

Bezpečnost robotického pracoviště

Security of robotic cell

Václav Pavelka

Bakalářská práce
2014



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Václav Pavelka**
Osobní číslo: **A11766**
Studijní program: **B3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Bezpečnostní technologie, systémy a management**
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Bezpečnost robotického pracoviště**

Zásady pro vypracování:

1. Provedte literární rešerši na zadané téma.
2. Uvedte normativní a legislativní požadavky, týkající se bezpečnosti robotických systémů.
3. Uvedte a popište technické prostředky, využívané v oblasti bezpečnosti robotických pracovišť.
4. Uvedte příklady zabezpečení robotických pracovišť (pro různé typy pracovní činnosti).
5. Uvedte nové trendy v této oblasti.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. **MARTINEK, Radislav. Senzory v průmyslové praxi. 1. vyd. Praha: BEN – technická literatura, 2004, 199 s. ISBN 8073001144.**
2. **ČSN EN ISO 12100. Bezpečnost strojních zařízení – Všeobecné zásady pro konstrukci – Posouzení rizika a snižování rizika. Praha: Úřadu pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010.**
3. **ČSN EN ISO 10218-1. Roboty a robotická zařízení – Požadavky na bezpečnost průmyslových robotů – Část 1: Roboty. Praha: Úřadu pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.**
4. **ČSN EN ISO 10218-2. Roboty a robotická zařízení – Požadavky na bezpečnost průmyslových robotů – Část 2: Systémy robotů a integrace. Praha: Úřadu pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.**
5. **ČSN EN ISO 13849-1. Bezpečnost strojních zařízení – Bezpečnostní části ovládacích systémů – Část 1: Všeobecné zásady pro konstrukci. Praha: Český normalizační institut, 2006.**
6. **NAVRÁTIL, Petr a Ján IVANKA. Aplikace bezpečnostních komponentů u průmyslových robotů. Security magazin – Alarm. Slovenská republika: Plettac Security, Infodom s.r.o., 2013, XV, č.1, s. 14-20. ISSN 1335 – 504 X.**

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Petr Navrátil, Ph.D.

Ústav řízení procesů

Datum zadání bakalářské práce:

7. března 2014

Termín odevzdání bakalářské práce:

10. června 2014

Ve Zlíně dne 7. března 2014

prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.

děkan

L.S.

doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.

ředitel ústavu

ABSTRAKT

Abstrakt česky

Předložená bakalářská práce se zabývá bezpečností robotických pracovišť, obsahuje normativní a legislativní požadavky týkající se bezpečnosti robotických pracovišť, popis technických prostředků pro zabezpečení robotického pracoviště a nové trendy v této oblasti. Praktická část práce je věnována příkladům zabezpečení robotických pracovišť pro různé typy pracovní činnosti.

Klíčová slova: robotické pracoviště, robot, bezpečnostní zařízení, bezpečnostní průmysl, senzor.

ABSTRACT

Abstrakt ve světovém jazyce

The following bachelor thesis deals with safety of robotics workplaces. It contains normative and legislative requirements, description of the technical resources for security of robotics workplaces and a new trends in this area. Practical part of this thesis is dedicated to examples of security of robotics workplaces for a different types of work activity.

Keywords: robotic workstation, robot, safety equipment, safety industry, sensing element.

Poděkování:

Děkuji mému vedoucímu práce panu Ing. Petru Navrátilovi, Ph.D. za konzultace, rady a připomínky, které mi během psaní mé bakalářské práce poskytl.

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně

.....
podpis diplomanta

OBSAH

ÚVOD	8
I TEORETICKÁ ČÁST	9
1. LEGISLATIVNÍ A NORMATIVNÍ RÁMEC	10
2. IDENTIFIKACE NEBEZPEČÍ A POSOUZENÍ RIZIKA	12
3. BEZPEČNOST ROBOTIZOVANÝCH PRACOVIŠŤ	14
3.1 POŽADAVKY NA KONSTRUKCI ROBOTU	14
3.1.1 Silové hnací komponenty	14
3.1.2 Výpadek nebo kolísání napětí	14
3.1.3 Napájecí zdroje.....	14
3.1.4 Skrytá energie.....	15
3.1.5 Elektromagnetická kompatibilita (EMC).....	15
3.1.6 Ovládací prvky	15
3.2 POŽADAVKY NA BEZPEČNOSTNÍ ČÁSTI OVLÁDACÍCH SYSTÉMŮ	15
3.2.1 Funkce nouzového zastavení.....	16
3.2.2 Bezpečnostní zastavení	16
3.2.3 Redukovaná rychlost	17
3.2.4 Pracovní režimy	17
3.2.5 Řízení pomocí ručního ovládacího panelu.....	17
3.3 BEZPEČNOSTNÍ OCHRANNÁ ZAŘÍZENÍ.....	18
3.3.1 Zařízení nouzového zastavení	18
3.3.2 Bezpečnostní světelné závory	20
3.3.3 Bezpečnostní laserový scanner	21
3.3.4 Mechanická ochranná zařízení	23
3.3.5 Bezpečnostní dveřní snímače	24
3.3.6 Nášlapné rohože	24
4. NOVÉ TRENDY	26
II PRAKTICKÁ ČÁST	29
5. ZABEZPEČENÍ PRACOVIŠTĚ – IMA BIMA P 480 V	30
5.1 PEVNÉ ZÁBRANY	30
5.2 BEZPEČNOSTNÍ DVEŘNÍ SPÍNAČE A TLAČÍTKA NOUZOVÉHO ZASTAVENÍ	31
5.3 SVĚTELNÁ ZÁVORA A NÁŠLAPNÁ ROHOŽ.....	32
6. ZABEZPEČENÍ PRACOVIŠTĚ WEMHÄNER NA LISOVÁNÍ FÓLIÍ	36
7. DALŠÍ BEZPEČNOSTNÍ PRVKY ROBOTICKÝCH PRACOVIŠŤ	38
7.1 POLOHOVÉ SPÍNAČE BERNSTEIN.....	38
7.2 LANKOVÉ NOUZOVÉ SPÍNAČE S LANKEM.....	38
ZÁVĚR	40
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	41
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	43
SEZNAM OBRÁZKŮ	44

ÚVOD

Automatizace a robotizace výrobních procesů zvyšuje efektivitu a produktivitu výroby, ale tím také zvyšuje riziko zranění obsluhy. Je nutné si uvědomit, že současná legislativa nařizuje, aby byla dodávána pouze zařízení bezpečná a co nejvíce se snížilo riziko zranění obsluhy. Každý dodavatel robotizovaného pracoviště musí provést analýzu rizik obsluhy dodávaného modelu robotizovaného pracoviště při jeho konstrukci a na základě výsledků této analýzy musí upravit konstrukci tak, aby dodané robotizované pracoviště bylo dodáno v souladu s platnou legislativou. Z čehož plyne, že hlavní povinností každého dodavatele robotizovaného pracoviště je dodávat pracoviště bezpečná.

Jakýkoli pohybující se robot je pro člověka potenciálně smrtelně nebezpečný stroj. Základním problémem bezpečnosti práce při nasazení průmyslových robotů je zamezení přístupu obsluhy do nebezpečného prostoru, ve kterém může dojít ke zranění osob. Dalším charakteristickým znakem ve vztahu člověk-robot je způsob programování. Z hlediska bezpečnosti práce je rozhodující zejména přítomnost člověka během programování v nebezpečné zóně robota. Roboty všeobecně disponují dostatečnou energií (všechny pohyby jsou vykonávány velkou silou), která může přivodit vážná, popř. i smrtelná zranění nebo poškodit zařízení nacházející se v pracovním prostoru robota v případě, že se robot dá do pohybu nekontrolovatelným způsobem. Stejně tak i v případě poruchy může být tento pohyb uvolněný nekontrolovanou rychlostí. Pohybový prostor robotů je poměrně velký vzhledem k jejich objemu.

Tato práce se zabývá problematikou zabezpečení robotických pracovišť. V teoretické části práce je uveden legislativní rámec týkající se robotických systémů, definována možná rizika a jejich zdroje, specifikovány požadavky na bezpečnostní části řídicích systémů. Jsou uvedena bezpečnostní ochranná zařízení (bezpečnostní dveřní snímače, nášlapné rohože, mechanická ochranná zařízení) a příklady jejich použití pro zabezpečení robotického pracoviště. Dále se zabývá novými trendy v oblasti bezpečnosti robotických zařízení.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1. LEGISLATIVNÍ A NORMATIVNÍ RÁMEC

Průmyslové roboty a systémy průmyslových robotů představují závažná nebezpečí. Současná legislativa nařizuje výrobcům robotizovaných pracovišť dodržet řadu norem, nařízení a vyhlášek, které musí splňovat každé robotizované pracoviště, aby se snížilo riziko zranění.

