



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

VYUŽITÍ BEZPEČNOSTNÍCH SENZORŮ V PRŮMYSLVÝCH APLIKACÍCH

USE OF SENSORS IN INDUSTRIAL APPLICATION

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jan Grygařík

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Radim Blecha, Ph.D.

BRNO 2016

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student: **Jan Grygařík**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Stavba strojů a zařízení
Vedoucí práce: **Ing. Radim Blecha, Ph.D.**
Akademický rok: 2015/16

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Využití bezpečnostních senzorů v průmyslových aplikacích

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Aplikování bezpečnostních senzorů snižuje možné úrazy v nebezpečném prostoru automatizovaného provozu. Student se seznámí s bezpečnostní sensorikou, jejich principem a možnou aplikací.

Cíle bakalářské práce:

Vytvořit celkový přehled bezpečnostních senzorů používaných v automatizovaném provozu. Ukázky možného nasazení jednotlivých bezpečnostních senzorů.

Seznam literatury:

TURCK, <http://pdb2.turck.de/cz/DE/groups/000000010001726900060023>, 2.12.2015

SICK, <https://www.sick.com/cz/cs/optoelektronicka-ochranna-zarizeni/bezpecnostni-svetelne-zavesy/c/g185751>, 2.12.2015

OMRON, <https://industrial.omron.cz/cs/products/catalogue/safety/default.html>, 2.12.2015

PILZ, <https://www.pilz.com/en-CZ/eshop/A0010B0011/Safety-switches>, 2.12.2015

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2015/16

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Václav Píštěk, DrSc.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá přehledem nabízených bezpečnostních senzorů používaných v automatizovaném provozu a jejich rozřazením podle používané technologie jednotlivých senzorů do daných skupin včetně příkladů jejich možného využití v průmyslových aplikacích. První část práce je zaměřena na problematiku samotné bezpečnosti a lehce se dotýká také postupu pro její zavedení. V druhé hlavní části je následovně zpracován samotný přehled jednotlivých druhů bezpečnostních senzorů včetně příkladů jejich aplikace.

ABSTRACT

This bachelor thesis is dealing with the summary of security sensors used in automated operations and tries to divide them into groups according to used technology including examples of their uses in industrial applications. The first part of the thesis focuses on the problem of security and it mentions lightly the procedure of its installation. The second part offers the summary of all types of security sensors and it includes the examples of their application.

KLÍČOVÁ SLOVA

Automatizace, technologie, senzor, bezpečnost.

KEYWORDS

Automation, technology, sensor, safety.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

GRYGAŘÍK, J. *Využití bezpečnostních senzorů v průmyslových aplikacích*, Brno, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. 2016, 43 s., Vedoucí bakalářské práce
Ing. Radim Blecha, Ph.D.

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych rád poděkoval panu Ing. Radimu Blechovi, Ph.D. za vedení a rady poskytnuté při vypracovávání této bakalářské práce, dále své rodině a přítelkyni za podporu během studia a v neposlední řadě také Bohu.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Radima Blechy, Ph.D. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 24.5.2016

.....

Jan Grygařík

OBSAH

1	ÚVOD	15
2	VÝVOJ PRŮMYSLU	17
3	BEZPEČNOST V PRŮMYSLU	19
4	RIZIKA	21
5	BEZPEČNOSTNÍ SENZORY	23
5.1	BEZPEČNOSTNÍ SPÍNAČE	23
5.1.1	ELEKTRO-MECHANICKÉ BEZPEČNOSTNÍ SPÍNAČE.....	23
5.1.2	BEZKONTAKTNÍ BEZPEČNOSTNÍ SPÍNAČE.....	24
5.2	OPTOELEKTRONICKÁ OCHRANNÁ ZAŘÍZENÍ.....	26
5.2.1	VÍCE-PAPRSKOVÉ BEZPEČNOSTNÍ SVĚTELNÉ MŘÍŽE	27
5.2.2	JEDNO-PAPRSKOVÉ BEZPEČNOSTNÍ SVĚTELNÉ ZÁVORY	29
5.2.3	BEZPEČNOSTNÍ LASEROVÉ SKENERY	31
5.2.4	BEZPEČNOSTNÍ KAMERY	32
5.3	BEZPEČNOSTNÍ NÁŠLAPNÉ ROHOŽE.....	34
5.4	BEZPEČNOSTNÍ NÁRAZNÍKY A NÁRAZOVÉ LIŠTY.....	36
5.5	TLAČÍTKA NOUZOVÉHO ZASTAVENÍ.....	38
6	PŘEHLED VYUŽITÍ BEZPEČNOSTNÍCH SENZORŮ	41
7	ZÁVĚR	43
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	44
8	SEZNAM ZKRATEK, SYMBOLŮ, OBRÁZKŮ A TABULEK	47
8.1	Seznam zkratk a symbolů	47
8.2	Seznam obrázků.....	47
8.3	Seznam tabulek	47

1 ÚVOD

Technický pokrok je jednou z tváří identity naší společnosti, měřítkem mnoha hodnot. Jeho lůnem i prostorem pro další rozvoj a realizaci je průmysl. Ten je velice významným odvětvím světového hospodářství a industrializace je nejen technickým, ale i politickým bitevním polem inovativních myšlenek, nápadů a technologií. Jeho dnešní podobu si dovedeme jen těžko představit bez použití senzorky, vždyť jen automatické otevření dveří budovy, nebo nastoupení do výtahu se neobejde bez řady senzorů zabezpečujících komfortní a bezpečný chod těchto zařízení. Především v aplikacích, kde dochází ke styku s osobami, jsou kladeny vysoké požadavky na jejich bezpečnost a jedním ze způsobů jak ji zaručit, je použití bezpečnostních senzorů.

Na trhu dnes působí celá řada výrobců nabízejících širokou škálu nejrůznějších bezpečnostních senzorů. Portfolia jednotlivých výrobců se různí a každý větší či menší měrou přispívá k celkové nabídce. K dispozici jsou tak produkty jak od menších specializovaných firem zabývajících se pouze jedním druhem senzorů, tak i velkých společností nabízejících širší průřez bezpečnostní senzorkou. Žádný z výrobců se ale nezabývá kompletním spektrem senzorů a jejich rozdělení do jednotlivých kategorií se může různit. Celková nabídka se tedy ne vždy musí jevit jako přehledná a při volbě vhodných senzorů pro dané použití tak může chybět jednotný přehled pro lepší orientaci v celém sortimentu

Tato práce si tedy klade za cíl, vytvořit přehled nabízených bezpečnostních senzorů používaných v automatizovaném provozu s logickým rozřazením podle technologie jednotlivých senzorů a uvést příklady možného použití jednotlivých senzorů v průmyslových aplikacích. V první části bakalářské práce je nastíněna problematika samotné bezpečnosti v průmyslu a postup pro její zabezpečení a v druhé, hlavní části je zpracován přehled jednotlivých druhů bezpečnostních senzorů včetně příkladů jejich aplikace.

2 VÝVOJ PRŮMYSLU [1]

Průmysl jako takový má své počátky v 18. století, kdy začalo docházet k postupné proměně v zemědělství, výrobě, těžbě a dopravě a to především díky postupnému přechodu ve výrobním procesu od ruční výroby k manufaktuře a velkovýrobě za pomoci nových zdrojů energie jako například uhlí, které ke svému chodu využíval i symbol průmyslové revoluce, parní stroj.

Jako o druhé průmyslové revoluci hovoříme o období 19. století, kdy se nejskloňovanějším pojmem stala elektrifikace a s ní spojený vznik montážních linek. Symbolem doby byla Edisonova žárovka nebo společnost Cincinnati, která ve svém podniku instalovala první montážní linku a odstartovala tak epochu masové výroby.

Třetí průmyslová revoluce se nesla v duchu automatizace výrobních operací a procesů způsobená rozmachem elektroniky a informačních technologií. Určit přesné období třetí průmyslové revoluce není jednoduché, protože spíše než o zlom se jednalo o postupný vývoj. Jeden z milníků však poukazuje na rok 1969, kdy byl vyroben první programovatelný logický automat čili PLC.

Čtvrté průmyslové revoluce jsme svědky právě nyní a jejím znakem je obrovský rozmach internetu a jeho implementace do všech oblastí lidského života, průmyslu nevyjímaje. Můžeme tak být svědky složitých výrobních linek, kdy jejich jednotlivé součásti mezi sebou navzájem komunikují a člověk se tak stává jen dozorem v řetězci složitých automatizovaných procesů.

Bezpečnostní sensorika

Moderní průmyslová řešení si dnes dovedeme jen těžko představit bez množství automatizovaných procesů, která umožňují výrobu nejen zjednodušit pro obsluhu, ale také stabilizovat výrobní procesy a dosáhnout lepší jakosti produktů. S rostoucími nároky na složitost automatizovaných operací rostou také požadavky na jejich bezpečnost a bezpečnost jejich obsluhy. Tyto požadavky se odrážejí ve funkčnosti a využití bezpečnostních senzorů. Moderní automatizace je dnes neodmyslitelnou součástí průmyslové výroby. A především její bezpečnostní prvky se dnes stávají součástí našeho každodenního života, jako například automatické otevírání dveří budov a dopravních prostředků. Podmínkou pro většinu automatizačních řešení je, kromě účinné mikroelektroniky, dostatečná bezpečnostní sensorika, která nepřetržitě poskytuje aktuální informace o provozních stavech impulzům k ovládání. Většina automatizačních řešení by bez těchto důležitých komponentů byla neproveditelná a nesmyslná.

