SICK AG VITBOK

SAFE ROBOTICS – SÄKERHET I KOLLABORATIVA ROBOTSYSTEM

2018-06

FÖRFATTARE

Fanny Platbrood

Product Manager Industrial Safety Systems, Marketing & Sales
hos SICK AG i Waldkirch/Tyskland

Otto Görnemann

Manager Machine Safety & Regulations
hos SICK AG i Waldkirch/Tyskland

SICK
Sensor Intelligence.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Inledning ... 3

Interaktion och säkerhet vid interaktion mellan människa och maskin ... 3
- Definitioner – begrepp ... 3
- Standarder för robotapplikationer ... 3
- Samexistens ... 4
- Samverkan ... 4
- Samarbete ... 5

Standarder och krav på säkra kollaborativa robotapplikationer ... 5
- Grundläggande krav ... 5
- Kollaborativa driftsätt enligt ISO 10218-2 och ISO TS 15066 ... 6
- Riskbedömning ... 7
- Riskminimering ... 7

Slutsats ... 7

Inledning

De senaste åren har automationsapplikationer inom områdena drivsystem och objektdetekteringssystem gjort stora framsteg och därmed banat väg för en ny era av interaktion mellan människa och maskin.

Vad gäller funktionell säkerhet och de tillhörande standarderna som IEC 61508, IEC 62061 och ISO 13849-1/-2 [1, 2, 3, 4] tillåts nyutvecklade robotar med optimerade funktioner ett nära samarbete med människor i själva arbetsrummet. Om människans förmågor kombineras med robotens förmågor leder det till produktionslösningar som bl.a. utmärker sig genom högre kvalitet, lägre kostnader, bättre ergonomi och snabbare arbetscykler.

Utifrån den senaste versionen av de internationella standarderna som handlar om säkerhet vid industrirobotar (ISO 10218-1/-2) [5, 6] och särskilt vid robotar för kollaborativ drift (ISO/TS 15066) [7] förklarar detta whitepaper riktlinjerna i dessa standarder som gäller för utvecklingen av säkra kollaborativa robotapplikationer. Dessutom pekar detta whitepaper på begränsningarna för den aktuella tekniken och blickar ut över krav och kommande utveckling.

Interaktion och säkerhet vid interaktion mellan människa och maskin

Inom tillverkningsindustrin ökar behovet av flexibla och självständiga maskiner som snabbt och effektiv kan anpassas till förändrade produktionsförhållanden.

För att skydda människor mot faror som orsakas av robotens hastighet, rörelser och kraft utför vanligtvis robotar sitt arbete i ett inhägnat område. Men om man vill ha en nära interaktion mellan människa och maskin kan man inte använda den effektiva standardmetoden där personer rent fysiskt skiljs från riskområdet. Därför måste man vidta alternativa åtgärder för att minimera riskerna.

Definitioner – begrepp

Interaktionen mellan människa och aktiva robotar och robotliknande enheter kan karakteriseras med hjälp av två parametrar: rum och tid. Om det varken finns ett gemensamt utrymme eller en gemensam tid där människan och den aktiva roboten agerar, utgör robotens rörelser ingen fara, och situationen betraktas som ”inte interaktiv”. En situation där människa och robot delar ett gemensamt utrymme, men under olika tider karakteriseras som ”samverkan”. För situationer där människa och robot arbetar samtidigt och inom samma utrymme används begreppet ”kollaborativ”.

Applikation	Olika arbetsrum	Gemensamt arbetsrum
Sekventiell bearbetning	(ingen interaktion)	Samverkan
Samtidig bearbetning	Samexistens	Samarbete