Strojními zařízeními všeobecně se zabývá nařízení vlády č. 176/2008 Sb. Je nutné zdůraznit, že například samotný robot není strojním zařízením, stává se jím v případě, když je začleněn do robotizované stanice, výrobní linky nebo je součástí jiného stroje (např. nakládání/vykládání materiálu).

Konkrétní požadavky na robota samotného jsou uvedeny v normě ČSN EN ISO 10218-1: Roboty a robotická zařízení – Požadavky na bezpečnost průmyslových robotů – Část 1: Roboty. Tato část normy poskytuje návod pro zvýšení bezpečnosti při návrhu a sestavení robota. Upřesňuje požadavky a směrnice pro základní bezpečnou konstrukci, ochranná opatření a informace pro použití průmyslových robotů a popisuje základní nebezpečí spojená s roboty a poskytuje požadavky k jejich eliminaci nebo přiměřené omezení rizik spojené s těmito nebezpečími. [3]

ČSN EN ISO 10218-2: Roboty a robotická zařízení – Požadavky na bezpečnost průmyslových robotů – Část 2: Systémy robotů a integrace. Poskytuje návody pro bezpečnostní ochranu obsluhy během instalace robota, funkčního odzkoušení, programování, běžného provozu, údržbě a opravách. Charakterizuje základní nebezpečí a nebezpečné situace identifikované těmito systémy a poskytuje požadavky pro snížení nebo přiměřené omezení rizika spojeného s těmito nebezpečími. Specifikuje požadavky na robotická zařízení nebo jejich části. [4]

V kapitole 5 ČSN EN ISO 10218-1 jsou specifikovány požadavky na minimální úroveň bezpečnosti řídicího systému podle normy ČSN EN ISO 13849-1. V tabulce je stanoveno, že řídicí systém musí splňovat požadavky kategorie 3 podle ČSN EN ISO 13849-1, tedy PL „d“ nebo, a což je velice důležité, na základě posouzení rizika. To znamená, že při zabezpečení robotizovaného pracoviště musí být provedeno posouzení rizika, aby se ověřilo, že kategorie 3/PL „d“ je dostačující úroveň bezpečnosti. [3]

Robot musí být konstruován v souladu s normou ČSN EN ISO 12100 (ČSN EN ISO 12100 Bezpečnost strojních zařízení – Všeobecné zásady pro konstrukci – Posouzení rizika a

snížení rizika) pro relevantní nebezpečí. Tato norma upřesňuje základní terminologii, zásady a metodologii pro dosažení bezpečnosti při konstrukci zařízení. Popisuje kroky pro identifikaci nebezpečí a pro odhad a hodnocení rizik v odpovídajících fázích životního cyklu stroje, a pro vyloučení nebezpečí nebo pro opatření, které dostatečně sníží riziko. Uvádí návod na dokumentaci a ověřování procesu posouzení rizika a snížení rizika. [2]

Norma ČSN EN ISO 13849-1 Bezpečnost strojních zařízení – Bezpečnostní části ovládacích systémů – Část 1: Všeobecné zásady pro konstrukci. Specifikuje bezpečnostní požadavky, pokyny pro zásady konstrukce a integrace bezpečnostních částí ovládacích systémů, včetně návrhu software. Pro části ovládacích bezpečnostních systémů specifikuje vlastnosti, které zahrnují úroveň vlastností požadovanou k vykonávání bezpečnostních funkcí. Díky tomu, že robotický systém je velmi složitý a rozsáhlý systém, nacházejí zde uplatnění ještě další normy týkající se např. EMC, bezpečnostních prvků a zapojení elektrických zařízení robota (navrženy a konstruovány podle příslušných požadavků ČSN EN 60204-1 ed.2 Bezpečnost strojních zařízení – Elektrická zařízení strojů – Část 1: Všeobecné požadavky, ČSN EN 62061:2005 Bezpečnost strojních zařízení – Funkční bezpečnost elektrických, elektronických a programovatelných elektronických řídicích systémů souvisejících s bezpečností). [5]

2. IDENTIFIKACE NEBEZPEČÍ A POSOUZENÍ RIZIKA

Posouzení rizika je řada logických kroků umožňující analyzovat a zhodnotit určitá rizika spojená s daným zařízením. Pokud je při posouzení rizika zjištěno nebezpečí, následuje proces snížení rizika, při kterém dochází k vyloučení nebezpečí a k adekvátnímu snížení rizik realizací ochranných opatření.

Pokud na daném stroji není žádné ochranné opatření, předpokládá se, že nebezpečí existující na stroji povede dříve nebo později k úrazu.

Seznam nebezpečí, která mohou být spojena s roboty:

- mechanická nebezpečí (stlačení, pořezání, navinutí, náraz, propíchnutí, odření),
- elektrická nebezpečí (elektrický šok, popálení, ovlivnění kardiostimulátoru),
- tepelná nebezpečí (popáleniny, výbuch, dehydratace),
- nebezpečí hluku (narušení a ztráta sluchu, rovnováhy, vědomí),
- nebezpečí vibrací (únava, neurologické poškození, cévní onemocnění),
- nebezpečí záření (popáleniny, onemocnění),
- nebezpečí látky (otrávení, popáleniny, vdechnutí kouřů a prachu),
- ergonomická nebezpečí (únava, náraz, stres, ztráta vědomí),
- kombinace nebezpečí (vnější vlivy na zdroji energie, obnovení dodávky energie po jejím spuštění, neočekávané spuštění). [3]

Zdroje rizik:

- neúmyslné nebo neočekávané spuštění stroje,
- chyba obsluhy (nedostatečná kvalifikace, chyby v programu),
- nezastavení pohyblivých částí,
- nebezpečí okolního prostředí (výbušné prostředí apod.). [2]

Při snaze dosáhnout snížení rizika je nutno vzít v úvahu:

- schopnost stroje vykonávat danou funkci,
- bezpečnost stroje během jeho celé životnosti,
- použitelnost stroje,

- výrobní a provozní náklady stroje a náklady na jeho vyřazení. [2]

Ochranná opatření realizovaná konstruktérem pro snížení rizika musí být eliminována nebo snížena zaprvé konstrukcí nebo její změnou, následně bezpečnostní ochranou a dalšími doplňujícími ochrannými opatřeními. Jakákoliv zbytková rizika pak musí být snížena dalšími opatřeními (např. varováním, výstražnými značkami a signály). [2]

Ochranná opatření realizovaná uživatelem včetně takových, kdy byly poskytnuty informace od konstruktéra pro používání stroje:

- bezpečné pracovní postupy a jejich kontrola,
- používání bezpečnostních zařízení a osobních ochranných prostředků,
- důkladné zaškolení. [2]

3. BEZPEČNOST ROBOTIZOVANÝCH PRACOVÍŠŤ

3.1 Požadavky na konstrukci robotu

Průmyslový robot má uvnitř své konstrukce a kolem sebe tzv. nebezpečný prostor, ve kterém může dojít (například v důsledku automatické činnosti nebo vlastností robotu či jeho částí) ke zranění obsluhy. Do tohoto prostoru je většinou potřeba, pokud je to technicky možné zamezit přístupu osob pomocí vhodných ochranných opatření, nebo se snažit omezit vstup do těchto prostorů. Další kapitoly jsou zaměřeny na jednotlivé typy nebezpečných částí a vlastností robotů.

3.1.1 Silové hnací komponenty

Do této skupiny patří např. hřídel motoru, otevřený pohon, hnací řemeny, řetězy nebo jiná hnací ústrojí robotů. Tyto díly jsou pro nás nebezpečné, a proto musíme předcházet zraněním buď pevnými, nebo pohyblivými ochrannými kryty. Pohyblivé kryty musí blokovat nebezpečné pohyby takovým způsobem, že jim zamezí dříve, než nebezpečí vznikne.

