

PRIMJENA PIR SENZORA U INDUSTRIJI U SVRHU ZAŠTITE

Miketa, Krešimir

Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:042655>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-09-22**



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
Karlovac University of Applied Sciences

Repository / Repozitorij:

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJ

Veleučilište u Karlovcu
Odjel Sigurnosti i zaštite
Specijalistički diplomski stručni studij sigurnosti i zaštite

Krešimir Miketa
Primjena PIR senzora u industriji u svrhu
zaštite

Diplomski rad

Karlovac, 2021.

Karlovac University of Applied Sciences
Safety and Protection Department
Specialist graduate professional study of safety and
security

Krešimir Miketa

Application of PIR sensors in industry for
protection purposes

Final paper

Karlovac, 2021.

Veleučilište u Karlovcu
Odjel Sigurnosti i zaštite
Specijalistički diplomski stručni studij sigurnosti i zaštite

Krešimir Miketa
Primjena PIR senzora u industriji u svrhu
zaštite
Diplomski rad

Mentor: dr.sc. Vladimir Tudić

Karlovac, 2021.



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
KARLOVAC UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



Trg J.J.Strossmayera 9
HR-47000, Karlovac, Croatia
Tel. +385 - (0)47 - 843 - 510
Fax. +385 - (0)47 - 843 - 579

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU

Specijalistički studij: Specijalistički diplomski stručni studij sigurnosti I zaštite

Usmjerenje: Zaštita na radu

Karlovac, 08.01.2021.

ZADATAK ZAVRŠNOG RADA

Student: Krešimir Miketa

Matični broj: 0420416024

Naslov: Primjena PIR senzora u industriji u svrhu zaštite

Opis zadatka: U teoretskom dijelu završnog rada istražiti i opisati moguće opasnosti na radnom mjestu te propisane sustave sigurnosti koji su u primjeni. Istražiti domet i funkciju PIR senzora kao detektora pristupa i prolaza. U praktičnom dijelu rada naznačiti praktičnu primjenu PIR senzora kao elementa sigurnosti u osmišljenom poboljšanom sustavu zaštite radnika. Završni rad voditi uz stručne konzultacije mentora, te uz naznaku izvora istraživanja i referentne literature. Završni rad izraditi sukladno Pravilniku Vuka.

Zadatak zadan:
08.01.2021.

Rok predaje rada:
18.01.2021.

Predviđeni datum obrane:
25.01.2021.

Mentor:
dr.sc. Vladimir Tudić

Predsjednik Ispitnog povjerenstva
dr.sc. Damir Kralj, prof. v.š.

Predgovor

Ovaj rad je nastao samostalno, uz svu stručnu literaturu i znanja stečena tijekom specijalističkog diplomskog stručnog studija sigurnosti i zaštite na radu na Veleučilištu u Karlovcu.

Tijekom pisanja ovoga rada imao sam stručnu pomoć mentora dr. sc. Vladimira Tudić. Ovim putem želio bih zahvaliti dr.sc. Vladimiru Tudić na mentorstvu. Također sam zahvalan svim profesorima i predavačima na prenesenom znanju tijekom studiranja. Posebnu zahvalu zaslužuju moji roditelji koji su mi bili neiscrpna potpora i koji su mi omogućili studiranje.

Krešimir Miketa

SAŽETAK

Zaštita na radu je multidisciplinarno i interdisciplinarno područje koje se bavi zaštitom zdravlja i sigurnosti radnika na radu. Cilj zaštite na radu je smanjiti broj ozljeda na radu i profesionalnih bolesti. Mnogi tehnološki procesi danas dohvaćaju opasne radnje strojeva koje mogu ugroziti radnika i prouzročiti ozljedu. Projektanti strojeva ugrađuju različite zaštitne naprave kako bi smanjili mogućnost ozljeda na radu. Postoje mnoge vrste zaštitnih naprava, a ovaj diplomski rad će pokušati predstaviti jednu novu ideju kod zaštite radnika pomoću zaštitne naprave za blokiranje. Zaštitna naprava za blokiranje je uređaj koji zaustavlja rad stroja kada se u radnom prostoru stroja nalazi neidentificirani objekt, odnosno neki dio tijela radnika. PIR senzor je pasivni infra-crveni detektor pokreta koji može prepoznati pokret radnika u opasnom radnom prostoru stroja i zaustaviti rad istog. Opisat će se komponentne PIR zaštitne naprave, kako se slažu, što je sve potrebno napraviti kako bi funkcionirala i način na koji funkcionira PIR zaštitna naprava.

Ključne riječi: zaštita na radu, stroj, PIR senzor, zaštitna naprava.

SUMMARY

Occupational safety is a multidisciplinary and interdisciplinary field that deals with the protection of the health and safety of workers at work. The aim of occupational safety is to reduce the number of injuries at work and occupational diseases. Many technological processes today have dangerous actions of machines that can endanger the worker and cause injury. Machine designers install various protective devices to reduce the possibility of injuries at work. There are many types of protective devices, and this thesis will try to present a new idea in the protection of workers using a protective device for blocking. A protective locking device is a device that stops the operation of the machine when there is an unidentified object in the working space of the machine, ie some part of the worker's body. The PIR sensor is a passive infra-red motion detector that can detect the movement of workers in a dangerous working space of the machine and stop its operation. The component PIR protection devices will be described how they fit together, what all needs to be done to make it work and how the PIR protection device works.

Keywords: occupational safety, machine, work equipment, PIR sensor, safety device.

Sadržaj

| | |
|--|----|
| 1. UVOD..... | 1 |
| 2. TEORETSKI DIO..... | 4 |
| 2.1. Radna oprema sa povećanim opasnostima..... | 4 |
| 2.2. Zaštitne naprave..... | 5 |
| 2.2.1 Čvrste zaštitne naprave..... | 6 |
| 2.2.2. Zaštitne naprave za blokiranje..... | 7 |
| 2.2.3. Automatske zaštitne naprave..... | 10 |
| 2.2.4. Uređaj za daljinsko upravljanje..... | 10 |
| 3. PRAKTIČNI DIO..... | 12 |
| 3.1. PIR zaštitna naprava..... | 12 |
| 3.2. Sastavni dijelovi i shematski prikaz..... | 12 |
| 3.2.1. PIR senzor..... | 14 |
| 3.2.2 Arduino (PIC processor)..... | 17 |
| 3.2.3. RELEJ..... | 21 |
| 3.2.4 –Tipkalo..... | 22 |
| 3.2.5 Napajanje..... | 23 |
| 3.2.6. Ostale komponente..... | 24 |
| 3.2.7. Kućište PIR zaštitne naprave..... | 26 |
| 3.3. Programiranje Arduino upravljačke jedinice (PIC procesora)..... | 27 |
| 3.3.1. Zadaci Arduino upravljačke jedinice u PIR zaštitnoj napravi..... | 27 |
| 3.4. Programski kod..... | 30 |
| 3.5. Testiranje PIR zaštitne naprave..... | 34 |
| 3.6. Prednosti i mane PIR zaštitne naprave u odnosu na druge zaštitne naprave za blokiranje..... | 36 |
| 3.7. Implementacija PIR zaštitne naprave u proizvodnji..... | 37 |
| 3.8. Postavljanje PIR zaštitne naprave na radnu opremu..... | 38 |
| 3.9. Mogućnosti i razvoj PIR zaštitne naprave..... | 39 |
| 4. ZAKLJUČAK..... | 40 |
| LITERATURA..... | 42 |
| POPIS SLIKA..... | 42 |
| POPIS TABLICA..... | 43 |

1. UVOD

Društveni napredak i unapređenje društva u posljednjih sedamdesetak godina je golem. Čovječanstvo grabi golemim koracima u razvoju, ali često može se primjetiti da razvoj pojedinih grana gospodarstva nije razmjernan razvoju nekih drugih grana gospodarstva koje su još uvijek nerazvijene, čak u nekim slučajima poprilično zaostale. Tako danas postoje goleme mogućnosti u računalnoj tehnologiji koja pomoću primjene raznih senzora omogućuje kontroliranje različitih procesa. Međutim, moramo se zapitati, prati li zaštita na radu razvoj društva i koliko koristi mogućnosti današnje tehnologije u korist unapređenja i poboljšanja zdravlja i sigurnosti radnika na njegovom radnom mjestu. Zaštita na radu bi trebala težiti korištenju računalnih tehnologija u kombinaciji sa raznim sensorima kako bi što kvalitetnije zaštitila radnika od potencijalnih ozljeda ili profesionalnih bolesti. Jedan od senzora koji se još ne koristi u primjeni zaštite na radu na pojedinim radnim mjestima je PIR senzor. PIR senzor ima mogućnost praćenja pokreta, a time predstavlja mogućnosti zaštite radnika od potencijalnih mehaničkih opasnosti ili kretanja radnika u opasnom prostoru stroja. Zaštita na radu je interdisciplinarno i multidisciplinarno područje koje se bavi zaštitom i sigurnosti radnika na radnom mjestu. Danas je zaštita na radu sastavni dio organizacije poslova i nalazi se na svakom radnom mjestu. Zaštita na radu pomoću osnovnih, posebnih i priznatih pravila na radu propisuje način rada za svako radno mjesto kako ne bi došlo do profesionalnih bolesti i ozljeda na radu. Iako zaštita na radu ne uspijeva u potpunosti spriječiti nastanak ozljeda na radu, teži ka tome. Kada je u pitanju zaštita na radu, prvo se uvijek primjenjuju osnovna pravila zaštite na radu.

U osnovna pravila zaštite na radu ubrajamo :

- zaštitu od mehaničkih opasnosti
- zaštitu od udara električne struje
- sprječavanje nastanka požara i eksplozije
- osiguranje mehaničke otpornosti i stabilnosti građevine
- osiguranje potrebne radne površine i radnog prostora
- osiguranje potrebnih putova za prolaz, prijevoz i evakuaciju radnika i drugih osoba
- osiguranje čistoće
- osiguranje propisane temperature, vlažnosti zraka i ograničenja brzine strujanja zraka
- osiguranje propisane rasvjete
- zaštitu od buke i vibracija
- zaštitu od štetnih atmosferskih i klimatskih utjecaja
- zaštitu od fizikalnih, kemijskih i bioloških štetnih djelovanja
- zaštitu od prekomjernih napora
- zaštitu od elektromagnetskog i ostalog zračenja
- osiguranje prostorija i uređaja za osobnu higijenu.¹

U slučaju mehaničkih opasnosti, primjenom osnovnih pravila zaštite na radu, radnik bi trebao biti zaštićen na primjeren način, odnosno mogućnost ozljeđivanja svedena na najmanju moguću razinu. Zbog specifičnosti tehnoloških postupaka često nije moguće ukloniti potencijalne opasnosti za radnika ili opasnosti udaljiti od mjesta rada radnika. U tom slučaju primjenjuju se zaštitne naprave. Često su to metalne mreže, PVC zaštitne pregrade ili pomične zaštitne naprave koje fizički ograđuju radnika od opasnog radnog prostora stroja koji može ugroziti zdravlje i prouzročiti ozljedu. Ali postoje tehnološki postupci kod kojih nije praktično i moguće primjeniti fizičko odvajanje opasne zone stroja fizičkim zaštitnim napravama jer radnik mora ulaziti u opasan prostor stroja zbog specifičnosti tehnoloških procesa. U tom slučaju koriste se zaštitne naprave za blokiranje. Zaštitne naprave za blokiranje su fotoćelije ili laserske zrake koje, kada se presjeku pokretom, zaustavljaju rad stroja. Zaštitne naprave za blokiranje se danas sve više koriste i pokazale su se kao uspješan način onemogućavanja opasnih situacija tijekom radnih operacija. Problem kod zaštitnih naprava za blokiranje

¹ Zakon o zaštiti na radu (NN/71/2014)

je njihova cijena i problemi u nadogradnji na strojeve starijih generacija. Razmišljajući o rješenju toga problema, pomoću prikupljenih znanja tijekom studija u ovom radu je prikazano kako napraviti jeftiniju verziju zaštitne naprave pomoću PIR senzora. Također PIR zaštitnom napravom bi se omogućila ugradnja iste i na strojeve starije generacije iz vremena kada nije postojala takva tehnologija. PIR senzor radi na principu prepoznavanja temperaturnih razlika infracrvenom zrakom. Ako nam radni prostor stroja nema velikih oscilacija u temperaturi i ako sama temperatura radnog prostora stroja nije na temperaturi ljudskog tijela tada bi PIR zaštitna naprava bila primjenjiva. Svaki ulazak različite temperature u radni prostor stroja bi zaustavio rad istoga, čime bi se osigurala sigurnost radnika.



Slika 1. Piktogram upozorenje opasnost od prignječenja (mehanička opasnost)

Izvor: <https://shop.haberkorn.hr/gradevinske-potrepstine/prometni-znakovi-sigurnosni-znakovi/znakovi-upozorenja-sigurnosni-znakovi-sprjecavanje-nesreca/warnschilder/40921-znak-upozorenja-oprez-moguca-ozljeda-ruke>

2. TEORETSKI DIO

2.1. Radna oprema sa povećanim opasnostima

Radnom opremom se smatra sva oprema koja se koristi u radu. Tako se u radnu opremu može uvrstiti: računalo, usisavač, tipkovnicu, printer, ali i tokarski stroj, savijač lima, hidrauličnu prešu, glodalicu ili čak neki veći i složeniji stroj.

Sva radna oprema ne nosi iste rizike i opasnosti za nastajanje ozljeda na radu, tako se ne može reći kako jedna tračna pila i tipkovnica za računalo imaju iste rizike za nastanak ozljede.

Radnu opremu možemo razdvojiti u radnu opremu sa smanjenim opasnostima i na radnu opremu sa povećanim opasnostima. Radna oprema sa povećanim opasnostima podliježe Pravilniku o pregledu i ispitivanju radne opreme (N.N. 16/16).

Člankom 3 Pravilnika o pregledu i ispitivanje radne opreme, ispitivanja se ne odnose na radnu opremu koju čine električni i elektronički proizvodi koji su obuhvaćeni propisom o električnoj opremi namijenjenoj za uporabu unutar određenih naponskih granica:

1. kućanski aparati namijenjeni korištenju u domaćinstvu
2. audio i video oprema
3. oprema za informacijsku tehnologiju
4. uobičajeni uredski strojevi
5. niskonaponski sklopni i kontrolni uređaji
6. električni motori.

