



Univerza v Mariboru

Fakulteta za strojništvo

Varnost strojev in vzdrževanje glede na nove standarde

Diplomsko delo

Študent: Sandi CIMERMAN
Študijski program: Visokošolski strokovni; Strojništvo
Smer: Vzdrževanje

Mentor: doc. dr. Darko LOVREC
Somentor: doc. dr. Samo ULAGA

Maribor, marec 2011



Univerza v Mariboru

Fakulteta za strojništvo

Številka: S.1139

Datum in kraj: 26.11.2010, Maribor

Na osnovi 330. člena Statuta Univerze v Mariboru (Ur. l. RS, št. 1/2010)
izdajam

SKLEP O DIPLOMSKEM DELU

SANDIJU CIMERMANU, študentu visokošolskega strokovnega študijskega programa **Strojništvo**, smer **Vzdrževanje**, se dovoljuje izdelati diplomsko delo pri predmetu **Vzdrževanje hidravličnih in pnevmatičnih sistemov**.

Mentor: doc. dr. Darko Lovrec

Somentor: doc. dr. Samo Ulaga

Naslov diplomskega dela: **VARNOST STROJEV IN VZDRŽEVANJE GLEDE NA NOVE STANDARDE**

Naslov diplomskega dela v angleškem jeziku: **MACHINERY SAFETY AND MAINTENANCE IN VIEW OF NEW STANDARDS**

Diplomsko delo je potrebno izdelati skladno z »Navodili za izdelavo diplomskega dela« in ga oddati v treh izvodih do **26.11.2011** v referatu za študentske zadeve članice.

Pravni pouk: Zoper ta sklep je možna pritožba na senat članice v roku 3 delovnih dni.

Dekan:

red. prof. dr. Niko Samec

Obvestiti:

- kandidata,
- mentorja,
- somentorja,
- odložiti v arhiv



I Z J A V A

Podpisani Sandi CIMERMAN izjavljam, da:

- je bilo predloženo diplomsko delo opravljeno samostojno pod mentorstvom doc. dr. Darka LOVRECA in somentorstvom doc. dr. Sama ULAGE;
- predloženo diplomsko delo v celoti ali v delih ni bilo predloženo za pridobitev kakršnekoli izobrazbe na drugi fakulteti ali univerzi;
- soglašam z javno dostopnostjo diplomskega dela v Knjižnici tehniških fakultet Univerze v Mariboru.

Maribor, 15.03.2011

Podpis: _____

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju doc. dr. Darku LOVRECU in somentorju doc. dr. Samu ULAGI za pomoč in vodenje pri opravljanju diplomskega dela.

Posebna zahvala velja staršem, ki so mi omogočili študij, in vsem, ki so mi na kakršen koli način pomagali.

VARNOST STROJEV IN VZDRŽEVANJE GLEDE NA NOVE STANDARDE

Ključne besede: varnost strojev, ocena tveganja, direktiva o strojih, standard, vzdrževanje.

UDK: 658.562+005.334(043.2)

POVZETEK

Nova direktiva o strojih – 2006/42/ES določa bistvene zdravstvene in varnostne zahteve za stroje. Konec leta 2009 je v veljavo stopil tudi novi standard EN ISO 13849-1, ki upošteva tudi vgrajene komponente hidravlične in pnevmatične pogonsko krmilne tehnike, in je nadomestil starejši standard EN 954-1.

Pri zasnovi stroja analiziramo tveganja in kjer je potrebno sprejmemo dodatne varnostne ukrepe za zaščito operaterjev. Tveganja lahko znižamo z varno zasnovo, tehničnimi varnostnimi ukrepi in informiranjem uporabnikov o preostalih tveganjih.

Med vzdrževalnimi deli na strojih, moramo preprečiti njihov zagon ali nevarno gibanje.

MACHINERY SAFETY AND MAINTENANCE IN VIEW OF NEW STANDARDS

Key words: machinery safety, risk assessment, machinery directive, standard, maintenance.

UDK: 658.562+005.334(043.2)

ABSTRACT

The new Machinery Directive - 2006/42/EC defines essential health and safety requirements for machinery. At the end of 2009 came new standard EN ISO 13849-1 into force, which also includes integrated components of hydraulic and pneumatic power control techniques, and replaced the old standard EN 954-1.

When designing a machine, the possible risks shall be analyzed and, where necessary, additional protective measures shall be taken to protect the operator from any hazards that may exist. Risk reduction can be achieved by means of safe design, technical protective measures and user information on residual risks.

During maintenance work on machines, their start-up or dangerous movement needs to be prevented.

KAZALO

1	UVOD.....	1
1.1	Opis splošnega področja diplomskega dela.....	1
1.2	Opredelitev diplomskega dela	1
1.3	Struktura diplomskega dela	2
2	PROCES OCENE TVEGANJA	3
2.1	Dokumentacija.....	7
2.2	Povzetek ocene tveganja.....	7
3	ZNIŽANJE TVEGANJA	8
3.1	Varna zasnova (vgrajena varnost)	9
3.1.1	Mehanska zasnova.....	9
3.1.2	Koncept delovanja in vzdrževanja.....	9
3.1.3	Električna oprema.....	10
3.1.4	Izklop v sili	10
4	ZASNOVA VARNOSTNE FUNKCIJE	11
4.1	Značilnosti zasnove	12
4.1.1	Struktura	13
4.1.2	Zanesljivost komponent/naprav.....	13
4.1.3	Diagnostika za odkrivanje odpovedi	14
4.1.4	Proces	14
5	NIVO VARNOSTI VARNOSTNE FUNKCIJE	15
5.1	Določevanje nivoja varnosti za podsisteme po EN ISO 13849-1	17
6	GRADNIKI FLUIDNE TEHNIKE	23
6.1	Krmilje.....	24
7	VARNOSTNE NAPRAVE.....	26
7.1	Opto-elektronske varnostne naprave	26
7.1.1	Primeri uporabe opto-elektronskih naprav	28
7.1.2	Funkcija ločevanja med človekom in materialom.....	31
7.2	Fizična varovala.....	32
7.2.1	Premična fizična varovala	33
7.3	Varnostna stikala	34
7.3.1	Primeri uporabe varnostnih stikal	34

7.4	Kontrola dveh rok.....	35
8	STANDARDI IN NOVA DIREKTIVA O STROJIH.....	36
8.1	Tipi standardov.....	36
8.2	Nova direktiva o strojih – 2006/42/ES.....	37
9	VZDRŽEVANJE.....	39
9.1	Planiranje vzdrževanja.....	39
9.2	Izolacija energije.....	40
10	SKLEP.....	44
	SEZNAM UPORABLJENIH VIROV.....	45
	ŽIVLJENJEPIS.....	46

UPORABLJENE KRATICE

PL – Performance level

PFHd – Probability of dangerous failure per hour

MTTF – Mean time to failure

DC – Diagnostic coverage

SRP/CS – Safety-related parts of controlled system

LOTO – Lockout/tagout

1 UVOD

1.1 Opis splošnega področja diplomskega dela

Varni stroji zagotavljajo pravno varnost za proizvajalce. Uporabniki strojev pričakujejo ponudbo samo varnih strojev in naprav. Zahteve po varnosti strojev so se povečevale hkrati z vse večjo uporabo avtomatizacije. Tehnologija je omogočila integracijo varnostnih naprav v delovni proces.

Po svetu obstajajo predpisi, ki se nanašajo na varnost uporabnikov strojev. Tehnični standardi podrobno opisujejo in specificirajo zahteve, ki izhajajo iz evropskih direktiv. Pri načrtovanju strojev upoštevamo bistvene zdravstvene in varnostne zahteve direktive o strojih oz. pravilnika o varnosti strojev. Izvedemo postopke ugotavljanja skladnosti oz. ugotovimo vse mogoče nevarnosti in nevarna mesta na stroju in jih z oceno tveganja ovrednotimo. V skladu z oceno tveganja, tveganja odpravimo ali omilimo. Če s konstrukcijskimi rešitvami ni mogoče odpraviti tveganj ali pa so tveganja previsoka, uporabimo varnostne sisteme in če je potrebno informiramo o preostalih tveganjih.

Tehnična dokumentacija izkazuje, da je stroj skladen z zahtevami direktive. Proizvajalec stroja, njegov pooblaščen zastopnik v Sloveniji ali Evropski uniji, ali v izjemnih primerih oseba, ki daje stroj na trg oz. v obratovanje, izda potrebne listine za stroj (ES – izjava o skladnosti, izjava o vgradnji delno dokončanih strojev) in stroj označi z oznako CE.

1.2 Opredelitev diplomskega dela

Namen diplomskega dela je preučiti strokovno literaturo in razpoložljive vire s področja tehnične zakonodaje, natančneje varnosti strojev, ter prikazati varnostne zahteve za proizvajalce strojev.

Cilji diplomskega dela:

- teoretično predstaviti zakonodajo EU na področju varnosti strojev,
- predstaviti postopek ocene tveganja pri strojih in predstaviti načine zagotavljanja varnosti strojev,
- opisati zahteve za varnost pri fluidni tehniki,
- opisati, kako zagotoviti varnost pri vzdrževalnih delih.

Osnovne trditve diplomskega dela

Proizvajalec mora pri načrtovanju stroja upoštevati bistvene zdravstvene in varnostne zahteve, direktive o strojih oz. pravilnik o varnosti strojev. Izvesti mora postopke ugotavljanja skladnosti ter pripraviti tehnično dokumentacijo. Izdati mora ES - izjavo o skladnosti in stroj označiti z oznako CE. Pri izvajanju vzdrževalnih del je treba upoštevati varnostne ukrepe. Z rednim vzdrževanjem se ohranja varnost strojev v celotni življenjski dobi.

1.3 Struktura diplomskega dela

Diplomsko delo je razdeljeno na deset poglavij ter seznam literature.

V poglavju proces ocene tveganja je opisano zaporedje logičnih korakov, ki omogočajo vrednotenje tveganja ter način določanja zahtevanega nivoja varnosti.

V poglavju znižanje tveganja je opisano katere dejavnike moramo upoštevati pri zasnovi stroja. Poglavje zasnova varnostne funkcije opisuje, kako lahko s strukturo zmanjšamo dovzetnost za odpovedi in s katerimi značilnostmi varnostnih sistemov dosegamo varnost. Poglavje nivo varnosti varnostne funkcije opisuje parametre, na podlagi katerih se določijo nivoji varnosti za podsisteme in nato še za celotno varnostno funkcijo.

Poglavje gradniki fluidne tehnike opisuje varnostne principe pri fluidni tehniki ter zahteve standarda EN ISO 13849 za krmilne sisteme, v poglavju varnostne naprave, pa so opisane vrste varnostnih naprav in primeri uporabe.

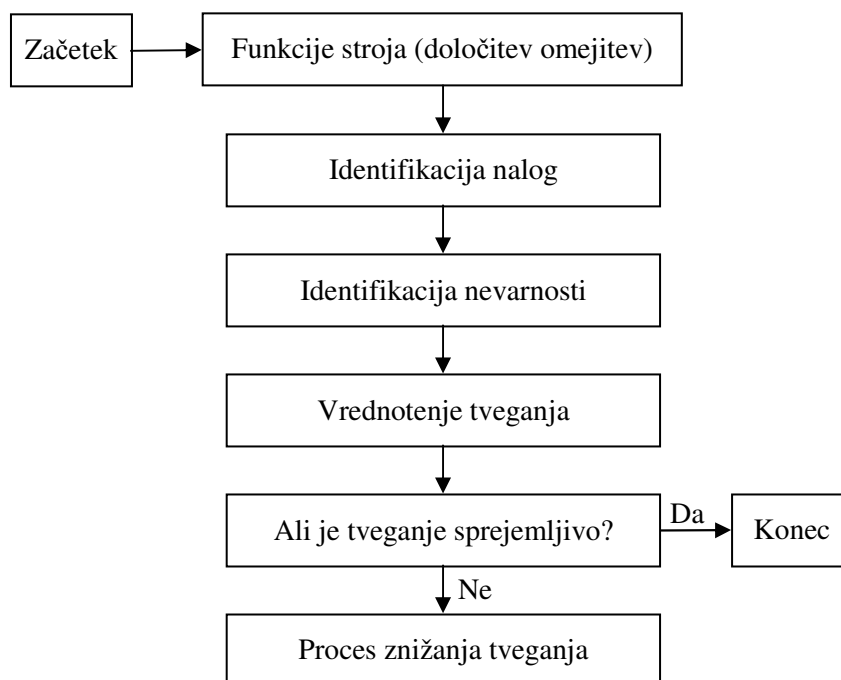
V poglavju standardi in nova direktiva o strojih so predstavljene vrste standardov na področju varnosti ter novosti, ki jih prinaša nova direktiva o strojih. Poglavje vzdrževanje pa opisuje varnostne ukrepe pri vzdrževalnih delih.

Nalogo zaključujemo s sklepnimi ugotovitvami.

2 PROCES OCENE TVEGANJA

Pri zasnovi in uporabi stroja ocenimo potencialna varnostna tveganja. Proces ocene tveganja dobi največjo veljavo takrat, ko ga vključimo v sam začetek snovanja stroja in je torej »živ« proces skozi celotni razvoj stroja. Kjer je potrebno, izvedemo dodatne zaščitne ukrepe za zaščito operaterjev in drugih ljudi. Pri tem so nam v pomoč standardi, ki določajo in opisujejo proces ocene tveganja. Ocena tveganja za določen stroj je definirana v mnogih standardih tipa C. Če standardi tipa C niso uporabni ali pa so pomanjkljivi, lahko uporabimo standarde tipa A in tipa B [1].

Ocena tveganja je zaporedje logičnih korakov, ki omogočajo sistematično analizo in vrednotenje tveganja (glej sliko 2.1).



Slika 2.1: Proces ocene tveganja [1]

Funkcije stroja obsegajo:

- specifikacije stroja (kaj se proizvaja, največja proizvodna zmogljivost, materiali),
- fizične meje in načrtovani kraj uporabe,
- načrtovano življenjsko dobo,
- namenske funkcije in načini delovanja,
- pričakovano slabo delovanje in pomanjkljivosti,
- seznam ljudi, ki sodelujejo v delovnem procesu stroja,
- proizvode, ki so povezani s strojem,
- pravilno uporabo in tudi nenamerna dejanja operaterja ali predvidena napačna uporaba stroja [1].

