

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A ROBOTIKY

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND ROBOTICS

POSOUZENÍ BEZPEČNOSTI SOUSTRUHU S-28/750

EVALUATION OF THE SAFETY LEVEL OF A LATHE S-28/750

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER´S THESIS

AUTOR PRÁCE — Bc. Petr Hrozek
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE — doc. Dr. Ing. DANIEL PROSTREDNÍK, CSc.

SUPERVISOR

BRNO 2015

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav výrobních strojů, systému a robotiky

Akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student (ka): Bc. Petr Hrozek

který/která studuje v **magisterském navazujícím studijním programu**

obor: **Kvalita, spolehlivost a bezpečnost (2341T005)**

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

Posouzení bezpečnosti soustruhu S-28/750

v anglickém jazyce:

Evaluation of the safety level of a lathe S-28/750

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Úvod do problematiky bezpečnosti strojních zařízení. Metody posouzení rizika a snížení rizika na tolerovatelnou míru. Metody posouzení úrovně vlastností bezpečnostních částí řídicího systému stroje. Práce s maticí rizik dle ČSN EN ISO 12100 a dle ČSN EN 61508. Posouzení počátečního rizika obráběcího stroje. Návrh preventivních opatření pro snížení tohoto rizika na tolerovatelnou míru.

Cíle diplomové práce:

1) Identifikovat nebezpečí u posuzovaného soustruhu
2) Odhadnout rizika u identifikovaných nebezpečí
3) Navrhnout preventivní opatření pro snížení nepřijatelných rizik
4) Vypočítat úroveň vlastností (PL) u bezpečnostních částí řídicího systému posuzovaného stroje (SRPCS)

Seznam odborné literatury:

ČSN EN ISO 12100
ČSN EN 61508
Strojní směrnice 2006/42/ES
Skriptum Funkční bezpečnost, VUT Brno, Prostředník

Vedoucí diplomové práce: doc. Dr. Ing. Daniel Prostredník, CSc.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2014/2015.

V Brně, dne 3. 3. 2015

L. S.

doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D. Ředitel ústavu	doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D. Děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato práce řeší bezpečnost strojního zařízení. Jsou zde uvedeny a vysvětleny nejdůležitější pojmy z oblasti bezpečnosti strojů a strojních zařízení definované normou ČSN EN 61508 a ČSN EN ISO 12100 a dále pak metody posouzení rizika a snížení rizika na tolerovanou mez. Praktickou část tvoří analýza rizik a návrh a realizace bezpečnostních funkcí pro zadaný soustruh.

Klíčová slova

Bezpečnost, strojní zařízení, analýza rizik, nebezpečí

ABSTRACT

This thesis solves the safety machinery. Here are listed and explained the most important concepts in the field of the safety machinery defined by standards ČSN EN 61508 and ČSN EN ISO 12100. Methods of risk assessment and risk reduction at the tolerated limit are also included. The practical part includes risk analysis and the design and implementation of security features specified lathe.

Key words

Safety, machinery, risk analysis, hazard

Bibliografická citace

HROZEK, Petr. *Posouzení bezpečnosti soustruhu S-28/750*. Brno, 2015. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky. Vedoucí práce doc. Dr. Ing. Daniel Prostředník, CSc.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením doc. Dr. Ing. Daniela Prostředníka, CSc. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 27. května 2015 ……

Bc. Petr Hrozek

Poděkování

Chtěl bych na tomto místě poděkovat vedoucímu práce panu doc. Dr. Ing. Danielu Prostredníkovi, CSc za cenné rady, připomínky a nápady. Dále pak panu Ing. Josefu Němečkovi za pomoc při výrobě výkresové dokumentace.

OBSAH

ÚVOD DO BEZPEČNOSTI A FUNKČNÍ BEZPEČNOSTI 14

BEZPEČNOST 15

1 LEGISLATIVNÍ PODPORA 15
1.1 Zákon číslo 22/1997 Sb., ... 15
1.2 Nařízení vlády č. 176/2008 Sb., ... 16
1.2.1 Základní pojmy 16
1.2.2 Příloha 1 17
1.3 Norma ČSN EN 61508 17
1.3.1 Definice důležitých pojmů dle normy 18
1.3.2 Životní cyklus celkové bezpečnosti 18
1.3.3 Přehled pojmů 18
2 MANAGEMENT RIZIKA 20
2.1 Hranice velikosti rizik pro hodnocení jejich závažnosti 21
2.2 Úroveň bezpečnostní integrity 22

PRAKTICKÁ ČÁST - SOUSTRUH S-28/750 25

3 POPIS STROJE 25
4 IDENTIFIKACE NEBEZPEČÍ A ODHAD JEJICH POČÁTEČNÍHO RIZIKA 26
4.1 Hodnocení rizik a opatření snižující rizika 28
5 STUPNĚ BEZPEČNOSTNÍ INTEGRITY ZAŘÍZENÍ PRO SNÍŽENÍ RIZIK 35
6 NÁVRH A ANALÝZA BEZPEČNOSTNÍCH FUNKCÍ OCHRANNÝCH PRVKŮ 36
7 BEZPEČNOSTNÍ FUNKCE 39
7.1 Funkce nouzové zastavení stroje 39
7.2 Funkce zamezení narušení pracovního prostoru 41
8 REALIZACE BEZPEČNOSTNÍ FUNKCE OCHRANNÉHO PRVKU 45
9 REALIZACE SNÍMÁNÍ POLOHY KRYTU 47
10 SPRÁVNÉ UMÍSTĚNÍ SNÍMAČE PŘI SNÍMÁNÍ POLOHY BEZPEČNOSTNÍHO KRYTU 48
11 BRZDA HLAVNÍHO POHONU 51
11.1 Popis brzdové soustavy 52

ZÁVĚR 53

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ 55

SEZNAM OBRÁZKŮ 56

SEZNAM TABULEK 57

SEZNAM ZKRATEK A SYMBOLŮ 58

SEZNAM PŘÍLOH 59

Úvod do bezpečnosti a funkční bezpečnosti

Úvodem je třeba zmínit, co to vlastně bezpečnost je. Na základě definice se jedná o vyloučení rizika. Nicméně určité riziko nelze zcela vyloučit, vždy nějaké zbytkové riziko zůstane. Výroba je v podstatě riskantní. Cílem bezpečnostních systémů je omezení rizika na přijatelnou mez.[1]
Obecně se může bezpečnost chápat jako stav entity, ve kterém je při jejím užívání ke stanovenému účelu riziko poškození zdraví osob, životního prostředí nebo materiálních ztrát omezeno na přijatelnou mez.

Funkční bezpečnost (functional safety) je nazývána ta část celkové bezpečnosti stroje, která je postavená na principu bezpečného stavu stroje. Jedná se o stav systému, ve kterém nemůže dojít k poškození zdraví nebo majetku, přičemž degradace (přechod ze stavu rozpoznání poruchy do bezpečného stavu) využívá často „spolehlivější“ fyzikální princip. Funkční bezpečnost navazuje na posouzení rizik a jejím cílem je snížení rizika pomocí bezpečnostní části elektrického, elektronického nebo programovatelného řídicího systému.

Poslední dobou se v průmyslu klade čím dál větší důraz na zajištění bezpečnosti, a to jak strojů, tak i obsluhy strojů nebo strojních zařízení. Ze statistických údajů je známo, že zranění způsobená strojem nebo strojním zařízením jsou v průmyslu poměrně častý jev. Kromě možných vážných pracovních úrazů a jejich následků s sebou nesou i značné finanční náklady při odstraňování zniklých škod. Zvýšením zabezpečení takového stroje se sníží riziko způsobení škody a mimo ochranu obsluhy se chrání také majitel a zaměstnavatel před případnými výdaji.

Cílem této diplomové práce je přiblížit problematiku bezpečnosti strojních zařízení a navrhnout jeden z možných postupů bezpečnostního opatření strojního zařízení.

Práce je rozdělena do dvou částí. V první části je popsána legislativa, ve které je uvedeno, že zajištění bezpečnosti stroje nebo strojního zařízení je ze zákona povinné. Dále je zde objasněn postup při návrhu bezpečnostního opatření dle normy ČSN EN 61508. Dodržení této normy je jedna z možností, pro navržení zabezpečení strojního zařízení.
Ve druhé, praktické části této práce, jsou aplikovány teoretické poznatky analýzy rizik, zabezpečení zařízení a následný návrh bezpečnostního systému pro hrotový soustruh S-28/750.

Bezpečnost

V této kapitole jsou uvedeny a blíže popsány právní předpisy a jednotlivé normy používané k zajištění funkční bezpečnosti obráběcích strojů. Dále jsou zde objasněny metody hodnocení rizik, které z těchto norem vyplívají a možné způsoby pro odstranění jednotlivých rizik včetně určení stupně bezpečnostní integrity.

1 Legislativní podpora

1.1 Zákon číslo 22/1997 Sb.,

Jedním z prvních předpisů, se kterým se výrobce nebo dovozce setká je **Zákon číslo 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů.** Povinnosti výrobců, dovozců a distributorů při uvádění výrobků na trh řeší **§8**. Zde se uvádí, že výrobce nebo dovozce je povinen uvádět na trh jen výrobky **bezpečné**. Za **bezpečný výrobek** je považován takový, který za běžných podmínek a po dobu obvyklé použitelnosti výrobku nepředstavuje žádné nebezpečí, případně jeho použití představuje pouze minimální nebezpečí, které lze považovat za přijatelné i vzhledem k vysoké úrovni ochrany výrobku.[2]

Při posuzování bezpečnosti výrobku se sledují zejména vlastnosti výrobku spolu s jeho životností, vlivy výrobku na další výrobky v okolí, způsoby předvádění výrobku včetně jeho značení, návodu k použití a samotné likvidaci výrobku a také kategorie uživatelů, kteří mohou být vážně ohroženi použitím výrobku.
Za bezpečný výrobek je považován takový, který splňuje požadavky příslušného technického předpisu nebo, v případě, že pro něj technický předpis neexistuje, splňuje požadavky norem, anebo odpovídá stavu vědeckých a technických poznatků známých v době uvedení na trh. [2]

O uvádění bezpečných výrobků na trh je povinen dbát také distributor, který nesmí distribuovat výrobky, o kterých ví nebo by vědět mohl, že bezpečnými nejsou. Výrobce, dovozce nebo distributor pro danou oblast je dále podle povahy výrobku povinen poskytnout uživatelům informace, které jim umožní posoudit přijatelné nebo rozumně předvídatelné nebezpečí spojené s užíváním výrobku. Dále pak učinit taková opatření, aby jednotlivé výrobky nebo výrobní části, které mohou představovat možné nebezpečí, byly snadno rozpoznatelné.[2]

Posuzování shody výrobků je popsáno v §12 tohoto zákona, kde je uvedeno, že vláda ve svých nařízeních stanoví výrobky, které představují zvýšenou míru ohrožení, technické požadavky na tyto výrobky a dále které ze stanovených výrobků před uvedením na trh musí být označeny českou nebo jinou značkou shody.
Značku shody, která vyjadřuje, že určený výrobek odpovídá stanoveným požadavkům a že byly dodrženy všechny podmínky stanovené tímto zákonem, tvoří písmena CE. Přidělení značky shody je také rozebráno ve Směrnici evropského parlamentu a rady 2006/42/ES ze dne 17. května 2006, která pojednává o strojních a strojních zařízeních. [2]

Jednotlivé postupy při posuzování shody výrobku jsou následující:

a) posouzení shody výrobku za stanovených podmínek výrobcem nebo dovozcem, popřípadě určenou akreditovanou osobou,
b) posouzení shody vzorku (prototypu),
c) autorizovaná osoba zkouší vlastnosti výrobku a namátkově kontroluje dodržení stanovených požadavků u výrobků,
d) posuzování systému jakosti výroby v podniku a jeho následná kontrola,
e) posouzení systému jakosti výrobků v podniku a kontrola dodržování,
f) ověřování shody výrobků s certifikovaným typem výrobku,
g) ověřování shody každého výrobku s přesně stanovenými požadavky,
h) dohled nad řádným fungováním systému jakosti v podniku.[2]

Prohlášení o shodě v §13 určuje, že stanovené výrobky můžou výrobci nebo dovozci uvádět na trh jen po provedení posouzení shody jejich vlastností s danými požadavky na bezpečnost výrobků stanovenými zákonem a technickými předpisy. Výrobce nebo dovozce před uvedením výrobku na trh je povinen vydat písemné prohlášení o shodě výrobku s určenými technickými předpisy a o dodržení stanoveného postupu při posouzení shody u výrobku. Po písemném vydání prohlášení o shodě může výrobce nebo dovozce označit i samotný výrobek značkou shody CE. Distributor nesmí distribuovat stanovený výrobek, u kterého nemá písemné prohlášení o shodě od výrobce nebo dovozce.[2]

1.2 Nařízení vlády č. 176/2008 Sb.,

Toto nařízení zpracovává předpisy Evropské unie a upravuje technické požadavky například na strojní zařízení, vyměnitelná přídavná zařízení, bezpečnostní součásti, řetězy, lana a popruhy.[4]

1.2.1 Základní pojmy

a) strojním zařízením se rozumí takové zařízení, které je vybaveno nebo má být vybaveno pohonným zařízením, které nepoužívá přímo vynaloženou lidskou nebo zvířecí sílu a je sestaveno z částí nebo součástí, kde alespoň jedna součást je pohyblivá, a jsou vzájemně spojené za účelem stanoveného použití.

b) vyměnitelným přídavným zařízením je takové zařízení, které je po uvedení strojního zařízení nebo traktoru do provozu k tomuto zařízení připojeno obsluhou za účelem pozměnění jeho funkce, případně přidání nové funkce a není toto zařízení nástrojem.

c) bezpečnostní součást je taková součást strojního zařízení, která plní bezpečnostní funkci. Uvádí se na trh samostatně a při selhání nebo chybné funkci ohrožuje bezpečnost osob a není nezbytně nutná k tomu, aby strojní zařízení fungovalo.[4]

1.2.2 Příloha 1

Popisuje základní požadavky na ochranu zdraví a bezpečnosti vztahující se na návrh a konstrukci strojních zařízení.

Obecné zásady
Výrobce strojního zařízení nebo jeho zástupce zajistí posouzení rizik a jejich snížení a určí požadavky na ochranu zdraví a bezpečnosti, které platí pro uvedené strojní zařízení. Strojní zařízení musí být navrženo a konstruováno tak, aby odpovídalo výsledkům posouzených rizik.
Při výše uvedeném postupu posuzování a snižování rizik, výrobce nebo jeho zástupce vymezí použití pro strojní zařízení, což představuje jeho předpokládané určení a všechny jeho důvodně předvídatelné nesprávné použití. Určí nebezpečí, které ze strojního zařízení mohou vyplývat a také s tím spojené nebezpečné situace. Odhadne rizika s ohledem na závažnost možného poranění a pravděpodobnost výskytu rizik. Provede vyhodnocení případných rizik s cílem určit, zda je nutné provést snížení rizika. Zajistí ochranná opatření, určené k vyloučení nebezpečí nebo ke snížení rizik.[4]

1.3 Norma ČSN EN 61508

Funkční bezpečnost elektrických (elektronických) programovatelných systémů souvisejících s bezpečností, je nejvšestrannější a nejobecnější normou, která se zabývá bezpečností strojů z pohledu funkční bezpečnosti.
Tuto normu tvoří sedm základních částí, díky čemuž je docíleno pokrytí všech stádií života stroje. Jednotlivé části normy jsou vidět v následující tabulce.

Tabulka 1: Přehled jednotlivých částí normy ČSN EN 61508

Číslo části	Název části
1	Všeobecné požadavky
2	Požadavky na elektrické/elektronické/programovatelné elektronické systémy související s bezpečností
3	Požadavky na software
4	Definice a zkratky
5	Příklady metod určování integrity bezpečnosti
6	Metodické pokyny pro použití ČSN EN 61508-2 a ČSN EN 61508-3
7	Přehled technik a opatření

1.3.1 Definice důležitých pojmů dle normy

- *Nebezpečí* - Situace s potenciálem škody (újmy) pro člověka.
- *Nehoda* - událost při, které nastala škoda (újma).
- *Škoda* - fyzické zranění nebo poškození zdraví lidí.
- *Riziko* - Kombinace pravděpodobnosti výskytu poškození a závažnosti tohoto poškození.
- *Bezpečnost* – odstranění nepřijatelného rizika.
- *Bezpečnostní integrita* - Pravděpodobnost spolehlivě plnit bezpečnostní funkce.
- *Integrita bezpečnosti* - pravděpodobnost, s jakou bude bezpečnostní systém uspokojivě plnit požadované bezpečnostní funkce za všech stanovených podmínek a po stanovenou dobu.
- *Úroveň integrity bezpečnosti* (*SIL*) - diskrétní hodnota (jedna ze čtyř možných – *SIL* 1 až *SIL* 4) pro stanovení požadavků na integritu bezpečnosti bezpečnostních funkcí přiřazených E/E/PE systémům souvisejícím s bezpečností, kde *SIL* 4 znamená nejvyšší a *SIL* 1 nejnižší úroveň integrity bezpečnosti.[3]

1.3.2 Životní cyklus celkové bezpečnosti

Zahrnuje veškeré činnosti od návrhu a realizace přes údržbu bezpečnostního systému až po vyřazení systému z provozu a jeho následnou likvidaci. Celkový pohled na životní cyklus je vidět na obrázku 1.