Odredbe Pravilnika ne odnose se na ručnu radnu opremu (alate) te na skele i druga sredstva za povremeni rad na visini za koja se pregledi obavljaju prema posebnim propisima.²

Pravilnikom je definirano kako se za pregled i ispitivanje mora izdati zapisnik o pregledu i ispitivanju radne opreme koji, osim osnovnih podataka o stroju kao što su ime proizvođača, model i serijski broj, te podaci o društvu ili obrtu koji je naručio ispitivanje, mora sadržavati strojarski i električarski dio ispitivanja. Strojarski dio ispitivanja dijelimo po točkama gdje utvrđujemo ispravnost stroja vizualnim pregledom

² Pravilnik o pregledu i ispitivanju radne opreme (NN 16/2016)

i ispitivanjem stroja tijekom uobičajenog rada, dok u električarskom dijelu ispitivanja vizualnim pregledom provjeravamo ispravnost priključka stroja na električnu mrežu, ispravnost osigurača ili RCD sklopke, otpor uzemljenja i otpor petlje stroja.

Strojarski dio ispitivanja sadrži točku u kojoj se ispituje sigurnosni uređaji. U tu skupinu bi pripala PIR zaštitna naprava. Tada bi se ispitivalo ispravnost iste, odnosno je li se stroj zaustavio kada je u radni prostor stroja ušla ruka radnika ili neki drugi predmet, ovisno o mjestu postavljanja senzora. Može se zaključiti kako bi se PIR zaštitnu napravu ugrađivali na pojedinu radnu opremu s povećanim opasnostima ili jednostavnije je reći kako bi se PIR zaštitna naprava ugrađivala na strojeve s mehaničkim opasnostima.

2.2. Zaštitne naprave

Zaštitne naprave su dijelovi strojeva i uređaja koji štite radnika od ozljeđivanja, odnosno svaki dio radne opreme koji štiti radnika od stavljanja ruke ili određenog djela tijela u opasni radni prostor stroja ili uređaja.

Zaštitne naprave mogu biti: ograde, zagrade, štitnici, poklopici, vratašca, oklopi, kućišta, kape, nape, branici, naprave za protupovratno djelovanje izradaka koje će se pobliže opisati tijekom ovog rada.

»Opasno područje« je svako područje na radnoj opremi ili oko nje u kojem je radnik izložen opasnosti od ozljeda i oštećenja zdravlja

»Opasno gibanje« je gibanje radne opreme ili njenog dijela, zbog kojeg neko područje radne opreme može biti opasno.³

Zaštitne naprave dijelimo na

- čvrste (nepomične) zaštitne naprave
- zaštitne naprave za blokiranje
- automatske zaštitne naprave
- uređaji za daljinsko upravljanje.

³ Pravilnik o sigurnosti i zdravlju pri uporabi radne opreme (NN 21/2008)



Slika 2. Piktogram obvezne upotrebe zaštitne naprave

Izvor: http://termag.hr/media/filer_public_thumbnails/filer_public/ec/b3/ecb3c678-460a-4b29-a9c4-44d30000880e/ob_15a_obvezna_uporaba_zastitne_naprave.jpg__900x500_q85_crop_subsampling-2_upscale.jpg

2.2.1 Čvrste zaštitne naprave

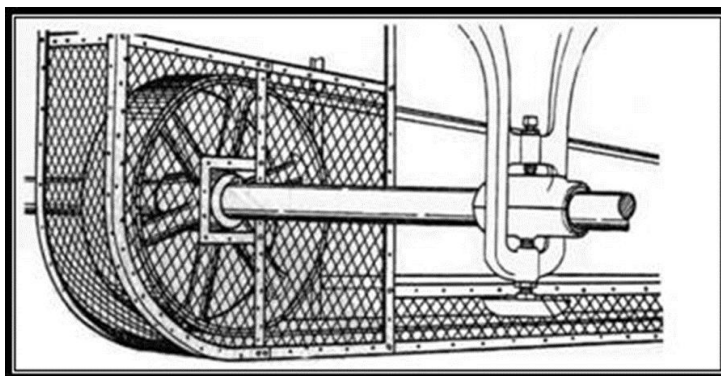
Čvrste (nepomične) zaštitne naprave kako sam naziv kaže, čvrsto su ugrađene na mjestu radnog postupka. Glavna im je značajka da se za vrijeme rada ne mogu pomicati, efikasno zaštićuju u slučaju rasprsnuća dijelova stroja ili materijala obrade. Onemogućuju radniku pristup u opasno područje za vrijeme tehnološkog procesa obrade materijala.

Materijali za izradu čvrstih (nepomičnih) zaštitnih naprava moraju biti visoke kvalitete, otporni na udarce, probijanja, tekućinu, toplinu i visoke temperature. Najčešći materijali i oblici od kojih se izrađuju čvrte zaštitne naprave su:

- konstriksijski čelični lim
- žičano pletivo s čeličnim okvirom
- prozirni plastični materijali
- lijevani čelik

Čvrste (nepomične) zaštitne naprave gotovo se uvijek primjenjuju za zaštićivanje mjesta na kojima se obavlja radna operacija rezanjem, probijanjem, odsijecanjem, obrada metala odvajanjem čestica, brušenje raznih elemenata i sl. Postavljaju se tako da ostane dovoljno mjesta za prolaz materijala koji se obrađuje, ali ne i rukama zbog ograničene visine otvora na zaštitnoj napravi. Čvrste (nepomične) zaštitne naprave

uglavnom se koriste na brusilicama, bušilicama, glodalicama, pilama i tokarilicama i prijenosnicima energije zupčanicima i remenskim prijenosima. Ako se čvrste (nepomične) zaštitne naprave moraju povremeno iz tehnološkog razloga skidati ili otvarati radi nadzora, ugradnje, izmjene alata, popravka ili čišćenja, stroj se mora isključiti od dovoda električne energije kako ne bi došlo do mehaničkih oštećenja uzrokovanih radom stroja ili krajnjom nepažnjom osobe koja radi na održavanju stroja.



Slika 3. Prikaz čvrsta zaštitna naprava sa žičanim pletivom s čeličnim okvirom na remenskom prijenosu snage

Izvor: <https://docplayer.gr/docs-images/87/95311855/images/30-2.jpg>

2.2.2. Zaštitne naprave za blokiranje

Za razliku od čvrstih zaštitnih naprava gdje je zaštitna naprava nepomična, štitnik je dio stroja koji se ne pomiče i na taj način štiti radnika, zaštitne naprave za blokiranje su pomične, ali blokiraju rad stroja sve dok zaštitne naprave nisu postavljene na njima predviđeno mjesto tijekom rada. Time se omogućuje lakša obrada i namještanje alata na predmetu obrade, a opet je onemogućen rad stroja dok se zaštitna naprava ne postavi na predviđeno mjesto.

Zaštitne naprave za blokiranje moraju:

- ostati što je duže moguće pričvršćene na stroj kada je otvoren
- biti konstruirane i izrađene na način da se mogu podesiti isključivo namjernom radnjom⁴

Zaštitne naprave za blokiranje dijelimo u dvije podskupine:

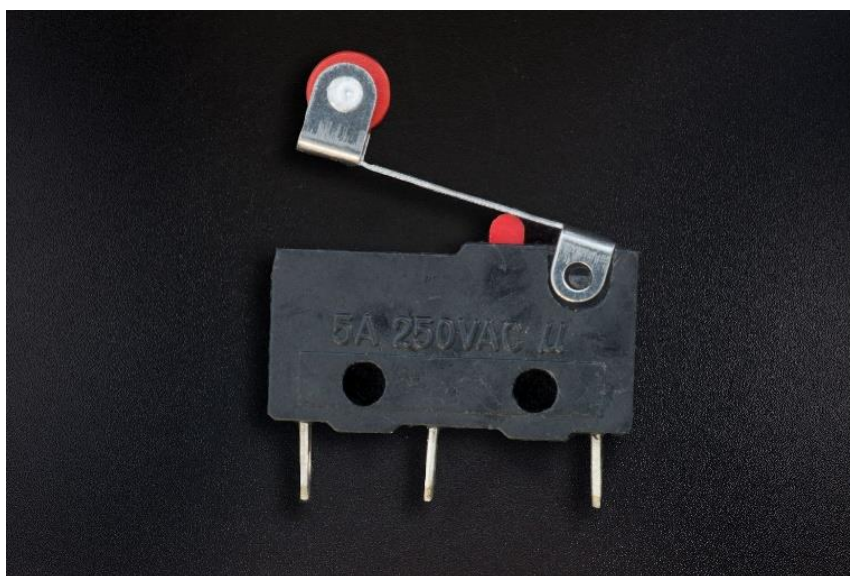
- pomične zaštitne naprave
- elektronička instalacija sa fotočelijom

⁴ Pravilnik o sigurnosti strojeva (NN 28/2011)

2.2.2.1. Pomične zaštitne naprave

Pomične zaštitne naprave (moguće ih je pomicati) su štitnici, zaštitne mreže, poklopci, zaštitni lim, PVC zaštite, zaštitna vrata na stroju i dr.. Pomične zaštitne naprave blokiraju rad stroja sve dok zaštitna naprava ne bude postavljena na nultu poziciju, odnosno sve dok mikroprekidač ne bude zatvoren.

Kao primjer može se navesti vrata na CNC stroju koja imaju ugrađen mikroprekidač. Sve dok su vrata CNC stroja otvorena mikroprekidač ne dozvoljava pokretanje CNC stroja, kada se vrata zatvore, stroj se može pokrenuti.



Slika 4. Mikroprekidač koji se ugrađuje na nepomični dio stroja, kada na njega dođe pomična zaštitna naprava stroj radi, kada je nema i mikroprekidač je otvoren kao na slici odnosno stroj ne radi

Izvor: <https://e-radionica.com/hr/mikroprekidac-kw12-3.html>

2.2.2.2. Električna instalacija fotoćelijama

Fotoćelije se danas vrlo često primjenjuju kao zaštitna naprava za blokiranje. Rade na principu fotoelektričnih zraka u nekoliko razina koje se nalaze ispred opasnog područja stroja. Kada se fotoelektrična zraka prekine, rad stroja se automatski zaustavlja. Dovoljno da je samo jedan snop fotoelektričnih zraka prekinut tj. postaviti prepreku između zrake i stroj automatski uključuje uređaj za kočenje i zaustavljanje stroja. Fotoelektrične zrake su nevidljive golim okom.

Fotoćelije se postavljaju u nekoliko razina, ovisno o radnom prostoru stroja i vrsti obrade. Fotoelektrične zrake postavljaju se na maloj udaljenosti jedna od druge kako se ne bi moglo manipulirati zaštitnom napravom, tj. gurnuti ruku ili neki predmet u opasno područje stroja i samim time izazvati ozlijeđe.

Problem kod električnih instalacija fotoćelijama je njihova cijena i nemogućnost postavljanja na svaki stroj ili uređaj. PIR zaštitna naprava bi bila relativno slična fotoćelijama i spadala bi u zaštitnu napravu za blokiranje.



Slika 5. Fotoćelija koja se ugrađuje na stroj ispred opasnog mjesta obrade, kada radnik uđe dijelom tijela u obradni dio, stroj staje sa radom

Izvor: [https://media.icdn.hu/product/GalleryMod/2017-](https://media.icdn.hu/product/GalleryMod/2017-01/383403/resp/740833_alean_abe_150_fotoelektromos_infratorompo.jpg)

[01/383403/resp/740833_alean_abe_150_fotoelektromos_infratorompo.jpg](https://media.icdn.hu/product/GalleryMod/2017-01/383403/resp/740833_alean_abe_150_fotoelektromos_infratorompo.jpg)

2.2.3. Automatske zaštitne naprave

Automatske zaštitne naprave koriste se onda kada je nemoguće ugraditi čvrste (nepomične) zaštitne naprave i pomične zaštitne naprave, a električna instalacija s fotoćelijama stvara velike materijalne izdatke za ugradnju. Automatske zaštitne naprave onemogućuju da ruke radnika ostanu u opasnom području dok se stroj nalazi u pogonu i to na način da ih uklanja ili izvlači van opasnog područja. Djeluju neovisno o uređaju za stavljanje stroja u pokret, ponavljajući svoje zaštitno djelovanje tako dugo dok stroj radi, jer zaštitnu napravu preko poluga pokreće stroj kojeg ona štiti. Sustav automatske zaštitne naprave primjenjuje se na sporijim strojevima kako ne bi brzim kretanjem ozlijedile ruke radnika.

Automatske zaštitne naprave potrebno je podešavati za svakog radnika posebno, jer efikasnost zaštitne naprave ovisi o individualnim osobinama pojedinaca (dužina ruke, prstiju). U protivnom bi neki radnici mogli biti ozlijeđeni zbog nepodešenosti zaštitne naprave za individualne potrebe.

2.2.4. Uređaj za daljinsko upravljanje

Uređaji za daljinsko upravljanje koriste se samostalno ili u kombinaciji sa zaštitnim napravama. Teoretski ne spadaju u zaštitne naprave, ali se ipak moraju spomenuti jer se u praksi mnogo primjenjuju, a često su učinkovitiji od zaštitnih naprava. Uređaji za daljinsko upravljanje upotrebljavaju se samo na dovoljno brzim strojevima, koji nakon puštanja u rad tako brzo izvrše radni ciklus da radnik ne dopije rukama ući u opasno područje. Donja granica brzine rada stroja smatra se 100 radnih ciklusa u minuti. Primjer uređaja za daljinsko upravljanje je dvoručni sustav za pokretanje. Stroj sa dvoručnim sustavom za pokretanje može se pokrenuti samo kada se istodobno pritisnu obje poluge za pokretanje, tako da su ruke za vrijeme radnog hoda zauzete i ne mogu ući u opasno područje. U slučaju da se jedna ruka makne sa poluge za pokretanje, stroj se gasi i nije u funkciji.

Radna oprema mora imati uređaj za daljinsko upravljanje:

- ako se radi o opremi sa opasnim toplinskim zračenjem
- ako se radi o opremi sa opasnim zračenjem (otvoreni i zatvoreni izvori ionizirajućeg zračenja, optičko zračenje)
- ako se radi o opremi koja proizvodi buku iznad dopuštene razine
- ako se radi o opremi u kojoj se razvijaju i/ili osobađaju tvari s jakim otrovnim djelovanjem (plinovi, pare, aerosoli)
- ako se radi o specijalnoj opremi kod koje se s daljinskim upravljanjem može postići bolja preglednost rada i time veća sigurnost radnika

Upravljački elementi kod daljinskog upravljanja moraju biti tako postavljeni i izvedeni da su osigurani od slučajnog aktiviranja.

