

# Raspršivač gustih medija

---

**Omrčen, Antun**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2018**

*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:128:936517>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-11**



**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 REPOZITORIJI

**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**

**STROJARSKI ODJEL**

*Stručni studij Mehatronike*

Antun Omrčen

**Raspršivač gustih medija**

Završni rad

Karlovac, ožujak 2018.



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**

**STROJARSKI ODJEL**

*Stručni studij Mehatronike*

Antun Omrčen

**Raspršivač gustih medija**

Završni rad

Mentor: mr.sc. Vedran Vyroubal

Karlovac, ožujak 2018.

## **Predgovor**

### **Izjava**

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno osobnim istraživanjem i koristeći se stečenim znanjem tijekom studija i rada u firmi Omrčen promet d.o.o.

### **Zahvala**

Zahvaljujem se svojim bližnjima na nesebičnoj pomoći i pruženoj potpori tijekom ovih godina studiranja, također zahvalio bih se mentoru mr. sc. Vedranu Vyroubalu i svim radnim kolegama na savjetima ukazanoj pomoći pri izradi ovog rada.

Antun Omrčen



**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

Stručni studij: **Mehatronika**

Karlovac, 13.3.2018.

### ZADATAK ZAVRŠNOG RADA

Student: ANTUN OMRČEN

Matični broj: 0112613061

Naslov: Raspršivač gustih medija

Opis zadatka:

Zadatak završnog rada je potpuno funkcionalno opisati i demonstrirati u praksi sustav automatskog raspršivanja gustih medija. U praktičnom segmentu koristiti PLC za upravljanje svih aktivnim dijelovima sustava. U radu prikazati sve dijelove, te opisati njihove uloge i međusobnu povezanost u sustavu.

Rad treba obuhvatiti slijedeće cjeline:

1. Općeniti prikaz automatskog sustava za raspršivanje medija
2. Mehanički zahtjevi:  
opis mehaničkih komponenti sustava
3. Elektronički zahtjevi:  
opis elektroničkih komponenti sustava
4. Softverski zahtjevi:  
opis softverskih komponenti sustava, njihova međuovisnost i komunikacija
5. Primjene uređaja:  
opis načina primjene sustava u praktičnom okruženju

Zadatak zadan:

13.3.2018.

Rok predaje rada:

1.5.2018.

Predviđeni datum obrane:

Petnaest dana nakon predaje rada

Mentor:

mr.sc. Vedran Vyroubal

Predsjednik ispitnog povjerenstva:

Marijan Brozović, dipl. ing.

# SADRŽAJ

POPIS SLIKA.....	i
POPIS OZNAKA.....	ii
1. UVOD.....	1
2. PRIMJENA ŠPRICANJA U PEKARSTVU .....	2
2.1. PODMAZIVANJE LIJEVKA U AUTOMATSKIM LINIJAMA .....	2
2.2. NANOŠENJE MEDIJA PROTIV LJEPLJENJA.....	3
2.3. NANOŠENJE MEDIJA RADI LJEPLJENJA .....	4
2.4. NANOŠENJE MEDIJA RADI OKUSA PROIZVODA .....	5
2.4.1. HLADNI MEDIJ .....	5
2.4.2. GRIJANI MEDIJ .....	6
2.5. MLAZNICE SA CNC APLIKACIJOM.....	7
2.5.1. UKRAŠAVANJE PROIZVODA .....	7
2.5.2. VODENO NAREZIVANJE .....	8
3. IZRADA UREĐAJA.....	9
3.1. KONSTRUKCIJA UREĐAJA.....	9
4. NOSAČ MLAZNICA (POMIČNI DIO UREĐAJA).....	10
4.1. TLAČNA POSUDA SA MEDIJEM .....	11
4.2. FILTER .....	12
4.3. MLAZNICA (PULSAJET).....	13
4.3.1. RAŠIRENI PRIKAZ MLAZNICE.....	14
4.4. OPTIČKI REFLEKSIVNI SENZOR.....	15
5. ELEMENTI U ELEKTRO ORMARU (NEPOMIČNI DIO UREĐAJA).....	16
5.1. NAPAJANJE 24VDC .....	17
5.2. EKLAN OSJETLJIV NA DODIR.....	18
5.3. PLC .....	19
5.4. LOGIKA U KOJOJ JE IZVEDEN PROGRAM.....	21
5.5. PWM.....	22
5.6. POLUVODIČKI RELEJ (SSR) .....	23
5.6.1. KONTROLA ULAZA SSR-A .....	24
5.6.2. KONTROLA IZLAZA SSR-A.....	25
6. PROGRAMI KORIŠTENI U IZRADI RASPRŠIVAČA .....	25
6.1. TIA PORTAL .....	25
6.2. EASY BUILDER PRO .....	26