1.3.3 Přehled pojmů

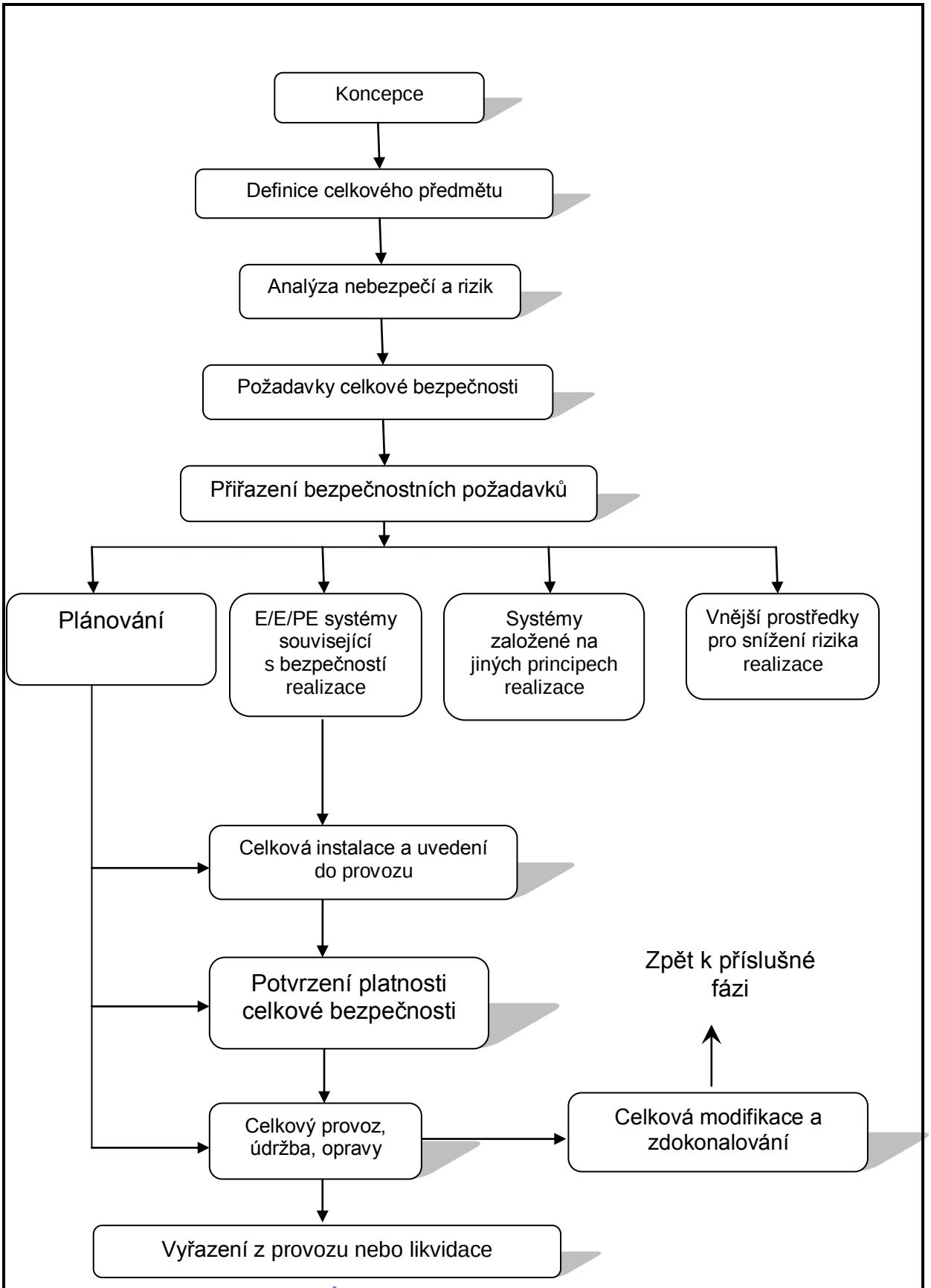
Koncepce jedná se o úvodní část životního cyklu, ve které se řeší samotné pochopení podstaty zařízení, jež je svou činností určené pro návrh bezpečnosti.

Definice celkového předmětu v této části je důležité určení předmětu sloužícího k analýze rizik. Je zapotřebí důkladně specifikovat všechny možné příčiny vzniku rizika.

Analýza nebezpečí rizik slouží k identifikaci všech možných rizik, které se můžou na zařízení objevit a to z důvodu selhání obsluhy, nesprávným používáním zařízení, nebo z důvodu poruchy, která se může na zařízení vyskytnout. Musí se jednat o aktuální analýzu, což znamená, že v případě určité změny na analyzovaném zařízení se musí provést analýza nová, ve které musí být tato změna zahrnuta. Detailní přehled jednotlivých částí je uveden na obrázku.

Požadavky celkové bezpečnosti jedná se o nástroje ke snížení jednotlivého rizika z předcházejícího kroku.

Přiřazení bezpečnostních požadavků přiřazuje bezpečnostní požadavky navrhovaným bezpečnostním systémům a zároveň přiřazuje úroveň integrity bezpečnosti jednotlivým bezpečnostním funkcím.



Obrázek 1: Životní cyklus celkové bezpečnosti [3]

Plánování skládá se ze tří částí.

- celkový provoz údržby – definuje požadavky na provoz celého systému.
- potvrzení platnosti celkové bezpečnosti – definuje požadavky na metody, techniky a osoby, které mají potvrdit jednotlivé úrovně bezpečnosti pro jednotlivé režimy provozu.
- celková instalace a uvedení do provozu – povinnost sestavení plánů instalace E/E/PES bezpečnostních systémů a jejich požadavky na uvedení do provozu.

Realizace E/E/PE je složená z několika kroků jako jsou definice požadavků na bezpečnostní funkce, návrh bezpečnostních funkcí, kontrola splnění požadavků, vývoj a ověření bezpečnostního softwaru a ověření funkčnosti.

2 Management rizika

Jedním z úkolů vrcholného managementu organizace nebo výrobního podniku je stanovit náhled na vnímání bezpečnostních rizik. Celé vnímání bezpečnostních rizik na pracovišti vede, i z důvodu vysokých nákladů spojených s pracovními úrazy v EU, ke zvyšování nároků na bezpečnost strojních zařízení. Z toho pramení potřeba zvolit vhodný tým lidí, který bude bezpečnost na pracovištích posuzovat. Tento tým by měl obsahovat odborníky za každou posuzovanou oblast zvlášť. Pro stanovení rizik jsou určeny následující tabulky:

Tabulka významu rizik popisuje možná rizika a jejich návaznost na jednotlivé právní důsledky vzniklých událostí.

Tabulka 2: Tabulka významu rizik

	Technická rizika	**Ekonomická rizika**	**Právní rizika**	**Osobní rizika**
Katastrofální důsledky	Chybný návrh stroje v důsledku nesprávné nebo chybějící identifikace významných nebezpečí.	Stažení výrobku z trhu, placení odškodného a sankcí. Vypovězení pojistných smluv. Ztráta image.	Trestně právní důsledky.	Smrt více lidí, častá zranění s trvalými následky.
Kritické důsledky	Zanedbání posouzení rizika, nevhodně zvolený tým posouzení rizik.	Placení sankcí a odškodného.	Občanskoprávní následky.	Smrt nebo zranění s trvalými následky.
Únosné důsledky	Strojní zařízení má rizika snížena na přijatelnou úroveň a je srovnatelné s konkurenčními výrobky na trhu.	Placení poměrného odškodného. Nepatrně vyšší náklady na adekvátní posouzení a redukci rizik u strojního zařízení.	Mimosoudní vyrovnání.	Zranění s lehkými následky.

2.1 Hranice velikosti rizik pro hodnocení jejich závažnosti

Pro stanovení velikosti a závažnosti rizik odhalených nebezpečí, se vychází z pravděpodobnosti výskytu škody a závažnosti této škodné události. K popisu závažnosti škodné události se používá následující hodnocení:

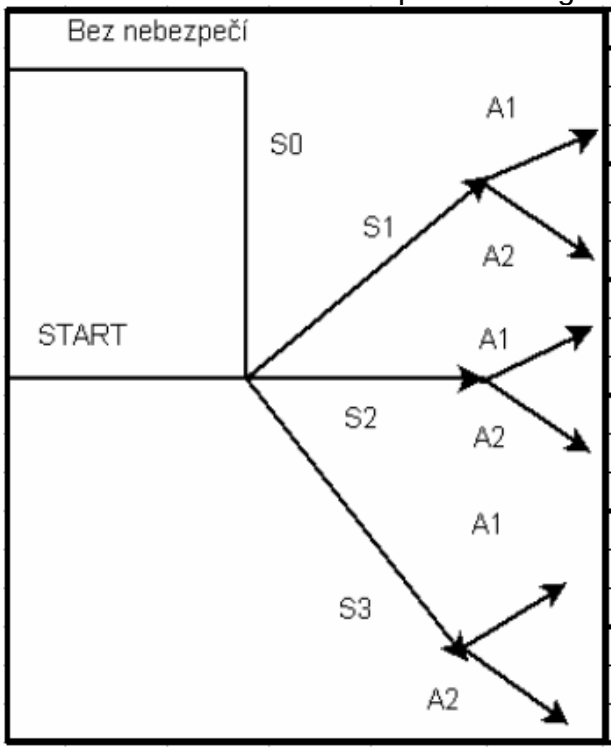
Míra poškození,
S0 nehrozí škoda, nejedná se o nebezpečí,
S1 lehké zranění,
S2 těžké zranění,
S3 smrt,

Doba pobytu v oblasti nebezpečí,
A1 zřídka až častěji,
A2 často až trvale,

Možnost rozpoznání a vyvarování se nebezpečí,
E1 možné,
E2 zřídka možné,
E3 sotva možné,

Pravděpodobnost vzniku nebezpečné události,
W1 pravděpodobnost vzniku je malá,
W2 pravděpodobnost vzniku je střední,
W3 pravděpodobnost vzniku je velká.

Velikost odhadovaného rizika se poté určí z grafu pro odhad velikosti rizika.



	W1	W2	W3
E1	0	0	1
E2	0	1	2
E3	1	2	3
E1	2	3	4
E2	3	4	5
E3	4	5	6
E1	5	6	7
E2	6	7	8
E3	7	8	9
E1	8	9	10
E2	9	10	11
E3	10	11	12
E1	11	12	13
E2	12	13	14
E3	13	14	15
E1	14	15	16
E2	15	16	17
E3	16	17	18

Obrázek 2: Graf pro odhad velikosti rizika a matice rizik [8]

Na základě výše uvedené tabulky pro odhad velikosti rizika, může výsledné riziko nabývat velikosti od 0 do 18. Pro posouzení rizika je zapotřebí nejprve rozhodnout, jaká velikost rizika je akceptovatelná a jaká už nikoliv. V tabulce je znázorněn příklad dělení rizik podle jejich velikosti do následujících tří kategorií, jež jsou barevně rozlišeny:

- **Akceptovatelné riziko** (číslice 0-4) – barva zelená,
- **Riziko akceptovatelné po prověření** (číslice 5-6) – barva modrá,
- **Neakceptovatelné riziko** (číslice 7-18) – barva oranžová. [8]

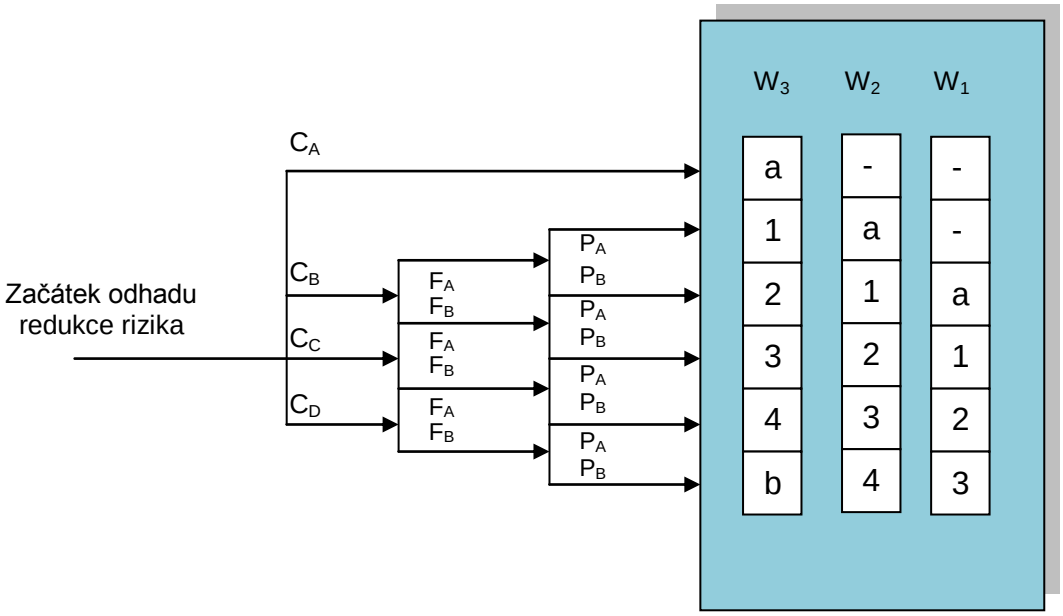
Základní snahou je snížit nejhůře hodnocená, neakceptovatelná rizika. Zhodnocení a opatření snižující rizika uvedeme ve formuláři určenému pro odhad rizika a to pomocí:

1. Opatření zabudovaného v konstrukci,
2. Bezpečnostního ochranného opatření,
3. Informacemi pro používání.

Pokud není možné jednotlivé hodnoty míry poškození, doby pobytu v oblasti nebezpečí, možnosti rozpoznání a vyvarování se nebezpečí či pravděpodobnosti vzniku nebezpečné události snížit alespoň na hodnotu 1 vznikají nám rizika zbytková, která budou uvedena v návodu k použití. [8]

2.2 Úroveň bezpečnostní integrity

Pro jednotlivá rizika, u kterých se předpokládá jejich řešení pomocí funkčního bezpečnostního prvku, je nutné znát požadavky na samotnou úroveň bezpečnostní integrity.
Pro určení stupně bezpečnostní integrity *SIL*, ve kterém musí být zařízení pro snížení rizika zrealizováno, se použije graf rizika stejně jako v předchozí části, jen s drobnou úpravou pro stanovení hodnoty *SIL* viz obrázek 3.



- žádné nároky na bezpečnost
a žádné zvláštní nároky na bezpečnost
b jeden systém pro snížení rizika není dostačující
1,2,3,4 stupně SIL

Obrázek 3: Graf rizika úprava pro stanovení hodnoty SIL

Tabulka 3: Úrovně integrity bezpečnosti – cílové míry poruch pro bezpečnostní funkci pracující v režimu provozu s nízkým vyžádáním [3]

Úroveň integrity bezpečnosti (*SIL*)	**Střední pravděpodobnost nebezpečné poruchy plnit svou bezpečnostní funkci na vyžádání (*PFD*)**
4	**$\geq 10^{-5}$ až $<10^{-4}$**
3	**$\geq 10^{-4}$ až $<10^{-3}$**
2	**$\geq 10^{-3}$ až $<10^{-2}$**
1	**$\geq 10^{-2}$ až $<10^{-1}$**

Stupeň bezpečnostní integrity – *SIL* je schopnost systému rozpoznat chyby, které se během fungování systému projeví a zavést příslušnou reakci na tyto chyby. Touto reakcí je zpravidla přechod do bezpečného stavu. Bezpečný stav systému je stav, ve kterém nemůže dojít k poškození zdraví nebo majetku, přičemž degradace (přechod ze stavu rozpoznání poruchy do bezpečného stavu) využívá často „spolehlivější“ fyzikální princip.

Tabulka 4: Úrovně integrity bezpečnosti: cílové míry poruch pro bezpečnostní funkci pracující v režimu provozu s vysokým nebo nepřetržitým vyžádáním [3]

Úroveň integrity bezpečnosti (*SIL*)	Střední frekvence nebezpečné chyby bezpečnostní funkce za hodinu (PFH)
4	$\geq 10^{-9}$ až $<10^{-8}$
3	$\geq 10^{-8}$ až $<10^{-7}$
2	$\geq 10^{-7}$ až $<10^{-6}$
1	$\geq 10^{-6}$ až $<10^{-5}$

Shrnutí:
V této úvodní teoretické části diplomové práce byla řešena a objasněna legislativa vztahující se k zadané problematice strojního zařízení. Dále byly objasněny postupy používané při návrhu bezpečnostní funkce podle ČSN EN 61508 a dalších k tomuto tématu vztahujících se norem.