3 BEZPEČNOST V PRŮMYSLU [2], [3], [13], [18]

Výrobci strojních zařízení jsou povinni konstruovat stroje tak, aby byly v souladu se základními požadavky na bezpečnost. Na evropské úrovni se k této problematice vztahuje norma ČSN EN ISO 12100. Tato norma stanovuje základní terminologii, zásady a metodiku pro dosažení požadované bezpečnosti při konstrukci strojního zařízení. Norma se zabývá zásadami posouzení možných rizik a slouží jako pomoc konstruktérům při snaze o jejich odstranění nebo minimalizaci. Tyto zásady vycházejí ze zkušeností při konstrukci, používání, úrazech a nehodách u zařízení.

Jednoznačné požadavky týkající se posuzování rizik, které se vztahují k celému životnímu cyklu stroje, včetně požadavků na konstrukci, výrobu, nastavení, obsluhu a vyřazení z provozu, stanovuje evropská směrnice 2006/42/ES která vstoupila v platnost 29. prosince 2009.

Další směrnice týkající se bezpečnosti průmyslových zařízení jsou:

- 2006/42/ES určená pro výrobce průmyslových zařízení
- 2009/104/ES určená pro operátory výrobních zařízení

Za předpokladu, že je riziko spojené s použitou technologií nulové, je cílem dosáhnout přijatelného zbytkového rizika, které může být pro jednotlivé země EU rozdílné a upravují je místní pravidla týkající se technických zkoušek a údržby.

Je-li riziko spojené s řídicími systémy, musí být tyto systémy navrženy tak, aby byl zajištěn přijatelný pravděpodobný výskyt funkčních chyb. V případě, že toto opatření není možné z jakéhokoli důvodu, nesmí mít žádná z možných nastalých chyb za následek ztrátu bezpečnostní funkce systémových opatření. Pro bezpečnost strojních zařízení, a tedy i senzoriky, jsou nyní nejpoužívanější dvě normy: EN ISO 13849-1 a EN 62061, z nichž každá je vhodnější pro jinou oblast používaných technologií. Rozdíly mezi nimi jsou znázorněny v obrázku 1.

Technologie zavádějící bezpečnostní řídicí funkce	EN ISO-13849-1	EN 62061
A Neelektrická zařízení, např. hydraulická	použitelná	neobsahuje
B Elektromechanická zařízení, např. relé, a/nebo jednodušší elektronické systémy	Omezeno na určené architektury a na zařízení do PL = e	Všechny architektury a zařízení do kategorie SIL 3
C Složitě elektronické systémy, např. programovatelné	Omezeno na určené architektury a na zařízení do PL = d	Všechny architektury a zařízení do kategorie SIL 3
D A v kombinaci s B	Omezeno na určené architektury a na zařízení do PL = e	U neelektrických technologií používejte jako podsystémy podle normy ISO 13849.
E C v kombinaci s B	Omezeno na určené architektury a na zařízení do PL = d	Všechny architektury a zařízení do kategorie SIL 3
F C v kombinaci s A nebo C v kombinaci s A a B	U složitých elektronických systémů: Používejte určené architektury podle normy EN ISO 13849 do PL = d nebo jakoukoli architekturu podle normy EN 62061.	U neelektrických technologií používejte jako podsystémy podle normy ISO 13849.

Obr. 1) Porovnání EN ISO 13849-1 a EN 62061 [2]

EN ISO 13849-1: Bezpečnost součástí řídicích systémů

Tato norma se využívá pro bezpečnost součástí řídicích systémů a pro všechny typy strojních zařízení, bez ohledu na technologie. Obsahuje požadavky kladené na bezpečnost součástí programovatelných elektronických řídicích systémů. Zkoumá bezpečnostní funkce

všech komponent použitých k realizaci. Druhá část této normy se zabývá posuzováním závad, údržbou, dokumentací a pokyny k použití zařízení.

Postup pro dosažení bezpečnosti stroje lze popsat v následujících bodech:

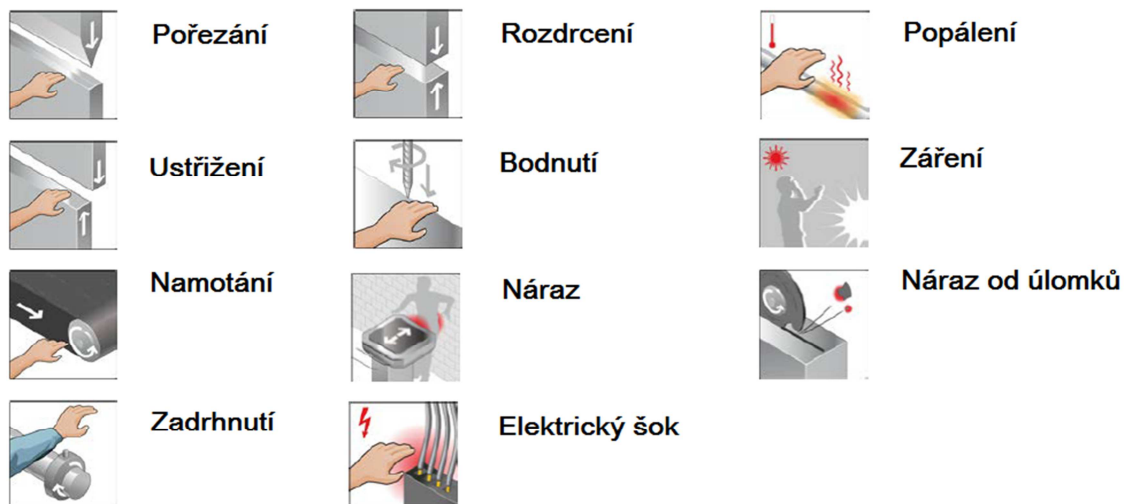
- 1. Posouzení rizik** – jedná se především o identifikaci rizik vyskytujících se u daného zařízení ve všech provozních režimech a ve všech etapách životnosti stroje.
- 2. Opatření ke snížení rizik** – opatření odpovídají na rizika zjištěná předchozí analýzou a ohledem na zvolenou technologii. V případě, že bezpečnost není možné zajistit samotnou konstrukcí zařízení, jsou volena vhodná bezpečnostní zařízení odpovídající technologickým, ergonomickým i ekonomickým požadavkům na zařízení.
- 3. Specifikace požadované úrovně vlastností (PLr)** – pro každou bezpečnostní funkci, která je součástí ovládacího systému je třeba určit požadovanou hodnotu PLr (required performance level). Tato hodnota se stanovuje z výsledků získaných posouzením rizik a vyjadřuje, do jaké míry mají být rizika snížena bezpečnostními prvky. Čím je hodnota PLr vyšší, tím je vyšší požadovaná míra snížení rizik.
- 4. Hodnocení dosažené úrovně vlastností (PL)** – v rámci normy EN ISO 13849-1 je schopnost bezpečnostních částí zařízení vyjádřena hodnotou PL (performance level), která je označena písmeny a až e, řazeno vzestupně od nejnižší úrovně zabezpečení. V případě, že se hodnota PL pohybuje mezi hodnotami a až c, musejí bezpečnostní prvky závady zcela vyloučit. Pokud nabývají hodnot d a e, mají bezpečnostní prvky vést k vyloučení, detekci, nebo tolerování závad.
- 5. Ověření platnosti** – na závěr dochází k vyhodnocování a prokazování, zda celý výrobní systém a jeho součásti odpovídají bezpečnostním požadavkům dle normy EN ISO 13849-1. Systém je vyhovující pokud platí podmínka, že PL je větší nebo rovno PLr.

EN 62061: Funkční bezpečnost bezpečnostních elektrických, elektronických a programovatelných elektronických řídicích systémů

Tato norma stanovuje požadavky a doporučuje řešení týkající se navrhování, integrace a ověřování bezpečnostních elektrických, elektronických a programovatelných elektronických řídicích systémů pro strojní zařízení a zabývá se celkovým životním cyklem těchto bezpečnostních systémů od koncepčního návrhu až po vyřazení z provozu. Základem je kvantitativní a kvalitativní zkoumání bezpečnostních řídicích funkcí.

4 RIZIKA [3], [4]

V průmyslu se setkáváme s řadou nejrůznějších zařízení, u kterých je potřeba dbát zvýšené opatrnosti z hlediska zabezpečení proti úrazu obsluhy a osob pohybujících se v jejich blízkosti. Na obrázku 2 jsou definovány určité druhy možných rizik.



Obr. 2) Příklady možných rizik [4]

Na základě těchto rizik lze tedy definovat nebezpečný prostor stroje jako prostor, ve kterém mohou tato rizika ohrožující pracovníky pracující s daným zařízením i v jeho okolí nastat.

Dále je potřeba u všech bezpečnostních senzorů využívajících dvojrozměrné ochranné pole, definovat minimální bezpečnou vzdálenost. Tato vzdálenost popisuje minimální vzdálenost mezi ochranným zařízením a místem možného rizika. Stanovením této vzdálenosti musí být zabezpečeno, že nebezpečný stav stroje bude odstraněn v dostatečném předstihu, před dosažením nebezpečného místa. Bezpečná vzdálenost je jedním z důležitých hledisek pro výběr optimálního ochranného zařízení pro dispozice daného prostoru a technologie stroje a je definována normou EN ISO 12 855.

Obecný vzorec pro výpočet minimální vzdálenosti je definován vztahem [3]:

$$S=(K \times T) + C \quad (1)$$

Kde: S = bezpečná vzdálenost, K = rychlost přiblížení těla, nebo jeho části, obsluhy (např.: pro tělo obsluhy K=1600mm/s), T = čas potřebný k zastavení nebezpečných pohybů, C = doplňující vzdálenost respektující vniknutí směrem k nebezpečnému prostoru bez přerušení paprsku závory (např.: pro nataženou paži platí C = 850 mm, tato hodnota zajišťuje, aby nebylo možné dosáhnout do místa nebezpečného pohybu skrz paprsky světelné závory

V případě, že je požadovaná minimální vzdálenost z ergonomického a konstrukčního hlediska nepřijatelně velká, musí být dosaženo rychlejšího zastavení stroje a jeho nebezpečných pohybů, nebo je potřeba zvolit bezpečnostní prvek s jemnějším rozlišením a kratší reakční dobou.

