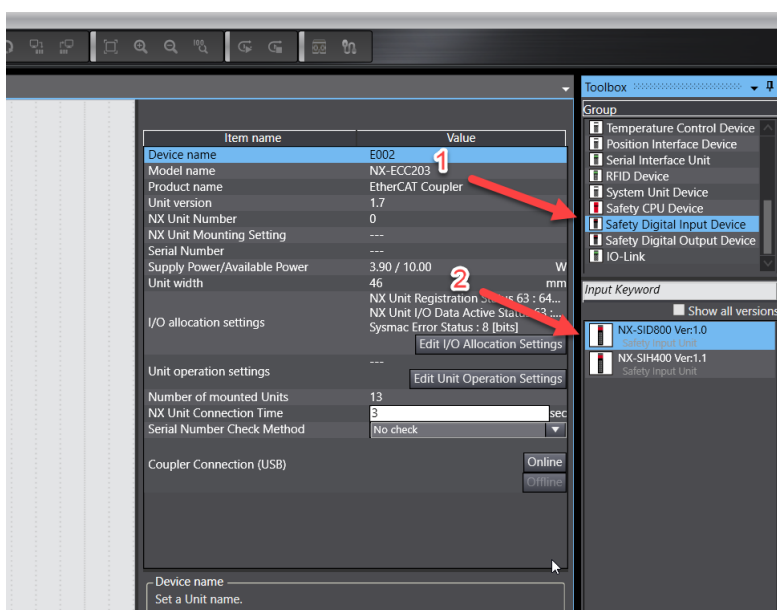
Mivel a biztonsági vezérlő EtherCat hálózaton csatlakozik, ezért az egységet először ott kell hozzáadni a NX-ECC203 csatolóhoz. Itt láthatóak az eddig használt modulok.



41.ábra Bemenetek bővítése (saját fotó)

Következő lépésben az NX-SID800 biztonsági bemeneti modult rendeljük a konfigurációhoz.

Legördülő menüből tudjuk hozzá adni a kívánt egységet.



42.ábra Bemenetek bővítése (saját fotó)

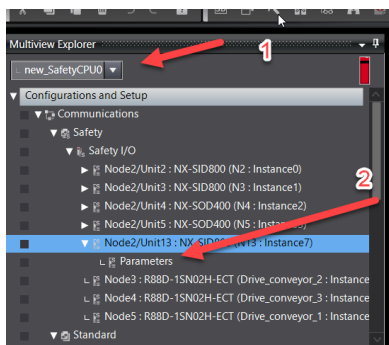
Sysmac Studio

Because safety system configuration was changed, the safety application data has become unvalidated.
Please execute safety validation again.

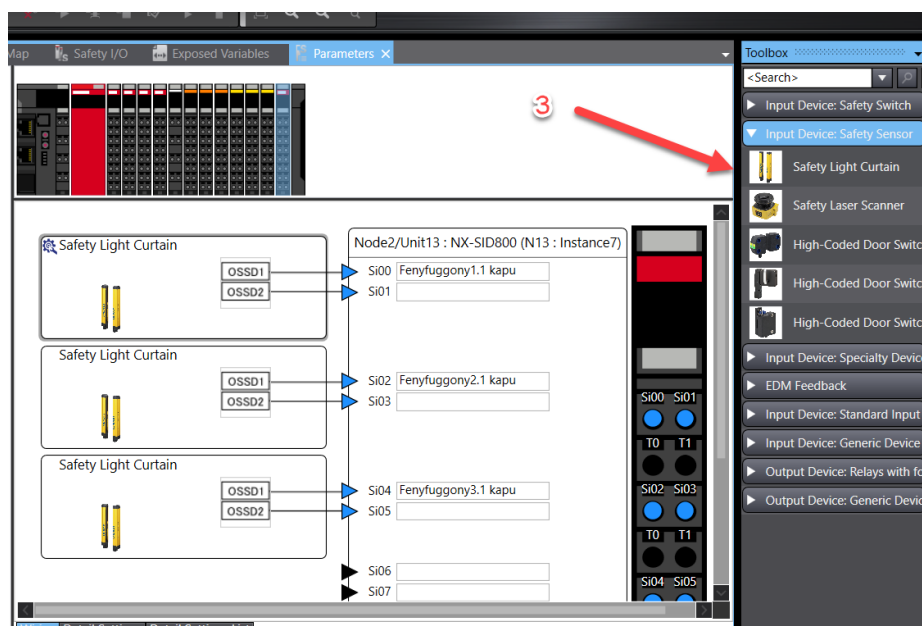
OK

43.ábra Figyelmeztetés a validációról (saját fotó)

Hozzáadása után a rendszer figyelmeztet, hogy biztonsági rendszer megváltozott, újra validálni szükséges. Ezt követően tudjuk beállítani az egységet, hogy milyen típusú biztonsági elem jelét kötjük be. Jelen esetben ez a biztonsági fényfüggöny, itt tudjuk megadni a bekötési pontot és egyben a bemenet megnevezését. Ezután bekerülnek az I/O Map-ba



44.ábra A fényfüggöny beillesztése a programba (saját fotó)



45.ábra A fényfüggöny beillesztése a programba (saját fotó)

Position	Port	R/W	Data Type	Variable	Variable Comment	Variable Type
▼ EtherCAT Network						
EtherCAT I	Master					
Node2/Ur	▶ NX-SID800					
Node2/Ur	▶ NX-SID800					
Node2/Ur	▶ NX-SOD400					
Node2/Ur	▶ NX-SOD400					
Node2/Ur	▶ NX-SID800					
▼ Safety Inputs						
	Si00 Logical Value	R	SAFEBOOL	feny1	Fenyfuggony1.1 kapu	Global Variables
	Si01 Logical Value	R	SAFEBOOL			
	Si02 Logical Value	R	SAFEBOOL	feny2	Fenyfuggony2.1 kapu	Global Variables
	Si03 Logical Value	R	SAFEBOOL			
	Si04 Logical Value	R	SAFEBOOL	feny3	Fenyfuggony3.1 kapu	Global Variables
	Si05 Logical Value	R	SAFEBOOL			
	Si06 Logical Value	R	SAFEBOOL			
	Si07 Logical Value	R	SAFEBOOL			
▶ Status						
Node3	▶ R88D-1SN02H-ECT					
Node4	▶ R88D-1SN02H-ECT					
Node5	▶ R88D-1SN02H-ECT					

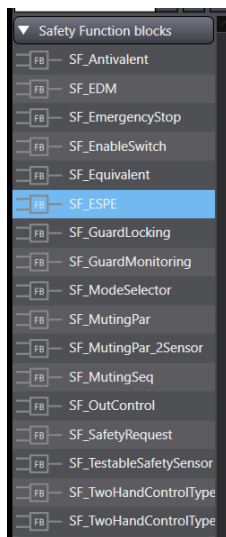
46.ábra A bemenetek elnevezése (saját fotó)

Következő lépés a fényfüggönyök logikai kapcsolatának kiépítése.

Először létre hozzuk a program mappát és felvesszük a funkcióblokkát, ami SF_ESPE.

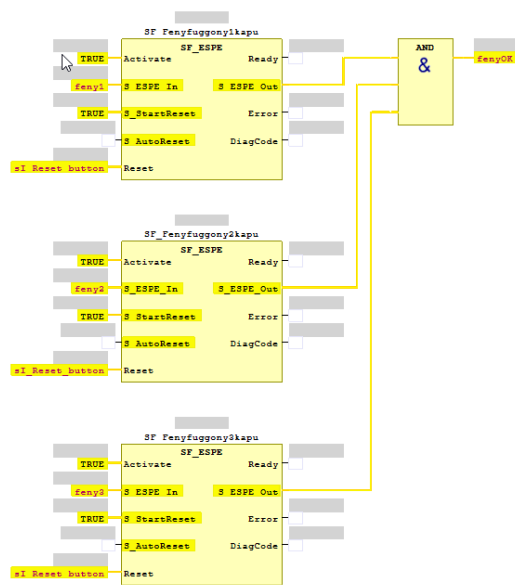
Az ESPE jelentése = Electro-Sensitive Protective Equipmen = elektroérzékeny védelmi berendezés

Ebbe a kategóriájába tartozhatnak például a fényfüggönyök, lézerszenkerek.



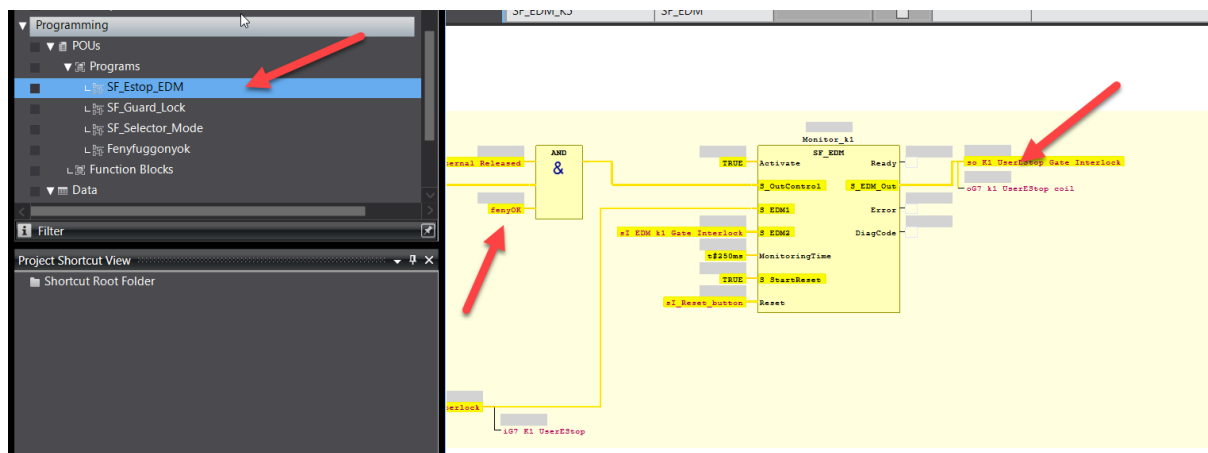
47.ábra Funkcióblokk (saját fotó)

Majd létrehozuk a három elem funkcióblokkját. A három védőfüggöny azonos, egyértékű funkciót lát el. Tehát ha bármelyik ablakban megszakítják sugarait, vészleállítást indít. Ezért kapcsolatuk a funkciókban „ÉS” kapcsolat, mivel OSSD1 és OSSD2 jelek akkor vannak kapcsolva, ha mindhárom egységnél teljesülnek a biztonsági feltételek. A sugarakat nem blokkolja semmi a védelmi terekben. Ekkor a felvett „Fényok”, azaz fényfüggönyök OK logikailag igaz, ha három egységnél igaz.



48.ábra A fényfüggönyök funkcióblokkok (saját fotó)

Következő lépésként, mivel a biztonsági fényfüggönyök azonos intézkedést indítanak a cellában a vész állj körbe illesztjük. Ha vész állj kör és fényfüggönyök logikai értéke igaz és a biztonsági mágneskapcsolók is igaz értékbe kerülnek, a biztonsági kör „OK”.



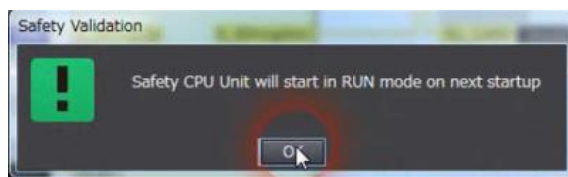
49.ábra A biztonsági programba illesztés (saját fotó)

A program módosításához a PLC-re való feltöltés előtt újra validálnunk szükséges a biztonsági programot.

