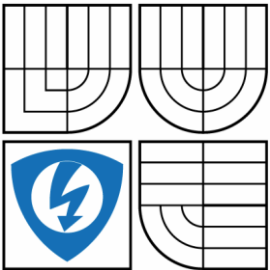


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ

ÚSTAV AUTOMATIZACE A MĚŘICÍ TECHNIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF CONTROL AND INSTRUMENTATION

ANALÝZA RIZIK ELEKTRICKY OVLÁDANÉHO STROJE

RISK ANALYSIS ELECTRICALLY OPERATED MACHINES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

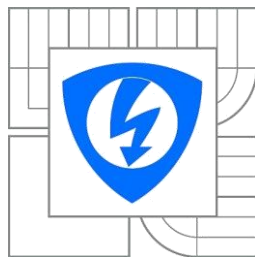
Václav Fiala

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jan Pásek, CSc.

BRNO 2014



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav automatizace a měřicí
techniky

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor
Automatizační a měřicí technika

Student: Václav Fiala **ID:** 145991
Ročník: 3 **Akademický rok:** 2013/2014

NÁZEV TÉMATU:

Analýza rizik elektricky ovládaného stroje

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Vypracování konkrétní podoby analýzy rizik dle prováděcí normy (ČSN EN 60812 Techniky analýzy bezporuchovosti systémů- Postup analýzy způsobů a důsledků poruch)

Cíle práce:

- Metodika analýzy rizik – stanovení rizik, návrh řešení a hodnocení řešení
- Analýza rizik pro konkrétní stroj (poloautomatické parkovací zařízení KOMA LIFT S) a návrh způsobu jejich odstranění. Pro odstranění rizik použít elektrické prvky (tlačítka nouzového zastavení, bezpečnostní clony, apod.) dále mechanické prvky (kryt, zábrana, plot)
- Zhodnocení analýzy - vyčíslit původní a zbytkové riziko, které nelze odstranit

DOPORUČENÁ LITERATURA:

- ČSN EN ISO 13849-1. Bezpečnost strojních zařízení – Bezpečnostní části ovládacích systémů – Část 1: Všeobecné zásady pro konstrukci. Brusel: CEN, 2008. 86 s.
- ČSN EN 14010+A1. Bezpečnost strojních zařízení – Poháněná zařízení pro parkování motorových vozidel – Požadavky na bezpečnost a elektrickou kompatibilitu pro navrhování, výrobu, montáž a uvádění do provozu. Brusel: CEN, 2009.

Termín zadání: 10.2.2014

Termín odevzdání: 26.5.2014

Vedoucí práce: Ing. Jan Pásek, CSc.

Konzultanti bakalářské práce: Ing. Němec Jiří

doc. Ing. Václav Jirsík, CSc.

Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

Abstrakt

Práce se zabývá analýzou rizik a následně jejich odstraněním u elektricky ovládaných strojů, konkrétně poloautomatickým parkovacím zařízením, z hlediska konstrukce a integrace bezpečnostních částí ovládacích systémů. V práci jsou stanoveny požadavky na bezpečnost stroje, ke kterým je směřováno a řešení vzniklých problémů především dle normy ČSN EN ISO 13849-1.

Klíčová slova

Analýza rizik, technické bezpečnostní normy, bezpečnostní část ovládacího systému, poloautomatické parkovací zařízení, úroveň vlastností PL.

Abstract

This thesis is concerning analysis of risk and solving them with electrically operand machines, specifically by semi-automatic parking apparatus in terms of design and integration of safety-related parts of a control systems. There are requirements for safety equipment according to DIN EN ISO 13849-1 in this thesis.

Keywords

Risk analysis, technical safety standards, safety-related part of a control systém, by semi-automatic parking apparatus, performance level.

Bibliografická citace:

FIALA, V. Analýza rizik elektricky ovládaného stroje. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2014. 48 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jan Pásek, CSc..

Prohlášení

„Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma Analýza rizik elektricky ovládaného stroje jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne:

.....

podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Janu Páskovi, Csc. a externímu zadavateli Ing. Jiřímu Němcovi za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

V Brně dne:

.....

podpis autora

OBSAH

1. Úvod	8
2. Analýza rizik	9
2.1. Metoda FMEA	10
3. Technické bezpečnostní normy	11
3.1. ČSN EN ISO 14010+A1	12
3.2. Zdroje nebezpečí.....	14
3.3. ČSN EN ISO 13849-1	15
3.3.1. Bezpečnostní část ovládacího systému SRP/CS	16
4. Poloautomatické parkovací zařízení – KOMA LIFT S	17
5. Stanovení rizik.....	18
6. Posouzení rizika.....	19
6.1. Určení požadované úrovně vlastností PL_r	21
6.2. Určení PL_r pro poloautomatické parkovací zařízení.....	22
7. Určení úrovně vlastností PL	27
7.1. Struktura SRP/CS	28
7.2. Střední doba do nebezpečné poruchy $MTTF_d$	29
7.3. Diagnostické pokrytí DC	30
7.4. Porucha se společnou příčinou CCF	31
7.5. Zjednodušený odhad PL	32
8. Praktické usnadnění.....	33
9. Analýza rizik poloautomatického parkovacího zařízení - KOMA LIFT S	36
9.1. Nebezpečí stříhu	37
9.2. Nebezpečí navinutí	39
9.3. Nebezpečí vtažení.....	41
10. Závěr.....	43
11. Literatura	44
12. Seznam obrázků.....	45
13. Seznam tabulek.....	46
14. Seznam příloh.....	47

ÚVOD

Jedno z nejdůležitějších kritérií v technice je bezpečnost stroje při práci na něm, které se musí posuzovat již při návrhu stroje. To si klade za cíl tato práce, jejímž obsahem je zanalyzovat rizika posuzovaného stroje – Poloautomatické parkovací zařízení.

Navrhnout řešení (eliminaci, nebo snížení rizika) pouze z hlediska elektrického řízení a parametricky ověřit jeho správnost. To vše s využitím legislativně oprávněných norem. Práce je koncipována do třech částí. Nejprve seznamuje čtenáře s pojmem analýza rizik, ke kterému se nezbytně váží bezpečnostní normy, které obsahují zavedené termíny. Poté se zaměřuje již konkrétněji přímo na analyzovaný stroj a stanovuje rizika, která jsou očekávána dle normy ČSN EN 14010.

Ve druhé části řeší stanovená rizika z hlediska bezpečnostních částí ovládacího systému. Je zde stanovena požadovaná úroveň vlastností PL_r a návrh výpočtu skutečné úrovně vlastností PL.

Třetí část se věnuje možnému praktickému usnadnění a to algoritmizací postupu a následnému programovému zpracování. Stanovená rizika jsou zde ohodnocena a jsou navrženy bezpečnostní prvky pro jejich snížení.

ANALÝZA RIZIK

Riziko je kombinace závažnosti možné škody a pravděpodobností vzniku této škody (viz **Obrázek 1: Riziko obecně**).

Analýza rizik se provádí při návrhu stroje a je jedním z nejdůležitějších úkonů, nejen proto, že je povinná, ale tato povinnost má své odůvodnění. V první řadě je to bezpečnost lidí, která musí být zajištěna a to lidí nejenom pracujících na tomto stroji, ale také lidí pohybujících se v okolí. Dále je bezpečností myšleno i opatření proti vzniklým ztrátám majetkovým, jelikož stroj může kromě sebe zničit i celý výrobní proces. Konstruktor tak musí zohlednit všechny možná rizika, byť nepatrná. K tomu využívá ověřených metodik, předepsaných postupů a norem zabývajících se touto problematikou. Pomoci mu mohou také opatření již existující u strojů s podobnou funkčností, historie vzniklých problémů, ale také zkušenost dělníků pracujících na stroji, údržbářů, či jiný objektivní pohled.

Stanovení rizik je nezbytný krok, ale bezpečnost tím teprve začíná. Je potřeba navrhnout opatření. Stroj tedy musí „vědět“ jak se má zachovat při odhalení jakéhokoli konstruktérem stanoveného rizika. Tudiž je nejprve potřeba naučit stroj „vnímat“ rizika. To se provádí pomocí snímačů, které je třeba vhodně nastavit, aby přesně a jednoznačně splňovali svou funkci. Například optické snímače jsou vhodné pro detekování objektů v pracovním prostoru, dvouruční ovládací zařízení udržuje obsluhu v bezpečné zóně, spínače polohy dokážou vyhodnotit aktuální stav stroje atd. Stroj tedy „vnímá“, ale „nepřemýšlí“. Musí jednoznačně vědět, jak se zachovat v situaci, kdy například detekuje objekt v nebezpečné zóně, zda má zastavit, vyhnout se, či pokračovat v činnosti. U člověka tuto funkci zastává mozek, u stroje máme k dispozici jeho řídicí systém, který si jako mozek můžeme představovat. Právě pomocí naprogramování řídicího systému stroj naučíme reagovat na vzniklé situace.