Praktická část - Soustruh S-28/750

Ve strojní dílně vojenského útvaru je instalován hrotový soustruh typ S-28/750, který vyrobila firma TOS ČELÁKOVICE národní podnik závod ŽEBRÁK, v roce 1959. Z tohoto důvodu se soustruhu také přezdívá „žebrák“. Na stroji se provádí pouze nepravidelné nárazové pracovní úkony pro potřeby automobilní dílny ležící v těsném sousedství strojní dílny.
Cílem provozovatele soustruhu je zjistit skutečný stav v přímé souvislosti s platnými normami a dále možnost přestavby na novější typ, který by svými parametry vyhovoval platným normám. Celková snaha vede ke zjištění ekonomické výhodnosti přestavby, případně pořízení nového stroje. Pro seznámení jsou zde uvedeny základní parametry soustruhu a pro představu i jeho fotografie viz. obrázek 4. Parametry jsou získány přímo z dochovaného návodu k obsluze. Detailní nákres včetně přehledu základních rozměrů je uveden v Příloze číslo 1.

3 Popis stroje

Soustruh se používá převážně v kusové a malosériové výrobě pro soustružení hřídelových a přírubových součástí a dalších součástí různých rozměrů a tvarů. V následující tabulce jsou uvedena příslušná technická data soustruhu. Tyto parametry jsou převzaty z návodu k použití hrotového soustruhu vytvořeným firmou TOS Čelákovice závod Žebrák.

Tabulka 5: Technické parametry soustruhu Žebrák [10]

Parametry soustruhu	**Hodnota**
půdorysná plocha stroje (délka x šířka)	2050 x 910
váha stroje	1080 kg
Oběžný průměr nad ložem	280 mm
nad suportem	150 mm
vzdálenost hrotů	max. 750 mm
šířka lože	250 mm
unášecí deska	ø 150 mm
největší průřez nože	16 x 16 mm
vrtání vřetena	36 mm
otáčky vřetena 3x18 stupňů:	
normální	31 – 1600 ot/min.
snížený	20 – 1000 ot/min.
zvýšený	63 – 3150 ot/min.
Parametry motorů	**Hodnoty**
hnací motor	n=2800 ot/min, trvalý výkon 3kW
elektromotor odstředivého čerpadla	trvalý výkon 0,115 kW



Obrázek 4: Hrotový soustruh S-28/750

4 Identifikace nebezpečí a odhad jejich počátečního rizika

Jak bylo uvedeno v předešlé kapitole Management rizika, pro zjištění velikosti rizika a jeho následné hodnocení závažnosti se popisuje hodnotami:

- **míry poškození** - **S**,
- **dobu pobytu v oblasti nebezpečí - A**,
- **možnosti rozpoznání a vyvarování se nebezpečí – E,**
- **pravděpodobnost vzniku nebezpečné události - W**.

Po samotném zhodnocení všech výše uvedených bodů, se obdrží celková hodnota počátečního rizika – tato hodnota se označuje jako PR. Velikost PR vypovídá o závažnosti rizika, týkající se uvedené činnosti. Při výpočtu se postupuje v souladu s českými technickými normami ČSN EN ISO 14121-1, ČSN EN ISO 12100, ČSN EN ISO 23125.
Týká se to těchto životních cyklů stroje:

- **výroba,**
- **přeprava,**
- **montáž, instalace a uvedení do provozu,**
- **používání - provoz,**
- **používání - údržba, servis a vyhledávání závad,**
- **vyřazení z provozu.**

Jelikož se jedná o stroj, který je již delší dobu v provozu vynechají se z tohoto důvodu při uvažování možných nebezpečí životní cykly jako je výroba, přeprava, montáž a instalace a také vyřazení z provozu.

Výčet nebezpečí dle ČSN EN ISO 23125 se týká pouze životního cyklu provoz a údržba. Jednotlivé hrozby jsou rozděleny podle veličin, které nebezpečí způsobují.

Tabulka 6: Přehled hrozících nebezpečí vznikajících od mechanických veličin

	Mechanická nebezpečí	***S***	***A***	***E***	***W***	***PR***
1.1	Nebezpečí při změně povrchové rychlosti (kinetická energie)	1	2	2	2	**7**
1.2	Nebezpečí pořezání od ostrých hran nebo napíchnutí se na ostré rohy	1	2	2	3	**5**
1.3	Nebezpečí přiblížení se pohybující části k pevné části	2	2	2	2	**10**
1.4	Nebezpečí stlačení nebo střižení od ostrých hran odřezaných dílů	1	2	2	3	**5**
1.5	Nebezpečí vystříknutí kapaliny z hadic tekutinu rozvádějících	1	2	1	1	**2**
1.6	Nebezpečí pádu obrobku	3	2	2	2	**16**
1.7	Nebezpečí vtažení pohybujícími se prvky	3	2	2	2	**16**
1.8	Nebezpečí vtažení rotujícími prvky	3	2	2	3	**17**
1.9	Nebezpečí uklouznutí či pádu na kluzkém povrchu	2	1	1	2	**6**
1.10	Nebezpečí nestability strojních součástí např. při nerespektování polohy těžiště	3	1	2	2	**13**
1.11	Nebezpečí při upínání obrobku nebo nástroje	2	2	1	3	**10**
1.12	Nebezpečí při provozu (opětovné spuštění stroje po zastavení)	3	2	2	2	**16**
1.13	Nebezpečí upadnutí nebo vymrštění předmětů	3	2	3	3	**18**

Tabulka 7: Přehled hrozících nebezpečí vznikajících od elektrických veličin

	Elektrická nebezpečí	***S***	***A***	***E***	***W***	***PR***
2.1	Nebezpečí dotyku osob s vodivými částmi, které jsou v normálním provozu pod napětím (přímý dotyk)	3	2	2	2	**16**
2.2	Nebezpečí dotyku osob s částmi, které se staly živými následkem závady (nepřímý dotyk)	3	2	3	1	**16**

Tabulka 8: Přehled hrozících nebezpečí vznikajících od teplotních veličin

	Tepelná nebezpečí	***S***	***A***	***E***	***W***	***PR***
3.1	Nebezpečí výbuchu nebo plamene (při práci s hořlavým kovem nebo samovzněcujícím materiálem	3	2	3	3	**18**
3.2	Nebezpečí popálení o horké nástroje, třísky nebo obrobky	2	2	2	2	**10**

Tabulka 9: Přehled hrozících nebezpečí vznikajících od vysoké hladiny hluku

	Nebezpečí hluku	***S***	***A***	***E***	***W***	***PR***
4.1	Nebezpečí vysoké hladiny hluku vedoucí k nepohodlí, stresu, omdlení a ojediněle i ke ztrátě sluchu	2	2	2	2	**10**

Tabulka 10: Přehled hrozících nebezpečí vznikajících od elektromagnetického záření

	Nebezpečí záření	S	A	E	W	PR
5.1	Nebezpečí elektromagnetického záření	1	1	2	2	**1**

Tabulka 11: Přehled hrozících nebezpečí vznikajících od použitých materiálů a látek

	Nebezpečí materiálem/látkou	S	A	E	W	PR
6.1	Nebezpečí vyplívající z použitých materiálů a látek	1	2	3	3	**6**

Tabulka 12: Přehled hrozících nebezpečí vznikajících od ergonomických vlastností

	Ergonomická nebezpečí	S	A	E	W	PR
7.1	Nebezpečí ergonomická vedoucí k chybnému jednání obsluhy (možná záměna barev, tvarů, znaků ovl. panelu)	2	1	2	2	**7**

Tabulka 13: Přehled hrozících nebezpečí spojených s enviromentem

	Nebezpečí spojená s environmentem	S	A	E	W	PR
8.1	Nebezpečí uklouznutí či pádu do pracovního prostoru při nahlížení do něj ve snaze uvolnění zachyceného materiálu	3	2	2	3	**17**

4.1 Hodnocení rizik a opatření snižující rizika

Na základě bodové stupnice detailněji popsané výše vyplývají 3 možnosti pro hodnocení rizik:

- **riziko akceptovatelné** – jejichž hodnota PR se pohybuje v intervalu 0-4,
- **riziko akceptovatelné po prověření** – dosáhne-li hodnota PR 5-6,
- **riziko neakceptovatelné** – je-li PR mezi hodnotami 7-18.

Hlavním úkolem je snížit nejhůře hodnocená rizika tzv. neakceptovatelná rizika na úroveň rovnající se hodnotě alespoň jedna případně nula. V případě, že se nepodaří hodnotu rizika snížit na požadovanou úroveň, je nutné toto hrozící nebezpečí detailněji popsat v návodu k použití. Celkový proces od zhodnocení rizik přes opatření snižující rizika až po stanovení zbytkové hodnoty rizika se provede ve formuláři určenému pro odhad rizika.[8]

Tabulka 14: Formulář pro snížení rizika - nebezpečí zachycení a vtažení obsluhy rotujícími prvky

VUT v BRNĚ, FSI ÚVSSR	**FORMULÁŘ PRO ODHAD RIZIKA**			stroj: Soustruh S-28
	zpracoval: Hrozek Petr			datum: 12. 2. 2015
Číslo nebezpečí	Identif. číslo	Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 23125		
		1. Mechanické nebezpečí		
1	1.8	Vtažení rotujícími se prvky		
Životní etapa stroje	Používání - provoz	Nebezpečný prostor: Pracovní prostor stroje		
Ohrožené osoby:	Obsluha stroje	Provozní stav stroje: Za provozu		
Popis nebezpečné situace:	**Nebezpečí zachycení a vtažení obsluhy rotujícími prvky.**			
Počáteční riziko	Závažnost možné škody na zdraví	S3 - smrt	Velikost rizika	
	Četnost a doba trvání ohrožení	A2 - často až trvale	17	
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – zřídka možné		
	Pravděpod. výskytu neb. události	W3 - velká		
Krok 1: Opatření zabudovaná v konstrukci (dle ČSN EN ISO 23125)				
Popis opatření	Konstrukce stroje s částečně chráněným pracovním prostorem.			
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S3 - smrt	Velikost rizika	
	Četnost a doba trvání ohrožení	A2 - často až trvale	14	
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E1 - možné		
	Pravděpod. výskytu neb. události	W1 - malá		
Krok 2: Bezpečnostní ochranná opatření (dle ČSN EN ISO 23125)				
Popis opatření	Osazení stroje bezpečnostními kryty s koncovými spínači polohy			
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S2 - těžké zranění	Velikost rizika	
	Četnost a doba trvání ohrožení	A2 - často až trvale	8	
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E1 - sotva možné		
	Pravděpod. výskytu neb. události	W1 - malá		
Krok 3: Informace pro používání (dle ČSN EN ISO 12 100-1:2004)				
Popis opatření	Dodržování bezpečnostních zásad.			
Zbytkové riziko	Závažnost možné škody na zdraví	S1 - lehké zranění	Velikost rizika	
	Četnost a doba trvání ohrožení	A2 - často až trvale	2	
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E1 - sotva možné		
	Pravděpod. výskytu neb. události	W1 - malá		
Validace	Opatření jsou dostatečná	Hrozek	12. 2. 2015	
Komentář	Byla odstraněna rizika plynoucí z nebezpečí zachycení a vtažení obsluhy rotujícími prvky. Snížení rizika bylo docíleno mimo jiné také dodatečnou instalací ochranného bezpečnostního krytu, který bude opatřen koncovými spínači. Tato problematika bude dále detailněji rozebrána. Zbytková rizika budou popsána v návodu k použití a také v provozní dokumentaci.			

Tabulka 15: Formulář pro snížení rizik - nebezpečí dotyku osob s vodivými částmi, které jsou v normálním stavu provozu pod napětím

VUT v BRNĚ, FSI ÚVSSR	**FORMULÁŘ PRO ODHAD RIZIKA**		stroj: Soustruh S-28
	zpracoval: Hrozek Petr		datum: 12. 2. 2015
Číslo nebezpečí	Identif. číslo	Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 23125	
		2. Elektrická nebezpečí	
2	1.8	Živé části (přímý kontakt)	
Životní etapa stroje	Používání - provoz	Nebezpečný prostor: Pracovní prostor stroje	
Ohrožené osoby:	Obsluha stroje	Provozní stav stroje: Za provozu	
Popis nebezpečné situace:	**Nebezpečí dotyku osob s vodivými částmi, které jsou v normálním stavu provozu pod napětím (přímý dotyk).**		

Počáteční riziko			Velikost rizika
	Závažnost možné škody na zdraví	S3 - smrt	16
	Četnost a doba trvání ohrožení	A2 - často až trvale	
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – zřídka možné	
	Pravděpod. výskytu neb. události	W2 - střední	

Krok 1: Opatření zabudovaná v konstrukci (dle ČSN EN ISO 23125)			
Popis opatření	**Umístění elektrických částí mimo dosah obsluhy.**		
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – lehké zranění	Velikost rizika 4
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – zřídka až častěji	
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – zřídka možné	
	Pravděpod. výskytu neb. události	W1 - malá	

Krok 2: Bezpečnostní ochranná opatření (dle ČSN EN ISO 23125)			
Popis opatření	**Krytování rozvodů el. energie (min. krytí IP54).**		
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S2 - těžké zranění	Velikost rizika 1
	Četnost a doba trvání ohrožení	A2 - často až trvale	
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E1 - sotva možné	
	Pravděpod. výskytu neb. události	W1 - malá	

Krok 3: Informace pro používání (dle ČSN EN ISO 12 100-1:2004)			
Popis opatření	**Informace o provádění prací na el. rozvodech pouze osobami, které splnili elektrotechnickou kvalifikaci (vyhl. 50/1978 Sb.)**		
Zbytkové riziko	Závažnost možné škody na zdraví	S1 - lehké zranění	Velikost rizika 1
	Četnost a doba trvání ohrožení	A2 - často až trvale	
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E1 - sotva možné	
	Pravděpod. výskytu neb. události	W1 - malá	
Validace	Opatření jsou dostatečná	Hrozek	12. 2. 2015
Komentář	Nebezpečí plynoucí z dotyku osob s vodivými částmi, které jsou pod v normálním stavu provozu pod napětím tzv. přímý dotyk, bylo odstraněno jednak vhodnou volbou umístění této sestavy (mimo dosah obsluhy) a také vhodnou volbou krytů, kterými jsou tyto rozvodné skříně opatřeny proti nežádoucímu dotyku. Zbytkové riziko je detailněji popsáno v provozní dokumentaci.		

Tabulka 16: Formulář pro snížení rizik - nebezpečí výbuchu nebo plamene při práci s hořlavým kovem nebo samovzněcujícím materiálem

VUT v BRNĚ, FSI ÚVSSR	**FORMULÁŘ PRO ODHAD RIZIKA**	stroj: Soustruh S-28
	zpracoval: Hrozek Petr	datum: 12. 2. 2015

Číslo nebezpečí	Identif. číslo	Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 23125
		3. Tepelná nebezpečí
3	3.1	Nebezpečí výbuchu nebo plamene.

Životní etapa stroje	Používání - provoz	Nebezpečný prostor: Pracovní prostor stroje
Ohrožené osoby:	Obsluha stroje	Provozní stav stroje: Za provozu
Popis nebezpečné situace:	**Nebezpečí výbuchu nebo plamene při práci s hořlavým kovem nebo samovzněcujícím materiálem.**	

Počáteční riziko			Velikost rizika
	Závažnost možné škody na zdraví	S3 - smrt	18
	Četnost a doba trvání ohrožení	A2 - často až trvale	
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E3 – sotva možné	
	Pravděpod. výskytu neb. události	W3 - velká	

Krok 1: Opatření zabudovaná v konstrukci (dle ČSN EN ISO 23125)			
Popis opatření	**Dostatečný přívod chladicí kapaliny.**		
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S2 – těžké zranění	Velikost rizika
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – zřídka až častěji	6
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – zřídka možné	
	Pravděpod. výskytu neb. události	W1 - malá	

Krok 2: Bezpečnostní ochranná opatření (dle ČSN EN ISO 23125)			
Popis opatření	**Instalace zařízení detekující oheň, hasící systém a poplachové zařízení.**		
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S2 - těžké zranění	Velikost rizika
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 - zřídka až častěji	5
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E1 - možné	
	Pravděpod. výskytu neb. události	W1 - malá	

Krok 3: Bezpečnostní ochranná opatření (dle ČSN EN ISO 23125)			
Popis opatření	**Kontrola dodávky chladicí kapaliny a zastavení stroje v případě výpadku dodávky chladicí kapaliny.**		
Zbytkové riziko	Závažnost možné škody na zdraví	S1 - lehké zranění	Velikost rizika
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 - často až trvale	0
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E1 - sotva možné	
	Pravděpod. výskytu neb. události	W1 - malá	

Validace	Opatření jsou dostatečná	Hrozek	12. 2. 2015
Komentář	Nebezpečí vzniku výbuchu nebo plamene bylo odstraněno jednak dostatečným přívodem chladicí kapaliny do pracovního prostoru stroje, dále pak indikátorem detekujícím oheň a v neposlední řadě také kontrolou dodávky chladicí kapaliny s možností zastavení stroje v případě výpadku dodávky chladiva do pracovního prostoru stroje.		