5 BEZPEČNOSTNÍ SENZORY

5.1 BEZPEČNOSTNÍ SPÍNAČE

V případě, že jsou nebezpečná místa zařízení zabezpečena pevnými zábranami, lze do těchto prostor vstoupit pouze přístupovými místy, která jsou k tomu určena. Tato místa bývají zajištěna dveřmi, nebo mřížemi, které musejí být opatřeny bezpečnostními spínači. Tyto mají za úkol zabránit provozu stroje za podmínek, kdy hrozí nebezpečí úrazu obsluhy nebo osob v okolí zařízení v případě, že by došlo k otevření krytu stroje. V takovém případě musí spínač rozpojit bezpečnostní okruh stroje, k čemuž využívá nejméně jeden nuceně rozpínaný kontakt.

Bezpečnostní spínače jsou rozděleny na:

- elektro-mechanické
- bezkontaktní

5.1.1 ELEKTRO-MECHANICKÉ BEZPEČNOSTNÍ SPÍNAČE [2], [5]

Tyto spínače fungují, jak již z názvu plyne, na elektro-mechanickém principu. Skládají se ze dvou, do sebe zapadajících částí, z nichž jedna je umístěna na dveřích, či mřížích a druhá část na rámu stroje. Propojením těchto dvou částí dojde ke spojení kontaktu, a tak k propojení elektrického obvodu signalizující uzavření dveří a tím zabezpečení požadovaného prostoru před přístupem obsluhy do nebezpečného prostoru. Naopak dojde-li k otevření dveří a tím rozpojení bezpečnostního spínače, elektrický obvod se rozpojí a řídicí systém stroje musí zahájit zastavení nebezpečných pohybů stroje.

Elektro-mechanické spínače také mohou vykonávat funkci bezpečnostního zámku, který blokuje přístup do nebezpečného prostoru až do zastavení všech nebezpečných pohybů, aby tak zabránil vzniku nebezpečné situace jak za běžných pracovních podmínek, tak za doběhu stroje. Tyto zámky jsou uzamčeny fyzickou silou, dokud nezaznamenají signál o odemčení. To je nejčastěji provedeno zmáčknutím tlačítka přímo na těle bezpečnostního zámku. V případě, že je tedy zapotřebí otevřít dveře a vejít do nebezpečného prostoru, je potřeba zmáčknout tlačítko pro odemčení zámku a poté, je-li stroj v bezpečném stavu a všechny nebezpečné pohyby ustaly, se zámek odemkne a umožní vstup do prostoru za dveřmi. Aby po případném samovolném zavření dveří nemohlo dojít ke spuštění nebezpečných pohybů stroje s osobou pohybující se v nebezpečném prostoru, je potřeba při opětovném zavření po opuštění prostoru, zámek opět uzamknout tlačítkem jako v případě odemčení. Názorné příklady aplikací těchto spínačů jsou uvedeny v obrázku 3.

Mechanické bezpečnostní snímače lze dále rozdělit na dva typy:

- S blokováním: V případě rozpojení kontaktů, nelze spustit nebezpečné pohyby.

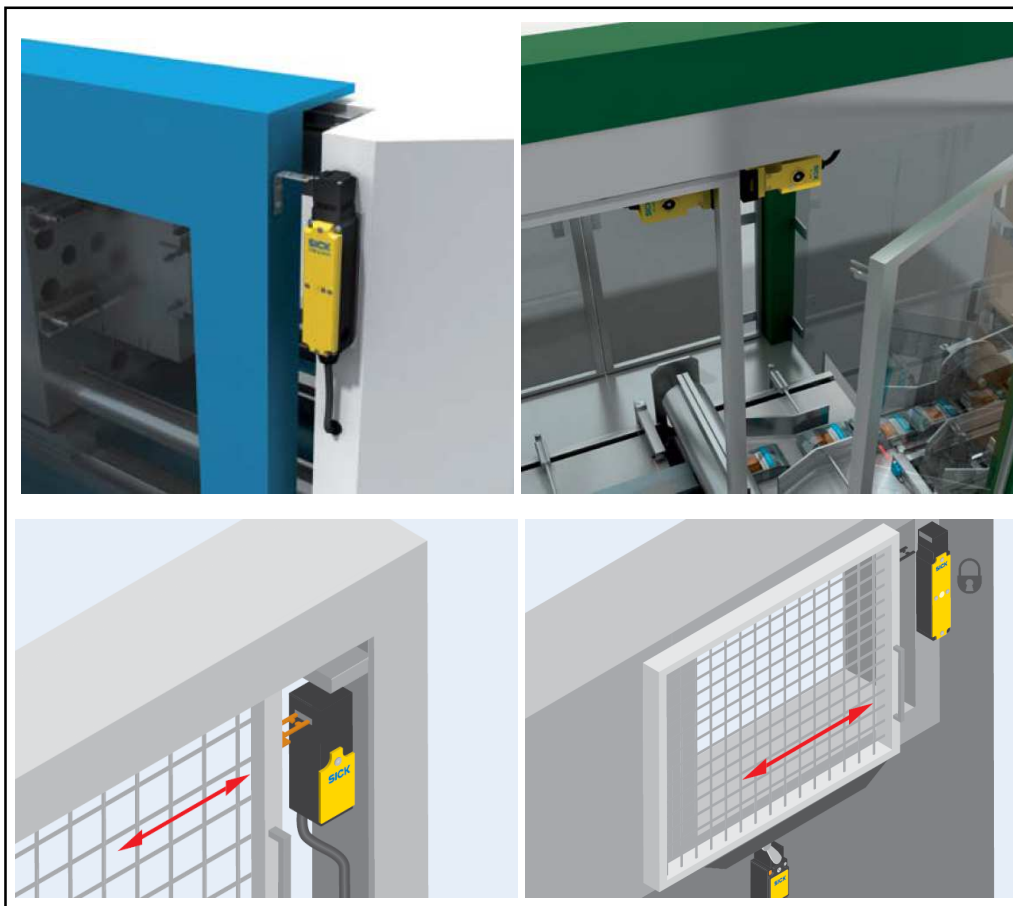
- S blokováním a jištěním: V případě, že nebezpečný pohyb probíhá, zámek nelze otevřít. Otevření zámku je možné až v případě úplného zastavení nebezpečných pohybů.

Aplikace:

- Kryty a dveře zařízení
- Kontrola krajních mezí nebezpečných pohybů

Výhody:

- Spolehlivost
- Malé zástavbové rozměry



Obr. 3) Příklady aplikací elektro-mechanických spínačů [2]

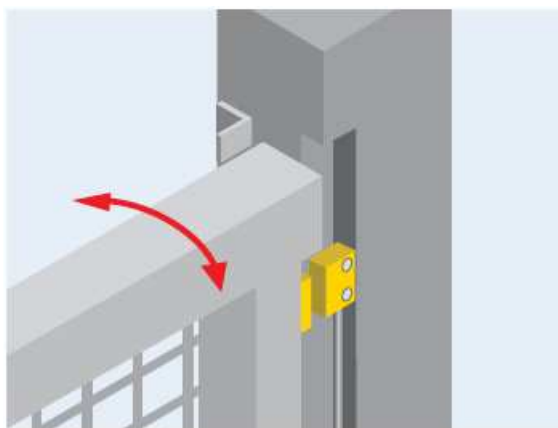
5.1.2 BEZKONTAKTNÍ BEZPEČNOSTNÍ SPÍNAČE [2], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11]

Použití bezkontaktních spínačů je vhodné zejména v případech, kdy je přesné vedení ochranného zařízení nebo krytu komplikované a nesnadno dosažitelné, nebo v jiných případech kdy není vhodné nebo možné použití mechanických spínačů.

Tyto spínače lze dále rozdělit dle principu, na kterém pracují do tří skupin.

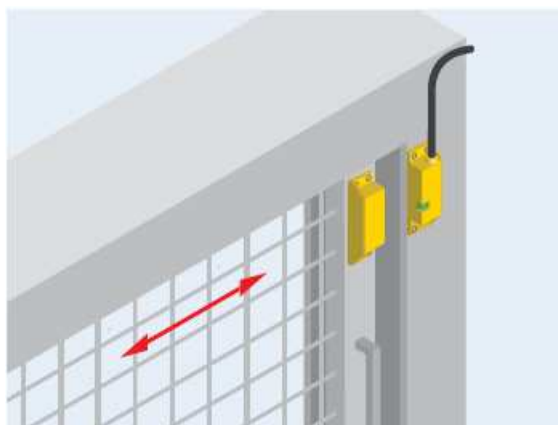
- Magnetické
- Transpondérové
- Indukční

Magnetické bezpečnostní spínače jsou vybaveny doplňkově spínacími nebo ekvivalentně spínacími kontakty, které pro svou funkci využívají kódované magnetické akční členy. Tyto spínače jsou snadno očištělné, což je výhoda zejména v prostředí s vysokou mírou znečištění nebo naopak s přísnými hygienickými nároky. Princip jejich fungování a rozsah snímání do devíti milimetrů umožňuje větší tolerance, což je ideální pro aplikace, kde je přesné vedení ochranných krytů nebo dveří obtížně realizovatelné (viz obr. 4).



