



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A ROBOTIKY

INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND ROBOTICS

APLIKACE BEZPEČNOSTNÍCH SENZORŮ V PRŮMYSLOVÝCH APLIKACÍCH

SAFETY SENSORS IN INDUSTRIAL APPLICATION

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Tomáš Mrkva

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Radim Blecha, Ph.D.

BRNO 2018

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky
Student: **Tomáš Mrkva**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce: **Ing. Radim Blecha, Ph.D.**
Akademický rok: 2017/18

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:

Aplikace bezpečnostních senzorů v průmyslových aplikacích

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Bezpečnostní sensorika je nedílnou součástí automatizace, která nám zajišťuje bezpečnost obsluhy. Student se seznámí s možnými druhy bezpečnostních senzorů a jejich aplikování.

Cíle bakalářské práce:

Popsat jednotlivé typy bezpečnostních senzorů a na jakém principu pracují.
U jednotlivých typů presentovat jejich praktické nasazení.

Seznam doporučené literatury:

MAREK, Jiří, et al. Konstrukce CNC obráběcích strojů III. 1. Praha: MM publishing, s.r.o., 2014. MM speciál. ISBN 978-80-260-6780-1.

MM Průmyslové spektrum. MM Průmyslové spektrum [online]. Praha: MM publishing, s. r. o., 2016 [cit. 2016-11-04]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com>

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2017/18

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.
ředitel ústavu

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

ABSTRAKT

Cílem této bakalářské práce bylo vytvořit přehled nabízených bezpečnostních senzorů používaných v automatizovaném provozu. Sensory jsou rozřazeny podle technologie, kterou využívají ke své funkci, je uveden princip jejich funkce, varianty konstrukce a nakonec jejich výhody a využití. Práce je rozdělena do tří částí. První část se obecně zabývá problematikou bezpečnosti strojů, posouzením rizik a stanovením úrovně bezpečnosti. V druhé, hlavní, části je zpracován přehled jednotlivých senzorů. Poslední část se lehce dotýká problematiky základních řídicích systémů.

ABSTRACT

The aim of this bachelor thesis was to create an overview of offered safety sensors used in automated operation. The sensors are sorted according to the technology they use for their function, is shown the principle of their function, the design variants and ultimately their advantages and uses. The work is divided into three parts. The first part deals generally with machine safety, risk assessment and security level. In the second main part, an overview of individual sensors is processed. The last part slightly touches on the issues of basic control systems.

KLÍČOVÁ SLOVA

Bezpečnost, automatizace, bezpečnostní senzor, bezpečnost strojů

KEYWORDS

Safety, automation, safety sensor, machine safety

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

MRKVA, T. *Aplikace bezpečnostních senzorů v průmyslových aplikacích*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2018. 62 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Radim Blecha, Ph.D..

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 25.5.2018

.....

Mrkva Tomáš

PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych poděkovat panu Ing. Radimu Blechovi, Ph. D. za odborné vedení a hlavně své rodině za podporu během celého studia.

OBSAH

1	ÚVOD	15
2	VYHODNOCENÍ BEZPEČNOSTI STROJŮ	17
3	BEZPEČNOSTNÍ SENZORY	23
3.1	Tlačítko nouzového zastavení	23
3.2	Dvouruční ovládání	26
3.3	Bezpečnostní spínače	27
3.3.1	elektromechanické bezpečnostní spínače	28
3.3.2	Bezkontaktní bezpečnostní spínače	33
3.4	Bezpečnostní nášlapné rohože	36
3.5	Bezpečnostní nárazníky a nárazové lišty	40
3.6	Optoelektronické bezpečnostní závory	45
3.7	Laserové skenery	51
3.8	Bezpečnostní kamery	55
4	ŘÍDICÍ SYSTÉMY	59
4.1	Bezpečnostní relé	59
4.2	Bezpečnostní PLC	60
5	ZÁVĚR	61
6	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	63
7	SEZNAM ZKRATEK, SYMBOLŮ, OBRÁZKŮ A TABULEK	69
7.1	Seznam zkratk	69
7.2	Seznam tabulek	69
7.3	Seznam obrázků	69

1 ÚVOD

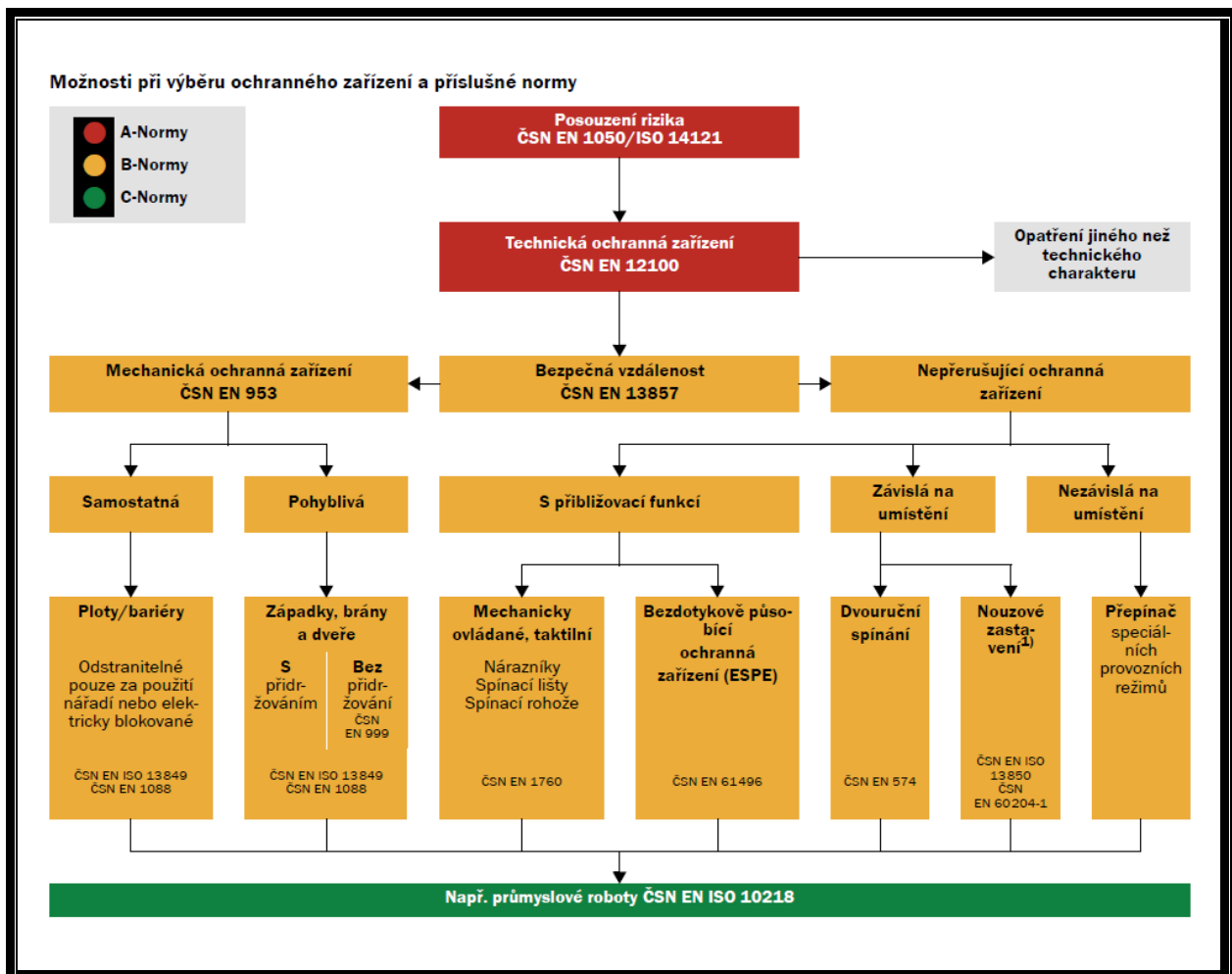
Průmysl patří mezi nejvýznamnější odvětví světového hospodářství. V České republice má velmi dlouhou, rozmanitou historii a zaměstnává téměř 40% lidí. Rozvoj průmyslu jde ruku v ruce s technickým pokrokem, který je vždy předpokladem pro průmyslové změny. S příchodem třetí průmyslové revoluce, jež se nesla v duchu automatizace, zaznamenaly velký rozmach elektronické řídicí systémy a senzory. S neustále se zvyšujícími nároky na automatizaci, kvalitu a rychlost výroby je potřeba klást velký důraz na bezpečnost. Použití bezpečnostních senzorů v automatizované výrobě je tedy naprostou nutností. V současné době, uprostřed čtvrté průmyslové revoluce, nejen že si ztěží dokážeme představit výrobní provoz bez použití bezpečnostních senzorů, ale bez nich by bylo velké množství automatizačních řešení neproveditelných. Protože na bezpečnostních senzorech závisí doslova lidské životy, musí splňovat vysoké nároky na kvalitu a spolehlivost.

Na dnešním trhu působí řada výrobců nabízejících široké portfolio bezpečnostních senzorů. K dispozici jsou výrobky jak malých firem specializujících se na jeden typ senzorů, tak velkých firem, které mají v nabídce sortiment k zajištění kompletní bezpečnosti stroje nebo celých výrobních linek. Cílem této práce je vytvořit kompletní přehled dostupných bezpečnostních senzorů s popisem jejich funkce a příklady jejich použití v praxi.

2 VYHODNOCENÍ BEZPEČNOSTI STROJŮ

Je nutné, abychom se problematikou bezpečnosti strojů zabývali již při jejich návrhu a od samého začátku ji co nejlépe zahrnuli do konstrukce. Tato problematika není otázkou jen dvou současných norem ČSN EN ISO 13849 a ČSN EN 62 061, ale zahrnuje velké spektrum standardů a předpisů, jež jsou pro výrobce stejně závazné a důležité. Jedná se především o normy zabývající se posouzením a snížením rizika již v počátečním návrhu stroje. Vhodná volba konstrukce stroje a minimalizace prvků představující nebezpečí jako jsou hrany, otvory, rohy a další, může výrazně snížit riziko plynoucí z provozu těchto zařízení. [1]

Bezpečnostní normy a předpisy lze podle důležitosti rozdělit do tří na sebe navazujících skupin (viz obrázek 1).



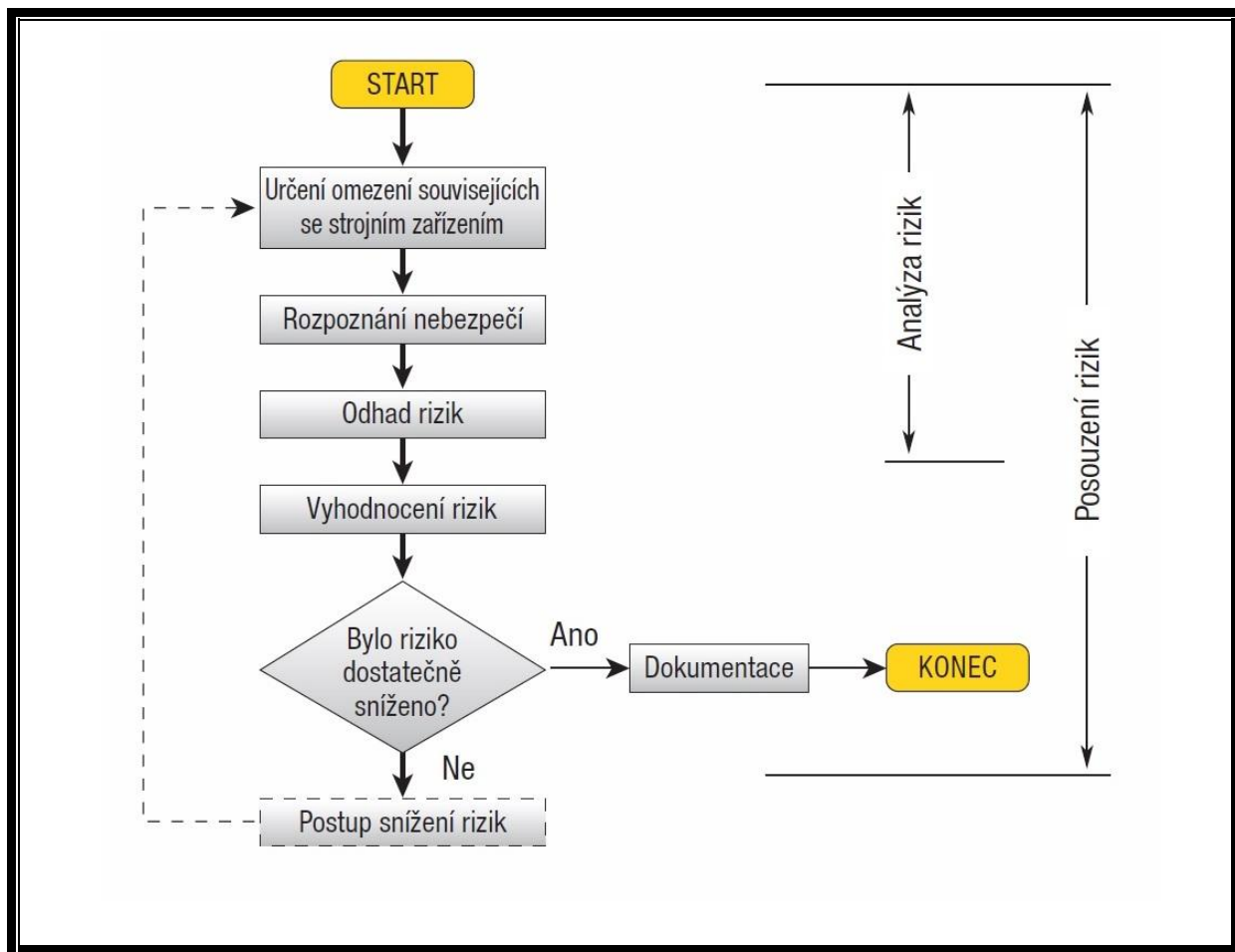
Obr. 1) Rozdělení norem do tříd [1]

A-normy obsahují základní pojmy a zásady pro projektování, konstrukci a obecná hlediska, jež mohou být použita pro všechny stroje. [1]

B-normy se zabývají jedním bezpečnostním aspektem nebo typem zařízení, které může být použito pro širokou šálu strojů. B-normy dále dělíme na B1 a B2. Normy typu B1 se zabývají například výpočtem bezpečné vzdálenosti, elektrickou bezpečností strojů, hlukem, teplotou povrchu a dalšími bezpečnostními aspekty. Pro jednotlivá bezpečnostní zařízení jako jsou například ploty, bariéry, nouzové zastavení a bezkontaktní ochranná zařízení slouží normy typu B2. [1]

C-normy jsou speciální bezpečnostní normy pro stroje. Detailně popisují bezpečnostní požadavky pro jednotlivé stroje. Obvykle jsou to zařízení pracující ve velmi náročných podmínkách jako je výbušné prostředí, velmi čisté a hygienicky náročné provozy nebo stroje pracující v oblasti s radiací, ale může se také jednat o atypické stroje a konstrukce. [1]

Při konstrukci stroje je nutné brát v úvahu všechna možná rizika a zavést opatření pro ochranu osob. Pokud nebudou realizována žádná bezpečnostní opatření, dříve nebo později dojde k újmě na zdraví některé z osob pracujících na stroji. Abychom této situaci předešli, je důležité při návrhu bezpečného stroje provést posouzení rizik. Pro splnění všech požadavků směrnice o strojních zařízeních je při provádění analýzy rizik nutné dodržet postup stanovený normou EN ISO 12100 (viz obrázek 2). [3]



Obr. 2) Postup posouzení rizik [3]

Prvním krokem v postupu posuzování rizik je určení omezení související se strojním zařízením. V tomto kroku bereme v úvahu všechny fáze cyklu životnosti stroje. K tomu, abychom mohli definovat možná omezení související s konkrétním strojem, musíme znát okolní prostředí, technologický postup, osoby podílející se na procesu, výrobky zhotovené na stroji a z toho plynoucí omezení jako je například omezení rozsahu použití, prostorové limity nebo omezení související s okolním prostředím stroje. [1], [3]

Poté, co určíme omezení strojního zařízení, následuje krok rozpoznání nebezpečí. Jelikož se předpokládá, že pokud nebudou přijata řádná opatření, nebezpečí bude mít dříve či později za následek újmu na zdraví, je nutné správně provést rozpoznání předvídatelných rizik. Mezi tato rizika patří například mechanické ohrožení, elektrické ohrožení, ohrožení v důsledku hluku nebo radiace. Norma EN ISO 12100 obsahuje výčet jednotlivých typů nebo skupin nebezpečí, které musíme v tomto kroku zvážit. [1], [3]

V dalším kroku provádíme odhad rizik z hlediska uživatele strojního zařízení, na základě závažnosti a pravděpodobnosti výskytu možné újmy na zdraví. Protože jsou stroje většinou obsluhováni lidmi, musíme brát v úvahu, kromě rizik způsobených technikou, také možná nebezpečí zapříčiněná lidským faktorem. Nakonec nesmíme zapomenout ani na možnost obcházení bezpečnostních opatření obslužným personálem stroje. [3]

Vyhodnocení rizik je další povinnou částí celého postupu. V tomto kroku posuzujeme, zda plánovaná opatření ke snížení rizika nebudou mít za následek vznik nových nebezpečí. Pokud by k něčemu takovému došlo, musíme nová nebezpečí zahrnout do souhrnné dokumentace a učinit opatření k jejich odstranění. [3]

Posledním článkem řetězce je snížení rizik. V tomto kroku přijmeme opatření ke snížení jednotlivých rizik, jež jsme posuzovali. Tato opatření provedeme v následujícím sledu:

- snížení nebo vyloučení nebezpečí ve fázi návrhu a konstrukce stroje,
- použití technických ochranných zařízení a dodatečných opatření,
- snížení rizik pomocí lepší informovanosti obsluhy stroje, například v podobě příruček, piktogramů a signalizace. [3]

Pro každé opatření, nebo bezpečnostní funkci je třeba stanovit úroveň bezpečnosti, která platí pro všechny navázané přístroje jako jsou senzory, vyhodnocovací logické jednotky, řídicí systémy nebo aktuátory. Zpravidla bývá požadovaná úroveň bezpečnosti uváděna v C-normách. Pokud pro daný stroj není k dispozici žádná C-norma, je úroveň bezpečnosti stanovena na základě normy ČSN ISO 13849-1 nebo ČSN EN 62 061. Obě normy definují požadavky na návrh a provedení bezpečnostních částí řídicího systému. [2]

Norma ČSN EN 62 061 je zaměřena hlavně na elektronické a elektrické řešení bezpečnosti strojů. K vyčíslení rizik se využívá numerický postup, jehož výsledkem je hodnota SIL. Hodnota SIL je definovaná v několika stupních (viz obrázek 3). Vyhodnocuje se rozsah škod (S), četnost (F), pravděpodobnost výskytu (W) a možnost prevence nebezpečné události (P). Požadovanou hodnotu SIL následně nalezneme jako průsečík rozsahu škod a třídy. Třidu vypočteme podle vzorce (1). [2]

$$K = F + W + P \tag{1}$$

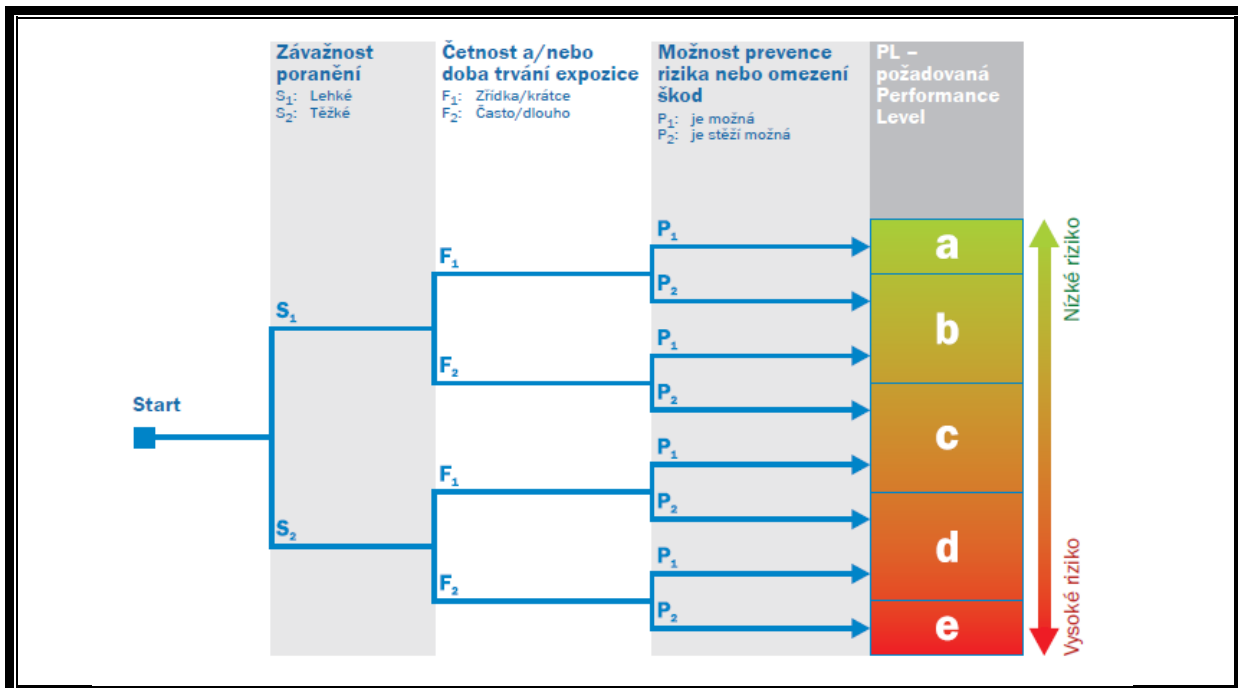
Účinky	Rozsah škod S	Třída K = F + W + P				
		3-4	5-7	8-10	11-13	14-15
Smrt, ztráta oka nebo končetiny	4	SIL2	SIL2	SIL2	SIL3	SIL3
Permanentní škody, ztráta prstů	3			SIL1	SIL2	SIL3
Reversibilní škody, lékařské ošetření	2				SIL1	SIL2
Reversibilní škody, první pomoc	1					SIL1

Četnost ¹⁾ nebezpečné události F		Pravděpodobnost výskytu nebezpečné události W		Možnost prevence nebezpečné události P	
F ≥ 1× za hodinu	5	Častá	5		
1× za hodinu > F ≥ 1× za den	5	Pravděpodobná	4		
1× za den > F ≥ 1× za 2 týdny	4	Možná	3	Není možná	5
1× za 2 týdny > F ≥ 1× za rok	3	Zřídka	2	Možná	3
1× za rok > F	2	Zanedbatelná	1	Pravděpodobná	1

1) Platí pro délku pobytu > 10 min

Obr. 3) Výpočet parametru SIL [2]

Norma ČSN ISO 13849-1 používá ke stanovení požadované bezpečnostní úrovně stejně jako v předchozím případě rizikové grafy a pracuje se stejnými parametry S, F, P. Výsledkem těchto grafů je úroveň PL (viz obrázek 4). PL na rozdíl od SIL zahrnuje i použití mechanických, pneumatických a hydraulických prvků, čímž poskytuje širší spektrum možností ke stanovení úrovně bezpečnosti. [2]



Obr. 4) Diagram pro určení parametru PL [2]