Standarder för robotapplikationer

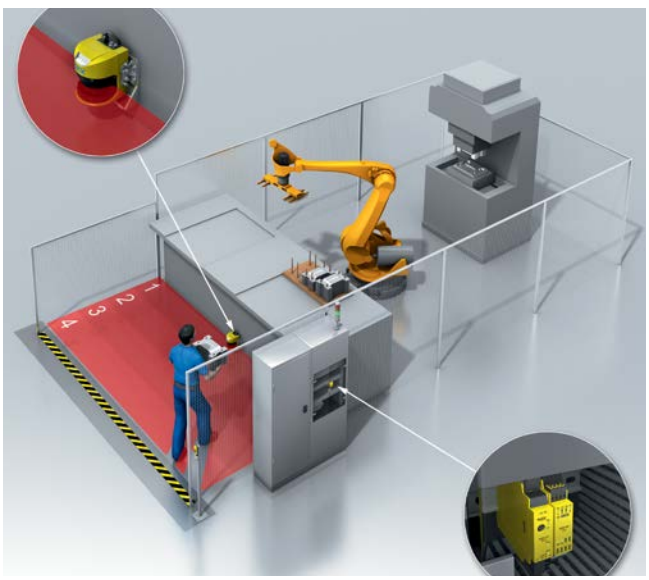
Region	Riskbedömning	Robotar	Robotsystem och integration	Kollaborativa robotar
Kina	GB/T 15706-2012	GB 11291.1-2011	GB 11291.2-2013	GB 11291.2:2013
Sydkorea		KS B ISO 10218-1	KS B ISO 10218-2	
Japan	JIS B9700	JIS B8433-1	JIS B8433-2	JIS TS B0033
USA	ANSI/ISO 12100, ANSI B11.0	ANSI/RIA R15.06 (del 1)	ANSI/RIA R15.06 (del 2)	RIA TR R15.606
Europa	EN ISO 12100	EN ISO 10218-1	EN ISO 10218-2	ISO/TS 15066
Taiwan		CNS 14490-1 B8013-1	CNS 14490-2 B8013-2	
Kanada	CSA Z432, CAN/CSA-Z1002	CAN/CSA-Z434 (del 1)	CAN/CSA-Z434 (del 2)	
Brasilien	ABNT NBR ISO 12100	ABNT NBR ISO 10218-1/2	ABNT NBR ISO 10218-1/2	

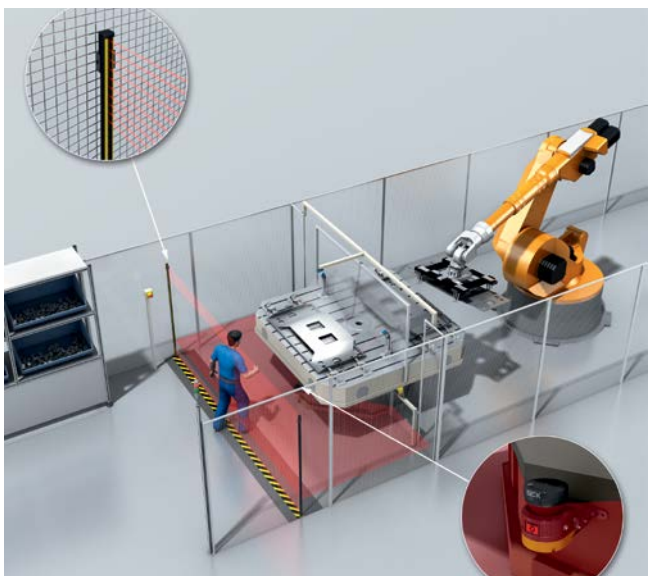
Samexistens

I industrirobotapplikationer där ingen person behöver ingripa under produktionsprocessen måste en operatör ändå beträda robotens arbetsrum för t.ex. underhållsarbeten. I sådana applikationer måste arbetsrummet vara inhägnat och åtkomstdörrar måste vara låsta. Förreglingen måste säkerställa att farliga robotfunktioner stängs av när en operatör kommer in i riskområdet. Detta tillstånd måste bibehållas under hela tiden då en person befinner sig i riskområdet eller då åtkomstdörrar är öppna.