3.1.2 Výpadek nebo kolísání napětí

Průmyslový robot musí být konstruován a proveden tak, aby výpadek nebo kolísání elektrického, hydraulického, pneumatického nebo podtlakového napájení nevyvolaly nebezpečnou situaci. K uchopení manipulovaného předmětu je potřeba využívat mechanické principy nezávislé na přívodu energie (např. pružiny) a energii využívat pokud možno pouze k uvolnění manipulovaných předmětů. Pokud to není proveditelné, potom se vzniku případných nebezpečných situací musí předcházet jiným způsobem bezpečnostní ochrany (hydraulický zámek, akumulátor energie atd.). Obnovení dodávky energie nesmí spustit robota.

3.1.3 Napájecí zdroje

Robot musí být vybaven prostředky umožňující vypnutí každého svého nebezpečného zdroje energie (např. elektrického, mechanického, hydraulického, pneumatického, potenciálního apod.) Tyto prostředky musí mít možnost blokování nebo jinak zabezpečeného vypnutí. [7]

3.1.4 Skrytá energie

Obsluha robotu musí mít k dispozici prostředky pro řízené uvolnění skryté energie. Každý zdroj skryté energie (např. zásobník stlačeného vzduchu a kapalin, kondenzátor, baterie, pružina, vyvažovací závaží, setrvačnick) musí být opatřen vhodným výstražným štítkem. [7]

3.1.5 Elektromagnetická kompatibilita (EMC)

Konstrukce a provedení robotu musí být v souladu s IEC 61000, aby se zabránilo nebezpečným pohybům nebo situacím v důsledku rušivých signálů způsobených elektromagnetickou interferencí (EMI), interferencí radiových vln (RFI) nebo elektrostatickým výbojem (ESD). [7]

3.1.6 Ovládací prvky

Provedení a umístění ovládacích prvků musí být takové, aby se zamezilo neúmyslné manipulaci (použití klíčem uzamykatelného přepínače nebo krytého tlačítka). Stav ovládacích prvků musí být zřetelně indikován (např. zapnuto napájení, detekování závady, automatický provoz) a popsán takovým způsobem, aby jasně zobrazoval svoji funkci. Řídicí systém robotu musí být konstruován a proveden tak, že v případě ovládní robotu pomocí jednoho programovacího zařízení (panelu), musí být zamezeno jeho spuštění nebo změně volby lokálního ovládní z jakéhokoliv jiného zdroje (např. druhého panelu). [7]

3.2 POŽADAVKY NA BEZPEČNOSTNÍ ČÁSTI OVLÁDACÍCH SYSTÉMŮ

Vlastnosti bezpečnostního řídicího systému robotu jsou stanoveny podle kategorií popsanych v ISO 13849-1 . Tato norma uvádí bezpečnostní požadavky a pokyny pro zásady konstrukce a integrace bezpečnostních částí ovládacích systémů, včetně návrhu software. Požadavky na vlastnosti bezpečnostní části ovládacích systémů jsou následující:

- jednotlivá závada kterékoliv části nesmí způsobit ztrátu bezpečnostní funkce,
- kdekoliv je to rozumně proveditelné, musí být závada detekována u nebo před příštím požadavkem na bezpečnostní funkci,
- jakmile se objeví jakákoliv závada, bezpečnostní funkce musí být vykonána a bezpečný stav je udržován,

- všechny rozumně předvídatelné závady musí být detekovány.

3.2.1 Funkce nouzového zastavení

Funkce nouzového zastavení musí být vždy použitelná a funkční a musí být nadřazena všem ostatním funkcím a činnostem ve všech provozních režimech stroje, bez narušení jakýchkoliv zařízení, která jsou navržena k uvolnění zachycených osob. Nesmí být možné vydat jakýkoliv povel ke spuštění (úmyslný, neúmyslný nebo neočekávaný) takových činností, které byly zastaveny spuštěním funkce nouzového zastavení do té doby, dokud nebyla funkce nouzového zastavení ručně resetována (opětne nastavena).

Funkce nouzového zastavení musí být podle následujících kategorií zastavení:

Kategorie zastavení 0

Zastavení pomocí:

- přímého vypnutí energie ke strojnímu pohonu (pohonům) nebo
- mechanického rozpojení (pomocí spojky) mezi nebezpečnými prvky a jejich strojním pohonem (pohony) a, je-li to nezbytné, brzdění.

Kategorie zastavení 1

Ovládané zastavení při zachování přívodu energie ke strojnímu pohonu (pohonům) tak, aby bylo dosaženo zastavení a následně, po zastavení, vypnutí energie.

Příklady vypnutí energie zahrnují:

- vypnutí elektrické energie k elektrickému motoru (motorům) stroje,
- odpojení spojky pohyblivých prvků stroje od zdroje mechanické energie,
- zablokování přívodu energie k hydraulickým, pneumatickým pohonům stroje.

3.2.2 Bezpečnostní zastavení

Robot musí mít jednu nebo více funkcí ochranného zastavení navrženou pro připojení vnějších ochranných zařízení. Tato funkce musí způsobit zastavení všech pohybů robota, a zamezit tak vzniku nebezpečných situací vyvolaných následkem řízení robotnickým systémem. Ochranné zastavení může být iniciováno ručně, nebo pomocí řídicí logiky.

3.2.3 Redukovaná rychlost

Pokud je nastaven chod s redukovanou rychlostí, rychlost upevňovací příruby koncového efektoru a referenční bod manipulovaného předmětu nesmí překročit 250 mm/s. Řízení při redukované rychlosti musí být konstruováno a provedeno tak, že v případě jakékoliv jednotlivé racionálně předvídatelné závady (špatné funkci) nedojde k překročení této rychlosti. [7]

3.2.4 Pracovní režimy

Pracovní režimy (automatický a ruční) musí být voleny bezpečnými prostředky (např. přepínačem pracovního režimu) které musí:

- jednoznačně indikovat vybraný pracovní režim; a
- nesmí sami uvést robot do chodu nebo vyvolat jiné nebezpečí.

Automatický režim nevyžaduje přítomnost operátora, robot běží zcela automaticky nastavenou pracovní rychlostí (rychlost pohybu může být větší než 250 mm/s). Opatření bezpečnostní ochrany jsou plně funkční. Pokud jsou detekovány jakékoliv podmínky zastavení, musí dojít k zastavení automatického provozu. Přepínání z tohoto režimu musí vyústit v zastavení funkce.

Ruční režim je používán při popojíždění, učení, programování a ověřování programu robotu. Tento režim se může použít při údržbě robotu. Při volbě ručního režimu je možno pohybovat robotem buď v režimu redukované rychlosti, nebo v režimu ručního zvýšení rychlosti. Provoz robotu v automatickém režimu nesmí být při navoleném ručním režimu umožněn. [7]

3.2.5 Řízení pomocí ručního ovládacího panelu

Pohyb robota iniciovaný z ručního ovládacího panelu nebo programovacího ovládacího zařízení musí být pouze ovládaním sníženou rychlostí. Ruční ovládací panel, nebo programovací ovládací zařízení musí mít třípolohové souhlasné povelové zařízení. Když je trvale drženo ve střední poloze, souhlasné povelové zařízení musí dovolit pohyb robota a jakékoliv nebezpečí ovládané robotem. Souhlasné povelové zařízení musí mít vlastnosti uvedené v normě. Ruční ovládací panel nebo programovací zařízení musí také obsahovat funkci nouzového zastavení. Automatický provoz robotu není možné aktivovat použitím

pouze ručního ovládacího panelu nebo programovacího ovládacího zařízení (vyžaduje se oddělené potvrzení mimo zabezpečený prostor). [7]

3.3 BEZPEČNOSTNÍ OCHRANNÁ ZAŘÍZENÍ

3.3.1 Zařízení nouzového zastavení

Zařízení nouzového zastavení musí být navržena tak, aby je bylo možné snadno ovládat obsluhou a jinými osobami, které je mohou potřebovat ovládat.

Druhy ovladačů, které mohou být použity, jsou následující:

- hřibovitá tlačítka,
- dráty, lanka, tyče,
- páky,
- ve speciálních případech nožní pedály bez ochranného překrytí.

Zařízení nouzového zastavení musí být umístěna na každém ovládacím místě obsluhy, kromě míst, kde posouzení rizika ukázalo, že to není nutné a také na jiných místech, jak bylo určeno posouzením rizika. Zařízení nouzového zastavení musí být umístěna tak, aby byla snadno přístupná a schopná bezpečného ovládnutí obsluhou a dalšími osobami, které je mohou potřebovat ovládat. Opatření proti nahodilému uvedení do činnosti nemají zhoršovat přístup.