Obě normy a jejich hodnoty SIL a PL spojuje parametr průměrná pravděpodobnost nebezpečné poruchy za hodinu (viz obrázek 5). Přesto, že mezi těmito normami existuje spojovací prvek, je zakázáno použít obě normy současně a vzájemně je kombinovat. Konstruktor si vždy musí, v závislosti na použité technologii, vybrat pouze jednu normu (viz obrázek 6). [2]

Safety integrity level SIL	Průměrná pravděpodobnost poruchy za hodinu (1/h)	Performance level PL
–	$\geq 10^{-5} \dots < 10^{-4}$	a
SIL 1	$\geq 3 \times 10^{-6} \dots < 10^{-5}$	b
SIL 1	$\geq 10^{-6} \dots < 3 \times 10^{-6}$	c
SIL 2	$\geq 10^{-7} \dots < 10^{-6}$	d
SIL 3	$\geq 10^{-8} \dots < 10^{-7}$	e

Obr. 5) Porovnání parametrů SIL a PL [2]

Technologie	ČSN ISO 13 849-1	ČSN EN 62 061
Hydraulika	Použitelná	Není možno použít
Pneumatika	Použitelná	Není možno použít
Mechanika	Použitelná	Není možno použít
Elektrika	Použitelná	Použitelná
Elektronika	Použitelná	Použitelná
Programovatelná elektronika	Použitelná	Použitelná

Obr. 6) Porovnání vhodnosti norem v závislosti na technologiích [2]

3 BEZPEČNOSTNÍ SENZORY

3.1 Tlačítko nouzového zastavení

Zcela základním prostředkem bezpečnostní ochrany provozu každého průmyslového stroje je dnes bezpečnostní nouzové tlačítko zastavení. S jeho pomocí je v jakémkoliv případě možné zastavit provoz zařízení, které obsahuje pohyblivé prvky. Nouzové zastavení má za úkol v případě potřeby zastavit nejen všechny nebezpečné pohyby, ale i vyřadit všechny ostatní zdroje nebezpečí jako je například nahromaděná energie. [4]

Podle normy pro bezpečnost strojních zařízení musí být každý stroj vybaven alespoň jedním tlačítkem nouzového zastavení dané kategorie. [4]

Kategorie 0 je zastavení pomocí přímého vypnutí elektrické energie strojního pohonu, anebo mechanického rozpojení pomocí spojky mezi nebezpečnými prvky a jejich strojními pohony. V bezpečnostních obvodech pro zajištění funkce nouzového zastavení této kategorie musí být použity pouze pevně propojené elektromechanické součásti a funkce obvodu musí být nezávislá na elektronické logice a přenosu povelů datovými komunikačními spoji. [5], [6]

Nouzové zastavení kategorie 1 umožňuje ovládané zastavení při zachování přívodu energie ke strojnímu pohonu tak, aby bylo dosaženo zastavení a následně poté vypnutí energie. Vypnutí energie zahrnuje vypnutí elektrické energie k motorům stroje, odpojení spojky pohyblivých prvků stroje od zdroje mechanické energie a zablokování přívodů média k hydraulickým, nebo pneumatickým pohonům stroje. Kategorie nouzového zastavení je určena na základě posouzení rizika stroje. [5], [6]

Funkce nouzového zastavení je iniciována jednoduchým lidským úkonem a musí být dostupná po celou dobu provozu. Dále musí být snadno přístupná, k ukončení nebezpečného stavu musí dojít co nejrychleji bez vzniku dalších rizik, je nadřazená všem ostatním funkcím a režimům v provozu. Nouzové zastavení nesmí mít za následek opětovné spuštění stroje, dokud nedojde k ručnímu resetování. [7]

Zařízení nouzového zastavení musí být navržena tak, aby je v případě potřeby mohl kdokoli snadno ovládat. Konkrétní provedení podrobně definuje norma ČSN EN ISO 13850. Ta specifikuje funkční požadavky a konstrukční zásady pro funkci nouzového zastavení u strojních zařízení, nezávisle na druhu energie použité pro ovládací funkci. Používají se hřibovitá tlačítka, dráty, lanka, tyče popřípadě páky nebo nožní pedály (viz obrázky 7, 8, 9). [4], [6]



Obr. 7) Hřibovitá tlačítka [8], [9]

Pro funkci nouzového zastavení platí několik zásad:

- ovládací hlavice musí být s funkcí proti přelstění
- kontakty s nuceným vypnutím
- musí mít mechanickou aretaci vypnutí
- mechanický ovládací (aktivační) prvek musí být červené barvy a ostatní části pouzdra tlačítka mají žlutou barvu
- je doporučeno označení tlačítka žlutým štítkem s nápisem "Stop", "Emergency stop" nebo "Nouzové zastavení" [4],[6]

Na větší vzdálenosti je vhodné použít lankové nebo drátové vypínače. Jeden takový vypínač dokáže pokrýt vzdálenost větší než 200 metrů a jejich aktivaci provedeme z jakéhokoliv místa jednoduchým zatažením za lanko natažené podél celého zařízení. Na rozdíl od klasických tlačítek, kterých bychom na délce 200 metrů museli umístit hned několik. Z tohoto důvodu se lankové nebo drátové vypínače využívají například u dopravníkových pásů. Pokud jsou instalovány tyto ovládače nouzového zastavení, musí být navrženy a umístěny tak, aby byly snadno použitelné. Pro tyto účely musíme zvážit: [6]

- velikost prohnutí, které je nezbytné pro vytvoření povelu nouzového zastavení
- maximální možné prohnutí
- maximální vzdálenost mezi drátem nebo lankem a nejbližším předmětem
- zvýraznění viditelnosti drátu nebo lanek pro obsluhu
- sílu, kterou je třeba působit na drát nebo lanko a její směr, aby bylo zařízení nouzového zastavení uvedeno do činnosti. [6]

Také musí být učiněna opatření k eliminování nebezpečí způsobených přetržením a uvolněním lanka nebo drátu. [6]



Obr. 8) Lankové vypínače [10], [11]



Obr. 9) Využití nouzového zastavení [12], [13], [14], [15]

Přestože tlačítko nouzového zastavení samo o sobě obsluhu stroje nijak nechrání, představuje naprosto základní a nutný prvek pro bezpečnost všech strojů a zařízení. Proto jeho nejdůležitějšími parametry jsou všeobecně známý a dobře rozpoznatelný vzhled, jednoduché ovládání a v neposlední řadě vysoká spolehlivost. [4]

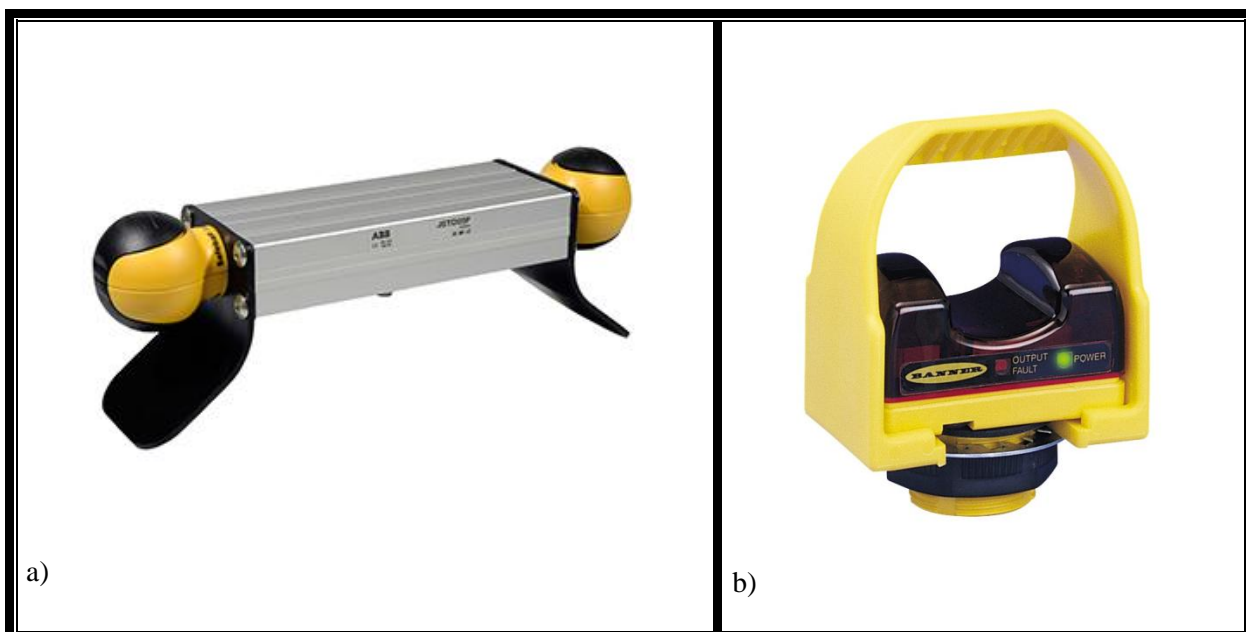
3.2 Dvouruční ovládání

Zařízení pro dvouruční ovládání je bezpečnostní prvek, jehož úkolem je zabránění úrazů a zranění obsluhy strojů jako jsou například lisovací a razičské zařízení. Tato tlačítka nutí obsluhu držet ruce mimo nebezpečný prostor během pracovního cyklu stroje. [17]

Dvouruční ovládání musí být navrženo tak, aby byla obsluha nucena použít obě ruce současně k uvedení zařízení do činnosti. Uvolnění jednoho nebo obou ovládacích prvků musí mít za následek přerušení výstupního signálu a zastavení činnosti stroje. [16], [17]

Následná iniciace výstupního signálu a opětovné uvedení stroje do činnosti je možná pouze po uvolnění obou ovládacích prvků. Ovládací prvky musí být navrženy a umístěny tak, aby se zamezilo náhodnému spuštění. [16], [17]

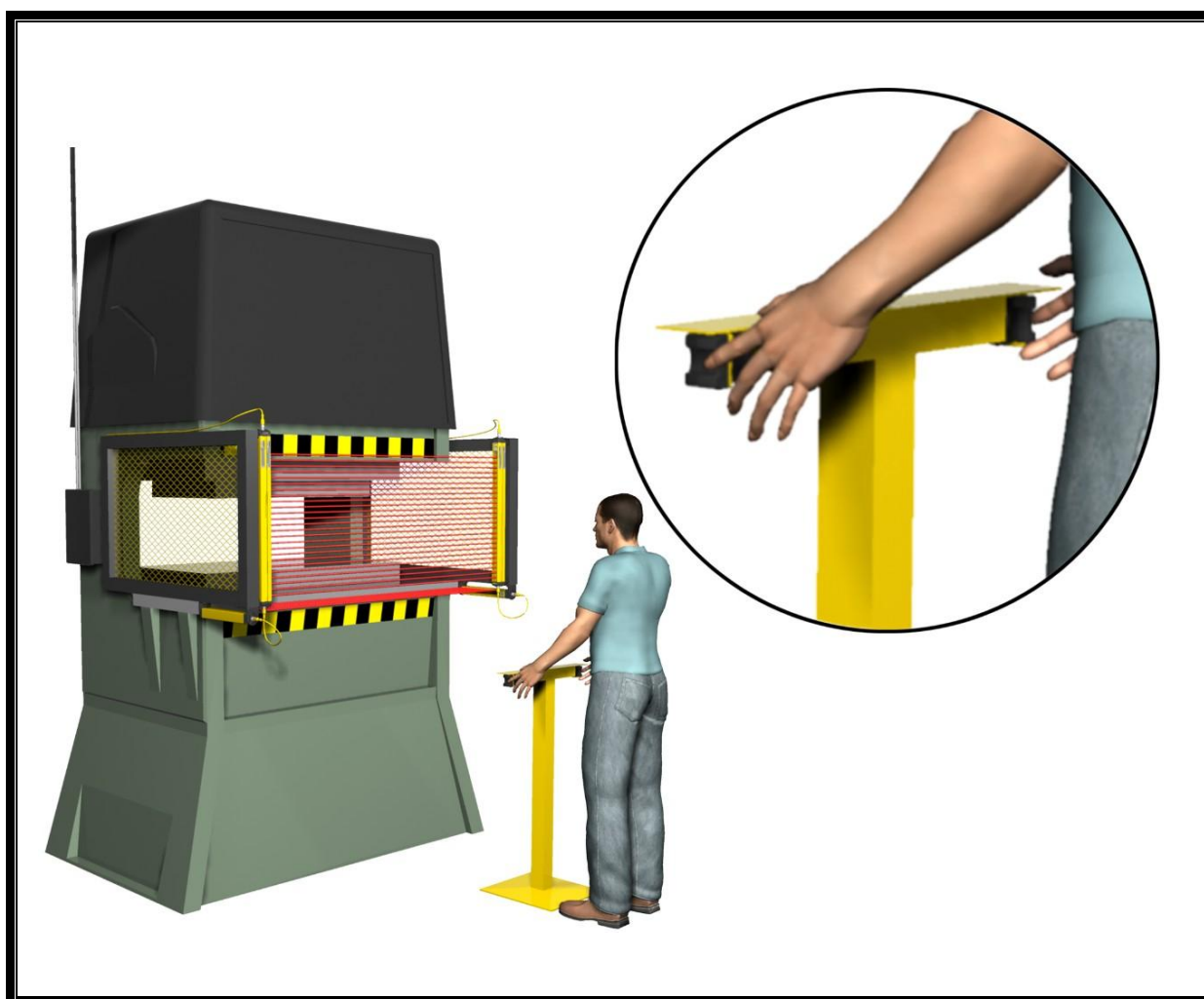
Jako ovládací prvek se používají buď klasická, nebo optoelektronická tlačítka (viz obrázek 10). Výhodou optoelektronických tlačítek je, že nevyžadují ke svému sepnutí fyzický tlak. K sepnutí stačí, aby obsluha dlaní nebo prstem přerušila paprsek optoelektronické závory, čímž dojde k iniciaci výstupního signálu. Využití dvouručního ovládání můžeme vidět na obrázku 11. [17]



Obr. 10) Tlačítko klasické a), optoelektronické b) [18],[19]

Tab. 1) Výhody a využití dvouručního ovládání

Výhody:	<ul style="list-style-type: none"> - snadná instalace - ochrana prstů a rukou
Využití:	<ul style="list-style-type: none"> - lisy - razicí zařízení



Obr. 11) Využití dvouručního ovládání [20]

3.3 Bezpečnostní spínače

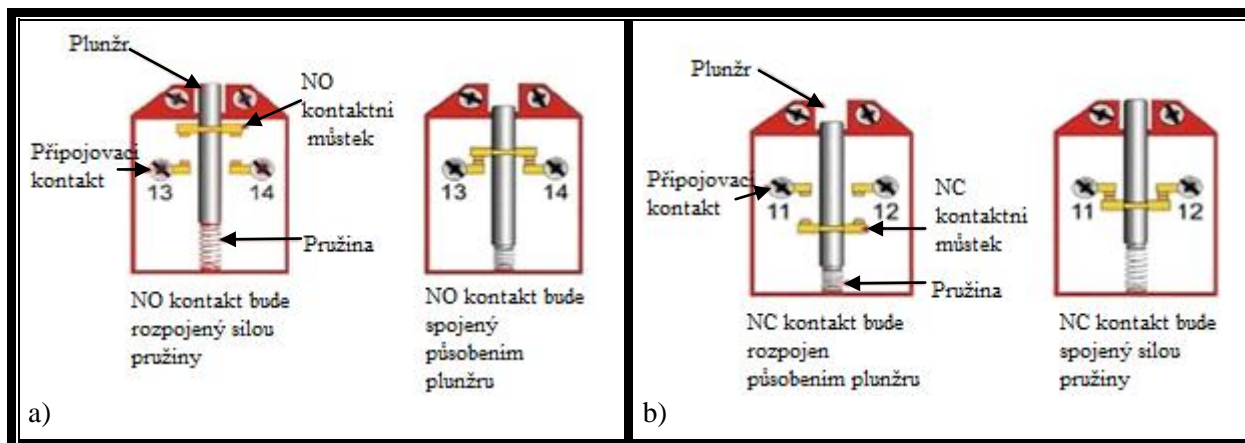
K zabezpečení oblastí stroje, které jsou ohraničeny pevnými zábranami a vstup do tohoto prostoru je možný pouze v daných přístupových bodech, jež jsou k tomuto účelu určeny a přizpůsobeny, se nejčastěji používají bezpečnostní spínače. Tyto spínače se umísťují

na dveře, mříže nebo na kryty jednotlivých částí strojů. Bezpečnostní spínače mají za úkol zajistit vypnutí nebezpečných pohybů stroje, pokud dojde ke vniknutí osoby do chráněné oblasti, anebo v případě, kdy jsou otevřeny kryty stroje.

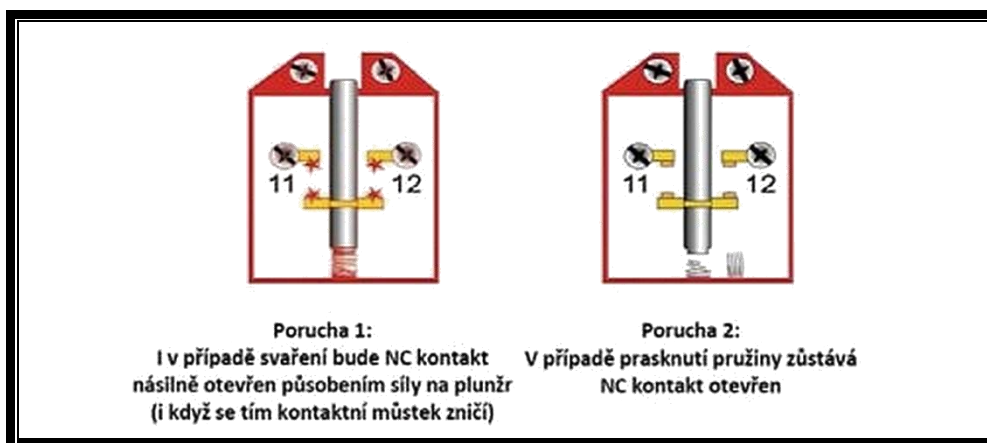
Bezpečnostní spínače dělíme podle způsobu funkce na elektromechanické a bezkontaktní.

3.3.1 elektromechanické bezpečnostní spínače

Hlavní princip, na kterém pracují elektromechanické spínače, je založen na využití přímého neboli nuceného rozpojování kontaktů. Základním prvkem těchto spínačů je elektromechanická jednotka skládající se z pružiny, plunžru a nejméně z jednoho páru rozpojovacích kontaktů. Tyto kontakty mohou být použity jako NO - před aktivací spínače jsou kontakty rozpojené, nebo jako NC - před aktivací spínače jsou kontakty spojené (viz obrázek 12). Ke spínání se využívá tlak pružiny, který působí na pár kontaktů a tím je uzavírá. Pokud dojde k selhání pružiny, zůstanou kontakty trvale rozpojené a tím pádem bude spínač v bezpečné poloze zajišťující vypnutí stroje. V případě, kdy dojde ke svaření kontaktů, bude NC kontakt násilně otevřen působením síly na plunžr (viz obrázek 13). Z tohoto důvodu musí bezpečnostní spínače obsahovat alespoň jeden kontakt typu NC. [3], [21], [22]



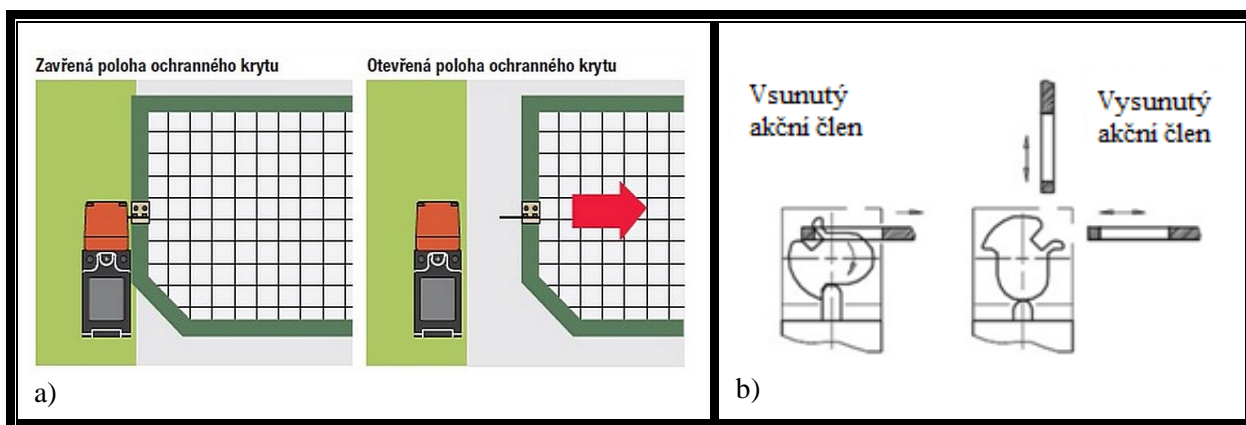
Obr. 12) Kontakty NO a), NC b) [21]



Obr. 13) Poruchy NC kontaktu [21]

Elektromechanické spínače můžeme dále rozdělit podle konstrukce na spínače s akčním členem v podobě vidličky (viz obrázek 16), plunžru s kladkou, nebo otočné páky s kladkou (viz obrázek 18).