Tabulka 17: Formulář pro odstranění rizika - nebezpečí vysoké hladiny hluku vedoucí k nepohodlí, stresu, omdlení a ojediněle i ke ztrátě sluchu

VUT v BRNĚ, FSI ÚVSSR	**FORMULÁŘ PRO ODHAD RIZIKA**		stroj: Soustruh S-28
	zpracoval: Hrozek Petr		datum: 12. 2. 2015
Číslo nebezpečí	Identif. číslo	Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 23125	
		4. Nebezpečí hluku	
4	4.1	Nebezpečí vysoké hladiny hluku	
Životní etapa stroje	Používání - provoz	Nebezpečný prostor: Pracovní prostor stroje	
Ohrožené osoby:	Obsluha stroje	Provozní stav stroje: Za provozu	
Popis nebezpečné situace:	**Nebezpečí vysoké hladiny hluku vedoucí k nepohodlí, stresu, omdlení a ojediněle i ke ztrátě sluchu.**		

Počáteční riziko			Velikost rizika
	Závažnost možné škody na zdraví	S2 – těžké zranění	10
	Četnost a doba trvání ohrožení	A2 - často až trvale	
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – zřídka možné	
	Pravděpod. výskytu neb. události	W2 - střední	

Krok 1: Bezpečnostní ochranná opatření (dle ČSN EN ISO 12 100-1:2004)			
Popis opatření	**Částečné uzavření zdroje hluku.**		
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S2 – těžké zranění	Velikost rizika 9
	Četnost a doba trvání ohrožení	A2 - často až trvale	
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – zřídka možné	
	Pravděpod. výskytu neb. události	W1 - malá	

Krok 2: Bezpečnostní ochranná opatření (dle ČSN EN ISO 12 100-1:2004)			
Popis opatření	**Umístění stroje v dostatečně velkých prostorech.**		
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S2 – těžké zranění	Velikost rizika 8
	Četnost a doba trvání ohrožení	A2 - často až trvale	
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E1 - možné	
	Pravděpod. výskytu neb. události	W1 - malá	

Krok 3: Informace pro používání (dle ČSN EN ISO 12 100-1:2004)			
Popis opatření	**Informace o doporučení používání ochranných sluchátek.**		
Zbytkové riziko	Závažnost možné škody na zdraví	S1 - lehké zranění	Velikost rizika 2
	Četnost a doba trvání ohrožení	A2 - často až trvale	
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E1 - sotva možné	
	Pravděpod. výskytu neb. události	W1 - malá	
Validace	Opatření jsou dostatečná	Hrozek	12. 2. 2015
Komentář	Vysoká hladina hluku byla eliminována částečným uzavřením zdroje hluku, což v tomto případě bylo provedeno zakrytováním celého stroje již ve výrobě, dále pak umístěním stroje v dostatečně velkých prostorech a v neposlední řadě také informací do provozní dokumentace o nutnosti použití ochranných bezpečnostních prostředků (ochranná sluchátka)		

Tabulka 18: Formulář pro odstranění rizika - nebezpečí ergonomická vedoucí k chybnému jednání obsluhy v případě záměny barev, tvarů, znaků ovl. panelu

VUT v BRNĚ, FSI ÚVSSR	**FORMULÁŘ PRO ODHAD RIZIKA**			stroj: Soustruh S-28
	zpracoval: Hrozek Petr			datum: 12. 2. 2015
Číslo nebezpečí	Identif. číslo	Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 23125		
		7. Ergonomická nebezpečí		
5	7.1	Vzhled nebo umístění indikátorů a ovl. zařízení		
Životní etapa stroje	Používání - provoz		Nebezpečný prostor: Pracovní prostor stroje	
Ohrožené osoby:	Obsluha stroje		Provozní stav stroje: Za provozu	
Popis nebezpečné situace:	**Nebezpečí ergonomická vedoucí k chybnému jednání obsluhy v případě záměny barev, tvarů, znaků ovl. panelu**			
Počáteční riziko	Závažnost možné škody na zdraví	S2 – těžké zranění	Velikost rizika	
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – zřídka až častěji	7	
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – zřídka možné		
	Pravděpod. výskytu neb. události	W2 – střední		
Krok 1: Opatření zabudovaná v konstrukci (dle ČSN EN ISO 23125)				
Popis opatření	**Opatření polohou ovládacího panelu na stroji. Opatření tvarem a barvou příslušných ovládacích prvků.**			
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S2 – těžké zranění	Velikost rizika	
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 - zřídka až častěji	6	
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E1 - možné		
	Pravděpod. výskytu neb. události	W2 – střední		
Krok 2: Bezpečnostní ochranná opatření (dle ČSN EN ISO 23125)				
Popis opatření	**Zamezení volného přístupu k ovládacímu panelu.**			
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S2 - těžké zranění	Velikost rizika	
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 - zřídka až častěji	5	
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E1 - možné		
	Pravděpod. výskytu neb. události	W1 - malá		
Krok 3: Informace pro používání (dle ČSN EN ISO 12 100-1:2004)				
Popis opatření	**Informace o správné funkci stroje a obsluhování pouze řádně proškolenou osobou.**			
Zbytkové riziko	Závažnost možné škody na zdraví	S1 - lehké zranění	Velikost rizika	
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 - často až trvale	0	
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E1 - sotva možné		
	Pravděpod. výskytu neb. události	W1 - malá		
Validace	Opatření jsou dostatečná	Hrozek	12. 2. 2015	
Komentář	Riziko vznikající z možné záměny tvarů, barev nebo znaků ovládacích prvků bylo sníženo umístěním ovládacích prvků do vhodného prostoru. Dále jejich rozmístěním na ovládacím panelu. Ke snížení rizika také pomohlo zamezení volného přístupu osob ke stroji a detailní popis ovládacích prvků v návodu k použití.			

Tabulka 19: Formulář pro snížení rizika - nebezpečí uklouznutí nebo pádu do pracovního prostoru při nahlížení do něj ve snaze o uvolnění zachyceného materiálu

VUT v BRNĚ, FSI ÚVSSR	**FORMULÁŘ PRO ODHAD RIZIKA**		stroj: Soustruh S-28
	zpracoval: Hrozek Petr		datum: 12. 2. 2015
Číslo nebezpečí	Identif. číslo	Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 23125	
		8. Nebezpečí spojená s enviromentem	
6	8.1	Lidské chyby, lidské chování	
Životní etapa stroje	Používání - provoz	Nebezpečný prostor: Pracovní prostor stroje	
Ohrožené osoby:	Obsluha stroje	Provozní stav stroje: Za provozu	
Popis nebezpečné situace:	**Nebezpečí uklouznutí nebo pádu do pracovního prostoru při nahlížení do něj ve snaze o uvolnění zachyceného materiálu.**		

Počáteční riziko			Velikost rizika
	Závažnost možné škody na zdraví	S3 - smrt	17
	Četnost a doba trvání ohrožení	A2 - často až trvale	
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – zřídka možné	
	Pravděpod. výskytu neb. události	W3 – velká	
Krok 1: Opatření zabudovaná v konstrukci (dle ČSN EN ISO 23125)			
Popis opatření	**Provedení stroje pro lepší odvádění třísek z pracovního prostoru.**		
Snížené riziko po opatření			Velikost rizika
	Závažnost možné škody na zdraví	S3 - smrt	16
	Četnost a doba trvání ohrožení	A2 - často až trvale	
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – zřídka možné	
	Pravděpod. výskytu neb. události	W2 – střední	
Krok 2: Bezpečnostní ochranná opatření (dle ČSN EN ISO 23125)			
Popis opatření	**Odvádění třísek do bezpečného prostoru, vyznačení nebezpečného prostoru před strojem.**		
Snížené riziko po opatření			Velikost rizika
	Závažnost možné škody na zdraví	S2 - těžké zranění	10
	Četnost a doba trvání ohrožení	A2 - často až trvale	
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – zřídka možné	
	Pravděpod. výskytu neb. události	W2 – střední	
Krok 3: Informace pro používání (dle ČSN EN ISO 12 100-1:2004)			
Popis opatření	**Informace o omezení pohybu v okolí stroje.**		
Zbytkové riziko			Velikost rizika
	Závažnost možné škody na zdraví	S1 - lehké zranění	4
	Četnost a doba trvání ohrožení	A2 - často až trvale	
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – zřídka možné	
	Pravděpod. výskytu neb. události	W2 – střední	
Validace	Opatření jsou dostatečná	Hrozek	12. 2. 2015
Komentář	Nebezpečí uklouznutí nebo pádu do pracovního prostoru bylo sníženo konstrukčně již ve výrobě lepším odvodem třísek z pracovního prostoru. Dále pak vyznačením nebezpečného prostoru před strojem a informacemi o omezení pohybu v okolí stroje.		

5 Stupně bezpečnostní integrity zařízení pro snížení rizik

Na základě provedené analýzy rizik je patrné, že se musí navrhnout zařízení sloužící ke snížení rizika pod tolerovatelnou hranici. V tomto případě se jedná o zařízení, které zabrání při otáčejícím se obrobku resp. při pohybu vymrštěného úlomku nástroje nebo obrobku zranění obsluhy případně jiných osob stojících v těsné blízkosti soustruhu.

Ke snížení tohoto rizika se dospěje instalací ochranného krytu pracovního prostoru stroje. Riziko, které se objevuje, vzniká zejména při vkládání obrobku do pracovního prostoru a také po ukončení obrábění při jeho odebírání. Výrobek se do sklíčidla vkládá ručně a po ukončení činnosti je také ručně odebírán zpět.

Při otevření krytu, proto musí být zabezpečeno zastavení otáčení vřetena a taky pohybu posuvů. Tento stav neplatí pouze při aktivovaném servisním režimu. V případě, že by zařízení, které slouží pro snížení rizika, nebylo funkční, je vysoká pravděpodobnost, že dojde ke zranění obsluhy díky její chvilkové nepozornosti.

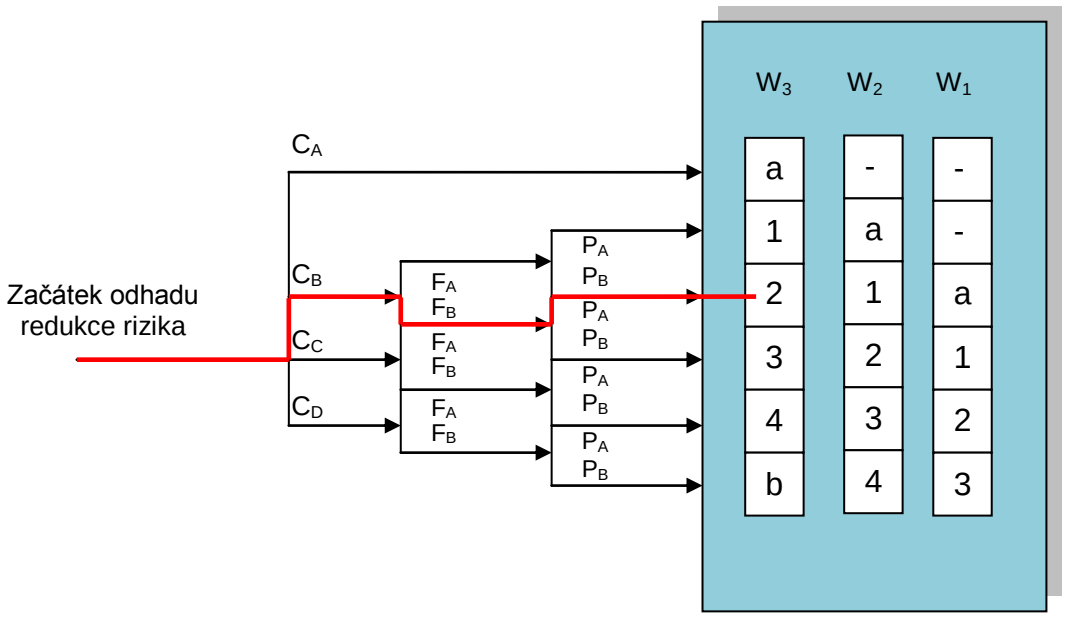
Z toho vyplývá, že zvolené zařízení musí pracovat s pravděpodobností výskytu poruchy za hodinu, která odpovídá určitému stupni bezpečnostní integrity *SIL*. (viz. tabulka 3). Jak se ke stanovení stupně bezpečnostní integrity dospěje, bude ukázáno v následujících krocích.

Pro určení stupně bezpečnostní integrity *SIL*, ve kterém musí být zařízení pro snížení rizika zrealizováno (v tomto případě ochranný kryt), se použije graf rizika. Pomocí grafu rizika se může kvantifikovat hrozící nebezpečí a to zejména:

- **důsledek nežádoucí události – C** (*Consequence risk parameter),*
- **doba ohrožení – F** *(Frequency and exposure time risk parameter),*
- **možnost odvrácení rizika – P** *(Possibility of avoiding hazard risk parameter),*
- **pravděpodobnost, s jakou může nastat nežádoucí událost – W** *(Probability of the unwanted occurrence).*

Pro názornost:
Při odebírání obrobku z pracovního prostoru může dojít k závažnému, případně i nevratnému zranění obsluhy otáčejícím se obrobkem - $\mathbf{C_B}$,
Doba ohrožení je při každém vkládání resp. odběru - $\mathbf{F_B}$,
Možnost odvrácení rizika je za určitých podmínek možná - $\mathbf{P_A}$,
Pravděpodobnost s jakou může nastat nežádoucí událost - $\mathbf{W_3}$.

Uvedené hodnoty jsou zaneseny do grafu. Způsob, jakým se dosáhlo výsledné hodnoty *SIL*, je barevně znázorněn na obrázku 5.



Obrázek 5: Graf rizika pro stanovení SIL

Z grafu rizika je zřejmé, že hodnocené zařízení pro snížení rizika – *kryt pracovního prostoru*, musí být realizované v druhém stupni bezpečnostní integrity ***SIL* 2**. Z toho plyne, že nejvyšší přípustná míra selhání za hodinu u zvoleného zabezpečovacího zařízení se bude pohybovat v intervalu $\geq 10^{-7}$ až $<10^{-6}$ jak je uvedeno v tabulce 6.

6 *Návrh a analýza bezpečnostních funkcí ochranných prvků*

Při návrhu bezpečnostních funkcí se vychází z předpokladu, že jednotlivá rizika hodnocená jako akceptovatelná, jejichž úroveň byla hodnocena v předcházející kapitole, se v této části nebudou již řešit. Řešit se budou pouze rizika akceptovatelná po prověření a rizika neakceptovatelná.
Přehled rizik, pro která se bude řešit bezpečnostní funkce je uveden v tabulce 23. Tyto rizika vycházejí z normy ČSN EN 23125.

Rizika, pro která se nebude řešit bezpečnostní funkce, budou pouze uvedena a popsána v následující části.

Při návrhu konstrukce strojního zařízení se musí konstruktér řídit všemi požadavky na bezpečné zařízení, které v současné době popisuje norma ČSN EN 12100.

Potencionální nebezpečí identifikovaná u soustruhu:

1. Možnost pohmoždění, odstřihnutí, odřezání, pořezání, zachycení nebo namotání, vtáhnutí, zlomení, propíchnutí, vystříknutí kapaliny pod vysokým tlakem,
2. Ostré hrany a rohy ochranných krytů,
3. Nestabilita soustruhu vzhledem k jeho dynamickým vlastnostem,
4. Nebezpečí dotyku živých a neživých elektrických části,
5. Nebezpečí vytvářené elektromagnetickým polem.

Všechna tato potencionální nebezpečí musí být před uvedením na trh hodnocena jako akceptovatelná. V této práci se detailněji budou řešit jen body 1 a 3, což je možnost pohmoždění, odstřihnutí, odřezání, pořezání, zachycení nebo namotání, vtáhnutí, zlomení, propíchnutí, vystříknutí kapaliny pod vysokým tlakem a také nestabilita soustruhu vzhledem k jeho dynamickým vlastnostem. Navrhované bezpečnostní opatření vedoucí k odstranění uvedených nebezpečí je ochranný kryt pracovního prostoru opatřen koncovými spínači a instalace tlačítka nouzového zastavení stroje. Celá problematika bude podrobněji řešena dále.

Ostré hrany a rohy, které se na soustruhu nalézají, byly již odstraněny při konstrukci výrobcem vhodnými kryty, nicméně je nutné tyto kryty pravidelně kontrolovat a to z důvodu možného uvolnění a hrozícího odpadnutí zaviněné vibracemi vznikajícími při provozu stroje.

Nestabilita soustruhu vzhledem k jeho dynamickým vlastnostem je vyřešena připevněním celého výrobního zařízení k podlaze skupinou šroubů. Tímto je zabráněno jakémukoliv dalšímu pohybu a o tomto nebezpečí můžeme konstatovat, že je dokonale odstraněno.