Zařízení nouzového zastavení musí používat princip přímého nuceného vypínání s mechanickým zajištěním západkou.

V případě poruchy v zařízení nouzového zastavení (včetně paměťové funkce) musí mít vytvoření povelu zastavení přednost před udržovací funkcí. Opětné nastavení nouzového zastavení (např. odjištěním) smí být možné pouze jako výsledek ručního působení v místě, kde bylo nouzové zastavení uvedeno do činnosti.

Ovladač nouzového zastavení musí mít červenou barvu. Pozadí za ovladačem, pokud existuje, a pokud je to proveditelné, musí být žluté. Pokud jsou použity dráty nebo lanka, může být užitečné zlepšit jejich viditelnost použitím značkovacích vlaječek upevněných na těchto vypínacích prvcích. [15]

Používání drátů nebo lanek jako ovladačů:

Pokud jsou použity jako ovládače nouzového zastavení dráty nebo lanka, musí být navrženy a umístěny tak, aby byly snadno použitelné. Pro tyto účely musí být uváženy:

- velikost prohnutí, které je nezbytné pro vytvoření povelu nouzového zastavení;
- maximálně možné prohnutí;
- minimální vzdálenost mezi drátem nebo lankem a nejbližším předmětem;
- zvýraznění viditelnosti drátu nebo lanek pro obsluhu (např. použitím značkovacích vlaječek); a
- síla, kterou je třeba působit na drát nebo lanko a její směr, aby bylo zařízení nouzového zastavení uvedeno do činnosti.

Musí být realizována opatření k vyloučení nebezpečí, která jsou způsobena přetržením nebo uvolněním drátu nebo lanka. Prostředky k opětovnému nastavení zařízení nouzového zastavení mají být umístěny tak, aby z těchto míst byla viditelná celá délka drátu nebo lanka.

Instrukce pro používání musí stanovit, že po uvedení zařízení nouzového zastavení do činnosti a před jeho opětovným nastavením je nezbytné zkontrolovat strojní zařízení po celé délce drátu nebo lanka, aby byl zjištěn důvod aktivace. [15]



Obr. 1 Ukázka nouzových STOP tlačítek [8]

3.3.2 Bezpečnostní světelné závory

Jsou velmi užitečná bezpečnostní zařízení, která lze využít pro různé aplikace, a kterými lze hlídat i velké oblasti. Fungují na principu světelných paprsků mezi vysílačem a přijímačem. Když se světelný paprsek přeruší, bezpečnostní světelná závora vypne bezpečnostní výstupy → bezpečnostní obvod se přeruší a stroj nebo nebezpečné pohyby se zastaví. Nabídka trhu obsahuje různé varianty s různými možnostmi např. funkce, rozlišení, provozní vzdálenosti a úrovně ochrany.

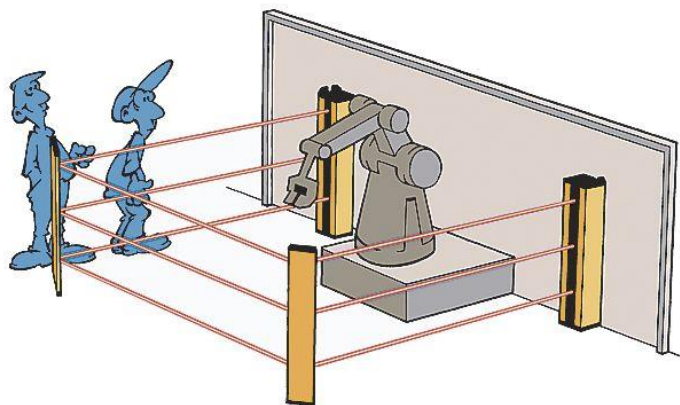
Kdy se používá bezpečnostní světelná závora:

- Když je třeba zajistit stálý a neomezený přístup do nebezpečného prostoru, např. balicí stroj s manuálním podáváním.
- Při stálém podávání materiálu do nebezpečného prostoru, např. branka dopravníku k robotové buňce.
- Když je mechanická ochrana nepraktická nebo ergonomicky nevhodná.

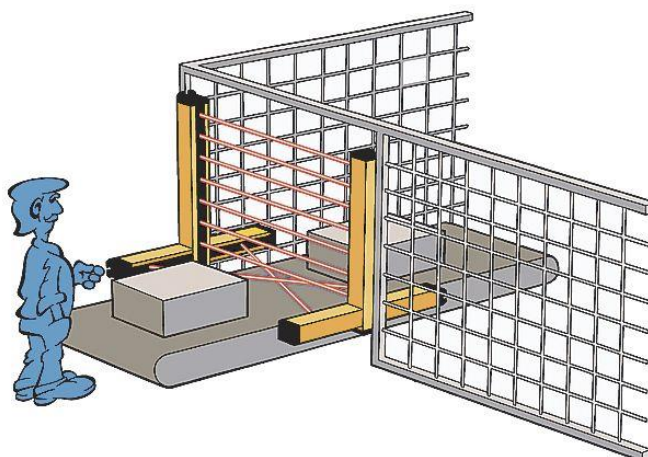
Muting

Funkce muting se používá u automatických strojů, jako např. balicí stroje a robotové buňky, u kterých dopravník přivádí předměty do nebezpečného prostoru. Protože branka musí být otevřená kvůli dopravníku, je nejvhodnější ochranou světelná závora. Když předmět na dopravníku projde brankou, je nutné funkci světelné závory dočasně přerušit. Ale když člověk zkusí projít brankou, buňky a světelná závora to rozpoznají, bezpečnostní výstupy světelné závory se zapnou a nebezpečné stroje se zastaví. [13]

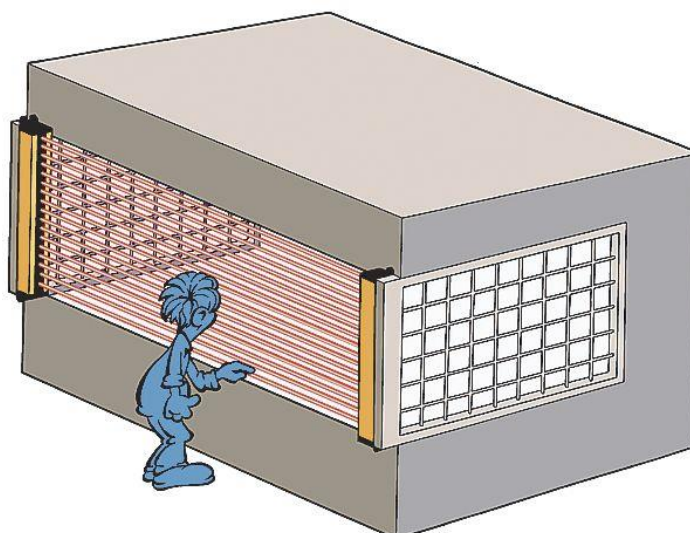
Příklady použití bezpečnostních světelných závor:



Obr. 2 Bezpečnostní světelné závory na hlídání prostoru [13]



Obr. 3 Bezpečnostní světelné závory na ochranu branek dopravníků [13]



Obr. 4 Bezpečnostní světelné závory pro ochranu prstů a rukou [13]

3.3.3 Bezpečnostní laserový scanner

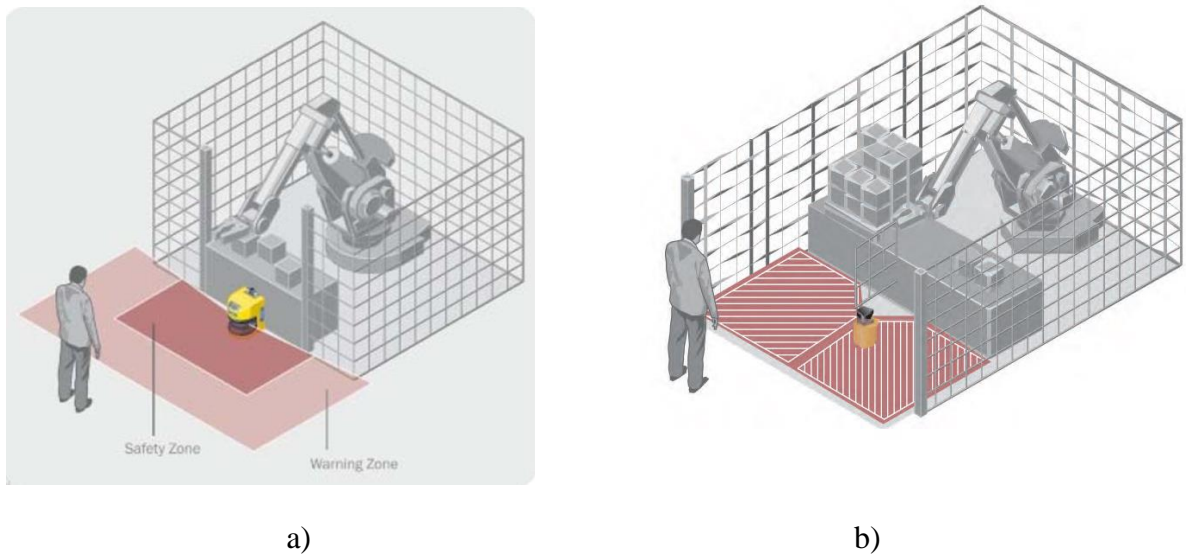
Oproti světelným závorám se bezpečnostní laserový scanner používá pro detekci přítomnosti obsluhy v chráněném prostoru. Zpravidla bývá umístěn 30cm nad podlahou.