Obr. 4) Příklad aplikace magnetického spínače [11]

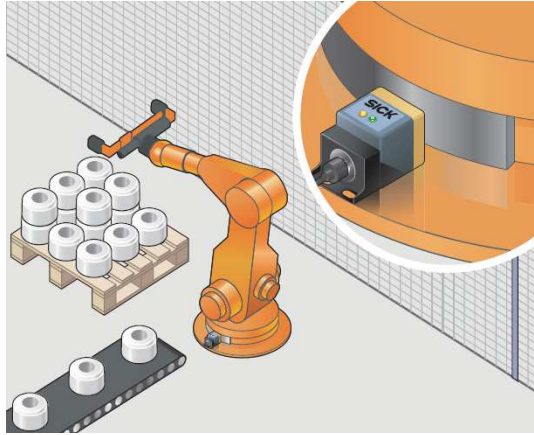
Transpondérové bezpečnostní spínače jsou využívány v případech, kdy je možná, ale nežádoucí záměna interakce více bezpečnostních spínačů navzájem. Tomuto je zabráněno tím, že každý spínač je vybaven dvojicí unikátně kódovaných transpondérů, takže řídicí systém neumožní spuštění nebezpečných pohybů stroje, dokud nejsou v kontaktu konkrétní spínače. Tyto spínače disponují velkým rozsahem dosahujícím vzdálenosti až 40 milimetrů, což snižuje nároky na přesnost montáže a umožňuje větší flexibilitu použití. Příklad jejich aplikace lze vidět na obrázku 5.



Obr. 5) Příklad aplikace transpondérového spínače [11]

Indukční bezpečnostní spínače se na rozdíl od předchozích dvou typů skládají pouze z jednoho těla a druhou část tvoří snímáný předmět. Slouží k bezdotykovému určení polohy

snímaného předmětu, u kterého pomocí indukce dokáží rozlišit jeho přiblížení pomocí elektromagnetické indukce. Tyto spínače lze tedy využít pouze spolu s elektricky vodivým materiálem. V případě detekce nevodivého materiálu je zapotřebí na tento materiál připevnit alespoň tenkou destičku z vhodného materiálu. Rozsah těchto spínačů dosahuje hodnoty 15 milimetrů. Jejich využití je vhodné například pro vymezení krajní polohy manipulátorů (viz obr. 6).



Obr. 6) Příklad aplikace indukčního spínače [11]

Aplikace:

- Nepřesně doléhající kryty a dveře zařízení
- Kontrola krajních mezí nebezpečných pohybů
- Těžké pracovní prostředí

Výhody:

- Dlouhá životnost
- Vysoká odolnost
- Malé zástavbové rozměry
- Odolnost vůči vibracím
- Nevyžadují přesné seřízení dveří

5.2 OPTOELEKTRONICKÁ OCHRANNÁ ZAŘÍZENÍ

Optoelektronická ochranná zařízení jsou prvky bezpečnostní sensoriky využívající ke své funkci optických paprsků nebo jako v případě bezpečnostních kamer optického obrazu jako celku. Jedná se o nejrozšířenější prvky využívané v aplikacích vyžadujících volný pohled, nebo pohyb skrz hranici nebezpečného prostoru.

Jedná se o:

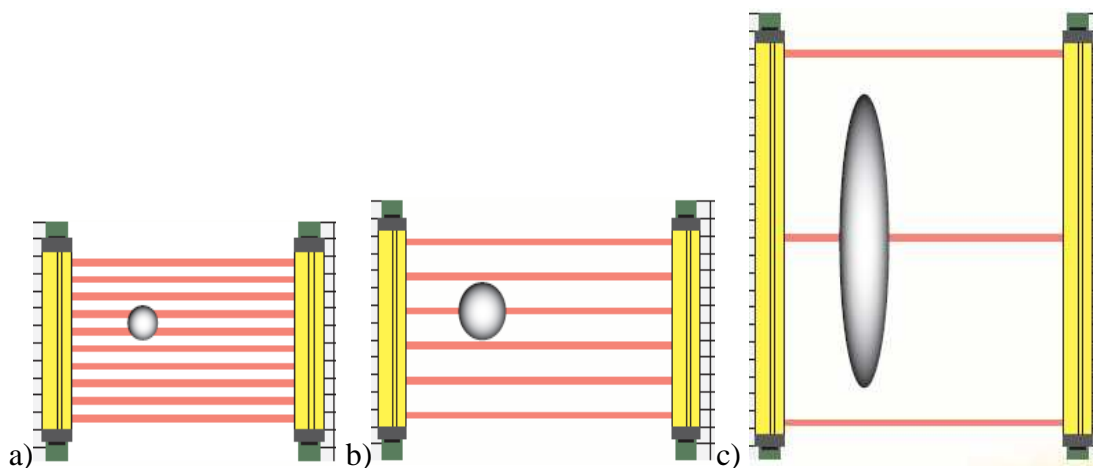
- Více-paprskové bezpečnostní světelné mříže
- Jedno-paprskové bezpečnostní světelné závory
- Bezpečnostní laserové skenery
- Bezpečnostní kamery

5.2.1 VÍCE-PAPRSKOVÉ BEZPEČNOSTNÍ SVĚTELNÉ MŘÍŽE [2], [11], [17]

Pomocí těchto bezpečnostních senzorů se kolem nebezpečného prostoru vytvoří světelná mříž ohraničující vstup do nebezpečného prostoru. Do prostoru je skrze tuto mříž umožněn volný výhled i přístup, ale při přerušení paprsku musí bezprostředně dojít k zastavení nebezpečných pohybů.

Světelné mříže fungují tak, že vysílač vysílá řadu synchronních paralelních infračervených paprsků do přijímací jednotky. V případě, že neprůhledný objekt přeruší jeden nebo více paprsků ve snímaném poli, řídicí logika světelné závory vyšle signál k zastavení nebezpečných pohybů. Vysílač obsahuje fotodiody, které emitují pulsy infračerveného neviditelného světla o dané frekvenci. Odpovídající fototranzistory v přijímači jsou navrženy tak, aby detekovaly pouze impulsy o konkrétní frekvenci, aby bylo zamezeno ovlivnění funkce snímače externími světelnými zdroji. Takto sestavenou světelnou mříží pak lze sledovat prostor v rozmezí desítek centimetrů až několik desítek metrů.

U světelných mříží s více než jedním paprskem určujeme rozlišovací schopnost mříže, která je definovaná vzdáleností mezi jednotlivými paprsky. Tomu pak odpovídá požadovaný stupeň ochrany. Jak je vidět na obrázku 7, pro ochranu prstů je vhodné rozlišení do 20 mm, pro nebezpečí úrazu rukou je vhodné rozpětí 30 až 50 mm a pro ochranu přístupu osob vystačuje rozlišení nad 100 mm.



Obr. 7) Různé varianty rozlišení optických mříží: a) pro ochranu prstů, b) pro ochranu končetin, c) pro ochranu přístupu osob [2]

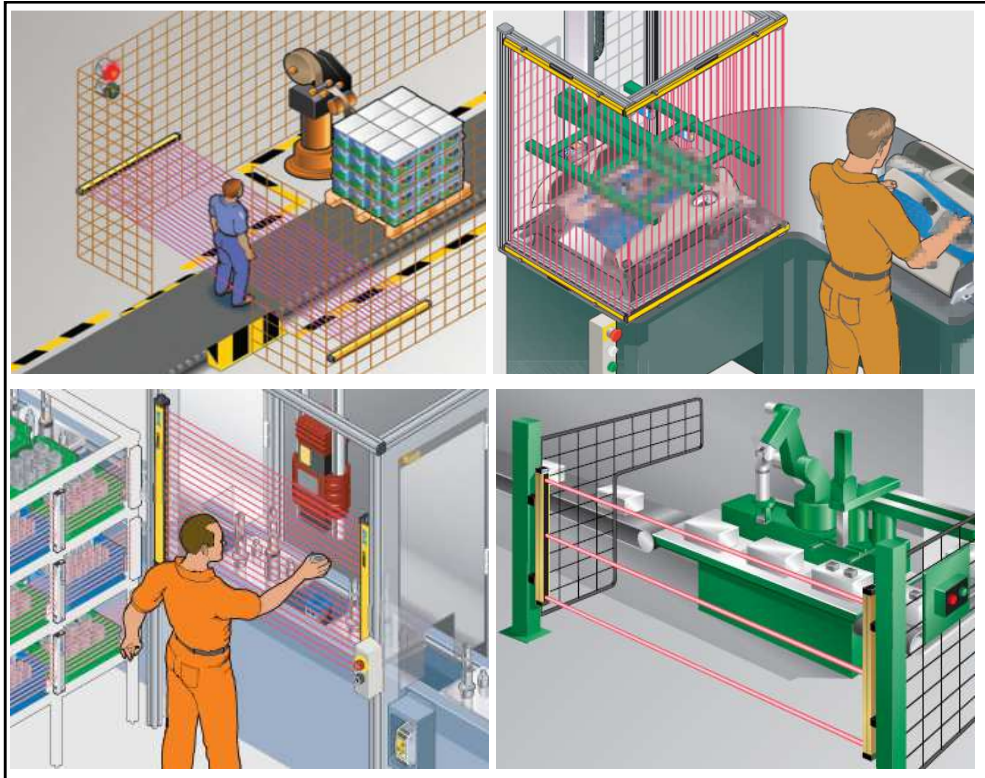
Aplikace:

- Kontinuální interakce obsluhy a stroje
- Možnost automatického transportu materiálu do a ze stroje
- Je možná a požadovaná optická detekce osob

Výhody:

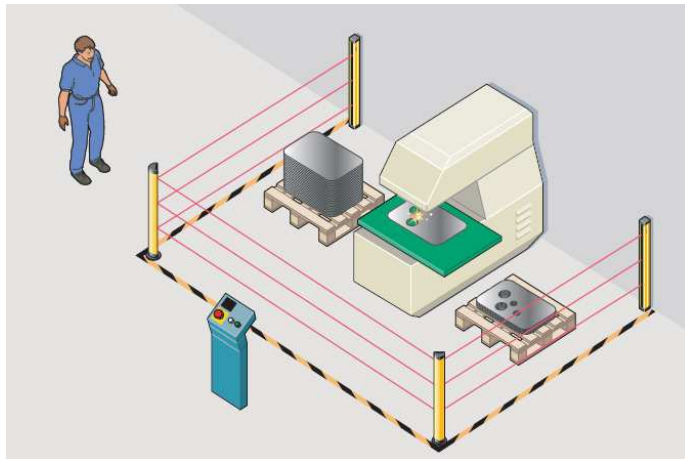
- Volný přístup ke stroji
- Volný pohled do stroje
- Umožňují časté interakce mezi strojem a obsluhou

Světelné mříže mohou být instalovány ve vertikálním i horizontálním směru. Na obrázku 8 je znázorněno několik možných příkladů montáže při ochraně prstů, končetin nebo celého těla obsluhy.