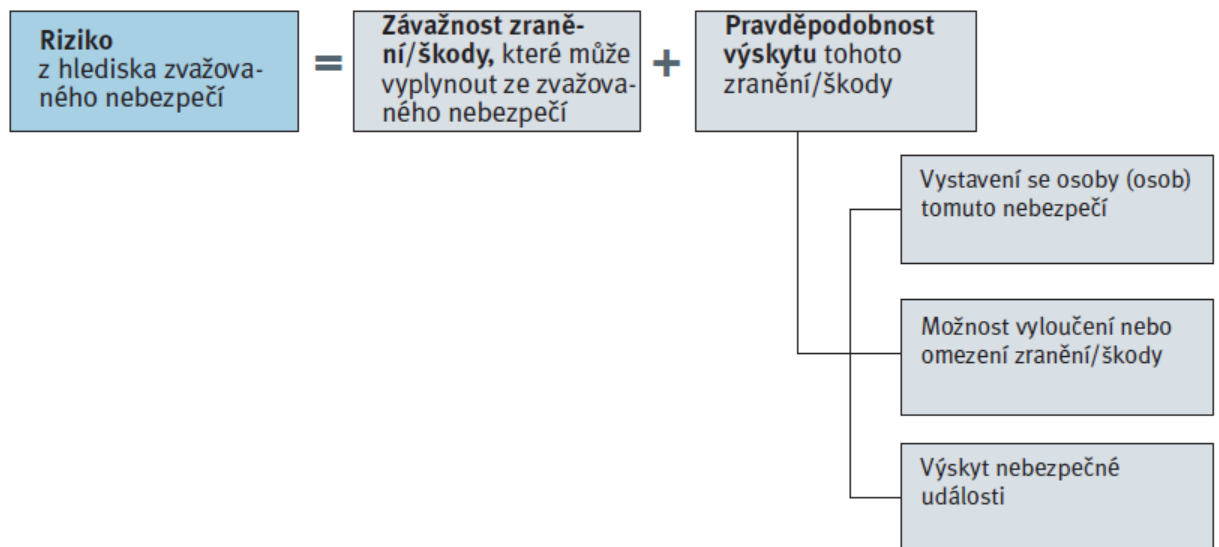
Vše ale automatizovat nejde, alespoň prozatím. V případech, které nejsou ošetřeny z důvodu neočekávání, nebo také těžké realizace je žádoucí „pojistit“ se nouzovým zastavením stroje a to v provedení nouzového tlačítka, které může člověk kdykoliv, cítili to potřebné, použít. Bylo by chybné bezmyšlenkovitě věřit každému bezpečnostnímu systému jen proto, že je vyhodnocován počítačem. Nesmíme zapomínat na to, že tyto systémy vymýšlí a navrhuje zase jenom člověk a ten se může mýlit.

Metoda FMEA

Tato metoda vychází z normy ČSN EN 60812, zkratka vychází ze slov Failure Mode and Effect Analysis. Je to metoda, která se zabývá analýzou možného výskytu poruchy a důsledkem této poruchy. Je proveditelná již při plánování procesu, což s sebou přináší výhodu úspory času i financí. Závisí především na člověku, který ji provádí, na jeho zkušenostech a poznacích. Proto se doporučuje provádění této analýzy ve větší skupině lidí, pro širší rozhled problémů z různých oborů.

Princip metody je založen na třech parametrech. Na závažnosti poruchy, častosti výskytu a možnosti detekce. Nejprve je tedy nutné odhalit možné poruchy, poté zjistit právě výše zmíněné tři parametry konkrétní poruchy a z těchto parametrů vypočítat koeficient rizika, který určí poruchy, jimž je třeba věnovat pozornost a u těch se stanový způsob předejití. Celý proces proběhne tolikrát, dokud nebude koeficient rizika únosný.

Aplikovatelnost metody je velice rozmanitá a podle typu produktu, na který se aplikuje, také často dostává nové pojmenování. Například DFMEA – pro design výrobku, PFMEA – FMEA uplatněná v procesu, nebo S/C FMEA aplikovaná v systému či konceptu. FMECA je metoda vycházející z metody FMEA, ale je navíc doplněna o kvalitativní parametr kritičnosti.



Obrázek 1: Riziko obecně

TECHNICKÉ BEZPEČNOSTNÍ NORMY

Na to jak je bezpečnost důležitá poukazuje i skutečnost, že celý proces zaručení jisté bezpečnosti, který se skládá z odhalení možných rizik, stanovení jejich opatření a ověření, se musí řídit mezinárodními, popřípadě státními normami.

Norma je vlastně jakýsi soubor pravidel a předpisů pro určitou činnost nebo tematiku a slouží jako směrnice, na kterou se lze odkazovat s potřebou získání informací, ale také slouží jako legislativní opora, jelikož je zákonem podložená. Normy se mohou postupem času měnit a je-li k tomu dostatečný důvod, také se tak děje. Technických bezpečnostních norem je celá řada a dělí se podle normy ČSN EN ISO 13849-1 do následující struktury:

- Normy typu A (základní normy) uvádějí základní pojmy, zásady pro konstrukci a všeobecná hlediska, která mohou být aplikována na všechna strojní zařízení.
- Normy typu B (skupinové bezpečnostní normy) se zabývají jedním nebo více bezpečnostními hledisky nebo jedním nebo více typy ochranných zařízení, která mohou být použita pro větší počet strojních zařízení:
 - Normy typu B1 se týkají jednotlivých bezpečnostních hledisek (např. bezpečných vzdáleností, teploty povrchu, hluku)
 - Normy typu B2 se týkají příslušných bezpečnostních zařízení (např. dvouručního ovládání, blokovacích zařízení, zařízení citlivých na tlak, ochranných krytů).
- Normy typu C (bezpečnostní normy pro stroje) určují detailní bezpečnostní požadavky pro jednotlivý stroj nebo skupinu strojů.

Tato práce využívá následujících bezpečnostních norem:

- ČSN EN ISO 14010+A1
- ČSN EN ISO 13849-1
- ČSN EN ISO 13849-2
- ČSN EN ISO 12100
- ČSN EN ISO 60812

ČSN EN ISO 14010+A1

Tato evropská norma je určena pro zařízení a systémy pro mechanické parkování motorových vozidel, která mají čtyři kola, s maximálními obrysovými rozměry 5,30 m délka, 2,30 m šířka a 2,20 m výška a s hmotností do 2 500 kg. Zařízení může být ovládáno ručně, nebo automaticky. Řeší technické požadavky minimalizující rizika vyvolaná nebezpečími uvedenými v **tabulce 1**. Tuto tabulku vycházející z normy ČSN EN 14010+A1 využijeme pro stanovení rizik.¹

Č.	Nebezpečí
1	Mechanická nebezpečí
1.1	Nebezpečí stlačení
1.2	Nebezpečí stříhu
1.3	Nebezpečí pořezání nebo uříznutí
1.4	Nebezpečí navinutí
1.5	Nebezpečí vtažení
1.6	Nebezpečí nárazu
1.7	Nebezpečí bodnutí nebo propíchnutí
1.8	Nebezpečí vstříku nebo výronu vysokotlaké tekutiny
2	Elektrická nebezpečí
2.1	Kontakt osob s částmi pod napětím
2.2	Kontakt osob s částmi, které se dostanou pod napětí při poruchových podmínkách
2.3	Přístup k částem pod vysokým napětím
2.4	Od blesku
3	Tepelná nebezpečí
4	Nebezpečí vyvolaná hlukem
5	Nebezpečí vyvolaná materiály a látkami
5.1	Nebezpečí požáru nebo výbuchu
6	Nevhodný výběr řetězů, lan, zvedání a příslušenství
7	Spouštění břemena při ovládní třecí brzdou
8	Nesprávné podmínky montáže/použití/údržby
9	Účinkem břemena na osoby

Tabulka 1: Nebezpečí

¹ČSN EN 14010+A1; 2010 Bezpečnost strojních zařízení – Poháněná zařízení pro parkování motorových vozidel – Požadavky na bezpečnost a elektromagnetickou kompatibilitu pro navrhování, výrobu, montáž a uvádění do provozu, s. 9, 15- 17.

Č.	Nebezpečí
10	Nebezpečí vyvolaná zanedbáním ergonomických zásad
10.1	Nezdravé polohy, nadměrná námaha
10.2	Nevhodné osvětlení
10.3	Lidská chyba
10.4	Nevhodné umístění nebo identifikace ručních ovladačů
10.5	Nevhodné umístění zobrazovacích jednotek
10.6	Nedostatečný výhled z místa obsluhy
11	Kombinace nebezpečí
12	Neočekávané spuštění, překročení rychlosti apod.
12.1	Selhání ovládacího systému
12.2	Obnovení dodávky energie po přerušení
12.3	Vnější vlivy na elektrickou výbavu
12.4	Chyby softwaru
12.5	Chyby obsluhy
13	Nemožnost zastavit stroj v nejlepších podmínkách
14	Porucha dodávky energie
15	Porucha ovládacího obvodu
16	Chyby instalace
17	Rozbití při provozu
18	Výron tekutin
19	Ztráta stability
20	Uklouznutí, zakopnutí a pád osob
21	Nebezpečné události od pádu nákladu, srážek, naklánění
21.1	Ztráta stability
21.2	Přetížení – překročení klopných momentů
21.3	Neřízená amplituda pohybů
21.4	Neočekávaný pohyb nákladu
21.5	Nevhodné upínací příslušenství
22	Přístup osob na nosné části
23	Vykolejení
24	Nedostatečná mechanická pevnost částí
25	Nevhodný návrh kladek, bubnů

Tabulka 2: Nebezpečí – pokračování

Zdroje nebezpečí

Následující kapitola obsahuje příklady možných zdrojů nebezpečí. Čerpáno z normy ČSN EN ISO 12100.

Zdroj nebezpečí	Možné následky
Řezné části	Pořezání, oddělení
Padající předměty	Stlačení, naražení
Pohybující se prvky	Stlačení, naražení, stříh, oddělení, odření
Rotující prvky	Vtažení, tření, odření, naražení, navinutí
Tíže, stabilita	Stlačení, zachycení
Živé elektrické části	Zasažení el. Proudem, popálení, opaření
Předměty s vysokou nebo nízkou teplotou	Popálení
Vibrující zařízení	Poškození kloubů, cévní poškození
Hlučný výrobní proces	Únava, zhoršení sluchu, ztráta vědomí, stres
Laserový paprsek	Popálení, poškození zraku a kůže
Prach	Obtížné dýchání, výbuch, ztráta zraku
Poloha těla	Nepohodlí, námaha, svalové poškození

Tabulka 3: Zdroje nebezpečí

Možných zdrojů nebezpečí je samozřejmě mnoho, zde jsou uvedeny jen některé. Zdroje nebezpečí je důležité identifikovat, jelikož následné opatření se od těchto zdrojů odvíjí. Například v tabulce můžeme vidět, že nebezpečí stlačení se vyskytuje u více zdrojů nebezpečí. Proto výsledné opatření musí záviset na konkrétním zdroji nebezpečí. Nelze ošetřovat nebezpečí stlačení u padajícího předmětu stejně, jako u pohybující se části stroje, i když výsledek je stejný nebo podobný.