Obr. 5 Laserový scanner [9]

Princip činnosti scanneru je založen na impulsním infračerveném paprsku. Paprsek, který vychází z fotodiody, prochází optickou soustavou a dopadá na otočné zrcadlo. To jej vychyluje tak, že vzniká hlídaná detekční zóna ve tvaru kruhové výseče. Paprsek se šíří prostorem, odrazí se od osob nebo objektů, které se nacházejí v hlídaném prostoru. Tyto odražené paprsky jsou scannerem detekovány a zpracovány.

Na Obr. 6 jsou uvedeny dva příklady použití laserového scanneru společnosti SICK. Na Obr. 6(a) je použit scanner, který je naprogramován na dva hlídané prostory. Pokud obsluha vstoupí do prvního hlídaného prostoru, scanner výstražným signálem upozorní obsluhu, že se nachází v hlídaném prostoru. Pokud i přesto obsluha vstoupí do druhého hlídaného prostoru, dojde k zastavení robotu. Na Obr. 6(b) je použit scanner naprogramovaný pro dva hlídané pracovní prostory. Scanner může dle programu střídavě hlídat jedno a pak druhé pracoviště. [7]



Obr. 6 Příklady použití laserového scanneru SICK [7]

3.3.4 Mechanická ochranná zařízení

K zabránění vstupu nepovolaným osobám se často používají pevné zábrany (např. ploty, mříže, pletivo). Mohou být také pohyblivé, blokovací, s přidržováním a bez něj.

Tento způsob je jednoduchý i levný, ale je použitelný pouze tam, kde nemusím do robotizovaného pracoviště zakládat nebo z něj vykládat materiál.

Vstup do ohraničeného prostoru je možný pomocí dveří, které jsou opatřeny bezpečnostním dveřním spínačem, při otevření dveří se automaticky robot a všechny nebezpečné části pracoviště zastaví.



Obr. 7 Ukázka oploceného pracoviště [10]

3.3.5 Bezpečnostní dveřní snímače

Do této podskupiny řadíme bezpečnostní dveřní spínače, bezpečnostní zámky a bezkontaktní spínače.

Bezpečnostní spínače představují jednoduché, ale efektivní mechanické řešení pro monitoring stavu přístupových bodů stroje.

Bezpečnostní spínače se zámkem nám představují mechanický uzamykací systém, pomocí kterého lze chránit stroj před neoprávněným přístupem.

Bezkontaktní bezpečnostní spínače pro dvířka představují alternativu k mechanickým zámkům; otevření dvířek u přístupového bodu je detekováno pomocí magnetických nebo jazýčkových kontaktů. Zpravidla nabízejí delší životnost, protože neobsahují žádné mechanické části, a jsou vhodné pro aplikace, kde je nutný pravidelný přístup k danému místu ve stroji.

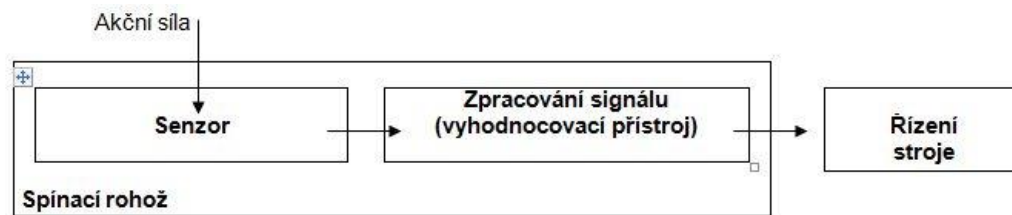


Obr. 8 Bezpečnostní spínače značky SICK [11]

3.3.6 Nášlapné rohože

Bezpečnostní nášlapné rohože jsou zařízení, užívaná ke střežení podlahové plochy v okolí nebezpečného prostoru. Lze je použít pro základní zabezpečení tam, kde jiné druhy bezpečnostních ochranných zařízení mohou být nedostatečné nebo nepraktické či nepoužitelné. Mohou být také použity ve spojení s bezpečnostním oplocením nebo světelnou závorou jako sekundární ochrana před nebezpečným působením pohyblivých strojních částí.

Bezpečnostní rohože v podstatě zajišťují detekci vstupu operátorů do nebezpečné zóny, případně detekci jejich pobytu uvnitř tohoto prostoru. Tlakové čidlo, integrované v bezpečnostní rohoži, je aktivováno tehdy, pokud na její povrch působí tlak obvykle způsobený přítomností operátora. Signál generovaný čidlem je veden k vyhodnocení do bezpečnostního modulu, odkud je následně zaslán do řídicího systému stroje povel k zastavení (STOP).

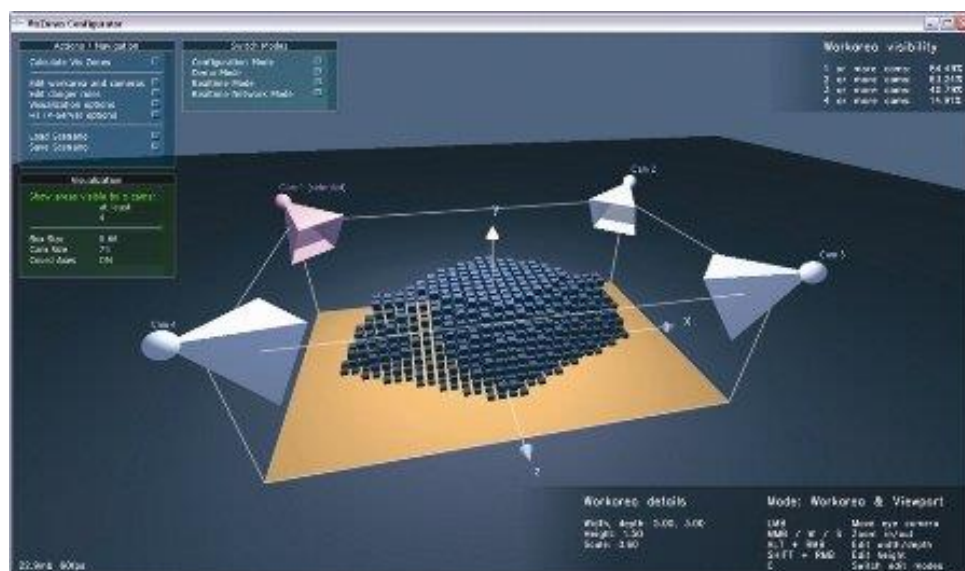


Obr. 9 Princip spínací rohože [14]

4. NOVÉ TRENDY

Trvalý pokrok v nejnovějších vývojových technologiích (např. zpracování a kvalita materiálu, tvoření nových algoritmů programů, větší výdrž baterií a nové příslušenství) nám pomáhá při realizování nebezpečných úloh.