<b>6.3. EPLAN</b> .....	26
<b>7. PROFINET IO</b> .....	27
<b>ZAKLJUČAK</b> .....	29
<b>LITERATURA</b> .....	31
<b>PRILOG 1</b> .....	32



## SAŽETAK

Današnje potrebe za automatizacijom postojećih procesa sve više rastu. Unutar postojećih industrijskih postrojenja uvijek postoji prilika za napretkom u cilju poboljšanja kvalitete dosadašnjih proizvoda. Primarni cilj automatizacije procesa nije zamjena čovjeka, nego olakšavanje proizvodnog procesa. Kako bi to bilo moguće koriste se najnovije tehnologije koje sve brže rastu te se smatra početkom industrije 4.0. Usklađenom instalacijom i optimizacijom takvih uređaja pruža se širok spektar rješenja primjenjiv na sve vrste nadolazećih tehnoloških zadatak.

Ključne riječi: PLC, automatska mlaznica, PWM , PROFINET, SSR

## SUMMARY

*Nowadays need for automation of existing processes is increasing. Within the existing industrial plants, there is always a opportunity for progress in order to improve the quality of the products. The primary goal of automating the process is not to replace human workers, but facilitating the production process. In order to be able to do that, we have to use the latest technology which is developing rapidly and is considered to be the beginning of industry 4.0. Harmonized installation and optimization of such devices provides a wide range of solutions applicable to all kinds of upcoming technological tasks.*

*Key words: PLC, automatic nozzles, PWM, PROFINET, SSR*

## POPIS SLIKA

Slika 1. Lijevak .....	2
Slika 2. Nauljivanje kalupa. ....	3
Slika 3. Raspršivanje vode .....	4
Slika 4. Sunsate glaze.....	5
Slika 5. Grijana cijev.....	6
Slika 6. Ukrašavanje proizvoda.....	7
Slika 7. Vodeno narezivanje.....	8
Slika 8. Tlačna posuda .....	11
Slika 9. Presjek filtera .....	12
Slika 10. Princip rada filtera.....	12
Slika 11. Mlaznica AUH10000. ....	13
Slika 12. Rašireni prikaz mlaznice.....	14
Slika 13. Optički senzor .....	15
Slika 14. Elektro ormar .....	17
Slika 15. Ekran osjetljiv na dodir .....	18
Slika 16. S7-1212 PLC.....	19
Slika 17. Prikaz PWM modulacije .....	22
Slika 18. SSR sa podnožjem .....	23
Slika 19. Princip rada SSR-a.....	24
Slika 20. Presjek PROFINET kabela .....	28
Slika 21. Slika raspršivača ugrađenog na liniji .....	29

## POPIS OZNAKA

CNC - engl. *computer numerical control*, hrv. računalna numerička kontrola

CAD - engl. *computer-aided design*

CAM - engl. *computer-aided manufacturing*

PWM - engl. *pulse width modulated*, hrv. modulirana širina impulsa

FDA – engl. *Food and Drug Administration*, hrv. agencija za hranu u lijekove

SSR – engl. *solid-state reley*, hrv. poluvodički relej

CPU – engl. *central processing unit*, hrv. centralna procesna jedinica

DC - engl. *direct current*, hrv. istosmjerna struja

AC - engl. *alternating current*, hrv. izmjenična struja

PVC - poli(vinil-klorid) – tip plastike

IP66, I67 - engl. *International Protection Marking*, internacionalna zaštitna oznaka