Visok potencial nevarnosti izhaja iz nepravilnega delovanja oz. okvar komponent, ki skrbijo za funkcije delovanja (še posebej krmilje). Primera:

- napačna smer vrtenja valjev (nevarnost za roke),
- premik robota izven delovnega območja.

Nenamerna dejanja operaterjev ali predvidena napačna uporaba lahko vključuje:

- izguba kontrole nad strojem (še posebej pri strojih, ki jih držimo v rokah ali prenosnih strojih),
- refleksna dejanja v primeru slabega delovanja ali okvare,
- napačno ravnanje zaradi premajhne koncentracije ali nepozornosti,
- napačno ravnanje zaradi izbire »poti najmanjšega upora« pri izvajanju naloge,
- ravnanje pod pritiskom (obratovanje stroja ob slabih pogojih),
- ravnanje določenih skupin ljudi (npr. otroci, mladina, invalidi) [1].

Potem, ko definiramo omejitve stroja/sistema (glej preglednico 2.1), je naslednji korak identifikacija različnih nalog in z njimi povezanimi tveganji pri delovanju stroja.

Preglednica 2.1: Omejitve strojev [1]

Omejitve strojev	Primeri
Omejitve uporabe	Načrtovana uporaba stroja, hitrost proizvodnje, časi ciklov ipd.
Prostorske omejitve	Pomiki, vzdrževanje ipd.
Časovne omejitve	Vzdrževanje in obraba orodij, tekočin ipd.
Omejitve okolja	Temperatura, vlaga, ropot, lokacija ipd.
Vzajemne omejitve	Drugi stroji in pomožna oprema, viri energije ipd.

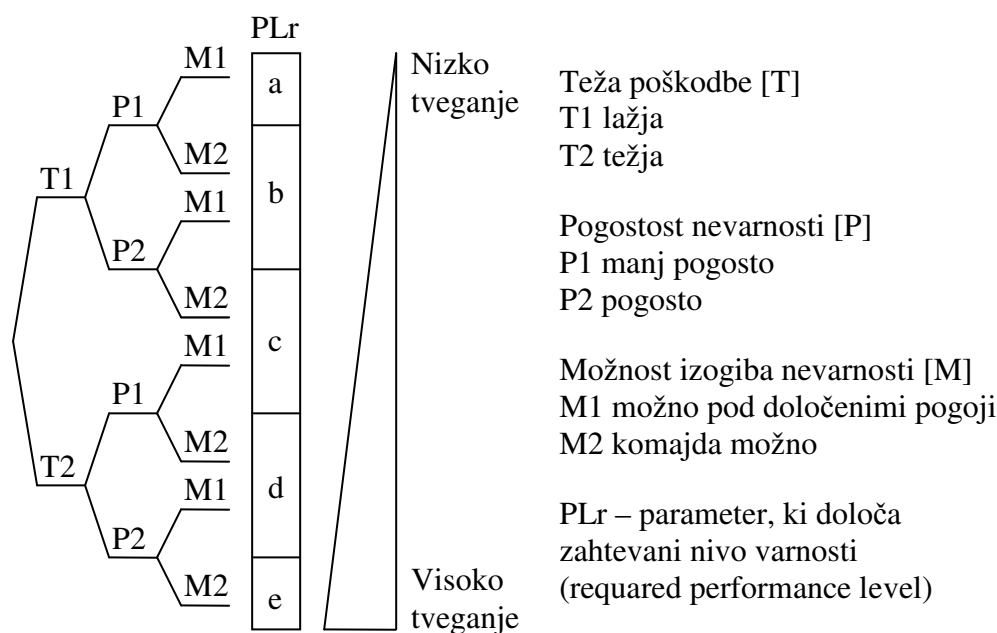
Tveganja lahko razdelimo na mehanska, električna, termična, hrup, vibracije, sevanje, zanemarjanje ergonomije pri zasnovi stroja, tveganje zaradi zdrsa, spotikanja in padanja, ter tveganje zaradi okolice mesta, kjer se stroj uporablja.

Tveganja upoštevamo v vseh fazah življenjske dobe stroja:

- transport, sestavljanje, inštalacija,
- začetek obratovanja,
- nastavljanje,
- normalno obratovanje in odpravljanje motenj,
- vzdrževanje in čiščenje,
- konec obratovanja, demontaža in odstranjevanje [1].

Naslednji korak je določitev zahtevanega nivoja varnosti za vsako varnostno funkcijo. Tveganje, ki je povezano z nevarno situacijo, je odvisno od naslednjih elementov (slika 2.2):

- teža poškodbe, ki jo lahko povzroči nevarnost (lažja ali težja poškodba),
- verjetnost nevarnega dogodka, ki pa je odvisna od:
 - izpostavljenosti nevarnosti,
 - tehničnih in človeških možnosti za preprečitev ali omejitev poškodb.



Slika 2.2: Določitev zahtevanega nivoja varnosti [1]

Praviloma je zahtevani nivo varnosti opredeljen v standardih tipa C (specifični standardi za različne tipe strojev). Če za določen stroj standard tipa C ne obstaja, lahko zahtevani nivo varnosti določimo s standardom EN ISO 13849-1. Ta standard je uporaben za hidravliko, pnevmatiko ter mehanske, električne, elektronske in programabilne elektronske sisteme.

S postopkom ocene tveganja in znižanja tveganja:

- določimo omejitve strojev, vključno s pravilno uporabo in predvideno napačno uporabo,
- ugotovimo nevarnosti, ki jih lahko povzročijo stroji in z njimi povezane nevarne situacije,
- ocenimo tveganje, pri čemer upoštevamo kako hude bi bile morebitne poškodbe ali zdravstveni problemi in kolikšna je njihova verjetnost,
- ugotovimo, če je tveganje skladno z zahtevami predpisov,
- odpravimo nevarnosti ali z varnostnimi ukrepi znižamo tveganje, povezano s temi nevarnostmi [1].

2.1 Dokumentacija

Dokumentacija ocene tveganja vsebuje uporabljeni postopek in dobljene rezultate, kakor tudi sledeče informacije:

- informacije o stroju: specifikacije, omejitve, pravilna uporaba, ipd.,
- obremenitve, trdnost, varnostni koeficienti,
- v oziru nevarnih dogodkov ugotovljene nevarnosti in nevarne situacije ,
- uporabljeni podatki in njihovi viri, kakor tudi zgodovina nezgod in izkušnje glede zmanjšanja tveganja na primerljivih strojih,
- opis varnostnih ukrepov,
- opis ciljev zmanjšanja tveganja, ki smo jih dosegli s temi varnostnimi ukrepi,
- s strojem povezano preostalo tveganje,
- seznam pri oceni tveganja uporabljenih dokumentov [1].

2.2 Povzetek ocene tveganja

Oceno tveganja izvedemo za vse nevarnosti. V tem iterativnem procesu upoštevamo vse nevarnosti in tveganja, dokler jih ne odpravimo ali dosežemo sprejemljivo tveganje.

Proces ocene tveganja:

- najprej določimo funkcije stroja,
- med oceno tveganja upoštevamo predvideno napačno uporabo in pomanjkljivosti,
- identificiramo nevarnosti (mehanske, električne, termične ipd.), ter jih upoštevamo v vseh fazah življenjske dobe stroja,
- ocenimo varnostna tveganja; te so odvisne od teže poškodbe in verjetnosti nevarnega dogodka, ter
- dokumentiramo rezultate ocene tveganja.

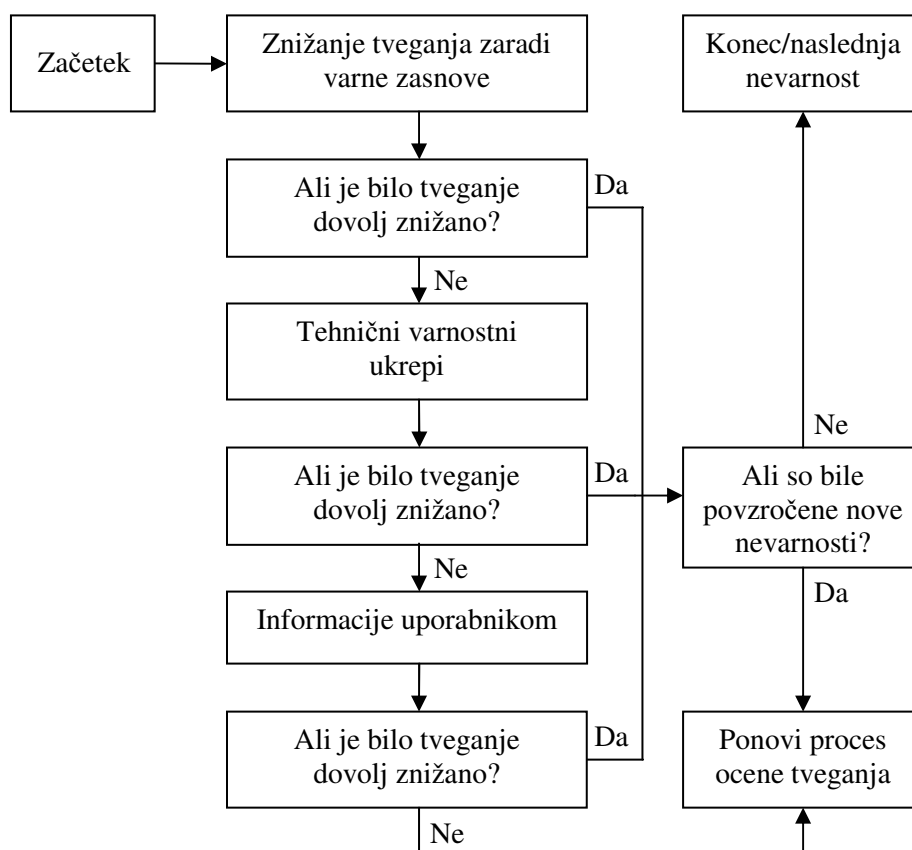
3 ZNIŽANJE TVEGANJA

Na ukrepe za večjo varnost lahko gledamo:

- s tehničnega vidika (kako delujejo posamezni varnostni ukrepi) in
- s pravnega vidika (katere varnostne predpise moramo upoštevati).

Če je ocena tveganja pokazala, da je tveganje previsoko, uporabimo metodo treh korakov:

1. varna zasnova: odprava ali znižanje preostalih tveganj kolikor je mogoče (vgrajena varnost v zasnovi in konstrukciji stroja),
2. tehnični varnostni ukrepi (za tista tveganja, ki jih z zasnovo ni mogoče odpraviti),
3. informacije uporabnikom o preostalih tveganjih [1].



Slika 3.1: Splošna načela procesa znižanja tveganja po EN ISO 12100-1, -2 (standarda tipa A) [1]

3.1 Varna zasnova (vgrajena varnost)

Varna zasnova je prvi in najbolj pomemben korak v procesu ocene tveganja. Vidiki varne zasnove so povezani s samim strojem in interakcijo med strojem ter osebo, ki je v nevarnosti.

Primeri:

- mehanska zasnova,
- koncept delovanja in vzdrževanja,
- električna oprema,
- koncepti zaustavitve v sili,
- oprema, ki vključuje tekočine,
- uporabljeni materiali in maziva,
- funkcije stroja in proizvodni proces [1].

V vsakem primeru vse komponente uporabljamo in priredimo tako, da je v primeru defekta na stroju, varnost ljudi v ospredju. V obzir vzamemo tudi preprečitev škode na stroju in okolici. Vse elemente zasnove stroja specificiramo tako, da delujejo v okviru dovoljenih mej. Zasnova mora biti vedno čim bolj enostavna. V kolikor je mogoče, morajo biti funkcije, ki se navezujejo na varnost, ločene od ostalih funkcij.

3.1.1 Mehanska zasnova

Preprečiti nevarne dogodke mora biti prvi cilj vsake mehanske zasnove delov stroja. Ta cilj lahko dosežemo na naslednje načine:

- izogibanje ostrih robov, kotov in molečih delov,
- izogibanje točk stiskanja, striga in zapletanja,
- omejitev kinetične energije (masa in hitrost),
- vzeti v ozir ergonomska načela [1].

3.1.2 Koncept delovanja in vzdrževanja

Treba je stremeti k čim manjši nuji po izpostavljanju na nevarnem območju. Ta cilj lahko dosežemo na naslednje načine:

- avtomatska postaja za nalaganje in razlaganje,
- nastavitvena in vzdrževalna dela od »zunaj«,
- preprečiti vzdrževalna dela z uporabo zanesljivih in razpoložljivih komponent,
- jasen in nedvoumen koncept delovanja, npr. jasno označevanje krmilnih tipk [1].

3.1.3 Električna oprema

Da bi olajšali sodelovanje med človekom in strojem, so stikala, tipke in svetlobne signalne naprave barvno označene, pri čemer ima vsaka barva določen pomen (glej preglednico 3.1). S tem zagotovimo višjo stopnjo varnosti za operaterje, olajšamo pa tudi delo z napravami in njihovo vzdrževanje.

Preglednica 3.1: Barvno označevanje tipk in svetlobnih signalnih naprav [5]

Barva	Pomen	Pojasnilo	Primer uporabe
RDEČA	sila, nuja	aktiviramo v nevarni situaciji ali v primeru sile	IZKLOP V SILI
RUMENA	nenormalno	aktiviramo pri nenormalnem stanju	prekinitev/odprava nenormalnega stanja
ZELENA	varno	aktiviramo v normalnem stanju	VKLOP (vendar pa ima prednost bela barva)
MODRA	obvezno posredovanje	aktiviramo v stanju, ko je potrebno posredovanje	funkcija vračanja, ponovna nastavitev

Varnostne funkcije pri električnih pogonih bi lahko razdelili v pet skupin:

- varnostna naletna oz. impulzna zapora preprečuje nehoten nalet,
- varno nadzorovan izklop oz. varne funkcije zaustavitve,
- varne funkcije pomikov, kot npr. reducirana hitrost, omejen korak ali varna smer vrtenja,
- najvišja hitrost in absolutno omejen končni položaj,
- varen zavorni sistem [3].