Spínače využívající ke své funkci akční člen v podobě vidličky (viz obrázek 15) se skládají ze dvou do sebe zapadajících částí. Spínací část je pevně uchycena k rámu stroje nebo ochranné klece. Akční člen je umístěn na dveřích nebo mřížích a leží na stejné přímce jako spínací část tak, aby do sebe tyto dvě části zapadly (viz obrázek 14). Profil akčního členu je navržen tak, aby zapadnul do vačkového mechanismu uvnitř hlavy spínací části. Pokud jsou dveře zavřeny, akční člen je zasunutý ve spínači, což má za následek propojení kontaktů a celého bezpečnostního elektrického obvodu. To znamená, že prostor kolem stroje je zabezpečen před přístupem obsluhy a může být uveden do provozu. Pokud dojde k otevření dveří, akční člen se vysune ven ze spínače. V tomto případě dojde k rozpojení elektrického obvodu a k následnému zastavení nebezpečných pohybů nebo celého stroje. [3], [22]



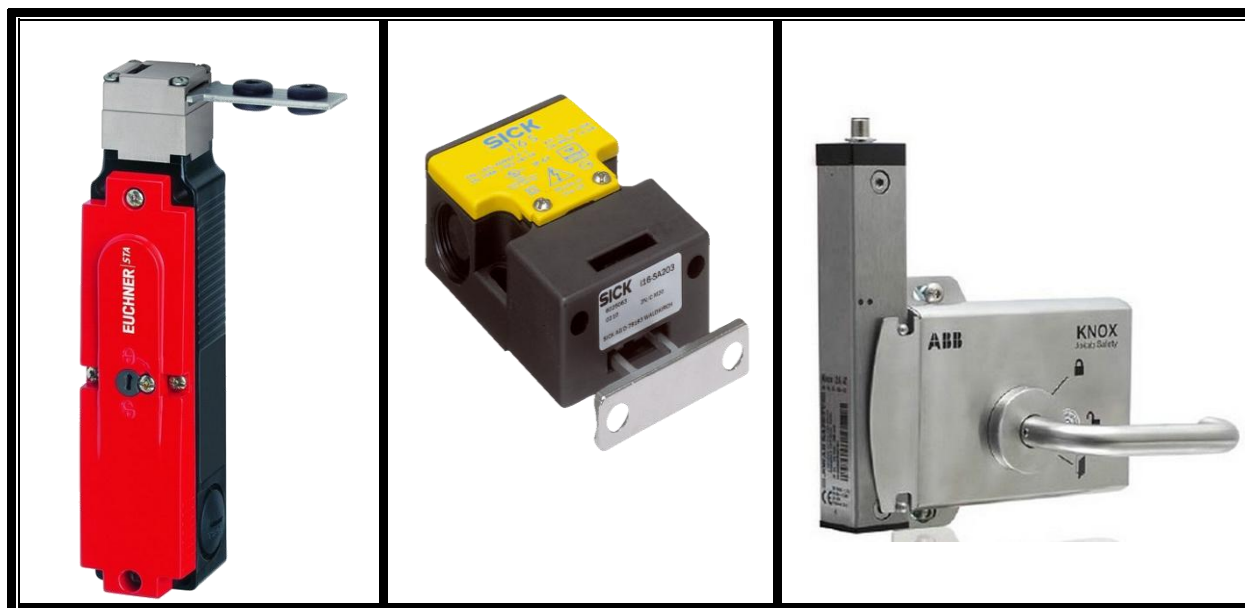
Obr. 14) Instalace spínače a), vačkový mechanismus b) [3], [36]



Obr. 15) Vidličkový akční člen ohnutý a), radiální b), přímý c) [13]

Tento typ elektromechanických spínačů může být také opatřen funkcí bezpečnostního zámku blokující přístup do nebezpečných prostor do té doby, než dojde k zastavení veškerých pohybů stroje. Spínače s bezpečnostním zámkem zůstávají uzamčeny fyzickou silou tak dlouho, dokud nedostanou povel k odemčení. Bezpečnostní zámek na dveřích umožňujících přístup ke stroji s dlouhou dobou zastavení, jako je například kotoučová pila, nesmí být nikdy odemčený dříve, než je zaručeno, že se tyto nebezpečné pohyby zastavily. Aby náhodou nedošlo ke spuštění nebezpečných pohybů stroje vlivem samovolného zavření dveří a uzamčení obsluhy uvnitř nebezpečné oblasti, je opět potřeba vyslat povel k zamčení, například tlačítkem umístěným na spínači. [24], [25]

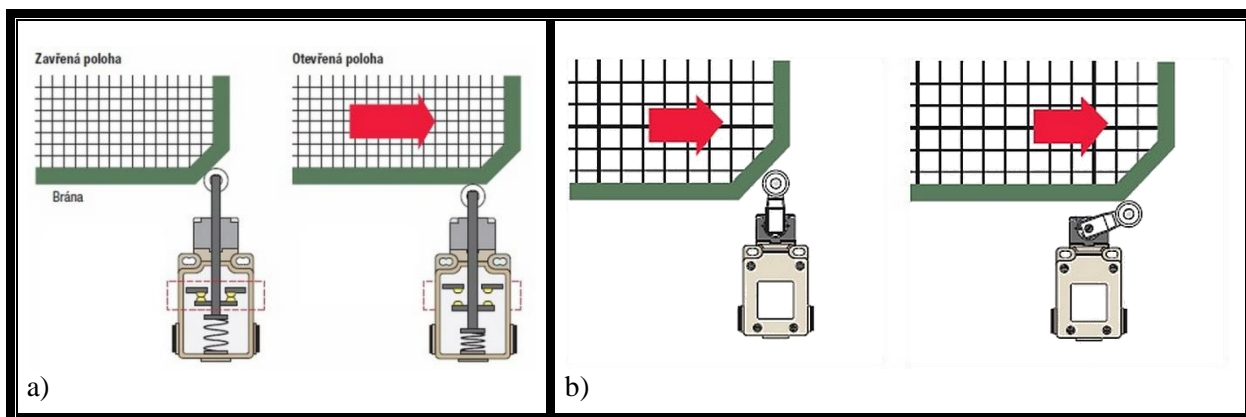
Bezpečnostní zámek lze také použít k takzvanému uzamčení výrobního procesu. Zámek zabezpečující přístup například do prostoru svařovací linky by měl zůstat zamčený do ukončení svařovacího cyklu. Pokud by došlo k odemčení zámku ještě před ukončením svařovacího cyklu, například vlivem zkratu nebo výpadku napájení spínače, proces se musí okamžitě ukončit, aby nebyl nikdo ohrožen nebezpečnými pohyby stroje. [24], [25]



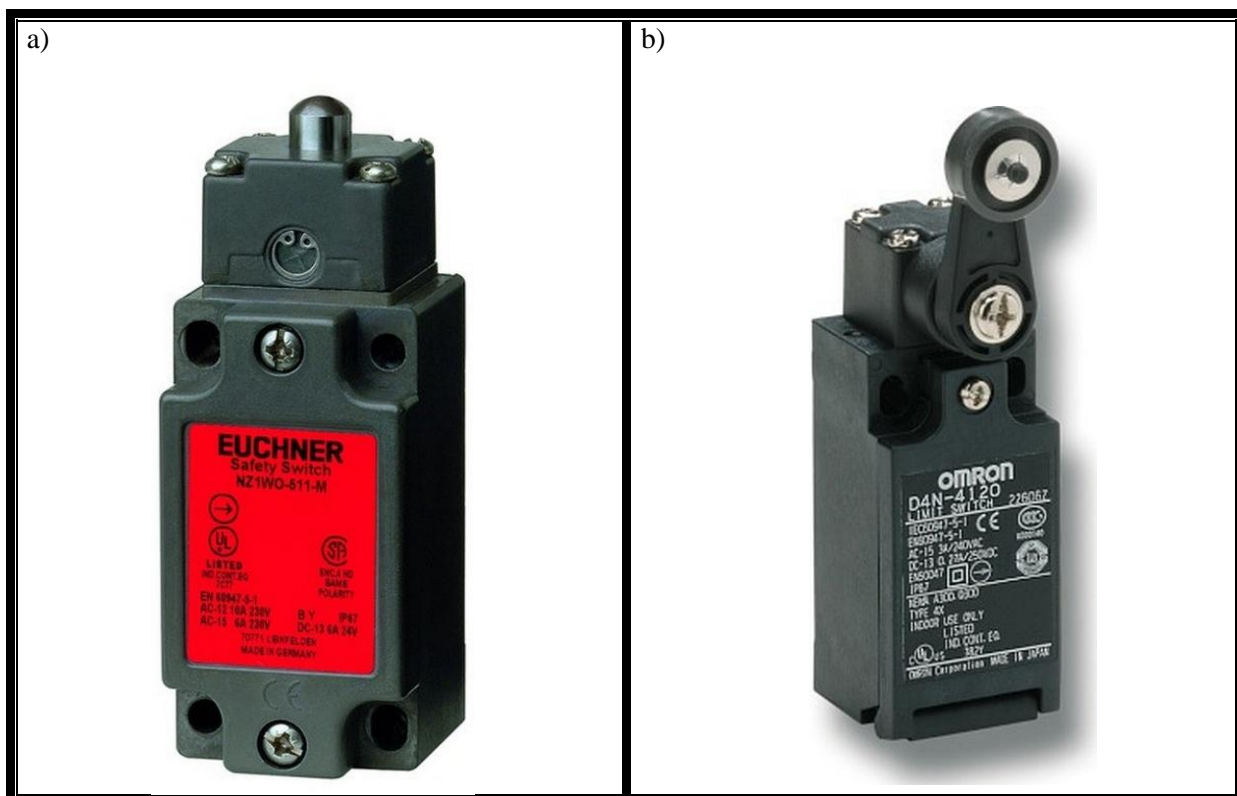
Obr. 16) Spínače s akčním členem v podobě vidličky [37], [38], [39]

Elektromechanické spínače využívající ke své funkci akční člen v podobě plunžru s kladkou nebo otočné páky s kladkou se používají jako bezpečnostní koncové spínače. Oproti předchozímu typu je spínací a akční část spojena dohromady. Tyto spínače se upevňují na koncové pozice bezpečnostních krytů nebo zábran (viz obrázek 17) a kontrolují, v jakém stavu se nacházejí, ale nelze je využít jako bezpečnostní zámky. Pokud dojde k otevření krytu nebo zábran, akční člen zatlačí na plunžr, který rozpojí kontakty a zastaví se nebezpečné pohyby stroje. [3], [27]

Využití elektromechanických spínačů můžeme vidět na obrázku 19.



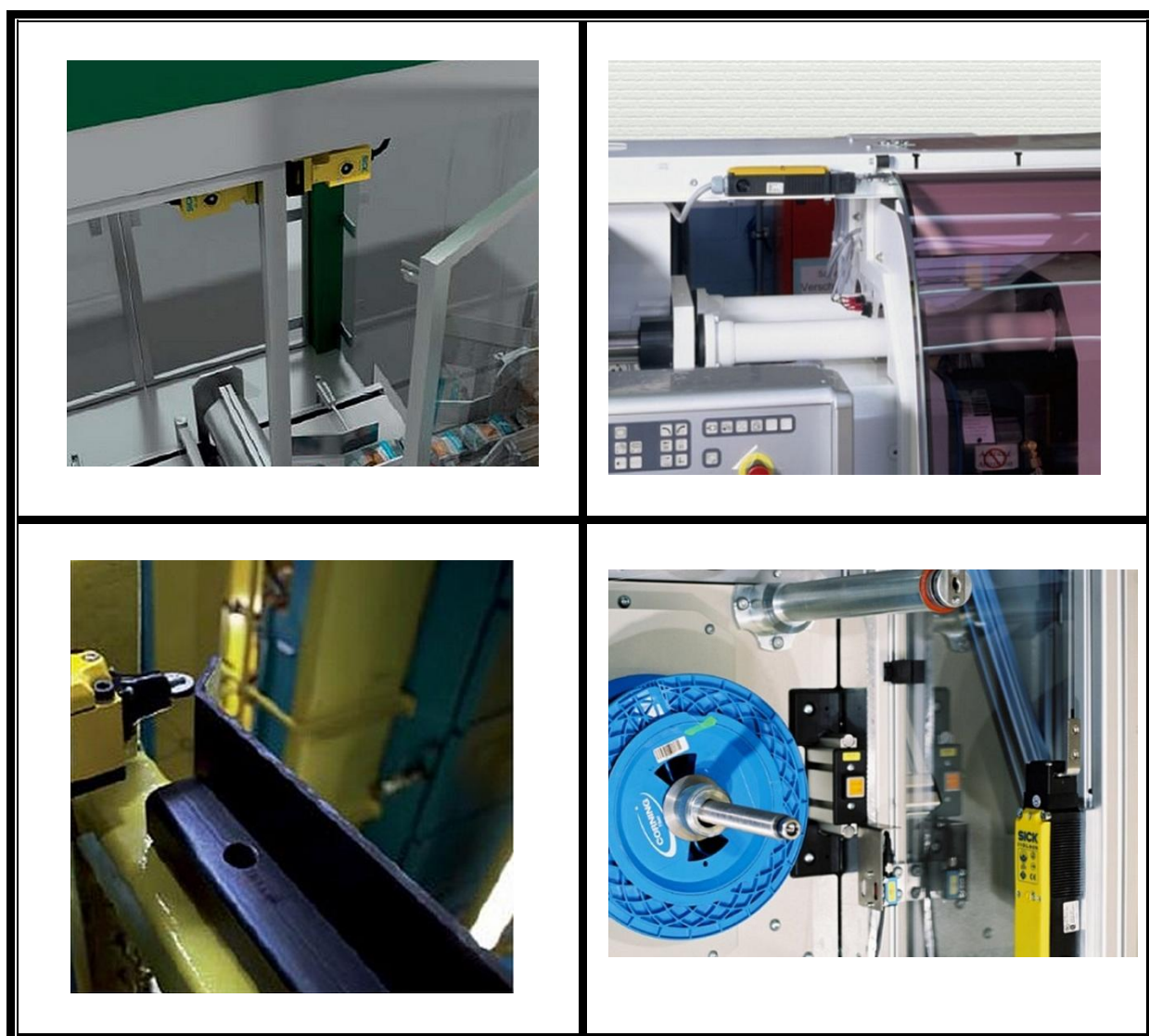
Obr. 17) Instalace spínače s plunžrem a), s kladkou b) [3]



Obr. 18) Spínač s akčním členem v podobě plunžru a), páky s kladkou b) [40], [41]

Tab. 2) Výhody a využití elektromechanických spínačů

Výhody:	<ul style="list-style-type: none"> - malé zástavové rozměry - snadná instalace - vysoká spolehlivost - funkce bezpečnostního zámku a uzamčení procesu
Využití:	<ul style="list-style-type: none"> - blokování ochranných krytů a dveří - kontrola koncové polohy zábran - monitorování polohy stroje



Obr. 19) Využití elektromechanických spínačů [13], [42]

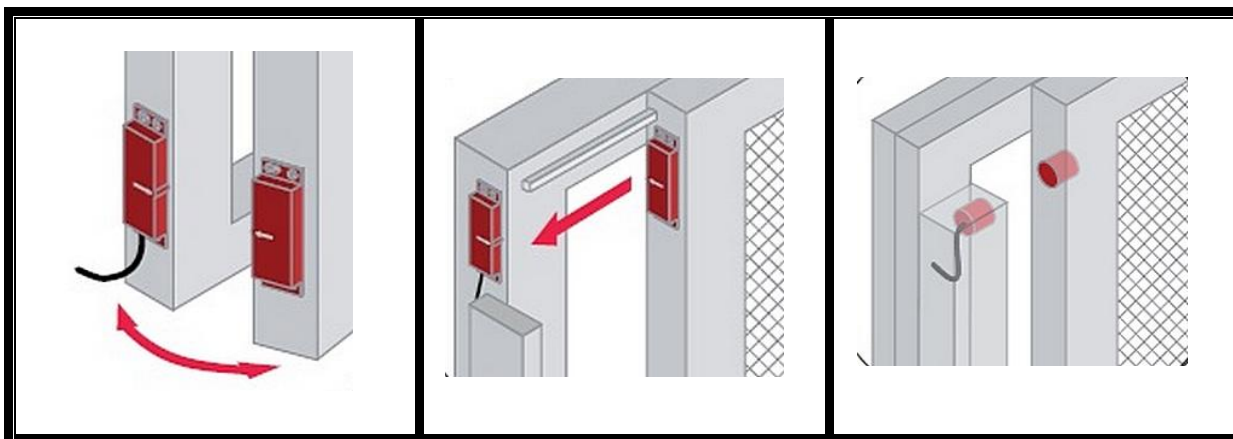
3.3.2 Bezkontaktní bezpečnostní spínače

Bezkontaktní spínače můžeme rozdělit podle principu, na kterém pracují, na magnetické, transpondérové (RFID) a indukční. Využití těchto spínačů je na obrázku 24 a 25.

Magnetické bezpečnostní spínače jsou opět vybaveny spínacími kontakty typu NC nebo NO a ke své práci využívají kódované magnetické akční členy. Tyto spínače se vždy skládají ze dvou částí (viz obrázek 20). První částí je nepohyblivý senzor, neboli čtecí hlava, která je vybavena několika spínacími kontakty. Kontakty jsou aktivovány kódovaným magnetickým polem permanentních magnetů. Tyto magnety jsou umístěny uvnitř druhého pohyblivého akčního členu a při přiblížení aktivují spínací kontakty uvnitř čtecí hlavy. Magnetické spínače mohou být používány v oblastech s vysokou mírou znečištění nebo naopak v oblastech s vysokými nároky na hygienu, protože jsou velmi dobře omyvatelné. Princip fungování těchto spínačů zajišťuje snímací dosah pohybující se většinou do 10mm a umožňující větší toleranci polohy jednotlivých spínačů. Díky tomu jsou ideální pro použití v aplikacích, kde je velmi složité nebo těžce realizovatelné přesné vedení bezpečnostních zábran (viz obrázek 21). [28], [29], [30]



Obr. 20) Magnetické spínače [30]



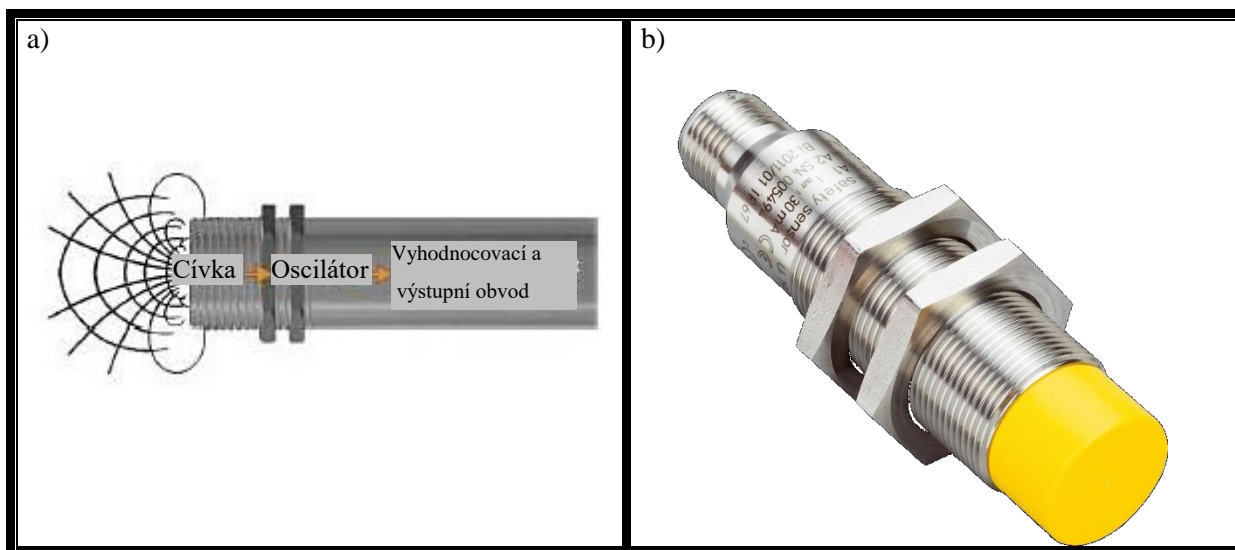
Obr. 21) Instalace magnetických spínačů [29]

Transpondérové spínače se opět skládají ze dvou částí, z nepohyblivého senzoru (čtecí hlavy) a pohyblivého akčního členu s čipem (viz obrázek 22). Pokud se akční člen přiblíží k čtecí hlavě na vzdálenost, která může být až 40mm, dojde k bezkontaktnímu přečtení kódu na RFID čipu. Pokud přečtený kód na akčním členu odpovídá kódu uloženému v paměti čtecí hlavy, dojde k sepnutí bezpečnostních výstupů. Pokud je akční člen příliš daleko od senzoru, nebo přečtený kód neodpovídá kódu uloženému v paměti čtecí hlavy, bezpečnostní výstupy se rozpojí a dojde k zastavení nebezpečných pohybů stroje. Transpondérové spínače bývají také vybaveny různými variantami kódování. Varianta s unikátním kódem dovoluje ke každé čtecí jednotce přiřadit pouze jeden akční člen, na který reaguje, a všechny ostatní členy bude ignorovat. Při standardním kódování může čtecí jednotka reagovat na více různých akčních členů (čipů) například ze stejné výrobní řady. Programovatelné kódování nám umožňuje čtecí jednotku naprogramovat tak, aby reagovala na libovolné akční členy. [30], [31], [32]



Obr. 22) Transpondérový spínač [30]

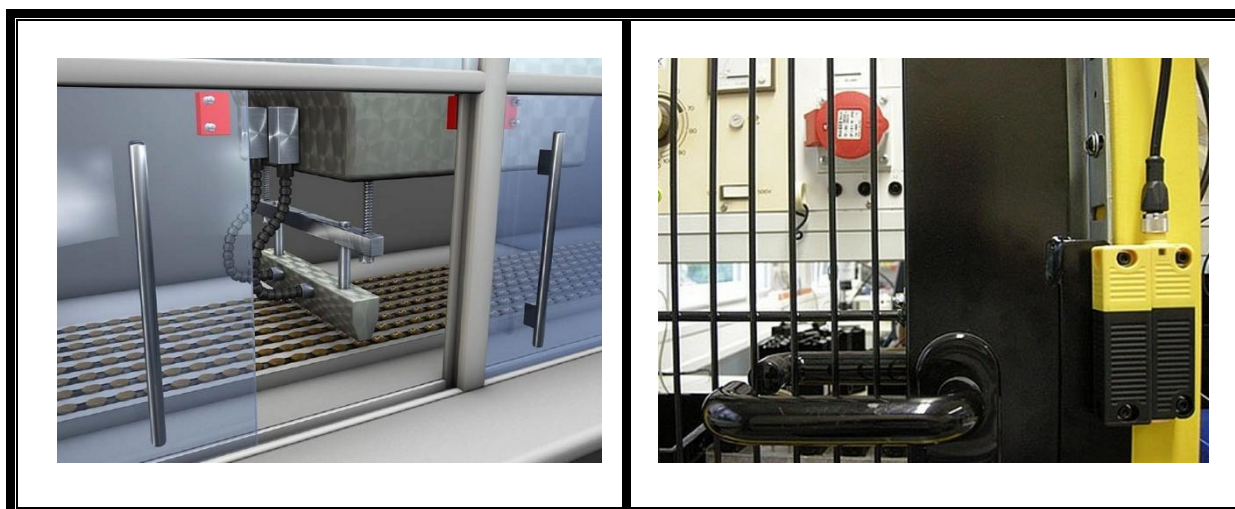
Indukční bezpečnostní spínače nám umožňují bezkontaktně detekovat polohu pouze elektricky vodivých materiálů. V porovnání s předchozími typy spínačů se indukční spínače skládají jen z jedné části, protože druhou část tvoří snímaný předmět. Většina indukčních spínačů se skládá z několika součástí a elektrických obvodů. Tyto součásti jsou seřazeny za sebou v posloupnosti, ve které pracují (viz obrázek 23). Jako první je řazena cívka, za ní následuje oscilátor, vyhodnocovací obvod a nakonec výstupní obvod. Cívka tvoří hlavní aktivní prvek senzoru zajišťující detekci elektricky vodivých materiálů. Z otevřené strany cívky vychází magnetické pole, pokud se v blízkosti tohoto pole nachází elektricky vodivý předmět, dojde k deformaci a změně tohoto magnetického pole. Změna magnetického pole způsobí utlumení kmitů oscilátoru, až do jejich úplného zastavení. Zastavení kmitů oscilátoru následně zaznamená vyhodnocovací obvod, který řídí výstupní obvod, jenž následně zajistí zapnutí nebo vypnutí stroje. Indukční spínače jsou schopné pracovat do vzdálenosti až 20mm. Jsou velmi odolné vůči nepříznivým pracovním podmínkám, jako je prach, olej, vlhkost, ale i elektromagnetické rušení. Jsou vhodné například pro detekci vychýlení, vyosení, nebo také pro detekci krajní polohy. [33], [34], [35]