RAM - engl. *random access memory*, hrv. memorija s nasumičnim pristupom

COM - engl. *communication port*, hrv. komunikacijski priključak

VNC - engl. *virtual network computing*, hrv. vizualizacija preko mrežnog sučelja

GPRS - engl. *general packet radio service*, hrv. bežična podatkovna komunikacijska usluga

USB - engl. *universal serial bus*, hrv. univerzalna serijska sabirnica

TIA PORTAL – engl. *Totally Integrated Automation*, hrv. totalno integrirana automatizacija

PLC – engl. *programmable logic controller*, hrv. programabilni logički kontroler

LAD – engl. *ladder logic*, hrv. ljestvičasta logika

FBD - engl. *function block diagram*, hrv. funkcijski blok dijagram

SCL - engl. *structured control language*, hrv. strukturni jezik kontrole

HMI – engl. *human machine interface*, hrv. sučelje za upravljanje strojevima

PID – engl. *proportional integral derivative*, hrv. proporcionalni integralni derivacijski

IEC – engl. *International Electrotechnical Commission*, hrv. Internacionalna elektrotehnička komisija

TCP - engl. *transmission control protocol*, hrv. prijenosni kontrolni protokol

IP – engl. *internet protocol*, hrv. internetski protokol

RT – engl. *real time*, hrv. stvarno vrijeme

WEB – engl. *World Wide Web*

NTP – engl. *National Standard Pipe Thread*, hrv. američki standard za navoje (colni navoj)

LED - engl. *light emitting diode*, hrv. dioda koja emitira svjetlo

# 1. UVOD

Ideja izrade automatskog raspršivača bila je potaknuta potrebom unutar proizvodnje. Raspršivač gustih medija opisan u ovom radu je izrađen s ciljem da automatiziranim radom olakša proizvodnju ciljanih pekarskih proizvoda, ali kao takav je napravljen za širi spektar proizvoda kako bi bio primjenjiv za ostale buduće proizvode. Program napisan u TIA PORTAL-u predviđen je za laganu implementaciju dodatnih senzora i uređaje kako bi se u budućnosti ako bi za time bilo potrebe lagano prilagodio ostalim potraživanjima. Raspršivač gustih medija je postavljen na već postojeći dio linije za pekarske proizvode te je u tome dijelu limitiran izgledom i funkcijama, ali princip rada i funkcionalnost te lako prenosivi dijelovi uređaja omogućava jednostavnu implementaciju na određene druge uređaje ako postoji potreba za time. Raspršivač gustih medija kao takav sastoji se od nosača mlaznica, mlaznica, tlačne posude te upravljačkog dijela uređaja. Nosač mlaznica je proizveden u firmi Omrčen promet d.o.o. (firma specijalizirana za pekarsku opremu), dok su ostale komponente nabavljane direktno od prodajnih zastupnika. Raspršivač je konstruiran kako bi bio intuitivna za korištenje i još bitnije jednostavan za održavanje. Velike poteškoće nastaju ako se uređaj ne održava temeljito, točnije s propisanim mjerama održavanja. Korisnik upravlja s raspršivačem preko ekrana osjetljivog na dodir tvrtke Wintek. Na njemu kroz jednostavan i intuitivan program upravlja s uređajem kako bi postigao željeni rezultat raspršenosti medija koji prolaze ispod mlaznica. Medij koji se raspršuje po proizvodima je *Sunste glaze* proizveden od tvrtke Puratos. Korisnik pažljivim podešavanjem postotne vrijednosti odabire količinu medija koju je potrebno dozirati na proizvod. Mijenjanjem vrijednosti na ekranu osjetljivom na dodir korisnik mijenja parametre na PLC-u.