Danas se sve češće koristi daljinsko upravljanje strojeva, česta je primjena kod dizalica i robota u proizvodnji. U zadnjih deset godina se pojavljuju i strojevi spojeni na internet kojima se može upravljati pomoću mobilnih aplikacija



Slika 6. Upravljačka jedinica daljinskog upravljanja na dizalici

Izvor: https://hoistec.hr/media/filer_public/a7/57/a7572166-5980-4788-9994-82a9dead6a8d/aburemote_button.jpg

3. PRAKTIČNI DIO

3.1. PIR zaštitna naprava

PIR zaštitna naprava je u ideji zaštitna naprava koja bi imala svrhu blokiranja rada stroja dok se u opasnom (radnom) prostoru stroja nalazi ruka ili bilo koji dio tjela radnika. U načelu bi imala 90% sličnosti u funkciji sa električkom instalacijom fotoćelijama, ali bi bila višestruko jeftinija i jednostavnija za postavljanje. Također bi se lako ugrađivala na strojeve starije generacije.

Princip rada je isti kao kod električne instalacije fotoćelijom, postavljen je PIR senzor pokreta ispred radnog potencijalno opasnog prostora stroja. Ulaskom ruke u opasni radni prostor senzor reagira i signal šalje u obradu na upravljačku jedinicu (Arduino) obradna jedinica šalje električni signal u mA na relej (elektromagnetski prekidač) koji prekida dovod električne energije na pogonski dio stroja i stroj staje sa radom sve dok se ruka ne ukloni iz radnog (opasnog) prostora stroja i sve dok se ne resetira relej u početni položaj kada propušta električnu energiju te stroj može nastaviti sa radnjom.

Glavna prednost PIR zaštitne naprave je njezina cijena, ukupni trošak komponenti bi bio oko 200kn, uz dodatnu cijenu proizvodnje od 100kn i cijenu montaže cijena ne bi prelazila 500kn što je nekoliko puta jeftinije od fotoćelija.

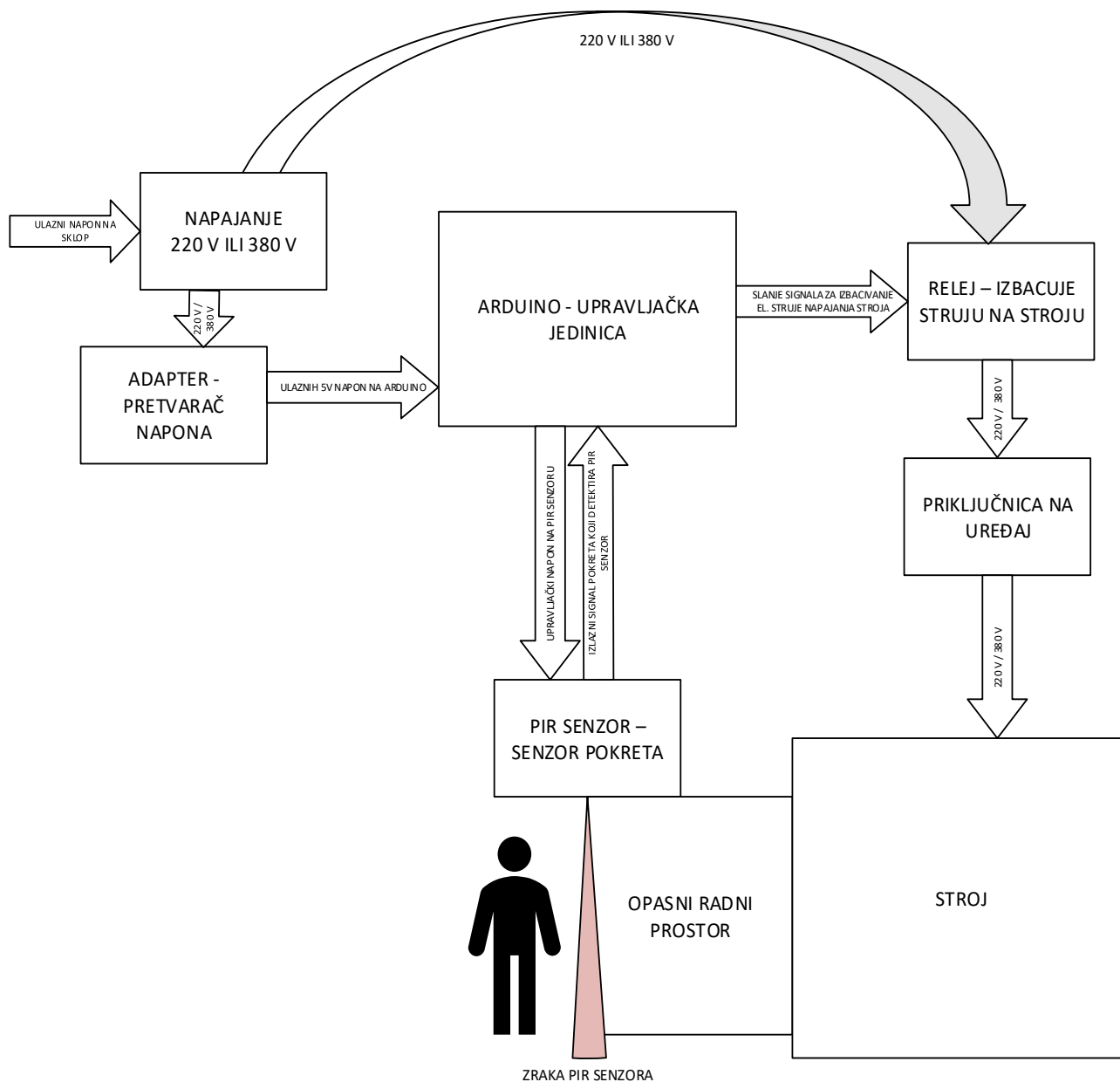
3.2. Sastavni dijelovi i shematski prikaz

Nakon dobivanja ideje PIR zaštitne naprave, trebalo je istu ideju razraditi. Prva ideja je bila kako bi PIR senzor bilo moguće isprogramirati da prepozna svaku razliku u temperaturi, ali to nije jednostavno moguće je bi to onda bila infracrvena (IC) kamera, a ne senzor. Iduća ideja je bila isprogramirati PIR senzor da reagira na samo jednu temperaturu koju prepoznaje, što također nije moguće. Time bi se postiglo da PIR senzor reagira samo na temperaturu čovjeka i ne bi zaustavljao rad stroja kada bi u opasan prostor ušao neki drugi predmet. To bi predstavljalo ogromnu prednost i veće mogućnosti primjene.

Samom raspravom i proučavanjem donešen je zaključak kako trenutno nije mogućnost razvoja bolje zaštitne naprave od fotoćelijske koja također radi na principu IC zrake, samo sama PIR zaštitna naprava koju ovaj rad obrađuje bi bila višestruko jednostavnija, jeftinija i lakša za montažu čak i na strojeve starije generacije koji nisu imali ugrađene zaštitne naprave.

Konzultiranjem i razmatranjem došlo je do razvijanja zaštitne naprave i do zaključka kako bi se za zaštitnu napravu koristio obični PIR senzor pokreta koji bi detektirao pokret unutar radnog prostora, relej koji bi izbacivao struju jedne ili tri faze stroja i time zaustavljao rad istog, i arduino upravljačka pločica koja bi upravljala signalima koje bi PIR senzor slao i koja bi slala signal na relej koji bi izbacivao struju faze.

Popisa dijelova koji je razvojem utvrđen: PIR senzor, arduino upravljačka pločica, relej, napajanje cijelog sustava, tipkalo, signalne lampice, utičnice stroja i kućište stroja.



Slika 7. Shematski prikaz sklopa i princip rada PIR zaštitne naprave

Izvorno autor

3.2.1. PIR senzor

Danas je PIR senzor najpoznatiji kao zaštitna naprava protiv pljački ili detekciju pokreta u nekom čuvanom ili nečuvanom prostoru. Često ga se ugrađuje kao senzor pokreta kod paljenja raznih rasvjetnih tijela ili kao senzor za otvaranje vrata na automatski pogon. U većini slučajeva je integriran u uređaj koji obavlja neki zadatak kao naprimjer paljenje alarma, aktivacija upozorenja, otvaranje vrata (pokretanje motora vrata) i paljenje svjetla. U slučaju ovog rada potrebno je razmotriti trebamo obrnutu radnju gdje se zaustavlja rad stroja i odnosno prekid napajanja na stroju.

PIR sezor pokreta je osnovna komponenta PIR zaštitne naprave. Puni naziv PIR senzora je Pasivni infracrveni senzor. Značenje riječi pasivni u nazivu predstavlja način funkcioniranja, jer PIR senzor ne odašilje nikakvu energiju kako bi detektirao pokret, nego samo detektira temperaturnu energiju u nekom objektu koji se nalazi u vidnom polju senzora. Riječ infracrveni predstavlja način funkcioniranja, odnosno senzor detektira infracrveno zračenje (toplinsku energiju objekta). Dakle, PIR senzor je elektronički senzor koji mjeri, odnosno detektira infracrvenu svjetlost kojom zrači objekt koji mu se nalazi u vidnome polju. PIR senzori se koriste u skoro svim detektorima pokreta, u javnim i čuvanim objektima, te su jedna od najjeftinijih i najčešćih komponenti u sustavima zaštite, također PIR senzore koristimo i kao senzore pokreta koji upravljaju rasvjetnim tjelima gdje nije potrebna stalna rasvjeta prostora.

PIR senzor ne detektira tko ili što je u prostoru nego samo detektira ulazak nepoznatog objekta u vidno polje senzora.

Svi objekti osim onih koji nemaju temperaturu apsolutne nule odašilju infracrvenu energiju. Budući na Zemlji ne postoji apsolutna nula ili ju čovječanstvo još nije otkrilo može se reći kako svi objekti na planetu Zemlji odašilju neku infracrvenu energiju. PIR senzor je osmišljen na način da detektira infracrvenu energiju vidnog polja senzora, međutim u trenutku kad u vidno polje uđe objekt različite infracrvene energije senzor detektira promjenu i šalje impuls promjene na neki procesor na obradu.⁵

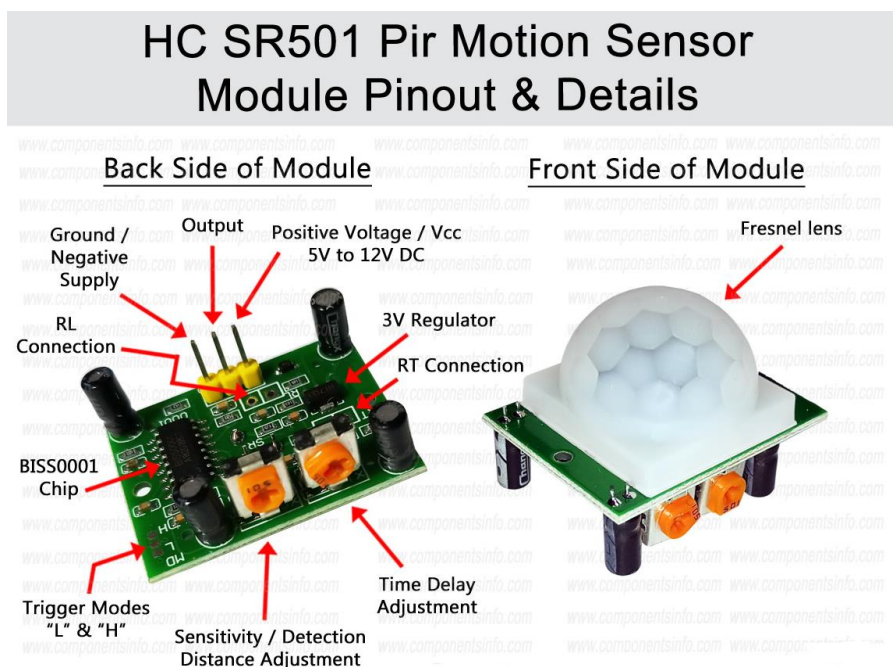
Većina PIR senzora u trenutku kada detektira pokret šalje signal na obradu procesoru koji u tom trenutku pali svjetlo ili aktivira alarm. U ovom radu kada se radi o PIR zaštitnoj, napravi senzor bi trebao poslati signal koji bi gasio stroj, zato ga je trebalo koristiti na obrnuti način rada.