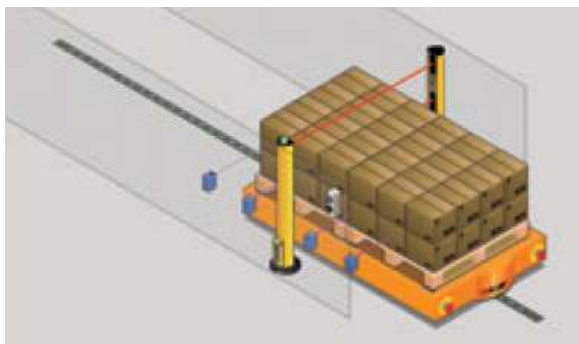
Obr. 8) Příklady aplikace světelných závor [11]

Jak lze vidět na obrázku 9, pomocí vhodné instalace světelných mříží, lze minimalizovat použití pevných zábran a získat tak volný přístup ke stroji ze všech stran, z čehož lze profitovat především při doplňování nebo odvážení materiálu.



Obr. 9) Příklad realizace volného přístupu pomocí světelných mříží [11]

Bezpečnostní světelné závory nemusí sloužit pouze pro ochranu osob, ale také jako kontrola materiálu vstupujícího do výrobní linky, nebo jiného zařízení. Toto využití je vhodné zejména v situacích, kdy hrozí nebezpečí poškození pracoviště materiálem, který přesahuje požadované rozměry. Jedno z možných použití je vyobrazeno na obrázku 10.



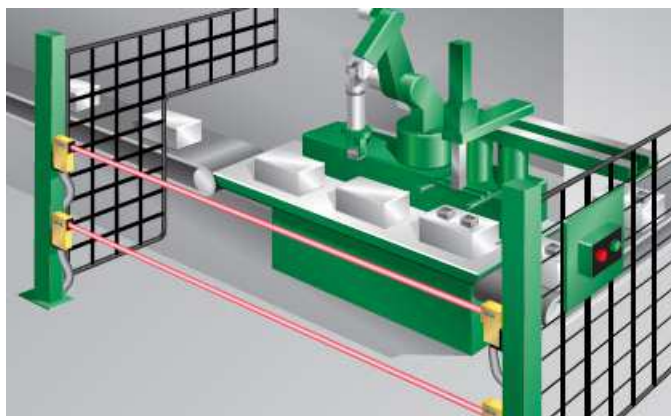
Obr. 10) Světelná závora jako kontrola polotovaru [11]

Některé typy světelných mříží mohou využívat funkci takzvaného „zaslepení“, tedy možnost trvalé tolerance přerušení určitého rozsahu paprsků. V praxi se toto řešení využívá například tehdy, je-li nutné aby skrz světelnou závoru byl veden například tenký polotovar. Je však potřeba neustále dbát o to, aby tímto řešením nebyla ohrožena bezpečnost osob.

5.2.2 JEDNO-PAPRSKOVÉ BEZPEČNOSTNÍ SVĚTELNÉ ZÁVORY [2], [11]

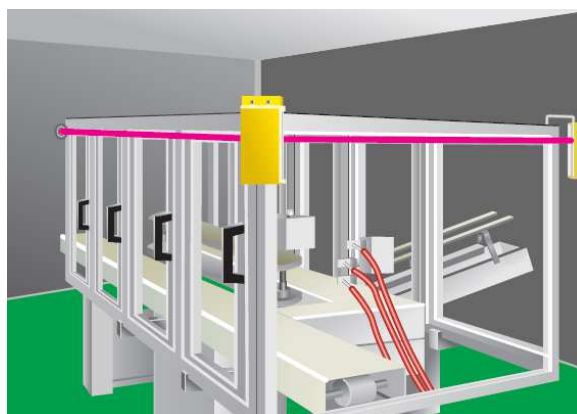
Princip funkce jedno-paprskových světelných závor je stejný jako u předchozích více-paprskových mříží. Jediným rozdílem je tedy pouze počet paprsků, který je, jak již z názvu vyplývá, pouze jeden. U těchto závor tedy nerozlišujeme rozlišení ale pouze dosah paprsku, který je schopen pracovat na vzdálenost až 70 metrů. Vzhledem k využití pouze jednoho paprsku je hlídáný prostor pouze jednorozměrný a jejich využití nacházíme tedy spíše u aplikací, kde nedochází k přímému kontaktu s osobami, ale převážně s automatizovanými průmyslovými aplikacemi. V případě využití těchto závor pro detekci

přístupu osob, se používají pouze pro detekci celého těla, a to většinou za pomoci spojení několika závor do jednoduché mříže, jak můžeme vidět na následujícím obrázku 11.



Obr. 11) Optická závora aplikovaná jako jednoduchá mříž [11]

V případě, že je zařízení zabezpečeno pevnými zábranami v podobě mříží, dveří nebo jiných otvíratelných krytů, lze optické závory využít také namísto dveřních spínačů a to tak, že paprsek závory kopíruje co nejbližší obvod krytování tak, aby v případě otevření některého z krytů došlo k jeho přerušení v co možná nejmenší míře otevření. Příklad tohoto využití je znázorněn na obrázku 12.



Obr. 12) Aplikace optických závor pro kontrolu otevření krytů [11]

Aplikace:

- Robotizovaná pracoviště
- Vstup polotovaru pro obráběcí centra
- Paletizační systémy
- Kontrola otevření více krytů

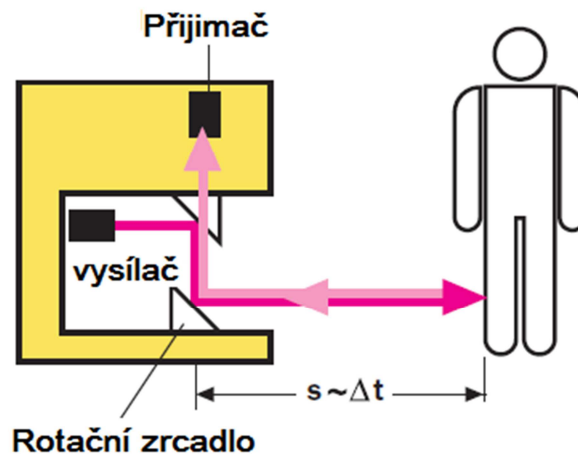
Výhody:

- Velký detekční rozsah
- Malé zástavbové rozměry

5.2.3 BEZPEČNOSTNÍ LASEROVÉ SKENERY [4], [11], [14]

Do skupiny optoelektronických bezpečnostních zařízení patří také laserové skenery, které slouží k monitorování přítomnosti obsluhy nebo jiné překážky v chráněném prostoru v okolí skeneru. Plocha monitorovaná skenerem je v základu stanovena jako kruhová výseč o úhlu až 270° a poloměru až několik metrů. Detekční rozlišení skenerů lze obvykle nastavit a jeho hodnota se nejčastěji pohybuje mezi 30 – 150 milimetry. V rámci této kruhové výseče pak lze softwarově vymezit graficky jakoukoliv plochu odpovídající provozním požadavkům.[4]

Bezpečnostní laserové skenery pro svou funkci využívají impulsního infračerveného paprsku, který vychází z fotodiody a přes optickou soustavu je směřován na otočné zrcadlo, které jej vychyluje tak, aby pokryl hlídanou detekční zónu. Paprsek se šíří prostorem a odráží se od objektů nacházejících se v detekční zóně. Tyto odražené paprsky jsou scannerem detekovány a zpracovány. Schematicky je funkce skeneru znázorněna na obrázku 13.



Obr. 13) Funkce laserového skeneru [11]

Doba mezi vysláním světelného impulzu a příjmem jeho odrazu představuje vzdálenost mezi laserovým skenerem a objektem. Jestliže tedy skener zaznamená, tento odraz dříve než v definovaném čase, vyšle signál k okamžitému zastavení nebo nespouštění nebezpečných pohybů. Detekovaný prostor tedy musí být předem zvolen tak, aby do něj nezasahovala žádná jiná část stroje, polotovaru, nebo jiný provozně standardní předmět.

Některé typy skenerů jsou vybaveny vícestupňovou signalizací, kdy nejprve dojde k upozornění obsluhy a k zastavení pohybu dojde až po překročení určité definované nebezpečné vzdálenosti. Taktéž jsou některé ze skenerů vybaveny funkcí rozeznat lidské tělo od jiného materiálu, například dopravníkem s polotovarem. Těchto funkcí je dosaženo softwarově a to nastavením jednotlivých detekčních zón.

Aplikace:

- Automaticky řízená vozidla a dopravníky
- Zabezpečení přístupu ke stroji z více stran
- Častá interakce mezi strojem a obsluhou

Výhody:

- Přijímač i vysílač v jednom přístroji
- Snadná montáž
- Minimální zásah do konstrukce stroje a jeho okolí
- Jednoduchá integrace do stávajících zařízení
- Volný pohyb materiálu přes skenovanou oblast
- Horizontální i vertikální možnost uspořádání

Vzhledem k univerzálnosti bezpečnostního laserového skeneru nachází své uplatnění v řadě nejrůznějších aplikací, některé z nich jsou znázorněny na obrázku 14.