3.1.4 Izklop v sili

Izklop v sili je ukrep, s katerim prekinemo napajanje z električno energijo v celotni napeljavi ali samo določenemu delu, če obstaja tveganje za električni udar ali kakšno drugo tveganje, katerega vzrok je elektrika.

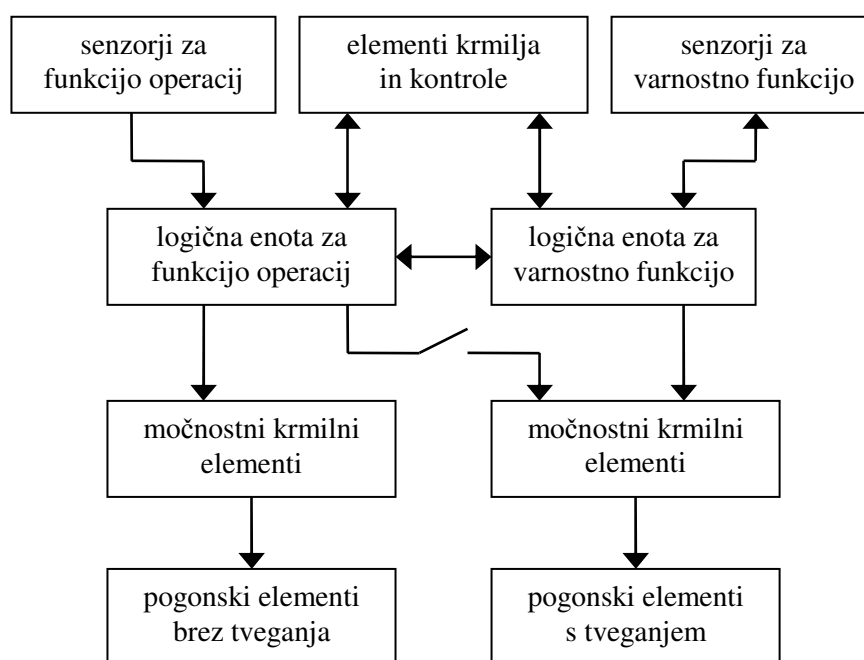
Pri preklopu kontaktov naprave za izklop v sili – tudi pri kratkotrajnem aktiviranju – se mora takšna naprava obvezno zaskočiti.

- Onemogočeno mora biti, da bi stroj ali napravo ponovno pognali iz oddaljenega glavnega mesta za upravljanje, če pred tem nismo odpravili napake.
- Napravo za izklop smemo izklopiti le na istem mestu, kot smo jo vklopili, in z zavestnim dejanjem [1].

4 ZASNOVA VARNOSTNE FUNKCIJE

Med procesom zasnove varnostne funkcije večkrat preverimo ali izbrana tehnologija zagotavlja dovolj varnosti in ali uporaba določene tehnologije povzroča še dodatne rizike.

Stroj ali sistem vključuje raznolike komponente, ki omogočajo funkcijo stroja ali sistema. Treba je razlikovati med komponentami, ki služijo samo operaciji in tistimi, ki imajo z varnostjo povezane funkcije (glej sliko 4.1).



Sika 4.1: Funkcijska struktura krmilnika stroja [1]

Med pripravo varnostnega koncepta upoštevamo naslednje značilnosti:

- značilnosti stroja,
- značilnosti okolice,
- človeški vidiki,
- značilnosti zasnove,
- značilnosti varnostnih naprav [1].

Značilnosti stroja:

- zmožnost kadarkoli zaustaviti nevarno gibanje (če ni možno, uporaba fizičnih varoval),
- zmožnost zaustaviti nevarno gibanje brez dodatnih nevarnosti (če ni možno, izberemo drugačno varnostno napravo),
- obstaja nevarnost izvrženih delov (v tem primeru uporabimo fizična varovala),
- časi zaustavitve (poznavanje časov zaustavitve je potrebno zato, da zagotovimo učinkovitost varnostne naprave),
- možnost kontrole časa zaustavitve/prekoračitve (je potrebno, če lahko pride do sprememb zaradi staranja/obrabe) [1].

Značilnosti okolice:

- elektromagnetne motnje in motnje zaradi sevanja,
- vibracije/sunki,
- okoliška svetloba, svetloba moti senzorje, iskre od varjenja, odsevne površine,
- onesnaženje (oljna meglica, ostružki),
- razpon temperature,
- vlaga/vreme [1].

Človeški vidiki:

- pričakovana usposobljenost operaterja stroja,
- pričakovano število ljudi v območju,
- hitrost približevanja,
- zmožnost zaobiti varnostno napravo,
- predvidljiva napačna uporaba [1].

4.1 Značilnosti zasnove

Vedno je priporočljivo implementirati varnostne funkcije s certificiranimi varnostnimi komponentami. Uporaba certificiranih varnostnih komponent poenostavi proces zasnove in naknadne verifikacije. Varnostna funkcija se izvede s posameznimi podsistemi.

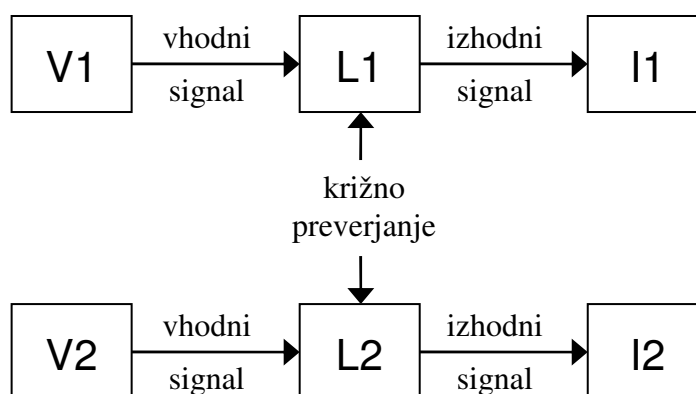
Pogosto ni mogoče implementirati podsistema z uporabo samo certificiranih varnostnih komponent, katere že zagotavljajo nivo varnosti. Pod sistemi so pogosto skupina posameznih samostojnih elementov.

Varnostni nivo podsistema je odvisen od raznolikih parametrov, ki se navezujejo na varnost:

- struktura,
- zanesljivost komponent/naprav,
- diagnostika za odkrivanje odpovedi,
- proces [1].

4.1.1 Struktura

Da bi s strukturo varnostnih komponent zmanjšali dovzetnost za odpovedi, se z varnostjo povezane funkcije lahko izvedejo paralelno na posameznih kanalih. Dvo-kanalne varnostne komponente so pogoste v sektorju varnosti strojev (glej sliko 4.2). Vsak kanal lahko ustavi nevarno stanje. Dva kanala sta lahko raznolikih zasnov (en kanal uporablja elektromehanske komponente, drugi pa elektroniko). Namesto drugega enakovrednega kanala, lahko ima drugi kanal zgolj funkcijo preverjanja [1].



Slika 4.2: Dvo-kanalne varnostne komponente

4.1.2 Zanesljivost komponent/naprav

Posledica vsake odpovedi varnostne komponente je prekinitev proizvodnega procesa. Zato je pomembno uporabljati zanesljive komponente. S povečano zanesljivostjo se zmanjša tudi verjetnost nevarnih nezgod. Podatke o zanesljivosti dobimo z merjenjem naključnih odpovedi med življenjsko dobo.

4.1.3 Diagnostika za odkrivanje odpovedi

Določene odpovedi lahko odkrijemo z diagnostiko. Ta vključuje verjetnostni monitoring, kontrolo električnega toka in napetosti, kontrolo nadzorne funkcije (watchdog functionality), kratek test funkcije, itd.

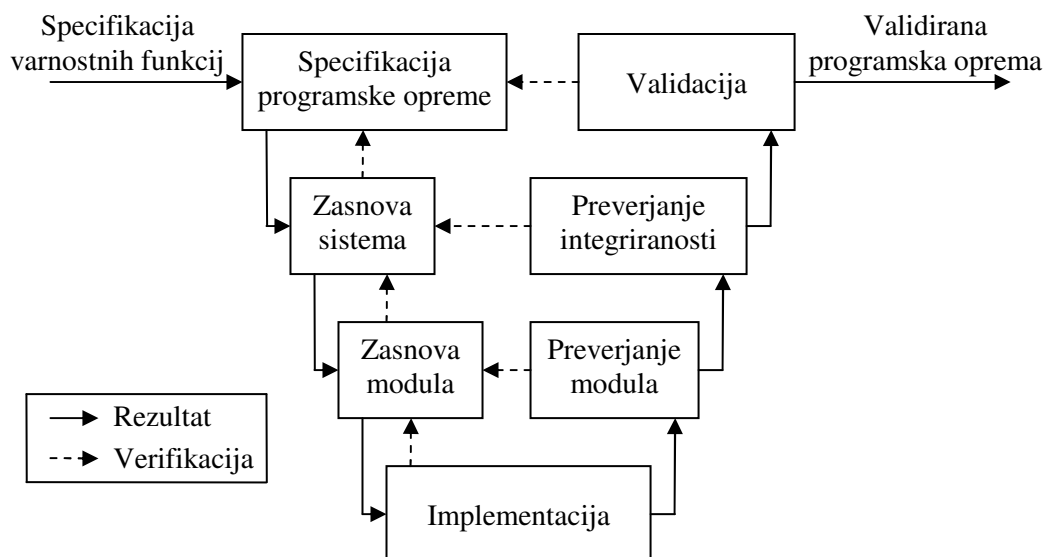
Vendar pa ne moremo odkriti vseh odpovedi, zato je treba določiti stopnjo odkrivanja defektov. V ta namen lahko izvedemo analizo FMEA – Failure Mode and Effect Analysis. Za kompleksne zasnove so nam v pomoč standardi, kateri podajajo izkustvene ukrepe in podatke [1].

4.1.4 Proces

Proces kombinira naslednje elemente, ki lahko imajo učinek:

- organizacija in kompetentnost,
- pravila zasnove (predloge specifikacij, zakonske smernice),
- koncept in kriteriji preverjanja,
- dokumentacija in konfiguracijski menedžment [1].

V sektorju varnostne tehnologije se je učinkovito dokazal proces za zasnovo programske opreme baziran na V modelu (glej sliko 4.3).



Slika 4.3: Proces zasnove programske opreme

5 NIVO VARNOSTI VARNOSTNE FUNKCIJE

Varnostna funkcija mora dosegati zahtevani nivo varnosti. Definiran je v petih samostojnih korakih. Odvisen je od sestave krmilnega sistema, zanesljivosti uporabljenih komponent, zmožnosti zaznavanja napak, kakor tudi od odpornosti na napake z več skupnimi vzroki v več kanalnih krmilnih sistemih.

EN ISO 13849-1 vključuje dva postopka za določitev PL:

- Poenostavljeni postopek:
Tabelarna določitev PL na osnovi PL podsistemov.
- Podrobni postopek:
Izračun PL na osnovi verjetnosti nastanka nevarne napake na uro (PFHd – probability of dangerous failure per hour) za podsisteme (postopek je samo posredno opisan v standardu).

Pogosto lahko s podrobnim postopkom izračunamo bolj realne PL, kot s poenostavljenim postopkom. Za oba postopka moramo upoštevati dodatne strukturne in sistematične vidike za doseganje PL.

PL določimo za vsako varnostno funkcijo posebej, katero delimo na podsisteme, kar se nanaša na npr.:

- senzor/varnostna naprava,
- logična enota,
- aktuator (mehanski gonilnik, iniciator gibanja) – mehanizem za pretvorbo električnega signala v mehansko dejavnost.

V praksi se najpogosteje uporabljajo že certificirani podsistemi za posamezne varnostne funkcije. Ti podsistemi so lahko npr. svetlobne zavesne, pa tudi varnostni krmilniki s PL ali PFHd, ki jih je določil proizvajalec komponent.

Poenostavljeni postopek

Ta postopek omogoča oceno skupnega PL z zadovoljivo natančnostjo, celo brez poznavanja posameznih PFHd vrednosti. Če je poznan PL vseh podsistemov, potem ugotovimo skupni doseženi PL za varnostno funkcijo z uporabo tabele 5.1.

Tabela 5.1 [1]

PL (nizek) (najnižji PL podсистема)	n (nizek) (število podsystemov s tem PL)	PL (maximalni doseženi PL)
a	> 3	-
	≤ 3	a
b	> 2	a
	≤ 2	b
c	> 2	b
	≤ 2	c
d	> 3	c
	≤ 3	d
e	> 3	d
	≤ 3	e

Postopek:

- Ugotovimo PL za podsystem/podsysteme z najnižjim PL v varnostni funkciji: PL nizek.
- Ugotovimo število podsystemov s tem PL (nizek): n (nizek)

Primer 1:

- Vsi podsystemi dosegajo PL »e«, najnižji PL (nizek) je zato »e«.
- Število podsystemov s tem PL je 3 (torej ≤ 3). Zato je skupni doseženi PL »e«.
- Z dodajanjem še enega podsystema s PL »e«, bi s to metodo zmanjšali skupni PL na »d«.

Primer 2:

- Eden izmed podsystemov dosega PL »d«, dva dosemeta PL »c«. Najnižji PL (nizki) je zato »c«.
- Število podsystemov s tem PL je 2 (torej ≤ 2). Zato je skupni doseženi PL »c«.

Podrobni postopek

Bistveni, vendar ne edini kriterij za določitev PL, je »verjetnost nevarne odpovedi na uro (PFHd)« varnostnih komponent. Rezultirajoča PFHd vrednost obsega vsoto posameznih PFHd vrednosti. Poleg tega lahko proizvajalec varnostne komponente določi dodatne strukturne omejitve, katere moramo upoštevati med oceno tveganja [1].