## 2. PRIMJENA ŠPRICANJA U PEKARSTVU

Automatizacijom proizvodnog procesa omogućena je jednakost svih proizvoda proizvedenih unutar procesa. Riječ je o izgledu i težini proizvoda. Samim time omogućene su velike brzine proizvoda što ovisi o kapacitetu linija na kojima se proizvode. Za postizanje automatskih sustava svaki pod sustav također mora biti automatiziran. Ako svaka radnja unutar procesa nije automatizirana postoji mogućnost za pogrešku što rezultira nejednakosti proizvoda, te ako se radi o većim propustima rezultira stajanjem proizvodnog procesa.

### 2.1. PODMAZIVANJE LIJEVKA U AUTOMATSKIM LINIJAMA

Proizvodni proces počinje tako da se u posudu za tijesto doziraju potrebni sastojci za određeni proizvod (brašno, kvasac, voda i ostali sastojci). Posude su na europskom tržištu najčešće imaju zapreminu oko 400 l što je oko 240 kg proizvoda u masi. Kako bi se proizveli proizvodi koji se za konzumaciju masa se mora razdijeliti na već potrebne količine za određeni proizvod. To se u povijesti radilo ručno na stolovima. Ljudi iz velike količine tijesta ručno razdjeljivali komadiće na potrebnu težinu proizvoda. To se danas radi automatizirano tako da se iz posude za tijesto s uređajem za podizanjem posuda za tijesto cijela ta masa prekorene u stroj s automatskim dijeljenjem na podešenu masu u proizvodu. Kako bi taj postupak bio moguć iznad stroja za dijeljenje tijesta nalazi se veliki lijevak koji je potrebno podmazivati kako bi masa tijesta lako kliznula prema prostoru za dijeljenje. Ako je ovaj postupak preskočen dolazi do lijepljenja i sušenja tijesta na lijevku što uvelike otežava kontinuirani tijek proizvodnje.



Slika 1. Lijevak / Autor slike 1: Antun Omrčen

## 2.2. NANOŠENJE MEDIJA PROTIV LJEPLJENJA

Nakon što je dobiven proizvod u odgovarajućoj težini i predviđen je da se tretira u kalupu te kalupe treba pripremiti prije nego što se u njih stavi proizvod da se spriječi lijepljenje proizvoda za stijenke kalupa. To je potrebno spriječiti kako bi očuvali završni proizvod, u protivnom kod vađenja proizvoda iz kalupa dolazilo bi do oštećenja proizvoda. Postoje različita riješena u praksi za taj problem. U ne automatiziranim i polu automatiziranim proizvodnjama se često koristi papir za pečenje kao rješenje za sprječavanje lijepljenja proizvoda za kalupe. To rješenje zadovoljava do određenog stupnja proizvodnje, ali ne za automatiziranu proizvodnju. Kod automatizirane proizvodnje lijepljenje proizvoda za stijenu kalupa se rješava s dva različita načina. Ovisno kako je proizvod bio tretiran prije stavljanja u kalup se može pobrašnit ili nauljiti. Svaka od metoda ima svoje prednosti ovisno o strukturi proizvoda i daljnjim metodama obrade koje slijede u proizvodnom procesu. Glavne razlike u primjeni tih metoda su da kontrolirano posipanje brašna je teško postići kada su stijenke kalupa u okomitom položaju od dna stijenke, tada brašno sklizne na dno te ponovo dolazi do lijepljenja proizvoda na stijenu kalupa. Metoda je efikasna kada se radi o ravnim ploham gdje treba doći proizvod ili posipanje proizvoda prije nego što je položen u kalup. S druge strane nanošenjem tankog sloja ulja po stijenama kalupa onemogućava lijepljenje na proizvoda na stijenke. Ovi postupci se dakako mogu obavljati ručno ali s kontroliranim sustavom proces je višestruko ubrzan i kontroliraniji. Što omogućava bržu proizvodnju i višestruke uštede u sirovinama.