Elektrické nebezpečí hrozící z dotyku neživých částí bylo eliminováno pospojováním a následným uzemněním všech neživých částí stroje. Živé části jsou opatřeny izolací anebo umístěny za vhodně zvolenými kryty. Jako ochrana proti přepětí jsou použity vhodné tavné pojistky. Soustruh je vybaven skupinou jistících prvků, z nichž budou zmíněny pouze ty hlavní. Jedná se o hlavní spínač, který je dimenzovaný pro stálý proud 15A, slouží k připojení (odpojení) celé elektrické části. Dále pak stykač VSc15 opatřen nadproudovou ochranou ve formě nadproudového relé, které je připevněno přímo na svorky stykače. Stykač slouží jako ochrana proti přetížení pro oba motory (3kW a 0,115 kW).

Ostatní rizika, která jsou hodnocena, jako neakceptovatelná případně akceptovatelná po prověření se nebudou dále v této práci rozebírat. Nicméně pro celkovou realizaci bezpečnostní funkce by bylo nutné provést analýzu pro všechna rizika, která se na stroji vyskytují.

Tabulka 20: Seznam rizik dle normy ČSN EN ISO 23125

	Riziko
1.1	Nebezpečí při změně povrchové rychlosti (kinetická energie)
1.3	Nebezpečí přiblížení se pohybující části k pevné části
1.6	Nebezpečí pádu obrobku
1.7	Nebezpečí vtažení pohybujícími se prvky
1.8	Nebezpečí vtažení rotujícími prvky
1.10	Nebezpečí nestability strojních součástí např. při nerespektování polohy těžiště
1.11	Nebezpečí při upínání obrobku nebo nástroje
1.12	Nebezpečí při provozu (opětovné spuštění stroje po zastavení)
1.13	Nebezpečí upadnutí nebo vymrštění předmětů
2.1	Nebezpečí dotyku osob s vodivými částmi, které jsou v normálním provozu pod napětím (přímý dotyk)
3.1	Nebezpečí výbuchu nebo plamene (při práci s hořlavým kovem nebo samovzněcujícím materiálem
4.1	Nebezpečí vysoké hladiny hluku vedoucí k nepohodlí, stresu, omdlení a ojediněle i ke ztrátě sluchu
7.1	Nebezpečí ergonomická vedoucí k chybnému jednání obsluhy (možná záměna barev, tvarů, znaků ovl. panelu)
8.1	Nebezpečí uklouznutí či pádu do pracovního prostoru při nahlížení do něj ve snaze uvolnění zachyceného materiálu

Pro rizika uvedená v tabulce číslo 20 byly zvoleny jednotlivé stupně, pomocí kterých byly při aplikaci grafu rizika určeny stupně *SIL*. Všechny tyto určené a zjištěné hodnoty jsou přehledně zaznamenány v tabulce č. 21.

Tabulka 21: Přehled rizik dle normy ČSN EN ISO 23125 včetně sestavení a výpočtu stupňů *SIL*

	Riziko	***C***	***F***	***P***	***W***	***SIL***
-	Nouzové zastavení stroje	C_B	F_B	P_A	W_2	**1**
1.1	Nebezpečí při změně povrchové rychlosti (kinetická energie)	C_B	F_B	P_A	W_2	**1**
1.3	Nebezpečí přiblížení se pohybující části k pevné části	C_B	F_B	P_A	W_2	**1**
1.6	Nebezpečí pádu obrobku	C_B	F_B	P_A	W_2	**1**
1.7	Nebezpečí vtažení pohybujícími se prvky	C_B	F_B	P_B	W_2	**2**
1.8	Nebezpečí vtažení rotujícími prvky	C_B	F_B	P_B	W_2	**2**
1.10	Nebezpečí nestability strojních součástí např. při nerespektování polohy těžiště	C_B	F_B	P_B	W_1	**1**
1.11	Nebezpečí při upínání obrobku nebo nástroje	C_B	F_B	P_B	W_2	**2**
1.12	Nebezpečí při provozu (opětovné spuštění stroje po zastavení)	C_B	F_B	P_B	W_2	**2**
1.13	Nebezpečí upadnutí nebo vymrštění předmětů	C_B	F_B	P_B	W_2	**2**
2.1	Nebezpečí dotyku osob s vodivými částmi, které jsou v normálním provozu pod napětím (přímý dotyk)	C_B	F_B	P_B	W_2	**2**
3.1	Nebezpečí výbuchu nebo plamene (při práci s hořlavým kovem nebo samovzněcujícím materiálem)	C_B	F_B	P_A	W_2	**1**
4.1	Nebezpečí vysoké hladiny hluku vedoucí k nepohodlí, stresu, omdlení a ojediněle i ke ztrátě sluchu	C_B	F_B	P_A	W_2	**1**
7.1	Nebezpečí ergonomická vedoucí k chybnému jednání obsluhy (možná záměna barev, tvarů, znaků ovl. panelu)	C_B	F_B	P_A	W_2	**1**
8.1	Nebezpečí uklouznutí či pádu do pracovního prostoru při nahlížení do něj ve snaze uvolnění zachyceného materiálu	C_B	F_B	P_B	W_2	**2**

7 Bezpečnostní funkce

7.1 Funkce nouzové zastavení stroje

Jedná se o funkci, při které je zapotřebí, aby byl stroj přiveden v co nejkratším časovém intervalu do klidu. V případě našeho hrotového soustruhu bude stačit, když bude možné soustruh vypnout kdykoliv během provozu pomocí nouzového tlačítka.

Dotčené riziko: Rizika 1.1,1.3,1.6,1.7,1.8,1.10,1.11,1.12,1.13,2.1,3.1,4.1,7.1,8.1

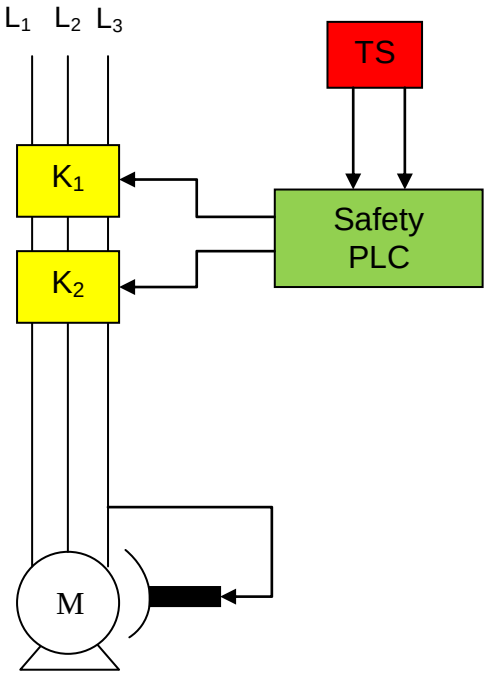
Požadavky: Z nebezpečí uvedených v předcházející kapitole se navrhované opatření týká bodů 1 a 3, což je možnost pohmoždění, odstřihnutí, odřezání, pořezání, zachycení nebo namotání, vtáhnutí, zlomení, propíchnutí, vystříknutí kapaliny pod vysokým tlakem a také nestabilita soustruhu vzhledem k jeho dynamickým vlastnostem.
V případě aktivace stop tlačítka se stroj zastaví. Dojde k odpojení kontaktů elektromotoru a zároveň s tím i k odpojení všech elektrických prků, které se na stroji nacházejí. Zároveň bude aktivována přepěťová brzda umístěná na hřídeli motoru, která bude napomáhat zkrácení doby doběhu celého stroje. Z toho vyplývá, že dojde k rychlému zastavení stroje a omezení hrozícího nebezpečí např. namotání.

Navrhovaná realizace:

Tlačítko nouzového zastavení stroje – bude sloužit jako rozpínací prvek. Použito bude Moeller FAK-R/V/KC01/IY, viz [9]. Toto tlačítko bude umístěno na hlavním těle soustruhu na místě s dostatečnou dostupností obsluhy. Díky dvoukanálovému vedení bude propojeno s bezpečnostním PLC.

Stykače – Budou umístěny přímo v rozvaděči. Jejich zapojení bude do série a to z důvodu zvýšení redundance. Použity budou stykače od firmy Moeller s označením DIL M15 viz [9]. Jejich jmenovitá hodnota střídavého proudu pro třífázové vedení je 15,5A.

Schéma zapojení jednotlivých komponentů určených pro nouzové zastavení stroje je znázorněno na obrázku 6.



Obrázek 6: Nákres bezpečnostní funkce nouzového zastavení stroje

Výpočet hodnoty *PFD* pro zvolené tlačítko nouzového zastavení stroje:

$$\lambda_{k1} = \lambda_{k2} = \frac{0{,}1\,.C}{B_{10}} = \frac{0{,}1}{4380\,.5\,.10^5} = \mathbf{4{,}56\,.10^{-11}h^{-1}}, \quad (1)$$

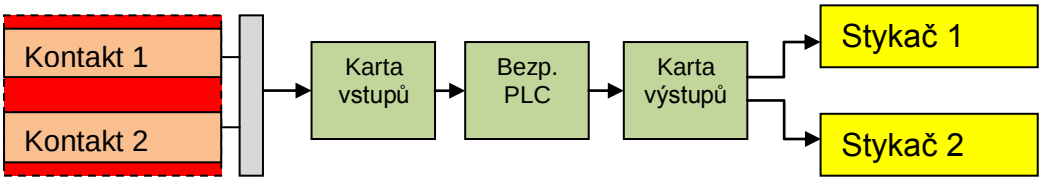
$$\lambda_{k1k2} = (1-\beta)^2\,.\,\lambda_{k1}\,.\lambda_{k2}\,.T_1 + \beta\,.\frac{\lambda_{k1}\,.\lambda_{k2}}{2} =$$

$$\lambda_{k1k2} = (1-0{,}5)^2\,.(4{,}56\,.10^{-11})^2\,.4380 + 0{,}5\,.\frac{(4{,}56\,.10^{-11})^2}{2} = \mathbf{2{,}77\,.10^{-18}h^{-1}}, \quad (2)$$

$$t_{CE} = \frac{\lambda_U}{\lambda}\,.\left(\frac{T_1}{2} + MTTR\right) + \frac{\lambda_D\,.MTTR}{\lambda} = 0{,}5\,.\frac{4380}{2} + 8 + 0{,}5\,.4 = \mathbf{1105\,h}, \quad (3)$$

$$PFD_{k1k2} \approx \lambda\,.\,t_{CE} = \mathbf{3{,}06\,.10^{-15}}. \quad (4)$$

Logický diagram zapojení jednotlivých komponentů (subsystémů vstupů, logiky a výstupů) je znázorněn na obrázku 7.



Obrázek 7: Logický diagram zapojení pro nouzové zastavení stroje

Přehled jednotlivých komponentů s jejich hodnotami *PFD*, sloužící k zabezpečení nouzového zastavení stroje, je uveden v tabulce 22. Pro dosažení výsledné hodnoty *PFD* je zapotřebí jednotlivé dílčí výsledky *PFD* sečíst.

Tabulka 22: Přehled jednotlivých komponentů s jejich hodnotami *PFD*

Prvek	***Subsyst.***	B_{10}	***C***	λ	t_{CE}	***PFD***
Kontakt 1 Kontakt 2	Vstupní	$5 . 10^{5}$	$\frac{1}{4380} h^{-1}$	$2{,}77 . 10^{-18} h^{-1}$	1105 h	$3{,}06.10^{-15}$
Karta vstupů	Vstupní	-	-	-	-	1.10^{-5}
Bezp. PLC	Vstupní	-	-	-	-	1.10^{-5}
Karta výstupů	Výstupní	-	-	-	-	1.10^{-5}
Stykač 1 Stykač 2	Výstupní	1.10^{5}	$\frac{1}{12} h^{-1}$	$2{,}53 . 10^{-12} h^{-1}$	1105 h	$2{,}79.10^{-9}$
Celkem						$\mathbf{3.10^{-5}}$

Celková výsledná hodnota pro dvoukanálové vedení bezpečnostního signálu je rovna $PFD_{k1k2} = 3{,}06 . 10^{-15}$. Její nízká hodnota je zapříčiněna mimo jiné použitím kvalitních a vysoce odolných prvků a také nízkým počtem sepnutí během stanovené doby C. V našem případě je celková doba sepnutí stanovena na hodnotu jednoho sepnutí za půl roku.
Hodnota $PFD_{s1s2} = 2{,}79 . 10^{-9}$ pro jednotlivé stykače je stejně jako v předešlém případě také hodně nízká.
Z tohoto poznatku nám vyplývá, že celková hodnota *PFD*, která bude zásadním způsobem ovlivňovat výslednou hodnotu, bude brána pouze z bezpečnostního PLC, z jeho vstupů a výstupů. Tato hodnota je $\boldsymbol{PFD = 3 . 10^{-5}}$**.**
Při porovnání výsledku s hodnotami uvedenými v tabulce 5, vyjde výsledná hodnota rovnající se *SIL* 4. Tato hodnota je více než dostačující. V samotném zadání byla požadována hodnota *SIL* 1.
Při tomto zjištění lze tedy tvrdit, že námi zvolené komponenty a navržená opatření jsou dostačující a lze je tedy realizovat.

7.2 Funkce zamezení narušení pracovního prostoru

Jedná se o bezpečnostní funkci, která má za úkol při neoprávněném nebo náhodném vniknutí do pracovního prostoru stroje, při jeho provozu, způsobené například nepozorností obsluhy zastavit soustruh. V případě narušení pracovního prostoru při vypnutém stroji nedovolí jeho spuštění.

Dotčené riziko: Rizika č. 1.1, 1.6, 1.7, 1.8, 1.12, 1.13, 3.1, 4.1, 8.1;

Požadavky: Možnost vniknutí do pracovního prostoru stroje se odstraní vhodně umístěným otevíratelným krytem pracovního prostoru, který bude opatřen průhledem z tvrzeného skla a osazen koncovými spínači. Za účelem zvýšení efektivity zvoleného bezpečnostního opatření se doporučuje omezit přístup do pracovního

prostoru stroje pouze z přední strany soustruhu a to vhodným umístěním soustruhu. Při otevření dveří krytu dojde k přerušení dodávky elektrické energie vedoucí k hlavnímu motoru a tím zabránění nežádoucího spuštění soustruhu. Dále pak dojde k aktivaci přepěťové brzdy, která působí na hřídel motoru a napomáhá rychlejšímu uvedení stroje do klidu. Ochranný kryt bude zároveň sloužit i jako ochrana obsluhy před odlétávajícími úlomky materiálu nebo vystříknutím chladicí kapaliny, případně jako ochrana osob, které se nacházejí v těsné blízkosti pracovního prostoru.

Navrhovaná realizace.

Senzor otevření – Jako senzor otevření pohyblivé zábrany bude použit koncový spínač od firmy Moeller s tímto označením LSM-11S/L viz.[9]. Jedná se o koncový spínač, který je vybaven nájezdovou pákou s kladkou. Spínač je v provedení kovovém s krytím IP 67, což je dostatečná ochrana před případným potřísněním chladicí kapalinou.



Obrázek 8: Spínač LSM-11S/L od firmy Moeller [9]

Tvrzené sklo průhledné – Krytování musí být provedeno v souladu s normou typu ČSN EN 23125, kde jsou popsány požadavky na zkoušky krytů. Pro zjištění potřebné tloušťky tvrzeného skla bude proveden kontrolní výpočet.

Zkouška nárazem u soustružnického stroje se používá pro snížení rizika vymrštění obrobků nebo jeho částí z pracovního prostoru.

Výpočet rychlosti nárazu.

$$v_i = 1{,}25 \,.\pi.B.\frac{n}{60} = \mathbf{58,19}\ m.s^{-1} \qquad (5)$$

kde:

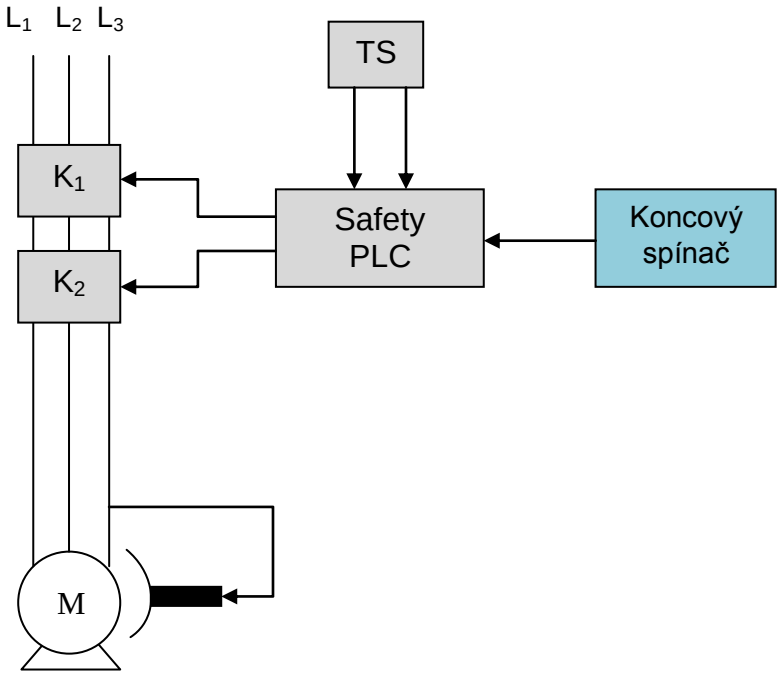
v_i	[m/s]	- rychlost nárazu,
B	[m]	- maximální průměr upínacího zařízení,
π		- ludolfovo číslo,
1,25		- bezpečnostní faktor,
n	[ot/min]	- maximální frekvence otáčení vřetene.

