

SICK AG WHITEPAPER

BEZPEČNÁ ROBOTIKA – BEZPEČNOST VE SPOLUPRACUJÍCÍCH
ROBOTICKÝCH SYSTÉMECH

2018-06

AUTOŘI

Fanny Platbrood

Product Manager Industrial Safety, Marketing & Sales
u společnosti SICK AG ve Waldkirchu / Německo

Otto Görnemann

Manager Machine Safety & Regulations
u společnosti SICK AG ve Waldkirchu / Německo

OBSAH

Úvod	3
Interakce člověka se strojem a bezpečnost.....	3
Definice – terminologie	3
Normy pro robotické aplikace.....	3
Koexistence	4
Kooprace	4
Provozní spolupráce.....	5
Normy a požadavky na bezpečné spolupracující robotické aplikace	5
Základní požadavky	5
Režimy provozní spolupráce podle ČSN EN ISO 10218-2 a ISO/TS 15066	6
Posouzení rizik.....	7
Minimalizace rizik.....	7
Závěr	7

Úvod

V minulých letech udělaly průmyslové automatizační aplikace v oblastech pohonných systémů a detekování objektů velké pokroky a otevřely tak cestu novému věku interakce člověka a stroje.

Co se týče funkční bezpečnosti a s ní spojených norem, jako je IEC (ČSN EN) 61508, IEC (ČSN EN) 62061 a ČSN EN ISO 13849-1/-2 [1, 2, 3, 4], umožňují nově vyvinuté robotické systémy s optimalizovanými funkcemi v určitých oblastech úzkou spoluprací s člověkem ve stejném pracovním prostoru. Pokud se v průmyslové oblasti zkombinují schopnosti člověka se schopnostmi robotů, vede to k výrobním řešením, která se mimo jiné vyznačují vysokou kvalitou, nižšími náklady, lepší ergonomií a rychlejšími pracovními cykly (heslo I4.0).

Vycházejíce ze současného stavu mezinárodních norem, které se zabývají bezpečnostní průmyslových robotů (ČSN EN ISO 10218-1/-2) [5, 6] a speciálně robotů pro spolupráci člověka s robotem (ISO/TS 15066) [7], budou v tomto materiálu vysvětleny směrnice, které jsou v těchto normách obsaženy a jsou závazné pro vývoj bezpečných spolupracujících robotických aplikací. Mimoto se materiál zabývá hranicemi aktuálních technologií a podává přehled ohledně požadavků a současného vývoje.

Interakce člověka se strojem a bezpečnost

V průmyslové výrobě roste potřeba flexibilních, autonomně pracujících strojů, které lze rychle a efektivně přizpůsobit změněným výrobním podmínkám.

Aby byly osoby chráněny před nebezpečími, které vyplývají z rychlosti, pohyblivosti a síly robotů, provádějí roboty své práce v naprosté většině případů za ochranným plotem. Pokud je však požadována úzká interakce mezi člověkem a strojem, nelze tuto efektivní standardní metodu k fyzickému oddělení zdroje nebezpečí od ohrožené osoby použít. Z tohoto důvodu musí být aplikována alternativní opatření pro minimalizaci rizik.

Definice – terminologie

Interakce lidí s aktivními roboty a zařízeními podobnými robotům lze charakterizovat podle dvou parametrů interakce: prostor a čas. Není-li k dispozici společný prostor ani společný čas, v němž člověk a aktivní robot působí, nepředstavují pohyby robota žádné riziko a situace se považuje za „neinteraktivní“. Situace, v nichž člověk a robot sice sdílejí společný prostor, ale v různých dobách, se označuje jako „kooperativní“. Pro situace, v nichž člověk a robot v určitých dobách pracují ve stejném prostoru, byl stanoven pojem „provozní spolupráce“.