5.1 Določevanje nivoja varnosti za podsisteme po EN ISO 13849-1

Z varnostjo povezan podsistem je lahko oblikovan s številnimi komponentami, tudi od različnih proizvajalcev. Primera takšnih komponent sta:

- vhodna stran: dve varnostni stikali na fizičnem varovalu,
- izhodna stran: kontaktor in frekvenčni pretvornik za zaustavitev nevarnega gibanja.

Doseženi PL podsistema vključuje naslednje parametre:

- struktura, kakor tudi obnašanje varnostnih funkcij v stanju odpovedi,
- povprečni čas do nevarne odpovedi za posamezno komponento,
- diagnostična pokritost,
- odpovedi s skupnim vzrokom,
- varnostni vidiki z varnostjo povezane programske opreme,
- sistematične odpovedi.

Kategorije z varnostjo povezanih delov krmilnega sistema

Podsistemi so ponavadi eno ali dvo-kanalne zasnove. Brez nadaljnjih ukrepov reagirajo eno-kanalni sistemi na napake z nevarno odpovedjo. Napake lahko zaznamo z uporabo dodatnih komponent za preverjanje ali dvo-kanalnih sistemov, katerih kanala se medsebojno preverjata.

Struktura je klasificirana z uporabo kategorij:

- B
Varnostni deli krmilja in/ali njihove varnostne naprave, kakor tudi njihovi sestavni deli, so zasnovani, zgrajeni in sestavljeni skladno z uporabnimi standardi, tako da so odporni na pričakovane vplive. Napaka lahko rezultira v izgubi varnostne funkcije.
- 1
Zahteve kategorije B so izpolnjene. Uporabljene so preverjene komponente in varnostna načela. Napaka lahko rezultira v izgubi varnostne funkcije, toda verjetnost napake je manjša kot pri kategoriji B.
- 2
Zahteve kategorije B in 1 so izpolnjene. Krmilje stroja preverja varnostno funkcijo v primernih intervalih (hitrost preverjanja je 100 krat višja od potrebne hitrosti). Napaka lahko rezultira v izgubi varnostne funkcije med preverjanji. Izguba varnostne funkcije je zaznana s preverjanjem.

- 3

Zahteve kategorije B so izpolnjene in uporabljene so preverjena varnostna načela.

Varnostni deli so zasnovani tako, da:

- ena sama napaka v vsakem od teh delov ne rezultira v izgubi varnostne funkcije in
- napaka je zaznana kadarkoli v okviru razumnih omejitev

Ko pride do ene napake, je varnostna funkcija vedno ohranjena. Nekatere, vendar ne vse napake, so zaznane. Kopičenje nezaznanih napak lahko vodi do izgube varnostne funkcije.

- 4

Zahteve kategorije B so izpolnjene in uporabljena so preverjena varnostna načela.

Varnostni deli so zasnovani tako, da:

- ena napaka v vsakem od teh delov ne rezultira v izgubi varnostne funkcije in
- ena napaka se zazna pri ali pred naslednjo zahtevo varnostne funkcije ali
- če to ni mogoče, kopičenje napak ne rezultira v izgubi varnostne funkcije

Ko pride do napak, je varnostna funkcija vedno ohranjena. Napake so zaznane na časovni način, da se prepreči izguba varnostne funkcije.

Povprečni čas do nevarne odpovedi (MTTFd)

MTTF je kratica za »mean time to failure«. Za oceno tveganja po EN ISO 13849-1 upoštevamo samo nevarne napake (zato »d« za »dangerous«).

Ta vrednost predstavlja teoretični parameter in ponazarja verjetnost nevarne odpovedi komponente (ne pa celotnega podsistema) med življenjsko dobo komponente. Dejanska življenjska doba podsistema je vedno krajša.

MTTF dobimo iz stopnje odpovedi. Stopnje odpovedi so:

- Vrednosti B_{10} za elektromehanske in pnevmatske komponente – življenjska doba je odvisna od pogostosti preklapljanja. Določi se število ciklov preklapljanja po katerih 10 % komponent odpove.
- Vrednosti λ za elektronske komponente – verjetnost odpovedi je podana glede na čas delovanja [1].

Standard deli MTTFd na nizek (3 – 10 let), srednji (10 – 30 let) in visok (30 – 100 let). V izogib prevrednotenja učinka zanesljivosti, je najvišja uporabna vrednost za MTTFd omejena na 100 let.

Diagnostična pokritost (DC)

Nivo varnosti se lahko zviša, če se podsistemi notranje preizkušajo. Diagnostična pokritost (DC – diagnostic coverage) je merilo zaznavanja napak. Slabi preizkusi zaznajo samo nekaj napak, dobri preizkusi pa zaznajo veliko število ali celo vse napake.

Standard določa DC na nič ($DC < 60\%$), nizka ($60\% \leq DC < 90\%$), srednja ($90\% \leq DC < 99\%$) in visoka ($99\% \leq DC$).

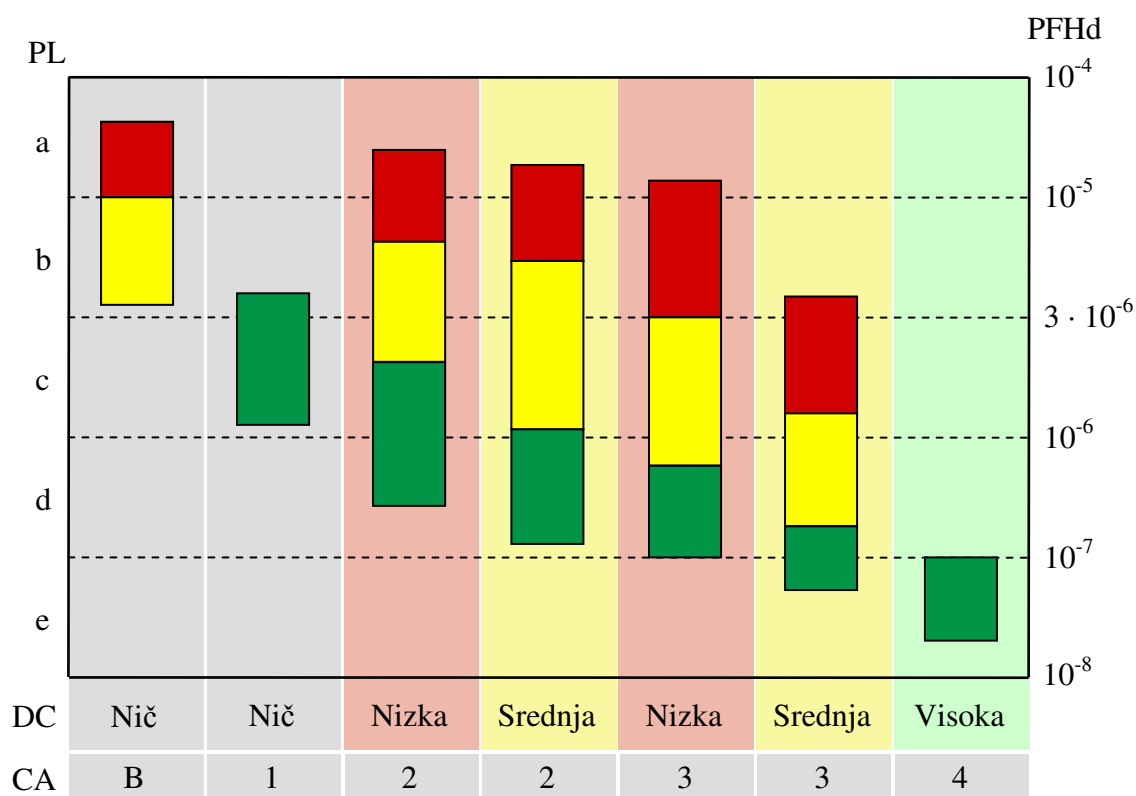
Odpovedi s skupnim vzrokom (CCF)

Zunanji učinki (npr. nivo električne napetosti, previsoka temperatura), lahko nenadoma povzročijo neuporabnost komponent, ne glede na to, kako redko odpovedo ali kako dobro so preizkušane. Te odpovedi s skupnim vzrokom je treba vedno preprečevati (CCF – common cause failure). Minimalna zahteva je skupna vrednost > 65 (tabela 5.2).

Tabela 5.2 [1]

Zahteva		Najvišja vrednost
Ločenost	Ločenost signalnih vezij, ločene linije, izolacija, zračne poti, ipd.	15
Raznolikost	Različne tehnologije, komponente, principi delovanja, zasnova	20
Zasnova, uporaba, izkušnje	Zaščita proti preobremenitvi, previsoki napetosti in tlaku, itd. (odvisno od tehnologije)	15
	Uporaba komponent in postopkov, ki so bili preverjeni v daljšem časovnem obdobju	5
Analiza, ocena	Uporaba analize odpovedi za preprečitev odpovedi s skupnim vzrokom	5
Sposobnost/šolanje	Šolanje snovalcev za razumevanje in preprečevanje vzrokov in posledic CCF	5
Vplivi okolice	Testiranje sistema na elektromagnetno združljivost	25
	Testiranje sistema na dovzetnost za temperaturo, tresljaje, električni udar, ipd.	10

Določanje PL podsistema



MTTFd Nizek Srednji Visok

PL – parameter, ki določa nivo varnosti

PFHd – verjetnost nevarne odpovedi na uro

DC – diagnostična pokritost

CA – kategorije z varnostjo povezanih delov krmilnega sistema

MTTFd – povprečni čas do nevarne odpovedi

Slika 5.1: Določanje PL podsistema [1]

PL »d« (slika 5.1) lahko, npr. udejanimo z uporabo dvo-kanalnega krmilnega sistema (kategorija 3). To lahko dosežemo z uporabo komponent dobre kvalitete (MTTFd = srednji) če sistem zazna skoraj vse napake (DC = srednja). Ali pa to dosežemo z uporabo komponent zelo dobre kvalitete (MTTFd = visok), če sistem zazna veliko število napak (DC = nizka).

V ozadju tega postopka je kompleksen matematični model, katerega se uporabnik ne zaveda.

Za zagotovitev pragmatičnega pristopa, so parametri kategorija, MTTFd in DC vnaprej definirani [1].

Primer določitve PL za podsistem »aktuator«

1) Opredelitev podsistema aktuator

Podsistem »aktuator« vključuje dva kontaktorja s signalizacijo stanja. Zaradi pozitivno vodenih kontaktov na kontaktorjih, je mogoče zaznati napako na kontaktorjih.

Logična enota ni del podsistema »aktuator«, vendar se uporablja za diagnostične namene.

2) Opredelitev kategorije

Varnost ene napake (z zaznavanjem napake) rezultira v primernosti za kategorijo 3 ali 4.

Opomba: Kategorija se dokončno določi po opredelitvi vrednosti DC.

3) Določitev MTTFd na kanal

Ker so kontakti podvrženi obrabi, je potrebno določiti MTTFd z uporabo vrednosti B_{10d} in ocenjeno frekvenco preklapljanja (n_{op}). Pri tem uporabimo formulo 5.1.

$$MTTFd = \frac{B_{10d}}{0,1 \times n_{op}} = \frac{B_{10d}}{0,1 \times d_{op} \times h_{op} \times c} \quad (5.1)$$

Vrednost frekvence preklapljanja vključuje ure delovanja/dan [h_{op}], delovne dneve/leto [d_{op}], kakor tudi frekvenco preklapljanja na uro [C]:

Sekundarni pogoji po proizvajalcu:

- $B_{10d} = 1300000$
- $C = 1/\text{uro}$ (domneva)
- $d_{op} = 220$ dni/leto
- $h_{op} = 16$ ur/dan

Pod temi sekundarnimi pogoji, je MTTFd 7386 let na kanal, kar se interpretira kot »visok«.

4) Določitev DC

Zaradi pozitivno vodenih kontaktov, na osnovi tabele ukrepov v EN ISO 13849-1 dobimo »visoko« DC.

5) Ocena ukrepov za preprečevanje odpovedi s skupnim vzrokom

Ukrepi za preprečevanje odpovedi s skupnim vzrokom, so izvedeni z več-kanalnimi sistemi. Ocena teh ukrepov znaša 75 točk (tabela 5.3). S tem je izpolnjena minimalna zahteva (> 65).

Tabela 5.3

Zahteva	Vrednost
Ločenost	15
Zasnova, uporaba, izkušnje	20
Kompetentnost/šolanje	5
Vplivi okolice	35

6) Ocena ukrepov procesa

Upoštevati je treba tudi sistematične vidike za preprečevanje in nadzor napak. Na primer:

- organizacija in kompetentnost,
- pravila zasnove (npr. predloge specifikacij, smernice kodiranja),
- koncepti in kriteriji testiranja,
- dokumentacija in konfiguracijski menedžment.

7) Rezultat

PL lahko določimo iz ponazoritve za določitev PL podsistemov (slika 5.1). V tem primeru je dosežen PL »e«.

Rezultirajočo vrednost PFHd, ki za ta podsistem znaša $2,47 \times 10^{-8}$, dobimo iz podrobne tabele v EN ISO 13849-1. Zaradi visoke DC, dvo-kanalna struktura izpolnjuje zahteve kategorije 4 [1].

6 GRADNIKI FLUIDNE TEHNIKE

Splošni termin fluidna tehnika se uporablja za vse procese pri katerih se energija prenaša z uporabo plinov ali kapljev. Uporablja se v hidravliki (prenos moči z uporabo hidravličnih tekočin) in v pnevmatiki (prenos moči z uporabo stisnjenega zraka).

Fluidna tehnika vključuje podsisteme:

- komprimiranje/črpanje: kompresor/črpalka,
- filtriranje: filtri,
- pretok: cevi,
- krmiljenje: ventili,
- pomiki: cilindri.