Výpočet energie nárazu.

$$J_C = \frac{m.{v_i}^2}{2} = \mathbf{2048,66}\ \mathrm{J} \qquad (6)$$

kde:
J_c [J] - energie nárazu,
m [kg] - hmotnost zkušebního vzorku (zvoleno m=1,21kg).

Při srovnání vypočtených hodnot s hodnotami uvedenými v tabulce A2 z normy ČSN EN 23125 přílohy A, dochází ke zjištění, že kryty musí být vyrobeny v třídě odolnosti B_2.
Podle hodnot uvedených v tabulce B1, která je uvedena v příloze B této normy, je získán přehled o minimálních vlastnostech potřebných materiálů k realizaci ochranného krytu.
V tomto případě si lze vybrat mezi polykarbonátovou směsí tloušťky 2x8mm a nebo 8mm polykarbonátem.



Obrázek 9: Blokové schéma pro zapojení koncového spínače

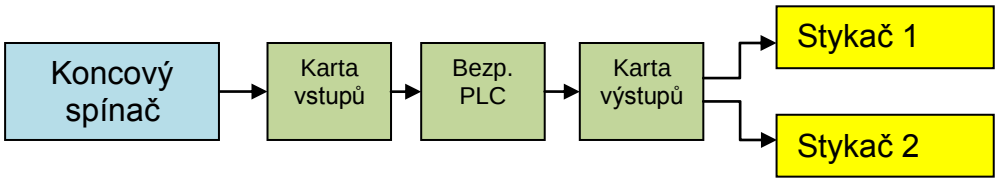
Výpočet *PFD* pro koncový spínač:

$$\lambda = \frac{0{,}1\ .C}{B_{10}} = \frac{0{,}1\ .5}{4380\ .1\ .10^5} = \mathbf{1,14\ .10^{-9}}\boldsymbol{h^{-1}}, \qquad (7)$$

$$t_{CE} = \frac{\lambda_D}{\lambda}\ .\left(\frac{T_1}{2} + MTTR\right) + \frac{\lambda_U\ .MTTR}{\lambda} = 0{,}5\ .\frac{4380}{2} + 8 + 0{,}5\ .4 = \mathbf{1105}\ \boldsymbol{h}, \qquad (8)$$

$$PFD_{ks} \approx \lambda \,.\, t_{CE} = \mathbf{1,25 \,.\, 10^{-6}.} \qquad (9)$$

Logický diagram zapojení jednotlivých komponentů pro funkci zamezení narušení pracovního prostoru (subsystémů vstupů, logiky a výstupů) je znázorněn na obrázku 8.



Obrázek 10: Logický diagram zapojení jednotlivých komponent pro zapojení koncového spínače

Přehled jednotlivých komponentů s jejich hodnotami *PFD*, sloužící pro funkci zamezení narušení pracovního prostoru, jsou uvedeny v tabulce 23.

Tabulka 23: Celkový přehled jednotlivých komponentů pro zapojení koncového spínače s hodnotou *PFD*

Prvek	***Subsyst.***	***B_{10}***	***C***	***λ***	***t_{CE}***	***PFD***
Koncový spínač	Vstupní	$5 \,.\, 10^5$	$\frac{5}{4380} h^{-1}$	$1{,}14 \,.\, 10^{-9} h^{-1}$	1105 h	$1{,}25.10^{-6}$
Karta vstupů	Vstupní	-	-	-	-	1.10^{-5}
Bezp. PLC	Logika	-	-	-	-	1.10^{-5}
Karta výstupů	Výstupní	-	-	-	-	1.10^{-5}
Stykač 1 Stykač 2	Výstupní	1.10^5	$\frac{1}{12} h^{-1}$	$2{,}53 \,.\, 10^{-12} h^{-1}$	1105 h	$2{,}79.10^{-9}$
Celkem						***$3{,}125.10^{-5}$***

Výsledná hodnota $\boldsymbol{PFD = 3{,}125 \,.\, 10^{-5}}$ je podobně jako u předcházející funkce nouzového zastavení stroje, ovlivněna pouze hodnotou bezpečnostního PLC. Na výsledku se nepatrně projeví také zařízení koncového spínače.
Po převodu hodnoty ***PFD*** na výsledný ***SIL*****,** dle tabulky 5 nám vyjde konečná hodnota rovnající se *SIL* 4. Tato hodnota je více než dostačující. V samotném zadání byla požadována hodnota *SIL* 2.
Při tomto zjištění lze tedy konstatovat, že námi zvolené komponenty a navržená opatření jsou dostačující a lze je realizovat při tvorbě bezpečnostní funkce zamezení narušení pracovního prostoru.

8 Realizace bezpečnostní funkce ochranného prvku

Bezpečnostní funkci bude vykonávat kryt pracovního prostoru soustruhu, který je, jak již bylo uvedeno v předešlé kapitole, dostatečně mechanicky odolný a dimenzovaný. Na základě zjištění aktuální polohy krytu je řídicí systém schopen přerušit, případně i zastavit všechny pohyby soustruhu, díky nimž by mohlo dojít k poškození zdraví obsluhy nebo poškození zařízení, případně i ke ztrátě na životě.

Následně se detailněji budou řešit dva hlavní problémy. V první řadě se bude řešit poloha krytu pracovního prostoru soustruhu a dále pak bude podrobněji rozebráno řešení brzdy pohonu vřetena.
Realizací zvolených bezpečnostních funkcí dojde k eliminaci hrozících nebezpečí, popsaných v předešlé kapitole, zejména se bude jednat o možnost pohmoždění, odstřihnutí, odřezání, pořezání, zachycení nebo namotání, vtáhnutí, zlomení atd. a také nestabilita soustruhu vzhledem k jeho dynamickým vlastnostem.

Snímání polohy krytu pracovního prostoru musí být řešeno tak, aby plně pokrylo požadavky ze systémové specifikace.
V následující tabulce jsou popsány bezpečnostní pravidla. Pomocí těchto pravidel je možné provádět kontrolu bezpečnostních funkcí soustruhu.

Pro automatický režim.

Tabulka 24: Bezpečnostní pravidla pro automatický režim [6]

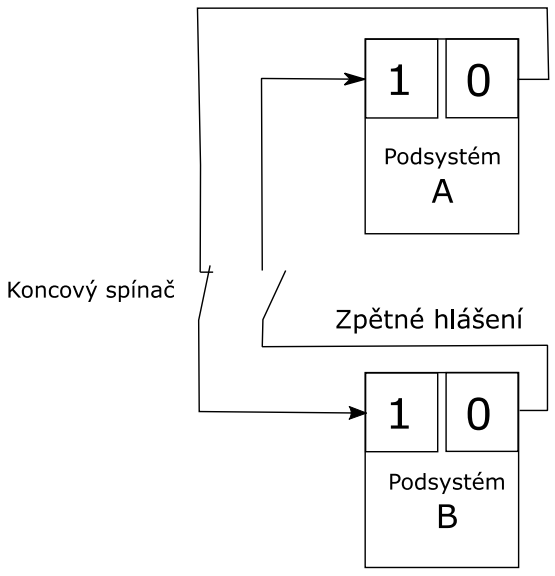
Režim 1 (automatický režim)	***Situace pohyblivého krytu.***			
	Uzavřený	***Otevřený***	***Podmínky pro otevření***	***Znovu uzavření***
Ruční a jednotlivé bloky	Funkce stroje jsou funkční. Bezpečnostní zařízení jsou aktivní.	Vřeteno nemůže být spuštěno. Pohyby dílu nebo manipulační zařízení nástroje (PTH) nemůže být spuštěno. Pohyby v osách nemohou být spuštěny. Revolverová hlava se nemůže pootáčet (indexovat). Chybový kód, pokud je příkaz ke zpuštění. Sklíčidlo a koník může být provozován.	Vřeteno je zastaveno. PTH pohyby jsou zastaveny. Pohyby v osách jsou zastaveny. Pootáčení revolverové hlavy je zastaveno. Dodávka chladiva je vypnutá.	Žádná z operací není automaticky restartována. Funkce stroje jsou v provozu v ručním režimu nebo po jednotlivých blocích po resetování bezpečnostních zařízení.
Automatický a jednotlivé bloky	Funkce stroje jsou funkční. Bezpečnostní zařízení jsou aktivní.	Vřeteno nemůže být spuštěno. PTH pohyby nemohou být spuštěny. Pohyby v osách nebo automatický cyklus nemohou být spuštěny. Chybový kód pokud je příkaz ke spuštění. Sklíčidlo a koník může být provozováno.	Cyklus zastavení je aktivní. Vřeteno je zastaveno. Vřetena poháněných nástrojů jsou zastavena. PTH pohyby jsou zastaveny. Revolverová hlava je zastavena. Dodávka chladiva je vypnuta.	Žádná z operací není automaticky restartována. Funkce stroje jsou v provozu v ručním režimu nebo po jednotlivých blocích po restartování bezpečnostních zařízení

Pro seřizovací režim.

Tabulka 25: Bezpečnostní pravidla pro seřizovací režim [6]

Režim 1 (automatický režim)	***Situace pohyblivého krytu.***			
	Uzavřený	***Otevřený***	***Podmínky pro otevření***	***Znovu uzavření***
Ruční a jednotlivý blok nebo cyklus běhu nasucho	-	Následující funkce jsou operovatelné v kombinaci s bezpečnostními zařízeními; omezené otáčky vřetena. PTH pohyby s omezenou rychlostí; pohyby os s omezeným posuvem pouze v přírůstkovém pohybu; revolverová hlava indexuje. Dále jsou povoleny následující funkce: manipulace se sklíčidlem, koníkem nebo pracovním upínacím zařízením; chladivo vypnuto/zapnuto	Omezené rychlosti vřetena a posuvů. PTH jsou řízeny a monitorovány. Zařízení vyžadující nepřetržité působení síly na ovladač nebo spouštěcí zařízení plus řízení spuštění jsou pro provoz vyžadovány.	-
Automatický a jednotlivé bloky nebo cyklus běhu nasucho	Stejné podmínky jako pro výrobní režim	Stejné podmínky jako pro výrobní režim	-	-

U zvoleného řídicího systému je potřeba použití dvoukanálové realizace snímacích senzorů. Pro vyloučení tzv. spících chyb je nutné provádět pravidelné testování správné činnosti senzorů. Testuje se samotná funkce senzoru, zkrat vůči kostře a vůči kladnému pólu.



Obrázek 11: Zapojení koncového spínače ochranného krytu

Popis funkce použitého koncového spínače je následující.

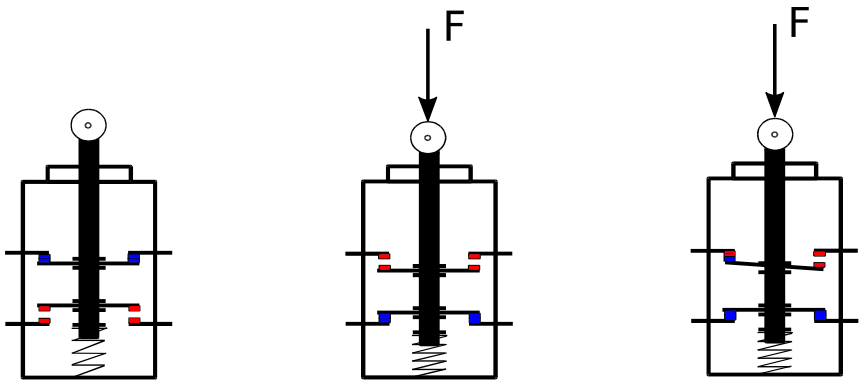
Zvolený koncový spínač je řešen, jako dvoukanálový tzn. jeden kontakt je spínací a druhý kontakt jako rozpínací. Spínač je připojen na výstupní svorky PLC, přes logický výstup tzn. výstup kanálu číslo dva je připojen na vstup kanálu číslo jedna. Toto zapojení umožňuje vyhodnocení polohy snímače, které je možné realizovat jako metodu „očekávaného stavu".
Řízeným střídáním úrovní (0 a 1) se dá očekávat předem definovaný stav po sepnutí koncového spínače. Z toho vyplývá možnost diagnostikovat například přerušení vodiče, zkratu vůči zemi nebo zkratu vůči kladnému pólu.

Jak samotná diagnostika koncového spínače probíhá?
V testovacím režimu provede obsluha stroje test na polohu krytu a to zvlášť na otevřený a zvlášť na uzavřený kryt.

Poloha krytu při provádění testu musí být vždy správně indikována na displeji PLC. V okamžiku, kdy obsluha uvede kryt do jedné z krajních poloh a na displeji se objeví indikace správného stavu polohy krytu, musí obsluha tento stav potvrdit také na řídícím zařízení pomocí příslušného tlačítka.
Tento test je povinný, to znamená, že po spuštění stroje se automaticky spustí testovací režim. Je proto vhodné zvolit si interval provádění testování nejdéle po osmi hodinách, což z pravidla bývá při příchodu nové směny na pracoviště.
Z výše uvedených důvodů se doporučuje uvést v organizačním nařízení, aby mezi jednotlivými směnami byl soustruh vypnut, a tím se docílí zabezpečení spuštění požadovaného bezpečnostního testu.[5]

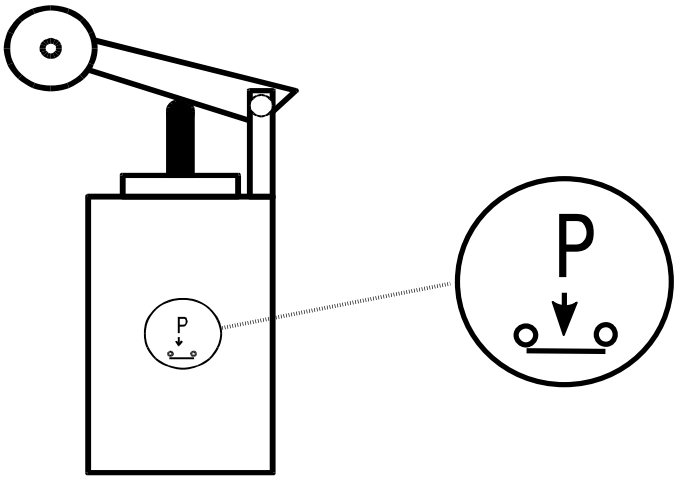
9 Realizace snímání polohy krytu

Na základě bezpečnostní funkce je nutné splnit určité podmínky při realizaci snímání polohy ochranného krytu. V současné době se v praxi používají výhradně koncové spínače. Tyto bezpečnostní prvky musí vyhovovat normě ČSN EN 6020 a musí být vybaveny mechanismem nuceného odtrhnutí kontaktů (forcibly guided contact), který zajišťuje jejich spolehlivé rozepnutí.



Obrázek 12: Princip nuceného odtrhnutí kontaktů

Koncový spínač takovéto konstrukce zajišťuje odstranění rizika, které se může vyskytnout při svaření kontaktů a je pro bezpečnostně relevantní aplikace přímo předepsaný.