⁵ https://en.wikipedia.org/wiki/Passive_infrared_sensor

Senzor koji je korišten u ovom radu je TIP: HC—SR501

Karakteristike senzora su:

- Rad na istosmjernoj struji napona 4,5 – 20V
- Doseg osjetljivosti senzora: do 7m
- Izlazni signal: 0V -3,3V
- Širina vidnog polja senzora 120°
- Potenciometar kojim se regulira osjetljivost senzora
- Potenciometar za vrijeme čekanja nove reakcije: 0,3 – 18,0 sec
- Vrijeme reagiranja senzora: 0,2 sec
- Dimenzije senzora: 26mm x 32mm x 10mm
- Senzor ima tri priključnice: priključnica 5V napajanjae senzora, priključnica uzemljena odnosno 0V, i priključnica kojom senzor odašilje signal na arduino uređaj
- Dva moda rada koje se regulira jumperom (prebacivačem)
- Cijena senzora je 1,45 dolara što je oko 10 kn sa ostalim troškovima

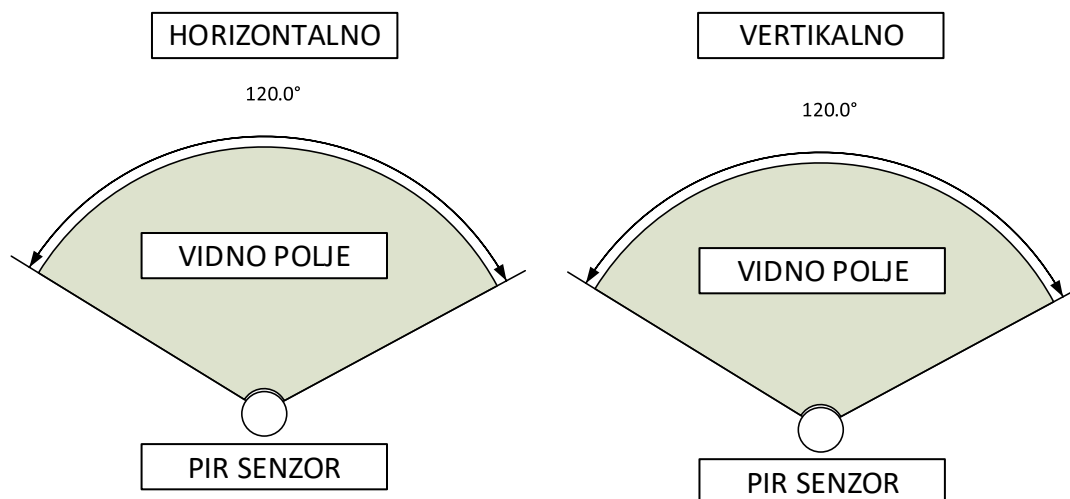


Slika 8. Prikaz senzora korištenog u izradi PIR zaštitne naprave

Izvor: <https://www.componentsinfo.com/wp-content/uploads/2020/04/hc-sr501-pir-sensor-module-pinout.jpg>

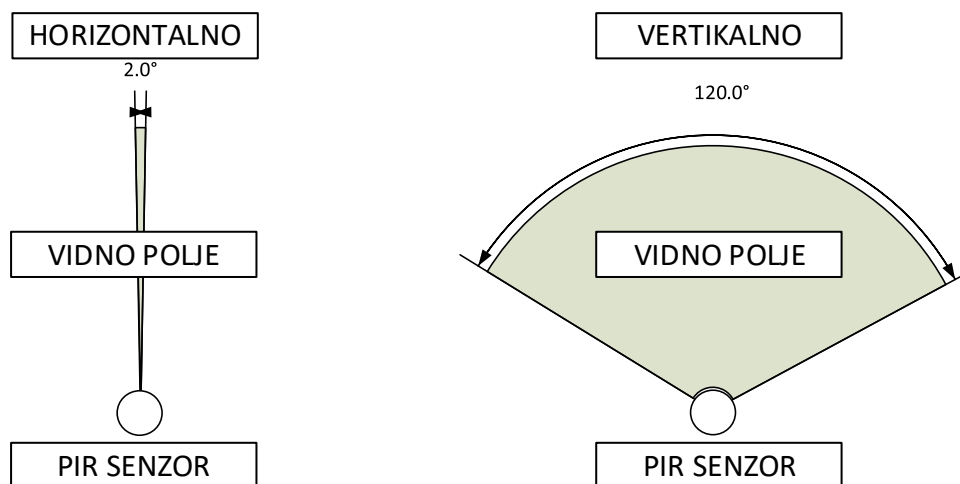
Kao što je prikazano u tehničkim karakteristikama PIR senzora, kut odnosno širina vidnog polja senzora, zahvaljujući fresnelovoj leći je 120° (kao što vidimo na slici 9.). Zavisí od mjesta primjene i specifikacija stroja, ali načešće bi trebalo vidno polje koje je nalik zraki ili zavjesi. Zbog toga je senzor potrebno fizički onemogućiti da pokriva veći kut od 120° jer bi pod tim kutom lovio pokrete radnika na stroju koji nisu u opasnosti od radnog prostora stroja ili pokretnog dijela stroja koji nisu vezani za utjecaj na sigurnost radnika na stroju. U slučaju da se to ne napravi, stroj bi se prilikom svakog pokretanja stroja ili pokreta radnika zautavljao čime bi bilo onemogućeno njegovo djelovanje, što bi rezultiralo nemogućnosti obavljanja radnih operacija. Način na koji je to riješeno je skidanje kupole fresnelove leće i ugradnja fizički cijevne, po mogućnosti termalno otporne barijere, koji bi sužavao zraku senzora na što manji kut ($2-4^\circ$). U slučaju kada je potrebno zavjesa zatvara samo dvije strane senzora (kao što vidimo na slici 10.), a u slučaju kada je potrebna zraku u obliku linije koja se prekida zatvaraju se sve četiri strane (kao što vidimo na slici 11.), odnosno kružno oko senzora.

Maksimalni domet zrake je 7m, što bi značilo da PIR zaštitna naprava ne može štiti radnika na obradnom mjestu stroja duljem od maksimalno 7m (primjer stroja: dugačke strojne škare za lim, dugačke savijačice lima, itd.)



Slika 9. Prikaz vidnog polja senzora sa fresnelovom lećom

Izvorno autor



Slika 10. Prikaz vidnog polja senzora sa fresnelovom lećom kada fizički ograničen snop po vertikali (sigurnosna zavjesa za detekciju pokreta)

Izvorno autor



Slika 11. Prikaz vidnog polja senzora bez fresnelove leće i kada je snop ograničen termalno otpornom barijerom (sigurnosna zraka za detekciju pokreta)

Izvorno autor

3.2.2 Arduino (PIC processor)

PIC procesori su upravljačke jedinice koje su isprogramirane kako bi upravljale sensorima i motorima nekog uređaja, odnosno kako bi upravljale automatskim ili poluautomatskim procesima nekog uređaja. PIR zaštitna naprava je uređaj i ima PIR senzor pokreta kao ulaznu jedinicu koja daje signal kao ulaz, a isto tako ima relej kao izlaznu jedinicu, koji prekida dovod struje na stroj. Zbog ulazne i izlazne jedinice, PIR zaštitnoj napravi je potreban PIC procesor koji će raditi kado upravljačka jedinica.

Zbog jednostavnosti, dostupnosti, cijene, mogućnosti mijenjanja programskog koda i dodavanja zadataka, izabrana je Arduino upravljačka jedinica kao pozdan PIC procesor na upravljačkoj jedinici. Prednost arduina je i njegova softverska platforma koja je besplatna i dostupna svima za preuzeti na internetu i cijena.

3.2.2.1. Tehničke specifikacije Arduino upravljačke jedinice

Tehničke karakteristike Arduino upravljačke jedinice su sljedeće:

- Radni, odnosno operacijski napon – 5V
- Preporučeni ulazni napon – 7-12V
- Minimalni ulazni napon – 6V
- Maksimalni ulazni napon – 20V
- Mogućnost digitalnih ulaza/izlaza – 14 ulaza od kojih se 6 može koristiti kao upravljački izlazi (5V izlazi)
- Mogućnost analognih ulaza – 6 ulaza
- Jakost stuje signala – 50mA
- Napon signala – 3,3V
- Memorija – 32 KB
- Radna memorija – 2 KB
- Masa Arduina – 25g⁶



Slika 12. Vizualni prikaz Arduino upravljačke jedinice

Izvorno autor

⁶ <https://hr.wikipedia.org/wiki/Arduino>

3.2.2.2. Opis spajanja Arduino upravljačke jedinice sa ostalim komponentama

Arduino upravljačku jedinicu smatramo „mozgom“ uređaja i sve komponente trebaju biti spojene na njega pomoću priključka za napajanje ili pomoću ulaznih i izlaznih priključnica zvanih PIN-ovi. Sama PIR zaštitna naprava sadrži po jednu ulaznu jedinicu (PIR senzor), jednu izlaznu jedinicu (releji), jednu upravljačku jedinicu (tipka za ponovno pokretanje stroja odnosno reset operacije zaustavljanja koju je izvršio arduino i dvije signalizacijske jedinice uključenosti/isključenosti releja, odnosno naponskog ili beznaponskog stanja na stroju.

Opis spajanja pojedinih komponenti PIR zaštitne naprave na Arduino.

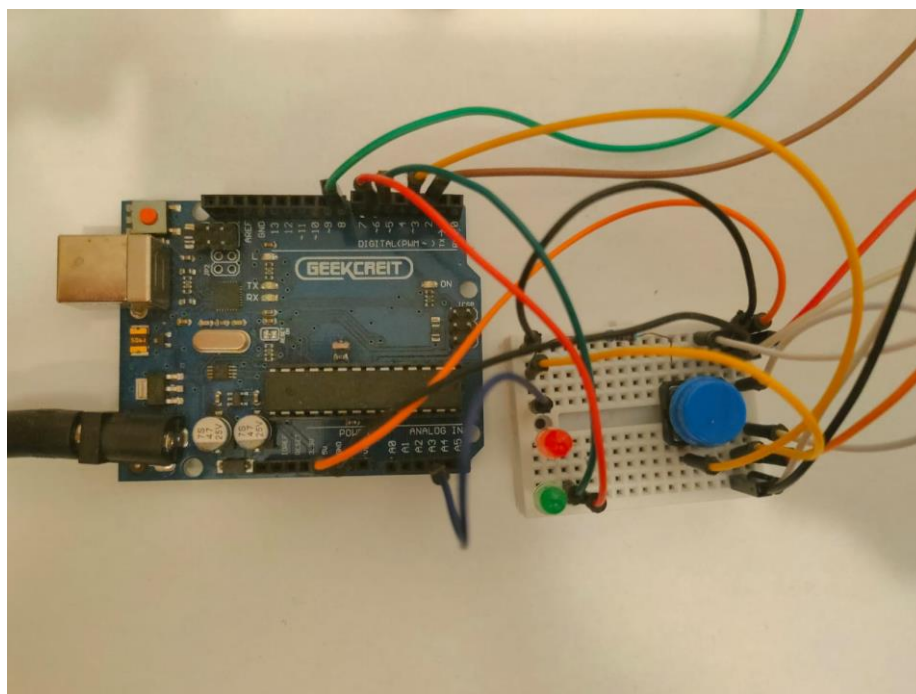
PIR senzor – sadrži tri PIN-a. PIN označen sa GND (uzemljenje) na PIR senzoru se spaja na PIN označen sa GND (uzemljenje) na pločici Arduina i služi za uzemljenje PIR senzora. PIN označen sa VCC na PIR senzoru spaja se na PIN označen sa 5V na Arduinu i služi kao napajanje za rad PIR senzora. PIN označen sa OUT na PIR senzoru spaja se na digitalni PIN rednog broja 2 i služi kao izlazna jedinica kojom se šalje informacija koje PIR senzor zabilježava, a Arduino pomoću tih informacija isključuje ili ostavlja u stanju uključenosti releji.

RELEJ – također sadrži 3 PIN-a. PIN označen sa GND (uzemljenje) na releju se spaja na PIN označen sa GND (uzemljenje) na pločici Arduina i služi za uzemljenje samog releja. PIN označen sa VCC na releju spaja se na PIN označen sa 5V na Arduinu i služi kao napajanje za rad releja (uključivanje i isključivanje releja). PIN označen sa IN1 na releju služi kao ulazni PIN. Spojen je na digitalni PIN rednog broja 8 na Arduinu i pomoću tog PIN-a arduino izbacuje odnosno pokreće relej u stanje izbacivanja i gasi rad stroj.

Upravljačka jedinica (tipkalo) – spojeno je na digitalni PIN rednog broja 3 na Arduinu i na PIN oznake 5V, te na analogni priključak rednog broja A3 na Arduinu. Pomoću tih PIN-ova može se ponovno relej postaviti u stanje uključenosti napona.

Signalne lampice : zelena (uključena struja na releju) ,zelena signalna lampica spojena je na na PIN rednog broja 5 na Arduinu i na analogni PIN rednog broja A3 na Arduinu. Pomoću tih PIN-ova Arduino upravlja paljenjem i gašenjem lampica

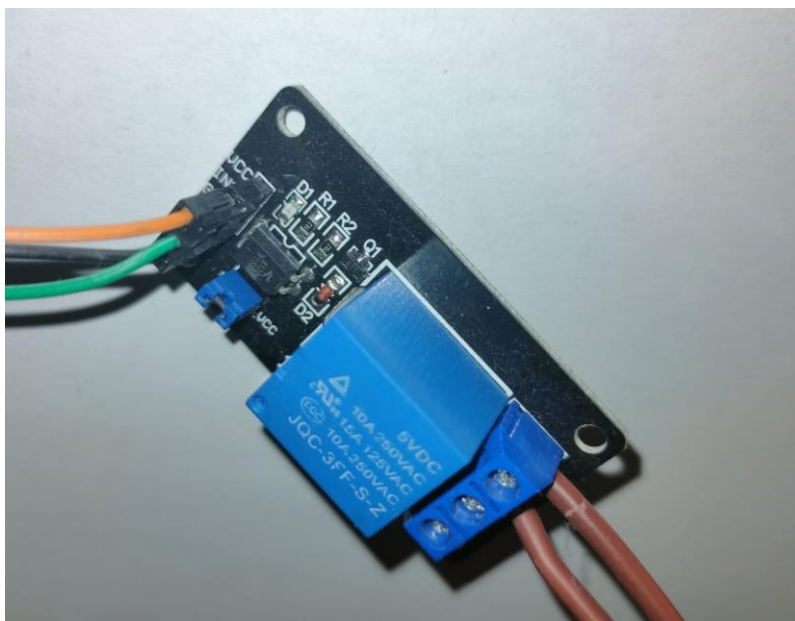
Signalne lampice : crvena (isključena struja na releju) ,crvena signalna lampica spojena je na na PIN rednog broja 6 na aArduinu i na analogni PIN rednog broja A3 na Arduinu. Pomoću tih PIN-ova Arduino upravlja paljenjem i gašenjem lampica



Slika 13. Vizualni prikaz priključnica na Arduino upravljačku jedinicu
Izvorno autor

3.2.3.RELEJ

Razvojem PIR zaštitne naprave nastojalo se postići najjednostavnije gašenje stroja kada u opasni radni prostor stroja uđe dio tijela radnika. Bilo kakvo mehaničko gašenje struje stroja nije dolazilo u obzir jer je sporo i nepouzadano. Jedino pravo rješenje je bio relej. Relej je vrsta prekidača čije je stanje (uključeno ili isključeno) upravljano električnim nabojem, ta činjenica omogućuje isključivanje i uključivanje releja pomoću Arduino upravljačke jedinice. Relej je odabran kao idealno rješenje za PIR zaštitnu napravu jer je prekidač digitalnog, a ne mehaničkog tipa i ima iznimno brzu reakciju isključenja stroja, odnosno struje na stroju.



Slika 14. Prikaz jednofaznog releja korištenog u izradi PIR zaštitne naprave
Izvorno autor

3.2.3.1.Izbor releja i tehničke specifikacije

Bitnu ulogu kod izbora releja ima snaga stroja odnosno jakost struje koju imaju osigurači tog stroja.