Ennek lépései:



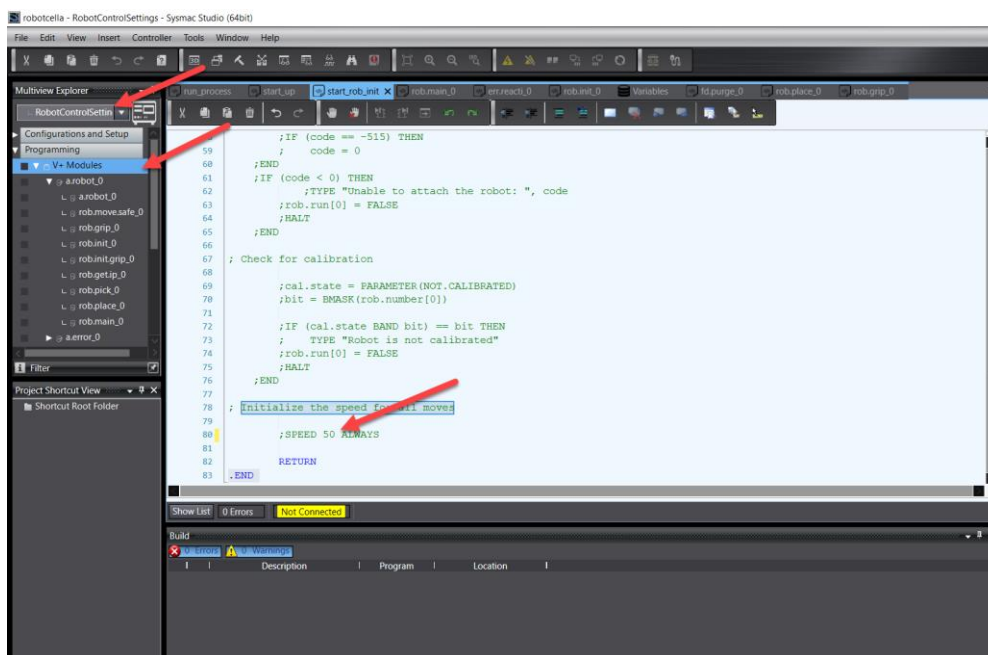
50.ábra A program validációja (saját fotó)



51.ábra A plc futtatása (saját fotó)

Az elkészült programot feltölthetjük a biztonsági PLC-re és ettől kezdve a fényfüggőnyt illesztettük a rendszerbe. A veszélyes tér elérhetőségét megszüntettük.

Feltöltése előtt a robot sebességét kell korlátoznunk a minimális biztonsági távolság megállapításakor kapott 50 %-os értékre. Ez a robot programrészben tudjuk megváltoztatni.



52.ábra A robot sebesség állítása 50%-ra (saját fotó)

Az így elkészült program feltölthető a robot vezérlőjébe.

7. Gazdasági számítás

A gépbiztonsági átalakítás, azaz a fényfüggönyök beépítése a következő költségekkel jár.

Alapanyag:

Megnevezés	Rendelési szám	Mennyiség	Egységár / Ft	Ár / Ft
Biztonsági fényfüggöny	F3SG-4SRA028014-F	3 pár	256.700,-	770.100,-
Rövid kábel	F39-JGR3W	3 db	46.140,-	138.420,-
Kábel Adó	F39-JG3B-L	3 db	10.130,-	30.390,-
Kábel Vevő	F39-JG3B-D	6 db	13.690,-	82.140,-
Tartó	F39-LSGA	3	15.110,-	45.330,-
Betanító modul	F39-SGIT-IL3	3	78.750,-	236.250,-
PLC Safety I/O	NX-SID800	1	208.800,-	208.800,-
Segédanyag		1	2.000,-	2.000,-
Összesen:				1.513.430,-

Munkadíj

Megnevezés	Idő	Óradíj / Ft	Ár / Ft
Fényfüggöny telepítése	5 óra	20.000,-	100.000,-
Beállítások	1 óra	20.000,-	20.000,-
Programozás	1 óra	30.000,-	30.000,-
Dokumentáció	2 óra	30.000,-	60.000,-
Összesen			210.000,-

A munka összköltsége nettó: **1.723.430 Ft**

Ez az ár a robotcella költségéhez mérve nem jelentős beruházás. Tekintve, hogy biztonsági funkciók lettek kiegészítve és így a teljesíti az MSZ EN ISO 10218-2 szabványt.

8. Összefoglaló

A szakdolgozatom témája egy robotcella gépbiztonsági felülvizsgálata, az EN ISO 10218-2 számú szabvány szerint, valamint annak gépbiztonsági átalakítása. Választásom azért esett a robotcella gépbiztonsági felülvizsgálatára, mert gépbiztonsági szempontból a különleges gépek csoportjába tartozik. Az oktatási célra épített berendezése, biztonságos működése nagyon fontos. A szakirodalom megismerése érdekében áttekintettem robotok történetét, általános felépítésüket. Megismertem a robotcellákra vonatkozó biztonsági követelményeket, törvényi előírásokat. Áttanulmányoztam robotokra vonatkozó szabványokat. Áttanulmányoztam a teljesítményszint számításának módszerét. Megvizsgáltam a biztonsági funkciók tervezését.

Az első szemrevételezés során kiderült, hogy a robotcella módosításokat igényel.

A dolgozatom első részében általánosan bemutattam a robotokat, azok történetének főbb pontjait és az általános felépítésüket. Ismertettem a robotrendszerekre vonatkozó biztonsági követelményeket, törvényi előírásokat, szabványokat. Valamint, szemléltettem a vizsgált robotcellát. Ezután elvégeztem a cella felülvizsgálatát EN ISO 10218-2 szabvány útmutatásai alapján. A vizsgálat után megállítottam a hiányosságát, kiválasztottam a védelmi berendezést átnyúlás elleni védelemre, ami során fényfüggőnyt választottam. Ezek után elvégeztem a fényfüggöny beépítése során használt rendszerelemek teljesítményszint megfelelőségét a Sistema program segítségével, kiszámoltam a minimális védelmi távolságot a fényfüggöny elhelyezésére. Továbbá meghatároztam a leállási idő függvényében a maximális robot sebességet, amivel biztonságosan használható az állomás. Módosítottam a biztonsági PLC programot. Elvégeztem a gazdasági számítását a robotcella gépbiztonsági bővítésének.

A cella átalakítása folyamatban.

9. Summary

My thesis focuses on the safety review and modification of a robotic cell according to the EN ISO 10218-2 standard. I chose the safety review of the robotic cell because from a machine safety perspective, it belongs to the category of special machines. Ensuring safety compliance is particularly important as the equipment was built for educational purposes. To gain an understanding of the relevant literature, I reviewed the history and general structure of robots, familiarized myself with the safety requirements and legal regulations for robotic cells, studied the standards related to robots, examined the methods for calculating performance levels, and explored the design of safety functions.

During the initial inspection, it became clear that modifications were required in the robotic cell. In the first part of my thesis, I presented the main milestones in the history of robots, their general structure, and the safety requirements, legal regulations, and standards applicable to robotic systems. I also introduced the specific robotic cell under review.

Next, I conducted the cell's safety review based on the guidelines of the EN ISO 10218-2 standard. Following the review, I identified deficiencies and selected a protective device for reach protection, opting for a light curtain. I completed a SISTEMA report for the installation of the light curtain and calculated the minimum protective distance for its placement. Additionally, I determined the maximum robot speed based on stopping time and modified the safety PLC program accordingly. I completed the economic calculation for the modification.

The modification of the cell is currently underway.

10. Nyilatkozat

NYILATKOZAT

Keresztes Tamás (hallgató Neptun azonosítója: BQNDNO) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót¹ áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő védésre javaslom / nem javaslom².

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem^{*3}

Gödöllő, 2024. november 5.


belső konzulens

NYILATKOZAT

a záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió¹ nyilvános hozzáféréseiről és eredetiségéről

A hallgató neve: Keresztes Tamás
A Hallgató Neptun kódja: BQNDNO
A dolgozat címe: Robotcella gépbiztonsági felülvizsgálata
A megjelenés éve: 2024
A konzulens intézetének neve: Műszaki Intézet
A konzulens tanszékének a neve: Mechatronika Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

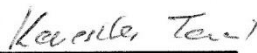
Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkor szellemi tulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumába. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelté után

nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumában.

Kelt: 2024 év november hó 05 nap


Hallgató aláírása

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törölendő.

11. Irodalomjegyzék

- [1] „Omron” [online] Available:
<https://industrial.omron.hu/hu/products/i4h> [Hozzáférés dátuma: 29.09.2024]
- [2] 1993. évi XCIII. törvény a munkavédelemről, 1993.
- [3] I. Fraser, „Útmutató a gépekről szóló 2006/42/EK irányelv alkalmazáshoz,” Európai Bizottsága Vállalkozási és Ipari Főigazgatóság, 2010.
- [4] AZ EURÓPAI PARLAMENT ÉS A TANÁCS 2006/42/EK IRÁNYELVE a gépekről és a 95/16/EK irányelv módosításáról, 2006.
- [5] AZ EURÓPAI PARLAMENT ÉS A TANÁCS 2006/42/EK IRÁNYELVE a gépekről és a 95/16/EK irányelv módosításáról 7. cikk (2), 2006.
- [6] 1995. évi XXVIII. törvény 4. § (1), 1995.
- [7] AZ EURÓPAI PARLAMENT ÉS A TANÁCS 2006/42/EK IRÁNYELVE a gépekről és a 95/16/EK irányelv módosításáról 2. cikk (1), 2006.
- [8] B. B. Dr. Földi László József, „Ipari gépek CE jelölése és biztonsága az EU-s és hazai szabályozás tükrében,” Magyar Mérnöki Kamara, 2022.
- [9] EN ISO 10218-1, 2011.
- [10] EN ISO 10218-2, 2011.
- [11] SICK, „Útmutató a biztonságos gépekhez,” 2015.
- [12] B. B. Dr. Földi László József, „Ipari gépek CE jelölése és biztonsága az EU-s és hazai szabályozás tükrében,” Magyar Mérnöki Kamara, 2022.
- [13] OMRON, „Gépbiztonsági útmutató”, 2012/2013
- [14] „Pilz” [online] Available:
<https://www.pilz.com/en-INT/support/law-standards-norms/functional-safety/en-iec-62061>
[Hozzáférés dátuma: 29.09.2024]

[15] OMRON, „Robotcellák útmutató” 2022.