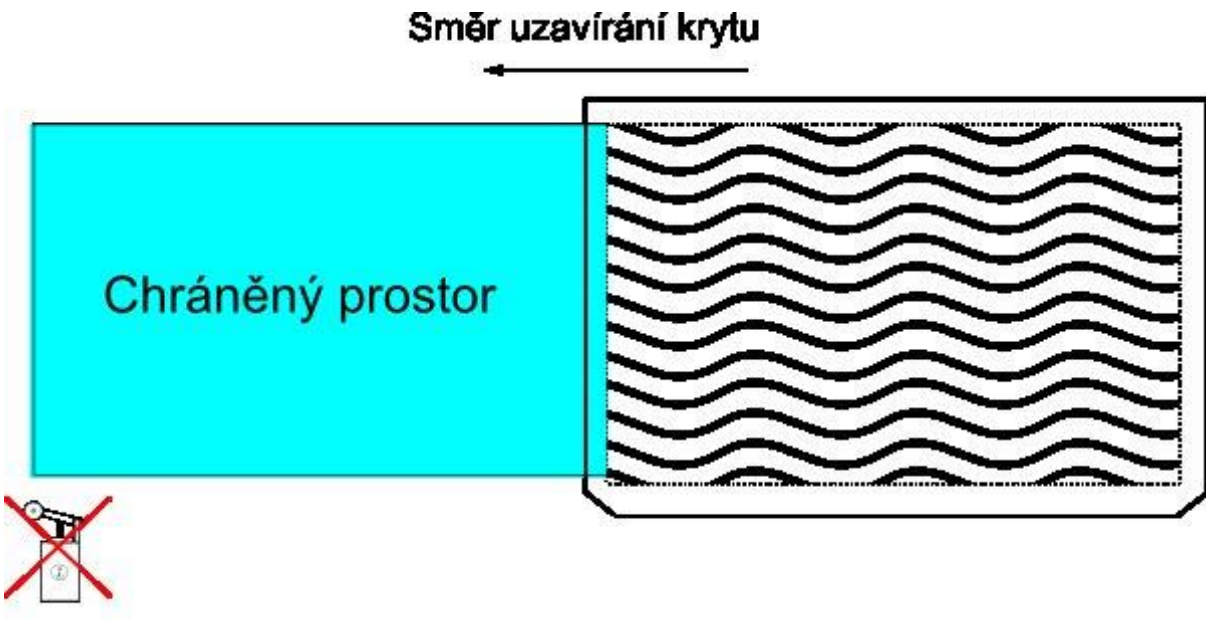


Obrázek 13: Koncový spínač s nuceným odtrhnutím kontaktů

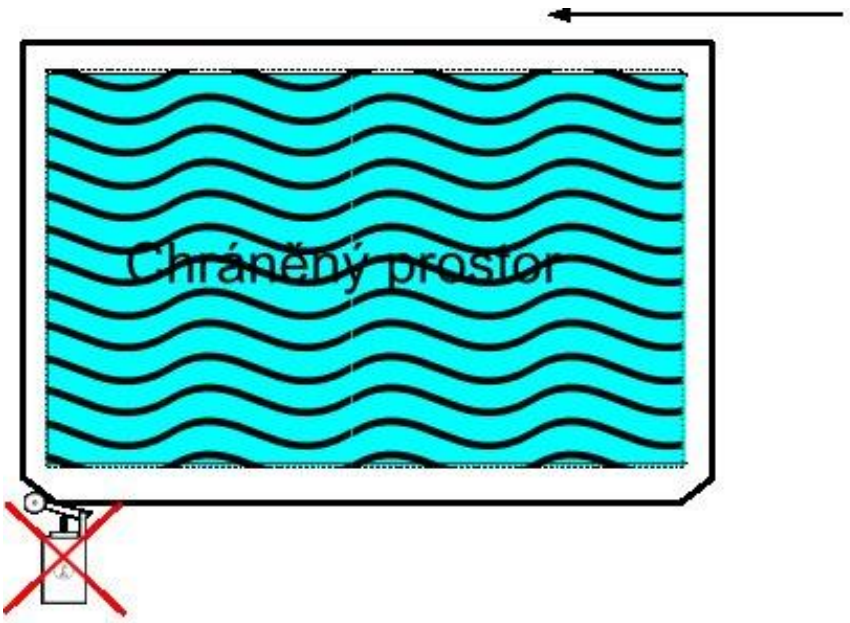
10 Správné umístění snímače při snímání polohy bezpečnostního krytu

Hlavním úkolem je identifikace dokonale zavřeného krytu. V případě, že je pro sepnutí koncového spínače použito různého převodového mechanismu, je bezpodmínečně nutné tento mechanismus zahrnout také do analýzy rizik. Z tohoto důvodu by se mohlo zdát jako jediné vhodné opatření umístění koncového spínače, který bude přímo ovládán bezpečnostním krytem. Nicméně je nutné použít takové konstrukční řešení, při kterém nebude koncový spínač svádět obsluhu k jeho tzv. „přemostění“, čímž by došlo k jeho vyřazení z provozu a narušení celé bezpečnostní funkce.

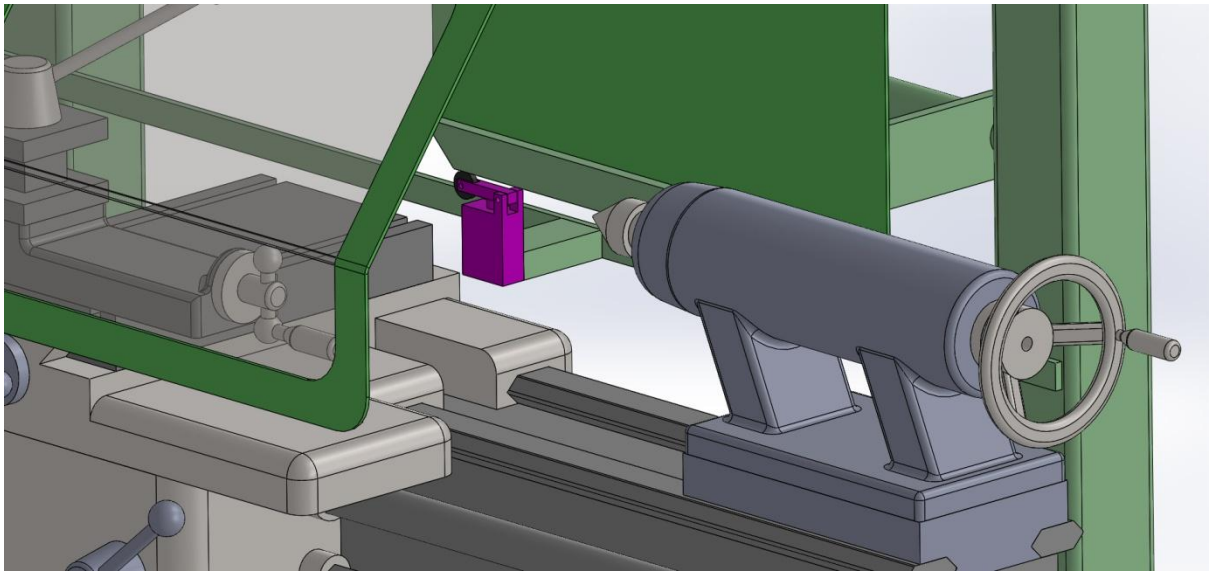
Ukázka nesprávné polohy koncového spínače je znázorněna na obrázku 12 a 13. Správná poloha spínače, která zaručí funkční snímání uzavřeného krytu je nakreslena na obrázku 14 a 15. Díky takto zvolené poloze snímání uzavřeného krytu je celé zařízení odolné i proti poruše spínače, která není jednoduše zjistitelná a to při prasknutí vratné pružiny spínače. Ten je po celou dobu trvání nebezpečné polohy stlačený a jen při poloze úplného zavření bezpečnostního okrytu se spínač rozpojí. Z toho vyplývá, že v případě poruchy na vratné pružině bude indikován stav otevřených dveří, což je stav bezpečný.[5]



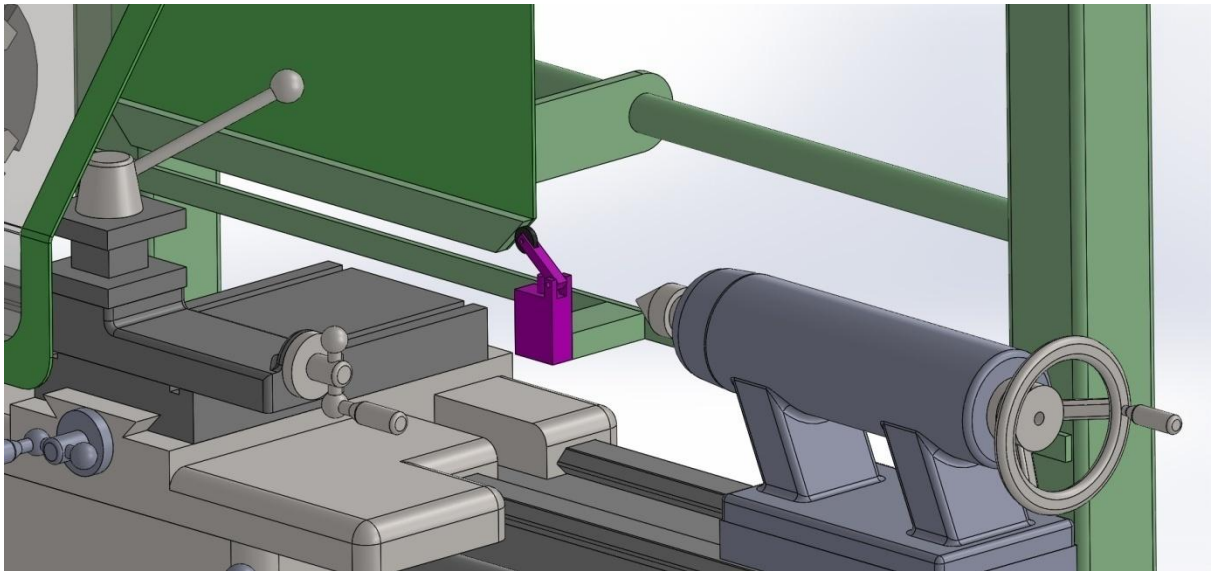
Obrázek 14: Nesprávné umístění koncového spínače - otevřený kryt



Obrázek 15: Nesprávně uložený koncový spínač - uzavřený kryt



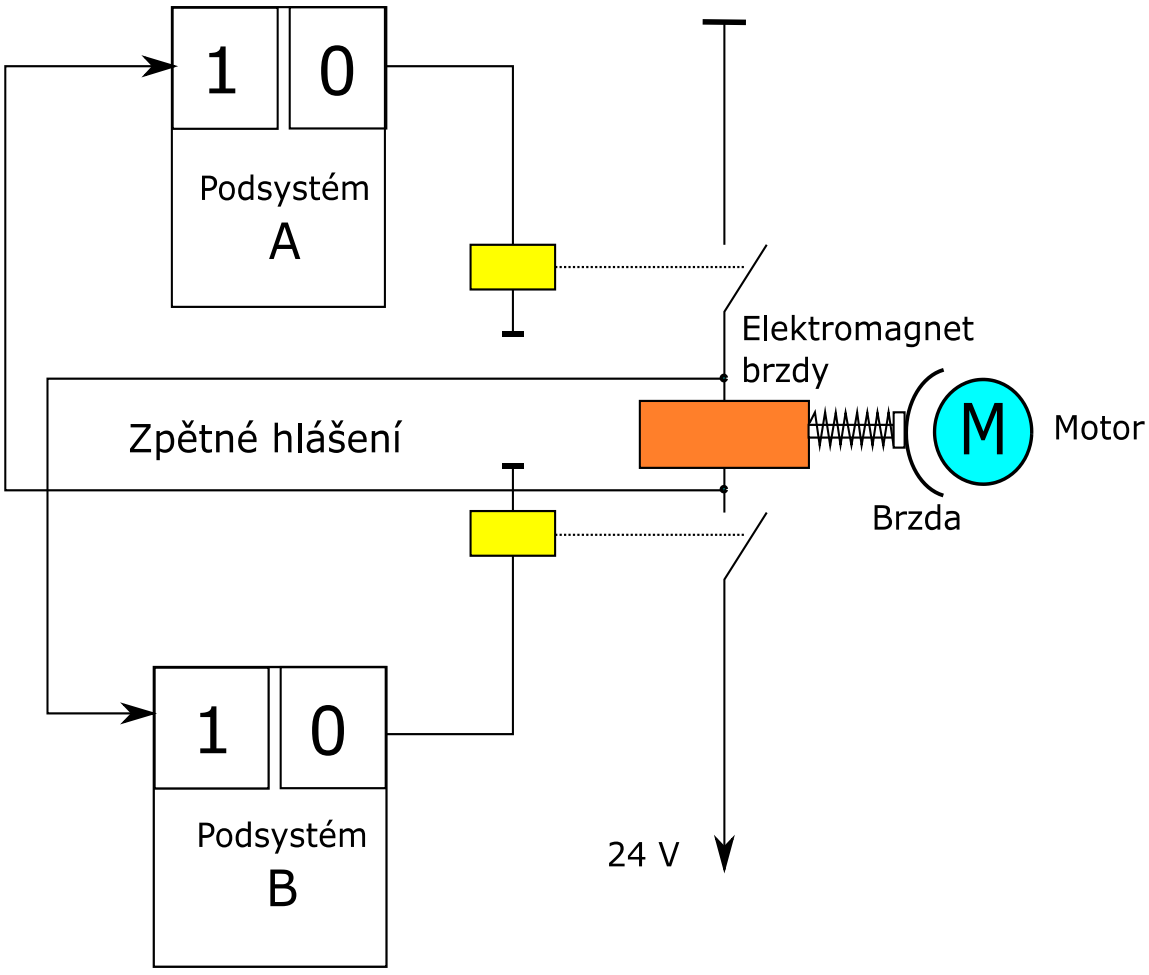
Obrázek 16: Správně uložený koncový spínač - otevřený kryt



Obrázek 17: Správně uložený koncový spínač - uzavřený ochranný kryt

11 Brzda hlavního pohonu

Pro bezpečné zastavení pohonu stroje je zapotřebí mít v zásobníku dostatek nahromaděné energie. Tato energie může být v různých formách např. překlenovací zásobník elektrické energie, stlačený vzduch, mechanická energie apod.
Pro potřeby této práce bude využívána mechanická energie, kterou bude tvořit stlačená pružina spolu s brzdovým obložením motorové brzdy. Tato brzda je ve stavu bez elektrické energie „aktivní“ tzn., že brzdové čelisti svírají hřídel vedoucí od hlavního pohonu. Po sepnutí elektrické energie elektromagnet stlačí brzdovou pružinu čímž, dojde k odbrzdění celé soustavy.
Při použití tohoto druhu brzd je nutné zvolit patřičnou velikost, u které se předpokládá správné elektricko-mechanické dimenzování. Na obrázku 18 je vidět funkce motorové brzdy.



Obrázek 18: Schéma zapojení elektromagnetické brzdy [5]

11.1 Popis brzdové soustavy

Brzda je ovládána pomocí dvoukanálové soustavy. Z toho vyplývá, že pro aktivaci brzdového účinku postačí, aby pouze jeden ze dvou kanálů byl bez proudu. Současně je snímán stav ovládacího elektromagnetu z důvodu testování ovládání brzdy.
Test musí být prováděný vždy po zapnutí soustruhu spolu s ostatními testy v testovací fázi. Tento test probíhá tak, že je snímačem otáček, který je umístěný na hlavním pohonu, snímán případný pokles otáček po aktivaci brzdy. V případě nízkého aktivačního účinku (nízká přítlačná síla pružiny, nefunkční brzdové obložení, atd.) nesmí být umožněn přechod do normálního režimu stroje.
U brzd zajišťujících bezpečnostně relevantní provedení se používá dělená přítlačná pružina. Je to z toho důvodu, že v případě prasknutí jedné pružiny vyvine druhá pružina minimální brzdný účinek, který pohon stroje zastaví. Stav, kdy dojde k prasknutí pružiny, musí být odhalen při provádění testování stroje.[5]

Shrnutí
V praktické části se řešila analýza rizik. Následně bylo provedeno snížení nepřijatelných rizik na požadovanou mez. Byl vytvořen návrh bezpečnostního systému pro zadané strojní zařízení. U bezpečnostních částí řídicího systému byly provedeny všechny potřebné výpočty. Celkový nákres realizace bezpečnostního systému je uveden v Příloze číslo 2.

Závěr

Zajištění bezpečnosti strojního zařízení a jeho obsluhy je v průmyslu obvyklý a dnes i nutný požadavek. K tomuto účelu jsou využívány dostupné bezpečnostní komponenty, které jsou dnes již běžně k dostání u různých výrobců. Ti zaručují, při dodržení jimi uvedených podmínek, splnění určité bezpečnostní kategorie.

Cílem této diplomové práce bylo přiblížit problematiku bezpečnosti strojních zařízení a navrhnout jeden z možných postupů bezpečnostního opatření strojního zařízení.

V úvodní teoretické části této práce byla řešena a objasněna legislativa vztahující se k zadané problematice strojního zařízení. Dále byly popsány postupy používané při návrhu bezpečnostní funkce podle ČSN EN 61508 a dalších, k tomuto tématu vztahujících se norem.

Na základě zadání diplomové práce a po poradě s vedoucím práce se v praktické části jako první cíl řešila identifikace nebezpečí u posuzovaného soustruhu a také odhad rizika u zjištěných nebezpečí. Celá tato problematika byla řešena v kapitole 4.
Postupovalo se podle návodu, který byl blíže popsán v teoretické části a také bylo využito norem ČSN EN ISO 12100 a ČSN EN ISO 23125 bezpečnost strojních zařízení. Následně bylo provedeno snížení nepřijatelných rizik na požadovanou mez. Dále byly stanoveny stupně bezpečnostní integrity pro všechna hrozící nebezpečí.

Jako další cíl diplomové práce bylo navrhnout preventivní opatření pro snížení nepřijatelných rizik a vypočítat úroveň vlastností u bezpečnostních částí navrhovaného bezpečnostního systému posuzovaného stroje.
Při návrhu bezpečnostního systému se blíže řešily dva stavy, a to funkce nouzového zastavení stroje a funkce zamezení narušení pracovního prostoru.
U obou případů byly podrobněji popsány bezpečnostní prvky a v nákresu znázorněna jejich pozice v bezpečnostním systému. Byly provedeny kontrolní výpočty průměrné pravděpodobnosti vzniku poruchy *PFD* pro zvolené bezpečnostní prvky.
Ze zjištěných výsledků byla stanovena hodnota stupně bezpečnostní integrity *SIL* pro zadaný bezpečnostní prvek a její porovnání s úvodní analýzou.
U bezpečnostní funkce zamezení narušení pracovního prostoru byl proveden také kontrolní výpočet potřebný ke stanovení tloušťky ochranného skla, které by mělo být součástí bezpečnostního krytu instalovaného bezpečnostního systému.