Aplikace	Různý pracovní prostor	Společný pracovní prostor
Sekvenční zpracování	(žádná interakce)	Kooperace
Současné zpracování	Koexistence	Provozní spolupráce

Normy pro robotické aplikace

Region	Posouzení rizik	Robot	Robotické systémy a integrace	Spolupracující roboty
Čína	GB/T 15706-2012	GB 11291.1-2011	GB 11291.2-2013	GB 11291.2:2013
Jižní Korea		KS B ISO 10218-1	KS B ISO 10218-2	
Japonsko	JIS B9700	JIS B8433-1	JIS B8433-2	JIS TS B0033
USA	ANSI/ISO 12100, ANSI B11.0	ANSI/RIA R15.06 (část 1)	ANSI/RIA R15.06 (část 2)	RIA TR R15.606
Evropa	EN ISO 12100	EN ISO 10218-1	EN ISO 10218-2	ISO/TS 15066
Tchaj-wan		CNS 14490-1 B8013-1	CNS 14490-2 B8013-2	
Kanada	CSA Z432, CAN/ CSA-Z1002	CAN/CSA-Z434 (část 1)	CAN/CSA-Z434 (část 2)	
Brazílie	ABNT NBR ISO 12100	ABNT NBR ISO 10218-1/2	ABNT NBR ISO 10218-1/2	

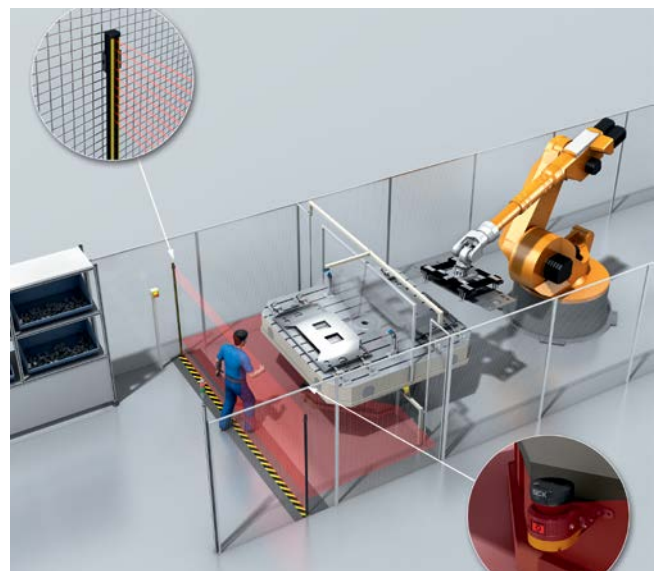
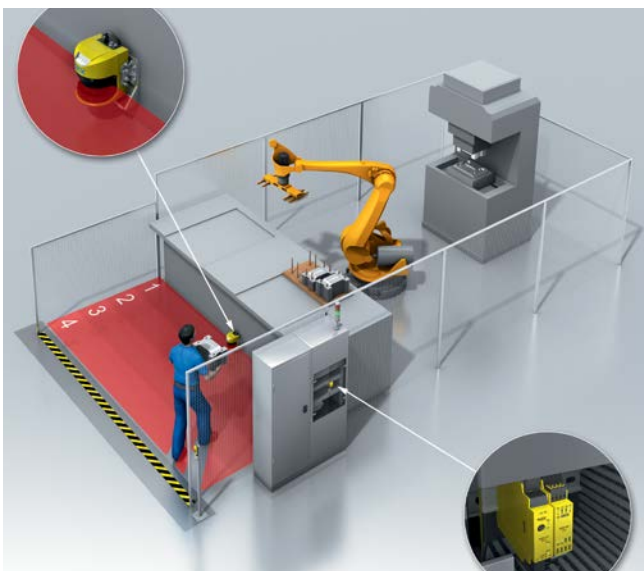
Koexistence

Také v průmyslových robotických aplikacích, v nichž během výrobního procesu nemusí zasahovat žádná osoba, je nezbytné, aby operátor vstoupil do pracovního prostoru robota např. za účelem údržby. V takových aplikacích musí být pracovní prostor oplocený a přístupové dveře musí být zajištěny. Zajištění má za úkol, aby se nebezpečné funkce robota vypnuly, pokud operátor vstoupí do nebezpečného prostoru. Tento stav musí zůstat zachován, dokud se osoba zdržuje v tomto nebezpečném prostoru nebo dokud jsou přístupové dveře otevřené.