[16] MSZ EN ISO 13854:2020

[17] „Omron” [online] Available:
<https://industrial.omron.hu/hu/products/F3SG-4SRA0280-25-F> [Hozzáférés dátuma:
12.10.2024]

[18] OMRON i4H Scara Robots User’s Manual, 2022

[19] „Omron” [online] Available:
<https://industrial.omron.hu/hu/products/F3SG-4SRA0280-25-F> [Hozzáférés dátuma:
12.10.2024]

EN ISO 4413, Hidraulikafolyadék teljesítmény – A rendszerekre és alkatrészeikre vonatkozó általános szabályok és biztonsági követelmények

A hidraulikus teljesítményátvitel. A rendszerek és szerkezeti elemeik általános szabályai és biztonsági követelményei (ISO 4413:2010)

EN ISO 4414, Pneumatikus folyadék teljesítmény – Általános szabályok és biztonsági követelmények a rendszerekre és alkatrészeikre

Pneumatikus teljesítményátvitel. A rendszerek és szerkezeti elemeik általános szabályai és biztonsági követelményei (ISO4414:2010)

EN ISO 8995-1, Munkahelyek világítása – 1. rész: Beltéri

EN ISO 9946, Ipari robotok manipulálása – Jellemzők bemutatása

EN ISO 10218-1, Robotok és roboteszközök. Ipari robotok biztonsági követelményei. 1. rész: Ipari robotok

EN ISO 11161, Gépek biztonsága – Integrált gyártási rendszerek – Alapkövetelmények

EN ISO 12100, Gépek biztonsága – Általános tervezési alapelvek – Kockázatértékelés és kockázatcsökkentés

EN ISO 13849-1:2006, Gépek biztonsága. Vezérlőrendszerek biztonsággal kapcsolatos részei. 1. rész: Általános tervezési alapelvek

EN ISO 13850, Gépek biztonsága – Vészleállítás – Tervezési alapelvek

EN ISO 13854, Gépek biztonsága – Minimális hézagok az emberi testrészek összezúzásának elkerülésére

EN ISO 13855, Gépek biztonsága – Biztonsági intézkedések elhelyezése az emberi testrészek megközelítési sebessége tekintetében

EN ISO 13856 (minden alkatrész), Gépek biztonsága – Nyomásérzékeny védőeszközök

EN ISO 13857, Gépek biztonsága – Biztonsági távolságok a veszélyes zónák felső és alsó végtagjai általi elérésének megakadályozására

EN ISO 14118, Gépek biztonsága – Váratlan indítás megelőzése

EN ISO 14119, Gépek biztonsága – Védőelemekhez kapcsolódó reteszelőberendezések – Tervezési és kiválasztási alapelvek

EN ISO 14120, Gépek biztonsága – Védőburkolatok – A rögzített és mozgatható védőburkolatok tervezésére és felépítésére vonatkozó általános követelmények

EN ISO 14122 (minden alkatrész), Gépek biztonsága – A gépekhez való állandó hozzáférés

IEC 60204-1, Gépek biztonsága. Gépek elektromos berendezései. 1. rész: Általános követelmények

IEC 61496-1, Gépek biztonsága. Elektromos érzékeny védőberendezések. 1. rész: Általános követelmények és vizsgálatok

IEC 61800-5-2, Állítható fordulatszámú elektromos hajtásrendszerek. 5-2. rész: Biztonsági követelmények

IEC/TS 62046, Gépek biztonsága – Védőfelszerelés alkalmazása személyek jelenlétének kimutatására

IEC 62061:2005, Gépek biztonsága – A biztonsággal kapcsolatos elektromos, elektronikus és programozható elektronikus vezérlőrendszerek funkcionális biztonsága

12. Mellékletek

I. melléklet: Robotcella biztonsági PLC programja

II. melléklet: SISTEMA riport

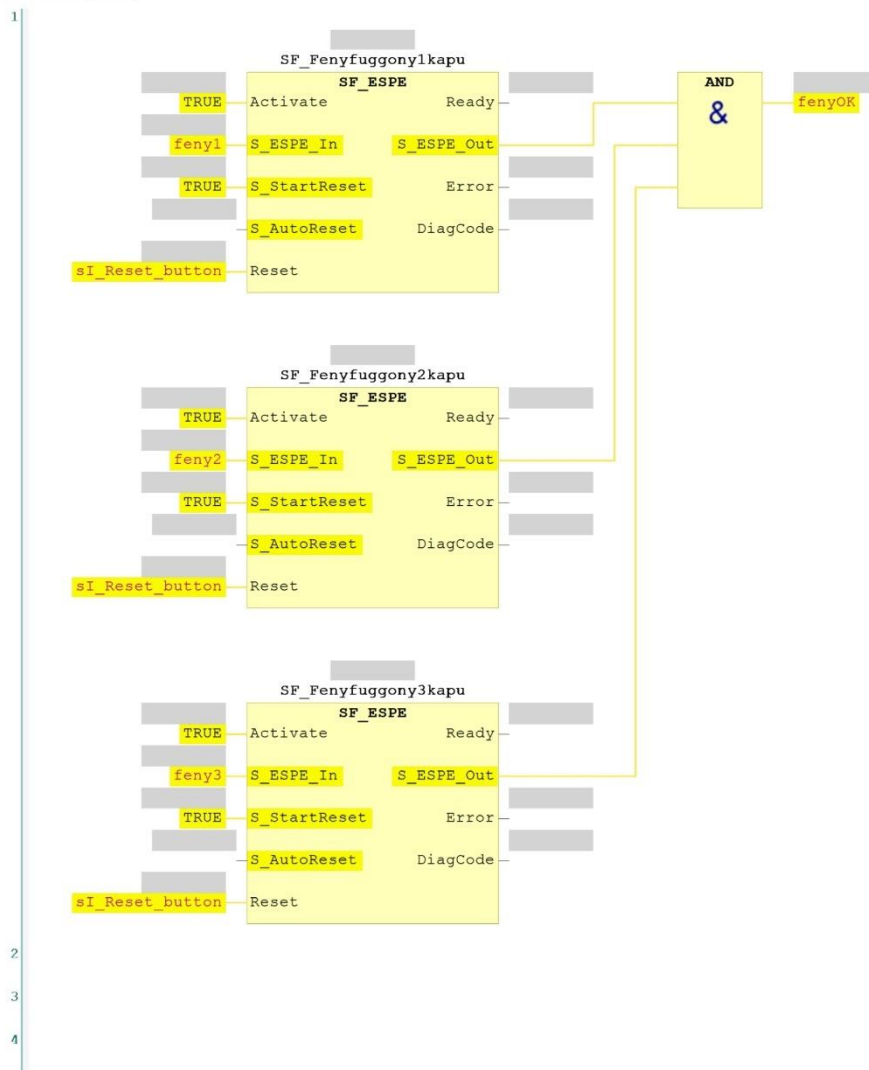
I, Melléklet:

robotcella

new_SafetyCPU0 Program

Fenyfuggonyok

1-5-1-4-2.Program



robotcella

new_SafetyCPU0 Variables

Fenyfuggonyok

1-5-1-4-1.Variables

Name	Data Type	Initial Value	Constant	Comment
VAR				
SF_Fenyfuggony 3kapu	SF_ESPE		False	
SF_Fenyfuggony 2kapu	SF_ESPE		False	
SF_Fenyfuggony 1kapu	SF_ESPE		False	
VAR_EXTERNAL				
Estop_External_ Released	SAFEBOOL		False	
sI_Reset_button	SAFEBOOL		False	
feny1	SAFEBOOL		False	
feny2	SAFEBOOL		False	
feny3	SAFEBOOL		False	
fenyOK	SAFEBOOL		False	
so_K1_UserES to_p_Gate_Interlock	SAFEBOOL		False	

robotcella

new_SafetyCPU0 Fenyfuggonyok

Fenyfuggonyok

1-5-1-4.Fenyfuggonyok

Name: Fenyfuggonyok
CRC: 16#43A9_9650
Version:
Author: kertam
Created: 2024. 11. 03. 11:36:06
Updated: 2024. 11. 03. 15:34:02
Comment:
In Work

robotcella

new_SafetyCPU0 Program

SF_Selector_Mode

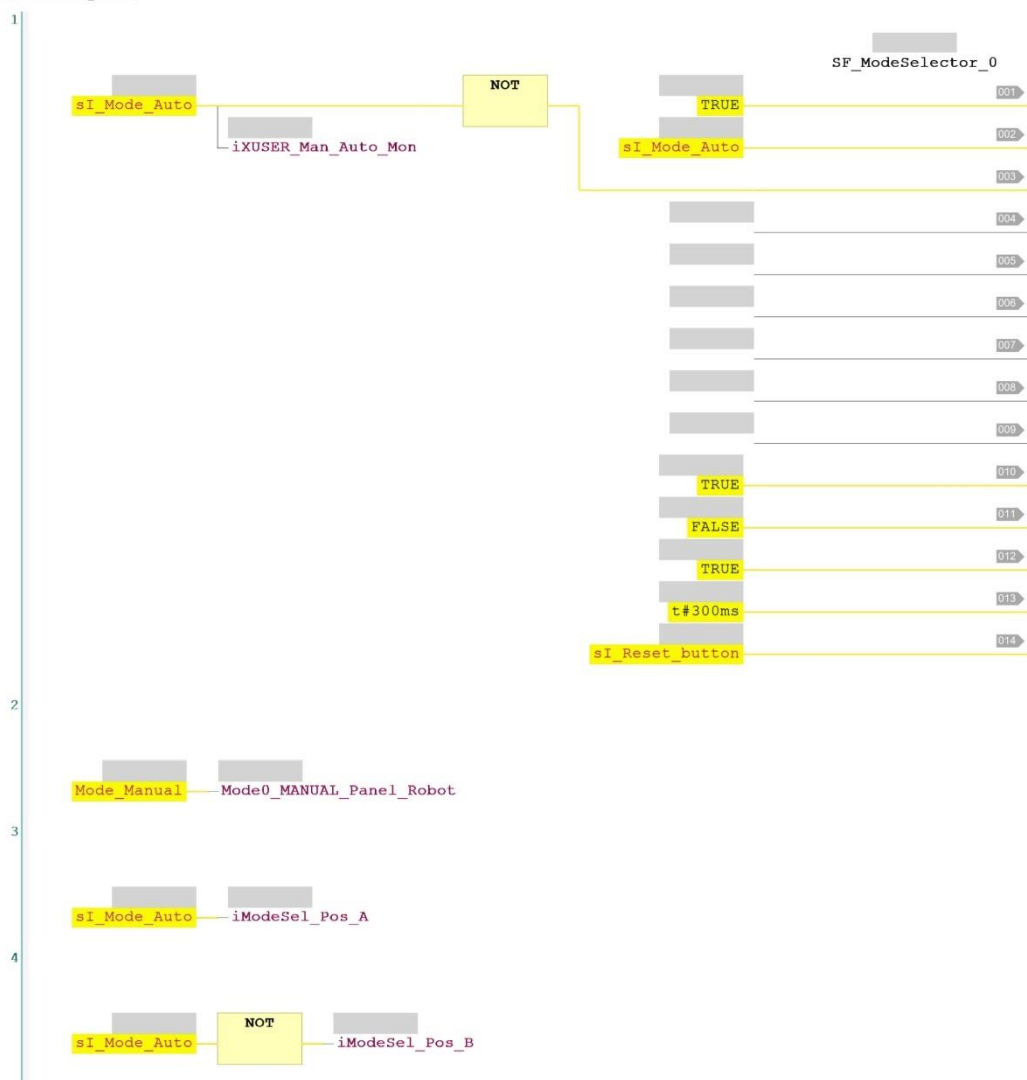


robotcella

new_SafetyCPU0 Program

SF_Selector_Mode

1-5-1-3-2.Program



robotcella

new_SafetyCPU0 Variables

SF_Selector_Mode

1-5-1-3-1.Variables

Name	Data Type	Initial Value	Constant	Comment
VAR				
SF_ModeSelector_0	SF_ModeSelector		False	
Si_selectr	SAFEBOOL	FALSE	False	
VAR_EXTERNAL				
so_K3_Muted_Safety_Gate	SAFEBOOL		False	
sl_Mode_Auto	SAFEBOOL		False	
sl_Reset_button	SAFEBOOL		False	
Mode_Auto	SAFEBOOL		False	
Mode_Manual	SAFEBOOL		False	
oG7_k3_MutableGate_coil	BOOL		False	
Mode0_MANUAL_Panel_Robot	BOOL		False	
Mode1_AUTO_Panel_Robot	BOOL		False	
sl_Selector_Mode_Auto	SAFEBOOL		False	
iModeSel_Pos_A	BOOL		False	
iModeSel_Pos_B	BOOL		False	
iG7_K3_MutableGate	BOOL		False	
iXUSER_Man_Auto_Mon	BOOL		False	