Prva podjela kod izbora releja je utvrđivanje koliko strujnih faza koristi stroj. Ako stroj koji radi samo na jednoj fazi odnosno pomoću jednofazne (monofazne) struje, tada se koristi jednofazni relej (to bi uglavnom bili manji strojevi slabije snage). U slučaju da stroj koristi trofazni priključak (stroj radi pomoću tri faze), tada se obavezno na PIR zaštitnu napravu mor ugraditi trofazni relej. Bitno je da se svaka faza stroja spaja na zaseban dio releja namijenjen za pojedinu fazu. U slučaju da se ne spoje sve tri faze

na relej ili da se spoji jednu, a dvije faze ne, može se dogoditi da stroj nastavi raditi unatoč prekidu jedne faze i time ozljedi radnika.

Kada je utvrđeno na koliko faza stroj radi odnosno je li je jednofazni ili trofazni odabire se snaga releja. Snaga se određuje pomoću uputstva proizvođača koji određuje osigurače na kojima stroj mora raditi. Jakost struje koju relej mora izdržati mora biti jednaka ili veća nego jakost struje osigurača kako ne bi došlo do isključenja struje na releju a samim time i na stroju.

Treća stavka kod ugradnje releja je mogućnost ugradnje PIR zaštitne naprave na složenijim linijama koje obuhvaćaju više strojeva. Tada ne bi bilo loše da se na svakom stroju u liniji ugradi relej koji bi bio povezan sa PIR zaštitnim napravama ugrađenim na toj liniji kako ne bi došlo do djelomičnog rada linije, što također može prouzročiti ozljedu, materijalnu štetu, nakupljanje ili prosipanje poluproizvoda te linije i drugih opasnosti i rizika.

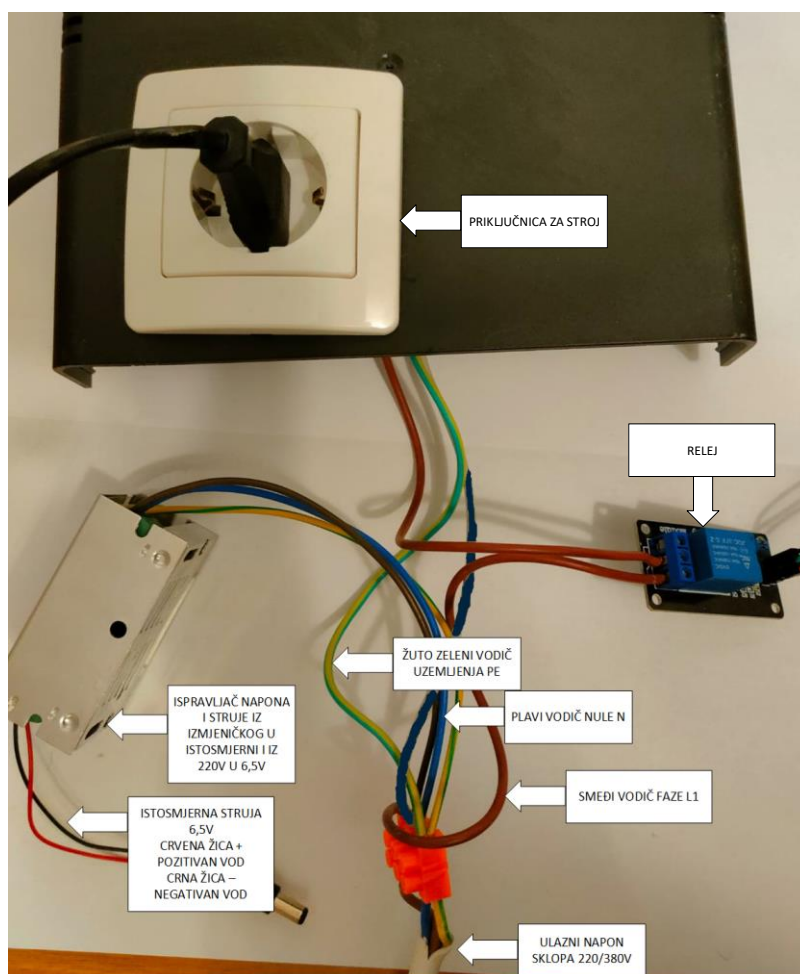
3.2.4 –Tipkalo

Kada je PIR senzor prepoznao pokret u opasnom radnom prostoru stroja za vrijeme rada stroja, relej prekida napajanje na stroju i zaustavljanja stroj. Javlja se problem ponovnog pokretanja. Potrebno je osigurati radnju koja će „javiti“ arduino upravljačkoj jedinici da vrati relej u početni položaj a PIR senzor vrati u stanje detektiranja pokreta. Najjednostavnije i najjeftinije i opće poznato za upotrebu je ugradnja tipkala. Kod ugradnje tipkala treba se obratiti pozornost na raspored priključnica tipkala i isprogramirati da kada se stisne tipka tipkala (RESET), da se relej vraća u početni položaj, odnosno vraća napon potreban za rad stroja, a PIR senzor ponovno u stanje pripravnosti, odnosno detekciju pokreta. Treba napomenuti kod strojeva novije generacije, poput CNC obradnih strojeva ili strojeva sa složenim radnim operacijama, treba napraviti mogućnost prekida trenutne radnje, nakon čega bi se stroj nulirao(vratio u početni položaj) i opet vratio u položaj gdje je stao sa operacijom. CNC strojevi su često oklopljeni i mjesto obrade je fizički odijeljeno od mjesta rada tako da niti nema potrebe za korištenje PIR zaštitne naprave. Na svim strojevima koji posjeduju upravljačku jedinicu, računalo, LCD ekran bi trebalo odvojiti isključenje struje prilikom aktiviranja PIR zaštitne naprave na pogonu stroja i navedenih elemenata.

3.2.5 Napajanje

PIR zaštitna naprava je elektronički sklop kojem je potrebna istosmjerna struja do napona od 20V. Zbog toga PIR zaštitna naprava treba sadržavati ispravljač napona koji pretvara ulazni napon od 220V na napon manji od 20V, tako treba izmjeničnu struju mreže pretvoriti u istosmjernu. Strojevi uglavnom zahtijevaju napon od 220V ili 380V. Shodno tome, potrebno je ukomponirati stroj i njegovo isključenje sa PIR zaštitnom napravom kako bi sve funkcioniralo kako treba. U daljnjem tekstu biti će opisani postupci i radnje vezane za napajanje PIR zaštitne naprave.

Dolaznim vodom napona jednofaznog ili trofaznog, ali u našem ovom slučaju jednofaznog, razdvaja se faza L1 (smeđa ili crna žica), nula N (plava žica) i uzemljenje PE (žuto zelena žica). Od tog trenutka u slučaju jednofaznog stroja postoje šest žica (kao što vidimo na slici 15.) : dvije žice faze L1, dvije žice nule N i dvije žice zašitnog uzemljenja PE.



Slika 15. Prikaz napajanja sklopa i stroja
Izvorno autor

Na priključnicu u koju se uključuje stroj direktno se spaja jedan vodič nule N i jedan vodič uzemljenja PE, a vodič faze L1 priključuje u ulazni dio releja, te iz izlaznog dijela releja vodič faze L1 vodimo na priključnicu na koju uključujemo stroj. Druge tri žice faze L1, nule N i uzemljenja PE spajaju se na napajanje odnosno ispravljač napona koji pretvara izmjeničnu struju 220V iz mreže u istosmjernu struju od 6,5V koliko je minimalno potrebno za rad Arduino upravljačke jedinice i rad cijele PIR zaštitne naprave. Valja napomenuti kako PIR zaštitna naprava većinom radi sa impulsima i nema veliki zahtjev za snagom, tako da je dovoljno napajanje od 50W koje zauzima malo prostora.

3.2.6. Ostale komponente

Svaki elektronički sklop, pa tako i PIR zaštitna naprava sadrži i određeni broj elektroničkih komponenti koje bi regulirale rad sklopa ili omogućile funkcioniranje.

Od sitnijih komponenti treba navesti jedan otpornik i dvije LED diode (crvenu i zelenu). LED diode su ugrađene u PIR zaštitnu napravu kako bi se moglo i znati prepoznati je li je stroj u prekidu, odnosno isključenju struje ili u redovnom radu. Izbor boja LED dioda je bio logičan jer crvena predstavlja stanje isključenosti napajanja na stroju, odnosno struje i napona na releju, a zelena označava spremnost stroja za rad i rad stroja odnosno stanje uključenosti struje i napona na rejelu. LED diode su bitan segment PIR zaštitne naprave jer su informacijski izlazna vizualna jedinica PIR zaštitne naprave čime upozorava i obavješta radnika o stanju pripravnosti stroja.

Priključnica stroja. PIR zaštitna naprava koju ovaj rad opisuje je rađena kao ugradbena zaštitna naprava. Može se ugraditi na bilo koji stroj koji koristi jednofaznu struju i pomoću standardnog šuko utikača se stroj uključuje u nju. U načelu, to je obična utičnica na koju se spaja stroj i u kojoj nestaje struje u trenutku kada u opasni radni prostor stroja uđe dio tijela radnika i time prekine zraku PIR senzora, a relej isključuje struju. U slučaju trofaznog stroja potrebna je i trofazna priključnica prilagođena baš za taj stroj. Treba napomenuti da se PIR zaštitna naprava može i fiksno spajati na stroj. Tada bi ona bila sastavni dio stroja i integrirana u njega tako da bi priključnice bile izolirane u kućištu stroja, ne bi postojala opasnost od direktnog dodira za radnika sa vodičem.

U samom sklopovlju PIR zaštitne naprave nalazi se razvodna pločica koja služi kao najjednostavniji način spajanja komponenti. U slučaju kada bi PIR zaštitna naprava postala komercijalni proizvod razvila bi se fiksna pločica koju bi se lemilo i koja bi bila

čak i jeftinija, a puno kvalitetnija verzija gdje se ne bi moglo dogoditi isključenje priključnica ili bilo koji sličan problem.

Veza svih komponenti su tanki vodiči sa priključnicama. Njihove karakteristike moraju biti takve da mogu izdržati napon od 5V.

Bitna stvar na koju također treba obratiti pozornost je priključni kabel cijelog sklopa. Priključni kabel stroja nikada ne smije biti manji od priključnog voda stroja. Ako stroj sadrži jaču snagu i ima za to predviđenu debljinu priključnog voda, a dolazni vod na PIR zaštitnu napravu je manji, može doći do pregrijavanja vodiča PIR zaštitne naprave, što može rezultirati rastapanjem vodiča uzemljenja, a on je spojen na kućište stroja te zbog toga radnik na stroju može doći u opasnost od indirektnog dodira, što može prouzročiti katastrofalne posljedice, kao što je smrt zbog električnog udara. Zbog toga presjek dovodnog vodiča PIR zaštitne naprave mora uvijek biti veći ili jednak presjeku dovodnog vodiča stroja. Treba obratiti pozornost na vrstu vodiča, u većini slučajeva je bakreni vodič dobar izbor, ali nekada se koristi i aluminijski.

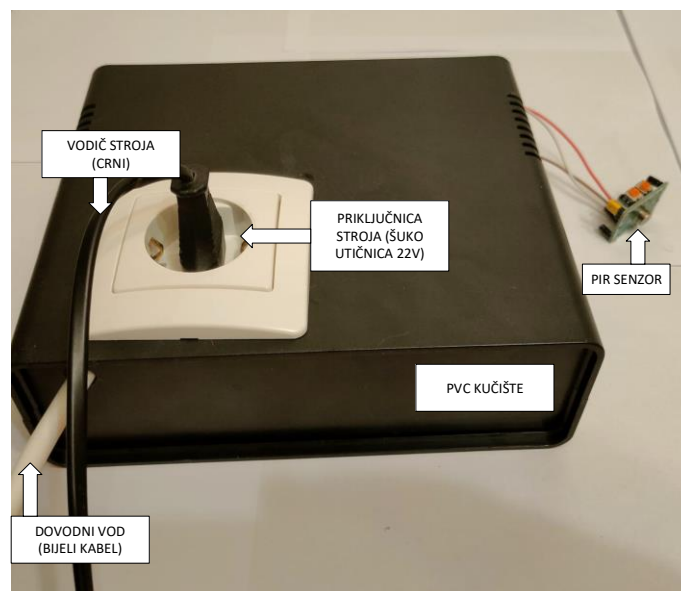
Tablica 1. Minimalni presjeci vodiča za određenu jakost struje (npr. ako imamo stroj koji ima osigurač od 20A minimalni presjek faznog vodiča mora biti 2,5mm²)

Izvor: https://3.bp.blogspot.com/_K23makPk3e4/TBhgrw7Vnpl/AAAAAAAAA-g/wPOWpEsLzBE/s1600/proracun_007.GIF

| Otpretnost kabela | | | | |
|-----------------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|----------------------------|
| Presjek mm² | Struja Cu (A) | Osigurač Cu (A) | Struja Al (A) | Osigurač Al (A) |
| 0,75 | 12 | 6 | | |
| 1 | 15 | 10 | | |
| 1,5 | 18 | 10 | | |
| 2,5 | 26 | 20 | 20 | 16 |
| 4 | 34 | 25 | 27 | 20 |
| 6 | 44 | 35 | 35 | 25 |
| 10 | 61 | 50 | 48 | 35 |
| 16 | 82 | 63 | 64 | 50 |
| 25 | 108 | 80 | 85 | 63 |
| 35 | 135 | 100 | 105 | 80 |
| 50 | 168 | 125 | 132 | 100 |
| 70 | 207 | 160 | 163 | 125 |
| 95 | 250 | 200 | 197 | 160 |
| 120 | 292 | 250 | 230 | 200 |
| 150 | 335 | 250 | 263 | 200 |
| 185 | 382 | 315 | 301 | 250 |
| 240 | 453 | 400 | 357 | 315 |
| 300 | 504 | 400 | 409 | 315 |

3.2.7. Kućište PIR zaštitne naprave

PIR zaštitna naprava sadrži četiri osnovne komponente: PIR senzor, Arduino upravljačka jedinica, relej, i razvodnu pločicu na kojoj se nalaze LED lampice i tipkalo. Uz četiri osnovne komponente tu je još i priključnica za stroj, dovodni vodič, te svi vodiči unutar zaštitne naprave. Kako bi sve komponente bile zaštićene od vanjskog utjecaja i kako ne bi došlo do razdvajanja komponenti iste su stavljene u kompaktno kućište. Dimenzije kućišta su određene dimenzijama komponenti kako bi sve fizički bile odvojene i osigurane od kratkog spoja, one iznose 200mm x 180mm x 70mm. U slučaju trofaznog stroja dimenzije bi trebale biti približno iste jer bi samo trebalo dodati prostor za tri releja i trofaznu utičnicu koja je nešto veća od jednofazne. Kao materijal kućišta je izabran PVC jer ne provodi struju i u slučaju proboja napona ne postoji opasnost od direktnog i indirektnog dodira. U nekom daljnjem razvoju svakako bi se razmišljalo i o IP zaštiti koja bi štitila PIR zaštitnu napravu od vanjskih utjecaja vlage i prašine te time dodatno osigurale radnika od mogućnosti indirektnog dodira dijela pod naponom (npr uslijed procesa u kojem sudjeluje voda). Jedina komponenta, osim dovodnog vodiča koja se ne nalazi u kućištu PIR zaštitne naprave je PIR senzor koji sadrži vlastito kućište i vodičem je spojen na PIR zaštitnu napravu (kao što vidimo na slici 16.). U serijskoj proizvodnji osiguralo bi se da PIR senzor bude zamjenjiv na mjestu postavljanja, radi jednostavnosti korištenja.