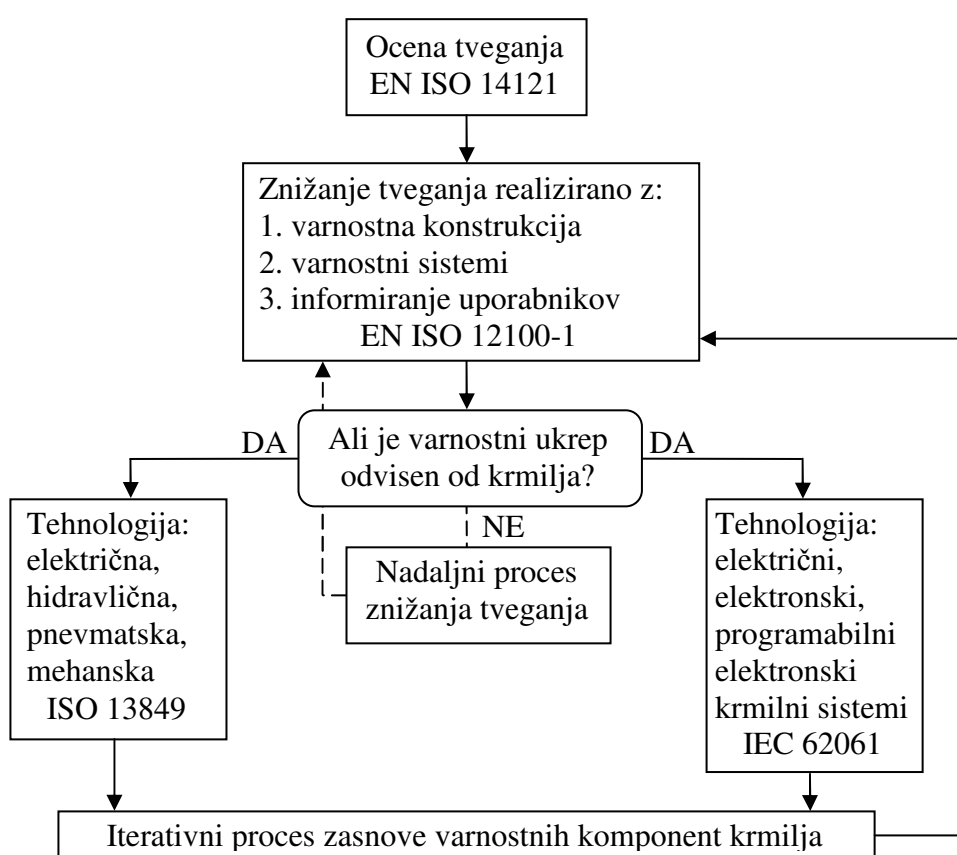
Operaterji in vzdrževalci se soočajo s povečanim tveganjem, ki izhaja iz nenamernih premikov stroja, nekontroliranega puščanja hidravličnega olja, možnosti električnega šoka, porušitve komponent zaradi visokega tlaka in glasnosti. Omenili bi še tveganje povezano z nezadostno organizacijsko pripravo pred začetkom vzdrževalnih aktivnosti.

Moderni hidravlični sistemi delujejo pri visokem tlaku pri čemer so hidravlični elementi pogosto kombinirani z električnimi ali elektronskimi deli, kateri naredijo avtomatizirane proizvodne stroje še bolj kompleksne. Tlak mora biti omejen v vseh delih sistema. Puščanje komponent ali cevi ne sme povzročati nevarnosti. Zelo pomembno je tudi stanje hidravličnega olja, saj vpliva na funkcijo ventilov. Če je potrebno, je treba olje zaradi pravilne viskoznosti greti in/ali hladiti. Zračni filter rezervoarja preprečuje vnos zunanjih nečistoč.

Pri pnevmatskih sistemih so komponente za preprečevanje tveganj, povezanih s pretvorbo energije in vzdrževalno enoto za stisnjen zrak, v povezavi s področjem ventilov. Zato, da z varnostnega vidika kontroliramo pretvorbo energije, pogosto uporabljamo odzračevalni ventil skupaj s tlačnim stikalom. Vzdrževalna enota je ponavadi sestavljena iz ročnega ventila za izklop, filtra z ločilcem vode (uporablja se za kontrolo stopnje onesnaženosti), in tlačnega kontrolnega ventila (s sekundarnim izpuhom). Za zmanjšanje glasnosti, ki jo povzroča izhajajoči zrak, uporabljamo dušilce zvoka, kateri ne smejo povzročati dodatnih tlačnih nevarnosti [6].

6.1 Krmilje

Konec leta 2009 je začela veljati nova direktiva o strojih, kakor tudi novi standard EN ISO 13849, ki se nanaša na varnostne komponente krmilja. Vzporedno z EN ISO 13849 je tu še EN 62061 za električne, elektronske in programabilne elektronske krmilne sisteme. Oba standarda zamenjujeta čisto deterministični pristop starega standarda EN 954 z verjetnostnim pristopom: izračun verjetnosti odpovedi z uporabo stopenj odpovedi komponent. Ta pristop upošteva tudi obnašanje komponent v življenjski dobi. Katerega izmed standardov uporabiti, sledi iz slike 6.1.

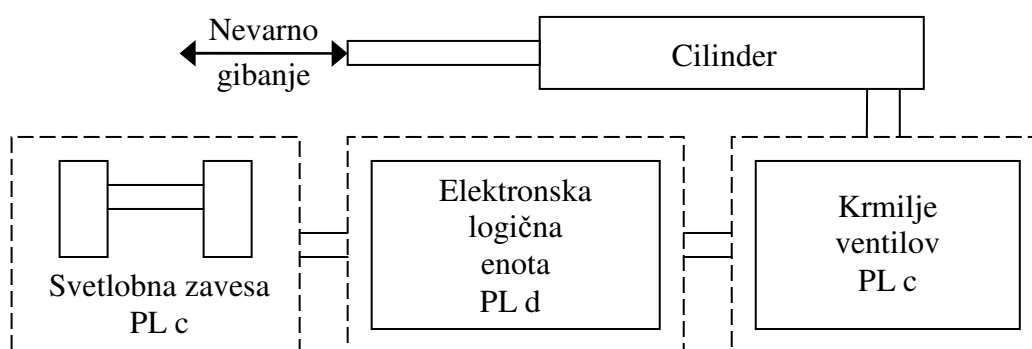


Slika 6.1: Uporaba standardov ISO 13849 in IEC 62061

EN ISO 13849 se navezuje na zasnovo in integracijo vseh varnostnih komponent krmilja, ne glede na uporabljeno tehnologijo: električno, hidravlično, pnevmatsko ali mehansko. EN 62061 ureja sistem elektronskega krmilja. S sledenjem harmoniziranim standardom, lahko izpolnimo varnostne zahteve direktive o strojih.

Z uporabo standarda EN ISO 13849 izvedemo zahtevano validacijo vseh varnostnih elementov s funkcijo krmilja in izvedemo ustrezne ukrepe. Varne konstrukcije (»vgrajena varnost«) imajo vedno prednost pred varnostnimi sistemi (»prigrajena varnost«) in

varnostnimi opozorili. Za krmiljenje zasnujemo varnostne funkcije in določimo PL (Performance Level) krmilnega sistema. PL nam pove, kolikšna je zmožnost SRP/CS (safety-related parts of controlled system) sistema, da realiziramo krmilno funkcijo varovanja in dosežemo pričakovano zmanjšanje tveganja. PL določa povprečno verjetnost nevarnega izpada v eni uri. Najvišji PL »e« statistično dovoljuje en nevaren izpad v 100 milijonih obratovalnih ur. Pogosto je potrebnih nekaj zaporedno vezanih SRP/CS podsistemov, kateri vršijo naloge varnostne funkcije. Takšni podsistemi lahko uporabljajo različne tehnologije z različnimi PL (glej sliko 6.2).



Slika 6.2: Zaporedno vezani podsistemi za izvršitev varnostne funkcije

Glede na zahtevan PL, opredelimo ustrezno varnostno kategorijo ali strukturo. Varnostna kategorija določa zahteve za vse varnostno-pomembne sestavne dele ustreznih sklopov. Glede na statistične podatke in sposobnost diagnosticiranja, izračunamo verjetnost izpada za vsako varnostno funkcijo. Nadalje upoštevamo osnovne in zanesljive varnostne principe, kakor tudi možne napake s skupnim vzrokom in sistematične napake [3].

7 VARNOSTNE NAPRAVE

Sistemi in komponente avtomatike (npr. senzorji, svetlobne zavese) opravljajo naloge s področja varnosti (npr. nadzor nevarnih območij). Tako sta življenje in zdravje operaterjev, pa tudi ohranjenost naprav in okolja odvisna od pravilnega delovanja teh sistemov in komponent. Pri vsakem krmiljenju strojev obstaja določeno tveganje, da pri delovanju pride do napake, vzrok pa lahko pripišemo bodisi človeški napaki in/ali tehnični odpovedi.

Tehnične varnostne ukrepe realiziramo z uporabo varnostnih naprav (svetlobne zavese, kontrola dveh rok) ali enot kontrole (v položaju, hitrost), ki opravljajo funkcijo varnosti. Niso pa vse varnostne naprave integrirane v krmilni sistem stroja. Primer takšne situacije je fiksna fizična zaščita (pregrade, pokrovi) [1].

Najbolj razširjena elektro-zaznavna zaščitna oprema so opto-elektronske naprave, npr.:

- svetlobne zavese in fotoelektrična stikala,
- laserski skenerji,
- kamere.

7.1 Opto-elektronske varnostne naprave

Če mora operater seči v stroj in je zato izpostavljen nevarnosti, je namesto mehanskih varoval (fiksno varovalo, kontrola dveh rok, ograja) priporočena uporaba opto-elektronskih naprav. To skrajša čas dostopa (operaterju ni treba čakati na preklon varnostne naprave), poveča produktivnost (skrajšanje časa za vlaganje obdelovancev) in izboljša ergonomijo delovnega mesta.

Opto-elektronske naprave lahko uporabimo, če operater ni izpostavljen tveganju poškodb zaradi delov, ki bi lahko bili izvrženi iz stroja (npr. škropljenje staljenega materiala).

Kriteriji za izbiro ustrezne elektro-zaznavne opreme:

- zahteve harmoniziranih standardov, zlasti standardov tipa C,
- prostor, ki je na voljo pred nevarnim območjem,
- ergonomski kriterij, npr. ciklične naloge vstavljanja,
- ločljivost.

Elektro-zaznavna oprema bo opravljala sledeče varnostne funkcije:

- iniciacija zaustavitve,
- izogibati se nepričakovanemu zagonu,
- preprečiti start,
- kombinacija iniciacije zaustavitve in preprečitve starta,
- razločevanje med človek/material,
- monitoring parametrov stroja,
- z varnostjo povezane indikacije in alarmi [1].

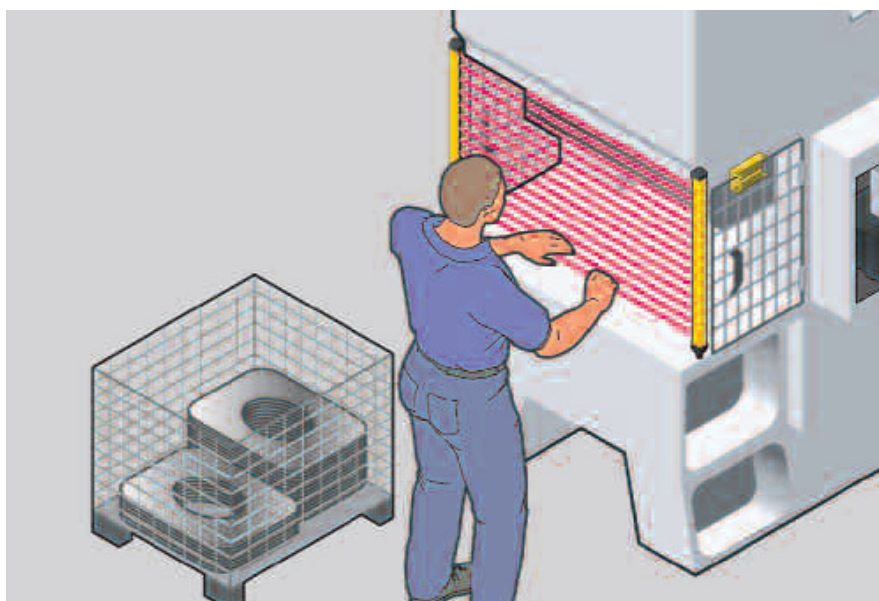
Vrste opto-elektronskih varovalnih naprav:

- Varnostni laserski skenerji se uporabljajo za brezkontaktno varovanje. Območje, ki ga skenirajo je prosto programirljivo. Laserski skener je optični senzor, ki skenira okolico v dveh dimenzijah z infrardečimi laserskimi žarki. Uporabljamo ga za spremljanje nevarnih območjih na strojih ali vozilih. Deluje na principu merjenja časa preleta. Laserski skener pošlje zelo kratek impulz svetlobe. Hkrati pa starta »elektronska stoparica«. Svetlobni žarek potuje do predmeta od katerega se laserski žarek odbije nazaj. Laserski skener zazna odbiti žarek. Iz časa med pošiljanjem in sprejemanjem laserski skener izračuna razdaljo do objekta.
- Varnostne kamere – zaščitna polja so lahko individualno izdelana v navpičnih ali vodoravnih legah.
- Varnostne svetlobne zavese se uporabljajo za zaščito prstov, rok ali dostopa do nevarnega območja.
- Varnostne svetlobne mreže so sestavljene iz oddajne in sprejemne enote ali oddajno/sprejemne enote na aktivni strani in enim ali več ogledal deflektorjev na pasivni strani. Če se en ali več žarkov svetlobne mreže prekine, nam varnostna svetlobna mreža pošlje signal za zaustavitev, ki prekine nevarno stanje na stroju ali v sistemu. Uporablja se za varovanje dostopa do stroja.
- Varnostna fotocelica je sestavljena iz oddajnikov in sprejemnikov ali oddajnikov in sprejemnikov v povezavi z evaluacijsko enoto. Te naprave navdušujejo tako s svojim velikim dosegom delovanja, kot tudi možnostmi različnih oblik in velikosti fotoelektričnih stikal. Možnosti uporabe so zelo široke: na robotih, obdelovalnih strojih, centrih za strojno obdelavo, paletnih sistemih, visoko regalnih skladiščih ali transportnih linijah [7].