robotcella

new_SafetyCPU0 SF_Selector_Mode

SF_Selector_Mode

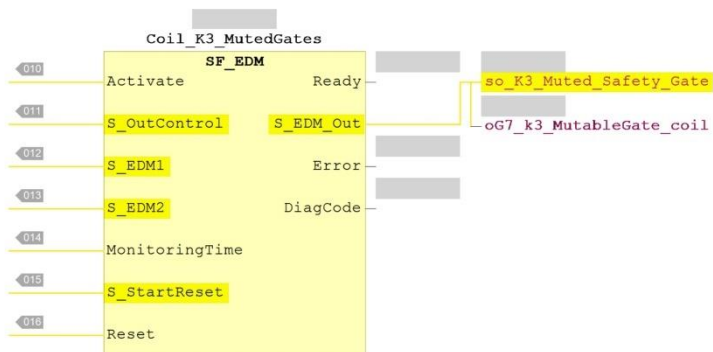
1-5-1-3.SF_Selector_Mode

Name: SF_Selector_Mode
CRC: 16#0FD9_B16D
Version:
Author: bonjua
Created: 2018. 04. 19. 17:35:47
Updated: 2024. 11. 03. 15:34:02
Comment:
In Work

robotcella

new_SafetyCPU0 Program

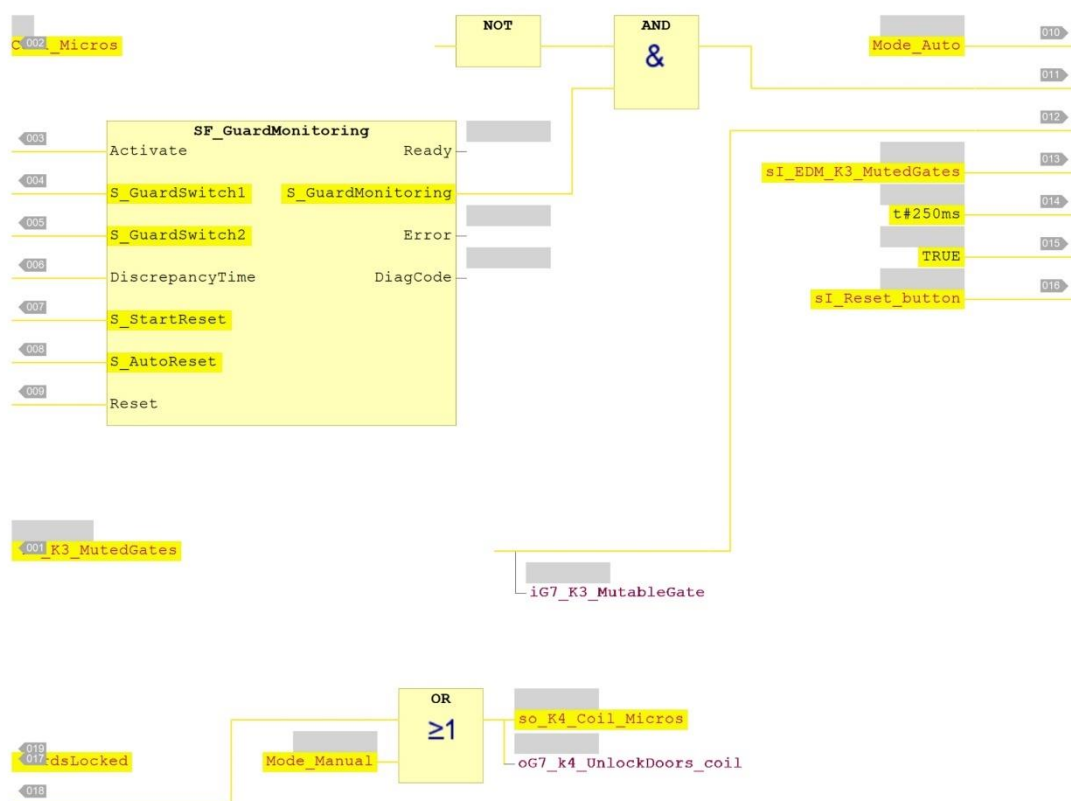
SF_Guard_Lock



robotcella

new_SafetyCPU0 Program

SF_Guard_Lock

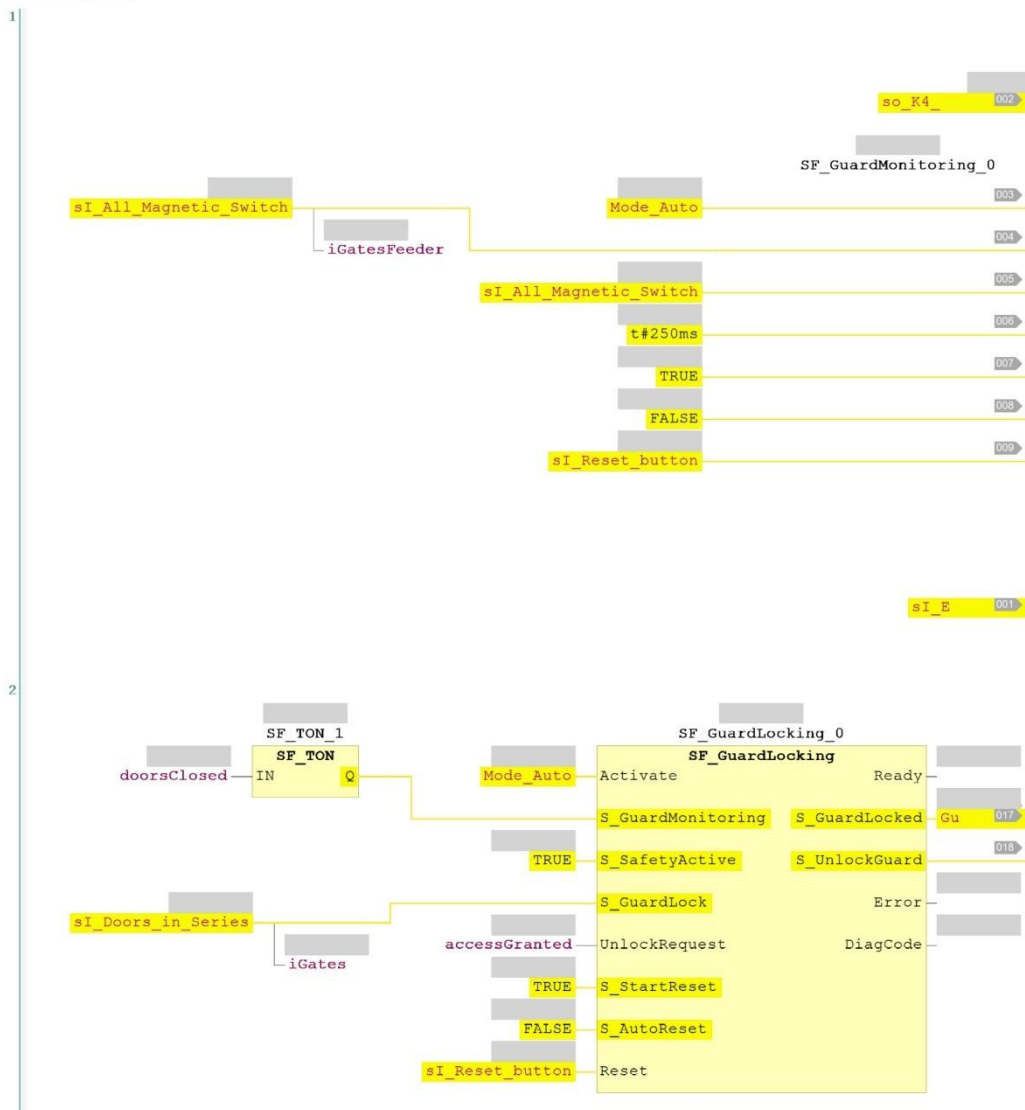


robotcella

new_SafetyCPU0 Program

SF_Guard_Lock

1-5-1-2-2.Program



robotcella

new_SafetyCPU0 Variables

SF_Guard_Lock

1-5-1-2-1.Variables

Name	Data Type	Initial Value	Constant	Comment
VAR				
SF_GuardLocking_0	SF_GuardLocking		False	
SF_TON_0	SF_TON		False	
SF_TON_1	SF_TON		False	
Coil_K3_MutedGates	SF_EDM		False	
SF_GuardMonitoring_0	SF_GuardMonitoring		False	
VAR_EXTERNAL				
so_K4_Coil_Micros	SAFEBOOL		False	
sl_EDM_k1_GateInterlock	SAFEBOOL		False	
sl_Reset_button	SAFEBOOL		False	
Mode_Auto	SAFEBOOL		False	
Mode_Manual	SAFEBOOL		False	
sl_Doors_in_Series	SAFEBOOL		False	
oG7_k3_MutableGate_coil	BOOL		False	
accessGranted	BOOL		False	
doorsClosed	BOOL		False	
iG7_K3_MutableGate	BOOL		False	
iXUSER_Man_Auto_Mon	BOOL		False	
GuardsLocked	SAFEBOOL		False	
EX_Controller_Running	SAFEBOOL		False	
Estop_External_Released	SAFEBOOL		False	
iGates	BOOL		False	
so_K3_Muted_Safety_Gate	SAFEBOOL		False	
sl_EDM_K3_MutedGates	SAFEBOOL		False	
sl_All_MagneticSwitch	SAFEBOOL		False	
oG7_k4_UnlockDoors_coil	BOOL		False	
iGatesFeeder	BOOL		False	

robotcella

new_SafetyCPU0 SF_Guard_Lock

SF_Guard_Lock

1-5-1-2.SF_Guard_Lock

Name: SF_Guard_Lock
CRC: 16#AD46_2CBB
Version:
Author: bonjua
Created: 2018. 04. 19. 17:06:51
Updated: 2024. 11. 03. 15:34:02
Comment:
In Work