Slika 16. Prikaz gotovo izrađene PIR zaštitne naprave sa komponentama u PVC kućištu

Izvorno autor

3.3. Programiranje Arduino upravljačke jedinice (PIC procesora)

„Mozak“ PIR zaštitne naprave je Arduino upravljačka jedinica. Arduino upravljačka jedinica je zapravo PIC procesor koji obavlja programske funkcije i regulira rad releja, senzora, svjetlosne signalizacije, tipkala i svih ostalih komponenti u PIR zaštitnoj napravi.

Arduino PIC procesor je izabran iz razloga što je lako dostupan, sa relativno niskom cijenom, lako se spaja sa računalom, ima širok spektar mogućnosti i rad sa raznim vrstama senzora pa tako i PIR senzora te sadrži besplatnu programsku podršku (software). Programska podrška u kojoj je programirana Arduino upravljačka jedinica zove se Arduino IDE.

Međutim ne postoji programski jezik koji je određen za Arduino, jer je krajnji izvršni program u binarnom strojnom jeziku i sav rad pretvaranja iz programskog jezika u binarni kod vrši program prevoditelj (compiler).

U praksi mnogi programeri rabe integrirano programsko okruženje Arduino IDE, razvijeno za Arduino PIC procesore, koje je dostupno za mnoge operacijske sustave. Arduino IDE razvijen je u programskom jeziku Java, i izveden je iz prijašnjeg projekta za obradu programskih jezika te obradu užičenih platformi. Arduino IDE ima osnovne odlike obradnika znakova, s naglašavanjem sintakse nekog programskog jezika, usklađivanjem lijevih i desnih margina, preslikavanje i ljepljenje znakova, pretraga, zamjena i sl. Arduino IDE također posjeduje posebne prozorčiće koji prikazuju razne statuse i naredbene tipke za mnoge zajedničke funkcije, te niz izbornika.

3.3.1. Zadaci Arduino upravljačke jedinice u PIR zaštitnoj napravi

Gotovo svi elektronički sklopovi danas rade na principu signala, što bi značilo stanje ima napona ili stanje nema napona. Konkretno u ovom primjeru to znači da kada Arduino upravljačka jedinica šalje signal 5V napon na PIR senzor dobiva nazad povratnu informaciju signala (u obliku stanja 3,3V). U slučaju kada PIR senzor registrira pokret signal se prestane emitirati (stanje 0V) prema Arduino upravljačkoj jedinici, te u tom trenutku Arduino upravljačka jedinica pokreće isključenje struje na releju.

Zadaci Arduino upravljačke jedinice su sljedeći:

Primarni zadaci:

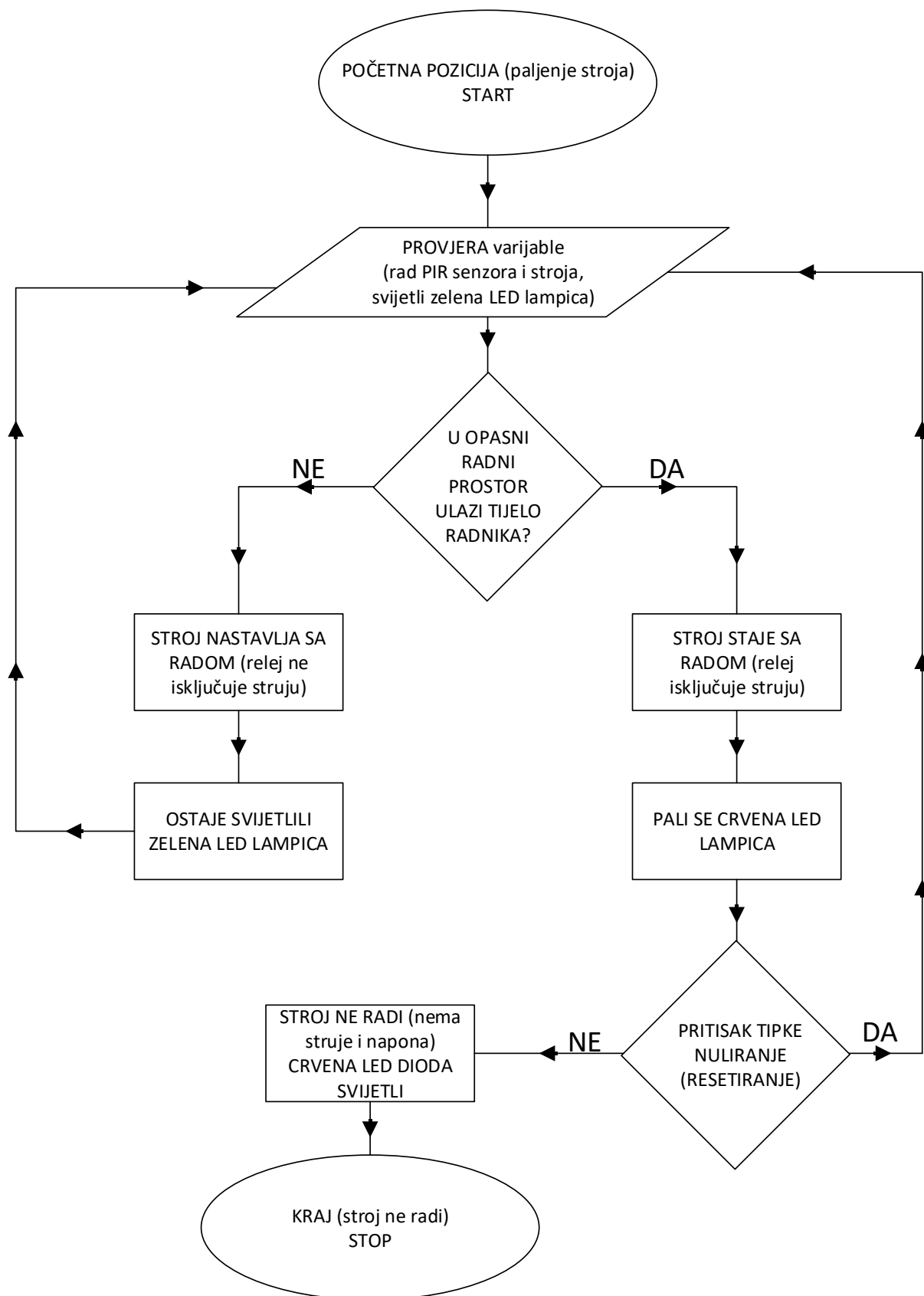
- napajanje PIR senzora i prikupljanje podataka u obliku signala o pokretu
- napajanje releja i isključenje struje na releju u trenutku detekcije pokreta na PIR senzoru

Sekundarni zadaci:

- radnik pritiskom tipke pokreće nuliranje (resetiranje) PIR zaštitne naprava, što obuhvaća ponovno pokretanje PIR senzora i vraćanje releja u stanje uključenosti struje i napona što rezultira pokretanjem stroja. Uz sve te operacije dolazi i do paljenja zelene LED lampice kao signalizacije stanja pripravnosti ili ponovnog pokretanja radne operacije
- u trenutku aktiviranja PIR senzora i isključenja struje aktivira se paljenje crvene LED lampice kao signalizacija stanja prekida rada.

Za uspješno i razumljivo programiranje zadataka koje mora obavljati Arduino upravljačka jedinica izrađen je blok dijagram u koji su upisane varijable i opisani programski zadaci.⁷ U daljnjem razvoju PIR zaštitne naprave blok dijagram bi bio veći, a što više varijabli je uneseno to je više varijanti i grananje programskog koda.

⁷ <https://e.udzbenik.hr/U/infPMG2/2p3pseudo.pdf>



Slika 17. Blok dijagram u kojem je opisano programsko funkcioniranje PIR zaštitne naprave

Izvorno autor

3.4. Programski kod

Kao što je navedeno u tekstu prije kao programsku podršku je izabran Arduino IDE, programska potpora koja radi u java-i programskom jeziku. Programski kod je vrlo jednostavan zbog niza manjih operacija koje Arduino upravljačka jedinica obavlja.⁸

Kao prvi dio programskog koda kod programiranja opisat će se uvođenje ulaznih varijabli pomoću funkcije „int“. Pomoću nje Arduino upravljačku jedinica „upoznaje“ se sa promjenjivim i nepromjenjivim varijablama.

```
// Relay pin is controlled with D8. The active wire is connected to Normally Closed and common
int relay = 8;
volatile byte relayState = LOW;

// PIR Motion Sensor is connected to D2.
int PIRInterrupt = 2;
const int buttonPin = 3;    // the number of the pushbutton pin
const int ledPin = 6;      // the number of the RED LED pin
const int ledPingreen = 5; // the number of the GREEN LED pin

int buttonState = 0;
```

Slika 18. Vizualni prikaz programskog koda

Izvorno autor

1. Red – unosi se promjenjiva varijabla releja na ulaznim digitalnim pinovima Arduino upravljačke jedinice na poziciji 8. Dakle upisuje se „int reley = 8;“ (pomoću tog pina Arduino upravljačka jedinica isključuje struju na releju)
2. Red – unosi se informacija kako je stanje releja promjenjivo te početno stanje LOW odnosno struja na releju je uključena „volatile byte relayState = LOW;“
3. Red – unosi se informacija o nazivu PIR senzora i mjesta gdje se priključuje digitalni pin 2 „// PIR Motion Sensor is connected to D2.“
4. Red – unosi se promjenjiva varijabla PIR senzora na ulaznim digitalnim pinovima Arduino upravljačke jedinice na poziciji 2. Dakle upisuje se „int PIRInterrupt = 2“ (na taj pin Arduino upravljačka jedinica dobiva informacije o pokretu od PIR senzora)
5. Red – unosi se konstantna varijabla tipkala na ulaznim digitalnim pinovima Arduino upravljačke jedinice na poziciji 3. Dakle upisuje se „const int buttonPin = 3; // the number of the pushbutton pin“

⁸ <https://www.arduino.cc/en/software>

6. Red – unosi se konstantna varijabla crvene LED lampice na ulaznim digitalnim pinovima Arduino upravljačke jedinice na poziciji 6. Dakle upisuje se „const int ledPin = 6; // the number of the RED LED pin“
7. Red – unosi se konstantna varijabla zelene LED lampice na ulaznim digitalnim pinovima Arduino upravljačke jedinice na poziciji 5. Dakle upisujemo „const int ledPingreen = 5; // the number of the GREEN LED pin“
8. Red – unosimo promjenjivu varijablu stanja tipkala „int buttonState = 0;“

```
void setup() {
  // Pin for relay module set as output
  pinMode(relay, OUTPUT);
  digitalWrite(relay, HIGH);
  // PIR motion sensor set as an input
  pinMode(PIRInterrupt, INPUT);

  pinMode(ledPin, OUTPUT);
  pinMode(ledPingreen, OUTPUT);
  pinMode(buttonPin, INPUT);
  digitalWrite(ledPingreen, HIGH);

  // Triggers detectMotion function on rising mode to turn the relay on, if the condition is met
  attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(PIRInterrupt), detectMotion, RISING);
  // Serial communication for debugging purposes
  Serial.begin(1000);
}
```

Slika 19. Vizualni prikaz programskog koda vezan uz varijable

Izvorno autor

U sljedećim redovima programskog koda zadano je jesu li zadaci iz pojedinih pinova Arduino upravljačke jedinice ulazni ili izlazni u vezi podataka, odnosno zadataka u obliku signala koje šalju. Tako se može vidjeti kako se na relej šalje izlazna „OUTPUT“ informacija u obliku signala (uključivanje i isključivanje struje na releju), npr na pinu PIR senzora je ulazni pin odnosno Arduino upravljačka jedinica prima „INPUT“ informaciju u obliku signala od PIR senzora. Također zadana su i početna „nulta“ uključenosti „HIGH“ stanja za relej i zelenu LED lampicu što označava stanje u trenutku početka rada PIR zaštitne naprave.

Dakle, ulazne jedinice su one koje su označene sa „INPUT“ u programskom kodu, a to su: PIR senzor i tipkalo, dok su izlazne jedinice označene sa „OUTPUT“, a to su relej, crvena LED lampica i zelena LED lampica, te zadana su početna stanja uključenosti označena sa „HIGH“ koja se odnose na uključenost struje i napona na releju i uključenost zelene LED lampice.


```

void detectMotion() {
  //Serial.println("Motion");
  if(relayState == LOW){
    digitalWrite(relay, LOW);
    digitalWrite(ledPin, HIGH);
    digitalWrite(ledPingreen, LOW);
  }
  //relayState = HIGH;
  //Serial.println("ON");
  //lastDebounceTime = millis();
}

void resetrelay()
{
  if(relayState == LOW){
    digitalWrite(relay, HIGH);
    digitalWrite(ledPin, LOW);
    digitalWrite(ledPingreen, HIGH);
  }
}

```

Slika 20. Vizualni prikaz programskog koda vezan uz detekciju pokreta i zadatke

Izvorno autor

Najvažniji dio programskog koda je prikazan na slici 19. tu su opisani zadaci koje Arduino upravljačka jedinica zadaje varijablama kako bi izvršile uspješno zadatak.