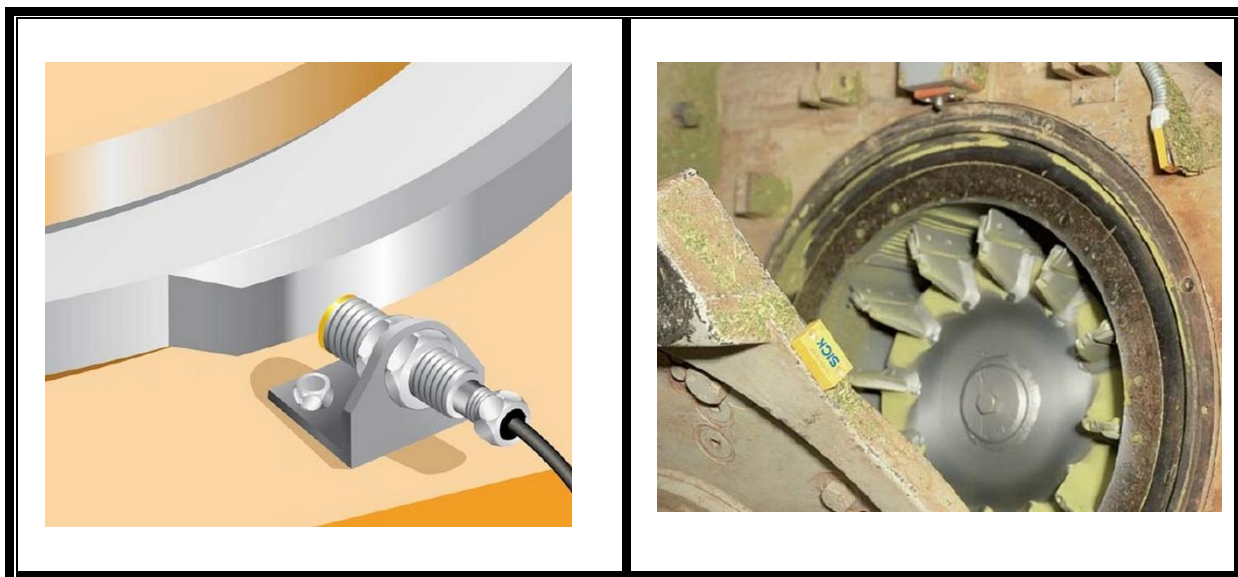
Obr. 23) Seřazení částí v indukčním spínači a), indukční spínač b) [33], [35]

Tab. 3) Výhody a využití bezkontaktních spínačů

Výhody:	<ul style="list-style-type: none"> - snadná instalace a údržba - vysoká odolnost - nevyžadují přesné vedení - malé zástavové rozměry - dlouhá životnost
Využití:	<ul style="list-style-type: none"> - špatně doléhající kryty a dveře - vysoce znečištěné oblasti - oblasti s velkými nároky na hygienu - kontrola krajní polohy - detekce vyosení, vychýlení, mezery



Obr. 24) Využití bezkontaktních spínačů [29], [30]

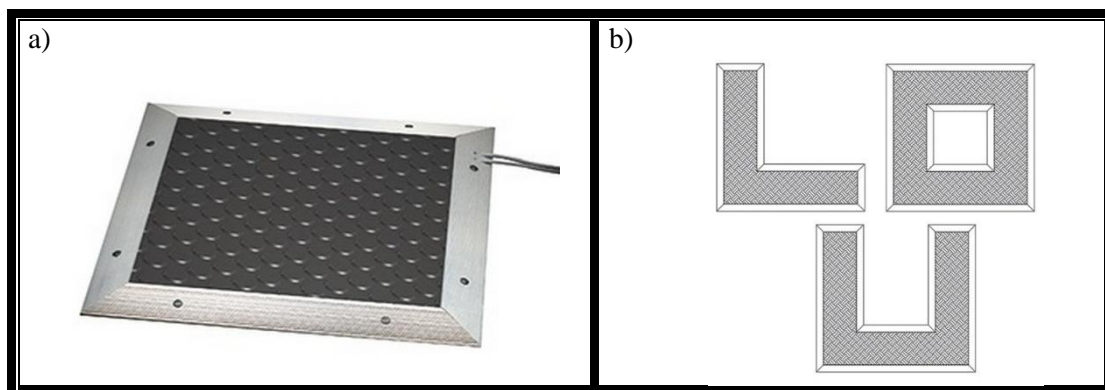


Obr. 25) Využití bezkontaktních spínačů [13], [35]

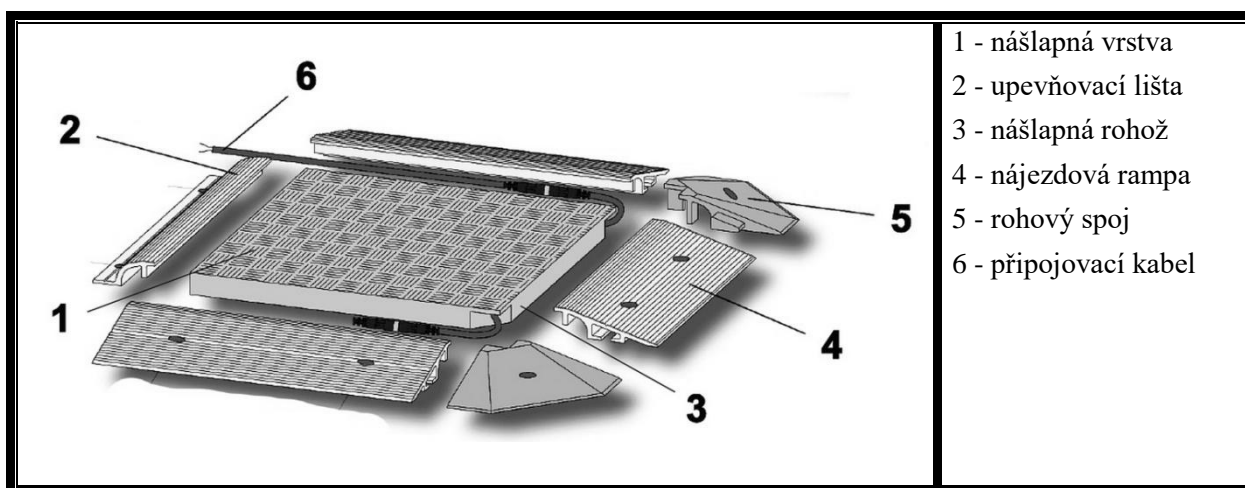
3.4 Bezpečnostní nášlapné rohože

Nášlapné rohože jsou bezpečnostním prvkem hlídající podlahový prostor v okolí stroje. Nejčastěji se jedná o ochranu vstupu k nebezpečným částem stroje, které nemohou být ohraničeny zábranami, nebo oploceny například z důvodu časté údržby a servisu stroje. Nášlapné rohože jsou též velmi vhodné pro použití ve výrobních provozech nebo částech výrobního procesu, které jsou silně znečištěny prachem, kapalinou nebo jinými rušivými elementy znemožňující použití například optoelektronických závor, laserových skenerů, bezpečnostních kamer a ostatních senzorů. Z tohoto důvodu se nášlapné rohože často využívají k zajištění bezpečnosti ve výrobních prostorech těžkého průmyslu. [43], [46] Využití nášlapných rohoží můžeme vidět na obrázku 31.

Bezpečnostní rohože jsou vyráběny v jakýchkoliv požadovaných rozměrech a tvarech tak, aby bylo možné kompletně pokrýt hlídanou oblast (viz obrázek 26). K umístění rohoží na požadované místo podlahy slouží většinou hliníkové nášlapné lišty, popřípadě speciálně tvarované hliníkové profily. K výrobě rohože se využívá vrstvená sendvičové konstrukce. Na spodní straně se nachází základní deska vyrobená buď z hliníku, anebo nerezové oceli, což zajišťuje ochranu a stabilitu na nerovném povrchu. Horní nášlapná vrstva může být gumová, anebo opět z hliníku s profilovaným povrchem proti uklouznutí (viz obrázek 27). Mezi tyto dvě vrstvy je vložen tlakový spínač. [46]

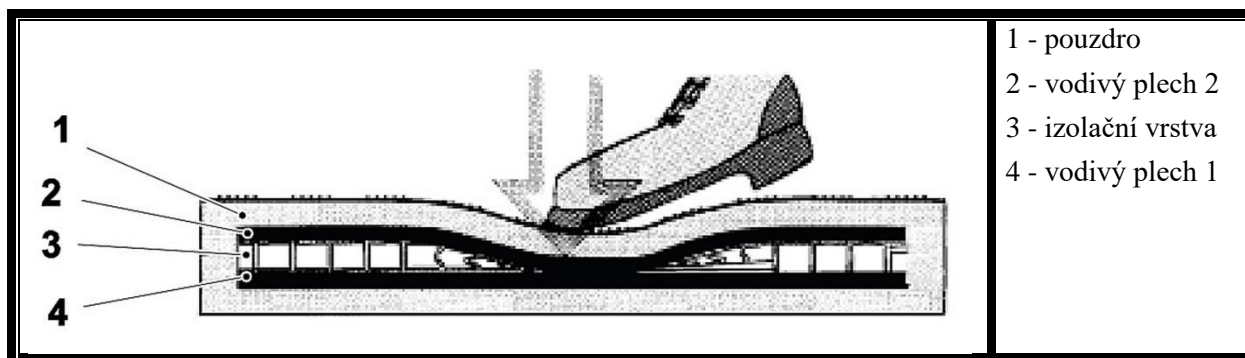


Obr. 26) Nášlapná rohož a), možné tvary rohože b) [43], [45]



Obr. 27) Vnější konstrukce rohože [45]

Konstrukce tlakového spínače může být provedena dvěma způsoby. V prvním případě se tlakový kontaktní spínač skládá ze dvou vodivých plechů navzájem oddělených izolační vrstvou, která zajišťuje, že se v klidovém stavu vodivé plechy navzájem nebudou dotýkat (viz obrázek 28). Spínací plochy jsou ještě navíc uloženy v odolném polyuretanovém pouzdře, které chrání před vlhkostí. Při vstupu na rohož dojde ke kontaktu vodivých plechů a k následnému zkratu mezi nimi. Zkrat je detekován a vyhodnocen pomocí bezpečnostního relé, které následně vyše povel k zastavení činnosti stroje. [45]

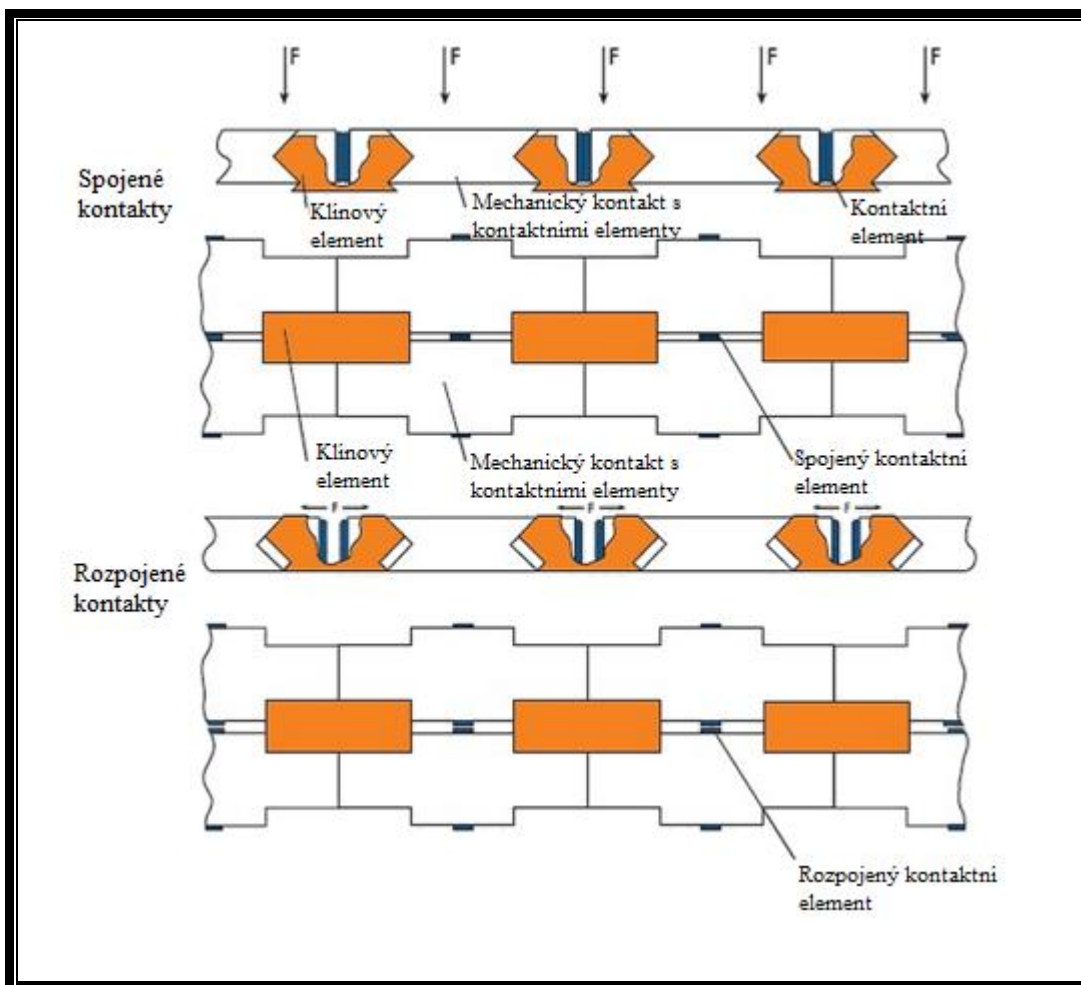


Obr. 28) Vnitřní konstrukce rohože se spínačem v podobě dvou plechů [45]

Druhý způsob konstrukce tlakového spínače je založen čistě na mechanickém principu. K detekci se využívá speciální článkový systém elektricky vodivých kontaktů, který je uložen ve vrstvě měkké polyuretanové pěny (viz obrázek 29). Tento systém je tvořen sérií rozpínacích mechanických kontaktů, vodivých elementů a izolačních mezivrstev, zapojených do pravidelného řetězce. V základním nezatíženém stavu jsou k sobě jednotlivé elementy stlačeny tak, že elektrický proud prochází celým řetězcem. Při zatížení v jakémkoliv místě rohože dojde k prohnutí alespoň jednoho spojovacího mezivrstvy, což způsobí oddálení mechanických kontaktů, a to vede k rozpojení vodivých elementů (viz obrázek 30). Tím se mechanicky rozpojí celý bezpečnostní obvod, k jehož následnému vyhodnocení stačí běžné bezpečnostní relé a již není zapotřebí používat speciální externí bezpečnostní modul. [43], [44], [46]



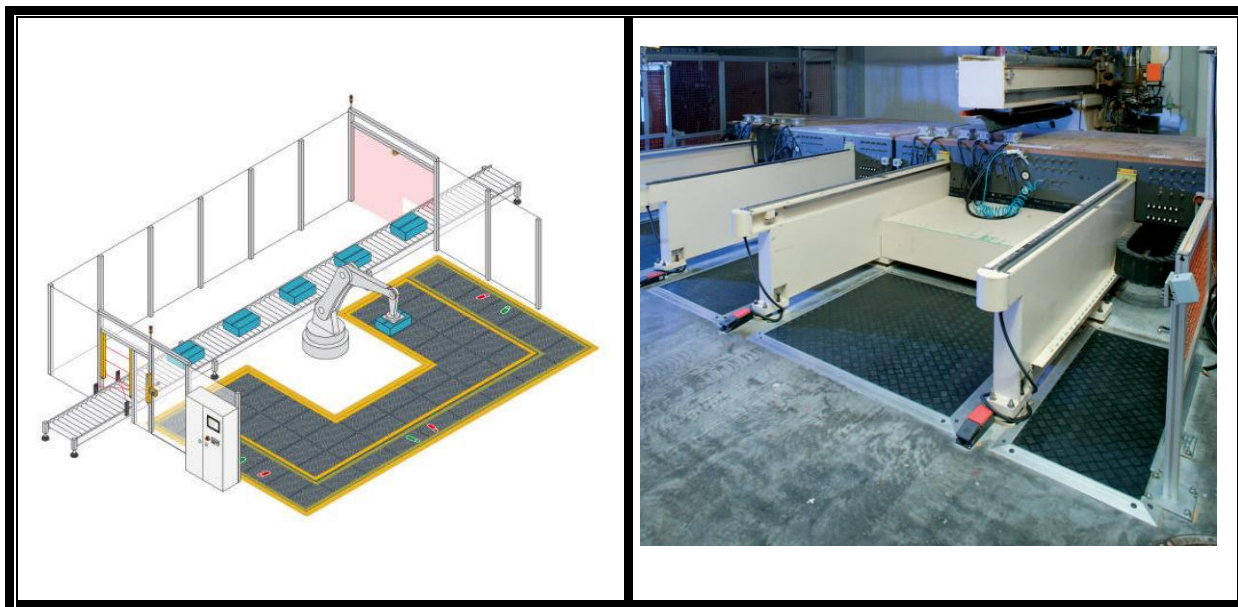
Obr. 29) Rohož s článkovým systémem kontaktů [46]



Obr. 30) Princip článekového systému [46]

Tab. 4) Výhody a využití nášlapné rohože

Výhody:	<ul style="list-style-type: none"> - snadná instalace - možnost spojování do potřebných tvarů - snadné přemístění - velmi odolné - snadná údržba - vysoká spolehlivost
Využití:	<ul style="list-style-type: none"> - znečištěné provozy - hlídání vstupu do nebezpečné oblasti - jako sekundární bezpečnostní prvek - v bezprostřední blízkosti strojů



Obr. 31) Využití nášlapných rohoží [46], [47]

3.5 Bezpečnostní nárazníky a nárazové lišty

Podle normy o bezpečnosti strojních zařízení mohou být nebezpečné stroje nebo jejich části uvedeny do provozu pouze tehdy, pokud byla přijata všechna bezpečnostní opatření k ochraně obsluhy těchto zařízení. Mezi tato opatření řadíme také bezpečnostní nárazníky a nárazové lišty sloužící k zabezpečení pohyblivých hran strojů, jež představují pro obsluhu riziko zranění nárazem nebo přitlačením. Bezpečnostní nárazníky a nárazové lišty jsou tedy v podstatě tlumiče schopné detekovat náraz nebo přitlačení části lidského těla obsluhy. Používají se k ochraně nebezpečných pracovních ploch strojů, jejich okolí a mají za úkol minimalizovat případné poškození strojních zařízení vzniklé nárazem. [48] Příklady využití nárazníku a nárazové lišty můžeme vidět na obrázku 38.

Rozdíl mezi nárazníkem a lištou není daný principem, na kterém pracují, nýbrž jejich rozměry a vhodností použití. Nárazníky bývají oproti lištám mnohem hlubší a jsou tedy vhodné pro aplikace s velkou brzdou dráhou a větší síly působící na nárazník. Všechny nárazníky a nárazové lišty fungují na elektromechanickém principu, kde se vyhodnocuje prohnutí pružného povrchu snímací části vlivem fyzického kontaktu s lidským tělem nebo částí stroje, ale samotný způsob detekce se u jednotlivých výrobců liší. [48]

Jeden ze způsobů detekce je založen na využití dvou kovových vodivých pásek nebo drátků vzájemně oddělených izolační páskou a vložených uvnitř nárazníku nebo lišty. Pokud dojde v jakémkoliv místě podél spínače k působení tlaku, vodivé pásky se stlačí k sobě a dojde k sepnutí spínače. Sepnutí spínače je následně vyhodnoceno externí jednotkou, která vyšle signál k zastavení nebezpečných pohybů stroje. [52]

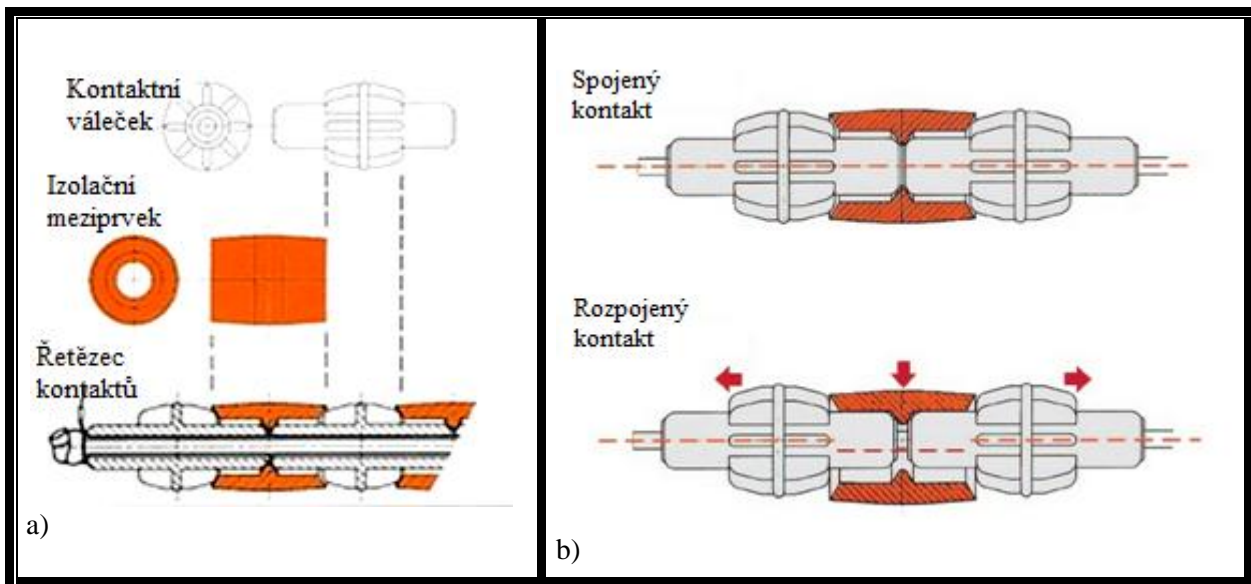
Bezpečnostní nárazníky a lišty mohou být opět, jako tomu bylo i u bezpečnostních rohoží, založeny na čistě mechanickém principu detekce (viz obrázek 32 a 33). Detekční řetězec je složen ze speciálních elektricky vodivých rozpínacích mechanických kontaktů, které jsou uloženy v měkkém polyuretanovém nebo gumovém pouzdře. Kontakty jsou složeny z vodivých kontaktních válečků a izolačních mezivrstev ve tvaru klínového válečku (viz obrázek 34). Jednotlivé elementy jsou k sobě předpětím stlačeny tak, aby byl celý řetězec elektricky vodivý. Pokud dojde k nárazu, působení vnější síly zapříčiní vtlačení alespoň jednoho klínového mezivrstevku mezi dva kontaktní válečky a obvod se mechanicky rozpojí. Rozpojení kontaktních válečků nezávisí na ohybu přední hrany nárazníku, ale na přeměně vnějších radiálních sil na vnitřní axiální síly. K aktivaci tedy stačí i malé síly působící na krátké činné dráze, což zároveň zajistí velmi rychlou odezvu. Díky rotačně symetrickému tvaru kontaktního řetězce může dojít k aktivaci působením síly z jakéhokoliv směru, protože citlivý rozsah je schopná pokrýt celých 360°. Pro vyhodnocení stlačení není zapotřebí žádná speciální externí jednotka, proto může být lišta nebo nárazník připojen pouze k bezpečnostnímu relé. [48], [49], [50]



Obr. 32) Lišta s mechanickým detekčním řetězcem [46]