robotcella

new_SafetyCPU0 Program

SF_Estop_EDM

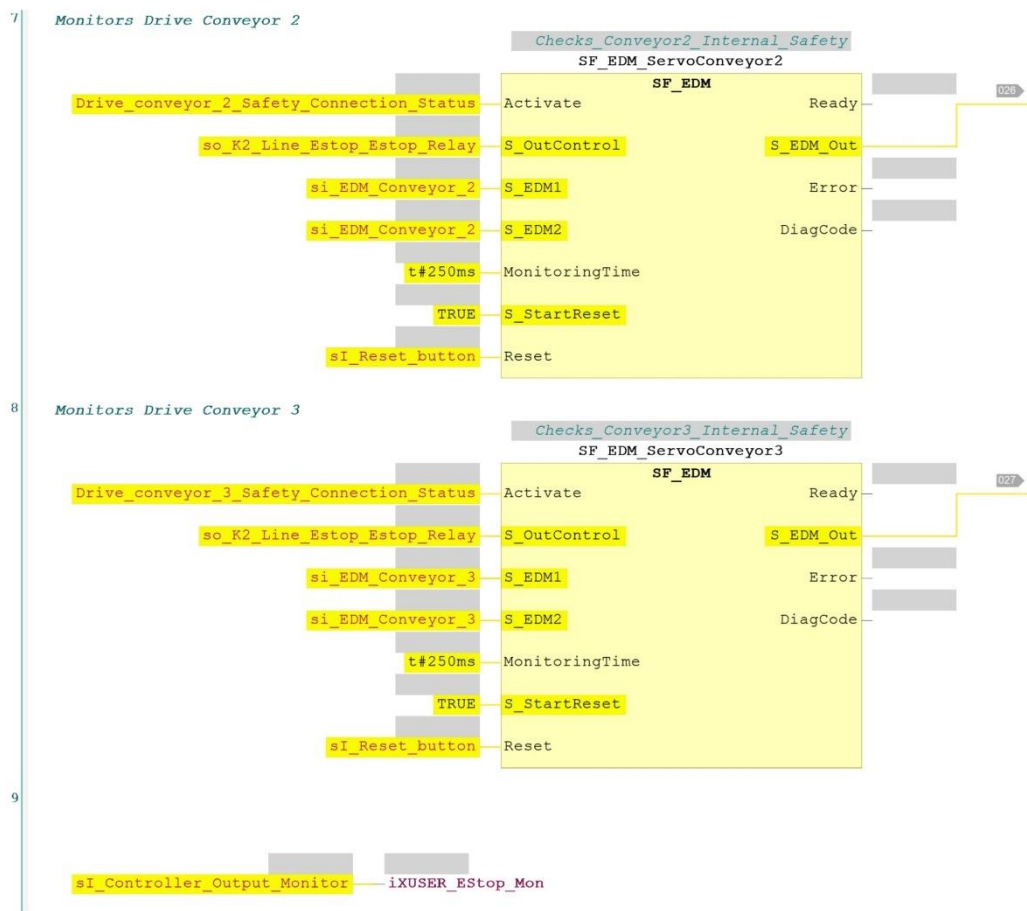
026
so_STO_Conveyor_2

027
so_STO_Conveyor_3

robotcella

new_SafetyCPU0 Program

SF_Estop_EDM



robotcella

new_SafetyCPU0 Program

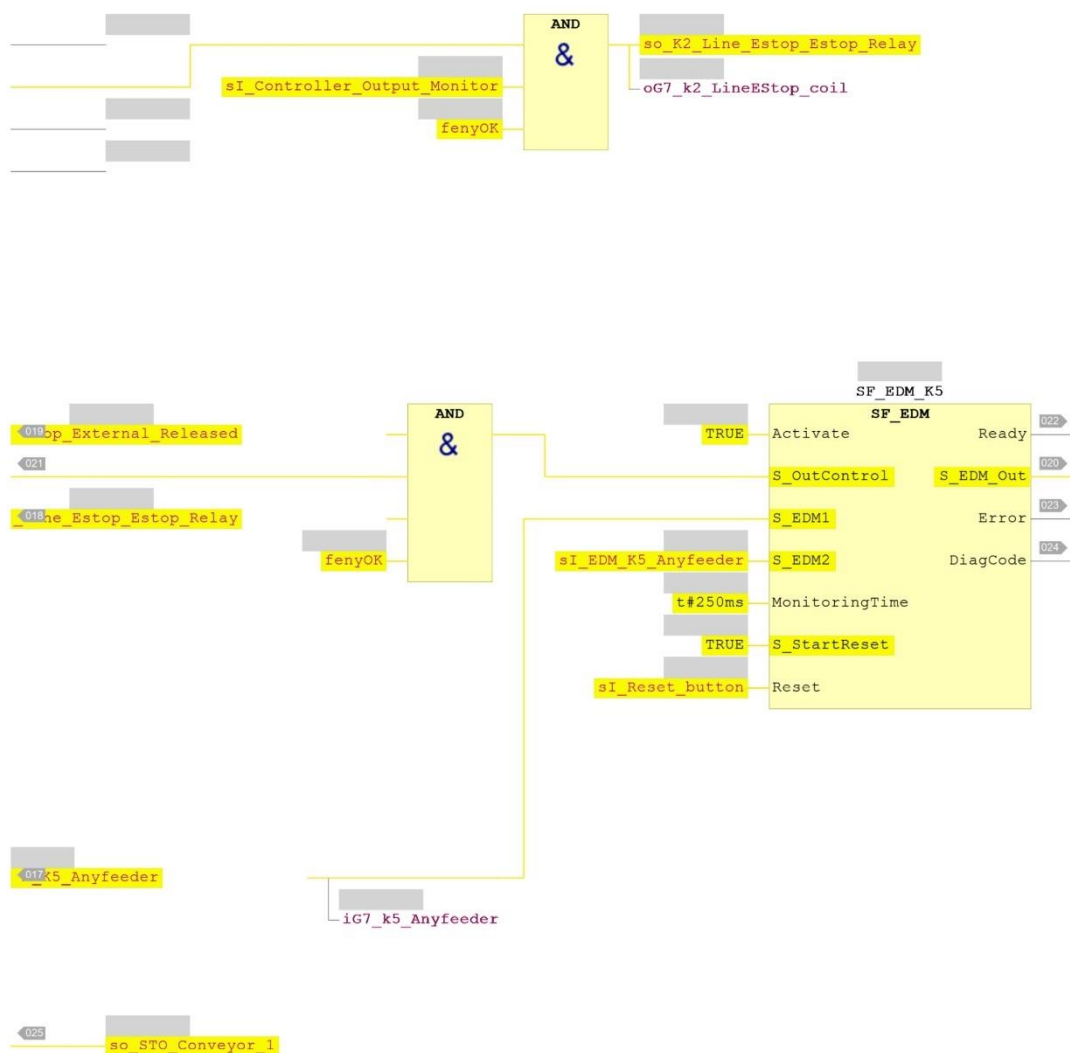
SF_Estop_EDM



robotcella

new_SafetyCPU0 Program

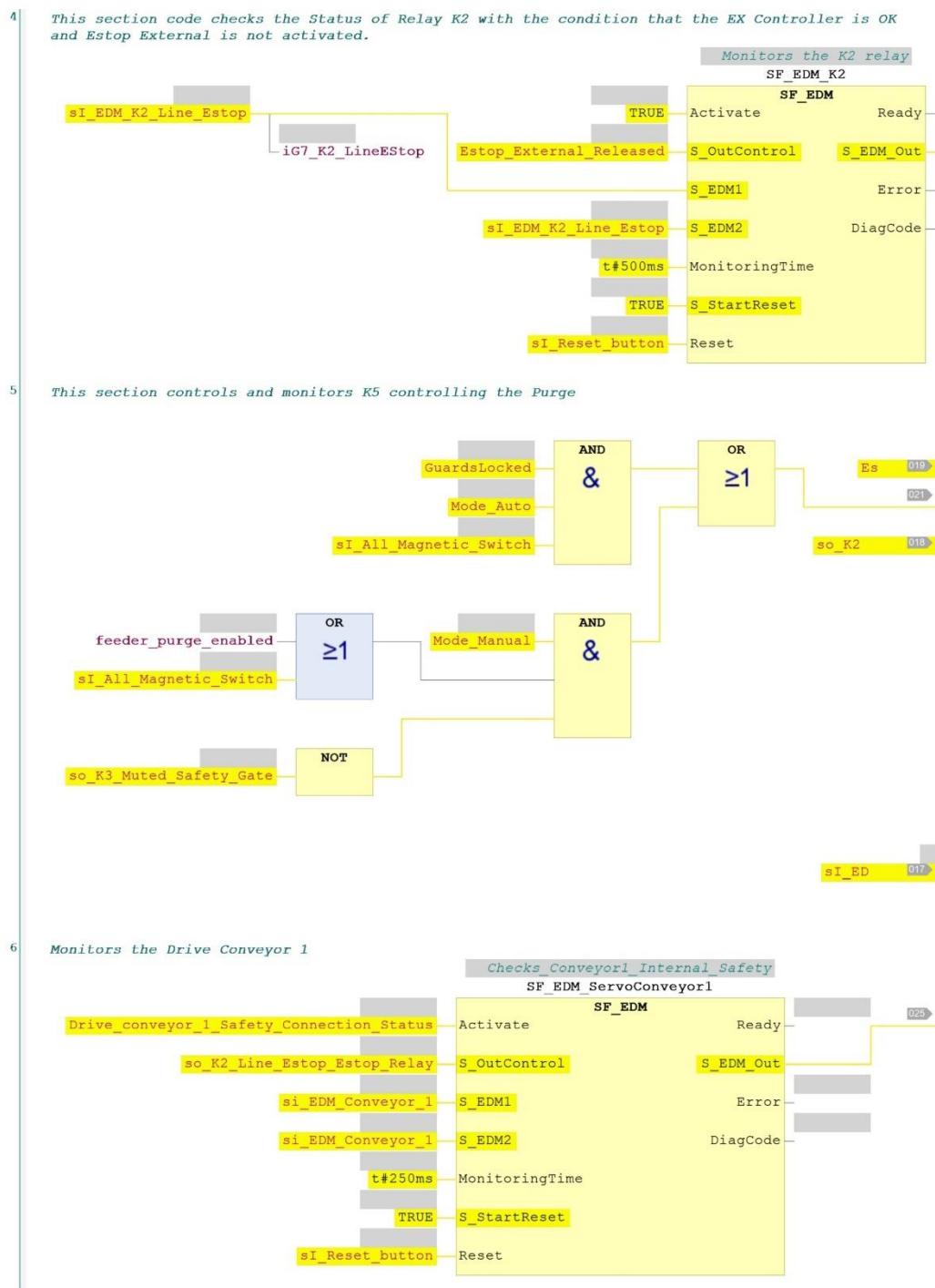
SF_Estop_EDM



robotcella

new_SafetyCPU0 Program

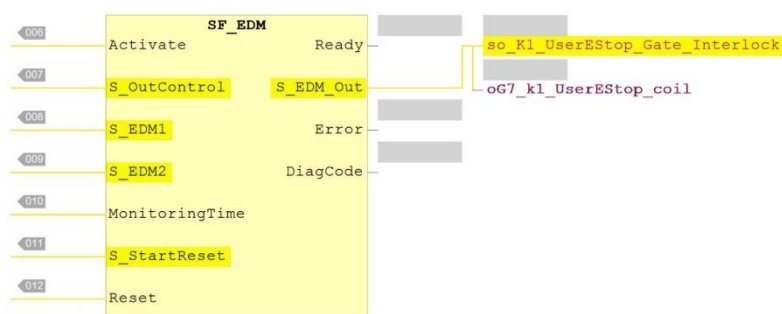
SF_Estop_EDM



robotcella

new_SafetyCPU0 Program

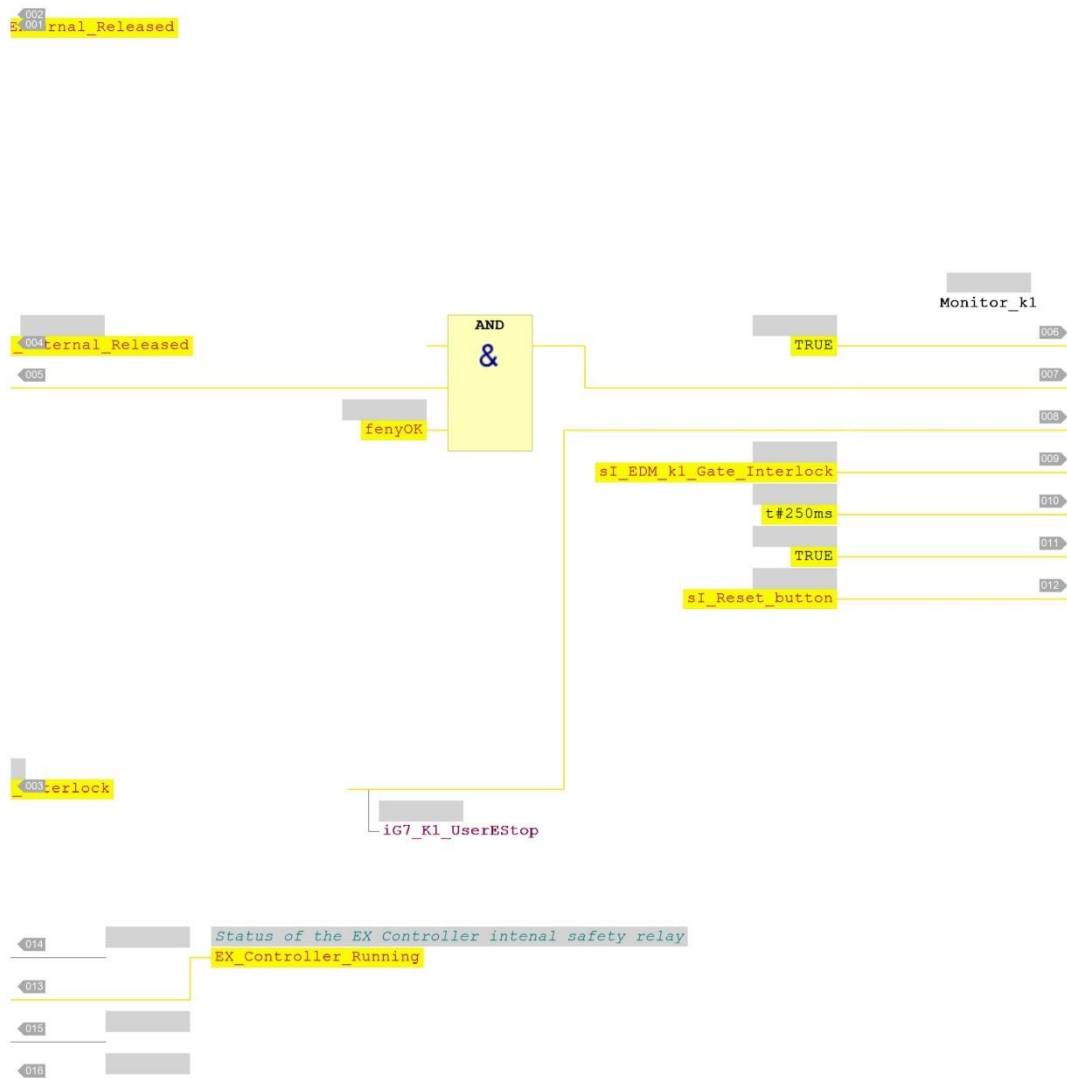
SF_Estop_EDM



robotcella

new_SafetyCPU0 Program

SF_Estop_EDM

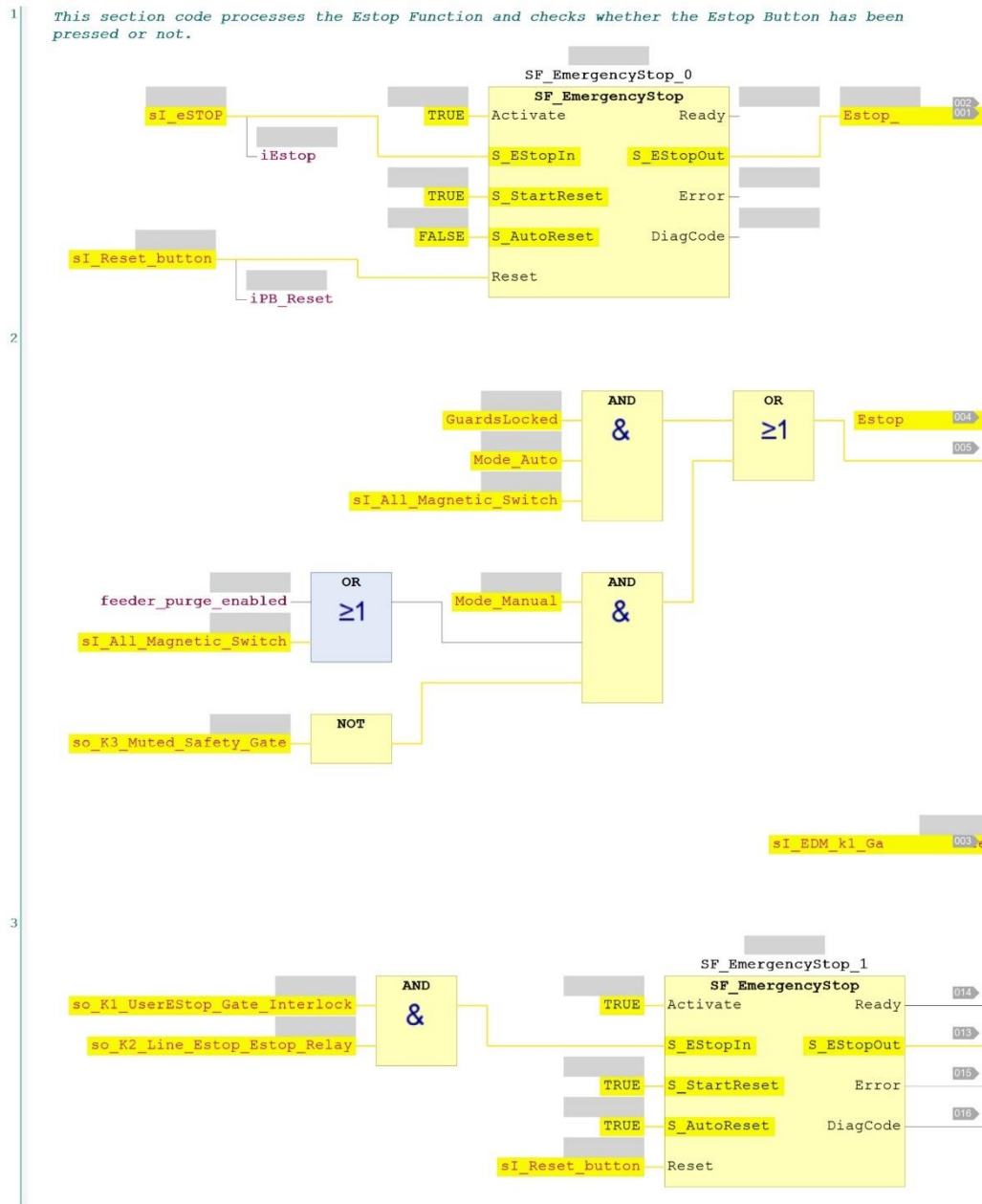


robotcella

new_SafetyCPU0 Program

SF_Estop_EDM

1-5-1-1-2.Program



robotcella

new_SafetyCPU0 Variables

SF_Estop_EDM

sI_EDM_k1_Gate Interlock	SAFEBOOL		False	
GuardsLocked	SAFEBOOL		False	
Mode_Manual	SAFEBOOL		False	
iEstop	BOOL		False	
iPB_Reset	BOOL		False	
iG7_K1_UserEStop	BOOL		False	
oG7_k1_UserEStop_coil	BOOL		False	
oG7_k2_LineEStop_coil	BOOL		False	
iG7_K2_LineEStop	BOOL		False	
iXUSER_EStop_Mon	BOOL		False	
sI_All Magnetic Switch	SAFEBOOL		False	
so_K3_Muted_Safety_Gate	SAFEBOOL		False	
feeder_purge_enabled	BOOL		False	
Mode_Auto	SAFEBOOL		False	
doorsClosed	BOOL		False	
sI_EDM_K5_Anyfeeder	SAFEBOOL		False	
K5_Feeder	SAFEBOOL		False	
oG7_k5_Anyfeeder_coil	BOOL		False	
iG7_k5_Anyfeeder	BOOL		False	
fenyOK	SAFEBOOL		False	

robotcella

new_SafetyCPU0 Variables

SF_Estop_EDM

1-5-1-1-1.Variables

Name	Data Type	Initial Value	Constant	Comment
VAR				
SF_EDM_K2	SF_EDM		False	Monitors the K2 relay
SF_EmergencyStop_0	SF_EmergencyStop		False	