Slika 2. Nauljivanje kalupa / Autor slike 2: Spraying Systems Co.

### 2.3. NANOŠENJE MEDIJA RADI LJEPLJENJA

Nakon što je proizvod iz mase modeliran u potreban oblik te položen na bilo to lim za proizvode, kalup ili direktno na transportnu traku tada ovisno o proizvodu se tretira na različite načine. Ovisno o vrsti proizvoda njega se stavlja ili po njemu posipa više različitih sirovina kao što su sjemenke, krupna sol, krupno kukuruzno brašno, puno različitih nadjeva i slično. Ovisno o proizvodu koji se želi napraviti i koje se sirovine žele na njega zalijepiti tretira se s različitim preljevima. Kod proizvodnje proizvoda sa sjemenkama stvara se razlika ovisno o sjemenkama koje želite na njega staviti te sukladno tome se proizvod tretira. Primjerice ako se na proizvod stavljaju krupne sjemenke te prolazi kroz dio stroja koji će te sjemenke dodatno utisnuti u proizvod dovoljno ga je samo pošpricati vodom s gornje strane i sjemenke će se zalijepiti i neće ispasti s proizvoda u daljnjem procesu proizvodnje. Sličan je proces sa stavljanjem sjemenki ispod proizvoda, tada provod prijelazi preko vodom smočenog transportera tada prelazi preko sjemenki i one se na njega lijepe. Postupak sa stiskanjem sjemenki na proizvod je moguć samo kod nekih vrsta proizvoda koji imaju donekle ravnu gornju površinu primjerice ciabatta, ali kod proizvoda koji to nemaju primjerice kroasan s utiskivanjem bi uništili proizvod. Tada umjesto da koristimo vodu kao lijepilo koriste se drugačiji mediji. Različiti mediji se koriste za različite proizvode primjerice ako je proizvod slatkog okusa tada za bolje prianjanje posipa koristimo vodu pomiješanu sa šećerom. Ovisno o koncentraciji šećera mijenjamo gustoću medija s kojeg špricamo po proizvodu. Samim time trebamo pripremiti odgovarajuće alate za špricanje takvih medija.



*Slika 3. Raspršivanje vode / Autor slike 3: Antun Omrčen*



## 2.4. NANOŠENJE MEDIJA RADI OKUSA PROIZVODA

### 2.4.1. HLADNI MEDIJ

U ovoj kategoriji sam svrstao medije koji se koriste na sobnoj ili temperaturi nižoj od sobne temperature. Riječ je o mediju „Sunsate glaze“ proizvod tvrtke Puratos. Ovaj rad se temelji na nanošenju tog medija na proizvode koji se nalaze na proizvodnoj traci. Sunsate glaze je proizvod specifične gustoće veće od vode. Proizvod je napravljen na bazi jaja te ga je potrebno čuvati u ohlađenom stanju. Samim time mu je gustoća veća nego da je čuvan na višoj temperaturi. U primjeni korisnik po proizvodima nanosi mješavinu Sunsate glaze-a s 30% vode kako bi postigao željeni rezultat na proizvodu. Ovaj medij se nanosi na proizvod nakon oblikovanja i fermentacije proizvoda ili u drugim slučajevima za poboljšano lijepljene određenih sastojaka na proizvod. U konkretno ovom slučaju Sunsate glaze se nanosi na proizvod poslije fermentacijske komore i prije samog ulaska proizvoda u zamrzivač. Vrlo je bitna mogućnost kontroliranog nanošenja medija na proizvod jer ako medija nema ili ga je previše nanoseno na proizvod rezultat je uočljiv nakon što je proizvod termički obrađen. Kako bi postigli kontrolirano nanošenje medija na proizvod koristimo specijalne elektro magnetske mlaznice koji imaju mogućnost otvaranja / zatvaranja do 166 puta u sekundi, te specijalno dizajniranu mlaznicu koja raspršuje medij u određenom kutu.