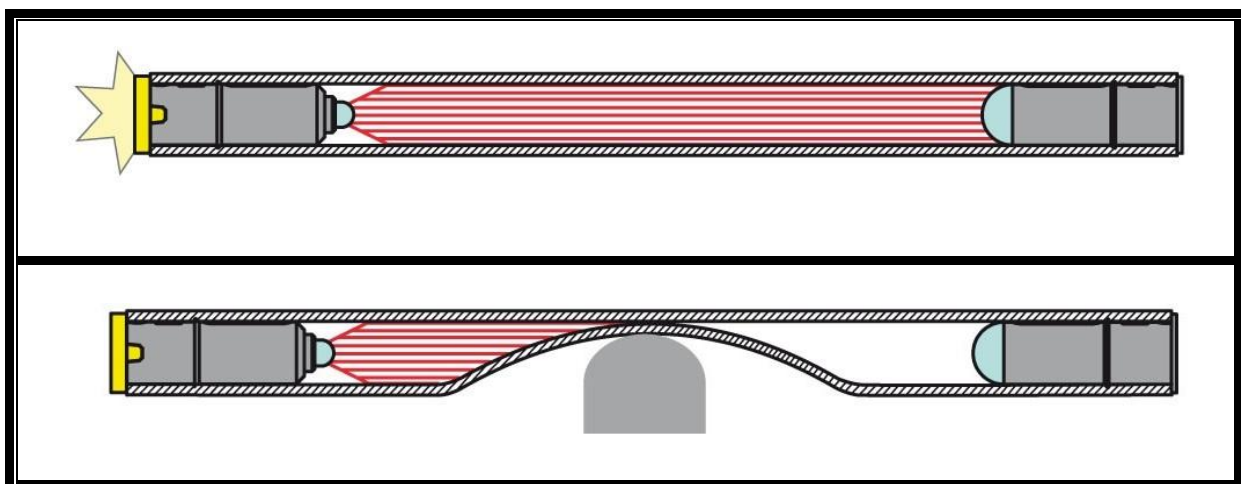


Obr. 33) Nárazník s mechanickým detekčním řetězcem [46]



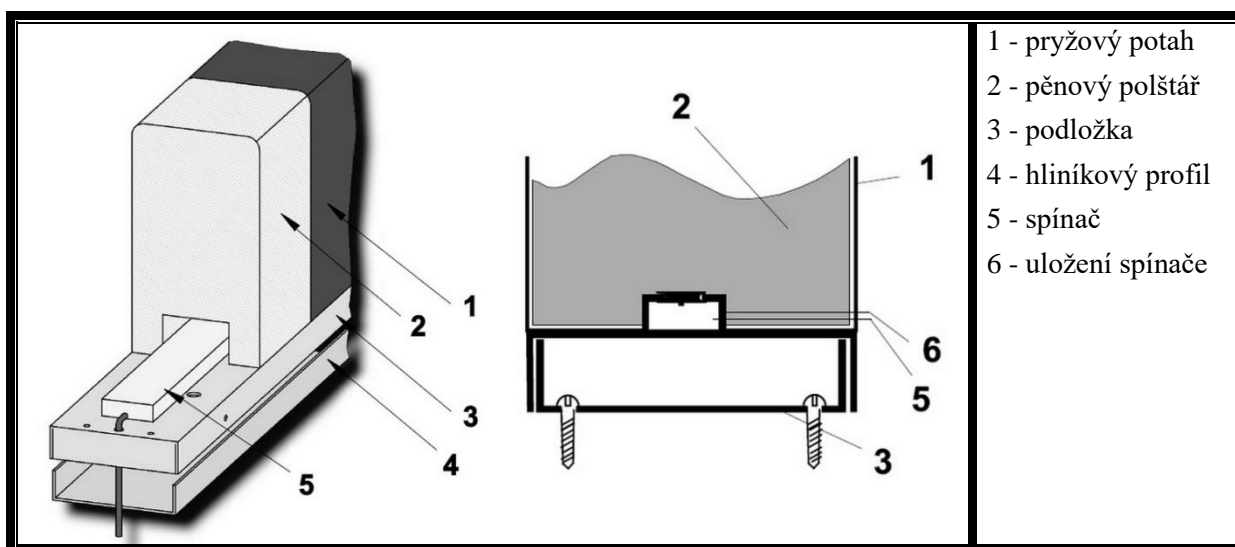
Obr. 34) Jednotlivé členy a), princip mechanického detekčního řetězce b) [48], [49]

Další ze způsobů konstrukce využívá k detekci nárazu jednosměrný optoelektronický senzor. Tento senzor je vložen uvnitř pryžového profilu buď samostatně, nebo spolu se světelnou trubicou, která vede světlo vysílané tímto senzorem. Pokud dojde k deformaci profilu působením externího tlaku, průřez světelné trubky se zmenší, což vede k přerušení světelného paprsku (viz obrázek 35). Na přerušení paprsku zareaguje bezpečnostní řídicí jednotka, která následně zajistí zastavení stroje. Použití optoelektronické metody umožňuje jednoduché zkrácení pryžových profilů na téměř jakoukoliv požadovanou délku a tím pádem jejich pohodlné uzpůsobení na použití v různých situacích. [51], [53]

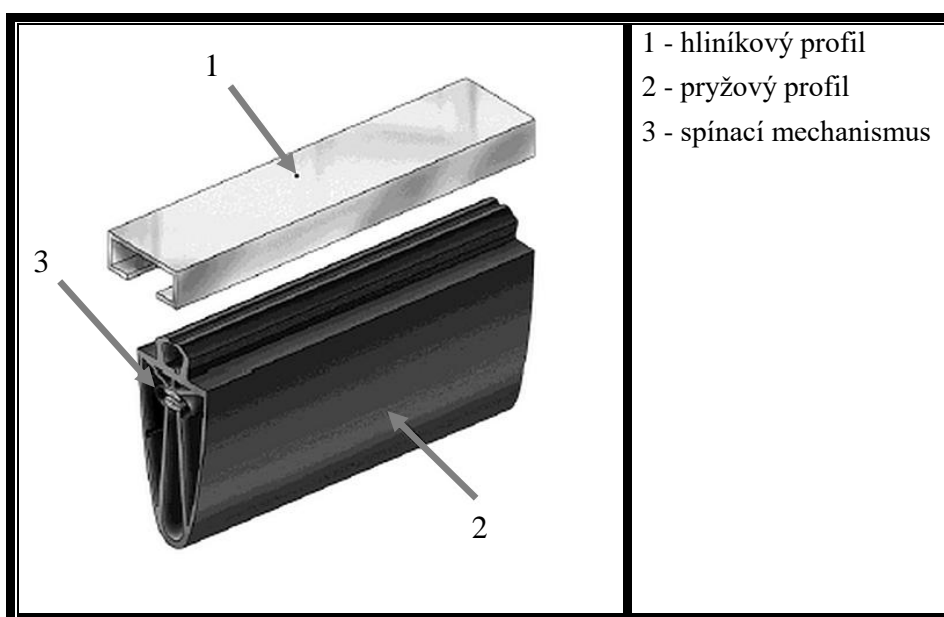


Obr. 35) Princip nárazníku a lišty s optoelektronickým senzorem [53]

Externí konstrukce nárazníku a nárazové lišty se většinou skládá z kombinace hliníkové lišty, spínacího mechanismu a tlumicího polštáře (viz obrázek 36 a 37). Hliníková lišta je opatřena otvory pro upevnění šrouby k ocelové podložce umístěné na stroji. Snímací mechanismus je v případě nárazníku uložen uvnitř měkkého pěnového tlumicího polštáře většinou z polyuretanu. Tento polštář je z vnějšku potažen, v závislosti na prostředí a konečném použití, buď TPE pryží pro lepší tvarovou stálost nebo pryžemi NBR popřípadě EPDM, které mají vyšší odolnost proti olejům. Vnější vrstva bývá buď v černém provedení, anebo v kombinaci černé se žlutými pruhy. V případě lišty je snímací mechanismus vložen do pryžového profilu, který je vyroben v závislosti na prostředí z NBR nebo EPDM pryže. [48], [52], [54],



Obr. 36) Externí konstrukce nárazníku [52]



Obr. 37) Externí konstrukce nárazové lišty [54]

Tab. 5) Výhody a využití nárazníku a nárazové lišty

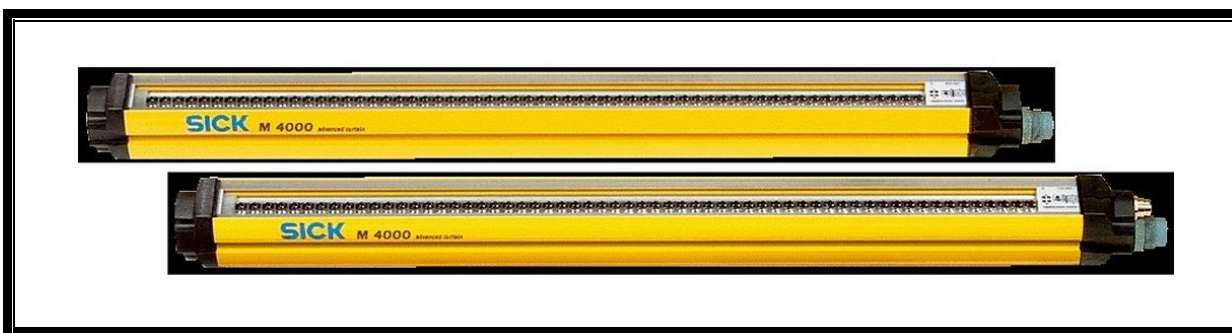
Výhody:	<ul style="list-style-type: none"> - snadná instalace - vysoká odolnost - minimální údržba - tlumení nárazů - odolnost proti znečištění
Využití:	<ul style="list-style-type: none"> - těžký průmysl - automaticky řízená vozidla - dopravníky - nebezpečné oblasti uvnitř strojů - nekryté venkovní prostředí



Obr. 38) Využití nárazové lišty a nárazníku [46], [55], [56]

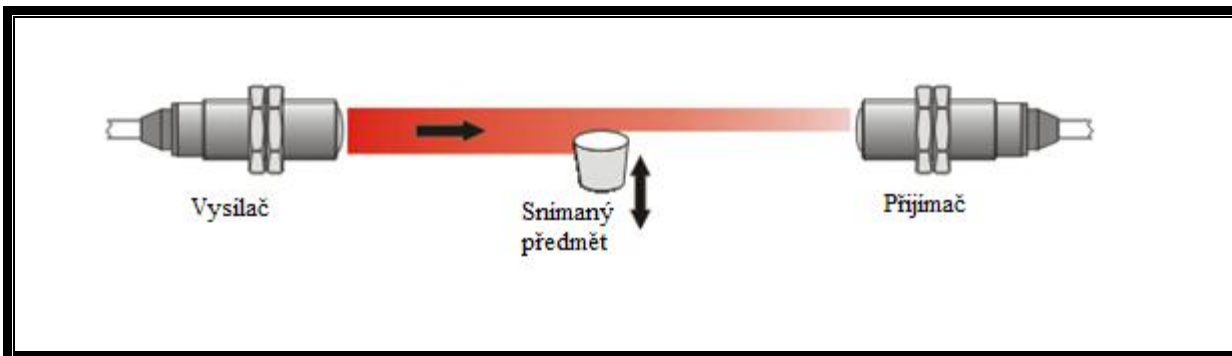
3.6 Optoelektronické bezpečnostní závory

V automatizovaných provozech je kladen čím dál větší důraz na ochranu pracovníků. Bezpečnost provozu stále více závisí na aktuální činnosti stroje, anebo na jeho současném stavu. Pokaždé, když stroj vykonává nebezpečné pohyby a operace, je naprosto nutné zajistit maximální bezpečnost všech pracovníků a obsluhy zařízení. Optoelektronické závory jsou nejčastěji používány v místech, kde je potřebný častý přístup pracovníka do prostoru samotného stroje nebo zařízení. Jejich primárním úkolem je chránit obsluhu před nebezpečnými pohyby stroje a zabránit úrazu. Tyto senzory musí zajistit okamžité automatické vypnutí stroje v případě, že dojde ke vniknutí osoby, popřípadě části těla do chráněného pracovního prostoru stroje. Z tohoto důvodu do těchto oblastí umístíme optické závory (viz obrázek 47). [57], [58]



Obr. 39) Optoelektronická závora [61]

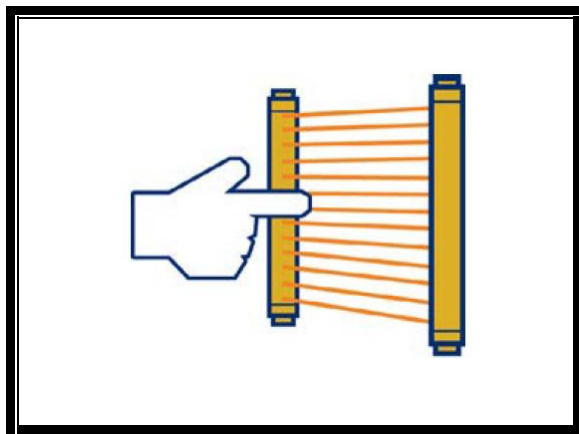
Bezpečnostní optické závory fungují na principu průchodu světelného paprsku mezi vysílačem a přijímačem (viz obrázek 40). Vysílací jednotka je zpravidla vybavena řadou zářičů na vlnové délce infračerveného světla, které cyklicky vysílají krátké impulzy dopadající na fotocitlivé snímače na přijímací jednotce. Pokud do ochranného pásma vnikne předmět, dojde k přerušení paprsku a přijímač vyšle signál k zastavení pohybu stroje nebo k uvedení stroje do bezpečné polohy. Výška a šířka snímané oblasti u více-paprskových mříží (viz obrázek 39) je dána jejich výškou, respektive maximálním dosahem mezi vysílačem a přijímačem. Dalším důležitým parametrem je rozlišení, které je dáno vzdáleností jednotlivých paprsků od sebe. Čím lepší má optická závora rozlišovací schopnost, tím menší vnikající objekt je schopna detekovat. Podle rozlišení určujeme, zda je senzor vhodné použít pro detekci prstů, rukou nebo celého lidského těla. [58]



Obr. 40) Princip funkce optoelektronické závory [62]

Ochrana prstů (rozlišení 14mm):

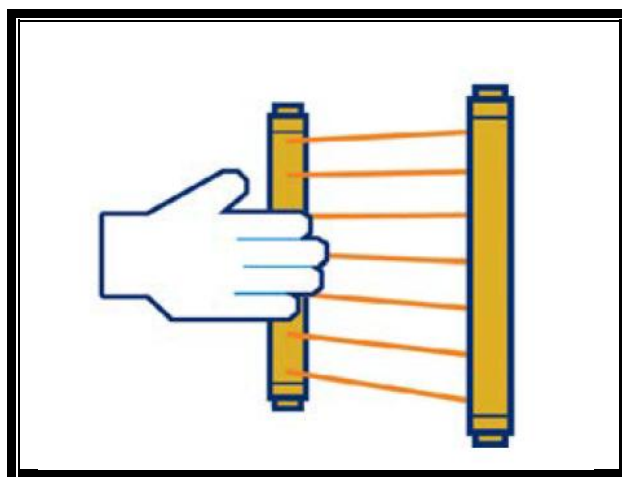
Tento systém dokáže zjistit i jediný prst (viz obrázek 41) a zastavit stroj, pokud se předmět odpovídající velikosti nachází v chráněné oblasti. Protože jsou minimální rozměry předmětu velmi malé, je velmi malé také narušení nebezpečné oblasti a malá může být i vzdálenost od nebezpečného místa. Tento druh bezpečnostního senzoru je potřebný například u lisovacích nebo razicích strojů. [3]



Obr. 41) Rozlišení pro ochranu prstů [25]

Ochrana rukou (rozlišení 20-35mm):

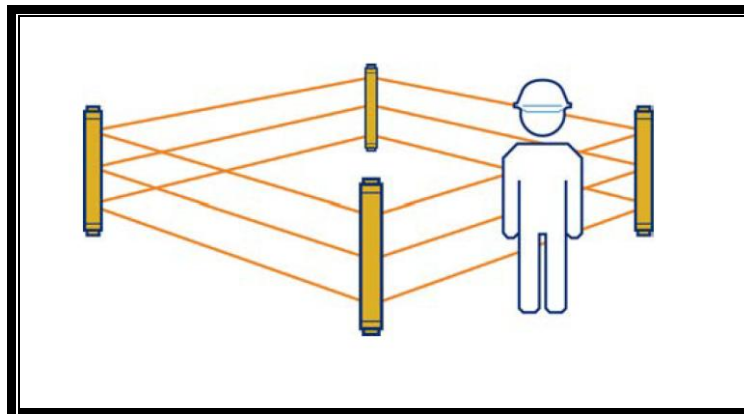
Tento systém dokáže detekovat ruku (viz obrázek 42) a zastavit stroj, pokud se předmět odpovídající velikosti nachází v chráněné oblasti. Protože jsou nyní minimální rozměry předmětu ve velikosti ruky, musí být vzdálenost od nebezpečného místa větší než v případě ochrany prstů. Tento druh senzoru je potřebný v mnoha aplikacích. [3]



Obr. 42) Rozlišení pro ochranu rukou [25]

Ochrana těla:

Při tomto nastavení je možno zjišťovat přítomnost celého lidského těla (viz obrázek 43). Používá se v případech, kdy osoba může vstupovat do nebezpečné oblasti. Tato funkce je často potřebná u skladovacích nebo dopravníkových systémů, a to společně s dalšími speciálními funkcemi, jako například funkcí blokování. [3]

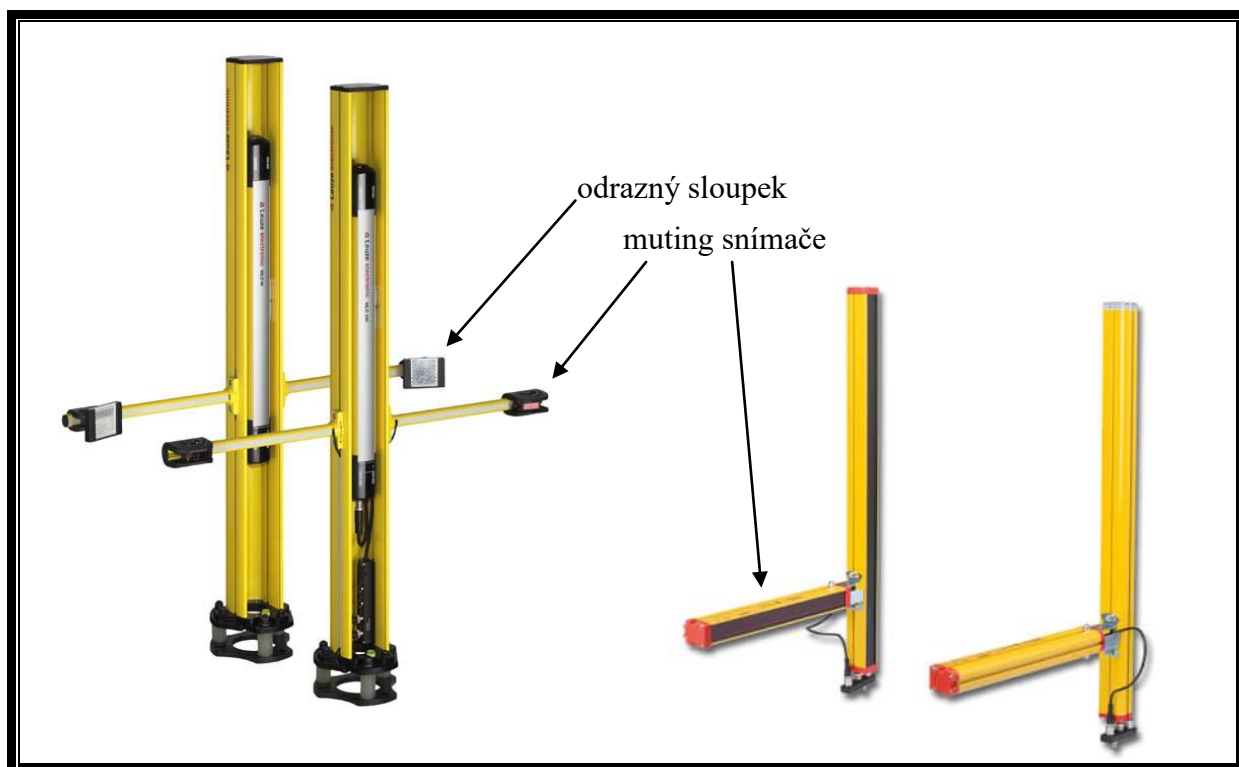


Obr. 43) Rozlišení pro ochranu těla [25]

Důležitou součástí přijímače je vyhodnocovací elektronika pro spínací výstup, která při přerušení světelného paprsku okamžitě aktivuje výstupní spínací člen, který ovládá vnější výkonová relé nebo stykače v proudovém okruhu stroje. Ve většině případů bývají k dispozici dva výstupní spínací členy. Ty mohou výkonové prvky ovládat napřímo nebo pomocí externích bezpečnostních přístrojů. Závory obvykle pracují ve dvou režimech, a to buď v režimu vypnutí, nebo zablokování. V režimu vypnutí zůstávají výkonová relé nebo stykače rozepnuta jenom během doby, kdy je světelný paprsek přerušen, jakmile vniknutý předmět chráněnou oblast opustí, okamžitě dojde k jejich opětovnému spuštění. Naproti tomu v režimu zablokování je pracovní cyklus stroje zablokovan, dokud nedojde k obnovení původního stavu manuálním resetem. Další důležitou funkcí je externí monitoring zařízení, který brání poruše systému, jež by mohla ohrozit správnou funkci bezpečnostní závory. Jedná se o kontrolu stykačů přes vstup zpětné vazby, což nevyžaduje zapojení vyhodnocovacího bezpečnostního modulu. Pokud závora tuto funkci nezajišťuje, je nutné tento externí vyhodnocovací bezpečnostní modul použít. Světelné závory je možné také použít pro kontrolu rozměrů materiálu například při vstupu nebo výstupu z výrobní linky. [58]

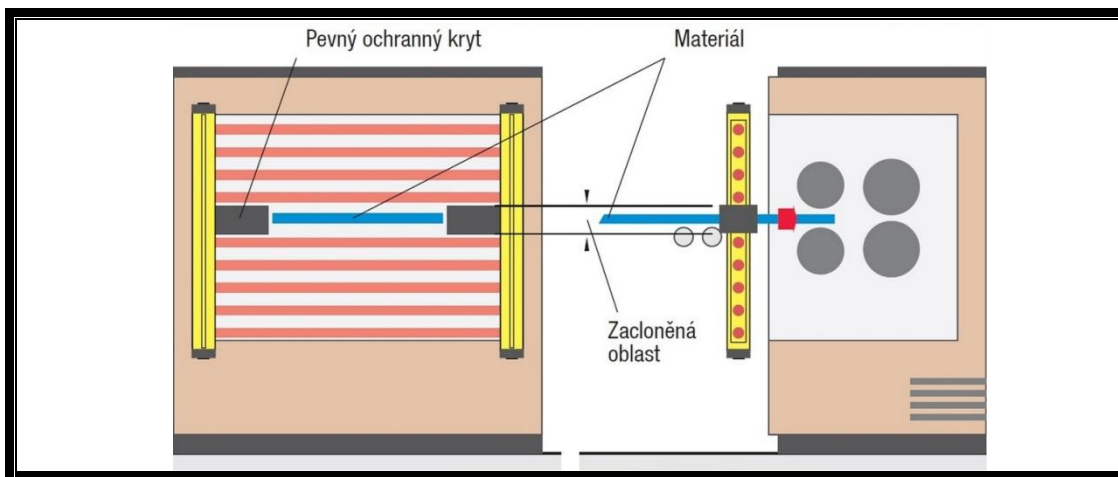
Mezi další funkce patří například muting. Tato funkce dokáže potlačit za určitých okolností optickou závoru hlídající nebezpečný prostor stroje. Podle tvaru optické závory a senzorů zajišťující funkci muting (viz obrázek 44) rozlišujeme L a T muting. Toho se často využívá například u dopravníkových pásů, kdy jsou senzory schopné rozpoznat pohybující se materiál od člověka (viz obrázek 48). Závory s funkcí L muting mají snímací senzory pouze na jedné straně brány a můžou tedy detekovat materiál pohybující se pouze jedním směrem.