SF_EDM_Servo_Conveyor1	SF_EDM		False	Checks_Conveyor1_Internal_Safety
SF_EDM_Servo_Conveyor2	SF_EDM		False	Checks_Conveyor2_Internal_Safety
SF_EDM_Servo_Conveyor3	SF_EDM		False	Checks_Conveyor3_Internal_Safety
Monitor_k1	SF_EDM		False	
SF_EmergencyStop_1	SF_EmergencyStop		False	
SF_EDM_K5	SF_EDM		False	
VAR_EXTERNAL				
sl_Reset_button	SAFEBOOL		False	
sl_Controller_Output_Monitor	SAFEBOOL		False	
so_K2_Line_Estop_Estop_Relay	SAFEBOOL		False	
EX_Controller_Running	SAFEBOOL		False	Status of the EX Controller internal safety relay
sl_EDM_K2_Line_Estop	SAFEBOOL		False	
Drive_conveyor_1_Safety_Connection_Status	SAFEBOOL		False	
Estop_External_Released	SAFEBOOL		False	
so_STO_Conveyor_1	SAFEBOOL		False	
si_EDM_Conveyor_1	SAFEBOOL		False	
Drive_conveyor_2_Safety_Connection_Status	SAFEBOOL		False	
si_EDM_Conveyor_2	SAFEBOOL		False	
so_STO_Conveyor_2	SAFEBOOL		False	
Drive_conveyor_3_Safety_Connection_Status	SAFEBOOL		False	
si_EDM_Conveyor_3	SAFEBOOL		False	
so_STO_Conveyor_3	SAFEBOOL		False	
sl_eSTOP	SAFEBOOL		False	
so_K1_UserEStop_Gate_Interlock	SAFEBOOL		False	

Safety Signature: ---

robotcella

new_SafetyCPU0 SF_Estop_EDM

SF_Estop_EDM

1-5.POUs

1-5-1.Programs

1-5-1-1.SF_Estop_EDM

Name: SF_Estop_EDM
CRC: 16#F00E_EDA0
Version:
Author: Technical
Created: 2018. 04. 09. 10:43:33
Updated: 2024. 11. 03. 15:34:02
Comment:
In Work

robotcella

new_SafetyCPU0 Node5 : R88D-1SN02...

1-2-1-1-8.Node5 : R88D-1SN02H-ECT (Drive_conveyor_1 : Instance6)

robotcella

new_SafetyCPU0 Node4 : R88D-1SN02...

1-2-1-1-7.Node4 : R88D-1SN02H-ECT (Drive_conveyor_3 : Instance5)

robotcella

new_SafetyCPU0 Node3 : R88D-1SN02...