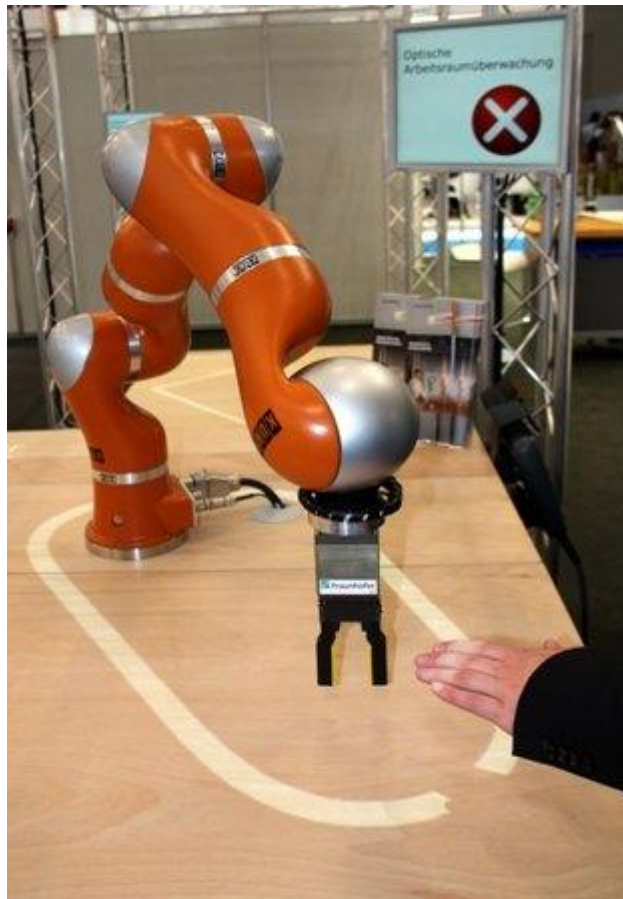
Dnešním trendem ve vývoji a vytváření robotizovaných pracovišť je zvyšování technických parametrů robotů a celých systémů, včetně právě snižování energetické náročnosti a taky zvyšování flexibility robotů se zapojením tvůrčího myšlení člověka. V zásadě se tak mění, při zajištění potřebných bezpečnostních opatření, názor na absolutní izolaci jednotlivého robotizovaného pracoviště i celých provozů. Tím, že se jedná o zcela nové chápání takových robotizovaných pracovišť, pracuje tu na úkolech bezpečnosti hned několik ústavů. Fraunhofer Institut předvádí v projektu BildRobo inteligentní monitorovací systém Sim4Save s vybavením haly vhodným počtem kamer a programem schopným určité předvídativosti vzhledem k typu provozu. Kamery sledují veškerý prostor a dění v hale, při překročení programem nastavených limitů vyvolávají varovné zprávy. Nejprve pouze zvuková, při hrozícím nebezpečí navíc způsobí zpomalení chodu robotu nebo dokonce zastavení robotu. [12]



Obr. 10 Celoplošný kamerový bezpečnostní systém Sim4Save [12]

Celoplošnou bezpečnost řeší taky projekt ViERforES z Fraunhofer Institutu. Složen je z projektorů a kamer umístěných na různých místech haly (stropy, stěny). Projektory zobrazují na ploše haly bezpečnostní linie, kde je vstup zakázán. Případné překročení linie

zachycuje kamera, která vydává pokyn pro omezení nebo zastavení pohybu robotu. K projekci bezpečnostních zón se pro ochranu před rušivými světelnými jevy používá modulované světlo. I zde se dá způsob varování před zásahem do chodu provozu kombinovat s akustickými a optickými signály. Na stejném principu vyvíjí bezpečnostní systém pro jednotlivá robotická nebo kombinovaná pracoviště. [12]



Obr. 11 Bezpečnostní projekční a kamerový systém [12]

Pro taková pracoviště, kde se v pracovním procesu setkává člověk s robotem, existuje více způsobů zajištění bezpečnosti a jejich volba závisí většinou na místních podmínkách. Mohou je řešit způsoby uvedené už v předchozím odstavci, propojení řídicího systému se soustavou senzorů nebo třeba i materiálová volba v propojení na taktilní senzory. Populární jsou senzory s citlivostí blízkou vnímání člověka, která je realizována povlakem „umělé kůže“, která dokáže rozlišit i sílu dotyku. Podstata řešení vyvíjeného hned na několika místech, ať už v Kalifornské univerzitě v Berkeley, Stanfordské univerzitě nebo i Fraunhofer Institutu v Magdeburku, je vždy stejná – síť dostatečně citlivých taktilních senzorů, umístěná v měkkém, většinou vodivém pěnovém materiálu, s elektronikou pro

vyhodnocení situace a předání informace robotu, počítači nebo řídicímu centru. Umělou kůží může být přitom pokryt třeba stojan nebo rameno robotu, ale může být vložena i do podlahy, kde slouží v síti nášlapných senzorů. Velikost plochy sítě a ani její geometrický tvar nejsou nijak ohraničené.

Provedení umělé kůže bylo použito např. u laboratorního asistenčního robotu LISA, který se stará o fyzické doplňování databáze laboratorních vzorků a při své práci spolupracuje s laboranty. Po konstrukční stránce je manipulační část robotu v provedení scara, s ramenem a stojanem opatřenými na povrchu právě uváděnou umělou kůží. Systém řízení robotu tady dostává navíc i informace z termokamery, která sleduje akční prostor ramena s chapadlem, a protože jde o mobilní robot, nechybí ani laserová navigace. A že jde o pokus vytvořit robot s co nejvyšší inteligencí, ukazuje také to, že s okolím se robot může domlouvat i hlasem, má velkou slovní zásobu a rozumí i větám. [12]



Obr. 12 Povrch stojanu nebo ramene robotu pokrytý „umělou kůží“ [12]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5. ZABEZPEČENÍ PRACOVIŠTĚ – IMA BIMA P 480 V

IMA BIMA P 480 V je obráběcí centrum, které se využívá pro formátování a olepování, synchronizované vrtání a frézování s více dílci současně nebo lze v mezičase provádět olepování a dokončovací operace.



Obr. 13 IMA BIMA P 480 V

5.1 Pevné zábrany

K zabránění vstupu nepovolaným osobám zde používají pevné a pohyblivé zábrany (ploty, mříže). Pevné zábrany patří mezi „jednoduchý a levný“ způsob zabezpečení. Vstup do ohraničeného prostoru je možný pomocí dveří, které jsou opatřeny bezpečnostním dveřním spínačem, při otevření dveří se automaticky robot a všechny nebezpečné části pracoviště zastaví.



Obr. 14 Oplocení pracoviště

5.2 Bezpečnostní dveřní spínače a tlačítka nouzového zastavení

Bezpečnostní dveřní spínače představují jednoduché, ale efektivní mechanické řešení pro monitoring stavu přístupových bodů stroje. Při otevření dveří dojde k rozpojení kontaktu a všechny nebezpečné části pracoviště se zastaví. Pracoviště je opatřeno čtyřmi spínači. Na tomto pracovišti jsou použity spínače značky BERNSTEIN.

Tlačítka nouzového zastavení jsou umístěna na každém ovládacím místě obsluhy, zde máme dvě ovládací místa a další tlačítka jsou umístěna na místech tak, aby se riziko zranění snížilo na minimum. Tlačítka jsou umístěna tak, aby byla snadno přístupná a schopná bezpečného ovládání obsluhou a dalšími osobami, které je mohou potřebovat ovládat.



Obr. 15 Bezpečnostní dveřní spínač BERNSTEIN a tlačítko nouzového zastavení

5.3 Světelná závora a nášlapná rohož

Tyto dva bezpečnostní prvky zajišťují, aby se obsluha nepřiblížila do nebezpečné vzdálenosti ke stroji. Jakmile vstoupí do paprsku světelné závory nebo na nášlapnou rohož, nebezpečné části stroje se okamžitě zastaví.



Obr. 16 Světelná závora a nášlapná rohož

Nášlapná rohož

Bezpečnostní nášlapné rohože je zařízení ke střežení podlahové plochy v okolí nebezpečného prostoru. Jedná se o základní zabezpečení, kde jiné druhy bezpečnostních ochran jsou nedostatečné nebo nepraktické či nepoužitelné. U tohoto pracoviště jsou použity ve spojení s bezpečnostním oplocením a světelnou závorou jako sekundární ochrana před nebezpečným působením pohyblivých strojních částí. Bezpečnostní rohož zajišťuje detekci vstupu operátorů do nebezpečné zóny a detekci jejich pobytu uvnitř tohoto prostoru. Tlakové čidlo, integrované v bezpečnostní rohoži, je aktivováno tehdy, pokud na její povrch působí tlak obvykle způsobený přítomností operátora. Signál generovaný čidlem je veden k vyhodnocení do bezpečnostního modulu, odkud je následně zaslán do řídicího systému stroje povel k zastavení (STOP). Hliníkové lemovací nášlapné lišty slouží k upevnění rohože na požadované místo podlahy.