Naopak závory disponující funkcí T muting mají senzory z jedné i druhé strany a dokážou rozpoznat materiál proudící dvěma směry. [58], [59]



Obr. 44) Závory s funkcí muting [3], [60]

Funkce blanking neboli zaclonění umožňuje naprogramovat bezpečnostní závoru takovým způsobem, aby ignorovala objekt předem definovaných rozměrů i přesto, že jsou jeho rozměry větší, než je rozlišení dané závory. Tato funkce nám umožňuje ponechat zapnutý stroj i tehdy, když dojde k přerušení jednoho nebo několika svazků paprsků zároveň (viz obrázek 45). Tato funkce se používá například u strojů sloužících k stříhání nebo ohýbání materiálu (viz obrázek 48). V tomto případě senzory ignorují ohýbaný materiál v nadefinované oblasti, ale pokud do této oblasti vnikne objekt větších rozměrů, jako je například lidská ruka dojde k okamžitému vypnutí stroje. [3]



Obr. 45) Funkce blanking [3]

Bezpečnostní závory nemusí být vždy jen více-paprskové mříže, ale často se používají i závory jedno-paprskové (viz obrázek 46). Jedno-paprskové závory fungují na stejném principu jako více-paprskové, disponují snímacím dosahem až 70 metrů a jejich velkou výhodou jsou velmi kompaktní rozměry a tvary. [63]

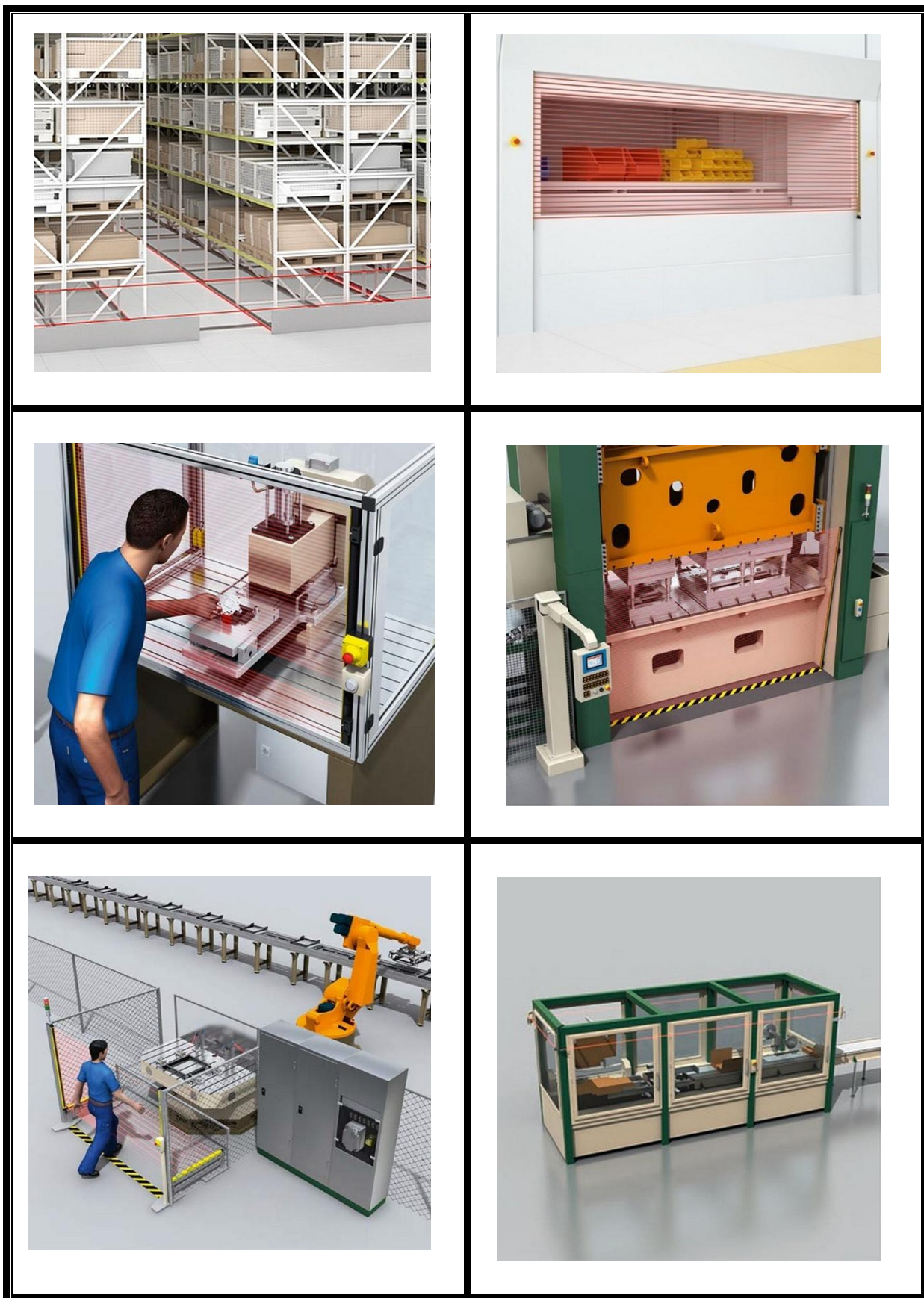


Obr. 46) Jedno-paprskové závory [64]

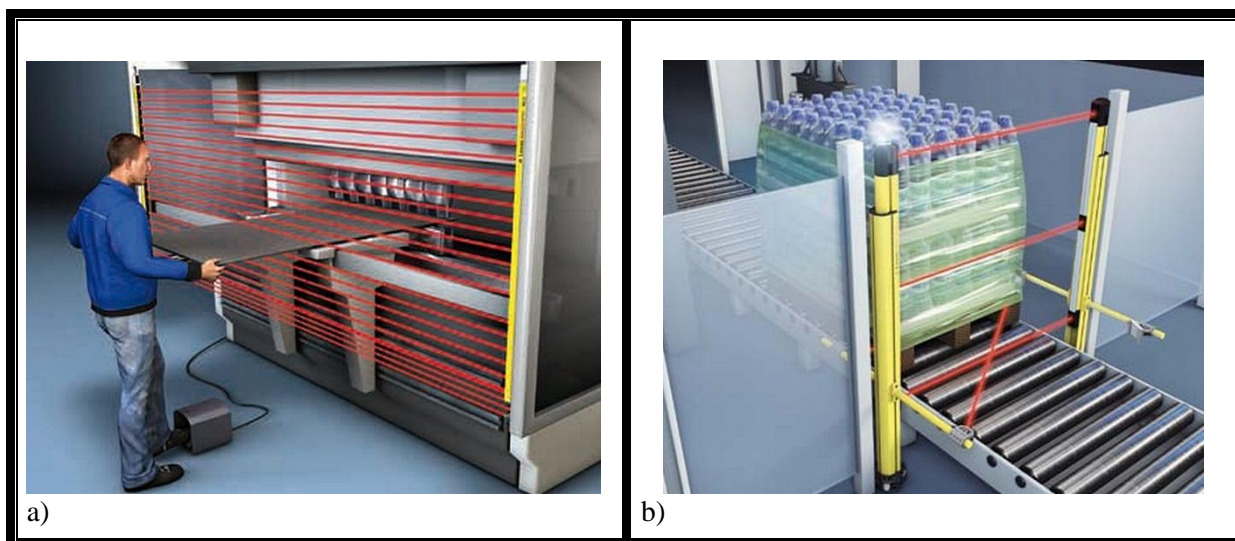
Tyto závory se používají převážně v automatizovaných průmyslových aplikacích například u robotů, paletizačních zařízení, výrobních linek nebo vysoko regálových skladů. V případě spojení alespoň dvou jedno-paprskových závor do jednoduché mříže je lze také použít k detekci osob. Můžeme je také použít u bezpečnostních dveří, krytů a mříží místo klasických bezpečnostních spínačů (viz obrázek 47). [63]

Tab. 6) Výhody a využití optoelektronické závory

Výhody:	<ul style="list-style-type: none"> - volný pohled do stroje - volný přístup ke stroji - velký dosah - funkce muting, blanking
Využití:	<ul style="list-style-type: none"> - detekce prstů, končetin nebo celého těla - kontrola rozměrů materiálu - dopravníkové pásy - skladovací zařízení - stroje pro stříhání a ohýbání materiálu - lisovací a razičí stroje - kontrola otevření krytů a dveří



Obr. 47) Využití optoelektronických závor [65], [66], [67]

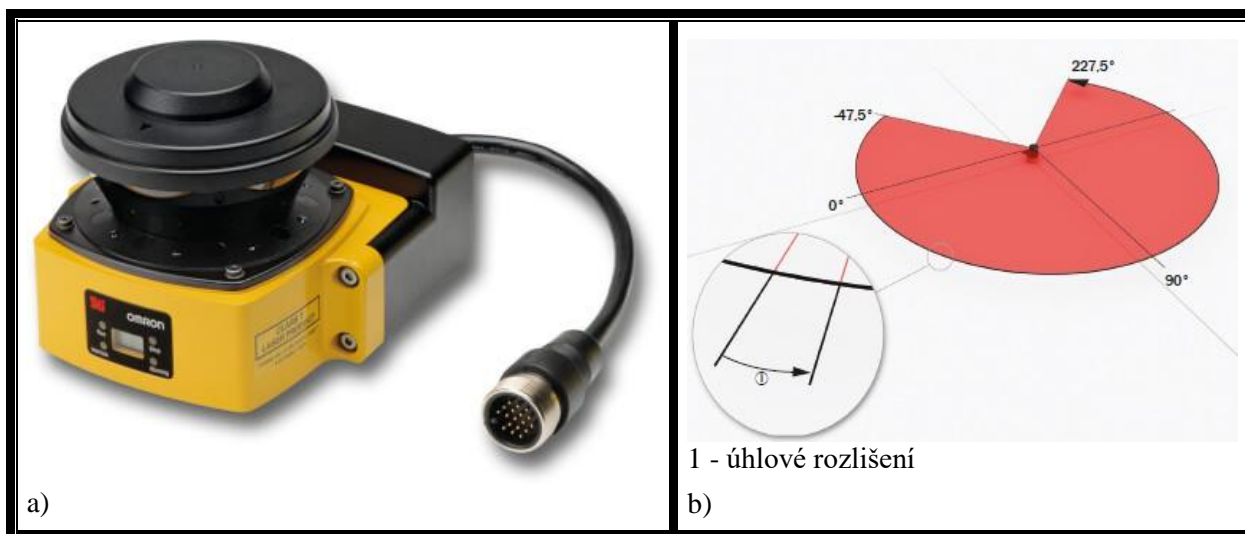


Obr. 48) Využití funkcí blanking a), muting b) [68], [69]

3.7 Laserové skenery

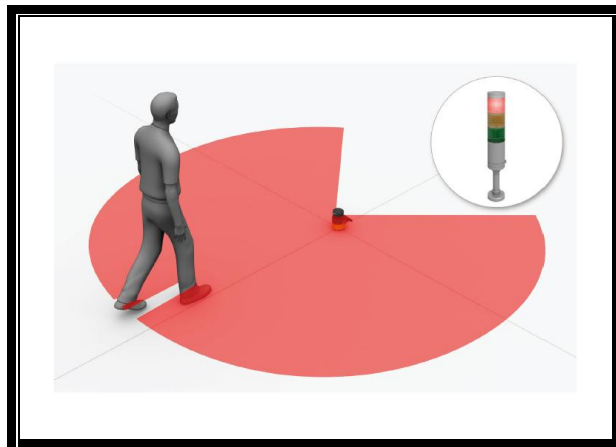
Mezi optoelektronické bezpečnostní senzory patří také laserové skenery. Tyto skenery slouží k monitorování nebezpečných prostor, přístupů a míst. Nejmodernější skenery dokážou sledovat oblast v úhlu 275° (viz obrázek 49). Dosah ochranného pole může být v tomto případě až 5,5 metrů se schopností rozlišit objekty velikosti od 30 milimetrů a větší. Tento prostor je poté možné pomocí softwaru rozdělit do několika volně konfigurovatelných oblastí a současně definovat až 4 druhy ochranných polí: ochranné pole, pole referenční kontury, detekční pole kontury, varovné pole. [70], [71]

Využití laserového skeneru můžeme vidět na obrázku 54.



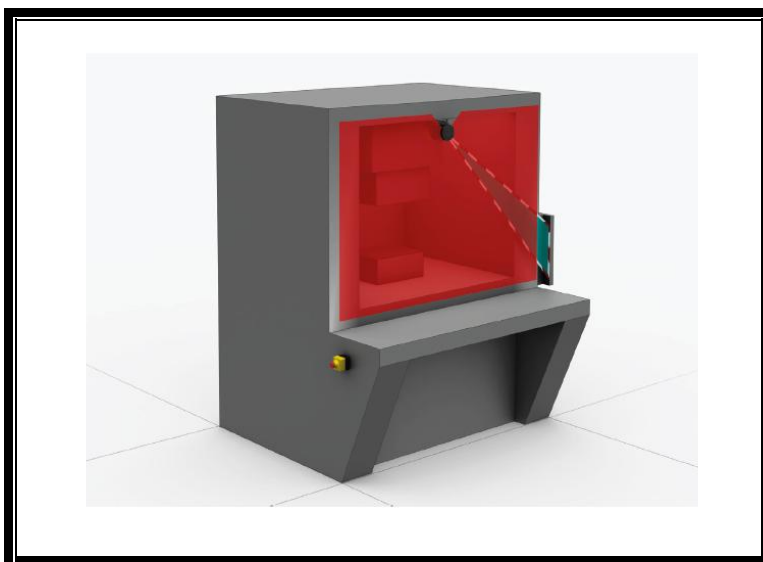
Obr. 49) Laserový skener a), rozsah skenovaného pole b) [3], [71]

Ochranné pole zabezpečuje nebezpečný prostor stroje (viz obrázek 50). Pokud senzor detekuje objekt nacházející se v ochranném poli, přepne příslušné bezpečnostní výstupy do vypnutého stavu, toho poté mohou využívat zapojené bezpečnostní prvky k ukončení nebezpečného stavu. Toto pole se používá k rozpoznání a ochraně osob. [71]



Obr. 50) Ochranné pole [71]

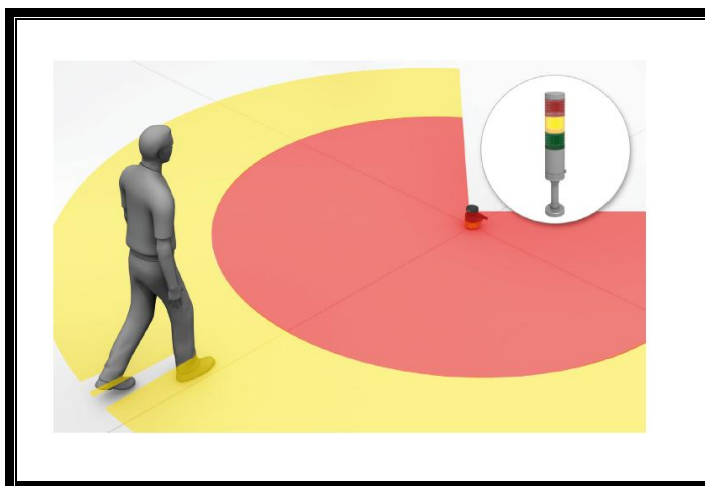
Pole referenční kontury monitoruje konturu okolí (viz obrázek 51). Pokud kontura neodpovídá nadefinovanému zadání, bezpečnostní skener přepne všechny výstupy do stavu vypnuto. Národní a mezinárodní normy vyžadují, aby byla referenční kontura monitorována z důvodu detekce změny pozice nebo směru bezpečnostního zařízení, která může vzniknout neúmyslně například v důsledku vibrací, anebo úmyslně cílenou manipulací pro vyřazení bezpečnostního zařízení z provozu. [71]



Obr. 51) Pole referenční kontury [71]

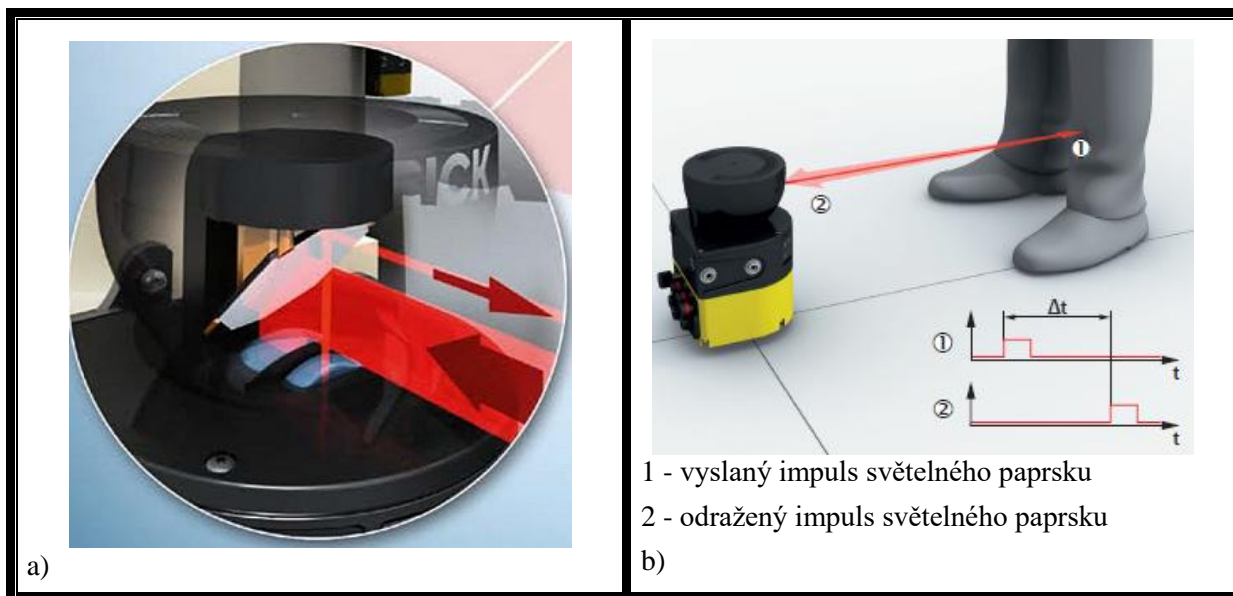
Detekční pole kontury monitoruje konturu okolí. Slouží k rozpoznávání změn v okolí. Pokud kontura neodpovídá nastaveným zadáním, protože jsou například otevřené dveře, sepnou se jenom příslušné výstupy dané pro konkrétní monitorovací úsek. [71]

Varovné pole monitoruje větší oblast než ochranné pole (viz obrázek 52). Pomocí něho lze, v případě přiblížení osoby, spustit jednoduché funkce jako je například varovné světlo nebo akustický signál dříve než osoba vstoupí do ochranného pole. Varovné pole se nesmí používat pro bezpečnostní úkoly. [71]



Obr. 52) Varovné pole [71]

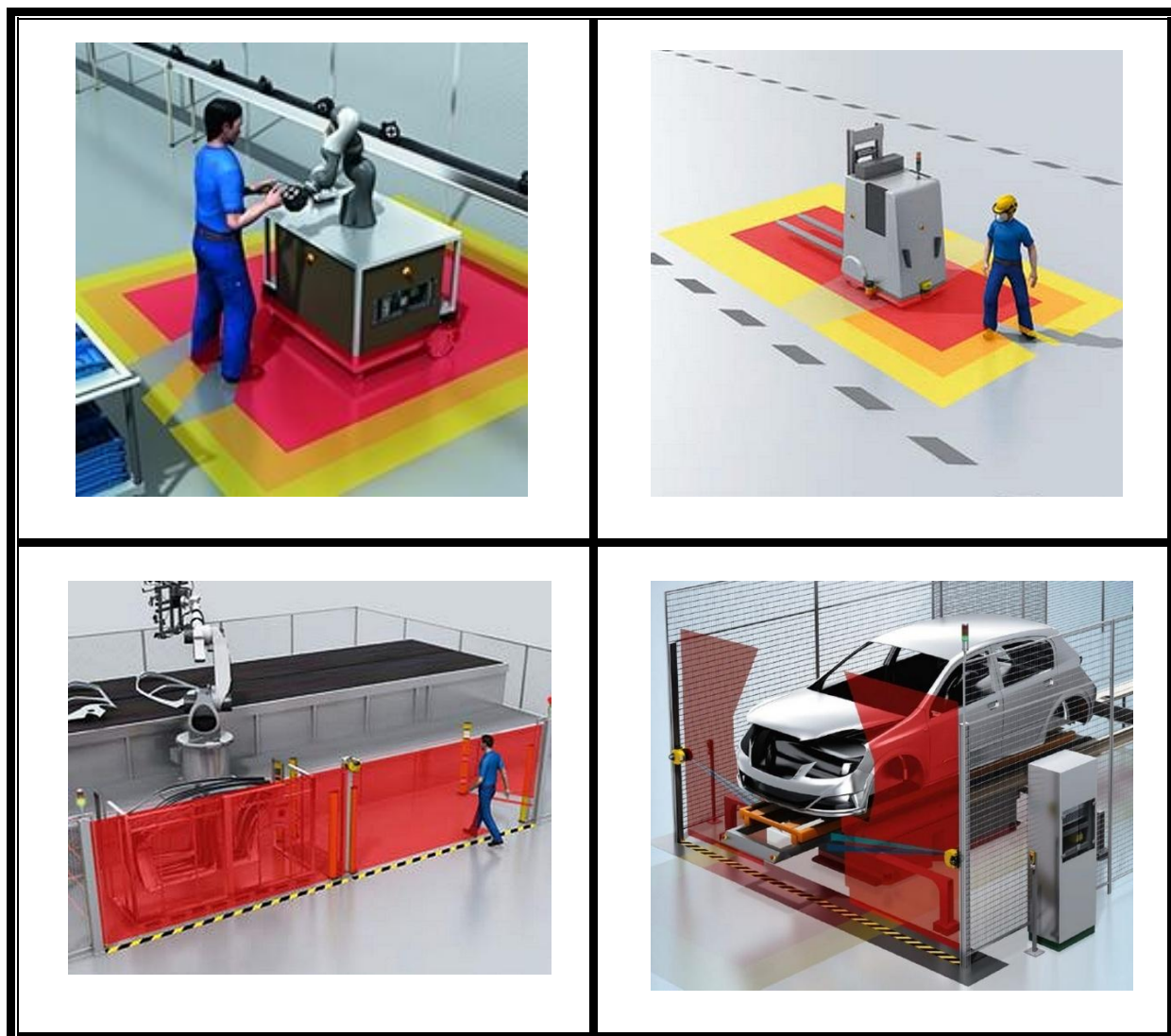
Bezpečnostní laserové skenery ke své práci využívají laserové paprsky vycházející z fotodiody směrem na rotující zrcadlo, které vychyluje impulsy světelného paprsku takovým způsobem, aby pokryly snímanou oblast ve tvaru kruhové výseče. Světelné impulzy jsou vysílány ve velmi krátkých rovnoměrných intervalech. Pokud světelný paprsek narazí na překážku, odrazí se zpět ke skeneru, který z časového rozpětí mezi okamžikem vyslání a přijetí paprsku vypočítá vzdálenost objektu (viz obrázek 53). Pokud skener detekuje odraz světelného paprsku dříve než v definovaném čase, vyšle signál k učinění opatření na základě druhu ochranného pole, ve kterém se detekovaný objekt nachází. [70], [71]