1-2-1-1-6.Node3 : R88D-1SN02H-ECT (Drive_conveyor_2 : Instance4)

robotcella

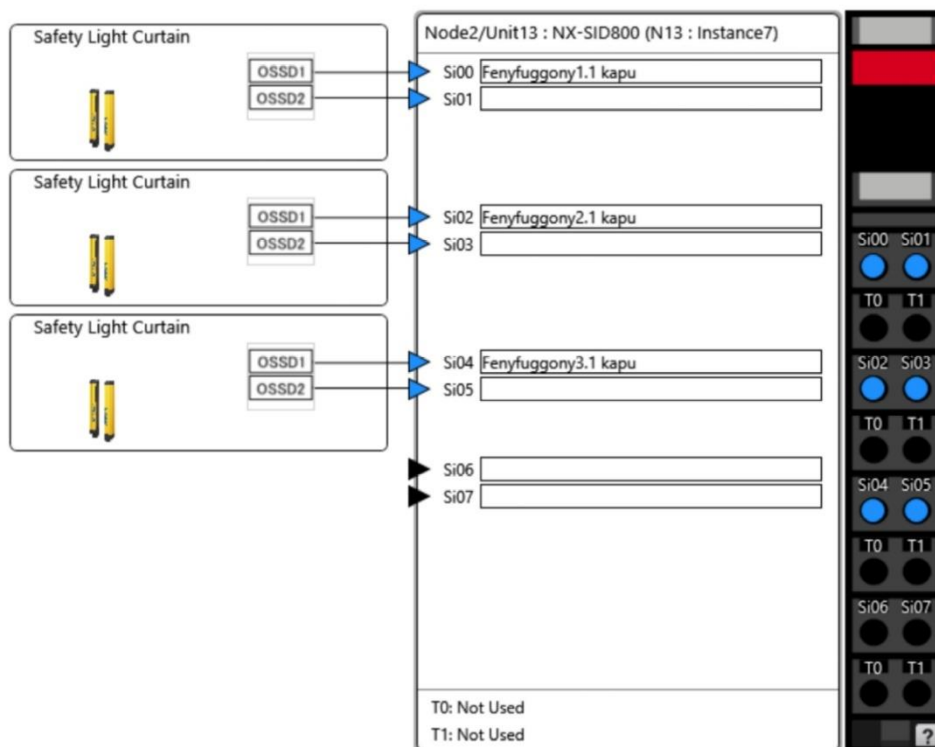
new_SafetyCPU0 Node2/Unit13 : NX-S...

Slave Name	Parameter Name	Value
Node2/Unit13 : NX-SID800 (N13 : Instance7)	TO0 Test Output Mode	Not Used
	TO1 Test Output Mode	Not Used
	SI0-1 Dual Channel Safety Input Mode	Dual Channel Equivalent
	SI0-1 Discrepancy Time	500[ms]
	SI0 Input Channel Mode	Safety Input
	SI1 Input Channel Mode	Safety Input
	SI0 Test Source	Not Used
	SI1 Test Source	Not Used
	SI0 Off On Delay	0[ms]
	SI1 Off On Delay	0[ms]
	SI0 On Off Delay	0[ms]
	SI1 On Off Delay	0[ms]
	SI2-3 Dual Channel Safety Input Mode	Dual Channel Equivalent
	SI2-3 Discrepancy Time	500[ms]
	SI2 Input Channel Mode	Safety Input
	SI3 Input Channel Mode	Safety Input
	SI2 Test Source	Not Used
	SI3 Test Source	Not Used
	SI2 Off On Delay	0[ms]
	SI3 Off On Delay	0[ms]
	SI2 On Off Delay	0[ms]
	SI3 On Off Delay	0[ms]
	SI4-5 Dual Channel Safety Input Mode	Dual Channel Equivalent
	SI4-5 Discrepancy Time	500[ms]
	SI4 Input Channel Mode	Safety Input
	SI5 Input Channel Mode	Safety Input
	SI4 Test Source	Not Used
	SI5 Test Source	Not Used
	SI4 Off On Delay	0[ms]
	SI5 Off On Delay	0[ms]
	SI4 On Off Delay	0[ms]
	SI5 On Off Delay	0[ms]
	SI6-7 Dual Channel Safety Input Mode	Dual Channel Equivalent
	SI6-7 Discrepancy Time	0[ms]
	SI6 Input Channel Mode	Not Used
	SI7 Input Channel Mode	Not Used
	SI6 Test Source	Not Used
	SI7 Test Source	Not Used
	SI6 Off On Delay	0[ms]
	SI7 Off On Delay	0[ms]
	SI6 On Off Delay	0[ms]
	SI7 On Off Delay	0[ms]

robotcella

new_SafetyCPU0 Node2/Unit13 : NX-S...

1-2-1-1-5.Node2/Unit13 : NX-SID800 (N13 : Instance7)



robotcella

new_SafetyCPU0 Node2/Unit5 : NX-SO...

Slave Name	Parameter Name	Value
Node2/Unit5 : NX-SOD400 (N5 : Instance3)	SO(0-1) Dual Channel Safety Output Mode	Single Channel
	SO(2-3) Dual Channel Safety Output Mode	Dual Channel
	SO0 Output Channel Mode	Safety Pulse Test
	SO1 Output Channel Mode	Not Used
	SO2 Output Channel Mode	Not Used
	SO3 Output Channel Mode	Not Used

robotcella

new_SafetyCPU0 Node2/Unit5 : NX-SO...

1-2-1-1-4.Node2/Unit5 : NX-SOD400 (N5 : Instance3)



robotcella

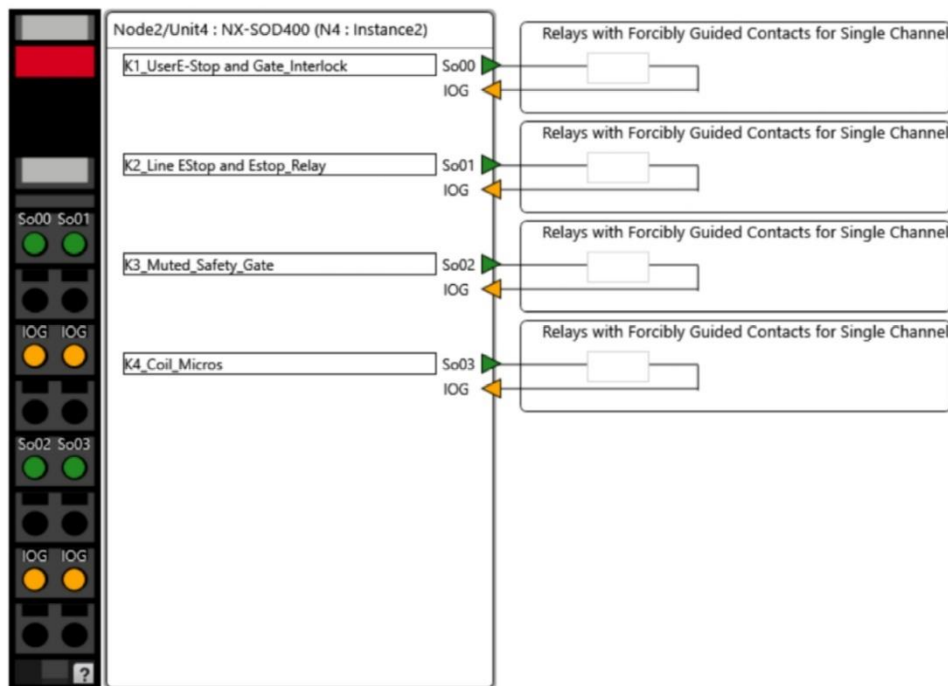
new_SafetyCPU0 Node2/Unit4 : NX-SO...

Slave Name	Parameter Name	Value
Node2/Unit4 : NX-SOD400 (N4 : Instance2)	SO(0-1) Dual Channel Safety Output Mode	Single Channel
	SO(2-3) Dual Channel Safety Output Mode	Single Channel
	SO0 Output Channel Mode	Safety Pulse Test
	SO1 Output Channel Mode	Safety Pulse Test
	SO2 Output Channel Mode	Safety Pulse Test
	SO3 Output Channel Mode	Safety Pulse Test

robotcella

new_SafetyCPU0 Node2/Unit4 : NX-SO...

1-2-1-1-3.Node2/Unit4 : NX-SOD400 (N4 : Instance2)



robotcella

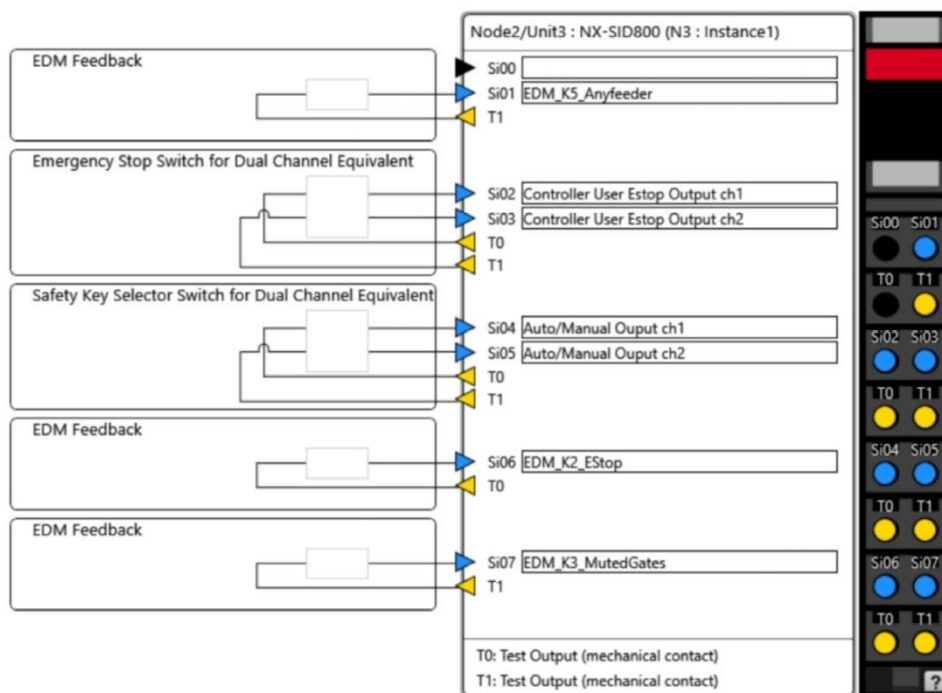
new_SafetyCPU0 Node2/Unit3 : NX-SI...

Slave Name	Parameter Name	Value
Node2/Unit3 : NX-SID800 (N3 : Instance1)	TO0 Test Output Mode	Test Output (mechanical contact)
	TO1 Test Output Mode	Test Output (mechanical contact)
	SI0-1 Dual Channel Safety Input Mode	Single Channel
	SI0-1 Discrepancy Time	0[ms]
	SI0 Input Channel Mode	Not Used
	SI1 Input Channel Mode	Test Pulse from Test Output
	SI0 Test Source	Not Used
	SI1 Test Source	Test Output 1
	SI0 Off On Delay	0[ms]
	SI1 Off On Delay	0[ms]
	SI0 On Off Delay	0[ms]
	SI1 On Off Delay	0[ms]
	SI2-3 Dual Channel Safety Input Mode	Dual Channel Equivalent
	SI2-3 Discrepancy Time	500[ms]
	SI2 Input Channel Mode	Test Pulse from Test Output
	SI3 Input Channel Mode	Test Pulse from Test Output
	SI2 Test Source	Test Output 0
	SI3 Test Source	Test Output 1
	SI2 Off On Delay	0[ms]
	SI3 Off On Delay	0[ms]
	SI2 On Off Delay	0[ms]
	SI3 On Off Delay	0[ms]
	SI4-5 Dual Channel Safety Input Mode	Dual Channel Equivalent
	SI4-5 Discrepancy Time	500[ms]
	SI4 Input Channel Mode	Test Pulse from Test Output
	SI5 Input Channel Mode	Test Pulse from Test Output
	SI4 Test Source	Test Output 0
	SI5 Test Source	Test Output 1
	SI4 Off On Delay	0[ms]
	SI5 Off On Delay	0[ms]
	SI4 On Off Delay	0[ms]
	SI5 On Off Delay	0[ms]
	SI6-7 Dual Channel Safety Input Mode	Single Channel
	SI6-7 Discrepancy Time	0[ms]
	SI6 Input Channel Mode	Test Pulse from Test Output
	SI7 Input Channel Mode	Test Pulse from Test Output
	SI6 Test Source	Test Output 0
	SI7 Test Source	Test Output 1
	SI6 Off On Delay	0[ms]
	SI7 Off On Delay	0[ms]
	SI6 On Off Delay	0[ms]
	SI7 On Off Delay	0[ms]

robotcella

new_SafetyCPU0 Node2/Unit3 : NX-SI...