Technické údaje:

- Horní vrstva PVC tloušťky 4 mm
- Spodní vrstva PVC tloušťky 3 mm
- Celková výška 9 mm
- Hmotnost cca 12 kg/m²
- Aktivační síla 25 kg (zkušební tyčí o průměru 80 mm)
45 kg (zkušební tyčí o průměru 200 mm)
- Statické zatížení 60 kg/cm²
- Napájecí napětí 32 V DC
- Spínací proud 1 A (při 24 V)
- Pásmo necitlivosti 30 mm kolem vnější hrany
- Provozní teplota v rozsahu od -10 °C do +60 °C
- Doba odezvy 40 ms

Světelná závora

Na pracovišti je použita světelná závora od firmy Leuze. Jedná se o vícepaprskovou světelnou závoru pro vzdálenost 0,5 – 8 metrů pod označením ROBUST.

Vlastnosti:

- Integrované vyhřívání optiky pro použití v rozsahu teplot -25 ...+55 °C
- Krytí IP 67
- Skleněná optika s možností upevnění pomocného seřizovacího laseru



Obr. 17 Světelná závora Leuze ROBUST

6. ZABEZPEČENÍ PRACOVÍŠTĚ WEMHÖNER NA LISOVÁNÍ FÓLIÍ



Obr. 18 WEMHÖNER Variopress Basic 1000 Plus

Pracoviště je zabezpečeno tak, aby se obsluha nedostala k žádné nebezpečné části stroje. K zamezení přístupu slouží pevné zábrany, nášlapná rohož a bezpečnostní dveřní snímač, Pokud dojde k otevření dveří nebo šlápnutí na koberec, okamžitě se stroj zastaví a aktivuje se signalizační zařízení. Pracoviště je vybaveno tlačítky nouzového zastavení.

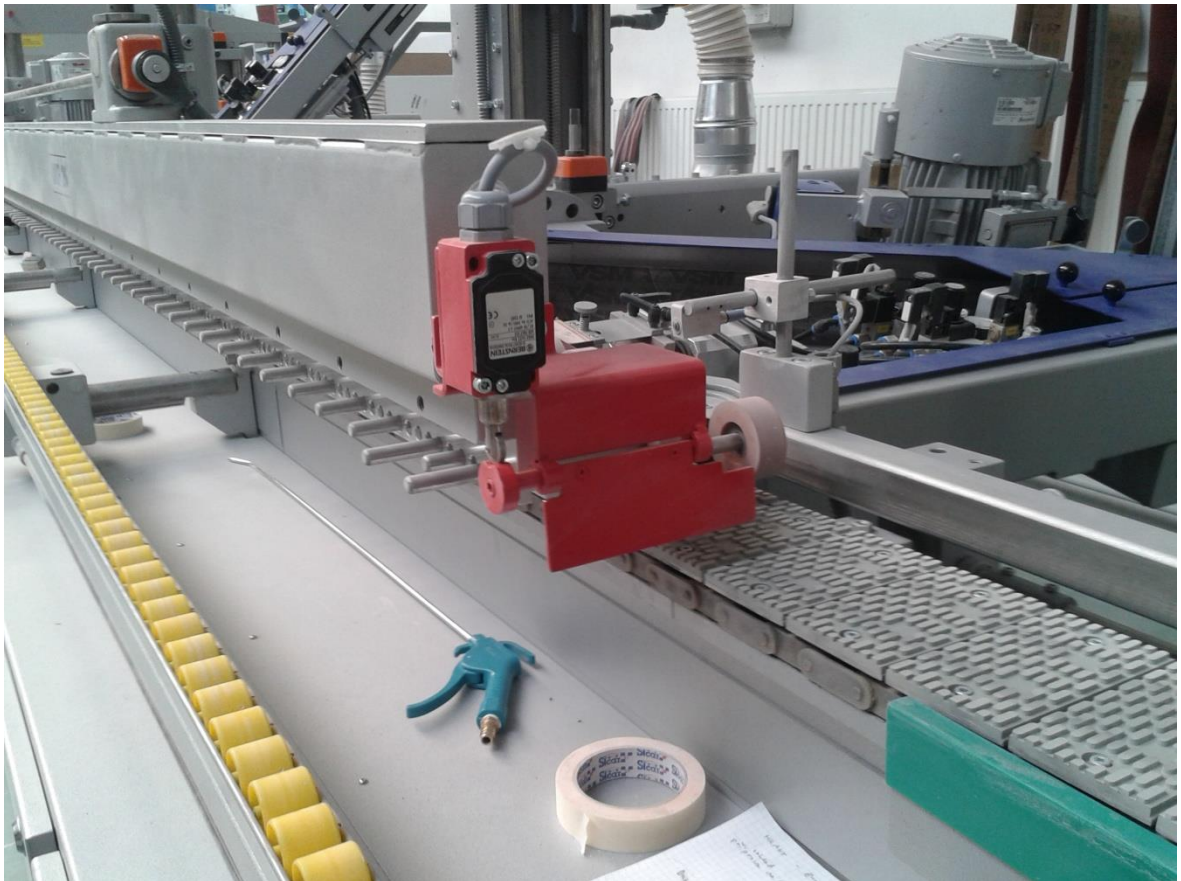


Obr. 19 Nášlapná rohož u pracoviště na lisování fólií

7. DALŠÍ BEZPEČNOSTNÍ PRVKY ROBOTICKÝCH PRACOVIŠŤ

7.1 Polohové spínače Bernstein

Polohové spínače jsou jednoduchá spínací zařízení aktivovaná mechanickým kontaktem s ovládaným zařízením. Toto zabezpečení patří mezi ty nejlevnější, ale zároveň velmi bezpečné a spolehlivé.



Obr. 20 Polohový spínač

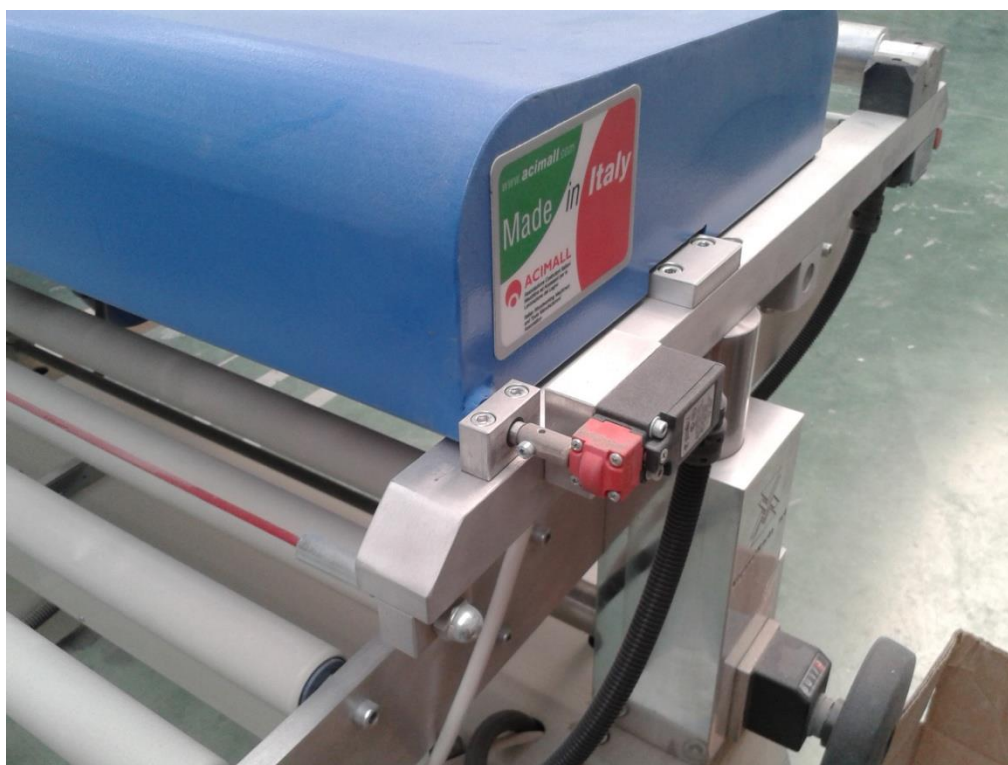
Polohový spínač slouží k tomu, aby do stroje nedostal větší obrobek, než je povoleno. Pokud by byl obrobek větší, dojde pomocí spínače k rozpojení elektrického obvodu a k zastavení stroje, jinak by mohlo dojít k poruše.