U trenutku kada PIR senzor detektira pokret Arduino upravljačka jedinica izvršava sljedeća tri zadatka:

1. Stavljanje releja u stanje isključenosti (isključenje struje i napona) programski kod „digitalWrite(relay, LOW);“
2. Stavljanje crvene LED lampice u stanje uključenosti (lampica svijetli) programski kod „digitalWrite(ledPin, HIGH);“
3. Stavljanje zelene LED lampice u stanje isključenosti (lampica se gasi) programski kod „digitalWrite(ledPingreen, LOW);“

U daljnjem programskom kodu zadaje se stanje koje je u trenutku kada se nulira (resetira) PIR zaštitna naprava, odnosno početno stanje tj. stanje uključenosti releja (uključenost struje i napona i stanje uključenosti zelene LED lampice).

U trenutku kada radnik pritisne tipku za nuliranje (resetiranje), tada Arduino upravljačka jedinica izvršava sljedeća tri zadatka:

1. Stavljanje releja u stanje uključenosti (uključenje struje i napona) programski kod „digitalWrite(relay, HIGH);“
2. Stavljanje crvene LED lampice u stanje isključenosti (lampica se gasi) programski kod „digitalWrite(ledPin, LOW);“
3. Stavljanje zelene LED lampice u stanje uključenosti (lampica svijetli) programski kod „digitalWrite(ledPingreen, HIGH);“

```

// Triggers detectMotion function on rising mode to turn the relay on, if the condition is met
attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(PIRInterrupt), detectMotion, RISING);
// Serial communication for debugging purposes
Serial.begin(10000);
}

void loop() {
// If 10 seconds have passed, the relay is turned off
//if((millis() - lastDebounceTime) > debounceDelay && relayState == HIGH){
//  digitalWrite(relay, HIGH);
//  relayState = LOW;
//  Serial.println("OFF");
//}
//delay(50);
buttonState = digitalRead(buttonPin);

// check if the pushbutton is pressed. If it is, the buttonState is HIGH:
if (buttonState == HIGH) {
  resetrelay();
}
}
}

```

Slika 21. Vizualni prikaz programskog koda vezan uz tipkalo

Izvorno autor

Posljedni dio programskog koda je programiranje tipkala za nuliranje (resetiranje). U tom dijelu potrebno je unijeti segmente stanja tipkala, te stanja ostalih segmenata prije pritiska tipkala (stanje isključenosti struje i napona na releju, stanje uključenosti crvene LED diode i isključenosti zelene LED diode) i segmente nakon pritiska tipkala (stanje uključenosti struje i napona na releju, stanje uključenosti zelene LED diode i stanje isključenosti crvene LED diode).

Postoji jedan segment programskog koda koji bi se kasnije probo izuzeti, a to je čekanje 10 sekundi do ponovnog uključenja struje i napona na releju. To se uvelo iz razloga što PIR senzor nije reagirao prvih 10 sekundi nakon ponovnog uključenja. Čekanjem 10 sekundi nakon pritiska tipke nuliranja (resetiranja) dobilo se vrijeme potrebno ovoj vrsti PIR senzora da se ponovno pokrene. Daljnji cilj je to ukloniti kako bi se odmah moglo nastaviti sa radom.

Izradom PIR zaštitne naprave došlo se do još mnogo drugih mogućnosti u programiranju iste. Tako je potrebno znati kako je moguće PIR zaštitnu napravu spojiti sa više PIR senzora ili sa više releja što bi omogućilo širi spektar primjene (proizvodne linije, veći i kompleksniji strojevi). Također bilo bi moguće isprogramirati uključenje kočnice ili kontra smjera na motoru stroja što bi bilo korisno kod strojeva poput preša i valjaka gdje bi automatski dolazilo do kontra radnje. Još jedna mogućnost kod programiranja PIR zaštitne naprave je ugradnja RFID čitača kartica koji bi omogućio rad radniku samo osposobljenom za rad na tom stroju. Tako radnik bez odgovarajuće

kartice nebi mogao upravljati strojem, a karticu bi dobivao samo radnik osposobljen za rad na datom stroju. Postavlja se mogućnost implementacije svih drugih zaštitnih naprava i raznih sezora na stroju koji ne bi utijekali samo na sigurnost radnika nego i na kvalitetu samog proizvoda.

3.5. Testiranje PIR zaštitne naprave

Završetkom izrade prototipa PIR zaštitne naprave, bilo je potrebno napraviti prve testove. Treba napomenuti da pravo testiranje i odobrenje za upotrebu bi trebala obaviti državna institucija namijenjena za to, odnosno neki institut ili akreditacijska institucija specijalizirana za taj dio posla ili proizvođač implementacijom PIR zaštitne naprave u neki stroj kao sastavni dio stroja.

Međutim to ne znači da ne treba napraviti pokusni test i probni rad.

Od testiranja je napravljeno mjerenje i ispitivanje ispravnosti ispravljača napona. Nakon što su spojene sve žice izmjeren je napon na ulazu ispravljača koji je iznosio 220V, što je napon mreže. Mjeren je napon na izlazu ispravljača napona i on je iznosio približno 6,5 V. Iako 6,5 V nije idealan napon za rad Arduino upravljačke jedinice, kasnijim probnim radom je utvrđeno kako je sasvim dovoljan za ispravan rad PIR zaštitne naprave. Također je izmjeren otpor uzemljenja na metalnom kućištu ispravljača napona i to ispitivanje je također zadovoljilo zahtjeve odnosno otpor je bio manji od 2Ω .

Još jedno mjerenje i ispitivanje vezano uz struju provedeno je na mjestu priključnice stroja. Mjerenje je uzemljenje na PE vodiču na priključnici za stroj. Mjerenje je pokazalo rezultat manji od 2Ω .⁹

Nakon električnih ispitivanja, testiranja je sama PIR zaštitna naprava odnosno probni rad. Prvi probni rad smo je proveden kod programiranja. Praktički, svaki dio programiranja se testirao sve dok se nije došlo do rezultata.

Za prvo testiranje nije se koristio stroj sa realnom opasnošću, nego testna lampa. Kada lampa svijetli to bi prikazivalo rad stroja, kada se ugasi, zastoje odnosno prekid rada.

Sva testiranja, problemi nastali testiranjem i rješenja :

⁹ ZIRS, Ispitivanje zaštite od direktnog i indirektnog dodira na oruđima za rad i električnik instalacijama, Egon Mileusić

1. Reakcija PIR senzora na pokrete koji se nalaze rubno u njegovom vidnom polju – rješenje od stirodura, kao termički izolacijskog materijala napravljeno je cijevčica koja je došla na sami PIR senzor te tako ograničila njegov vidokrug.
2. Reakcija PIR senzora na topli/hladni zrak bez pokreta predmeta – rješenje korišteni PIR senzor posjeduje potenciometar kojim se regulira njegova osjetljivost, podešavanjem se došlo do željene osjetljivosti na predmet veličine ruke.
3. Testiranjem duljine zrake PIR senzora zaključeno je da iznosi 2-3 m – rješenje također kao u slučaju osjetljivosti PIR senzor posjeduje potenciometar kojim se regulira duljina zrake senzora ali svakako bi duljinu bilo najbolje podesiti na najveću približno 7m jer dolaskom do fizičke prepreke zraka prestaje.
4. Testiranje reakcije PIR senzora – nakon ulaska ruke PIR senzor bi detektirao i praktički u istom trenutku došlo bi do isključenja struje i napona na releju
5. Testiranje tipkala – najveći problem kod testiranja PIR zaštitne naprave se dogodio prilikom korištenja tipkala za nuliranje (resetiranje). Nakon što PIR senzor detektira pokret i Arduino upravljačka jedinica isključi struju i napon na releju trebalo bi pritisnuti tipku nuliranja (resetiranja) i PIR senzor bi se trebao ponovno uključiti i detektirati pokret, a stroj ponovno uključiti. Međutim događa se da se stroj ponovno uključi (tesna lampa u našem slučaju), a senzor ne reagira na pokrete sljedećih 10 sekundi vjerojatno zbog kalibracije senzora sa okolinom. Zbog toga je isprogramirano vrijeme čekanja ponovnog uključanja stroja nakon pritiska tipke nuliranja (resetiranja) od 10 sekundi.
6. Testiranje LED signalnih lampa. Jednostavnim vizualnim pregledom tijekom rada PIR zaštitne naprave utvrđeno je da kada je stroj (tesna lampa) uključen tada svijetli zelena LED lampa, te kada je stroj (tesna lampa) isključen tada svijetli crvena LED lampa, čime je utvrđeno ispravnost svjetlosne signalizacije.
7. Testiranje PIR zaštitne naprave ulaskom ruke u zraku PIR senzora. Ovo je osnovno testiranje koje bi trebalo imati apsolutnu preciznost, što bi značilo da ne smije dogoditi da PIR senzor ne reagira na pokrete. Testiranje je provedeno 100 puta u svih 100 puta pokret je bio detektiran, dakle 100%, međutim događale su se detekcije pokreta i kada ruka još nije bila u vidokrugu PIR senzora što svakako govori o tome da to još nije primjenjiva i tehnološki prihvatljiva zaštitna naprava. Ali naprava daje mogućnost daljnjih testiranja i razvijanja.

3.6. Prednosti i mane PIR zaštitne naprave u odnosu na druge zaštitne naprave za blokiranje

Praktički jedina zaštitna naprava s kojom možemo usporediti PIR zaštitnu napravu je električna instalacija fotoćelijom zbog toga jer obje rade na principu detekcije pokreta ljudskog tijela u opasni radni prostor i blokade rada stroja. Prednost fotoćelija je što postoje već dvadesetak godina i vrlo su razvijena i pouzdana tehnologija. Fotoćelije su istražen prostor i znamo kako funkcioniraju. Još jedna njihova prednost je što mogu raditi na udaljenostima i po dvadeset metara. Nedostaci fotoćelija su njihova cijena, potreba za dvije točke između kojih zraka fotoćelija djeluje, nemogućnost ugradnje na strojeve starije generacije, često njihova veličina je znatna. Fotoćelije na linijama rijetko zaustavljaju rad cijelih linija nego samo stroja na kojima se nalaze. Može se zaključiti da su fotoćelije vrlo pouzdana, ali relativno skupa zaštitna naprava za blokiranje

Prednosti PIR zaštitne naprave su njezina cijena koja bi u nekoj proizvodnji iznosila oko 100kn za jednofaznu verziju sa jednim senzorom i jednim relejom, dok se sa više releja i senzora cijena može penjati na veće iznose. To dovodi do realne tržišne cijene od oko 500kn. Druga prednost PIR zaštitne naprave je mogućnost ugradnje na bilo koji stroj na kojem postoji rizik od mehaničkih opasnosti. Slijedeća prednost PIR zaštitne naprave je moguća nadogradnja i veliki potencijal iste kao što je nadogradnja RFID čitača kartica, nadogradnja sa više senzora ili releja, ugradnja sustava obavještanja odgovornih osoba, mogućnost ugradnje drugih senzora, itd. Također prednost PIR zaštitne naprave je što se jedna naprava može koristiti na više strojeva što u nekim proizvodnjama gdje se ne koriste svi strojevi može dovesti do poboljšanja sigurnosti radnika bez povećanja troškova za zaštitu.

Nedostaci PIR zaštitne naprave su nepouzdanost i neistraženost u području njezinog rada i zaštite radnika, osjetljivost na temperaturne razlike teška primjenjivost u tehnološkim procesima sa velikim i naglim promjenama temperature. Također senzor PIR zaštitne naprave bi bilo lako blokirati sa nekim predmetom ispred PIR senzora.

3.7. Implementacija PIR zaštitne naprave u proizvodnji

U trenutku kada svijest ljudi o potencijalnim opasnostima od ozljeda na radu prouzročenih mehaničkim opasnostima naraste implementacija jedne ovako jednostavne, a korisne zaštitne naprave biti će izvjesna. Prije prihvaćanja radnika i ostalih ljudi mora se dogoditi i prihvaćanje struke i stručnih kadrova koji bi testirali, ocijenili rad PIR zaštitne naprave, te ako se koristi, kada i gdje se koristi. Nakon toga moralo bi se pristupiti razradi proizvodnog plana i proizvodnji PIR zaštitne naprave, te stavljanju na tržište, edukaciju ljudi za korištenje i ugradnji na strojeve.

Realno je za očekivati da se PIR zaštitna naprava neće koristiti na aparatima za zavarivanje ili sličnim strojevima nego će biti ugrađivana na strojeve poput preša, savijača lima, rezača lima, raznih valjaka, mjesta na stroju gdje robotska ruka odrađuje radnu operaciju a radnik ima moguć pristup, te svih drugih strojeva gdje postoje opasni dijelovi u pokretu koje nije moguće drukčije zaštititi.

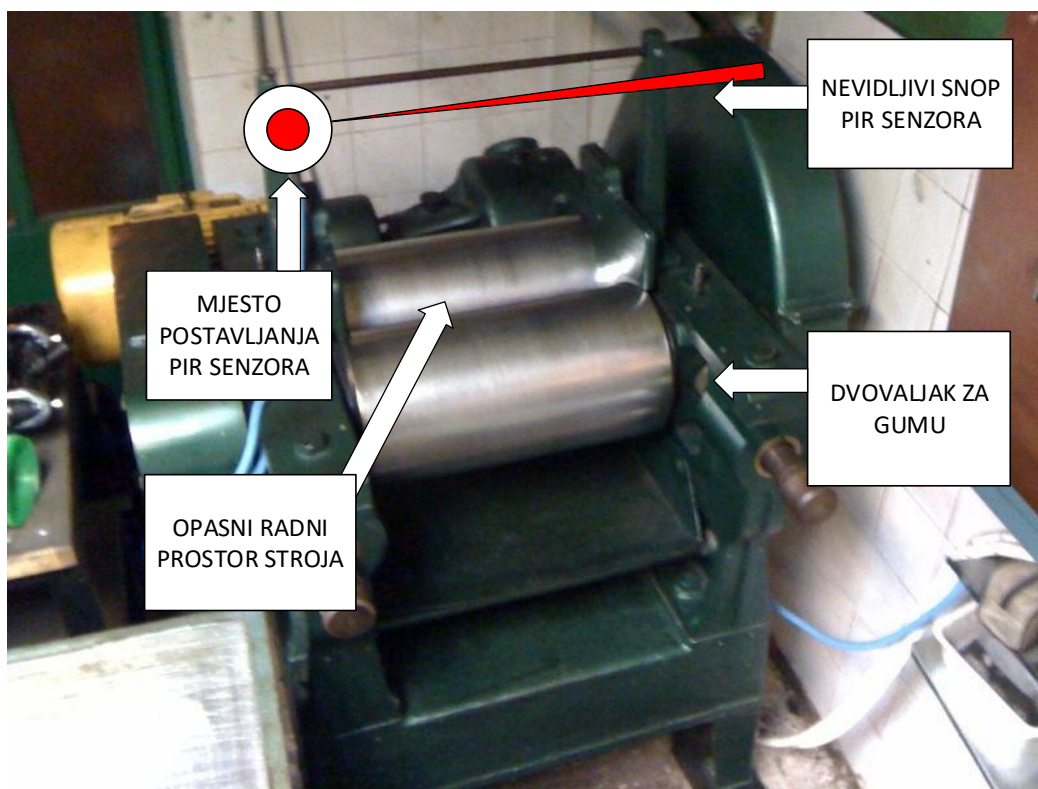


Slika 22. Hidraulična preša - moguća primjena PIR zaštitna naprava malo iznad donje ploče za prešanje.