Dále byla popsána realizace bezpečnostní funkce ochranného prvku, kterou bude zastávat ochranný kryt instalovaný na strojním zařízení. Pro správnou funkci ochranného krytu se řešilo vhodné umístění koncového spínače.
Poslední kapitola praktické části se zabývala hlavní brzdovou soustavou strojního zařízení. Byl proveden popis celé soustavy a také navrhnuto schéma zapojení elektromagnetické brzdy.

Pro lepší orientaci v problému, a také pro snadnější představu, byl proveden celkový nákres strojního zařízení včetně aplikace bezpečnostního systému. Uvedený nákres je znázorněn v Příloze číslo 2.

Pro správnou realizaci bezpečnostního systému jsou nezbytné jisté konstrukční úpravy na stávajícím zařízení a také přemístění soustruhu v rámci dílny.
Pro další práci na soustruhu by bylo vhodné doporučit provozovateli provedení výměny všech stávajících kabelů a zastaralých součástí týkajících se zejména elektroinstalace. Následně by bylo možné realizovat bezpečnostní systém popsaný v této práci. Po realizaci bezpečnostního systému na uvedeném strojním zařízení je nutné provést znovu analýzu bezpečnostních rizik.

Seznam použitých zdrojů

1. PHILIPP, Steffen a Thomas HINZMANN. Funkční bezpečnost bez kompromisů. In: *Automa* [online]. 2011 [cit. 2015-04-20]. Dostupné z: http://www.odbornecasopisy.cz/res/pdf/42958.pdf

2. Česká republika. Zákon o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů. In: *22/1997*. 24. ledna 1997. Dostupné z: http://www.zakonyprolidi.cz/cs/1997-22

3. ČSN EN 61508. *Funkční bezpečnost elektrických/ elektronických/ programovatelných elektronických systémů souvisejících s bezpečností*. Praha: ÚNMZ, 2011.

4. Česká republika. Nařízení vlády o technických požadavcích na strojní zařízení. In: *176/2008*. 21. dubna 2008. Dostupné z http:/www.zakonyprolidi.cz/cs/2008-176

5. PROSTREDNÍK, Daniel. *Návrh bezpečných technologických systémů*. Košice, 2007. Habilitační práce. Technická univerzita Košice.

6. ČSN EN ISO 23125. *Obráběcí stroje-Bezpečnost-Soustruhy*. Praha: ÚNMZ, 2010.

7. ČSN EN ISO 12100. *Bezpečnost strojních zařízení - Všeobecné zásady pro konstrukci - Posouzení rizika a snižování rizika*. Praha: ÚNMZ, 2010.

8. MAREK, Jiří, Jiří HLINOVSKÝ, Petr BLECHA, Eva KRNÁČOVÁ a Jan MAREČEK. *MM Průmyslové spektrum*. Speciální vydání. Praha: Vogel Publishing, 2009. ISBN 1212-2572.

9. EATON ELEKTROTECHNIKA S.R.O. *Přehled průmyslových výrobků*. Praha, 2012. Dostupné z:http://www.eatonelektrotechnika.cz/pdf/tiskoviny_pdf_435.pdf

10. *Návod k obsluze: Hrotového soustruhu S-28*. 1959. Žebrák.

Seznam obrázků

Obrázek 1: Životní cyklus celkové bezpečnosti [3] *19*
Obrázek 2: Graf pro odhad velikosti rizika a matice rizik [8] *21*
Obrázek 3: Graf rizika úprava pro stanovení hodnoty SIL *23*
Obrázek 4: Hrotový soustruh S-28/750 ..... *26*
Obrázek 5: Graf rizika pro stanovení SIL *36*
Obrázek 6: Nákres bezpečnostní funkce nouzového zastavení stroje *40*
Obrázek 7: Logický diagram zapojení pro nouzové zastavení stroje *40*
Obrázek 8: Spínač LSM-11S/L od firmy Moeller [9] *42*
Obrázek 9: Blokové schéma pro zapojení koncového spínače *43*
Obrázek 10: Logický diagram zapojení jednotlivých komponent pro zapojení koncového spínače *44*
Obrázek 11: Zapojení koncového spínače ochranného krytu *46*
Obrázek 12: Princip nuceného odtrhnutí kontaktů *47*
Obrázek 13: Koncový spínač s nuceným odtrhnutím kontaktů *48*
Obrázek 14: Nesprávné umístění koncového spínače - otevřený kryt *49*
Obrázek 15: Nesprávně uložený koncový spínač - uzavřený kryt *49*
Obrázek 16: Správně uložený koncový spínač - otevřený kryt *50*
Obrázek 17: Správně uložený koncový spínač - uzavřený ochranný kryt *50*
Obrázek 18: Schéma zapojení elektromagnetické brzdy [5] *51*
Obrázek 19: Soustruh S-28/750 nákres *60*
Obrázek 20: Aplikace bezpečnostního systému - celková sestava *60*

Seznam tabulek

Tabulka 1: Přehled jednotlivých částí normy ČSN EN 61508 17
Tabulka 2: Tabulka významu rizik 20
Tabulka 3: Úrovně integrity bezpečnosti – cílové míry poruch pro bezpečnostní funkci pracující v režimu provozu s nízkým vyžádáním [3] 23
Tabulka 4: Úrovně integrity bezpečnosti: cílové míry poruch pro bezpečnostní funkci pracující v režimu provozu s vysokým nebo nepřetržitým vyžádáním [3] 24
Tabulka 5: Technické parametry soustruhu Žebrák [10] 25
Tabulka 6: Přehled hrozících nebezpečí vznikajících od mechanických veličin 27
Tabulka 7: Přehled hrozících nebezpečí vznikajících od elektrických veličin 27
Tabulka 8: Přehled hrozících nebezpečí vznikajících od teplotních veličin 27
Tabulka 9: Přehled hrozících nebezpečí vznikajících od vysoké hladiny hluku 27
Tabulka 10: Přehled hrozících nebezpečí vznikajících od elektromagnetického záření 28
Tabulka 11: Přehled hrozících nebezpečí vznikajících od použitých materiálů a látek 28
Tabulka 12: Přehled hrozících nebezpečí vznikajících od ergonomických vlastností 28
Tabulka 13: Přehled hrozících nebezpečí spojených s enviromentem 28
Tabulka 14: Formulář pro snížení rizika - nebezpečí zachycení a vtažení obsluhy rotujícími prvky 29
Tabulka 15: Formulář pro snížení rizik - nebezpečí dotyku osob s vodivými částmi, které jsou v normálním stavu provozu pod napětím 30
Tabulka 16: Formulář pro snížení rizik - nebezpečí výbuchu nebo plamene při práci s hořlavým kovem nebo samovzněcujícím materiálem 31
Tabulka 17: Formulář pro odstranění rizika - nebezpečí vysoké hladiny hluku vedoucí k nepohodlí, stresu, omdlení a ojediněle i ke ztrátě sluchu 32
Tabulka 18: Formulář pro odstranění rizika - nebezpečí ergonomická vedoucí k chybnému jednání obsluhy v případě záměny barev, tvarů, znaků ovl. panelu 33
Tabulka 19: Formulář pro snížení rizika - nebezpečí uklouznutí nebo pádu do pracovního prostoru při nahlížení do něj ve snaze o uvolnění zachyceného materiálu 34
Tabulka 20: Seznam rizik dle normy ČSN EN ISO 23125 38
Tabulka 21: Přehled rizik dle normy ČSN EN ISO 23125 včetně sestavení a výpočtu stupňů SIL 38
Tabulka 22: Přehled jednotlivých komponentů s jejich hodnotami PFD 41
Tabulka 23: Celkový přehled jednotlivých komponentů pro zapojení koncového spínače s hodnotou PFD 44
Tabulka 24: Bezpečnostní pravidla pro automatický režim [6] 45
Tabulka 25: Bezpečnostní pravidla pro seřizovací režim [6] 46

Seznam zkratek a symbolů

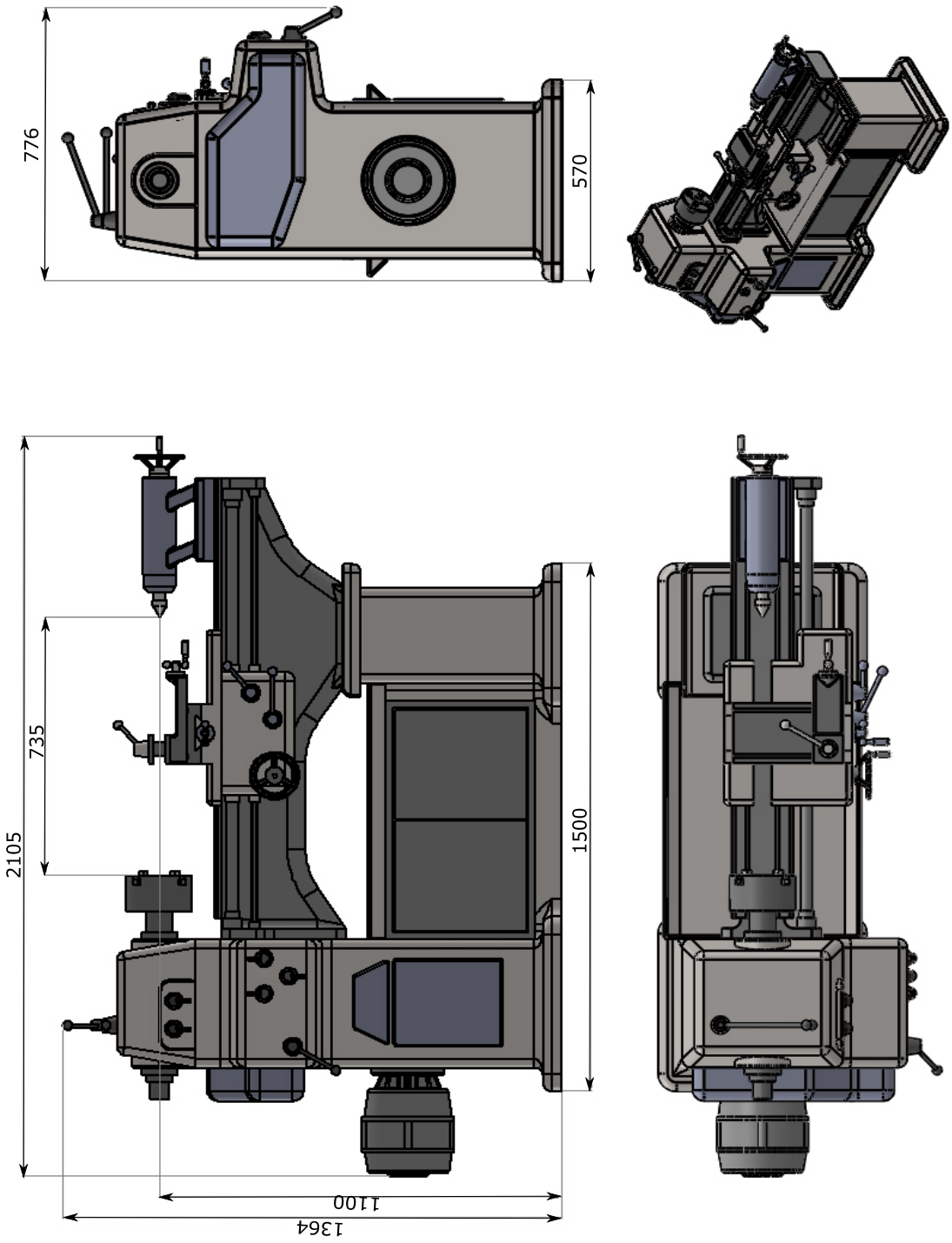
Zkratka	Jednotka	Popis
SIL		Stupeň integrity bezpečnosti (Safety Integrity Level)
PFD		Průměrná pravděpodobnost poruchy při vyžádání (Probability of Failure on Demand)
λ	[1/h]	Intenzita nebezpečných poruch (Failure Rate)
λ_D	[1/h]	Intenzita detekovatelných nebezpečných poruch (Dangerous Detected Failure Rate)
λ_U	[1/h]	Intenzita nedetekovatelných nebezpečných poruch (Dangerous Undetected Failure Rate)
β		Citlivost na jednotlivé poruchy
C	[1/h]	Počet sepnutí za hodinu
B_{10}		Statistické 10% rozhraní pro elektrickou životnost udávanou výrobcem
T_1	[h]	Četnost testování systému v hodinách
t_{CE}	[h]	Ekvivalentní střední doba prostoje kanálů (Channel Equivalent Mean Down Time)
v_i	[m/s]	Rychlost nárazu
B	[m]	Maximální průměr upínacího zařízení
π		Ludolfovo číslo
n	[ot/min]	Maximální frekvence otáčení vřetene

Seznam příloh

1. Příloha číslo 1 – Nákres soustruhu S-28/750
2. Příloha číslo 2 – Aplikace bezpečnostního systému – celková sestava

Příloha číslo 1

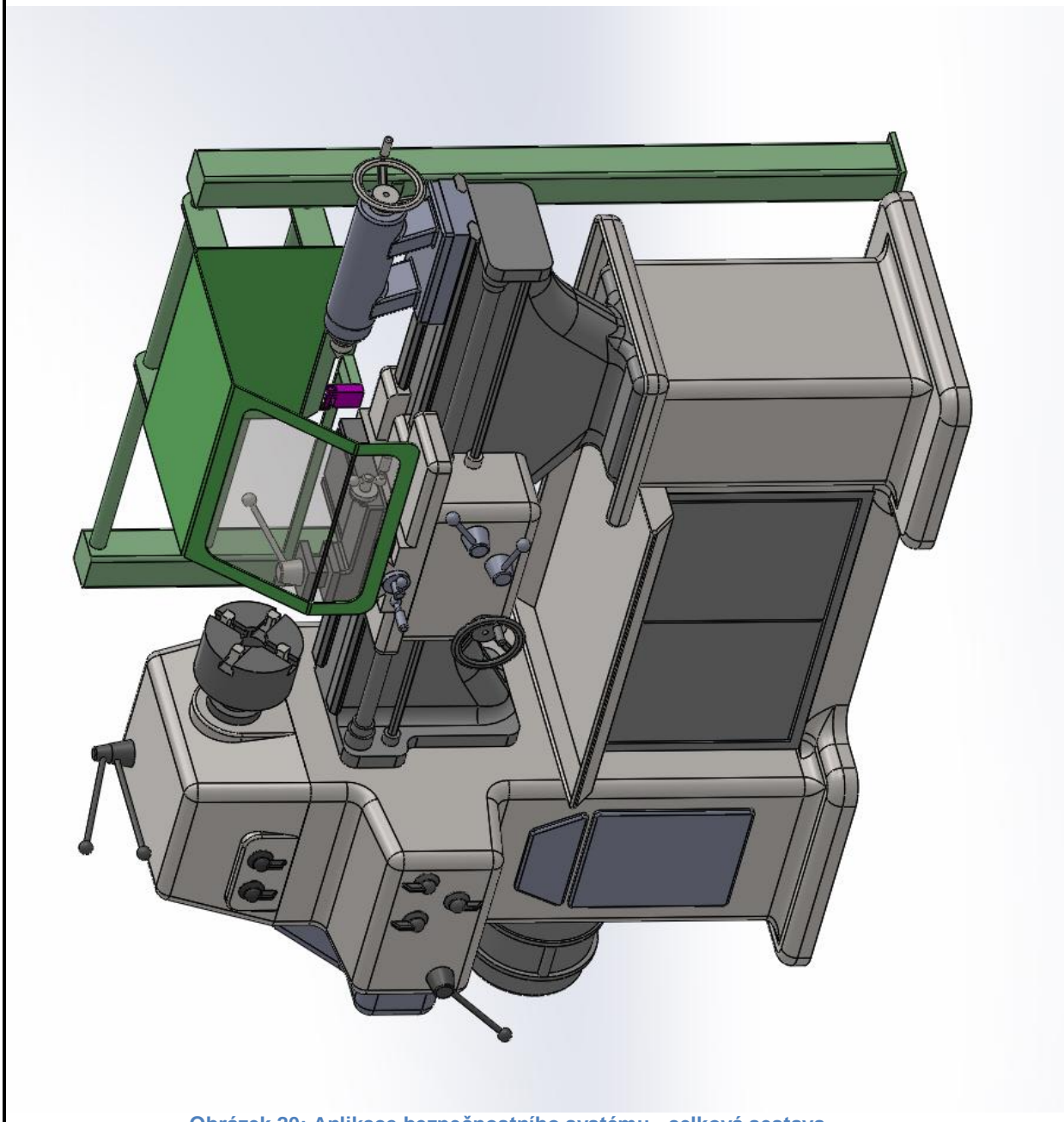
Nákres Soustruhu S-28/750



Obrázek 19: Soustruh S-28/750 nákres

Příloha číslo 2

Aplikace bezpečnostního systému celková sestava



Obrázek 20: Aplikace bezpečnostního systému - celková sestava