Samverkan

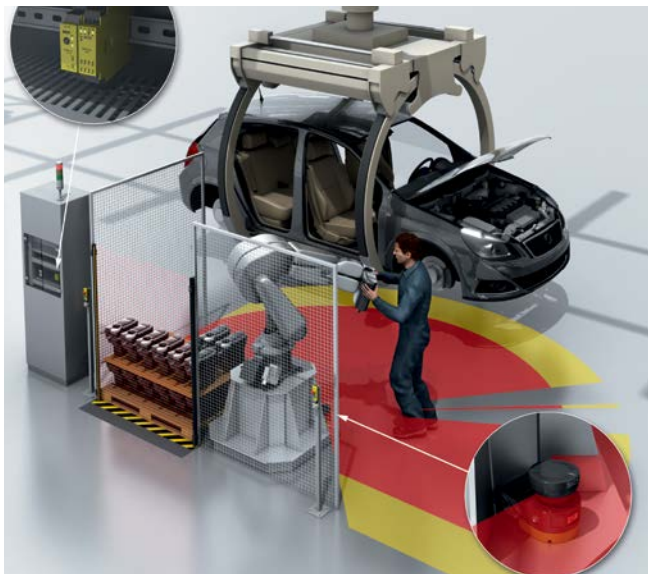
Vanliga applikationer för industrirobotar är arbetsförlopp där en operatör lastar i och lastar ur en robotcell. I sådana samverkansapplikationer genomför operatör och robot arbetsmoment i det gemensamma arbetsområdet, men under olika tider. Även här krävs tekniska säkerhetsåtgärder. Beroende på lastnings- och urlastningssystemets utformning kan man använda optoelektroniska skyddsanordningar som säker ljusridå och säker laserscanner.

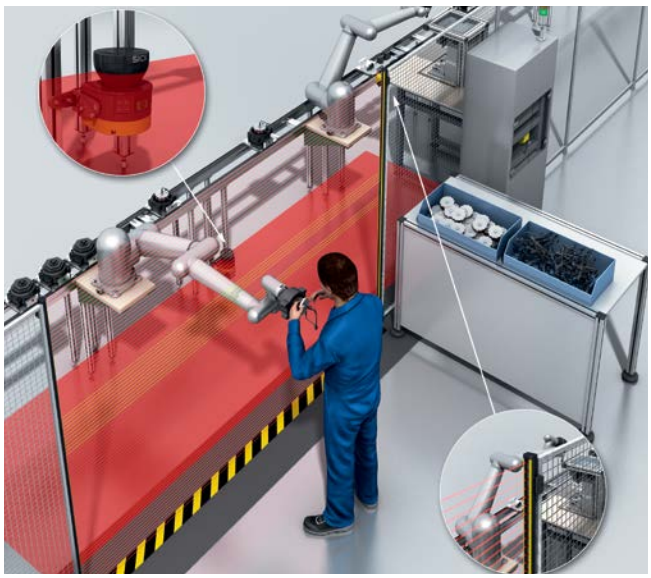




Samarbete

I vissa applikationer måste människan och den aktiva roboten interagera i det gemensamma arbetsrummet samtidigt. I dessa samarbetsscenarion måste robotens kraft, hastighet och rörelsebanor begränsas. För riskminimering kan man utnyttja inneboende skyddsegenskaper eller vidta extra åtgärder som att begränsa vridmoment via drivningens effekt eller säkerhetsrelaterade delar i systemstyrningen. Kraft, hastighet och rörelsebanor måste dessutom övervakas och styras utifrån den aktuella risknivån. Risknivån är även beroende av avståndet mellan människa och robot. För denna uppgift krävs det tillförlitliga sensorer som detekterar personer och fastställer deras hastighet och avstånd till riskområdet. I grunden måste sensorerna bemästra de framtida utmaningarna som följer med utvecklingen av kollaborationstekniken.





Standarder och krav på säkra kollaborativa robotapplikationer

Robotsystemet som beskrivs i del 2 av ISO 10218 består av en industrirobot, dess ändeffektor och respektive maskindelar, anläggningar, enheter, externa hjälpaxlar och sensorer som understödjer utförandet av uppgifterna.

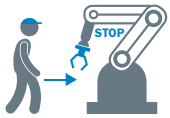
Grundläggande krav

Det ställs några grundläggande krav på utformningen av kollaborativa applikationer.

- Kollaborationsrummet måste uppfylla följande:
  1. Det måste vara utformat så att operatören kan utföra sina arbetsmoment på ett säkert sätt utan några problem och utan att ytterligare faror uppstår från extra utrustning eller andra maskiner i arbetsområdet.
  2. Det får inte föreligga någon risk för skär-, kläm- eller stickskador eller andra risker som heta ytor, spänningssatta delar, som inte kan reduceras genom att begränsa robotsystemets hastighet, kraft eller effekt. Detta gäller naturligtvis även för respektive fasthållningsanordningar (verktyg) och arbetsstycken.
- Robotens arbetsrum måste ha ett minimiavstånd, inom vilket det föreligger risk för att klämmas eller fastna, till angränsande områden som får beträdas. Om detta inte är möjligt måste ytterligare skyddsanordningar användas.
- När det är möjligt ska en säker axelbegränsning anordnas för att begränsa antalet fria robotrörelser i rummet och på så sätt minimera risken för personskador.