Obr. 14) Příklad aplikace laserového skeneru [4, 11]

5.2.4 BEZPEČNOSTNÍ KAMERY [2], [11], [19]

Bezpečnostní kamery jsou zařízení, která pro zabezpečení potřebného prostoru využívají technologii zpracování obrazu. Můžeme jimi sledovat dvourozměrnou plochu libovolného tvaru a lze tedy ohraničit oblast, ve které je detekce požadována. V rámci záběru kamery lze také nadefinovat více oddělených hlídaných polí, čehož se využívá například v případech, kdy hlídaným prostorem v dané oblasti vstupuje polotovar, nebo vedení kabelů

či hadic. Z hlediska ochrany obsluhy jsou primárně zaměřeny na ochranu prstů a končetin. Díky malým rozměrům mohou být použity ve stísněných prostorech a u složitých aplikací, kde je potřeba zajistit volný přístup do stroje.

Princip funkce optických kamer je založen na porovnávání obrazu získaného při nastavování kamery se záběry získanými při snímání prostoru při pracovním cyklu stroje. V případě, že nastane neshoda těchto dvou obrazů, dojde k vyhodnocení nesrovnalostí, což může vést k zastavení nebezpečných pohybů. Mezní rozdíl vedoucí k signalizaci neshody závisí na parametru rozlišitelnosti dané kamery.

Samotné nastavení kamery pro dané pracovní podmínky se může zdát v porovnání s ostatními bezpečnostními systémy trochu netradiční. Nedílnou součástí kamerového systému je totiž reflexní páska. Jedná se o úzkou reflexní nalepovací pásku, která slouží k optimalizaci citlivosti záběru. Touto páskou je potřeba oblepit celý snímáný prostor a za provozu dbát o její čistotu, jelikož větší míra jejího znečištění by mohla být vyhodnocena jako nesouhlasný obraz, což by vedlo k zastavení nebo nespouštění nebezpečných pohybů i v případě, že bude hlídáný prostor zcela prázdný a v souladu s požadovaným stavem. Díky tomuto jednoduchému nastavení a ohraničení sledovaného prostoru odpadá veškeré složité elektronické nastavování a zprovoznění a udržování kamery je tak otázkou několika momentů a není k němu zapotřebí speciálně proškoleného personálu.

Díky možnosti montáže kamery v libovolné poloze lze vhodnou kombinací více kamer vykryt i tvarově náročnou, vícerozměrnou plochu (viz obrázek 15).



Obr. 15) Využití kombinace více kamer [11]

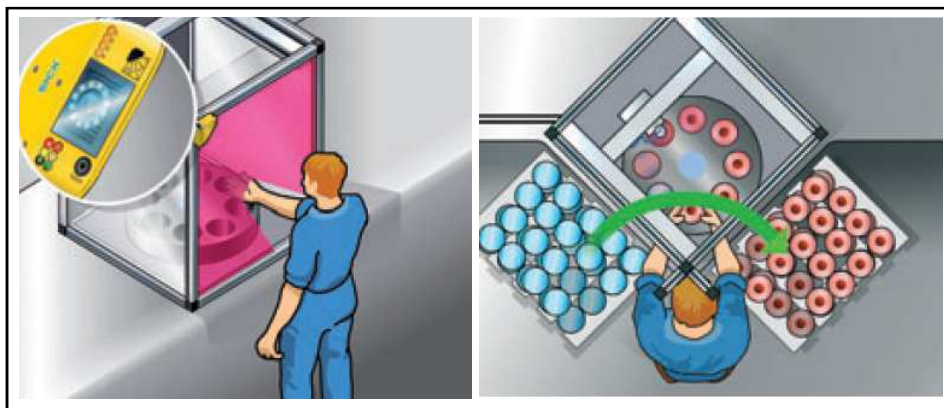
Aplikace:

- Pro ochranu prstů a končetin
- Ochrana nebezpečných prostorů v poloautomatických procesech
- Ochrana testovacích, montážních a kontrolních stanic

Výhody:

- Rychlá a snadná montáž
- Snadné nastavení
- Nepotřebuje speciální software
- Variabilita ochranného pole
- Volitelné rozlišení
- V případě vhodné instalace absence mrtvé nesnímané zóny
- Malé zástavbové rozměry

Díky svým malým zástavbovým rozměrům, detekčnímu rozsahu do 1,5 metru a rozlišení od dvaceti milimetrů je použití bezpečnostních kamer vhodné zejména pro ochranu prstů a horních končetin u menších pracovních stanic (viz obr. 16).



Obr. 16) Příklady aplikace bezpečnostních kamer [11]

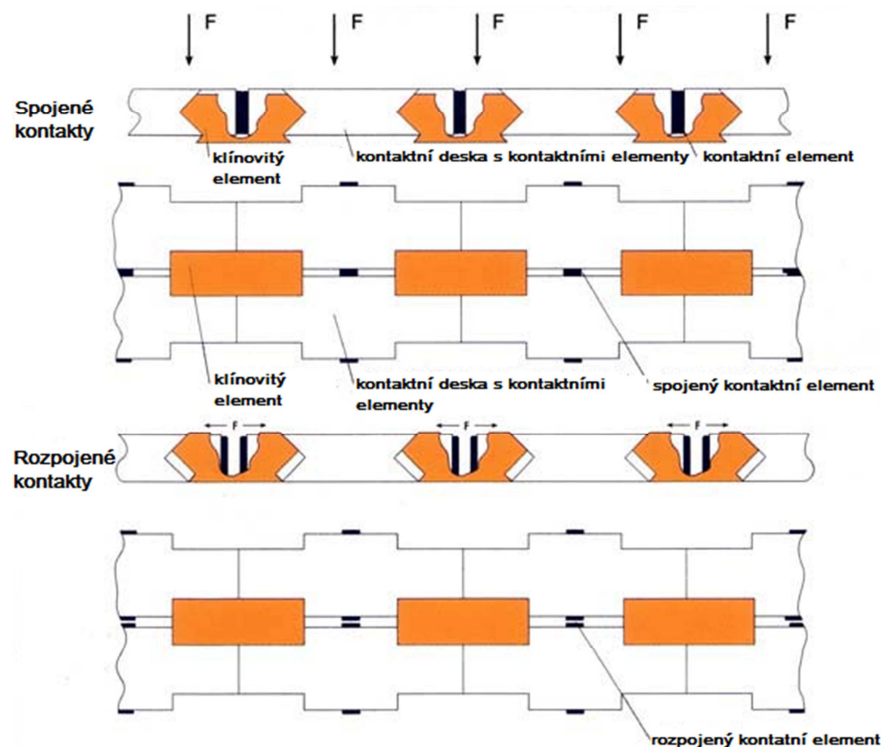
5.3 BEZPEČNOSTNÍ NÁŠLAPNÉ ROHOŽE [11], [12], [20]

Bezpečnostní nášlapné rohože se využívají k hlídání podlahového prostoru v okolí nebezpečných pohybů stroje, kde je umožněn přístup obsluze nebo jiným osobám, například z důvodu údržby stroje. Použití nášlapných rohoží je výhodné zejména tam, kde není možno použití jiných bezpečnostních senzorů, například z důvodu vysokého znečištění prostoru prachem, kapalinou či při jiných rušivých podmínkách znemožňujících použití například optoelektronických bezpečnostních senzorů. Jejich použití je tedy vhodnější spíše v těžkém průmyslu a špinavých prostorách. Příklady aplikace rohoží jsou znázorněny v následujícím obrázku 18.

Konstrukce rohože může být provedena dvěma různými způsoby. V případě prvního z nich je rohož tvořena dvěma horizontálními kontaktními plochami, které se v klidovém stavu nedotýkají a v případě vstupu na rohož, dojde důsledkem váhy ke spojení těchto dvou ploch, což vyvolá povel k zastavení nebo nespouštění, nebezpečných pohybů.

Druhý typ konstrukce využívá článkový systém kontaktních ploch, který tvoří řetězec vertikálně umístěných rozpínacích mechanických kontaktů uložených v měkké pěně.

V základním stavu jsou kontakty při minimální deformaci pěny sepnuty. V případě, že dojde ke vstupu na rohož, deformace pěny způsobí alespoň v jednom místě síť rozpojení dvou kontaktů, čímž dojde k rozpojení elektrického obvodu, což způsobí vyslání signálu k zastavení nebo nespouštění nebezpečných pohybů stroje. Schéma této konstrukce je znázorněno na obrázku 17.



Obr. 17) Princip funkce kontaktního řetězu bezpečnostních rohoží [12]

Horní vrstva těchto rohoží má obvykle z důvodu zabránění uklouznutí obsluhy protiskluzovou úpravu.

Výhodou nášlapných rohoží je jejich variabilita, odolnost vůči znečištění a možnost jednoduchého zapojení přímo k bezpečnostnímu relé, tudíž jejich funkce může být podobná jako u tlačítka nouzového zastavení. Nepotřebují tedy žádnou externí vyhodnocovací jednotku.