Kooperace

Široce rozšířené aplikace pro průmyslové roboty jsou pracovní procesy, při nichž operátor nakládá a vykládá robotickou buňku. V takových kooperativních scénářích provádějí operátor a robot potřebné pracovní kroky ve společném pracovním prostoru v různých dobách. Také zde jsou nezbytná technická ochranná opatření. V závislosti na uspořádání nakládacího a vykládacího systému se nabízí použití optoelektronických ochranných zařízení, jako jsou bezpečnostní světelné závěsy a bezpečnostní laserové skenery.



Provozní spolupráce

Při určitých aplikacích je naproti tomu nezbytné, aby mezi člověkem a aktivním robotem probíhala současně ve společném pracovním prostoru interakce. V těchto takzvaných spolupracujících scénářích musí být síla, rychlost a dráhy pohybu robota omezeny. K minimalizaci rizik mohou být, pokud jsou k dispozici, použita inherentní ochranná opatření nebo zavedena dodatečná opatření jako omezení točivého momentu výkonem pohonů nebo bezpečnostní komponenty řízení systému. Síla, rychlost a dráhy pohybu robota musí být kromě toho monitorovány a řízeny v návaznosti na skutečný stupeň rizika. Tento stupeň rizika také závisí na vzdálenosti mezi člověkem a robotem. Pro tento úkol jsou nutné spolehlivé senzory, které detekují osoby resp. počítají jejich rychlost a vzdálenost od nebezpečného prostoru. V podstatě musí tyto senzory mistrovsky zvládnout budoucí výzvy, které s sebou přináší vývoj spolupracujících technologií člověka s robotem.



Normy a požadavky na bezpečné spolupracující robotické aplikace

Robotický systém popsáný v části 2 normy ČSN EN ISO 10218 se skládá z průmyslového robota, jeho koncového zařízení a libovolných strojních součástí, zařízení, přístrojů, externích pomocných os a senzorů, které robota podporují při provádění jeho úkolů.

Základní požadavky

Na design spolupracujících aplikací jsou kladeny některé základní požadavky.

- Prostor provozní spolupráce člověka s robotem musí splňovat následující:
 1. Musí být dimenzován tak, aby operátor mohl bez problémů a bezpečně provádět svěřené úkoly, aniž by dodatečná vybavení nebo jiné stroje v pracovním prostoru představovaly další nebezpečí.
 2. Nesmí existovat žádná rizika řezných, zhmožďujících nebo bodných poranění a také žádná jiná rizika, jako horké povrchy, díly pod napětím, která nelze minimalizovat snížením rychlosti, síly nebo výkonu robotického systému. To platí samozřejmě také pro příslušná upínací zařízení (nástroje) a obrobky.
- Pracovní prostor robota musí disponovat minimální bezpečnou vzdáleností k sousedícím přístupným oblastem, ve kterých hrozí nebezpečí přimáčknutí nebo skřípnutí. Pokud to není možné, musí být použita dodatečná ochranná zařízení.
- Kdykoliv to bude možné, je nutné použít bezpečné omezení os, aby se omezil počet volných pohybů robota v prostoru a tím se minimalizovalo riziko zranění osob.

Režimy provozní spolupráce podle ČSN EN ISO 10218-2 a ISO/TS 15066

Technická specifikace normy ISO/TS 15066 uvádí čtyři režimy provozní spolupráce, které lze podle potřeb příslušné aplikace a podle designu robotického systému používat buď jednotlivě nebo v příslušné kombinaci:



- Monitorované bezpečnostní zastavení

Robot se během interakce s operátorem v prostoru provozní spolupráce zastaví. Tento stav je monitorován, přičemž může pohon zůstat nadále napájen.



- Ruční vedení

Bezpečnost spolupráce člověka a robota je zaručena tím, že je robot při bezpečně snížené rychlosti vědomě veden ručně.