Izvor: <http://ba.jianhamachinery.com/hydraulic-press/four-column-hydraulic-press/hydraulic-press-machine.html>

3.8. Postavljanje PIR zaštitne naprave na radnu opremu

Kao i svaku zaštitnu napravu, tako i PIR zaštitnu napravu treba postaviti na odgovarajuće mjesto na stroju. Trebalo bi definirati mjesto postavljanja PIR senzora koji detektira pokret. To bi trebao raditi konstruktor stroja, ali znajući funkciju i karakteristike PIR zaštitne naprave. Preporuka postavljanja PIR zaštitne naprave je ispred opasnog dijela stroja, između mjesta obrade na stroju i radnika (kao što vidimo na slici 23. dvovaljak za gumu). Treba obratiti pozornost i na predmet obrade koji ne smije ulaziti u zraku PIR senzora. PIR zaštitna naprava se može stavljati kod samohodnih dijelova strojeva kao nevidljivu ogradu, a postoji i varijanta gdje se postavlja na mjesta gdje radnik ulazi za vrijeme dok stroj ne izvršava radnu operaciju, a kad stroj počne izvršavati radnu operaciju radnik se ne smije nalaziti na tom mjestu.



Slika 23. Dvovaljak za gumu – mjesto postavljanja PIR zaštitne naprave

Izvorno autor

3.9. Mogućnosti i razvoj PIR zaštitne naprave

Kao što je već navedeno moguće su brojne nadogradnje PIR zaštitne naprave. Moguća je dogradnja dodatnih PIR senzora, dogradnja dodatnih releja dogradnja RFID čitača kartica za neomogućavanje rada neovlaštenih osoba, moguća je ugradnja senzora poput lux-metra, bukomjera ili senzora temperature i vlažnosti zraka koji bi također imali mogućnost zaustavljanja stroja ako se ne primjenjuju zadani parametri. To bi omogućilo realne i svakodnevno jednake radne uvjete zadane Pravilnikom za mjesta rada gdje bi temperatura, svjetlost, buka i vlaga bile uvijek u granicama dozvoljenog, ali onda se više ne radi o zaštitnoj napravi nego o cijelom sustavu koji omogućava radniku sigurni radni okoliš na radnom mjestu. Ako se radi sa opasnim ispušnim plinovima i parama može se ugraditi senzor koji bi i te vrijednosti mjerio i upozoravao radnika, dakle niz senzora koji reguliraju i unapređuju sustav zaštite i zdravlja radnika na radnom mjestu.

Sve navedeno rezultiralo bi nastajanje automatskih sustava zaštite na radnom mjestu stroja, što iz današnje perspektive izgleda nemoguće i utopijski.

Što se tiče nadogradnje PIR senzora, razmišlja se o izradi pokusnog prototipa sa IR kamerom koja bi registrirala točnu temperaturu i ne bi reagirala na temperature predmeta nego isključivo na neku prosječnu temperaturu čovjeka, što bi omogućilo primjenu ove zaštitne naprave i na mjestima gdje to sada nije moguće. Naprimjer mjesto par centimetara ispred lista pile IC kamera bi snimala drvo koje se obrađuje rezajući na njegovoj temperaturi što je najčešće temperatura zraka, a u trenutku kada dolazi ljudska ruka i IC kamera detektira temperaturu ruke list pile staje i ne dolazi do odsjecanja prstiju ili čak šake. Problem kod ove ideje je cijena, kompleksnost programiranja, nedostatak istraživanja oko prosječnih temperatura obradnih materijala i ljudske temperature ruku ili drugih dijelova tijela.



Slika 24. Izgled ruke snimljene IC kamerom, detekcija žute boje bi zaustavljala list pile

Izvor: <https://toolguyd.com/blog/wp-content/uploads/2013/12/Flir-E4-After-Mod-Thermal-Image-of-Hand.jpg>

4. ZAKLJUČAK

Danas za zaštitu na radu ne možemo reći da prati trendove 21. stoljeća jer je većina zaštitnih naprava izumljena krajem 20. stoljeća, također mnogo je starih strojeva i dalje u upotrebi koji su proizvedeni bez ikakvih zaštitnih naprava. Zakonodavac, odnosno država ne propisuje nikakve zaštitne mjere i unaprijeđenja za strojeve starije generacije, čak inzistira na izvornom stanju od proizvođača strojeva od kojih mnogi više i ne postoje. Zbog toga su u uporabi strojevi koji imaju mehaničke opasnosti koje ugrožavaju radnika sa svakim radom na njima, a u slučaju ozljede na tom istom stroju može se kriviti samo radnik koji nije vršio radni postupak sa visokom koncentracijom. Žalosno je što cijelo društvo ne prepoznaje zaštitu na radu kao životno bitan segment života i kao društvenu odgovornost, nego se zaštita na radu isključivo prezentira ko trošak i kao vođenje evidencija o različitim propisima i zakonima. Važno je shvatiti kao društvo i kao inženjeri da se stalnim ustrajanjem i trudom može doći do napredka i unapređivanja.

U današnjem svijetu većina ljudi bježi od odgovornosti, a bježanje od odgovornosti rezultira nesigurnosti u društvu. Sa nesigurnošću dolazi i do gubitka volje za napredkom, a bez napredka nastaje društvo koje stagnira i propada. Demotivirajuće je da se danas toliko truda i vremena gubi na programiranje različitih mobilnih igrica od kojih mnoge nemaju nikakvu svrhu osim zarade novaca njihovim tvorcima i to prezentiranjem što više reklama. Nažalost, ljudski životi su se počeli vrtjeti oko klika i ljudi svoju snagu i znanje ulažu u beskonačno klikanje po mobitelima. Kada bi se barem dijelić te energije i znanja usmjerio na razvoj društva i okoline svijet bi se razvijao ravnomjerno u svim pogledima znanosti i društva. To dovodi do zaključka da je društvo zapada postalo sebično (kapitalističko) koje gleda samo sebe i svoju ugodu, a zaboravlja na sve uokolo. Ljudi se otuđuju jedni od drugih i ne razvijaju međuljudske odnose. I sam se nalazim kao član takvog društva, te uočavam da sam ušao u kolotečinu zaštite na radu gdje je cilj zadovoljiti formu, propise i zakone, a ne zaštititi radnika i njegovo zdravlje.

Upitno je hoće li PIR zaštitna naprava zaživjeti i ući u realnu upotrebu, ali drago mi je što mi je ona otvorila oči i omogućila da vidim neke od mogućnosti zaštite radnika na radnom mjestu pomoću raznih senzora. U ovom trenutku možda nema dovoljno iskustva i znanja završiti PIR zaštitnu napravu kako bi bila 100% sigurna i upotrebljiva. Samom izradom PIR zaštitne naprave zaključujem kako postoje mnoge prepreke, ali i mogućnosti daljnjeg razvijanja iste. Također mi se javila se ideja o ugradnji RFID čitača

kartica na samogodne pokretne strojeve, viličare i bagere pomoću kojih bi se onemogućilo neovlašteno korištenje istih.

Nadam se kako će jednog dana tim stručnih ljudi i inženjera ustrajati na stvarnom poboljšanju i unapređenju zaštite na radu u praksi. Možda je to utopijski način razmišljanja, ali ako netko pročita ovaj rad i dobije bilo kakvu ideju za unaprijeđenje zaštite na radu, ovaj rad će dobiti svoj smisao i neće biti još jedan od radova koji je zadovoljio formu.

LITERATURA

- [1] Zakon o zaštiti na radu (NN 71/2014)
- [2] Pravilnik o pregledu i ispitivanju radne opreme (NN 16/2016)
- [3] Pravilnik o sigurnosti i zdravlju pri uporabi radne opreme (NN 21/2008)
- [4] Pravilnik o signurnosti strojeva (NN 28/2011)
- [5] https://en.wikipedia.org/wiki/Passive_infrared_sensor (12.11.2020.)
- [6] <https://hr.wikipedia.org/wiki/Arduino> (10.12.2020.)
- [7] <https://e.udzbenik.hr/U/infPMG2/2p3pseudo.pdf> (10.12.2020.)
- [8] <https://www.arduino.cc/en/software> (16.08.2020.)
- [9] ZIRS, Ispitivanje zaštite od direktnog i indirektnog dodira na oruđima za rad i električnik instalacijama, Egon Mileusnić

POPIS SLIKA

- Slika 1. Piktogram upozorenje opasnost od prignječenja (mehanička opasnost) - <https://shop.haberkorn.hr/gradevinske-potrepstine/prometni-znakovi-sigurnosni-znakovi/znakovi-upozorenja-sigurnosni-znakovi-sprjecavanje-nesreca/warnschilder/40921-znak-upozorenja-oprez-moguca-ozljeda-ruke> (13.12.2020.) (str. 3.)
- Slika 2. Piktogram obvezne upotrebe zaštitne naprave - http://termag.hr/media/filer_public_thumbnails/filer_public/ec/b3/ecb3c678-460a-4b29-a9c4-44d30000880e/ob_15a_obvezna_uporaba_zastitne_naprave.jpg__900x500_q85_crop_subsampling-2_upscale.jpg (21.09.2020.) (str. 6)
- Slika 3. Prikaz čvrsta zaštitna naprava sa žičanim pletivom s čeličnim okvirom na remenskom prijenosu snage - <https://docplayer.gr/docs-images/87/95311855/images/30-2.jpg> (21.09.2020.) (str. 7)
- Slika 4. Mikroprekidač koji se ugrađuje na nepomični dio stroja, kada na njega dođe pomična zaštitna naprava stroj radi, kada je nema i mikroprekidač je otvoren kao na slici odnosno stroj ne radi - <https://e-radionica.com/hr/mikroprekidac-kw12-3.html> (21.09.2020.) (str. 8)
- Slika 5. Fotočelija koja se ugrađuje na stroj ispred opasnog mjesta obrade, kada radnik uđe dijelom tijela u obradni dio, stroj staje sa radom - https://media.icdn.hu/product/GalleryMod/2017-01/383403/resp/740833_alean_abe_150_fotoelektromos_infrasorompo.jpg (21.09.2020.) (str. 9)
- Slika 6. Upravljačka jedinica daljinskog upravljanja na dizalici - https://hoistec.hr/media/filer_public/a7/57/a7572166-5980-4788-9994-82a9dead6a8d/aburemote_button.jpg (21.09.2020.) (str.11)
- Slika 7. Shematski prikaz sklopa i princip rada PIR zaštitne naprave – izvorno autor (str. 13)
- Slika 8. Prikaz senzora korištenog u izradi PIR zaštitne naprave - <https://www.componentsinfo.com/wp-content/uploads/2020/04/hc-sr501-pir-sensor-module-pinout.jpg> (21.09.2020.) (str. 15)
- Slika 9. Prikaz vidnog polja senzora sa fresnelovom lećom – izvorno autor (str. 16)
- Slika 10. Prikaz vidnog polja senzora sa fresnelovom lećom, kada je fizički ograničen snop po vertikali (sigurnosna zavjesa za detekciju pokreta) – izvorno autor (str. 17)
- Slika 11. Prikaz vidnog polja senzora bez fresnelove leće i kada je snop ograničen termalno otpornom barijerom (sigurnosna zraka za detekciju pokreta) – izvorno autor (str. 17)
- Slika 12. Vizualni prikaz Arduino upravljačke jedinice – vlastita izrada (str. 18)
- Slika 13. Vizualni prikaz priključnica na Arduino upravljačku jedinicu – izvorno autor (str. 20)

- Slika 14. Prikaz jednofaznog releja korištenog u izradi PIR zaštitne naprave – izvorno autor (str. 21)
- Slika 15. Prikaz napajanja sklopa i stroja – izvorno autor (str. 23)
- Slika 16. Prikaz gotovo izrađene PIR zaštitne naprave sa komponentama u PVC kućištu – izvorno autor (str. 26)
- Slika 17. Blok dijagram u kojem je opisano programsko funkcioniranje PIR zaštitne naprave – izvorno autor (str. 29)
- Slika 18. Vizualni prikaz programskog koda – izvorno autor (str. 30)
- Slika 19. Vizualni prikaz programskog koda vezan uz varijable – izvorno autor (str. 31)
- Slika 20. Vizualni prikaz programskog koda vezan uz detekciju pokreta i zadatke – izvorno autor (str. 32)
- Slika 21. Vizualni prikaz programskog koda vezan uz tipkalo – izvorno autor (str. 33)
- Slika 22. Hidraulična preša - moguća primjena PIR zaštitna naprava malo iznad doljnje ploče za prešanje. – <http://ba.jianhamachinery.com/hydraulic-press/four-column-hydraulic-press/hydraulic-press-machine.html> (13.12.2020.) (str. 37)
- Slika 23. Dvovaljak za gumu – mjesto postavljanja PIR zaštitne naprave – izvorno autor (str. 38)
- Slika 24. Izgled ruke snimljene IR kamerom detekcija žute boje bi zaustavljala list pile - <https://toolguyd.com/blog/wp-content/uploads/2013/12/Flir-E4-After-Mod-Thermal-Image-of-Hand.jpg> (13.12.2020.) (str. 39)

POPIS TABLICA

- Tablica 1. Minimalni presjeci vodiča za određenu jakost struje (npr. ako imamo stroj koji ima osigurač od 20A minimalni presjek faznog vodiča mora biti 2,5mm²) - https://3.bp.blogspot.com/_K23makPk3e4/TBhgrw7Vnpl/AAAAAAAAA-g/wP0WpEsLzBE/s1600/proracun_007.GIF (12.12.2020.)(str.25)