7.2 Lankové nouzové spínače s lankem

Chrání obsluhu před dotykem nebezpečných částí stroje. Při dotyku lanka dochází k aktivaci koncového spínače a vypnutí stroje. Opět se jedná o jednoduché a levné zařízení, ale svou úlohu plní spolehlivě.



Obr. 21 lankový nouzový spínač s lankem



Obr. 22 detail lankového nouzového spínače s lankem

ZÁVĚR

Automatizace a robotizace výrobních procesů nejen zvyšuje efektivitu a produktivitu výroby, ale také s sebou přináší zvýšené riziko zranění obsluhy. Přičemž je nutné si uvědomit, že současná legislativa nařizuje výrobcí dodávat pouze bezpečná zařízení a uživateli nařizuje používat pouze bezpečná zařízení. Bezpečnost robotického pracoviště je stále více se rozvíjejícím oborem a je na ni kladen velký důraz.

V teoretické části bakalářské práce je provedena literární rešerše, uveden legislativní a normativní rámec týkající se robotických systémů. Definoval jsem možná rizika, která mohou být spojena s roboty a jejich zdroje, specifikoval požadavky na bezpečnostní části řídicích systémů, zde jsem uvedl bezpečnostní požadavky a pokyny pro zásady konstrukce a integrace bezpečnostních částí ovládacích systémů, včetně návrhu software. Dále jsem popsal požadavky na konstrukci robotu, protože průmyslový robot má uvnitř své konstrukce a kolem sebe nebezpečný prostor, ve kterém může dojít ke zranění obsluhy. Do nebezpečného prostoru je potřeba, pokud je to technicky možné zamezit přístupu osob pomocí vhodných ochranných opatření nebo se snažit omezit vstup do těchto prostorů, tomu byla věnována kapitola bezpečnostní ochranná zařízení (bezpečnostní světelné závory, scannery, dveřní snímače, apod.). Poslední část teoretické práce jsem věnoval novým trendům v oblasti bezpečnosti robotických zařízení.

V praktické části jsem provedl ukázkou různých typů pracovišť ve firmě na výrobu kuchyní, kde byly jednoduché pracoviště s koncovými spínači s lankem, ale také pracoviště se světelnou závorou a nášlapnou rohoží.

Oblasti a možnosti využití robotických systémů jsou stále rozšiřovány. Probíhá neustálý vývoj, který směřuje ke zdokonalování jednotlivých prvků robotických pracovišť, jež ve výsledku tvoří ideální systém určený pro danou úlohu.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] MARTINEK, Radislav. Senzory v průmyslové praxi. 1. vyd. Praha: BEN – technická literatura, 2004, 199 s. ISBN 8073001144.
- [2] ČSN EN ISO 12100. Bezpečnost strojních zařízení – Všeobecné zásady pro konstrukci – Posouzení rizika a snižování rizika. Praha: Úřadu pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010.
- [3] ČSN EN ISO 10218-1. Roboty a robotická zařízení – Požadavky na bezpečnost průmyslových robotů – Část 1: Roboty. Praha: Úřadu pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
- [4] ČSN EN ISO 10218-2. Roboty a robotická zařízení – Požadavky na bezpečnost průmyslových robotů – Část 2: Systémy robotů a integrace. Praha: Úřadu pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
- [5] ČSN EN ISO 13849-1. Bezpečnost strojních zařízení - Bezpečnostní části ovládacích systémů - Část 1: Všeobecné zásady pro konstrukci. Praha: Český normalizační institut, 2006.
- [6] NAVRÁTIL, Petr a Ján IVANKA. Aplikace bezpečnostních komponentů u průmyslových robotů. Security magazin - Alarm. Slovenská republika: Plettac Security, Infodom s.r.o., 2013, XV, č. 1, s. 14-20. ISSN 1335 – 504 X.
- [7] BLECHA, P., Z. KOLÍBAL, R. KNOFLÍČEK, A. POCHYLÝ, T. KUBELA, R. BLECHA a T. BŘEZINA. Mechatronika: Modul 10: Robotika [online]. [cit. 2014-04-02].
- [8] Tlačítka nouzového zastavení. [online]. [cit. 2014-04-04]. Dostupné z: <http://www.euchner.cz>
- [9] Bezpečnostní laserový skener PHARO. [online]. [cit. 2014-04-04]. Dostupné z: <http://www.rem-technik.cz>
- [10] Manipulátory. [online]. [cit. 2014-04-08]. Dostupné z: <http://www.auring.cz/cs/reference/robotizace>

- [11] Elektromagnetické bezpečnostní spínače [online]. [cit. 2014-04-08]. Dostupné z:
[http://www.sick.com/cz/cs-cs/home/products/product_portfolio/safety_switches/
Pages/electro-mechanical_safety_switches.aspx](http://www.sick.com/cz/cs-cs/home/products/product_portfolio/safety_switches/Pages/electro-mechanical_safety_switches.aspx)
- [12] Postřehy z veletrhu Automatica. [online]. [cit. 2014-04-16]. Dostupné z:
<http://www.mmspektrum.com/clanek/postrehy-z-veletrhu-automatica.html>
- [13] Bezpečnostní světelné závory. [online]. [cit. 2014-04-04]. Dostupné z:
<http://www.oemautomatic.cz>
- [14] Princip spínací rohože [online]. [cit. 2014-06-03]. Dostupné z:
[http://www.pozeri.cz/ovladaci-a-bezpecnostni-prvky-pro-stroje-a-
zarizeni.html/spinaci-rohoz-2](http://www.pozeri.cz/ovladaci-a-bezpecnostni-prvky-pro-stroje-a-zarizeni.html/spinaci-rohoz-2)
- [15] Zásady pro konstrukci nouzového zastavení. [online]. [cit. 2014-04-03]. Dostupné z:
<http://www.elektroprumysl.cz>
- [16] Historie a vývoj [online]. [cit. 2014-04-08]. Dostupné z:
<http://www.roboti.cz/test/historie-vyvoj>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

EMC	Elektromagnetická kompatibilita.
EMI	Elektromagnetická interference.
RFI	Interference rádiových vln.
ESD	Elektrostatický výboj.
DC	Stejnoseměrný proud.
IP	Stupeň krytí, udává odolnost elektrospotřebiče.
A	Ampér je základní jednotka soustavy SI pro elektrický proud.
V	Volt je jednotka elektrického napětí.

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1 Ukázka nouzových STOP tlačítek [8]</i>	19
<i>Obr. 2 Bezpečnostní světelné závory na hlídání prostoru [13]</i>	20
<i>Obr. 3 Bezpečnostní světelné závory na ochranu branek dopravníků [13]</i>	21
<i>Obr. 4 Bezpečnostní světelné závory pro ochranu prstů a rukou [13]</i>	21
<i>Obr. 5 Laserový scanner [9]</i>	22
<i>Obr. 6 Příklady použití laserového scanneru SICK [4]</i>	23
<i>Obr. 7 Ukázka oploceného pracoviště [10]</i>	23
<i>Obr. 8 Bezpečnostní spínače značky SICK [11]</i>	24
<i>Obr. 9 Princip spínací rohože [14]</i>	25
<i>Obr. 10 Celoplošný kamerový bezpečnostní systém Sim4Save [12]</i>	26
<i>Obr. 11 Bezpečnostní projekční a kamerový systém [12]</i>	27
<i>Obr. 12 Povrch stojanu nebo ramene robotu pokrytý „umělou kůží“ [12]</i>	28
<i>Obr. 13 IMA BIMA P 480 V</i>	30
<i>Obr. 14 Oplocení pracoviště</i>	31
<i>Obr. 15 Bezpečnostní dveřní spínač BERNSTEIN a tlačítko nouzového zastavení</i>	32
<i>Obr. 16 Světelná závora a nášlapná rohož</i>	33
<i>Obr. 17 Světelná závora Leuze ROBUST</i>	35
<i>Obr. 18 WEMHÖNER Variopress Basic 1000 Plus</i>	36
<i>Obr. 19 Nášlapná rohož u pracoviště na lisování fólií</i>	37
<i>Obr. 20 Polohový spínač</i>	38
<i>Obr. 21 lankový nouzový spínač s lankem</i>	39
<i>Obr. 22 detail lankového nouzového spínače s lankem</i>	39