- Omezení síly a výkonu – cesta směrem ke spolupráci

Fyzický kontakt mezi robotickým systémem (včetně obrobku) a osobou (operátorem) může probíhat buď vědomě nebo nevědomky. Potřebné bezpečnosti se dosahuje omezením výkonu a síly na hodnoty, při kterých nemohou nastat žádná poranění nebo ohrožení. Pro spolupráci na bázi omezení výkonu a síly jsou nutné roboty, které byly speciálně vyvinuty pro tento provozní režim. Technická specifikace normy ISO/TS 15066 obsahuje nejvyšší hodnoty (biomechanické meze zatížení), které nesmí být při kolizi robota s částmi lidského těla překročeny.



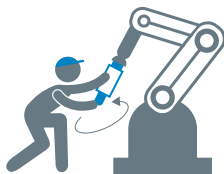
- Monitorování vzdálenosti a rychlosti – to je budoucnost:

Rychlost a dráhy pohybu (trajektorie) robota jsou monitorovány a přizpůsobovány v závislosti na rychlosti a pozici operátora v zajištěném prostoru.

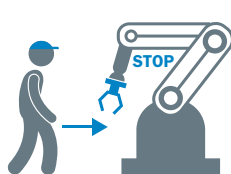
U spolupracujících aplikací musí být podle příslušného použití vybrána jedna nebo více zde uvedených metod, aby byla zajištěna bezpečnost všech osob, které jsou vystaveny potenciálním hrozbám.

Aktuální požadavky na provoz spolupracujících robotických systémů obsahují použití vhodného bezpečnostního řídicího systému, který splňuje požadavky PL d podle normy ČSN EN ISO 13849-1.

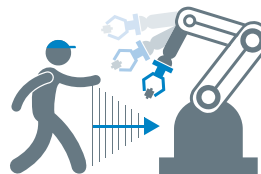
Náklady na validaci u režimů provozní spolupráce



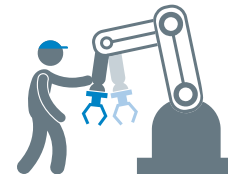
Ruční vedení



Monitorované bezpečné zastavení



Monitorování vzdálenosti a rychlosti



Omezení síly a výkonu

Čím těsnější je interakce mezi člověkem a robotem, tím vyšší jsou náklady na validaci opatření pro minimalizaci rizik.

Posouzení rizik

Současný trh nabízí velký počet modelů robotů, od standardních průmyslových robotů až po roboty, které byly speciálně vyvinuty pro spolupracující provoz (spolupracující roboty nazývané též jako „Cobot“). Pokud jsou do systému integrovány roboty (s koncovými zařízeními atd.), musí být provedeno posouzení rizik celého robotického systému (celého stroje). Z toho odvozená opatření na minimalizaci rizik by pak měla zajistit bezpečný spolupracující provoz. To je nutné i tehdy, když příslušné roboty již disponují konstrukčními opatřeními k minimalizaci rizik.

Minimalizace rizik

K inherentním ochranným opatřením, která se typicky u spolupracujících robotů používají, patří mimo jiné následující:

- Omezení maximálních přípustných sil resp. točivých momentů, např. dimenzováním pohonu
- Příslušná konstrukce povrchů robota, aby se snížilo působení tlaku nebo přenášených kolizních sil (např. zaoblené plochy robota, polstrování absorbující energii)

Efektivita takovýchto inherentních ochranných opatření však může být podstatně negativně ovlivněna designem nástroje robota, upínacího zařízení, obrobku nebo jiných strojů ve spolupracujícím pracovním prostoru.

Proto lze použít další ochranná opatření:

- Omezení výkonu (točivého momentu), síly nebo rychlosti prostřednictvím bezpečnostních komponent řídicího systému
- Použití ochranných zařízení citlivých na tlak (PSPE) nebo elektrických snímacích ochranných zařízení (ESPE) pro zastavení nebo obrácení pohybu robota

Závěr

V budoucnosti budou člověk a robot u automatizovaných aplikací, u kterých je vyžadována vysoká flexibilita, spolupracovat ještě těsněji (např. u malosériové výroby s vysokou variabilitou). Namísto ručních montážních postupů nastoupí spolupráce člověka a robota, při které se budou optimálně doplňovat schopnosti člověka a stroje. Tak lze zlepšit ergonomii pracovišť, na kterých je vyžadována vysoká produktivita. Omezení rychlosti a síly, které je nezbytné pro bezpečnost, musí být uvedeno do souladu s požadovanou produktivitou.