Na nebezpečí ale do určité míry lze pohlížet obecně, uveďme třeba příklad nebezpečí stříhu. Jedná se o nebezpečí vniknutí části lidského těla mezi pohybující se části. To lze ošetřit buďto zvětšením mezery pro bezpečnější vniknutí, nebo zmenšením mezery pro zabránění vniknutí.

ČSN EN ISO 13849-1

Klíčová norma pro tuto práci jelikož uvádí bezpečnostní požadavky a pokyny pro zásady konstrukce a integrace bezpečnostních částí ovládacích systémů (SRP/CS), včetně návrhu software. Pro tyto části SRP/CS specifikuje norma vlastnosti, které zahrnují úroveň vlastností požadovanou k vykonávání bezpečnostních funkcí.

Zde musíme zavést několik daných termínů, s kterými norma pracuje:

- **Bezpečnostní část ovládacího systému SRP/CS** (safety-related part of a control system) – část ovládajícího systému, která reaguje na bezpečnostní vstupní signály a vytváří bezpečnostní výstupní signály
- **Kategorie** – klasifikace bezpečných částí ovládacího systému vzhledem k odolnosti proti závadám a jejich následnému chování v podmínce závady, kterého je dosaženo konstrukčním uspořádáním části, detekcí závady a/nebo jejich spolehlivostí.
- **Závada** – stav objektu charakterizovaný neschopností vykonávat požadovanou funkci, kromě neschopnosti při preventivní údržbě nebo jiných plánovaných činnostech, nebo způsobený nedostatkem vnějších zdrojů.
- **Porucha** – ukončení schopnosti objektu plnit požadovanou funkci
- **Škoda** – fyzické zranění nebo poškození zdraví
- **Nebezpečí** – potenciální zdroj škody
- **Riziko** – kombinace pravděpodobnosti výskytu škody a závažnosti této škody
- **Hodnocení rizika** – rozhodnutí, na základě analýzy rizika, zda bylo dosaženo cílů snížení rizika
- **Bezpečnostní funkce** – funkce stroje, jejíž porucha může vést k okamžitému zvýšení rizika
- **Úroveň vlastností PL** (Performance level) – diskrétní úroveň používaná k určení schopností SRP/CS k vykonávání bezpečnostní funkce při předvídatelných podmínkách
- **Požadovaná úroveň vlastností PL_r** – úroveň vlastností používaná k tomu, aby bylo dosaženo pro každou bezpečnostní funkci požadovaného snížení rizika
- **Střední doba do nebezpečné poruchy MTTF_a** (mean time to dangerous failure) – očekávaná střední doba do nebezpečné poruchy
- **Diagnostické pokrytí DC** (diagnostic coverage) – míra účinnosti diagnostiky, která může být určena jako podíl intenzity poruch detekovaných nebezpečných poruch a intenzity poruch všech nebezpečných poruch
- **Doba používání T_M** – doba předpokládaného používání SRP/CS
- **Úroveň integrity bezpečnosti SIL** – diskrétní úroveň pro stanovení požadavků integrity bezpečnosti bezpečnostních funkcí.

Bezpečnostní část ovládacího systému SRP/CS

Bezpečnostní části ovládacího systému (SRP/CS) vykonávají bezpečnostní funkce s úrovní vlastností PL, díky které se dosáhne požadovaného snížení rizika. Bezpečnostní funkcí je myšleno zabudovaná část konstrukce nebo ovládání bezpečnostních nebo ochranných zařízení (např.: funkce bezpečného zastavení, zamezení neočekávaného spuštění, funkce ručního opětovného nastavení, funkce vyřazení, nebo funkce dveří s blokováním pracího stroje). Úrovně vlastností PL jsou kategorizovány do 5 úrovní (a-e) a vyjadřují průměrnou pravděpodobnost nebezpečné poruchy za hodinu (viz **tabulka 4: PL**). Požadovaná úroveň PL_r je pak výsledkem posouzení rizika a týká se rozsahu snížení rizika, které má být dosaženo pomocí SRP/CS. Čím větší je požadovaný rozsah snížení rizika, tím vyšší musí být PL_r .

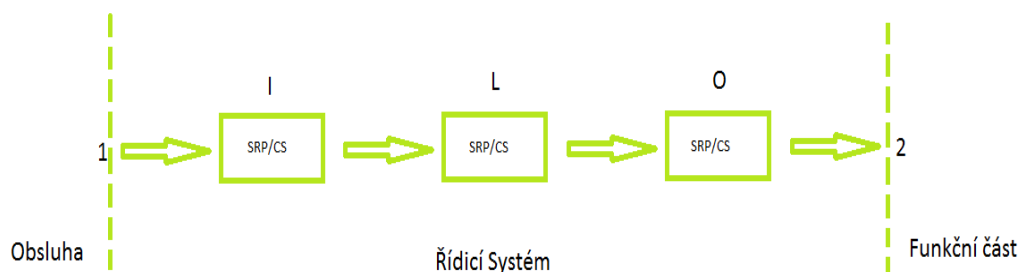
PL	Průměrná pravděpodobnost nebezpečné poruchy za jednu hodinu
a	10^{-5} až 10^{-4}
b	$3 \cdot 10^{-6}$ až 10^{-5}
c	10^{-6} až $3 \cdot 10^{-6}$
d	10^{-7} až 10^{-6}
e	10^{-8} až 10^{-7}

K dosažení úrovně vlastností jsou, vedle průměrné pravděpodobnosti nebezpečné poruchy za hodinu nezbytná také jiná opatření.

Tabulka 4: PL

Schematické zobrazení bezpečnostní funkce, která se skládá z bezpečnostních částí ovládacího systému, je na **obrázku 2: Schéma**. Číslice 1 značí začátek události např.: stisk tlačítka.

Následuje vstup - I, logika - L a výstup - O. Číslice 2 symbolizuje pohon stroje.



Obrázek 2: Schéma

POLOAUTOMATICKÉ PARKOVACÍ ZAŘÍZENÍ – KOMA LIFT S

Stroj, který bude v této práci posuzován z hlediska rizik, je poloautomatické parkovací zařízení od firmy KOMA parking. Jedná se o poloautomatický parkovací systém určen pro parkování dvou osobních automobilů nad sebou ve zděné garáži (viz **obrázek 3: KOMA LIFT S**).

Parametry parkovacího prostoru:

Počet pater	2
Počet parkovacích míst	2
Počet Vjezdových prostor	1

Tabulka 5: Parametry prostoru

Parametry zaparkovaného automobilu:

Spodní patro	Rozměrové parametry pro vůz typu combi
Horní patro	Rozměrové parametry pro vůz typu SUV
Hmotnost	3000 Kg

Tabulka 6: Parametry vozidla



Obrázek 3: KOMA LIFT S

STANOVENÍ RIZIK

Prvky rizika určíme z **tabulky 1: Nebezpečí**. Takovéto určení je velice závislé na tom, kdo analýzu rizik provádí a proto je nezbytně nutné, aby byl obeznámen právě se všemi možnými riziky a bylo uvažováno veškeré předpokládané používání a předvídatelné nesprávné použití. Práce se zabývá jen riziky, jejichž opatření závisí na SRP/CS, tudíž jsou uvedena pouze tyto rizika.

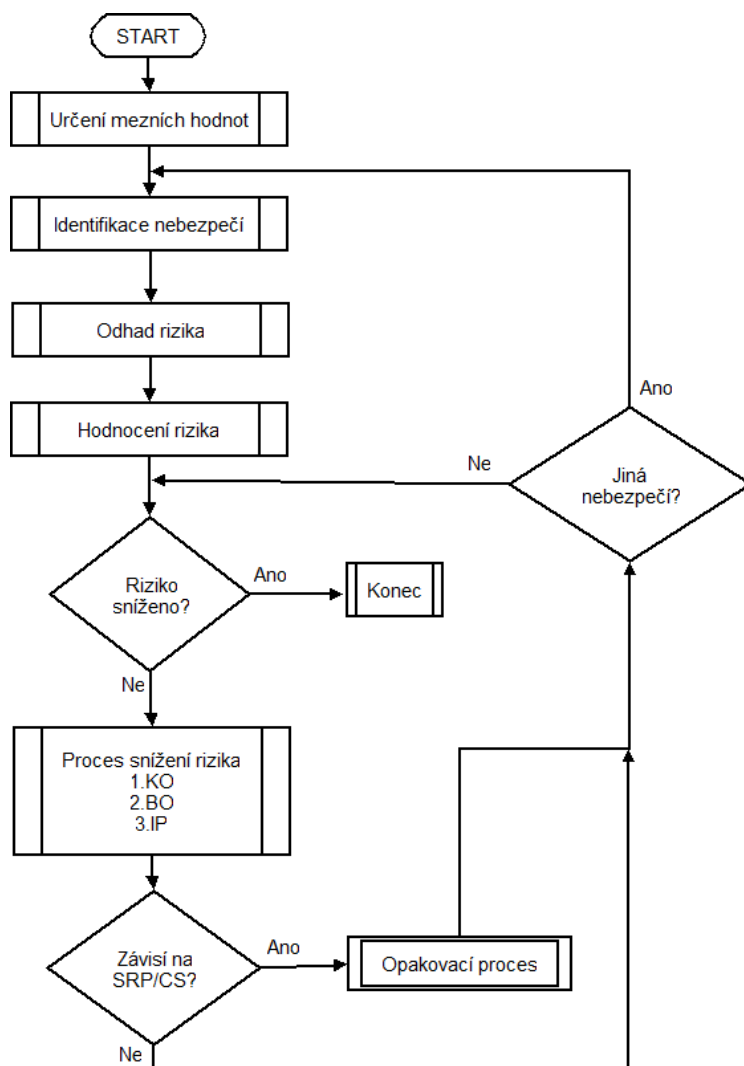
Rizika pro poloautomatické parkovací zařízení – KOMA LIFT S:

- Nebezpečí stříhu
- Nebezpečí navinutí
- Nebezpečí vtažení
- Nebezpečí nárazu
- Nebezpečí bodnutí nebo propíchnutí
- Nebezpečí poruchou/selháním ovládacího systému
- Nebezpečí obnovou dodávky energie po přerušení
- Nebezpečí vnějšími vlivy působícími na elektrickou výbavu
- Nebezpečí chybami softwaru
- Nebezpečí chybami obsluhy
- Nemožnost zastavení stroje v nejvhodnějších podmínkách
- Nebezpečí poruchy dodávky energie
- Nebezpečí poruchy řídicího obvodu
- Nebezpečí chyb instalace
- Nebezpečí nesprávnými podmínkami montáže/zkoušení/použití/údržby

Rizika byla stanovena firmou KOMA Parking a.s. na základě normy ČSN EN ISO 14010+A1.