Kollaborativa driftsätt enligt ISO 10218-2 och ISO TS 15066

Den tekniska specifikationen ISO/TS 15066 nämner fyra kollaborativa driftsätt som kan användas enskilt eller i kombination beroende på applikationens krav och robotsystemets utformning:

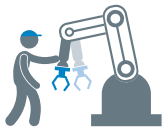


- Övervakat säkerhetsstopp

  Roboten stoppas under interaktionen med operatören i det gemensamma rummet. Denna status övervakas tills det är säkert att koppla in drivningen igen.

- Handstyrning

  Säkerheten vid samarbetet mellan människa och robot säkerställs genom att roboten styrs för hand vid reducerad hastighet.



- Kraft- och effektbegränsning – på väg mot samarbete

  Den fysiska kontakten mellan robotsystemet (inklusive arbetsstycket) och en person (operatör) kan ske antingen avsiktligt eller oavsiktligt. Den nödvändiga säkerheten uppnås genom att effekten och kraften begränsas till värden där skador och olyckor inte är att vänta. För effekt- och kraftbegränsat samarbete krävs robotar som har utvecklats specifikt för detta driftsätt. Den tekniska specifikationen ISO/TS 15066 anger högsta värden (biomekaniska belastningsgränser) som inte får överskridas vid en kollision mellan roboten och kroppsdelar.

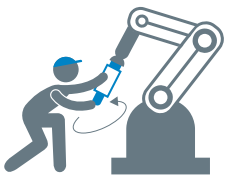
- Avstånds- och hastighetsövervakning – framtiden:

  Robotens hastighet och rörelsebanor övervakas och anpassas i förhållande till operatörens hastighet och position i det avsäkrade rummet.

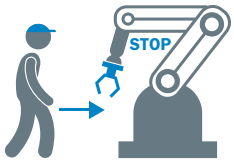
Vid kollaborativa applikationer måste man beroende på situationen välja en eller flera av dessa metoder för att säkerställa säkerheten för alla personer som utsätts för potentiella faror.

De aktuella kraven på driften av kollaborativa robotsystem innehåller ett lämpligt säkerhetsrelaterat styrsystem som uppfyller kraven PL d enligt ISO 13849-1.

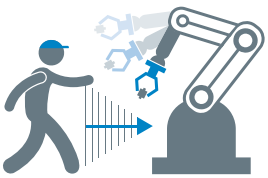
Valideringsinsatser vid kollaborativa driftsätt



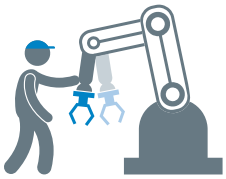
Handstyrning



Övervakat säkerhetsstopp



Avstånds- och hastighets-övervakning



Kraft- och effektbegränsning

Ju tätare interaktionen mellan människa och robot blir, desto större blir valideringsinsatsen för åtgärderna för riskminimering.

Riskbedömning

Idag finns det en mängd olika robotmodeller på marknaden, från standardindustrirobotar till robotar som specialutvecklats för kollaborativa applikationer (kollaborativa robotar, även kallade ”cobots”). Om robotarna integreras i system (med ändeffektorer osv.) måste en riskbedömning av hela robotsystemet genomföras. De resulterande åtgärderna för riskminimering ska säkerställa en säker kollaborativ drift. Det är nödvändigt även om de aktuella robotarna redan har åtgärder för riskminimering.

Riskminimering

Till inneboende skyddsåtgärder som vanligtvis används vid kollaborativa robotar räknas bl.a:

- Begränsning av maximalt tillåtna krafter och vridmoment, t.ex. genom dimensionering av drivningen
- Utformning av robotens ytor för att minska tryckpåverkan eller överförda kollisionskrafter (t.ex. rundade ytor på roboten, energiupptagande stoppning)

Effekten av sådana inneboende skyddsåtgärder kan dock försämras betydligt av utformningen av robotverktyget, fasthållningsanordningen, arbetsstycket eller andra maskiner i det kollaborativa arbetsområdet.