1-2-1-1-2.Node2/Unit3 : NX-SID800 (N3 : Instance1)



robotcella

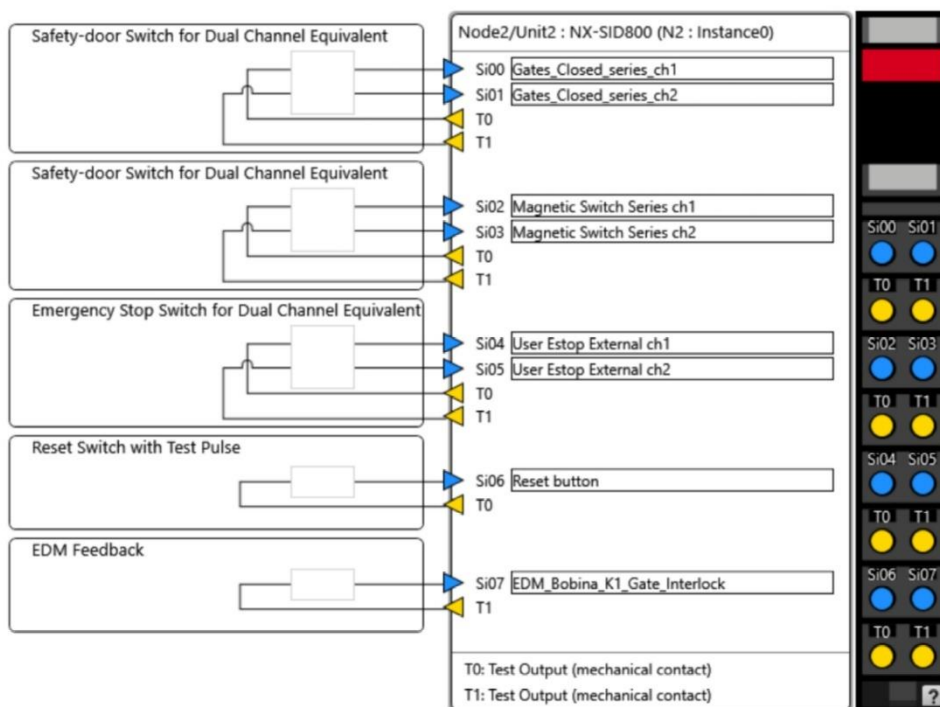
new_SafetyCPU0 Node2/Unit2 : NX-SI...

Slave Name	Parameter Name	Value
Node2/Unit2 : NX-SID800 (N2 : Instance0)	TO0 Test Output Mode	Test Output (mechanical contact)
	TO1 Test Output Mode	Test Output (mechanical contact)
	SI0-1 Dual Channel Safety Input Mode	Dual Channel Equivalent
	SI0-1 Discrepancy Time	500[ms]
	SI0 Input Channel Mode	Test Pulse from Test Output
	SI1 Input Channel Mode	Test Pulse from Test Output
	SI0 Test Source	Test Output 0
	SI1 Test Source	Test Output 1
	SI0 Off On Delay	0[ms]
	SI1 Off On Delay	0[ms]
	SI0 On Off Delay	0[ms]
	SI1 On Off Delay	0[ms]
	SI2-3 Dual Channel Safety Input Mode	Dual Channel Equivalent
	SI2-3 Discrepancy Time	500[ms]
	SI2 Input Channel Mode	Test Pulse from Test Output
	SI3 Input Channel Mode	Test Pulse from Test Output
	SI2 Test Source	Test Output 0
	SI3 Test Source	Test Output 1
	SI2 Off On Delay	0[ms]
	SI3 Off On Delay	0[ms]
	SI2 On Off Delay	0[ms]
	SI3 On Off Delay	0[ms]
	SI4-5 Dual Channel Safety Input Mode	Dual Channel Equivalent
	SI4-5 Discrepancy Time	500[ms]
	SI4 Input Channel Mode	Test Pulse from Test Output
	SI5 Input Channel Mode	Test Pulse from Test Output
	SI4 Test Source	Test Output 0
	SI5 Test Source	Test Output 1
	SI4 Off On Delay	0[ms]
	SI5 Off On Delay	0[ms]
	SI4 On Off Delay	0[ms]
	SI5 On Off Delay	0[ms]
	SI6-7 Dual Channel Safety Input Mode	Single Channel
	SI6-7 Discrepancy Time	0[ms]
	SI6 Input Channel Mode	Test Pulse from Test Output
	SI7 Input Channel Mode	Test Pulse from Test Output
	SI6 Test Source	Test Output 0
	SI7 Test Source	Test Output 1
	SI6 Off On Delay	0[ms]
	SI7 Off On Delay	0[ms]
	SI6 On Off Delay	0[ms]
	SI7 On Off Delay	0[ms]

robotcella

new_SafetyCPU0 Node2/Unit2 : NX-SI...

1-2-1-1.Node2/Unit2 : NX-SID800 (N2 : Instance0)



robotcella

new_SafetyCPU0 Safety I/O

1.new_SafetyCPU0

1-2.Communications

1-2-1.Safety

1-2-1-1.Safety I/O

Position	Active	Device name	Product Information	FSoE slave address	FSoE watchdog timer (WDT) [ms]	WDT setting	auto
Node2/Unit2	Active	N2	NX-SID800; 1.0	1	47	Automatic	
Node2/Unit3	Active	N3	NX-SID800; 1.0	2	47	Automatic	
Node2/Unit4	Active	N4	NX-SOD400; 1.0	3	47	Automatic	
Node2/Unit5	Active	N5	NX-SOD400; 1.0	4	47	Automatic	
Node2/Unit13	Active	N13	NX-SID800; 1.0	8	47	Automatic	
Node3	Active	Drive_conveyor_2	R88D-1SN02H-ECT; 1.4	5	47	Automatic	
Node4	Active	Drive_conveyor_3	R88D-1SN02H-ECT; 1.4	6	47	Automatic	
Node5	Active	Drive_conveyor_1	R88D-1SN02H-ECT; 1.4	7	47	Automatic	

robotcella

Table of Contents

robotcella	3
1.new_SafetyCPU0	3
1-2.Communications	3
1-2-1.Safety	3
1-2-1-1.Safety I/O	3
1-2-1-1-1.Node2/Unit2 : NX-SID800 (N2 : Instance0)	4
1-2-1-1-2.Node2/Unit3 : NX-SID800 (N3 : Instance1)	6
1-2-1-1-3.Node2/Unit4 : NX-SOD400 (N4 : Instance2)	8
1-2-1-1-4.Node2/Unit5 : NX-SOD400 (N5 : Instance3)	10
1-2-1-1-5.Node2/Unit13 : NX-SID800 (N13 : Instance7)	12
1-2-1-1-6.Node3 : R88D-1SN02H-ECT (Drive_conveyor_2 : Instance4)	14
1-2-1-1-7.Node4 : R88D-1SN02H-ECT (Drive_conveyor_3 : Instance5)	15
1-2-1-1-8.Node5 : R88D-1SN02H-ECT (Drive_conveyor_1 : Instance6)	16
1-5.POU's	17
1-5-1.Programs	17
1-5-1-1.SF_Estop_EDM	17
1-5-1-1-1.Variables	18
1-5-1-1-2.Program	20
1-5-1-2.SF_Guard_Lock	28
1-5-1-2-1.Variables	29
1-5-1-2-2.Program	30
1-5-1-3.SF_Selector_Mode	33
1-5-1-3-1.Variables	34
1-5-1-3-2.Program	35
1-5-1-4.Fenyfugonyok	37
1-5-1-4-1.Variables	38
1-5-1-4-2.Program	39

robotcella

robotcella

Author: szadan

Created: 2024. 04. 22. 15:07:21

Last Modified: 2024. 11. 03. 15:34:02

Comment:

Sysmac Studio Module Version: 1.60.0.64010

II. melléklet

SISTEMA - Safety Integrity Software Tool for the Evaluation of Machine Applications



Project name: Robotcella

File date: 09.11.2024 20:17:44 Report date: 2024. 11. 10. Checksum: e815a34a865202b2c3edad0d81cfec02

EXCLUSION OF LIABILITY

Care has been taken in production of the software SISTEMA, which corresponds to the state of the art. It is made available to users free of charge.

Die Haftung des Institut für Arbeitsschutz der DGUV (IFA) ist damit auf Vorsatz und grobe Fahrlässigkeit (§ 521 BGB) bzw. bei Sach- und Rechtsmängel auf arglistig verschwiegene Fehler beschränkt (523, 524 BGB).

The Institute for Occupational Safety and Health of the German Social Accident Insurance undertakes to keep its website free of viruses; nevertheless, no guarantee can be given that the software and information provided are virus-free. The user is therefore advised to take appropriate security precautions and to use a virus scanner prior to downloading software, documentation or information.

NOTE

This document is not a complete technical documentation according to EN ISO 13849-1:2015, clause 10.

CONTACT

Institute for Occupational Health and Safety of German Social Accident Insurance (IFA)
Division 5: Accident Prevention: Digitalisation - Technologies
Alte Heerstr. 111, 53757 Sankt Augustin
E-mail: sistema@dguv.de
www.dguv.de/ifa (Webcode e561582)

Name in block letters:

Authors

Date, signature:

Authors

Inspectors

Inspectors

SISTEMA - Safety Integrity Software Tool for the Evaluation of Machine



Project name: Robotcella

File date: 09.11.2024 20:17:44 Report date: 2024. 11. 10. Checksum: e815a34a865202b2c3edad0d81cfec02

PR Project name: Robotcella

Project file name:	C:\Users\kertam\Desktop\Robotcella.ssm
Creation date:	09.11.2024 13:52:31
Project status:	
Project number:	
Project version:	
Authors:	kertam
Project managers:	
Inspectors:	
Dangerous point/machine:	
Documentation:	
Document:	
Version of software:	2.1.1 build 2
Version of standard:	ISO 13849-1:2015, ISO 13849-2:2012
Checksum:	e815a34a865202b2c3edad0d81cfec02
Options:	☒ Use DC intermediate levels for calculation of PFHD (more precise) ☐ MTTFD capping for category 4 lower from 2500 to 100 years.
Status:	✓ green
Note:	There are no warnings listed for this project (or it's subordinate basic elements).
Message [Status of Message]:	- The SIL given by the manufacturer for this subsystem was transformed to a corresponding PL acc. to Table 3 of the standard (see also ISO/TR 23849). [green]

Print options

- ☒ Show Safety functions ☐ also show Subsystems
☐ also show Blocks ☐ also show Elements

Contained safety functions

SF Name: Biztonságos hozzáférés

Required: PLr d	Reached: PL d	PFHD [1/h]: 1,4E-8	Status: green
-----------------	---------------	--------------------	---------------

List of devices with a permissible operation time (T10D) of less than 20 years:

- No devices known -