POSOUZENÍ RIZIKA

Při posuzování rizika postupujeme podle algoritmu znázorněném na obrázku 4: **Posouzení rizika**. Zabýváme se riziky, jejichž opatření závisejí na ovládacím systému, čímž se dostáváme k tzv. Opakovacímu procesu konstrukce SRP/CS, který je na **obrázku 5: Opakovací proces**. Slouží ke splnění bezpečnostních požadavků SRP/CS.



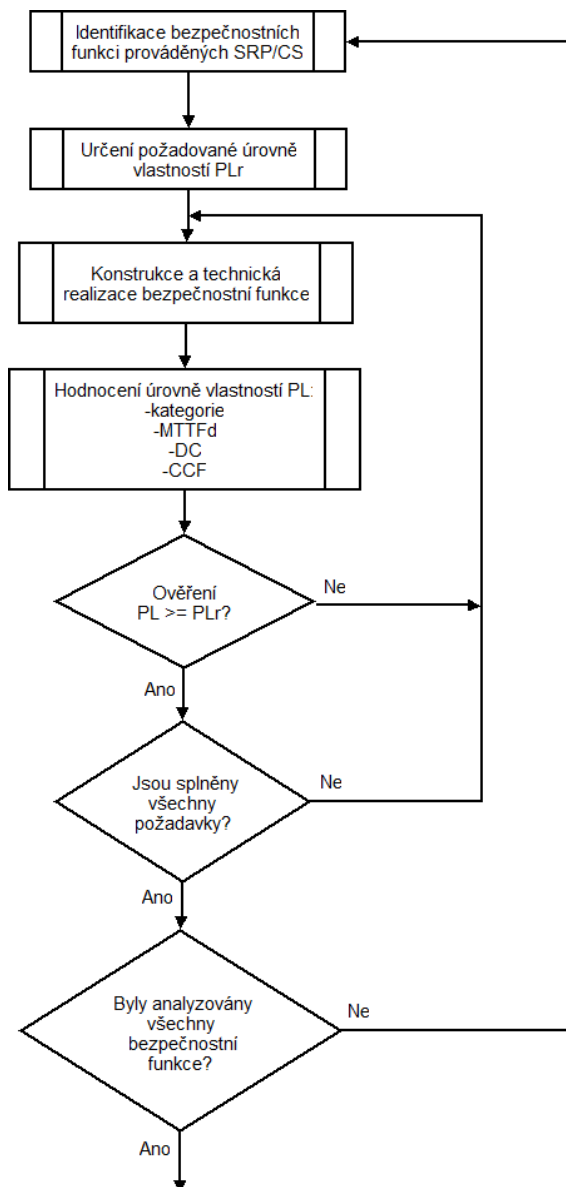
Obrázek 4: Posouzení rizika

KO – Konstrukční opatření – Vhodná volba konstrukčních vlastností samotného stroje.

BO – Bezpečnostní a ochranná opatření – Ochranné kryty a ochranná zařízení, např. zařízení nouzového zastavení.

IP – Informace pro používání a organizační opatření – Komunikační prostředky předávající informace pro používání

Pořadí kroků procesu snížení rizika je nutné dodržet. KO mají nejvyšší prioritu, jelikož jsou stále účinná. BO může selhat, nebo lze obejít a IP bývá nedodržováno.



Obrázek 5: Opakovací proces

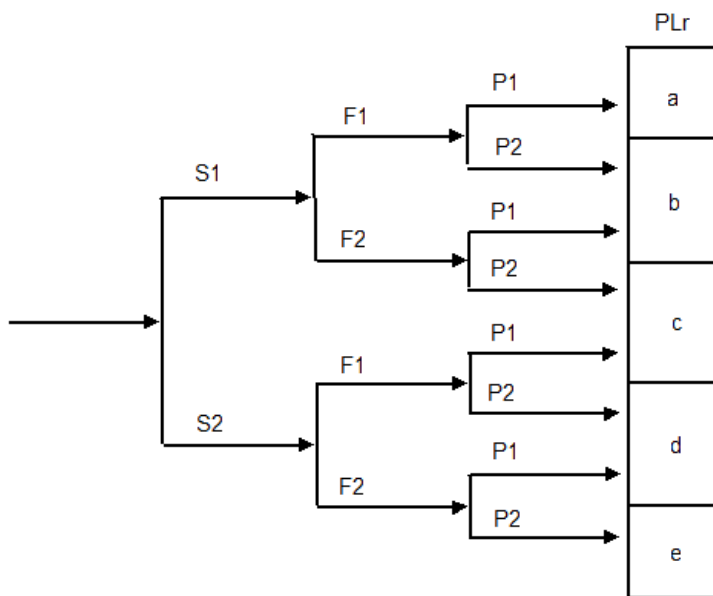
- Nejprve je nutné určit, jaké bezpečnostní funkce budou vykonávány a pro tyto funkce můžeme následně určovat PLr.
- Následuje konstrukční část, při které již volíme konkrétní prvky (např. tlačítko) a z jejich technických parametrů vypočítáme PL.
- Tyto dvě úrovně vlastností porovnáme a při úspěšném porovnání se proces opakuje pro všechny bezpečnostní funkce.

Určení požadované úrovně vlastností PL_r

Volba požadované úrovně vlastností PL_r se provádí za pomoci relativně snadno odhadnutelných parametrů:

- **S** – **závažnost zranění**, dělí se na lehkou S1 a těžkou S2. S1 může být třeba pohmoždění či tržná rána, S2 amputace, nebo smrt.
- **F** – **doba vystavení nebezpečí**, dělí se na F2 – v případě, že je osoba vystavena nebezpečí často, nebo nepřetržitě, bez ohledu na to, je-li nebezpečí vystavena tatáž osoba; a na F1 – v případě je-li přístup k nebezpečí pouze čas od času.
- **P** – **Možnost vyloučení**. Je-li reálná možnost vyloučení nebezpečné situace, volí se parametr P1. P2 pak v případě, že není téměř možné nebezpečí vyloučit. Tento parametr může být ovlivněn například skutečností, že je nebo není provoz pod dohledem odborníků, nebo rychlostí jakou vzniká nebezpečí.

Volbou těchto parametrů dosáhneme požadované úrovně vlastností dle **obrázku 6: PL_r** .



Obrázek 6: PL_r

Určení PL_r pro poloautomatické parkovací zařízení

Požadovanou úroveň vlastností budeme určovat pro rizika stanovená v kapitole 4 Stanovení rizik.

V tomto případě jsme dosáhli stejné požadované úrovně vlastností u všech nebezpečí.

Parametry pro určení PL_r byly voleny firmou KOMA parking.

- **Nebezpečí stříhu:**

Závažnost možného poškození (S)	S1	S1	S1	S1	S2	S2	S2	S2
Četnost a doba trvání nebezpečných situací (F)	F1	F1	F2	F2	F1	F1	F2	F2
Možnost omezení/vyloučení nebezpečí (P)	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2
Požadovaná úroveň PL_r	a	b	b	c	c	d	d	e

- **Nebezpečí navinutí:**

Závažnost možného poškození (S)	S1	S1	S1	S1	S2	S2	S2	S2
Četnost a doba trvání nebezpečných situací (F)	F1	F1	F2	F2	F1	F1	F2	F2
Možnost omezení/vyloučení nebezpečí (P)	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2
Požadovaná úroveň PL_r	a	b	b	c	c	d	d	e

- **Nebezpečí vtažení:**

Závažnost možného poškození (S)	S1	S1	S1	S1	S2	S2	S2	S2
Četnost a doba trvání nebezpečných situací (F)	F1	F1	F2	F2	F1	F1	F2	F2
Možnost omezení/vyloučení nebezpečí (P)	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2
Požadovaná úroveň PL_r	a	b	b	c	c	d	d	e

- **Nebezpečí nárazu:**

Závažnost možného poškození (S)	S1	S1	S1	S1	S2	S2	S2	S2
Četnost a doba trvání nebezpečných situací (F)	F1	F1	F2	F2	F1	F1	F2	F2
Možnost omezení/vyloučení nebezpečí (P)	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2
Požadovaná úroveň PL_r	a	b	b	c	c	d	d	e

- **Nebezpečí způsobené poruchou ovládacího systému:**

Závažnost možného poškození (S)	S1	S1	S1	S1	S2	S2	S2	S2
Četnost a doba trvání nebezpečných situací (F)	F1	F1	F2	F2	F1	F1	F2	F2
Možnost omezení/vyloučení nebezpečí (P)	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2
Požadovaná úroveň PL_r	a	b	b	c	c	d	d	e

- **Nebezpečí způsobeno obnovou dodávky energie po přerušení:**

Závažnost možného poškození (S)	S1	S1	S1	S1	S2	S2	S2	S2
Četnost a doba trvání nebezpečných situací (F)	F1	F1	F2	F2	F1	F1	F2	F2
Možnost omezení/vyloučení nebezpečí (P)	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2
Požadovaná úroveň PL_r	a	b	b	c	c	d	d	e