Směrnice ke konstrukci uvedené v normě ISO/TS 15066 doplňují požadavky, které již byly formulovány v normě ČSN EN ISO 10218-1/-2, a tvoří tak základ designu spolupracujících robotických aplikací.

Produkty a zařízení, která se aktuálně nachází na trhu, nemohou požadavky, které jsou dnes kladeny na bezpečnou a nerušenou spolupráci člověka a robota, zcela splňovat. Vývoj nových sensorových a robotických technologií a inteligentních řídicích systémů je předpokladem pro budoucí spolupracující robotické aplikace.

Žádná aplikace, která je dnes vyřešena prostřednictvím spolupráce člověka s robotem, není stejná jako ostatní. Specifické posouzení rizik nelze obejít, i když byly používané roboty speciálně vyvinuty pro interakci s člověkem. Skutečnost, že výrobci robotů integrují do svého produktu opatření pro inherentně bezpečnou konstrukci, nezproštuje integrátora do systému jeho povinnosti jako výrobce stroje, zhodnotit a minimalizovat potenciální rizika. Výrobci systémů a integrátoři robotických systémů musí pečlivě přezkoušet konstrukční ochranná opatření provedená výrobcem robota, zohlednit zbývající hrozby a rizika a robotický systém sestavit podle těchto posouzení rizik. Výsledkem posouzení rizik musí být dle zkušeností implementace dodatečných opatření k minimalizaci rizik (např. bezpečnostní světelné závěsy nebo bezpečnostní laserové skenery) výrobcem systému, aby bylo dosaženo komplexní bezpečné spolupracující aplikace.

REFERENCE

- [1] IEC (ČSN EN) 61508-x:2010 – Funkční bezpečnost elektrických, elektronických a programovatelných elektronických systémů souvisejících s bezpečností – 7 částí. International Electrotechnical Commission. IEC Central Office – P.O. Box 131 – CH-1211 Geneva 20 – Švýcarsko.
- [2] IEC (ČSN EN) 62061:2015 – Bezpečnost strojních zařízení – Funkční bezpečnost elektrických, elektronických a programovatelných elektronických řídicích systémů souvisejících s bezpečností. International Electrotechnical Commission. IEC Central Office – P.O. Box 131 – CH-1211 Geneva 20 – Švýcarsko
- [3] (ČSN EN) ISO 13849-1:2015 – Bezpečnost strojních zařízení - Bezpečnostní části ovládacích systémů - Část 1: Všeobecné zásady pro konstrukci. ISO International Organization for Standardization. P.O. Box 56 – CH-1211 Geneva 20 – Švýcarsko
- [4] (ČSN EN) ISO 13849-2:2003 – Bezpečnost strojních zařízení - Bezpečnostní části ovládacích systémů - Část 2: Ověřování. ISO International Organization for Standardization. P.O. Box 56 – CH-1211 Geneva 20 – Švýcarsko
- [5] (ČSN EN) ISO 10218-1:2011 – Roboty a robotická zařízení - Požadavky na bezpečnost průmyslových robotů - Část 1: Roboty. ISO International Organization for Standardization. P.O. Box 56 – CH-1211 Geneva 20 – Švýcarsko
- [6] (ČSN EN) ISO 10218-2:2011 – Roboty a robotická zařízení - Požadavky na bezpečnost průmyslových robotů - Část 2: Systémy robotů a integrace. ISO International Organization for Standardization. P.O. Box 56 – CH-1211 Geneva 20 – Švýcarsko
- [7] ISO/TS 15066:2015 – Robots and robotic devices – Collaborative robots. ISO International Organization for Standardization. P.O. Box 56 – CH-1211 Geneva 20 – Švýcarsko

→ www.sick.com/safe-robotics