Ytterligare skyddsåtgärder kan därför vidtas:

- Begränsning av effekt (vridmoment), kraft eller hastighet genom säkerhetsrelaterade delar av styrsystemet
- Användning av tryckkänsliga skyddsanordningar (PSPE) eller beröringsfria skyddsanordningar (ESPE) för att stoppa och reversera robotrörelser

Slutsats

I framtiden kommer människa och robot att samarbeta allt närmare i automatiserade applikationer som kräver hög flexibilitet (t.ex. tillverkning i små serier med stor variation). Vid manuella monteringsförlopp sker samarbete mellan människa och robot där de kompletterar varandra optimalt med sina respektive förmågor. Till följd kan man förbättra ergonomin på arbetsplatser där man eftersträvar en hög produktivitet. Den nödvändiga begränsningen av hastighet och kraft som krävs för säkerheten måste harmonieras med den önskade produktiviteten.

Konstruktionsprinciperna i SO/TS 15066 kompletterar kraven som redan formulerats i ISO 10218-1/-2 och bildar grund för utformningen av kollaborativa robotapplikationer.

De produkter och enheter som finns på marknaden idag kan inte helt uppfylla kraven på säkert och obehindrat samarbete mellan människa och robot. Utvecklingen av ny sensor- och robotteknik samt intelligenta styrsystem är förutsättningen för framtida robotapplikationer.

Ingen av dagens applikationslösningar med människa-robot-samarbete är den andra lik. En specifik riskbedömning är absolut nödvändig, även om de aktuella robotarna har specialutvecklats för interaktion med människor. Det faktum att robottillverkaren vidtagit åtgärder för inneboende säker konstruktion i sin produkt befriar inte systemintegratören från dennes skyldigheter som maskintillverkare att bedöma och reducera de potentiella riskerna. Systemtillverkare och integratörer av robotsystem måste noggrant kontrollera de konstruktionsmässiga skyddsåtgärder som robottillverkaren vidtagit och räkna med kvarstående faror och risker och utforma robotsystemet i enlighet med denna riskbedömning. Som resultat av riskbedömningen ska ytterligare åtgärder för riskminimering vidtas (t.ex. säker ljusridå eller säker laserscanner) genom systemtillverkaren för att åstadkomma ett säkert kollaborativt arbetsrum.

REFERENSER

[1] IEC 61508-x:2010 – Funktionssäkerhet hos säkerhetskritiska elektriska/elektroniska/programmerbara elektroniska system – 7 delar. International Electrotechnical Commission. IEC Central Office – P.O. Box 131 – CH-1211 Genève 20 – Schweiz.

[2] IEC 62061:2015 – Maskinsäkerhet – Funktionssäkerhet hos säkerhetskritiska elektriska, elektroniska och programmerbara elektroniska styrsystem. International Electrotechnical Commission. IEC Central Office – P.O. Box 131 – CH-1211 Genève 20 – Schweiz

[3] ISO 13849-1:2015 – Maskinsäkerhet – Säkerhetskritiska delar av styrningar – Del 1: Allmänna konstruktionsprinciper. ISO International Organization for Standardization. P.O. Box 56 – CH-1211 Genève 20 – Schweiz

[4] ISO 13849-2:2003 – Maskinsäkerhet – Säkerhetskritiska delar av styrningar – Del 2: Validering. ISO International Organization for Standardization. P.O. Box 56 – CH-1211 Genève 20 – Schweiz

[5] ISO 10218-1:2011 – Industrirobotar – Säkerhetskrav – Del 1: Robotar. ISO International Organization for Standardization. P.O. Box 56 – CH-1211 Genève 20 – Schweiz

[6] ISO 10218-2:2011 – Industrirobotar – Säkerhetskrav – Del 1: Robotsystem och integration. ISO International Organization for Standardization. P.O. Box 56 – CH-1211 Genève 20 – Schweiz

[7] ISO/TS 15066:2015 – Robotar och robotanordningar – Kollaborativa robotar. ISO International Organization for Standardization. P.O. Box 56 – CH-1211 Genève 20 – Schweiz

➜ www.sick.com/safe-robotics