- **Nebezpečí vnějšími vlivy působícími na elektrickou výbavu:**

Závažnost možného poškození (S)	S1	S1	S1	S1	S2	S2	S2	S2
Četnost a doba trvání nebezpečných situací (F)	F1	F1	F2	F2	F1	F1	F2	F2
Možnost omezení/vyloučení nebezpečí (P)	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2
Požadovaná úroveň PL_r	a	b	b	c	c	d	d	e

- **Nebezpečí chybami softwaru:**

Závažnost možného poškození (S)	S1	S1	S1	S1	S2	S2	S2	S2
Četnost a doba trvání nebezpečných situací (F)	F1	F1	F2	F2	F1	F1	F2	F2
Možnost omezení/vyloučení nebezpečí (P)	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2
Požadovaná úroveň PL_r	a	b	b	c	c	d	d	e

- **Nebezpečí chybami obsluhy:**

Závažnost možného poškození (S)	S1	S1	S1	S1	S2	S2	S2	S2
Četnost a doba trvání nebezpečných situací (F)	F1	F1	F2	F2	F1	F1	F2	F2
Možnost omezení/vyloučení nebezpečí (P)	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2
Požadovaná úroveň PL_r	a	b	b	c	c	d	d	e

- **Nebezpečí nemožností zastavení stroje v nejvhodnějších podmínkách:**

Závažnost možného poškození (S)	S1	S1	S1	S1	S2	S2	S2	S2
Četnost a doba trvání nebezpečných situací (F)	F1	F1	F2	F2	F1	F1	F2	F2
Možnost omezení/vyloučení nebezpečí (P)	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2
Požadovaná úroveň PL _r	a	b	b	c	c	d	d	e

- **Nebezpečí poruchy energie:**

Závažnost možného poškození (S)	S1	S1	S1	S1	S2	S2	S2	S2
Četnost a doba trvání nebezpečných situací (F)	F1	F1	F2	F2	F1	F1	F2	F2
Možnost omezení/vyloučení nebezpečí (P)	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2
Požadovaná úroveň PL _r	a	b	b	c	c	d	d	e

- **Nebezpečí poruchy řídicího obvodu:**

Závažnost možného poškození (S)	S1	S1	S1	S1	S2	S2	S2	S2
Četnost a doba trvání nebezpečných situací (F)	F1	F1	F2	F2	F1	F1	F2	F2
Možnost omezení/vyloučení nebezpečí (P)	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2
Požadovaná úroveň PL _r	a	b	b	c	c	d	d	e

- **Nebezpečí chyb instalace:**

Závažnost možného poškození (S)	S1	S1	S1	S1	S2	S2	S2	S2
Četnost a doba trvání nebezpečných situací (F)	F1	F1	F2	F2	F1	F1	F2	F2
Možnost omezení/vyloučení nebezpečí (P)	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2
Požadovaná úroveň PL_r	a	b	b	c	c	d	d	e

- **Nebezpečí nesprávných podmínek montáže, zkoušení, údržby:**

Závažnost možného poškození (S)	S1	S1	S1	S1	S2	S2	S2	S2
Četnost a doba trvání nebezpečných situací (F)	F1	F1	F2	F2	F1	F1	F2	F2
Možnost omezení/vyloučení nebezpečí (P)	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2
Požadovaná úroveň PL_r	a	b	b	c	c	d	d	e

Tabulka 7: Určení PLr

URČENÍ ÚROVNĚ VLASTNOSTÍ PL

Určení skutečné úrovně vlastností PL je provedeno opět za pomoci parametrů a to následujících:

- Kvantitativní:
 - Struktura SRP/CS
 - Hodnota střední doby do nebezpečné poruchy $MTTF_d$
 - Diagnostické pokrytí DC
 - Porucha se společnou příčinou CCF
- Kvalitativní:
 - Chování bezpečnostní funkce v podmínkách závady
 - Bezpečnostní software
 - Systematické poruchy
 - Schopnost vykonávat bezpečnostní funkci v očekávaných podmínkách prostředí

Najdou se i jiné parametry jako například provozní hlediska, rozsah zkoušky atd., které mají také určitý vliv. Tato práce se bude zabývat kvantitativními parametry.

Struktura SRP/CS

Jelikož základní koncepce SRP/CS jsou často podobné (přesto rozmanitost struktur je velká), může být většina struktur zařazena do jedné z kategorií: B, 1, 2, 3, nebo 4. Tyto kategorie stanovují požadované chování SRP/CS s ohledem na jejich konstrukci. Požadavky na jednotlivé kategorie a provázanost s ostatními kvantitativními parametry znázorňuje **tabulka 8: Kategorie**.

Kategorie	Přehled Požadavků	Systém chování	MTTF _d	DC _{avg}	CCF
B	SRP/CS musí být navrženy podle relevantních norem tak, že mohou odolávat očekávaným vlivům. Musí být použity základní bezpečnostní zásady.	Výskyt závady může vést ke ztrátě bezpečnostní funkce.	Krátká až střední	Žádné	Nerelevantní
1	B + Musí být použity osvědčené bezpečnostní zásady	B, ale pravděpodobnost výskytu je menší.	Dlouhá	B	B
2	1+ Bezpečnostní funkce musí být kontrolována ve vhodných intervalech ovládacím systémem stroje.	B pouze mezi kontrolami. Ztráta bezpečnostní funkce je detekována kontrolou	Krátká až dlouhá	Nízké až střední	
3	1+ Bezpečnostní části musí být navrženy tak, aby: -jednotlivá závada nevedla ke ztrátě bezpečnostní funkce -kdykoliv je to rozumně možné, jednotlivá závada byla detekována.	Vyskytne-li se závada, bezpečnostní funkce je vždy zachována. Některé závady budou detekovány. Nahromadění nedetekovaných závad může vést ke ztrátě bezpečnostní funkce.	2	2	
4	3+ není-li možné jednotlivou závadu detekovat, pak nahromadění nedetekovaných závad nesmí vést ke ztrátě bezpečnostní funkce.	3 + detekce nahromaděných závad snižuje pravděpodobnost ztráty bezpečnostní funkce.	Dlouhá	Vysoké, včetně nahromadění závad	

Tabulka 8: Kategorie

Střední doba do nebezpečné poruchy $MTTF_d$

Je to kvalitativní vyjádření bezpečnostní funkce v letech. Rozsah hodnot $MTTF_d$ je v **tabulce 9: MTTF**.

Vzorec pro učení hodnoty $MTTF_d$:

$$MTTF_d = \frac{B10_d}{0.1 * n_{op}} \quad [1]$$

Kde:

$B10_d$ [cykly] = stření počet cyklů do nebezpečného selhání 10% součástí

$$B10_d = B10 * 2$$

Střední počet činností za rok n_{op} je dán vztahem:

$$n_{op} = \frac{d_{op} * h_{op} * 3600s/h}{t_{cycle}} \quad [2]$$

Kde:

h_{op} [h/d] je střední doba provozu

d_{op} [d/rok] je střední doba provozu

t_{cycle} [s/cykly] je průměrná doba cyklu součásti (například sepnutí ventilu)

Parametr $B10_d$ je dán výrobcem, mnohdy výrobce dodává přímo $MTTF_d$.

Je-li $MTTF_d$ více než 100 let, použije se v následných výpočtech 100 let.

MTTF _d	
Označení doby každého kanálu	Rozsah doby každého kanálu
Krátká	<3 roky; 10 roků)
Střední	<10 roků; 30 roků)
Dlouhá	<30 roků; 100 roků)

Tabulka 9: MTTF_d

Diagnostické pokrytí DC

Procentuální vyjádření účinnosti diagnostiky tzn., čím více poruch je detekovaných, tím kvalitnější je diagnostika rizika. Lze zapsat také do vztahu:

$$DC = \frac{\Sigma \text{detekované poruchy}}{\Sigma \text{všechny poruchy}} \quad [3]$$

Kategorizuje se do 4 úrovní, viz **tabulka 10: DC**. Procentuální hodnoty tohoto rozdělení nejsou náhodné, a sice hodnota 1-DC vytváří druh logaritmické stupnice, odpovídající logaritmické stupnici PL. Uvedené mezní hodnoty této tabulky mají předpokládanou přesnost $\pm 5\%$. K určení PL se používá průměrného diagnostického pokrytí DC_{avg} , které vyjadřuje průměrné DC pro všechny SRP/CS. Platí pro něj vztah:

$$DC_{avg} = \frac{\frac{DC_1}{MTTF_{d1}} + \frac{DC_2}{MTTF_{d2}} + \dots + \frac{DC_n}{MTTF_{dn}}}{\frac{1}{MTTF_{d1}} + \frac{1}{MTTF_{d2}} + \dots + \frac{1}{MTTF_{dn}}} \quad [4]$$

DC	
Označení	Rozsah
Žádné	<0%; 60%)
Nízké	<60%; 90%)
Střední	<90%; 99%)
Vysoké	<99%; 100%>

Tabulka 10: DC

Porucha se společnou příčinou CCF

Opatření proti této poruše se provádí za pomoci bodovacího systému, uvedeném v **tabulce 11: CCF**. Je pro něj rozhodující hranice 65 bodů, kdy vyšší počet rozhoduje ve prospěch – splnění požadavků a nižší počet v neprospěch – volba dalších opatření. Jednotlivá opatření jsou bodována buďto plným počtem, anebo nulou. Je-li opatření splněno pouze částečně, hodnotí se nulově. V našem případě tento parametr pro určení PL nepoužijeme, jelikož využijeme zjednodušeného odhadu PL.