7.1.1 Primeri uporabe opto-elektronskih naprav

1) Zaznava prsta ali dlani s svetlobno zaveso

Varovanje nevarnega območja je zaščita, ki se dogaja v bližini orodja stroja, kjer se material pozicionira in izvaja proces. Ta zaščitna funkcija je namenjena zaznavi prsta ali roke pri vstopanju v definirano območje med nevarnim gibanjem stroja. Če delavec med nevarnim gibanjem stroja seže v nevarno območje, je svetlobna zavesa motena in gibanje stroja je ustavljeno (slika 7.1).

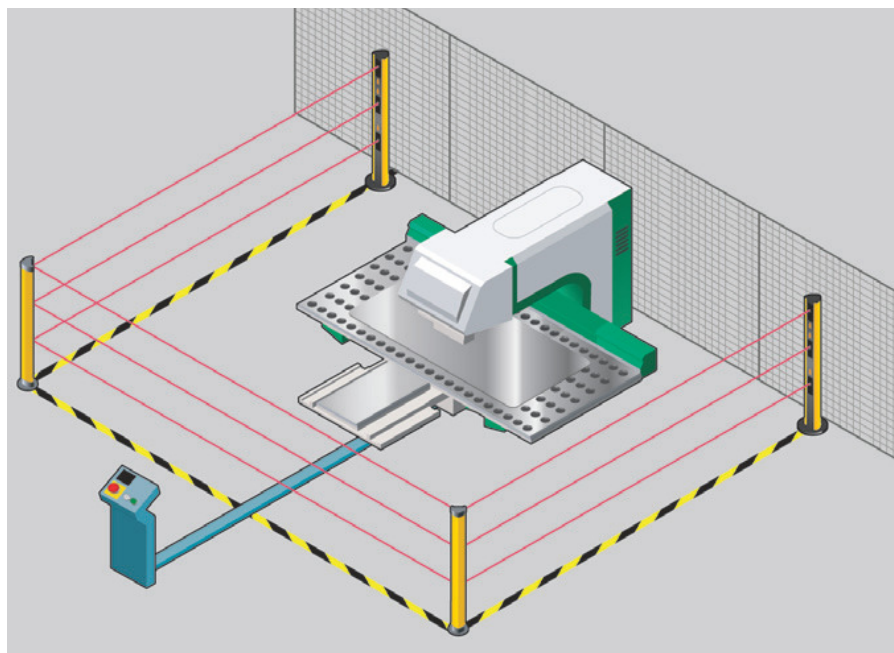


Slika 7.1: Zaznava prsta ali dlani s svetlobno zaveso [1]

2) Varovanje dostopa do stroja

Stroj je varovan iz treh strani. Na stroju se obdelujejo kovinske plošče različnih veličin. Za nemoteno delovanje stroja, je potreben dostop za nalaganje plošč in menjavo orodij. Mehanska ograja bi zelo ovirala produktivnost in zato ni bila uporabljena.

Za varovanje dostopa je uporabljena svetlobna mreža. Naprave so permanentno nameščene na potrebni varnostni razdalji od nevarne točke (orodja) po EN 999. Ob prekinitvi vsaj enega svetlobnega žarka, sistem k krmilju stroja pošlje signal stop. Ker ljudje v nevarnem območju ne morejo biti zaznani, iz nevarnega območja ne sme biti možno seči do gumba reset (slika 7.2) [11].



Slika 7.2: Varovanje dostopa s svetlobno mrežo [11]

3) Zaščita mobilnega nevarnega območja (avtomatsko vodeni sistemi, žerjavi in viličarji)

Laserski skener je montiran na vrhu električnega viličarja in varuje prostor za vozilom. Osebe so zaznane med vzvratnim premikanjem ali manevriranjem (rdeče varnostno polje je prekinjeno). Medtem, ko se voznik koncentrira na nalaganje tovora, je vzvratno gibanje viličarja ustavljeno in sprožen je varnostni signal (slika 7.3).

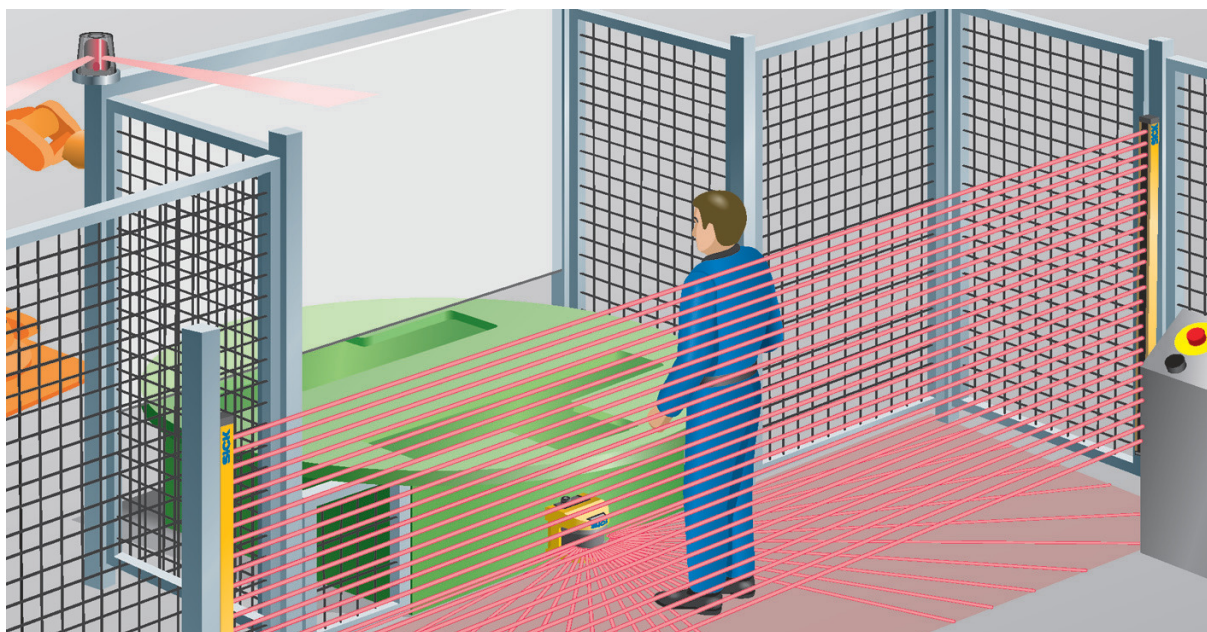


Slika 7.3: Zaznava osebe v varnostnem polju laserskega skenerja [13]

4) Varovanje območja rotacijske mize

Robot vari na rotacijski mizi manjše dele na pločevino. Najprej robot vstavi kose pločevine v rotacijsko mizo in miza rotira za 180° . Delavec potem nastavi manjše dele na pločevino. Miza potem ponovno rotira za 180° k robotski celici, kjer se deli avtomatsko zavarijo. Za zaščito proti nevarni rotaciji mize in varilnega procesa, je robotska celica opremljena s primernimi varnostnimi sistemi. Vse varnostne naprave so analizirane v kontrolni sobi in prikazane so pomembne informacije.

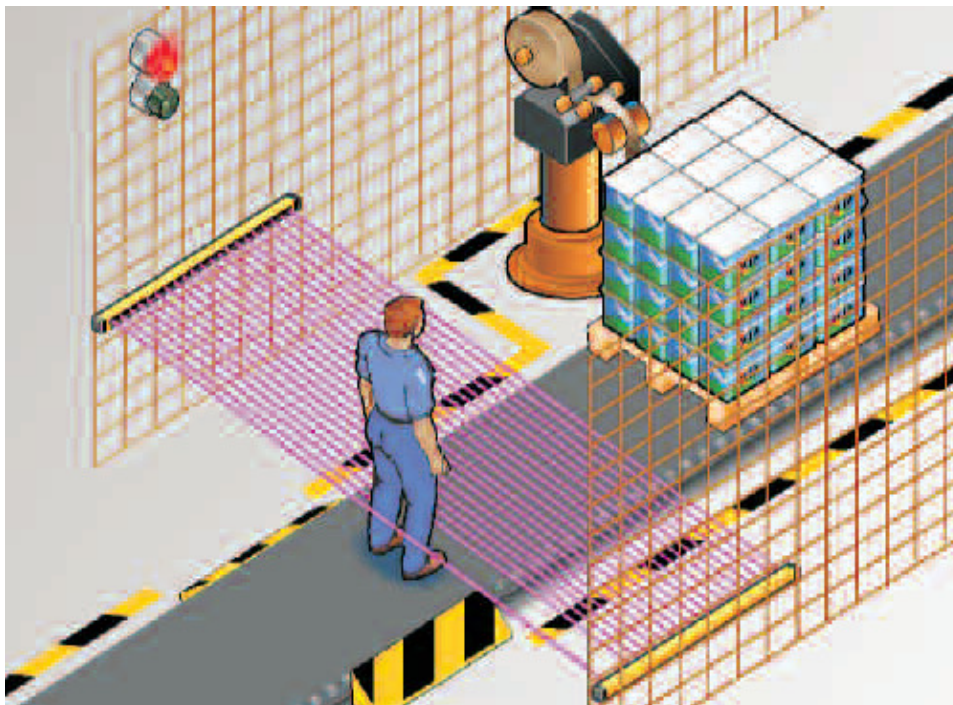
Za zaščito je uporabljena varnostna svetlobna zavesa in varnostni laserski skener. Če delavec vstopi v nevarno območje, je svetlobna zavesa motena in rotacijsko gibanje mize ali varilni proces se ustavi. Za zaščito območja med rotacijsko mizo in svetlobno zaveso, je pod mizo nameščen še laserski skener. Ta naprava zagotavlja, da ni mogoče stati za svetlobno zaveso. Ker je mogoče programirati območje pokrivanja skenerja, je območje med rotacijsko mizo in svetlobno zaveso popolnoma pokrito (slika 7.4) [11].



Slika 7.4: Varovanje nevarnega območja [11]

7.1.2 Funkcija ločevanja med človekom in materialom

Ta varnostna funkcija je uporabna pri strojih, ki imajo avtomatizirano nalaganje palet. Stroj opravlja delo samostojno, npr. pakirni stroji, paletizerji, depaletizerji (slika 7.5).



Slika 7.5: Funkcija ločevanja med človekom in materialom [1]

Poznamo dva tipa funkcije ločevanja:

- Z integriranim ocenitvenim algoritmom:
Moderni senzorji uporabljajo za ločevanje med človekom in materialom specialni ocenitveni algoritem. Zato ni potrebe po dodatnih senzorjih, zapletenih inštalacijah ter zahtevnem vzdrževanju.
- Uporaba funkcije zatemnitve (muting):
Z uporabo funkcije »muting« varnostno polje začasno zatemnimo (čas prehoda palete). Sistem zatemnitve mora biti zmožen ločevati med človekom in materialom. Različni standardi za to varnostno funkcijo predpisujejo:
 - med zatemnitvijo je treba zagotoviti varno stanje na druge načine, torej ne sme biti mogoč dostop v nevarno območje,
 - zatemnitev mora biti avtomatska,
 - zatemnitev ne sme biti odvisna od samo enega električnega signala,
 - zatemnitev ne sme biti popolnoma odvisna od signalov programske opreme,

- zatemnjeni signali med neveljavno kombinacijo ne smejo dovoliti zatemnitvenega stanja in zagotovljena mora biti ohranitev varnostne funkcije,
- stanje zatemnitve mora biti prekinjeno takoj zatem, ko je sistem prost,
- aktiviranje zatemnitve je dovoljeno samo med periodo časa v delovnem ciklu, ko naložene palete vstopajo v nevarno območje [1].

7.2 Fizična varovala

Fizična varovala so mehanske varnostne naprave, ki preprečujejo direkten dostop do nevarne točke. Lahko so fiksna ali prenosljiva. Fizična varovala so pokrovi, ograje, pregrade, lopute, vrata, ipd.

Pokrovi preprečujejo dostop z vseh strani. Ograje se obče uporabljajo za preprečevanje dostopa v polni višini, medtem ko pregrade lahko samo preprečijo nenamerni/nezavedni dostop do nevarne točke. Fizično varovalo lahko zadrži tudi material in sevanje.

Primeri izvrženega materiala:

- obdelovalna orodja (brusni koluti, svedri),
- proizvedeni materiali (prah, ostružki, drobci, delci),
- uhajajoče snovi (hidravlično olje, stisnjen zrak, maziva),
- izvrženi deli zaradi napake na sistemu zaklepanja oz. zapenjanja orodja.

Primeri oddajanja sevanja:

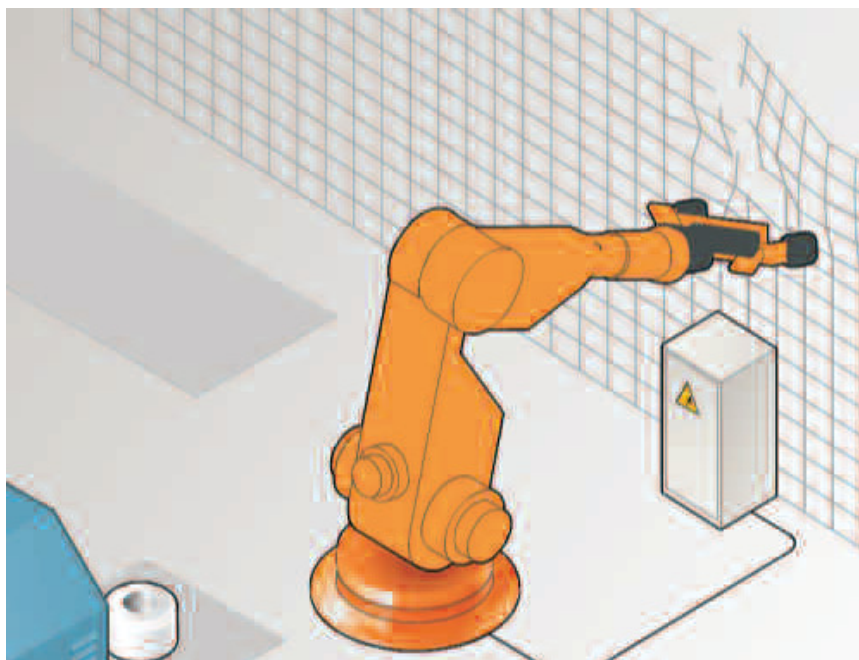
- toplotno sevanje iz procesa ali izdelkov (vroče površine),
- optično sevanje iz laserjev, infrardečih ali ultravijoličnih virov,
- sevanje delcev ali ionov,
- močna elektromagnetska polja, visokofrekvenčne naprave,
- visoke napetosti iz testnih sistemov ali sistemov za razelektritev elektrostatičnih nabojev (papirnatih in plastičnih mreže).