Slika 4. Sunsate glaze / Autor slike 4: puratos.cl

## 2.4.2. GRIJANI MEDIJ

Nanošenje čokolade i različitih medija u kojima je jedan od sastojaka čokolada za ispravni rad sustava potrebna je sirovina na temperaturi višoj od 40°C. Čokolada kao sirovina je dosta zahtjevna zbog krutosti i viskoziteta. Sirovina puno ovisi o temperaturi i postotku masnoće te se dogorijevanjem sistema. Načini za dogrijavanje sustava su različiti i imaju svoje cjenovne razrede. Postoje rješenja s cijevima koje imaju duplu stijenku te drugi medi grije glavnu cijev u kojoj se nalazi sirovina koju doziramo na proizvod. Isto tako rješenja da se oprema grije električnim grijačima. Doziranje čokolade najčešće je riješeno da proizvod prolazi kroz čokoladnu barijeru ili se umače u čokoladu koja kasnije ostane zalijepljena na proizvodu te nije bitna velika preciznost u doziranju. To je kao medij ako je sustav dobro konstruiran ponovo upotrebljiv za korištenje. Problem nastaje kod doziranja masnoće na proizvod. Nanošenje vrlo tankog sloja masnoće je ključno radi okusa proizvoda. Temperature u sustav su više od 60°C kako bi medij bio pogodan za korištenje u sustavu. Za razliku od čokolade masnoća se najčešće nanosi ciljano samo na površinu proizvoda i sustav kao takav nije reverzibilan. Masnoća se najčešće nanosi na proizvode sa niskim postotkom vode u odnosu na brašno. Tip proizvoda: keksi, štapići i slično.



Slika 5. Grijana cijev / Autor slike 5: Spraying Systems Co.

## 2.5. MLAZNICE SA CNC APLIKACIJOM

CNC (engl. *computer numerical control*, hrv. računalna numerička kontrola) je automatizacija alatnih strojeva pomoću računala koja izvršavaju unaprijed programirane sekvence naredbi za kontrolu strojeva. U modernim CNC sustavima dizajn mehaničkog dijela i njegov proizvodni program vrlo je automatiziran. Mehaničke dimenzije dijela određene su računalnim dizajnom (CAD engl. *computer-aided design*) softverom, a zatim su prevedene u proizvodne smjernice računalnom proizvodnom (CAM engl. *computer-aided manufacturing*) softverom. Rezultirajuće direktive se transformiraju (u "*post processor*" softveru) u specifične naredbe potrebne za određeni stroj za proizvodnju komponente, a zatim se učitavaju u CNC stroj.

### 2.5.1. UKRAŠAVANJE PROIZVODA

Ukrašavanje proizvoda uz pomoć CNC tehnologije za postavljanje natpisa ili već po želji bilo kojeg 2D modela postao je svojevrsni standard prema tržištu. Takvi su sustavi sve više dostupni i ostvaruju sve bolje rezultate koji ovise o samo izvedbi sustava. Ako je proizvod na liniji koja se može nakratko zaustaviti sustav je jednostavniji te ga je lakše izvesti jer dizne ne moraju putovati za proizvodom. U upravljači panel se nacrti ili unese određeni natpis, logo ili već što tehnolozi želi imati na svojim proizvodima, te se pomoću dvije pomične osi dizne miču kako bi se dobio određeni natpis a za to vrijeme mora biti jako precizno vrijeme otvaranja i zatvaranja dizne te se mora postići točna otvorenost dizne kako bi natpis bio jednolik te kako bi se raspoznavali znakovi na proizvodu. Potrebna je kontrola mlaza kako ne bi došlo do oštećivanja proizvoda, pogotovo ako se radi o tortama ili proizvodima koji imaju mekanu koru (tipa šlag, puding..)



Slika 6. Ukrašavanje proizvoda / Autor slike 6: Spraying Systems Co.