Č.	Opatření proti CCF	Počet bodů
1	Oddělení/segregace	
	Fyzické oddělení mezi jednotlivými dráhami signálu: -oddělení u vodičů -dostatečné vzduchové a povrchové vzdálenosti na deskách s plošnými spoji	15
2	Diverzita	
	Jsou použity různé technologie nebo fyzikální principy, např.: -první kanál programovatelná elektronika a druhý kanál pevně spojen -druh iniciace -tlak a teplota Měření vzdálenosti a tlaku: -digitálně a analogicky Součásti různých výrobců	20
3	Konstrukce/použití/zkušnosti	
	Ochrana proti přepětí, přetlaku, nadproudu	15
	Jsou použity osvědčené součásti	5
4	Posouzení/analýza	
	Jsou k vyloučení poruch se společnou příčinou v konstrukci uvažovány výsledky režimu poruchy a analýza účinku?	5
5	Způsobilost/zácvik	
	Byl konstruktér/údržbář zacvičen k pochopení příčin a následků poruch se společnou příčinou?	5
6	Prostředí	
	Zamezení kontaminace a elektromagnetická kompatibilita proti CCF podle příslušných norem. Fluidní systémy: filtrace tlakového média, zamezení nasávání nečistot, odvodnění stlačeného vzduchu, např. Ve shodě s požadavky výrobce součástí týkající se čistoty tlakového média. Elektrické systémy: byl systém kontrolován na elektromagnetickou odolnost, např. Tak, jak je specifikováno v relevantních normách proti CCF? Pro kombinované fluidní a elektrické systémy mají být uvažována obě hlediska.	25
	Ostatní vlivy Byly uvažovány požadavky na odolnost proti všem relevantním vlivům prostředí, např. Teplota, rázy, vibrace, vlhkost (např. Tak, jak je specifikováno v relevantních normách)?	10
Celkem		

Tabulka 11: CCF

Zjednodušený odhad PL

Metoda využívá znalost stanovených architektur (bezpečnostní blokové schéma) pro každou úroveň kategorie B – 4. Pro tyto definované architektury platí odhad PL podle **tabulky 12**:

Určení PL. K tomuto odhadu je zapotřebí předem vypočítat výše zmíněné parametry: $MTTF_d$, DC_{AVG} , Kategorie.

	Kategorie	B	1	2	2	3	3	4
$MTTF_d$	DC_{AVG}	Žádné	Žádné	Nízké	Střední	Nízké	Střední	Vysoké
Krátká	a	nepokryta	a	b	b	c	nepokryta	
Střední	b	nepokryta	b	c	c	d	nepokryta	
Dlouhá	nepokryta	c	c	d	d	d	e	

Tabulka 12: Určení PL

PRAKTICKÉ USNADNĚNÍ

Popsaný systém určování požadované i skutečné úrovně vlastností má jasná a přesně definovaná pravidla a jeho proces lze popsat algoritmičticky. Proto v praxi lze využít programového řešení a usnadnit tak konstruktérovi jeho práci.

Cílem této práce není sestavit aplikaci pro analýzu rizika, ale přesto zde uvedu vlastní návrh základů takového řešení, které bude popsáno pouze principiálně. Kód programu viz **obsah příloženého CD: zdrojovy_kod**.

Jako nástroj k tomuto řešení je použit databázový systém **MySQL** a webové programovací jazyky **HTML** a **PHP**. Prostředí pro uživatele je tedy tvořeno webovou stránkou a data potřebná k určení analyzované situace jsou uložena ve vzdálené databázi. Samotné vyhodnocení je provedeno vnořením několika základních **if** podmínek.

Uživatel nejprve zvolí situaci, kterou chce analyzovat (**obrázek 7: Situace**):



Bezpecnost elektricky ovládaných zařízení

Slouží k určení požadované úrovně vlastností a skutečné úrovně vlastností bezpečnostní funkce, kterou zajišťuje bezpečnostní část ovládacího systému. Analýza probíhá dle normy CSN EN ISO 13849.

[Provedena analyza](#)

Vyber situace

Situace

Obrázek 7: Situace

Zvolena situace pro případ, kterým se tato práce zabývá (zřízení pro parkování vozidel). Poté uživatel vybere konkrétní riziko pro tuto situaci (**Obrázek 8: riziko**). Výběr rizika je omezen právě vybranou situací

Bezpečnost elektricky ovládaných zařízení

Zarizeni a systemy pro mechanicke parkovani motorovych vozidel

Popis:

Zarizeni a systemy pro mechanicke parkovani motorovych vozidel, ktera maji Ctyri kola, s maximalnimi obrysovymi rozmery 5,30 m delka, 2,30 m sirka a 2,20 m vyska a s hmotnosti do 2 500 kg. Zarizeni muze byt ovladano rucne, nebo automaticky.

Vyber rizika

Obrázek 8: riziko

Po zvolení rizika má uživatel možnost určit požadovanou úroveň vlastností PLr, nebo skutečnou úroveň vlastností PL (Obrázek 9: parametry)

Zarizeni a systemy pro mechanicke parkovani motorovych vozidel

Popis:

Zarizeni a systemy pro mechanicke parkovani motorovych vozidel, ktera maji Ctyri kola, s maximalnimi obrysovymi rozmery 5,30 m delka, 2,30 m sirka a 2,20 m vyska a s hmotnosti do 2 500 kg. Zarizeni muze byt ovladano rucne, nebo automaticky.

Vyber rizika

Zvolene riziko: **Nebezpeci navinuti**

Zavaznost zraneni: <input type="checkbox"/> Lehke <input type="checkbox"/> Tezke	Kategorie: <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4
Doba vystaveni: <input type="checkbox"/> Zridka <input type="checkbox"/> Casto	Diagnostické pokrytí: <input type="checkbox"/> Zadne <input type="checkbox"/> Nizke <input type="checkbox"/> Stredni <input type="checkbox"/> Vysoke
Možnost vyloučení: <input type="checkbox"/> Realne <input type="checkbox"/> Temer nemozne	MTTFd: <input type="checkbox"/> Kratka <input type="checkbox"/> Stredni <input type="checkbox"/> Dlouha
<input type="button" value="Urcit PLr"/>	<input type="button" value="Urcit PL"/>

Obrázek 9: parametry

Zvolením parametrů je určena PL, nebo PLr a tento výsledek lze uložit, nebo zvolit další situaci (Obrázek 10: výsledek). V takovém případě uživatel o předchozí výsledek přichází.

Bezpečnost elektricky ovládaných zařízení

Na zaklade zvolenych parametru je pozadovana uroven vlastnosti **PLr** = a pro riziko **Nebezpeci navinuti**

Obrázek 10: výsledek

Provedené analýzy lze sledovat a editovat v Seznamu provedených analýz (**Obrázek 11:seznam**):

Bezpecnost elektricky ovládaných zařízení

Seznam provedených analyz:

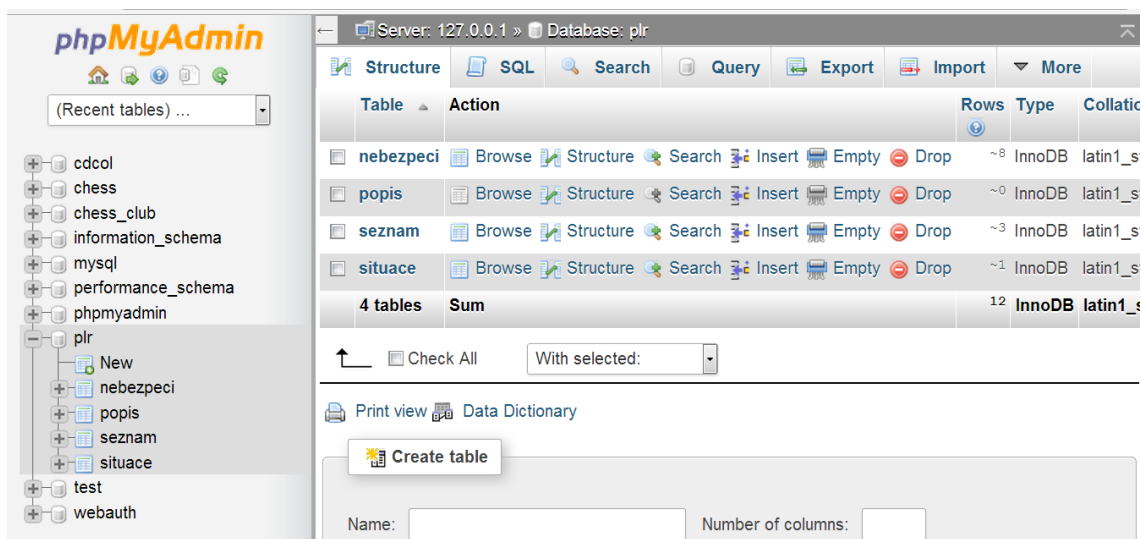
Pocet nalezených analyz: 3

ID	Situace	Nebezpeci	PLr	PL
52	Zarizeni a systemy pro mechanicke parkovani motorových vozidel	Nebezpeci navinuti		a
58	Zarizeni a systemy pro mechanicke parkovani motorových vozidel	Nebezpeci vstrikou nebo vyronu vysokotlake tekutiny	e	
59	Zarizeni a systemy pro mechanicke parkovani motorových vozidel	Nebezpeci strihu		c

Smazat Zmenit Nová analyza

Obrázek 11:seznam

Databázové prostředí phpMyAdmin obsahující 4 tabulky – nebezpečí, popis, seznam a situace:



Obrázek 12: phpMyAdmin

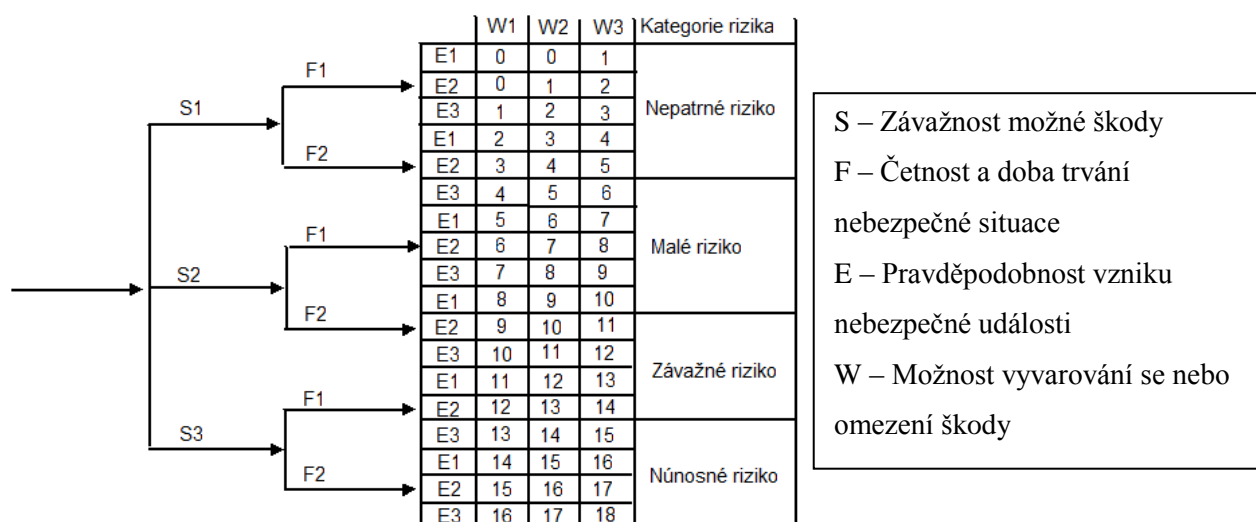
Hlavní podstatou takto provedeného řešení není usnadnění výpočtu PL nebo PLr, ale právě možnost práce s databází, která se do budoucna může rozvíjet o další, normou popsané, situace a této situaci odpovídající rizika. Dále také využití databáze k uložení provedených analýz a lze tak mít dosavadní výsledky vždy zpětně pod kontrolou. Aplikaci lze rozvinout o výpočet parametrů pro určení PL (v dosavadním řešení uživatel pouze vybere již vypočtené parametry), sestavit ji jako systém pro registrované uživatele, kde každý uživatel má své.

Zvolené prostředí webových stránek je pro uživatele příjemné, jelikož se s ním v dnešní době dostává do styku téměř každý. Na druhou stranu s sebou nese nevýhodu v podobě nutnosti připojení k internetu.

ANALÝZA RIZIK POLOAUTOMATICKÉHO PARKOVACÍHO ZAŘÍZENÍ - KOMA LIFT S

Následující podoba analýzy rizik pro konkrétní stroj – poloautomatické parkovací zařízení, vychází z formulářů pro analýzu rizik od firmy KOMA parking a následně upravených firmou COMPAS automatizace, spol. s.r.o., viz **obsah příloženého CD: bezpečnostní formulare**. Z důvodu přehlednosti jsou zde ukázány pouze tři případy provedení posouzení rizik a to pro nebezpečí stříhu, navinutí a vtažení. Pro další rizika (viz **kapitola 5: Stanovení rizik**) lze nalézt provedenou analýzu v příloze – Bezpečnostní formuláře.

Míra rizika je zde určena pomocí rozhodovacího schématu (viz **Obrázek 13: Rozhodovací strom**) uvedeném v ČSN EN 1050:2001. Schéma je podobné rozhodovacímu stromu z kapitoly 6, **Obrázku 6: Plr**. Větší počet parametrů má za následek jemnější (přesnější) stupnici hodnocení.



Obrázek 13: Rozhodovací strom

Následuje identifikace a návrh opatření rizika zpracováno tabulkově, kde symbol **X** značí výběr příslušné možnosti. Nejprve je určeno možné místo vzniku rizika – **Tabulka Zóna nebezpečí**, dále situace v jakých může riziko vzniknout a kdo nebo co je ohroženo. Hodnocení rizika se provádí dvakrát a to před přijetím opatření (**Tabulka Určení rizika před**) a po uvažovaném opatření (**Tabulka Určení rizika po**). Opatření jsou rozdělena do 4 základních sekcí:

- KO (Konstrukční opatření),
- BO (Bezpečnostní a ochranná opatření),
- DO (Doplňková ochrana) – součást BO,
- IP (Informace pro používání a organizační opatření).

V **tabulce Princip opatření** je stručně zachycen smysl myšleného opatření.

Nebezpečí stříhu

Zóna nebezpečí	
Místo obsluhy u ovládacího zařízení	
Místo před vjezdem do garáže v dosahu pohybu palety	
Místo uvnitř garáže	

Tabulka 13: Zóna nebezpečí - Nebezpečí stříhu

Životní fáze		Provozní stav		Ohrožení osob		Majetku	Živ. prostředí
Transport		Normální		Údržbář		X	
Seřizování	X	Nesprávné použití		Seřizovač			
Provoz	X	Předpoklád. použití					
Oprava, údržba	X	Chybná funkce		Neúčastná osoba			
Všechny fáze		Všechny stavy	X	Všechny osoby	X		

Tabulka 14: Situace - Nebezpečí stříhu

Závažnost možné škody		Četnost a doba trvání nebezpečné situace		Pravděpodobnost vzniku nebezpečné události		Možnost vyvarování se nebo omezení škody		Úroveň rizika
Lehké	X	Občas	X	Neppravděpodob.	X	Možné		1
Těžké		Často		Možné		Možné za urč. podm.	X	
Těžké s násl. smrti				Pravděpodobné		Sotva možné		
Míra rizika								
Nepatrné riziko								

Tabulka 15: Určení rizika před - Nebezpečí stříhu

Opatření přijatá ke snížení rizika	
Konstrukční opatření	Existují, mohou/ jsou využita
	Tato opatření jsou dostatečná
Bezpečnostní a ochranná opatření	Jiný typ krytu/ bezpečnostní ochrany
Doplňková opatření	
Informace pro používání a organizační opatření	Optická, akustická
	Průvodní dokumentace, Návod k použití

Tabulka 16: Opatření - Nebezpečí stříhu

Princip provedení přijatých opatření	
KO	
BO	Kryty nejsou použity. Dosahové vzdálenosti převodů odpovídají ČSN EN ISO 13857
DO	
IP	Umístěn výstražný maják. Na komunikaci označit nebezpečný prostor dle návodu k používání

Tabulka 17: Princip opatření - Nebezpečí stříhu

Závažnost možné škody		Četnost a doba trvání nebezpečné situace		Pravděpodobnost vzniku nebezpečné události		Možnost vyvarování se nebo omezení škody		Úroveň rizika
Lehké	X	Občas	X	Nepřavděpodob.	X	Možné	X	0
Těžké		Často		Možné		Možné za urč. podm.		
Těžké s násl. smrti				Pravděpodobné		Sotva možné		
Míra rizika								
Nepatrné riziko								

Tabulka 18: Určení rizika po - Nebezpečí stříhu

Nebezpečí navinutí

Zóna nebezpečí	
Místo obsluhy u ovládacího zařízení	
Místo před vjezdem do garáže v dosahu pohybu palety	
Místo uvnitř garáže	

Tabulka 19: Zóna nebezpečí - Nebezpečí navinutí

Životní fáze		Provozní stav		Ohrožení osob		Majetku	Živ. prostředí
Transport		Normální		Údržbář		X	
Seřizování	X	Nesprávné použití		Seřizovač			
Provoz	X	Předpoklád. použití					
Oprava, údržba	X	Chybná funkce		Neúčastná osoba			
Všechny fáze		Všechny stavy	X	Všechny osoby	X		

Tabulka 20: Situace - Nebezpečí navinutí

Závažnost možné škody		Četnost a doba trvání nebezpečné situace		Pravděpodobnost vzniku nebezpečné události		Možnost vyvarování se nebo omezení škody		Úroveň rizika
Lehké		Občas	X	Nepřavděpodob.		Možné		7
Těžké	X	Často		Možné	X	Možné za urč. podm.	X	
Těžké s násl. smrti				Pravděpodobné		Sotva možné		
Míra rizika								
Malé riziko								

Tabulka 21: Určení rizika před - Nebezpečí navinutí

Opatření přijata ke snížení rizika	
Konstrukční opatření	Existují, mohou/ jsou využita
	Tato opatření jsou dostatečná
Bezpečnostní a ochranná opatření	Jiný typ krytu/ bezpečnostní ochrany
Doplňková opatření	Jiná opatření
Informace pro používání a organizační opatření	Optická, akustická
	Průvodní dokumentace, Návod k použití

Tabulka 22: Opatření - Nebezpečí navinutí

Princip provedení přijatých opatření	
KO	Zamykání ovládání
BO	Kryty nejsou použity. Dosahové vzdálenosti převodů odpovídají ČSN EN ISO 13857
DO	Zákaz přítomnosti osob v garáži při spouštění pohonu
IP	Umístěn výstražný maják. Na komunikaci označit nebezpečný prostor dle návodu k používání

Tabulka 23: Princip opatření - Nebezpečí navinutí

Závažnost možné škody		Četnost a doba trvání nebezpečné situace		Pravděpodobnost vzniku nebezpečné události		Možnost vyvarování se nebo omezení škody		Úroveň rizika
Lehké		Občas	X	Nepřítomnost	X	Možné	X	5
Těžké	X	Často		Možné		Možné za urč. podm.		
Těžké s násl. smrti				Pravděpodobné		Sotva možné		
Míra rizika								
Nepatrné riziko								

Tabulka 24: Určení rizika po - Nebezpečí navinutí

Nebezpečí vtažení

Zóna nebezpečí	
Místo obsluhy u ovládacího zařízení	
Místo před vjezdem do garáže v dosahu pohybu palety	
Místo uvnitř garáže	

Tabulka 25: Zóna nebezpečí - Nebezpečí vtažení

Životní fáze		Provozní stav		Ohrožení osob		Majetku	Živ. prostředí
Transport		Normální		Údržbář		X	
Seřizování	X	Nesprávné použití		Seřizovač			
Provoz	X	Předpoklád. použití					
Oprava, údržba	X	Chybná funkce		Neúčastná osoba			
Všechny fáze		Všechny stavy	X	Všechny osoby	X		

Tabulka 26: Situace - Nebezpečí vtažení

Závažnost možné škody		Četnost a doba trvání nebezpečné situace		Pravděpodobnost vzniku nebezpečné události		Možnost vyvarování se nebo omezení škody		Úroveň rizika
Lehké		Občas	X	Nepřítomnost		Možné		7
Těžké	X	Často		Možné	X	Možné za urč. podm.	X	
Těžké s násl. smrti				Pravděpodobné		Sotva možné		
Míra rizika								
Malé riziko								