Osnovne zahteve za fizična varovala:

- Fizična varovala morajo biti dovolj robustna in trpežna, da prenesejo okoljske obremenitve, ki se pričakujejo med operacijo. Lastnosti fizičnih varoval se morajo ohraniti v celotni dobi uporabe stroja.
- Ne smejo povzročati dodatnih nevarnosti.

- Ne sme biti možno zlahka obiti fizično varovalo.
- Fizična varovala ne smejo bolj kot je potrebno omejevati vidnega polja na delovni proces, v kolikor je opazovanje potrebno.
- Fizična varovala naj bodo trdno pritrjena na mestu.
- Pritrjena naj bodo s sistemi, ki jih lahko odpremo samo z orodjem ali pa so neločljivo povezana z nevarnim premikom.
- V kolikor je mogoče, ne smejo ostati v varnostni poziciji, če pritrjevanje ni dokončano [1].

Primer uporabe fizičnega varovala – ograje. Ograja preprečuje dostop do robota in hkrati lahko zadrži roko robota (glej sliko 7.6).



Slika 7.6: Ograja zadrži roko robota [1]

7.2.1 Premična fizična varovala

Premična varovala, ki se pogosto ali redno odpirajo, morajo biti funkcijsko povezana (varnostno stikalo) z nevarnim gibanjem. Odpiranje vrat je pretvorjeno v električni signal, ki zanesljivo ustavi nevarno gibanje [1].

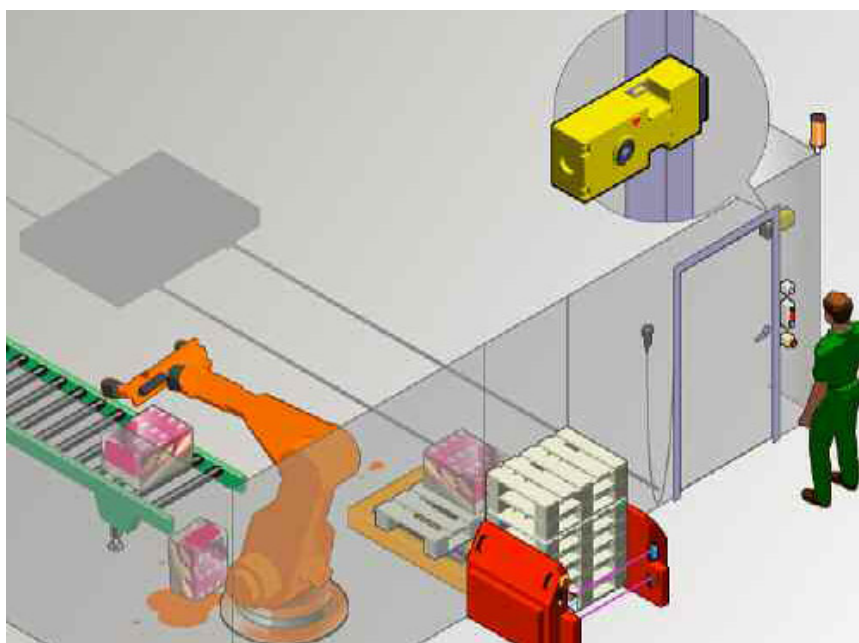
7.3 Varnostna stikala

Vrste varnostnih stikal:

- elektro-mehanska,
- brezkontaktna (magnetna, transponderska in induktivna) [1].

7.3.1 Primera uporabe varnostnih stikal

- 1) Uporaba varnostnega stikala za blokiranje vstopa v nevarno območje v času delovanja stroja. Na zahtevo lahko sprožimo zaustavitev stroja. Ko stroj preide v varno stanje, je dostop mogoč (glej sliko 7.7).

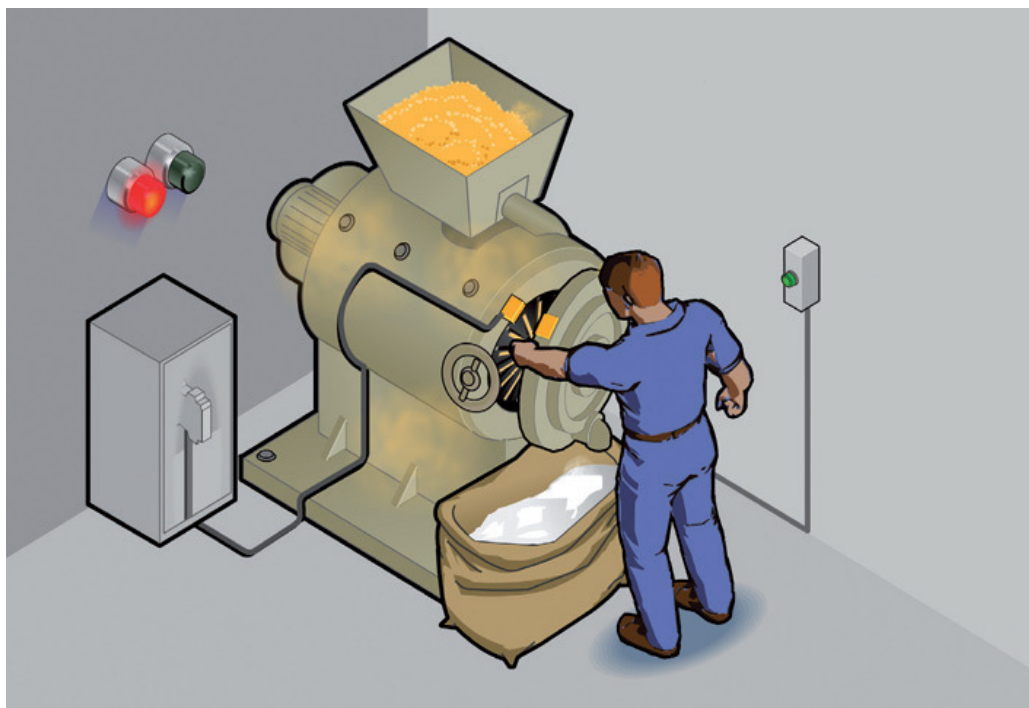


Slika 7.7: Varnostno stikalo preprečuje vstop v nevarno območje [1]

2) Zaščita lopute na mlinu

V mlinu za začimbe se meljejo naravni proizvodi (slika 7.8). Najprej jih naložimo v lijak in potem se meljejo in zbirajo v mlinu. Za odvzem mletih produktov je treba odpreti loputo na mlinu. Tukaj obstajajo velike nevarnosti za poškodbe. Za zaščito je uporabljeno brezkontaktno transpondersko stikalo, katero deluje z aktuatorjem, bralno glavo in vrednostno enoto. Kodirani aktuator je nameščen na loputi mlina, transponderska-bralna-glava pa na ohišju mlina. V zaprtem stanju se aktuator nahaja v polju bralne glave, tako da branje kode poteka nenehoma. Dokler poteka prenos podatkov, mlin deluje. Pri odpiranju lopute, se aktuator odstrani iz prenosnega polja bralne glave. Podatkovna komunikacija je prekinjena in

vrednostna enota izklopi mlin. Tako lahko varno izpraznimo mlin. Po zaprtju lopute in pritisku na gumb reset, se mlin ponovno zažene [12].



Slika 7.8: Zaščita lopute na mlinu [12]

7.4 Kontrola dveh rok

Kontrola dveh rok je varnostna naprava, ki prisili delavca ali njegove ude, da se nahaja izven nevarnega območja. Naprava varuje samo eno osebo. Nevaren premik je dovoljen samo z zavestno aktivacijo kontrolnih stikal in se ustavi takoj, ko roka sprostí kontrolno stikalo [1].

8 STANDARDI IN NOVA DIREKTIVA O STROJIH

Tehnični standardi podrobno opisujejo in specificirajo zahteve, ki izhajajo iz evropskih direktiv.

»Harmonizirani standard« pomeni tehnično specifikacijo, ki jo je sprejela evropska organizacija za standardizacijo na podlagi mandata Komisije po postopkih, ki jih določa direktiva Evropskega parlamenta in Sveta o določitvi postopka za zbiranje informacij na področju tehničnih standardov in tehničnih predpisov [8].

Harmonizirani evropski standard se uporablja kot referenca in zamenjuje vse nacionalne standarde za isto stvar. Standardi s predpono »EN« so priznani v vseh državah Evropske unije [1].

8.1 Tipi standardov

Standardi tipa A so osnovni varnostni standardi, ki vsebujejo osnovno terminologijo, načela zasnovne in splošne vidike, ki veljajo za vse stroje. Primera:

- EN ISO 12100 – osnovna pravila zasnovne,
- EN ISO 14121 – ocena tveganja.

Standardi tipa B so skupina varnostnih standardov, ki se nanašajo na varnostna načela ali varnostno opremo, ki se lahko uporabi za širok razpon strojev.

Delijo se na:

- Standardi tipa B1 opisujejo določena varnostna načela, kot npr. električna varnost strojev, izračun varnostnih razdalj, zahteve za krmilne sisteme. Primer:
 - EN ISO 13849-1 se nanaša na varnostne komponente krmilnih sistemov. Uporaben je za vse tipe strojev ne glede na vrsto uporabljene tehnologije ali energije, uporabljene za delovanje stroja (električne, hidravlične, pnevmatske, mehanske, itd.).
- Standardi tipa B2 za varnostne naprave, npr. kontrola dveh rok, fizična varovala in elektro-zaznavna varnostna oprema.

Standardi tipa C vsebujejo podrobne varnostne zahteve za določen stroj ali skupino strojev. Če ta standard obstaja, ima prednost pred standardom tipa A ali tipa B. Vendar pa se lahko standard tipa C nanaša na standard tipa B ali standard tipa A. V vsakem primeru morajo biti izpolnjene zahteve direktive o strojih [1].

8.2 Nova direktiva o strojih – 2006/42/ES

Direktiva o strojih 2006/42/ES je namenjena proizvajalcem strojev in varnostnih komponent, in organizacijam, ki dajejo stroje in varnostne komponente na tržišče. Direktiva določa naloge za izpolnjevanje zdravstvenih in varnostnih zahtev pri novih strojih, z namenom odstraniti trgovinske ovire v Evropski uniji in jamčiti uporabnikom visok nivo varnosti in zaščite zdravja.

Zahteve direktive ne veljajo za stare stroje, ki so bili dani na trg pred veljavnostjo direktive. Vendar pa zahteve direktive veljajo v primeru, če bomo stare stroje modificirali, modernizirali, dogradili ipd. V teh primerih veljajo enake zahteve, kot za nove stroje. Če pride do bistvenih sprememb, opravimo oceno tveganja, ki vključuje uporabo standarda EN ISO 13849 [6].

Direktiva o strojih ne zahteva uporabe standardov. Vendar pa je uporaba harmoniziranih standardov priporočljiva, saj opravičuje tako imenovano »domnevo o skladnosti« stroja z direktivo.

Osnovna načela nove direktive sicer ostajajo enaka, saj je dodanih le nekaj novih bistvenih varnostnih in zdravstvenih zahtev, precej pa je revizijskih popravkov že obstoječih zahtev z namenom večje razumljivosti in poenotenja terminologije.

Veliko pozornosti je v direktivi posvečeno zagotavljanju varnosti med postopkom vzdrževanja in servisiranja stroja. Operater oz. vzdrževalec mora imeti zagotovljen popoln nadzor nad dogajanjem iz vseh pozicij upravljanja oz. vzdrževanja. Skladnost z omenjeno trditvijo je v veliki meri povezana z varnostjo in zanesljivostjo krmilnih sistemov.

Izpostavimo lahko še zahtevo nove direktive, ki pa se od stare direktive ni spremenila. Gre za tristopenjsko načrtovanje strojev, in sicer vgrajena varnost, prigrajena varnost in navodila za varno uporabo.

Proizvajalec ali njegov pooblaščen zastopnik mora za vse izdelane stroje in varnostne komponente izdati izjavo o skladnosti (EC declaration of conformity), s katero na pravnomočen način potrjuje, da so stroji ali varnostne komponente v skladu s predpisi.

CE je enotna obvezna označba na izdelku, oznanja ustreznost zahtevam vseh direktiv, ki veljajo za dani izdelek, ter potrjuje, da so lastnosti izdelka, zlasti njegova varnost, preverjene. Izdelek naj torej ne bi ogrožal življenja, imovine in okolja [2].

Kaj prinaša nova Direktiva o strojih 2006/42/ES:

- zelo podrobno (bolj kot v obstoječih predpisih) so razčlenjeni stroji in sklopi (deli, komponente, stroji,...), ravno tako varnostne komponente za delno dokončane stroje, pojasnjeni so dvižni pripomočki, verige, vrvi in oprtnice, odstranljive naprave za mehanski prenos,...
- direktiva se navezuje na direktivo o dvigalih, podrobno ju razmejuje, vsebuje tudi njene spremembe, ravno tako razmejuje direktivo o strojih in homologacijske direktive (stroje in delovne stroje – prometna sredstva),
- direktiva razmejuje proizvajalce in pooblaščen zastopnike, dajanje na trg, dajanje v obratovanje,
- nedvoumno določa, da harmonizirani standard pomeni tehnično specifikacijo, ki ni zavezujoča,
- v predpis se vključuje obvezno uvajanje tržnega nadzora v vseh članicah,
- v členu 5 še bolj podrobno in nedvoumno, kot doslej, predpisuje pogoje za dajanje na trg in v obratovanje ter v nadaljevanju postopke za ugotavljanje skladnosti,
- pri strojih s povečanim tveganjem se za ugotavljanje skladnosti v primeru popolne uporabe harmoniziranega standarda ne zahteva vključevanje priglašene organa
- opredeljuje se prosti pretok, zaščitno klavzulo,.... [2]

9 VZDRŽEVANJE

Po standardu EN 13306, vzdrževanje zadeva »kombinacijo vseh tehničnih, administrativnih in vodstvenih del med življenjskim ciklom enote, z namenom ohraniti ali obnoviti jo v stanje, v katerem lahko opravlja zahtevano funkcijo« [9].