Obr. 53) Funkce laserového skeneru a), princip měření doby letu b) [71], [72]

Tab. 7) Výhody a využití laserového skeneru

Výhody:	<ul style="list-style-type: none"> - snadná instalace - malé zástavové rozměry - přijímač a vysílač v jednom zařízení - 4 druhy ochranných polí - několik konfigurovatelných oblastí - volný pohyb přes snímanou oblast - zabezpečení přístupu z více stran
Využití:	<ul style="list-style-type: none"> - automaticky řízená vozidla - kooperativní roboty - automatické dopravníky



Obr. 54) Využití laserového skeneru [66], [73], [74]

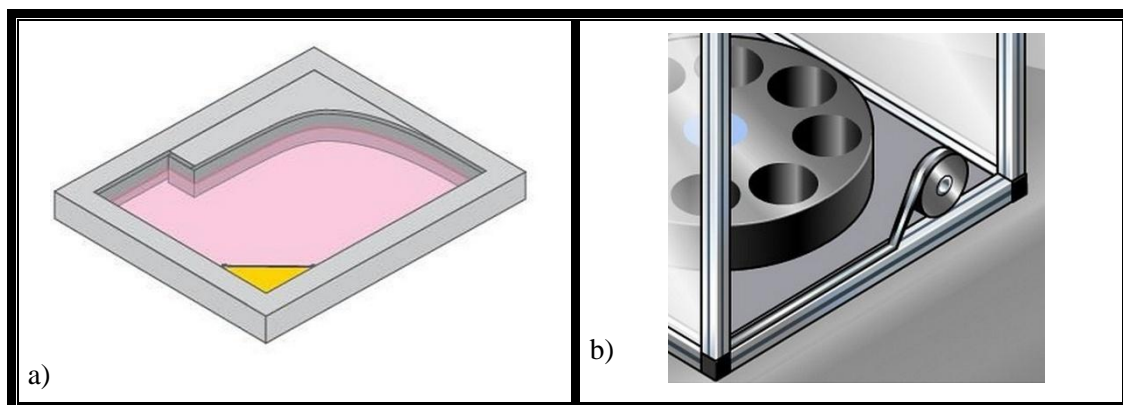
3.8 Bezpečnostní kamery

Bezpečnostní kamerové snímače (viz obrázek 55) jsou prostorově velmi úsporná a jednoduchá zařízení zajišťující bezpečnost průmyslových aplikací v místech, kde se automatické stroje stýkají s lidskou obsluhou. Tyto kamery jsou schopné snímat a hlídat 2D oblast o velikosti 1,5×1,5 metru. Převážně slouží k ochraně prstů a rukou v nebezpečných místech, do kterých nelze umístit světelné závory (viz obrázek 57). Díky svým malým rozměrům lze bezpečnostní kamery umístit i do velmi stísněných oblastí. Oproti ostatním snímačům mají bezpečnostní kamery velkou výhodu v tom, že jsou schopné snímat ochrannou oblast libovolných tvarů, které nemusí být vždy nutně jenom pravouhlé. [75]



Obr. 55) Bezpečnostní kamera [76]

Funkce bezpečnostní kamery, její provoz a nastavení jsou na dnešní dobu neobvyklé a velmi jednoduché, ač to na první pohled tak možná nevypadá. Kamera pracuje na principu zpracování obrazu v bezpečnostní oblasti za použití reflexní lepicí pásky. Ta slouží k prostému ohraničení všech kontur na protilehlých stranách snímače ve snímané rovině (viz obrázek 56). Reflexní lepicí páska je velmi tenká a ohebná, což nám umožňuje ohraničit snímaný prostor jakýchkoliv tvarů. Díky tomuto jednoduchému způsobu uvedení kamery do provozu odpadá nutnost použití počítače se speciálním konfiguračním softwarem. Samotná konfigurace se provádí pomocí hardwarových tlačítek umístěných přímo na kameře. [75]

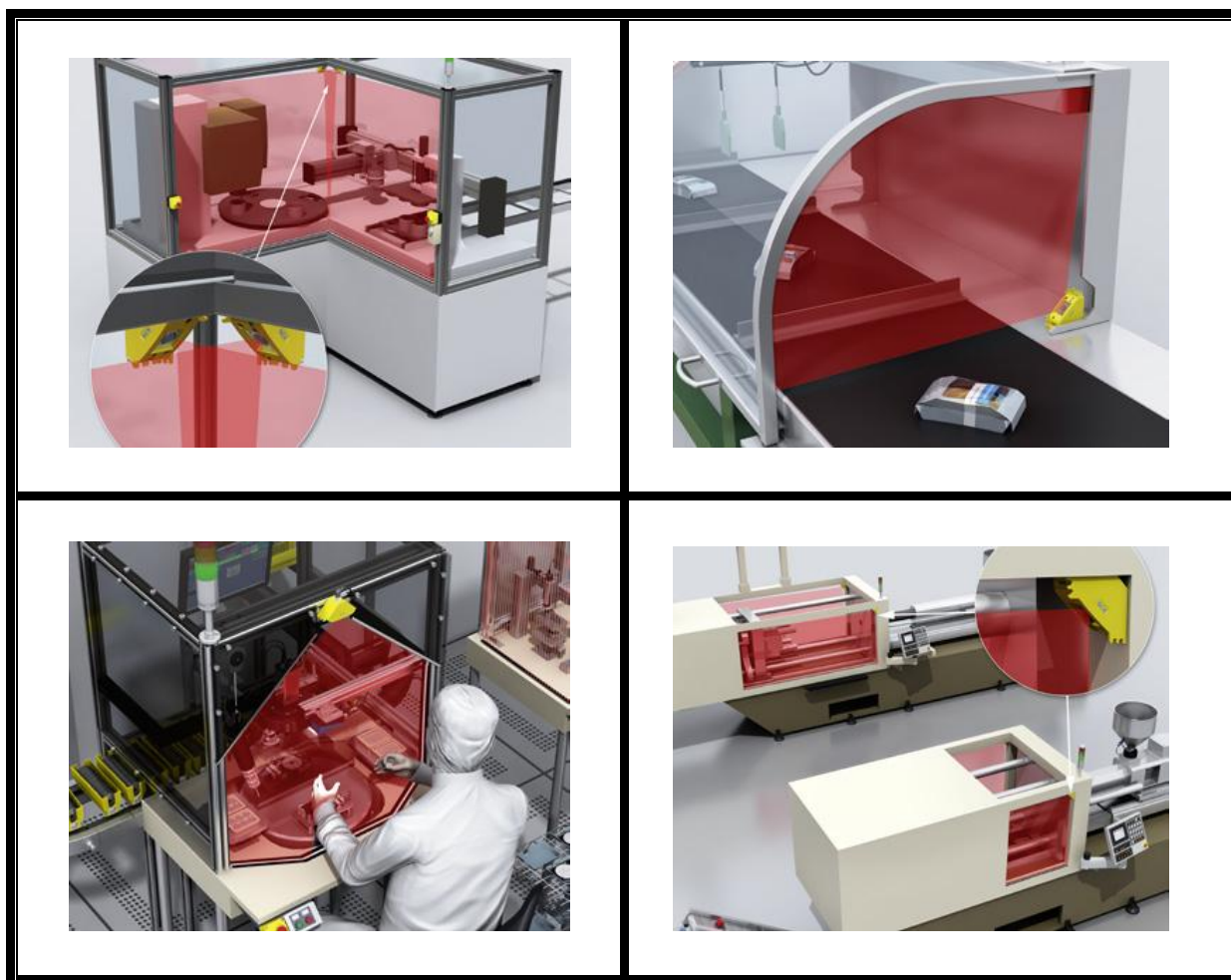


Obr. 56) Nepravidelný tvar snímaného prostoru a), ohraničení prostoru páskou b) [75], [77]

Pro správnou funkci kamery je nutné udržovat dobrý stav a čistotu reflexní lepicí pásky. Při jejím velkém znečištění by mohlo dojít k zastavení nebezpečných pohybů popřípadě celého stroje i přesto, že nedošlo k narušení hlídaného prostoru. Znečištění je většinou permanentně kontrolováno samotnou kamerou. Pokud je zjištěno příliš velké znečištění znemožňující správnou funkci, kamera přejde do chybového hlášení a pro její zprovoznění je nutné reflexní pásku vyčistit popřípadě vyměnit. [75]

Tab. 8) Výhody a využití bezpečnostní kamery

Výhody:	<ul style="list-style-type: none"> - snadná instalace - malé zástavové rozměry - nepotřebuje instalační software - snímaná rovina libovolných tvarů - při správné instalaci absence mrtvé zóny - volitelné rozlišení
Využití:	<ul style="list-style-type: none"> - ochrana prstů a končetin - montážní stanice - poloautomatické provozy - ve stísněných prostorech



Obr. 57) Využití bezpečnostní kamery [78]

4 ŘÍDICÍ SYSTÉMY

4.1 Bezpečnostní relé

Bezpečnostní relé je nejjednodušší řídicí modul pro vyhodnocování stavu bezpečnostních senzorů a zajištění vypnutí nebezpečných pohybů nebo celého stroje. [79]

Bezpečnostní relé zpracovává signály ze senzorů, světelných závor, tlačítek nouzového zastavení, koncových spínačů a dalších snímacích zařízení. Tyto signály následně vyhodnocuje na základě požadované funkce. Zároveň sleduje chování, vyhodnocování těchto senzorů a neustále kontroluje, zda nefungují chybně. Například u tlačítka nouzového zastavení mohou detekovat chyby, jako jsou zkraty v obvodech, zemní zkraty nebo zkraty v okruhu nouzového zastavení. To vede buď k okamžitému odpojení, nebo zabránění spuštění do té doby, než bude chyba napravena. [79], [80]

Běžně bývají bezpečnostní relé konstruována jako úzké, ale zároveň vysoké plastové moduly, jež se upevňují na DIN lištu. Plastové pouzdro je většinou alespoň z části žluté barvy a obsahuje několik řad elektrických svorek nad sebou. Moduly také bývají obvykle vybaveny několika indikačními LED diodami signalizující stav spínaných výstupů a resetovacího vstupu (viz obrázek 58). [79], [80]



Obr. 58) Bezpečnostní relé [80]

Relé je výhodné používat v aplikacích s jedním, nebo dvěma senzory. Pokud tedy k zabezpečení stroje stačí například tlačítko nouzového zastavení a optická závora bude nejjednodušší použít bezpečnostní relé. Pro větší počet senzorů v jednom zařízení je pak již výhodnější využít vícevstupové programovatelné bezpečnostní PLC. [79], [80]

4.2 Bezpečnostní PLC

Bezpečnostní PLC jsou jedny z nejrozšířenějších prostředků sloužících k automatickému řízení.

Podle provedení můžeme programovatelné automaty rozdělit na kompaktní a modulární.

Kompaktní PLC se využívají převážně pro řízení menších a nenáročných systémů. Jejich základ je tvořen centrální jednotkou, která je podstatně menší než u modulárních PLC. Centrální jednotka je v malém kompaktním pouzdře, ke kterému jde připojit pouze malý počet, obvykle několik jednotek až desítek, vstupů, výstupů a popřípadě také několik sériových sběrnic. Kompaktní PLC disponují poměrně vysokým výpočetním výkonem, nízkou cenou a většina z nich dovoluje také modulární rozšíření. [81], [82]

Pro řízení velkých a komplikovaných systémů vyžadujících velké množství vstupů a výstupů různého druhu se používají modulární PLC. Tyto systémy jsou konstruovány tak, že do montážního rámu anebo zadního panelu s konektory se zasouvají jednotlivé moduly. K dispozici jsou moduly centrálních a komunikačních jednotek, různé druhy vstupů a výstupů, napájecích zdrojů nebo speciální moduly například pro komunikaci, řízení motorů a servomechanismů, pro rychlé čítání, vyhodnocování tenzometrů a další. Při maximální konfiguraci mohou obsahovat stovky až tisíce binárních vstupů. Modulární PLC se oproti kompaktním vyznačují velmi vysokým výpočetním výkonem ale také vysokou cenou. [81], [82]

K zajištění nepřetržitého provozu s velkými nároky na spolehlivost a odolnost proti poruchám se používají PLC s tak zvanou redundancí neboli nadbytečností konfigurace. Nejčastěji se využívají systémy s dvojnásobnou redundancí. To znamená, že zdvojnásobíme prvky, jejichž porucha může způsobit kritický stav systému. K tomu se používají modulární systémy se speciálními centrálními jednotkami, jež jsou doplněné o moduly a funkce pro rozpoznání poruchy a přepnutí aktivity PLC. Obě centrální jednotky řeší souběžně stejný program, přičemž jedna jednotka aktivně provádí řízení, zatímco druhá jednotka monitoruje řízený proces a je připravena převzít řízení celého systému v případě poruchy aktivní jednotky. [82]

5 ZÁVĚR

V této práci byl vytvořen přehled, v současnosti používaných bezpečnostních senzorů, jež slouží k zajištění bezpečnosti strojů a jejich okolí.

Úvodní část práce se obecně zabývá problematikou bezpečného stroje, kterou je nutné co nejlépe zahrnout do konstrukce již v počátečním návrhu zařízení. Konstruktor se musí řídit nejenom podle dvou základních norem ČSN EN ISO 13849 a ČSN EN 62 061, ale také podle velkého množství předpisů, jež jsou pro konstrukci bezpečného stroje také důležité.

Jednotlivé bezpečnostní normy a předpisy jsou dále rozděleny do tří skupin. A-normy obsahují základní obecné zásady použitelné pro konstrukci všech strojů. Normy kategorie B se zabývají konkrétními bezpečnostními aspekty a jednotlivými typy bezpečnostních zařízení, použitelných pro širokou škálu strojů. Do poslední skupiny patří C-normy, které detailně popisují požadavky na bezpečnost konkrétních strojů. Dále je nastíněn postup posuzování rizik, který stanovuje norma EN ISO 12100.

Závěr této části se věnuje stanovení úrovně bezpečnosti. Jsou vedle sebe postaveny normy ČSN ISO 13849-1 a ČSN EN 62 061, porovnán postup stanovení úrovně bezpečnosti a vhodnost použití jednotlivých norem v závislosti na technologii. Z porovnání vyplývá, že norma

ČSN EN 62 061 je použitelná pro programovatelnou elektroniku, elektrické a elektronické zabezpečení strojů. Oproti tomu norma ČSN EN 62 061 poskytuje daleko širší spektrum možností realizace zabezpečení, protože kromě elektroniky v sobě zahrnuje i použití hydraulických, mechanických a pneumatických bezpečnostních prvků.

Hlavním obsahem práce je popis bezpečnostních senzorů. Jednotlivé senzory jsou rozděleny do kategorií podle technologie, kterou využívají ke své funkci. U každého senzoru je uveden popis jeho funkce, varianty konstrukce a nakonec výhody a využití. Do první části jsou zařazeny kontaktní senzory. Mezi tyto senzory patří tlačítko nouzového zastavení, bezpečnostní spínače, nášlapné rohože a v neposlední řadě také bezpečnostní nárazníky a nárazové lišty.

Tlačítko nouzového zastavení je zcela základním prostředkem zabezpečení. Přesto, že tlačítko samo o sobě obsluhu nechrání, je povinným prvkem všech výrobních zařízení.

Elektromechanické bezpečnostní spínače, jež ke své funkci využívají nucené rozpínání kontaktu, se používají k blokování ochranných krytů a dveří, ke kontrole koncových poloh. Tyto spínače mohou být také vybaveny funkcí bezpečnostního zámku a uzamčení procesu.

Bezkontaktní spínače lze rozdělit na magnetické, transpondérové a indukční. Používají se v oblastech s velmi vysokými nároky na hygienu, ve znečištěných provozech nebo také k detekci polohy a vyosení. Princip funkce těchto spínačů umožňuje větší toleranci polohy, a proto je lze použít pro špatně doléhající kryty a dveře.

Nášlapné rohože jsou bezpečnostním snímačem hlídající podlahový prostor stroje. Díky jejich velké odolnosti a snadné údržbě je lze používat ve velmi znečištěných provozech a v případech, kdy jsou ostatní senzory nedostatečné nebo nepraktické. Jsou vhodné také jako sekundární bezpečnostní prvek.

Bezpečnostní nárazníky a nárazové lišty jsou v podstatě tlumiče schopné detekovat náraz nebo přitlačení. Neslouží pouze k ochraně osob, ale mají také za úkol minimalizovat poškození strojních zařízení vzniklé nárazem. Používají se v těžkém průmyslu, u automaticky řízených vozidel a dopravníků, nebo k ochraně nebezpečných oblastí uvnitř strojů.

Druhá část obsahuje popis bezkontaktních senzorů, mezi které patří optoelektronické bezpečnostní závory, laserové skenery a bezpečnostní kamery.

Optoelektronické senzory jsou používány v místech, kde je potřebný častý přístup pracovníka do prostoru stroje. Podle rozlišení se závory používají buď k ochraně prstů, rukou nebo celého těla. Tyto senzory disponují funkcemi jako je muting, která dokáže rozpoznat člověka od pohybujícího se materiálu. Funkce blanking naopak umožňuje naprogramovat závoru tak, aby ignorovala objekt předem definovaných rozměrů. Bezpečnostní závory mají využití ve velkém množství aplikací. Používají se například k ochraně prstů u lisovacích a razičích strojů, ke kontrole otevření dveří a krytů, sledování přístupu ke stroji, využívají se u skladovacích zařízení, dopravníkových pásů, ale je možné je použít také ke kontrole rozměrů materiálu.

Laserové skenery dokážou sledovat oblast v úhlu 273° až do vzdálenosti 5,5 metrů. Skenovaný prostor je možné rozdělit pomocí software do několika oblastí a nadefinovat 4 druhy ochranných polí. Skenery umožňují zabezpečení přístupu ke stroji z více stran, používají se pro automaticky řízená vozidla, u kooperativních robotů, a automatické dopravníky.

Bezpečnostní kamery jsou velmi jednoduché a prostorově úsporné zařízení. Pro uvedení do provozu nepotřebují počítač se speciálním software. Hlídaná oblast se jednoduše ohraničí reflexní lepicí páskou, díky tomu může mít hlídaná oblast libovolný tvar. Bezpečnostní kamery se používají k ochraně rukou a prstů ve stísněných prostorech, poloautomatických provozech nebo pro montážní stanice.

V závěru práce jsou zmíněny také řídicí systémy, kam patří bezpečnostní relé a PLC. Řídicí systémy slouží k vyhodnocování stavu a řízení bezpečnostních senzorů. Zároveň sledují a kontrolují jejich chování. Pokud detekují, že jeden ze senzorů nefunguje správně, zajistí okamžité zastavení stroje.

V aplikacích s jedním nebo dvěma senzory je výhodné použít bezpečnostní relé. Pro více senzorů je již potřeba použít PLC.

PLC můžeme rozdělit na kompaktní a modulární. Kompaktní PLC disponují relativně vysokým výpočetním výkonem a nízkou cenou, ale lze k nim připojit pouze několik jednotek, maximálně desítek vstupů. Pro řízení velkých a komplikovaných systémů se používají modulární PLC. Ty mohou při maximální konfiguraci obsahovat až tisíce binárních vstupů.

6 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] VOJÁČEK, Antonín. Bezpečnost strojů - 1. díl - úvod, normy, posouzení rizika. *Automatizace.HW.cz* [online]. 9. Říjen 2015 [cit. 2018-05-15]. Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz//bezpecnost-stroju/bezpecnost-stroju-1-dil-normy-rizika.html>
- [2] VOJÁČEK, Antonín. Bezpečnost strojů - 2. díl - PL vs. SIL. *Automatizace.HW.cz* [online]. 23. Listopad 2015 [cit. 2018-05-15]. Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz//bezpecnost-stroju/bezpecnost-stroju-1-dil-normy-rizika.html>
- [3] Průvodce bezpečností strojních zařízení 2012/2013. *Omron Česká republika* [online]. [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: https://assets.omron.eu/downloads/catalogue/cs/v2/y207_machine_safety_guide_cs.pdf
- [4] VOJÁČEK, Antonín. Nouzové zastavení stroje. Volba a použití tlačítek E-STOP. *Automatizace.HW.cz* [online]. 29. Červen 2015 [cit. 2018-02-25]. Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz/bezpecnost-stroju-komponenty/nouzove-zastaveni-stroje-volba-a-pouziti-e-stop-tlacitek.html>
- [5] HLINOVSKÝ, Jiří. Zabezpečení strojů a strojních zařízení proti následkům poruchy jejich vlastního elektrického řídicího systému. *Elektro*[online]. 2000, (04) [cit. 2018-02-25]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/casopis/tema/zabezpeceni-stroju-a-strojnich-zarizeni-proti-nasledkum-poruchy-jejich-vlastniho-elektrickeho-ridiciho-systemu--15159>
- [6] REDAKCE ČASOPISU. Zásady pro konstrukci nouzového zastavení. *Elektroprumysl.cz* [online]. 11. ČERVENEC 2012 [cit. 2018-02-25]. Dostupné z: <http://www.elektroprumysl.cz/elektronicke-prvky-a-systemy/zasady-pro-konstrukci-nouzoveho-zastaveni>
- [7] REDAKCE ČASOPISU. Funkce nouzového zastavení – zásady pro konstrukci. *Elektroprumysl.cz* [online]. 12. ČERVENEC 2017 [cit. 2018-02-25]. Dostupné z: <http://www.elektroprumysl.cz/elektronicke-prvky-a-systemy/funkce-nouzoveho-zastaveni-zasady-pro-konstrukci>
- [8] Bezpečnostní ovládací přístroje ES21 / Kompletní přístroj. *SICK Sensor Intelligence* [online]. [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <https://www.sick.com/cz/cs/blokovaci-zarizeni/bezpecnostni-ovladaci-pristroje/es21/es21-sa14f1/p/p360090>
- [9] Nouzové tlačítko Hříbek NO/2NC 40mm Resetování klíčem IP66, IP67, IP69, IP69K barva Červená/žlutá/šedá. *Cz.rs-online.com* [online]. [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <https://cz.rs-online.com/web/p/nouzova-tlacitka/3308600/>
- [10] Lankový nouzový vypínač řady ER6022. *Omron Česká republika* [online]. [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <https://industrial.omron.cz/cs/products/er6022>
- [11] Lankový nouzový vypínač řady ER1032. *Omron Česká republika* [online]. [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <https://industrial.omron.cz/cs/products/er1032>
- [12] Nouzový nožní spínač F1 s krytem 1 pedál Bernstein Safety. *cz.rs-online.com* [online]. [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <https://cz.rs-online.com/web/p/nouzove-nozni-spinace/1363181/>
- [13] Safety switches. *SICK Sensor Intelligence* [online]. 28.6.2012 [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: https://www.sick.com/media/docs/2/92/492/Special_information_Safety_switches_ko_IM0047492.PDF