Tabulka 27: Určení rizika před - Nebezpečí vtažení

Opatření přijata ke snížení rizika	
Konstrukční opatření	Existují, mohou/ jsou využita
	Tato opatření jsou dostatečná
Bezpečnostní a ochranná opatření	Jiný typ krytu/ bezpečnostní ochrany
Doplňková opatření	Jiná opatření
Informace pro používání a organizační opatření	Optická, akustická
	Průvodní dokumentace, Návod k použití

Tabulka 28: Opatření rizika - Nebezpečí vtažení

Princip provedení přijatých opatření	
KO	Zamykání ovládání
BO	Kryty nejsou použity. Dosahové vzdálenosti převodů odpovídají ČSN EN ISO 13857
DO	Zákaz přítomnosti osob v garáži při spouštění pohonu
IP	Umístěn výstražný maják. Na komunikaci označit nebezpečný prostor dle návodu k používání

Tabulka 29: Princip opatření - Nebezpečí vtažení

Závažnost možné škody		Četnost a doba trvání nebezpečné situace		Pravděpodobnost vzniku nebezpečné události		Možnost vyvarování se nebo omezení škody		Úroveň rizika
Lehké		Občas	X	Nepřítomnost	X	Možné	X	5
Těžké	X	Často		Možné		Možné za urč. podm.		
Těžké s násl. smrti				Pravděpodobné		Sotva možné		
Míra rizika								
Nepatrné riziko								

Tabulka 30: Určení rizika po - Nebezpečí vtažení

ZÁVĚR

Práce v první části splňuje cíl seznámit čtenáře s teorií analýzy rizik, termínů používaných v této oblasti a postupem určení požadovaného výsledku a to v podobě požadovaných úrovní vlastností bezpečnostních funkcí, které jsou vykonávány bezpečnostními částmi ovládacího systému, určené odhadnutím parametrů. A skutečné situace, v podobě úrovní vlastností vypočtených z kvantitativních parametrů.

Pro analyzovaný stroj – poloautomatické parkovací zařízení, byla navržena opatření – viz obsah přiloženého CD: bezpečnostni_formulare. Tři případy uvedeny výše:

Nebezpečí stříhu – Umístěn výstražný maják. Na komunikaci označen nebezpečný prostor dle návodu k používání. Snížení rizika z hodnoty 1 na hodnotu 0. Kategorie rizika zůstává (nepatrné riziko), zvyšuje se zásoba bezpečnosti.

Nebezpečí navinutí – Zamykání ovládání. Zákaz přítomnosti osob v garáži při spouštění pohonu. Umístěn výstražný maják. Na komunikaci označen nebezpečný prostor dle návodu k používání. Snížení rizika z hodnoty 7 na hodnotu 5. Kategorie rizika vylepšena na nepatrné riziko.

Nebezpečí vtažení – stejný případ jako nebezpečí navinutí. Dosaženo snížení rizika z hodnoty 7 na hodnotu 5. Vylepšení kategorie na nepatrné riziko.

Nejvyšší riziko bylo zaznamenáno při nebezpečí nesprávnými podmínkami montáže/zkoušení/použití/údržby a to hodnoty 10 (hranice malého a závažného rizika), která se podařila snížit až na hodnotu 5 (nepatrné riziko). Největší snížení rizika bylo dosaženo při nebezpečí vnějšími vlivy působícími na elektrickou výbavu a to z hodnoty 7 na hodnotu 0. Naopak nejmenší snížení rizika je u výše zmiňovaného nebezpečí stříhu.

Jelikož jsme určili požadovanou úroveň vlastností bezpečnostních funkcí bezpečnostních částí ovládacího systému ve výši C, musí jednotlivé části (tlačítka, logika...) navržených ošetření splňovat nejhůře právě úroveň vlastností C nebo vyšší.

Práce navíc navrhuje programové řešení pomocí databázového systému MySQL, formou webových stránek.

LITERATURA

- [1] ČSN EN ISO 13849-1. *Bezpečnost strojních zařízení – Bezpečnostní části ovládacích systémů – Část 1: Všeobecné zásady pro konstrukci*. Brusel: CEN, 2008. 86 s.
- [2] ČSN EN ISO 13849-2. *Bezpečnost strojních zařízení – Bezpečnostní části ovládacích systémů – Část 2: Ověřování platnosti*. Brusel: CEN, 2008. 76 s.
- [3] ČSN EN 14010+A1. *Bezpečnost strojních zařízení – Poháněná zařízení pro parkování motorových vozidel – Požadavky na bezpečnost a elektrickou kompatibilitu pro navrhování, výrobu, montáž a uvádění do provozu*. Brusel: CEN, 2009.
- [4] STIBOR, Karel. *Bezpečnost v moderním průmyslu [online]*. Brno: VUT v Brně, 2010. Dostupné z WWW: http://www.crr.vutbr.cz/system/files/brozura_07_1010.pdf
- [5] FESTO. *Příručka pro bezpečné konstruování [online]*. CZ, 2008. Dostupné z WWW: http://www.festo.com/net/SupportPortal/Files/26976/HB_Safety_cz.pdf
- [6] STIBOR, Karel. *Postup při aplikaci bezpečnostní techniky*. Brno: VUT v Brně, 2013.
- [7] ČSN EN ISO 12100-1. *Bezpečnost strojních zařízení – Základní pojmy, všeobecné zásady pro konstrukci – Část 1: Základní terminologie, metodologie*. Brusel: CEN, 2009. 106 s.
- [8] KOFLER, Michael. *Mistrovství v MySQL 5: Kompletní průvodce webového vývojáře*. Computer Press, 2007. 789 s.
- [9] Šimůnek, Milan. *SQL Kompletní kapesní průvodce*. Grada Publishing, 1999. 248 s.
- [10] ČSN EN ISO 60812. *Techniky analýzy bezporuchovosti systémů –Postup analýzy způsobů a důsledků poruch (FMEA)*. Brusel: CEN, 2006. 37 s.
- [11] FMEA – Vlastní cesta. *Vlastní cesta [online]*. 23.4.2012 [cit. 2014-03-22]. Dostupné z WWW: <http://www.vlastnicesta.cz/metody/fmea/>

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Riziko obecně	10
Obrázek 2: Schéma	16
Obrázek 3: KOMA LIFT S	17
Obrázek 4: Posouzení rizika.....	19
Obrázek 5: Opakovací proces	20
Obrázek 6: PLr	21
Obrázek 7: Situace	33
Obrázek 8: riziko.....	34
Obrázek 9: parametry	34
Obrázek 10: výsledek.....	34
Obrázek 11: seznam	35
Obrázek 12: phpMyAdmin	35
Obrázek 13: Rozhodovací strom.....	36

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Nebezpečí.....	12
Tabulka 2: Nebezpečí – pokračování.....	13
Tabulka 3: Zdroje nebezpečí.....	14
Tabulka 4: PL.....	16
Tabulka 5: Parametry prostoru.....	17
Tabulka 6: Parametry vozidla.....	17
Tabulka 7: Určení PLr.....	26
Tabulka 8: Kategorie.....	28
Tabulka 9: MTTFd.....	29
Tabulka 10: DC.....	30
Tabulka 11: CCF.....	31
Tabulka 12: Určení PL.....	32
Tabulka 13: Zóna nebezpečí - Nebezpečí stříhu.....	37
Tabulka 14: Situace - Nebezpečí stříhu.....	37
Tabulka 15: Určení rizika před - Nebezpečí stříhu.....	38
Tabulka 16: Opatření - Nebezpečí stříhu.....	38
Tabulka 17: Princip opatření - Nebezpečí stříhu.....	38
Tabulka 18: Určení rizika po - Nebezpečí stříhu.....	38
Tabulka 19: Zóna nebezpečí - Nebezpečí navinutí.....	39
Tabulka 20: Situace - Nebezpečí navinutí.....	39
Tabulka 21: Určení rizika před - Nebezpečí navinutí.....	39
Tabulka 22: Opatření - Nebezpečí navinutí.....	40
Tabulka 23: Princip opatření - Nebezpečí navinutí.....	40
Tabulka 24: Určení rizika po - Nebezpečí navinutí.....	40
Tabulka 25: Zóna nebezpečí - Nebezpečí vtažení.....	41
Tabulka 26: Situace - Nebezpečí vtažení.....	41
Tabulka 27: Určení rizika před - Nebezpečí vtažení.....	41
Tabulka 28: Opatření rizika - Nebezpečí vtažení.....	42
Tabulka 29: Princip opatření - Nebezpečí vtažení.....	42
Tabulka 30: Určení rizika po - Nebezpečí vtažení.....	42

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A: Obsah přiloženého CD.....	48
--------------------------------------	----

Příloha A: Obsah přiloženého CD

- Elektronická verze této práce:
 - Bakalarska_prace_Vaclav_Fiala (.pdf)
- Zdrojový kód programu:
 - /zdrojovy_kod:
 - Soubory formátu *.php
 - /situace:
 - Soubory formátu *.php
 - /nebezpeci:
 - Soubory formátu *.php
- Bezpečnostní formuláře pro všechna rizika (soubory formátu *.doc):
 - Nebezpečí stříhu
 - Nebezpečí navinutí
 - Nebezpečí vtažení
 - Nebezpečí nárazu
 - Nebezpečí bodnutí nebo propíchnutí
 - Nebezpečí poruchou/selháním ovládacího systému
 - Nebezpečí obnovou dodávky energie po přerušení
 - Nebezpečí vnějšími vlivy působícími na elektrickou výbavu
 - Nebezpečí chybami softwaru
 - Nebezpečí chybami obsluhy
 - Nemožnost zastavení stroje v nejvhodnějších podmínkách
 - Nebezpečí poruchy dodávky energie
 - Nebezpečí poruchy řídicího obvodu
 - Nebezpečí chyb instalace
 - Nebezpečí nesprávnými podmínkami montáže/zkoušení/použití/údržby