Redno vzdrževanje je nujno za ohranjanje varne in zanesljive opreme oz. strojev. Nezadostno ali neprimerno vzdrževanje lahko vodi do nevarnih situacij, nezgod in zdravstvenih problemov. Vzdrževanje je visoko-rizična aktivnost z nekaterimi nevarnostmi, ki izvirajo iz narave dela.

Nevarnosti pri strojih in napravah nastanejo pri: nameščanju stroja, spremembah v proizvodnem procesu, čistilnih delih, izobraževanju operaterjev, vzdrževanju stroja in normalnem delovanju.

Aktivnosti vzdrževanja zajemajo: pregled, testiranje, meritev, zamenjavo, nastavitve, popravilo, izsleditev defekta, servisiranje, mazanje in čiščenje. Mesta za nastavljanje in vzdrževanje morajo ležati zunaj nevarnih območij. Izvedba nastavljanja, vzdrževanja, popravil, čiščenja in servisiranja mora biti omogočena, ko stroj ne obratuje. Komponente avtomatskih strojev, ki jih je treba pogosto menjavati, morajo zagotavljati enostavno in varno odstranitev in zamenjavo. Omogočen mora biti dostop do komponent in izvedba nalog s potrebnimi tehničnimi sredstvi v skladu z delovnim postopkom. Če iz tehničnih razlogov ne more biti izpolnjen eden ali več zgornjih pogojev, sprejmemo ukrepe za zagotavljanje varnega izvajanja teh postopkov [5].

Tehnologija vzdrževanja določa, kako se mora določeni postopek izvesti, s kakšnim orodjem, v kakšnem vrstnem redu in kdaj. To se seveda nanaša tako na vsak posamezni nivo kot na celoto. Postopek vzdrževanja je v veliki meri odvisen od konstrukcijskih in drugih lastnosti sistemov. Pri tem upoštevamo tudi ekonomske vplive, ki se nanašajo na razpoložljive kapacitete, produktivnost, potrebo po hitrem postopku vzdrževanja ipd. [4].

9.1 Planiranje vzdrževanja

V večini primerov se nezgode zgodijo zaradi nezadostne organizacijske priprave vzdrževalnih del. Drugi razlog pa je časovni pritisk na izvršitev vzdrževalnih del. Poleg tega pogosto izvedemo samo popravilo, brez da bi ugotovili razlog za odpoved.

Planiranje vzdrževanja obsega:

- potek postopka,
- izbira vzdrževalcev glede na njihovo usposobljenost,
- potrebno število vzdrževalcev glede na obseg dela, ki ga je treba opraviti,
- potrebno delovno opremo, kot npr. orodja in naprave.

Pri določanju delovnih korakov z varnostnimi ukrepi odpravimo ali znižamo tveganja. Če se med izvedbo del pojavijo nove nevarnosti, tudi te zmanjšamo z oceno tveganja in dodatnimi varnostnimi ukrepi [4].

9.2 Izolacija energije

Pri vzdrževalnih delih moramo poskrbeti, da ne pride do nepričakovanih zagonov strojev in opreme oz. sproščanja nevarne energije. Naprave, ki onemogočajo pretok energije, morajo biti zaklenjene v varni ali izključeni poziciji. V ta namen se uporabljajo različne ključavnice in etikete (lockout/tagout – LOTO varnostni postopek). Postopek zahteva, da se na blokirano napravo pritrdi opozorilna etiketa, da ni dovoljeno vklopiti naprave (slika 9.1).



Slika 9.1: Blokirano glavno stikalo

Na sliki 9.2 je ventil, ki ima na ročaju nameščeno pokrivalo, katero onemogoča premikanje ročaja.



Slika 9.2: Blokiran ventil

LOTO postopek

Priprava na zaustavitev:

- Pridobimo navodila postopka krmiljenja energije določenega stroja za uporabo med zaustavitvijo opreme.
- Obvestimo vse vpletene osebe, da bo uporabljen LOTO sistem in zakaj bo uporabljen.
- Pooblaščeni delavci morajo poznati vrsto in moč energije, ki jo stroj ali oprema uporablja in razumeti nevarnosti.

Zaustavitev opreme:

- Če stroj ali oprema deluje, jo izklopimo z normalnim zaustavitvenim postopkom.
- Med zaustavitvijo ne ogrožajmo varnosti delavcev.

Izolacija energije:

- Preklopimo stikalo, ventil ali druge naprave za energetska izolacija, tako da opremo izoliramo od vira energije. Shranjena energija (v vzmeteh, dvignjeni deli stroja, rotirajoči vztrajniki, hidravlični sistemi, in tlak zraka, plinov, pare ali vode, ipd.) mora biti sproščena ali zadržana z metodami, kakor so repositioniranje, blokiranje, sprostitev tlaka.
- Nikoli ne preklopimo stikala, ko je to pod obremenitvijo in nikoli ne odstranimo varovalke, namesto da bi izklopili.

Uporaba LOTO naprav:

- Blokiramo in/ali označimo naprave za energetska izolacija z namenskimi ključavnicami ali etiketami.
- Uporabimo samo standardizirane naprave.
- Če namesto ključavnic uporabljamo etikete, jih pritrdimo na istem mestu in na isti način kot bi ključavnice. Etikete izpolnimo popolno in pravilno.

Kontrola shranjene energije:

- Preverimo sistem, da se prepričamo, če so se vsi deli zaustavili.
- Sprostimo napetost vzmeti ali blokiramo premik.
- Fiksiramo dele, da preprečimo padanje zaradi težnosti.
- Blokiramo dele hidravličnih in pnevmatskih sistemov, ki bi se lahko premaknili zaradi izgube tlaka.
- Sprostimo tlak in pustimo ventile odprte.

Preverjanje izoliranosti opreme:

- Prepričamo se, da na nevarnem območju ni ljudi.
- Preverimo, ali lahko glavno stikalo preklopimo v pozicijo vklop.
- Prožimo stikalo za vklop ali druge krmilne tipke, da se prepričamo, da oprema ne deluje.
- Po testu vrnemo krmilne tipke v nevtralno ali izklop pozicijo.
- Oprema je sedaj zaklenjena ali označena.
- Med izvedbo dela ne smemo delati ničesar takšnega, kar bi lahko reaktiviralo opremo. Če vstavimo nov cevovod ali kablovod, ne smemo zaobiti glavnega stikala.

Obnovitev stroja ali opreme v normalne proizvodne operacije:

- Ko je servisiranje ali vzdrževanje končano in je oprema pripravljena na normalne proizvodne operacije, preverimo območje okoli strojev ali opreme in se prepričamo, da ni nihče izpostavljen nevarnosti.
- Potem, ko odstranimo vso orodje iz stroja ali opreme in demontiramo zaščite, odstranimo vse LOTO naprave. Vključimo naprave za energetska izolacija, da obnovimo energetska oskrbo stroja ali opreme.

Postopek v primeru večih delavcev

Pri delu več kot ene osebe, mora vsak posameznik namestiti svojo osebno LOTO napravo na napravo za energetska izolacija. Če na napravo za energetska izolacija ni mogoče namestiti več ključavnic ali etiket, uporabimo lisice (slika 9.3), ki imajo več lukenj za namestitev ključavnic. Pri zaklepanju lahko uporabimo eno samo ključavnico, ključ pa damo v zaboj ali omaro, katero je mogoče zavarovati z več ključavnicami. Tako lahko vsak delavec zavaruje zaboj ali omaro s svojo ključavnico. Ko delavcu več ni potrebno vzdrževati zaščite zaklepanja, odstrani svojo ključavnico na zaboj ali omari.

Če servisiranje opreme traja dlje kot eno izmeno, LOTO zaščite ne smemo prekiniti. Delavci, ki končajo svojo izmeno in se pripravljajo na odhod iz objekta, ne smejo odstraniti svojih ključavnic dokler naslednji delavec za servisiranje opreme ni pripravljen na zaklepanje.

Ko delavca, ki je namestil ključavnico ni, da bi jo odstranil, uporabimo pravilo dveh oseb. Ključavnico lahko prerežemo samo v prisotnosti nadzornika delovnega območja. Pred dovoljenjem rezanja ključavnice, nadzornik prešteje vse delavce, ki delajo na območju.

Poročilo o postopku v sili z opisom podrobnosti predamo v času 24 ur odgovorni osebi. Vsebovati mora ime delavca, ki je vgradil ključavnico ter imena delavcev in nadzornika, ki so odstranili ključavnico [10].



Slika 9.3: Lisice za namestitev večih ključavnic

10 SKLEP

Varnostni standardi tipa A, B in C podrobno opisujejo zahteve, ki izhajajo iz direktive o strojih. Direktiva o strojih ne zahteva uporabe standardov. Vendar pa je uporaba harmoniziranih standardov priporočljiva, saj opravičuje tako imenovano »domnevo o skladnosti« stroja ali naprave z direktivo.

Ocena tveganja je zaporedje logičnih korakov, s katerimi preučimo in ugotovimo vse nevarnosti v celotni življenjski dobi stroja. Potrebni nivo tveganja za vsako nevarno situacijo je odvisen od teže poškodbe, pogostosti izpostavljenosti nevarnosti ter možnosti izogiba nevarnosti. Pri tem je treba upoštevati tudi predvideno napačno uporabo stroja. Varna zasnova oz. vgrajena varnost je prvi in najbolj pomemben korak v procesu znižanja tveganja. Preostala tveganja odpravimo ali znižamo s tehničnimi varnostnimi ukrepi ter varnostnimi opozorili. Tehnične varnostne ukrepe lahko realiziramo z različnimi vrstami varnostnih naprav, kot so opto-elektronske naprave, varnostna stikala ter fizična varovala.

Visok potencial nevarnosti izhaja iz okvar komponent krmilja, katerega varnostne funkcije urejata standarda EN ISO 13849 ter EN 62061. Varnostne funkcije so sestavljene iz podsistemov, zato se nivo varnosti varnostne funkcije določi iz nivojev varnosti podsistemov. Nivo varnosti je odvisen od sestave krmilnega sistema, zanesljivosti uporabljenih komponent, zmožnosti zaznavanja napak, kakor tudi od odpornosti na napake z več skupnimi vzroki v več kanalnih krmilnih sistemih.

Za ohranjanje varnih in zanesljivih strojev in naprav skozi celotno življenjsko dobo, je potrebno redno vzdrževanje ter kontrola varnostno pomembnih funkcij. Vzdrževalna aktivnost je visoko rizična dejavnost. Med vzdrževalnimi deli moramo stroje energetsko izolirati in tako onemogočiti nepričakovane zagone strojev.

SEZNAM UPORABLJENIH VIROV

- [1] Guidelines Safe Machinery 2008.pdf [svetovni splet]. Dostopno na:
<https://www.mysick.com/saqqara/pdf.aspx?id=im0014678> [20.1.2011].
- [2] Janez Dulc: *Tehnični predpisi in načrtovanje proizvodov.pdf*, 2008.
- [3] Wolfgang Beyer: *Hydraulische Pressen mit Sicherheit betroffen.pdf*, Germany: Bosch Rexroth, 2009. Fluidna tehnika 2009, Maribor
- [4] Aberšek Boris, Flašker Jože: *Vzdrževanje, sistemi, strategije, procesi in optimiranje*, Maribor: Fakulteta za strojništvo, 2005.
- [5] Prevod učbenika Fachkunde Mechatronik: *Mehatronika*, Ljubljana, 2009.
- [6] BGIA Report 2/2008e.pdf [svetovni splet]. Dostopno na:
<http://www.dguv.de/ifa/en/pub/rep/pdf/rep07/biar0208/rep22008e.pdf> [20.1.2011].
- [7] Varnostna oprema podjetja Sick [svetovni splet]. Dostopno na:
<http://www.sick.si/si/products/sl.html> [20.1.2011].
- [8] Uradni list RS, št. 132/2006 z dne 15. 12. 2006 [svetovni splet]. Dostopno na:
<http://www.uradni-list.si/1/content?id=76995> [20.1.2011].
- [9] Evropska agencija za varnost in zdravje pri delu [svetovni splet]. Dostopno na:
<http://osha.europa.eu/en/topics/maintenance> [20.1.2011].
- [10] Lockout_Tagot.pdf [svetovni splet]. Dostopno na:
<http://www.tdi.state.tx.us/pubs/videoresource/wplocktag.pdf> [20.1.2011].
- [11] Sick Industrial Safety Systems 2007/2008.pdf [svetovni splet]. Dostopno na:
<https://www.mysick.com/saqqara/pdf.aspx?id=im0014701> [8.2.2011].
- [12] Sick Industrial Safety Systems 2011/2012.pdf [svetovni splet]. Dostopno na:
<https://www.mysick.com/saqqara/pdf.aspx?id=im0014700> [8.2.2011].
- [13] Sick Material transport vehicles.pdf [svetovni splet]. Dostopno na:
<https://www.mysick.com/saqqara/pdf.aspx?id=im0026354> [10.3.2011].

ŽIVLJENJEPIS

OSEBNI PODATKI:

Ime in priimek: Sandi Cimerman

Datum rojstva: 10.06.1979

E-naslov: cimerman.sandi@gmail.com

IZOBRAŽEVANJE:

1994 – 1997 Strojna šola Ptuj – avtomehanik

1997 – 1999 Strojna šola Ptuj – strojni tehnik

1999 – 2011 Fakulteta za strojništvo Maribor

DELOVNE IZKUŠNJE:

2006 – 2009 Posluževalec CNC strojev

ZNANJE:

Tuji jeziki: Nemščina, Angleščina

Računalništvo: Word, Excel, Power Point, AutoCAD, elektronska pošta