- [14] Předváděcí CNC stroje. *Cnc.bow.cz* [online]. [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <https://cnc.bow.cz/galerie/4-predvadeci-cnc-stroje/?return=>
- [15] Závěsné ovládače. *Schmachtl* [online]. [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <https://www.schmachtl.cz/zavesne-ovladace>
- [16] REDAKCE ČASOPISU. Dvouruční ovládací zařízení. *Elektroprumysl.cz* [online]. 14. ČERVENEC 2013 [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: <http://www.elektroprumysl.cz/elektronicke-prvky-a-systemy/dvourucni-ovladaci-zarizeni>
- [17] REDAKCE ČASOPISU. Senzory a systémy zvyšující bezpečnost strojů. *MM Průmyslové spektrum* [online]. 1. Zář 2004 [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/senzory-a-systemy-zvysujici-bezpecnost-stroju.html>
- [18] JSTD25: Ergonomic and adaptable two-hand station. *ABB* [online]. [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: <http://new.abb.com/low-voltage/products/safety-products/safety-control-devices/jstd25>
- [19] Self-Checking Touch Buttons: STB Series. *Banner* [online]. [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <https://www.bannerengineering.com/be/en/products/machine-safety/two-hand-controls/self-checking-touch-buttons-stb-series.html?sort=4#all>
- [20] Two-Hand Control Monitoring. *Banner* [online]. [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <https://www.bannerengineering.com/be/en/solutions/other/two-hand-control-monitoring.html>
- [21] BLAŽEK, František. Elektromechanické spínací jednotky používané v bezpečnostních spínačích. *TechPark* [online]. [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <http://www.techpark.sk/technika-92009/elektromechanicke-spinaci-jednotky-pouzivane-v-bezpecnostnich-spinacich.html>
- [22] MKey5-series - Original instructions. *ABB* [online]. 2013 [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <https://search-ext.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=2TLC172244M0201&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>
- [23] Safety sensors, switches and locks. *ABB* [online]. [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <http://new.abb.com/low-voltage/products/safety-products/safety-sensors-switches-and-locks>
- [24] Safety sensors, switches and locks. *ABB* [online]. [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <http://new.abb.com/low-voltage/products/safety-products/safety-sensors-switches-and-locks>
- [25] ABB safety products catalog. *ABB* [online]. 16. Duben 2018 [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <https://search-ext.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=2TLC010001C0202&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>
- [26] Elektromechanické bezpečnostní spínače a zámky. *Automa časopis pro automatizační techniku* [online]. 2012, **18**(12) [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: http://automa.cz/cz/casopis-clanky/elektromechanicke-bezpecnostni-spinace-a-zamky-2012_12_0_10047/
- [27] Koncové spínače s bezpečnostní funkcí. *Amtek* [online]. [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <http://www.amtek.cz/en/koncove-spinace-s-bezpecnostni-funkci-en>
- [28] RE1, RE2 Non-contact safety switches - Magnetic safety switches. *SICK Sensor Intelligence* [online]. 25. Leden 2013 [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: https://www.sick.com/media/docs/6/76/676/Product_information_RE1_RE2_Non_contact_safety_switches_Magnetic_safety_switches_en_IM0048676.PDF
- [29] VOJÁČEK, Antonín. Magnetické bezpečnostní spínače pro dveře a kryty. *Automatizace.HW.cz* [online]. 25. Srpen 2014 [cit. 2018-05-18]. Dostupné z:

<https://automatizace.hw.cz//bezpecnost-stroju-komponenty/magneticke-bezpecnostni-spinace-pro-dvere-a-kryty.html>

[30] Non-Contact Safety Switches SIRIUS. *SIEMENS* [online]. [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <https://w3.siemens.com/mcms/industrial-controls/en/detecting-devices/non-contact-safety-switches/Pages/default.aspx>

[31] VOJÁČEK, Antonín. Safety RFID = RFID spínače pro nejvyšší bezpečnost strojů. *Automatizace.HW.cz* [online]. 31. Říjen 2014 [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz//bezpecnost-stroju-komponenty/safety-rfid-rfid-spinace-pro-nejvyssi-bezpecnost-stroju.html>

[32] Bezkontaktní bezpečnostní spínače. *PHOENIX CONTACT* [online]. [cit. 2018-05-18]. Dostupné z:

https://www.phoenixcontact.com/online/portal/cz?1dmy&urile=wcm%3apath%3a/czcs/web/main/products/subcategory_pages/Safety_switches_P-05-09/80a657a2-62ac-401c-86be-80b0eced2b3c

[33] VOJÁČEK, Antonín. Bezkontaktní indukční snímače přiblížení - obecný popis. *Automatizace.HW.cz* [online]. 20. Listopad 2014 [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz/komponenty-mereni-a-regulace/indukcni-snimace-priblizeni-obecny-popis.html>

[34] MARTINEK, Radislav. *Senzory v průmyslové praxi*. Praha: BEN - technická literatura, 2004. ISBN 80-7300-114-4.

[35] IN3000 Direct. *SICK Sensor Intelligence* [online]. 30.10.2013 [cit. 2018-05-18]. Dostupné z:

https://www.sick.com/media/docs/1/81/281/Product_information_IN3000_Direct_Inductive_Safety_Switches_en_IM0041281.PDF

[36] I12-S safety switch with separate actuator. *SICK Sensor Intelligence* [online]. 23.8.2016 [cit. 2018-05-18]. Dostupné z:

https://www.sick.com/media/docs/7/77/877/Operating_instructions_i12_S_safety_switch_with_separate_actuator_de_en_fr_it_IM0006877.PDF

[37] Bezpečnostní zámky STA. *EUCHNER* [online]. [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <http://www.euchner.cz/produkty/bezpecnost/bezpecnostni-spinace/sta/>

[38] Elektromechanická blokovací zařízení i16S / Blokovací zařízení s odděleným ovládačem. *SICK Sensor Intelligence* [online]. [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <https://www.sick.com/cz/cs/blokovaci-zarizeni/elektromechanicka-blokovaci-zarizeni/i16s/i16-sa203/p/p12219>

[39] Knox. *ABB* [online]. 2017-07-05 [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <https://search-ext.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=2TLC010013L0201&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>

[40] Bezpečnostní spínače NZ. *EUCHNER* [online]. [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <http://www.euchner.cz/produkty/bezpecnost/bezpecnostni-spinace/nz/>

[41] D4N. *Omron Česká republika* [online]. [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <https://industrial.omron.cz/cs/products/-d4n>

[42] I10 Lock Safety Locking Devices. *SICK Sensor Intelligence* [online]. 9.8.2011 [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: https://www.sick.com/media/docs/7/77/677/Product_information_i10_Lock_Safety_Locking_Devices_en_IM0041677.PDF

- [43] VOJÁČEK, Antonín. Bezpečnostní nášlapné rohože Haake HSM. *Automatizace.HW.cz* [online]. 7. Říjen 2014 [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz/bezpecnost-stroju-komponenty/bezpecnostni-naslapne-rohoze-haake-hsm.html>
- [44] Safety Mats HSM. *HAAKE* [online]. [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <http://www.haake-technik.com/index.php/description.html>
- [45] Safety Contact Mats. *ABB* [online]. 2012-12-12 [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <https://search-ext.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=2TLC172228M0201&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>
- [46] Pressure-sensitive Safety Devices. *HAAKE* [online]. 2017 [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: http://www.haake-technik.com/tl_files/downloads/BRO-HSC_M_B-Rev.02-17-EN.pdf
- [47] Pressure-sensitive safety mat PSENmat. *PILZ* [online]. [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <https://www.pilz.com/en-GB/eshop/00106002247124/PSENmat-Safety-mat>
- [48] VOJÁČEK, Antonín. TEST - Bezpečnostní nárazníky a nárazové lišty. *Automatizace.HW.cz* [online]. 3. Září 2014 [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz/bezpecnost-stroju-komponenty/test-bezpecnostni-narazniky-a-narazove-listy.html>
- [49] Bumpers HSB. *HAAKE* [online]. [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: http://www.haake-technik.com/index.php/Description_of_Bumpers.html
- [50] Safety Edges HSC. *HAAKE* [online]. [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: http://www.haake-technik.com/index.php/Description_to_safty_egdes.html
- [51] Bezpečnostní hrany. *PEPPERL+FUCHS* [online]. [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: https://www.pepperl-fuchs.com/czech_republic/cs/classid_2794.htm
- [52] Safety Contact Bumper. *ABB* [online]. 2012-12-11 [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <https://search-ext.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=2TLC172227M0201&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>
- [53] Safety edges. *WITT Sensoric* [online]. [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <https://www.witt-sensoric.de/en/product-overview/optoelectronic-safety-edges>
- [54] Safety Contact Edges. *ABB* [online]. 2014-05-13 [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <https://search-ext.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=2TLC172229M0201&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>
- [55] Haake Safety Products. *Atab* [online]. [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <http://www.atab.se/index.php?page=safety-products>
- [56] HEAVY DUTY TRANSPORTERS. *EYHER* [online]. [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <http://www.eyher.com/en/products/heavy-duty-transporters>
- [57] VOJÁČEK, Antonín. Bezpečnost strojů realizovaná světelnými závory. *Automatizace.HW.cz* [online]. 29. Květen 2014 [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz/bezpecnost-stroju/bezpecnost-stroju-a-zarizeni-realizovana-svetelnymi-zavesy>
- [58] REDAKCE ČASOPISU. Bezpečnostní optické závory. *ElektroPrůmysl.cz* [online]. 10. DUBEN 2011 [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <http://www.elektroprumysl.cz/automatizace/bezpecnostni-opticke-zavory>

- [59] VOJÁČEK, Antonín. TEST - Bezpečnostní světelné závory Leuze MLD s funkcí Muting. *Automatizace.HW.cz* [online]. 2. Červenec 2014 [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz/bezpecnost-stroju-komponenty/test-bezpecnostni-svetelne-zavory-leuze-mld-s-funkci-muting.html>
- [60] MLDSET-M1-1300T - Safety sensor set. *Leuze electronic* [online]. [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: http://www.leuze.com/en/deutschland/produkte/produkte_fuer_die_arbeitsicherheit/optoelektronische_sicherheits_sensoren/sicherheits_lichtschranken_sets/mldset_5/selector.php?supplier_aid=66900021&grp_id=A1-3-1-5-2&lang=eng
- [61] Bezpečnostní světelné závěsy M4000 Advanced Curtain. *SICK* [online]. [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <https://www.sick.com/cz/cs/optoelektronicka-ochranna-zarizeni/bezpecnostni-svetelne-zavesy/m4000-advanced-curtain/m40s-60a303aa02c-m40e-60a303rb0/p/p54545>
- [62] Rozdelenie optoelektrických snímačov. *SENZORTECH* [online]. [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <http://senzortech.sk/neo/tree.php?stranka=eshop2info>
- [63] Jednopaprskové bezpečnostní světelné závory. *SICK Sensor Intelligence* [online]. [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <https://www.sick.com/cz/cs/optoelektronicka-ochranna-zarizeni/jednopaprskove-bezpecnostni-svetelne-zavory/c/g192055>
- [64] Jednopaprskové bezpečnostní světelné závory L27 / Přijímač Vysílač. *SICK Sensor Intelligence* [online]. [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <https://www.sick.com/cz/cs/optoelektronicka-ochranna-zarizeni/jednopaprskove-bezpecnostni-svetelne-zavory/l27/l27s-3d24302c-l27e-3p2430/p/p76848>
- [65] Safety Light Barriers. *PEPPERL+FUCHS* [online]. [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: https://files.pepperl-fuchs.com/webcat/navi/productInfo/doct/tdoct5457a_eng.pdf?v=26-APR-18
- [66] Opto Electronic Protective Devices. *SICK Sensor Intelligence* [online]. 30.7.2015 [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: https://www.sick.com/media/docs/9/99/199/Product_catalog_Opto_Electronic_Protective_Devices_en_IM0064199.PDF
- [67] Special information Safety light curtains. *SICK Sensor Intelligence* [online]. 1.3.2013 [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: https://www.sick.com/media/docs/0/80/580/Special_information_Safety_light_curtains_zh_IM0069580.PDF
- [68] MLC 500, MLC 300. *Leuze electronic* [online]. [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: http://www.leuze.com/media/assets/dv007_144dpi_geschuetzt_pdf/PIN_MLC_en_-50132097-_144dpi.pdf
- [69] MLDSET. *Leuze electronic* [online]. [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: http://www.leuze.com/media/assets/dv007_144dpi_geschuetzt_pdf/PIN_MLDSET_2012-04_en.pdf
- [70] VOJÁČEK, Antonín. Nová generace bezpečnostních laserových skenerů microScan3. *Automatizace.HW.cz* [online]. 21. Říjen 2017 [cit. 2018-05-19]. Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz/nova-generace-bezpecnostnich-laserovych-skeneru-microscan3.html>
- [71] MicroScan3. *SICK Sensor Intelligence* [online]. 25.4.2016 [cit. 2018-05-19]. Dostupné z: https://www.sick.com/media/docs/5/35/435/Operating_instructions_microScan3_Core_I_O_cs_IM0068435.PDF

- [72] MicroScan3 - NOVÁ GENERACE BEZPEČNOSTNÍCH LASEROVÝCH SKENERŮ. *SICK Sensor Intelligence* [online]. 26.2.2016 [cit. 2018-05-19]. Dostupné z: https://www.sick.com/media/docs/9/19/319/Product_information_microScan3_THE_NEW_GENERATION_OF_SAFETY_LASER_SCANNERS_cs_IM0065319.PDF
- [73] Funkční bezpečnost při spolupráci mezi člověkem a robotem (MRK). *SICK Sensor Intelligence* [online]. [cit. 2018-05-19]. Dostupné z: <https://www.sick.com/cz/cs/nase-kompetence-voblasti-bezpecnosti-stroju/spoluprace-mezi-clovekem-a-robotem/w/human-robot-collaboration/>
- [74] Safe Portal Solutions. *SICK Sensor Intelligence* [online]. 23.11.2017 [cit. 2018-05-19]. Dostupné z: https://www.sick.com/media/docs/3/73/473/Product_information_Safe_Portal_Solutions_cs_IM0071473.PDF
- [75] VOJÁČEK, Antonín. Bezpečnostní kamerový snímač s nastavitelnou detekční oblastí = Sick V300 WS. *Automatizace.HW.cz* [online]. 19. Březen 2015 [cit. 2018-05-19]. Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz/bezpecnost-stroju/bezpecnostni-kamerovy-snimac-s-presne-nastavitelnou-detekcni-oblasti-sick-v300-ws.html>
- [76] Bezpečnostní kamerové systémy V300 Work Station Extended. *SICK Sensor Intelligence* [online]. [cit. 2018-05-19]. Dostupné z: <https://www.sick.com/cz/cs/optoelektronicka-ochranna-zarizeni/bezpecnostni-kamerove-systemy/v300-work-station-extended/v30w-0101000/p/p71344>
- [77] V200 Work Station Extended, V300 Work Station Extended. *SICK Sensor Intelligence* [online]. 22.8.2012 [cit. 2018-05-19]. Dostupné z: https://www.sick.com/media/docs/4/54/154/quickstart_V200_Work_Station_Extended_V300_Work_Station_Extended_de_en_fr_it_es_ja_cs_pl_IM0028154.PDF
- [78] V300 – miniTwin4 – mac4. *SICK Sensor Intelligence* [online]. 22.3.2013 [cit. 2018-05-19]. Dostupné z: https://www.sick.com/media/docs/6/46/246/Flyer_V300_miniTwin4_mac4_en_IM0077246.PDF
- [79] VOJÁČEK, Antonín. TEST - Bezpečnostní relé Leuze MSI-SR5B. *Automatizace.HW.cz* [online]. 18. Červenec 2014 [cit. 2018-05-19]. Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz/bezpecnost-stroju-komponenty/test-bezpecnostni-rele-leuze-msi-sr5b.html>
- [80] Bezpečnostní relé. *EATON Powering Business Worldwide* [online]. [cit. 2018-05-19]. Dostupné z: <http://www.eatonelektrotechnika.cz/cz/bezpecnostni-rele-01.html>
- [81] BENEŠ, Pavel. *Automatizace a automatizační technika*. Vyd. 2. Brno: CP Books, 2005. ISBN 80-251-0795-7.
- [82] *Automatizace a automatizační technika: systémové pojetí automatizace*. Brno: Computer Press, 2014. ISBN 978-80-251-3628-7.

7 SEZNAM ZKRATEK, SYMBOLŮ, OBRÁZKŮ A TABULEK

7.1 Seznam zkratk

PL	<i>Performance Level</i>
SIL	<i>Safety integrity level</i>
NO	<i>Normally open</i>
NC	<i>Normally closed</i>
RFID	<i>Radio Frequency Identification</i>
PLC	<i>Programmable Logic Controllers</i>

7.2 Seznam tabulek

TAB. 1)	VÝHODY A VYUŽITÍ DVOURUČNÍHO OVLÁDÁNÍ.....	27
TAB. 2)	VÝHODY A VYUŽITÍ ELEKTROMECHANICKÝCH SPÍNAČŮ	32
TAB. 3)	VÝHODY A VYUŽITÍ BEZKONTAKTNÍCH SPÍNAČŮ.....	35
TAB. 4)	VÝHODY A VYUŽITÍ NÁŠLAPNÉ ROHOŽE	39
TAB. 5)	VÝHODY A VYUŽITÍ NÁRAZNÍKU A NÁRAZOVÉ LIŠTY	44
TAB. 6)	VÝHODY A VYUŽITÍ OPTOELEKTRONICKÉ ZÁVORY	49
TAB. 7)	VÝHODY A VYUŽITÍ LASEROVÉHO SKENERU	54
TAB. 8)	VÝHODY A VYUŽITÍ BEZPEČNOSTNÍ KAMERY	56

7.3 Seznam obrázků

OBR. 1)	ROZDĚLENÍ NOREM DO TŘÍD.....	17
OBR. 2)	POSTUP POSOUZENÍ RIZIK	18
OBR. 3)	VÝPOČET PARAMETRU SIL	20
OBR. 4)	DIAGRAM PRO URČENÍ PARAMETRU PL	20
OBR. 5)	POROVNÁNÍ PARAMETRŮ SIL A PL	21
OBR. 6)	POROVNÁNÍ VHODNOSTI NOREM V ZÁVISLOSTI NA TECHNOLOGIÍ	21
OBR. 7)	HŘIBOVITÁ TLAČÍTKA	24
OBR. 8)	LANKOVÉ VYPÍNAČE	25
OBR. 9)	VYUŽITÍ NOUZOVÉHO ZASTAVENÍ	25
OBR. 10)	TLAČÍTKO KLASICKÉ A), OPTOELEKTRONICKÉ B)	26
OBR. 11)	VYUŽITÍ DVOURUČNÍHO OVLÁDÁNÍ	27

OBR. 12) KONTAKTY NO A), NC B)	28
OBR. 13) PORUCHY NC KONTAKTU	28
OBR. 14) INSTALACE SPÍNAČE A), VAČKOVÝ MECHANISMUS B)	29
OBR. 15) VIDLIČKOVÝ AKČNÍ ČLEN OHNUTÝ A), RADIÁLNÍ B), PŘÍMÝ C)	29
OBR. 16) SPÍNAČE S AKČNÍM ČLENEM V PODOBĚ VIDLIČKY.....	30
OBR. 17) INSTALACE SPÍNAČE S PLUNŽREM A), S KLADKOU B)	31
OBR. 18) SPÍNAČ S AKČNÍM ČLENEM V PODOBĚ PLUNŽRU A), PÁKY S KLADKOU B)	31
OBR. 19) VYUŽITÍ ELEKTROMECHANICKÝCH SPÍNAČŮ	32
OBR. 20) MAGNETICKÉ SPÍNAČE	33
OBR. 21) INSTALACE MAGNETICKÝCH SPÍNAČŮ	33
OBR. 22) TRANSPONDÉROVÝ SPÍNAČ	34
OBR. 23) SEŘAZENÍ ČÁSTÍ V INDUKČNÍM SPÍNAČI A), INDUKČNÍ SPÍNAČ B)	35
OBR. 24) VYUŽITÍ BEZKONTAKTNÍCH SPÍNAČŮ	35
OBR. 25) VYUŽITÍ BEZKONTAKTNÍCH SPÍNAČŮ	36
OBR. 26) NÁŠLAPNÁ ROHOŽ A), MOŽNÉ TVARY ROHOŽE B)	37
OBR. 27) VNĚJŠÍ KONSTRUKCE ROHOŽE	37
OBR. 28) VNITŘNÍ KONSTRUKCE ROHOŽE SE SPÍNAČEM V PODOBĚ DVOU PLECHŮ	38
OBR. 29) ROHOŽ S ČLÁNKOVÝM SYSTÉMEM KONTAKTŮ	38
OBR. 30) PRINCIP ČLÁNKOVÉHO SYSTÉMU	39
OBR. 31) VYUŽITÍ NÁŠLAPNÝCH ROHOŽÍ	40
OBR. 32) LIŠTA S MECHANICKÝM DETEKČNÍM ŘETĚZCEM	41
OBR. 33) NÁRAZNÍK S MECHANICKÝM DETEKČNÍM ŘETĚZCEM	41
OBR. 34) JEDNOTLIVÉ ČLENY A), PRINCIP MECHANICKÉHO DETEKČNÍHO ŘETĚZCE B)	42
OBR. 35) PRINCIP NÁRAZNÍKU A LIŠTY S OPTOELEKTRONICKÝM SENZOREM	42
OBR. 36) EXTERNÍ KONSTRUKCE NÁRAZNÍKU	43
OBR. 37) EXTERNÍ KONSTRUKCE NÁRAZOVÉ LIŠTY	43
OBR. 38) VYUŽITÍ NÁRAZOVÉ LIŠTY A NÁRAZNÍKU	44
OBR. 39) OPTOELEKTRONICKÁ ZÁVORA	45
OBR. 40) PRINCIP FUNKCE OPTOELEKTRONICKÉ ZÁVORY	45
OBR. 41) ROZLIŠENÍ PRO OCHRANU PRSTŮ	46
OBR. 42) ROZLIŠENÍ PRO OCHRANU RUKOU	46

OBR. 43) ROZLIŠENÍ PRO OCHRANU TĚLA	47
OBR. 44) ZÁVORY S FUNKCÍ MUTING	48
OBR. 45) FUNKCE BLANKING	48
OBR. 46) JEDNO-PAPRSKOVÉ ZÁVORY	49
OBR. 47) VYUŽITÍ OPTOELEKTRONICKÝCH ZÁVOR	50
OBR. 48) VYUŽITÍ FUNKCÍ BLANKING A), MUTING B)	51
OBR. 49) LASEROVÝ SKENER A), ROZSAH SKENOVANÉHO POLE B)	51
OBR. 50) OCHRANNÉ POLE	52
OBR. 51) POLE REFERENČNÍ KONTURY	52
OBR. 52) VAROVNÉ POLE	53
OBR. 53) FUNKCE LASEROVÉHO SKENERU A), PRINCIP MĚŘENÍ DOBY LETU B)	53
OBR. 54) VYUŽITÍ LASEROVÉHO SKENERU	54
OBR. 55) BEZPEČNOSTNÍ KAMERA	55
OBR. 56) NEPRAVIDELNÝ TVAR SNÍMANÉHO PROSTORU A), OHRANIČENÍ PROSTORU PÁSKOU B)	56
OBR. 57) VYUŽITÍ BEZPEČNOSTNÍ KAMERY	57
OBR. 58) BEZPEČNOSTNÍ RELÉ	59