Aplikace:

- V bezprostředním okolí nebezpečných pohybů
- Jako sekundární ochranný prvek
- Detekce vstupu do nebezpečné zóny
- V případech, kdy je jiné zabezpečení nedostatečné nebo nepraktické

Výhody:

- Možnost spojování rohoží do požadovaných rozměrů
- Jednoduchá a rychlá instalace

- Možnost jednoduchého přemístění
- Jednoduchá údržba



Obr. 18) Příklad aplikace bezpečnostních nášlapných rohoží [11, 20]

5.4 BEZPEČNOSTNÍ NÁRAZNÍKY A NÁRAZOVÉ LIŠTY [15], [16], [20]

Bezpečnostní hrany a nárazníky jsou ve své podstatě tlumiče s integrovaným spínacím prvkem. Využívají se pro ochranu nebezpečných pracovních ploch strojů a jejich okolí, jako prevence proti poškození za účelem snížení možných rizik na minimum a pro detekci nárazu nebo přitlačení obsluhy. Norma o bezpečnosti strojních zařízení klade mimo jiné požadavek na zabezpečení pohyblivých hran strojů s rizikem zranění obsluhy nárazem nebo tlakem. K tomuto účelu jsou využívány právě bezpečnostní nárazníky a nárazové lišty.

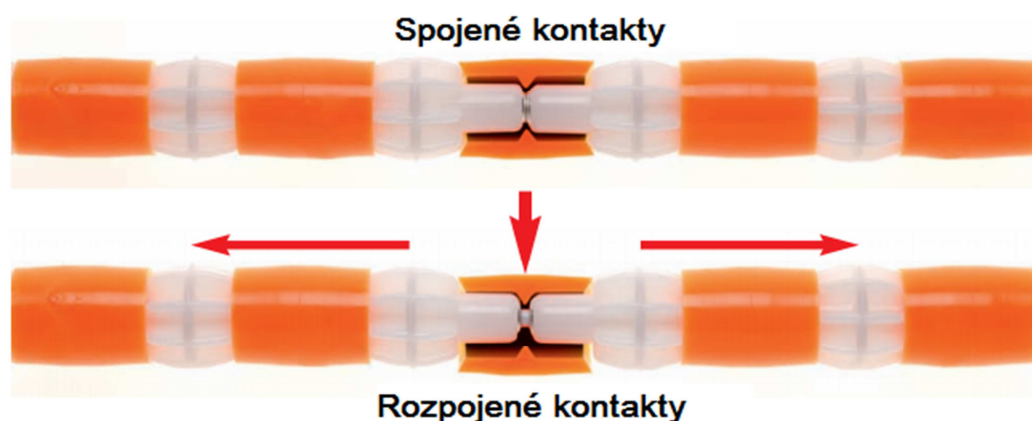
Rozdíl mezi nárazníkem a nárazovou lištou je pouze v jejich výšce, kde nárazníky jsou výrazně vyšší, a proto jsou vhodnější pro aplikace vyžadující větší brzdovou dráhu. Jako například u velkých, těžkých vrat nebo těžkých automaticky řízených vozidel.

Způsoby detekce se podle jednotlivých výrobců různí. Všechny nárazníky a nárazové lišty ale fungují na elektromechanickém principu a vždy je zaznamenáváno až prohnutí, nebo deformace pružného prvku.

Jedna z možných konstrukcí funguje tak, že snímací prvek, který je v nárazníku integrován, tvoří dva vodiče, jimiž prochází signál, který je vyhodnocován řídicí jednotkou. V případě, že se nárazník zdeformuje, dojde k propojení těchto dvou vodičů a ke vzájemnému ovlivnění signálů, což řídicí jednotka zaznamená a vyšle signál k zastavení nebezpečných pohybů.

Jiná možnost konstrukce využívá k indikaci nárazu dva kovové pásy, po stranách oddělených izolační páskou. V případě, že dojde k nárazu v kterémkoliv místě nárazníku, se tyto kovové pásy spojí a tím dojde k sepnutí elektrického obvodu, který signalizuje zastavení nebezpečných pohybů.

Další z konstrukčních způsobů využívá k detekci nárazu takzvaný kontaktní řetěz. Ten je sestaven z elektricky vodivých kontaktních válečků a izolačních mezičlenů ve tvaru klínovitých válečků, které jsou střídavě umístěny v měkké polyuretanové pěně, nebo v gumové hadici. Mechanickým přepětím vytvořeným uspořádáním jsou kontaktní válečky za klidového stavu sevřené a elektrický obvod je uzavřen. V případě, že dojde k nárazu, působení vnější síly způsobí zatlačení klínovitého mezičlenu mezi dva kontaktní válečky a dojde k přerušení elektrického obvodu. Toto přerušení tedy není způsobeno přímo ohybem přední hrany nárazníku, ale přeměnou vnější radiální síly do axiálních sil kontaktního řetězu. Díky tomuto uspořádání je k rozepnutí obvodu zapotřebí velmi malých sil na krátké činné dráze. Princip této konstrukce je zobrazen na obrázku 19.



Obr. 19) Princip funkce nárazníku s kontaktním řetězem [16]

Vzhledem k tomu, že k přerušení elektrického obvodu dochází přímo v bezpečnostním prvku, není vyžadována transformace a zpracování výstupního signálu a nárazník či nárazovou hranu je možné zapojit přímo do bezpečnostního relé, stejně jako třeba tlačítko nouzového zastavení.

Vnější konstrukce nárazníků a nárazových lišt je nejčastěji složena z kovového kotvícího profilu, na němž je připevněn tlumící prvek, nejčastěji tvořen polyuretanovou pěnou. Pěna je nejčastěji pogumovaná pro vyšší odolnost a snadnější údržbu.

Aplikace

- Těžký průmysl
- Nebezpečné oblasti uvnitř strojů
- Automaticky řízená vozidla a dopravníky
- Pracovní plošiny
- Teleskopické dopravníky
- Rozměrná pohyblivá zařízení
- Otočné dveře a posuvná vrata

Výhody:

- Odolnost vůči vodě a znečištění
- Jednoduchá instalace
- Minimální nároky na údržbu

Bezpečnostní nárazníky a nárazové lišty nacházejí nejčastěji své uplatnění u pohyblivých zařízení s nízkou pojezdovou rychlostí. Některé z příkladů lze vidět na obrázku 20.



Obr. 20) Příklad aplikace bezpečnostních nárazníků [20]

5.5 TLAČÍTKA NOUZOVÉHO ZASTAVENÍ [2], [11], [14]

Nezbytnou součástí každého průmyslového stroje musí být tlačítko nouzového zastavení, kterým lze v případě nouze vypnout veškeré nebezpečné pohyby a bezpečně vyřadit všechny nebezpečné zdroje energie.

Dle normy ČSN EN 60204-1 musí být každý stroj vybaven nejméně jedním tlačítkem nouzového zastavení kategorie 0, které způsobí okamžité vypnutí odpojením napájení pohonů. Tlačítkem kategorie 1 nebo 2 musí být vybaveno zařízení, vyžadují-li to technicko-bezpečnostní nebo funkční požadavky stroje. V případě tlačítka kategorie 1 dojde k řízenému vypnutí, kdy k odpojení energie dojde až po dosažení klidového stavu zařízení. U tlačítek kategorie 2 pak nastane řízené vypnutí při zachování napájení stroje.

Pro tlačítka nouzového zastavení platí několik pravidel:

- musí být snadno přístupná a viditelná
- povel k nouzovému zastavení musí mít přednost před všemi ostatními povely, nehledě na provozní režim
- reset tlačítka nesmí způsobit opětovné spuštění stroje
- povel k nouzovému zastavení musí nebezpečný stav ukončit co nejrychleji a bez dodatečných rizik

- musí být použit princip přímého stisku s mechanickou blokovací funkcí tlačítka
- mechanická životnost musí přesahovat 6050 operací

Nejčastěji používaným typem těchto komponentů jsou tlačítka hřibovitého tvaru červené barvy na žlutém pozadí, dalšími možnými provedeními však mohou být i lanka, tyče, madla nebo nožní pedály (viz obr. 21). Všechny tyto varianty musejí využívat přímého mechanického působení s mechanickou západkou, aby v případě aktivace zůstaly elektrické kontakty natrvalo rozepnuty. Opětovné spojení elektrického obvodu tedy nesmí nastat samovolně a bez vědomého přičinění obsluhy.

Aplikace:

- Nutné použití u všech výrobních zařízení



Obr. 21) Příklad aplikace tlačítek nouzového zastavení [2, 11]

6 PŘEHLED VYUŽITÍ BEZPEČNOSTNÍCH SENZORŮ

V následující tabulce jsou souhrnně uvedeny všechny druhy bezpečnostních senzorů a příklady jejich využití v průmyslových aplikacích.

Tabulka 1) Přehled využití bezpečnostních senzorů

BEZPEČNOSTNÍ SENZORY	VYUŽITÍ
Elektro-mechanické bezpečnostní spínače	<ul style="list-style-type: none"> - Kryty a dveře zařízení - Kontrola krajních mezí nebezpečných pohybů
Bezkontaktní bezpečnostní spínače	<ul style="list-style-type: none"> - Nepřesně doléhající kryty a dveře zařízení - Kontrola krajních mezí nebezpečných pohybů - Těžké pracovní prostředí
Více-paprskové bezpečnostní světelné mříže	<ul style="list-style-type: none"> - Kontinuální interakce obsluhy a stroje - Možnost automatického transportu materiálu do a ze stroje - Je možná a požadovaná optická detekce osob
Jedno-paprskové bezpečnostní světelné závory	<ul style="list-style-type: none"> - Robotizovaná pracoviště - Vstup polotovaru pro obráběcí centra - Paletizační systémy - Kontrola otevření více krytů
Bezpečnostní laserové skenery	<ul style="list-style-type: none"> - Automaticky řízená vozidla a dopravníky - Zabezpečení přístupu ke stroji z více stran - Častá interakce mezi strojem a obsluhou
Bezpečnostní kamery	<ul style="list-style-type: none"> - Pro ochranu prstů a končetin - Ochrana nebezpečných prostorů v poloautomatických procesech - Ochrana testovacích, montážních a kontrolních stanic
Bezpečnostní nášlapné rohože	<ul style="list-style-type: none"> - V bezprostředním okolí nebezpečných pohybů - Jako sekundární ochranný prvek - Detekce vstupu do nebezpečné zóny - V případech, kdy je jiné zabezpečení nedostatečné, nebo nepraktické
Bezpečnostní nárazníky a nárazové lišty	<ul style="list-style-type: none"> - Těžký průmysl - Nebezpečné oblasti uvnitř strojů - Automaticky řízená vozidla a dopravníky - Pracovní plošiny - Teleskopické dopravníky - Rozměrná pohyblivá zařízení - Otočné dveře a posuvná vrata
Tlačítka nouzového zastavení	<ul style="list-style-type: none"> - Nutné použití u všech výrobních zařízení

7 ZÁVĚR

Při požadavku na zabezpečení průmyslových zařízení, aby nedošlo ke škodě na majetku, nebo újmě na zdraví osob, se dnes nabízí široká škála bezpečnostních senzorů, které jsou právě k tomuto účelu určeny. Jejich použití si ve více či méně složitých automatizovaných výrobních zařízeních dokážeme jen těžko odmyslet. Nabídka bezpečnostních senzorů je široká a jejich použití křížuje napříč celým spektrem různých aplikací.

V úvodní části této práce jsou nastíněny důvody využití bezpečnostní sensoriky spolu se základními pravidly její implementace. Tyto informace jsou pro lepší představu doplněny nástinem některých možných rizik vznikajících při provozu průmyslových zařízení, dále je tematika bezpečnostních senzorů zpracována rozdělením do jednotlivých kategorií dle technologie, kterou využívají ke své funkci. U každého typu senzorů je tak uveden základní popis jejich funkce a případné konstrukční varianty. Následuje souhrn vhodných aplikací a výhod plynoucích z jejich povahy, především vůči jiným druhům bezpečnostních senzorů. Jako příklady využití poslouží také pro lepší představu názorné obrázky.

Práce tak může sloužit při výběru bezpečnostních senzorů jako ucelený přehled se stručným souhrnem typických a vhodných aplikací daných senzorů, který je v závěru práce shrnut v přehledné tabulce.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] CEJNAROVÁ, Andrea. Od 1. průmyslové revoluce ke 4. In: *Technický týdeník* [online]. [cit. 2016-02-15]. Dostupné z: http://www.technickytydenik.cz/rubrikyekonomika-byznysod-1-prumyslove-revoluce-ke-4_31001.html
- [2] Y207-CZ2-04+SafetyGuide2012. In: *Omron, Česká republika* [online]. [cit. 2016-05-04]. Dostupné z: <https://downloads.omron.cz/IAB/Products/Safety/Y207/Y207-CZ2-04+SafetyGuide2012.pdf>
- [3] Guide for Safe Machinery, 8007988. In: *SICK sensor intelligence* [online]. [cit. 2016-03-02]. Dostupné z: +/
- [4] Safety Laser Scanners. In: *SICK sensor intelligence* [online]. [cit. 2016-03-18]. Dostupné z: https://www.sick.com/media/dox/7/77/477/Special_information_Safety_Laser_Scanners_en_IM0043477.PDF
- [5] Safety Switches Machine Safety – Jokab Safety products. In: *ABB* [online]. [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: https://library.e.abb.com/public/788498f0c2746630c1257a8000444271/Safety_Switches_Machine_Safety_2TLC172006B0201_rev_B_low.pdf
- [6] Všestranné a bezpečné. Bezpečnostní systémy CES s kódovanými transpondéry. In: Spínače CES-AR << Euchner [online]. [cit. 2016-05-15]. Dostupné z: http://www.euchner.cz/data/pdf/Uvod/CES_Folder_CZ_01-2015.pdf
- [7] Bezpečnostní systémy s kódovanými transpondéry. In: Spínače CES-AR << Euchner [online]. [cit. 2016-05-17]. Dostupné z: http://www.euchner.cz/data/pdf/Download/Katalogy/safety/kat_CES_CZ.pdf
- [8] TR4 Direct Transponder Safety Switches. In: *SICK Sensor Intelligence* [online]. 2012 [cit. 2016-04-01]. Dostupné z: https://sick-virginia.data.continuum.net/media/dox/1/81/681/Product_information_TR4_Direct_Transponder_Safety_Switches_en_IM0045681.PDF
- [9] RE1, RE2 Non-contact safety switches – Magnetic safety switches. In: *SICK Sensor Intelligence* [online]. 2013 [cit. 2016-04-01]. Dostupné z: https://sick-virginia.data.continuum.net/media/dox/6/76/676/Product_information_RE1_RE2_Non_contact_safety_switches_Magnetic_safety_switches_en_IM0048676.PDF

- [10] Safety switches. In: *SICK Sensor Intelligence* [online]. 2014 [cit. 2016-04-13]. Dostupné z: https://sick-virginia.data.continuum.net/media/dox/8/08/008/Special_information_Safety_switches_en_IM0046008.PDF
- [11] Industrial Safety Systems. In: *SICK Sensor Intelligence* [online]. 2011 [cit. 2016-02-20]. Dostupné z: <https://www.mysick.com/saqqara/im0014701.pdf>
- [12] VOJÁČEK, Antonín. Bezpečnostní nášlapné rohože Haake HSM. In: *Automatizace.HW.cz* [online]. 2014 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: <http://automatizace.hw.cz/bezpecnost-stroju-komponenty/bezpecnostni-naslapne-rohoze-haake-hsm.html>
- [13] VOJÁČEK, Antonín. Bezpečnost strojů – 1. díl – úvod, normy, posouzení rizika. In: *Automatizace.HW.cz* [online]. 2015 [cit. 2016-02-18]. Dostupné z: <http://automatizace.hw.cz/bezpecnost-stroju/bezpecnost-stroju-1-dil-normy-rizika.html>
- [14] VOJÁČEK, Antonín. Nouzové zastavení stroje. Volba a použití tlačítek E-STOP. In: *Automatizace.HW.cz* [online]. 2015 [cit. 2016-05-04]. Dostupné z: <http://automatizace.hw.cz/bezpecnost-stroju-komponenty/nouzove-zastaveni-stroje-volba-a-pouziti-e-stop-tlacitek.html>
- [15] Nárazníky. *Schamchl* [online]. [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: <http://www.schmachtl.cz/narazniky>
- [16] VOJÁČEK, Antonín. TEST – Bezpečnostní nárazníky a nárazové lišty. In: *Automatizace.HW.cz* [online]. 2014 [cit. 2016-04-23]. Dostupné z: <http://automatizace.hw.cz/bezpecnost-stroju-komponenty/test-bezpecnostni-narazniky-a-narazove-listy.html>
- [17] Optical safety devices. *ABB* [online]. [cit. 2016-05-03]. Dostupné z: <http://new.abb.com/low-voltage/products/safety-products/optical-safety-devices>
- [18] ČSN EN ISO 13849-1. *FAST VUT v Brně* [online]. [cit. 2016-03-11]. Dostupné z: www.fce.vutbr.cz/tst/rada.v/TMaR/t-mar-2011-bezp-ČSNENISO.ppt
- [19] VOJÁČEK, Antonín. Bezpečnostní kamerový snímač s nastavitelnou detekční oblastí = Sick V300 WS. In: *Automatizace.HW.cz* [online]. 2015 [cit. 2016-04-28]. Dostupné z: <http://automatizace.hw.cz/bezpecnost-stroju/bezpecnostni-kamerovy-snimac-s-presne-nastavitelnou-detekcni-oblasti-sick-v300-ws.html>
- [20] Schaltleisten HSC. *Haake Technik GmbH* [online]. [cit. 2016-03-17]. Dostupné z: http://www.haake-technik.com/tl_files/downloads/BRO-HSC_M_B-Rev.02-12-DE.pdf

8 SEZNAM ZKRATEK, SYMBOLŮ, OBRÁZKŮ A TABULEK

8.1 Seznam zkratk a symbolů

PLr	<i>Required performance level</i>
PL	<i>Required level</i>

8.2 Seznam obrázků

Obrázek 1) Porovnání EN ISO 13849-1 a EN 62061	19
Obrázek 2) Příklady možných rizik.....	21
Obrázek 3) Příklady aplikací elektro-mechanických spínačů.....	24
Obrázek 4) Příklad aplikace magnetického bezpečnostního spínače.....	25
Obrázek 5) Příklad aplikace transpondérového spínače.....	25
Obrázek 6) Příklad aplikace indukčního spínače.....	26
Obrázek 7) Různé varianty rozlišení optických mříží.....	27
Obrázek 8) Příklady aplikace světelných závor.....	28
Obrázek 9) Příklad realizace volného přístupu pomocí světelných mříží.....	28
Obrázek 10) Světelná závora jako kontrola polotovaru.....	29
Obrázek 11) Optická závora aplikovaná jako jednoduchá mříž.....	29
Obrázek 12) Aplikace optických závor pro kontrolu otevření krytů.....	30
Obrázek 13) Funkce laserového skeneru.....	31
Obrázek 14) Příklad aplikace laserového skeneru.....	32
Obrázek 15) Využití kombinace více kamer.....	33
Obrázek 16) Příklady aplikace bezpečnostních kamer.....	34
Obrázek 17) Princip funkce kontaktního řetězu bezpečnostních rohoží.....	35
Obrázek 18) Příklad aplikace bezpečnostních nášlapných rohoží.....	36
Obrázek 19) Princip funkce nárazníku s kontaktním řetězem.....	37
Obrázek 20) Příklad aplikace bezpečnostních nárazníků.....	38
Obrázek 21) Příklad aplikace tlačítek nouzového zastavení.....	39

8.3 Seznam tabulek

Tabulka 1) Přehled využití bezpečnostních senzorů.....	41
--	----