## 2.5.2. VODENO NAREZIVANJE

U pekarstvu je poznato da proizvodi imaju ispucanu koru ili ovisno o tipu proizvoda rez ili rezove po sredini ili već pod kojim kutom tehnolozi žele izvesti proizvod. Prije upotrebe tehnologije na vodeno narezivanje koristili su se noževi za takve zahvate u pekarstvu, ali izvedbom specijalnih dizni ova vodeno narezivanje postaje pravilo u automatiziranim sustavima u pekarstvu. Princip rada je sličan CNC uređajima koji glavni nosač na kojem se nalaze mlaznice (to ovisi koliko i kako dolaze proizvodi na narezivanje), koračni motori određenim brzinama pomiču u smjeru koji je potreban za odrađivanje te radnje, a mlaznica mora otvoriti mlaz vode pod pritiskom od 3-20 bara, što ovisi koji se proizvod želi narezati i na koji način. Pritisak vode ovisi o proizvodu, kutu reza i dubini reza. Proizvodi ovisno o recepturi mogu na sebi imati razne sjemenke, krupnu sol ili što već tehnolozi žele postići sa svojim proizvodom. Kako bi mlaz uspješno probio koru sa sjemenkama ili već što se na njoj nalazi potrebno je povećati pritisak vode u mlaznicama. Povećanjem pritiska vode u mlaznicama mijenjamo snagu mlaza te ako isti proizvod bez sjemenki režemo vodenim mlazom, rez će biti dublji. Isti princip se upotrebljava ako narezujemo pod raznim kutovima.



*Slika 7. Vodeno narezivanje / Autor slike 7: Antun Omrčen*

### **3. IZRADA UREĐAJA**

Uređaj je zamišljen i realiziran u obliku da se sastoji od dva zasebna dijela. Nepomični dio raspršivača. To je elektro ormar u kojem se nalazi logika i s kojeg upravljamo pomičnim dijelom raspršivača (u ovom slučaju učvršćen na panel u neposrednoj blizini pomičnog dijela) te od pomičnog dijela raspršivača na kojemu se nalaze elementi s kojima špricamo medij po proizvodima. Te možemo dodati kao zasebni posuda u kojoj se nalazi medij i na koju je spojen vanjski priključak zraka i u njoj se razvija pritisak od 5 bara.

Elektro ormar je nepomični dio uređaja u kojemu su smještene komponente s kojima upravljamo s mlaznicama koje se nalaze na pomičnom dijelu raspršivača. Električna shema ormara je izrađena u programu EPLAN – u te se nalazi u prilogu s radom.

Razlog razdvojene koncepcije uređaje jednostavnije održavanje sustava čistim. Radi se prehrambenoj industriji te je od velike važnosti da su svi elementi sustava lako održavati čistim kako ne bi došlo do kontaminacije proizvoda.

Spoj između pomičnog i nepomičnog dijela uređaja je realiziran sa PUR/PVC 5G0,25 kablom koji sa svake strane im industrijski priključak. Na pomičnom dijelu uređaja se nalazi mali elektro ormar koji je zavaren u konstrukciju cijeloga nosača kako bi bilo lakše održavati uređaj. Na elektro ormaru nalazi se konektor u kojega se spaja dolazni kabel.

#### **3.1. KONSTRUKCIJA UREĐAJA**

Konstrukcija je napravljena od nehrđajućeg čelika TIP: 304, ploče 2 mm (dimenzije) . Sastavljena je od 4 dijela koja su nakon toga savijana. Radi ojačanja konstrukcije lim je savinut u „U“ profil. Kako bi se mogla regulirati visina dizni od proizvoda bočne na bočnim su stranicama napravljeni kanali (obrađivano glodalom). Na nosaču se nalazi ovisno o potrebi 1-6 mlaznica. Svaka od njih se zasebno može pomicati (lijevo odnosno desno) kako bi se postiglo najkvalitetnije raspršivanje po širini linije. Na svaku diznu se spaja priključno crijevo te napajanje potrebno za rad dizne.

## **4. NOSAČ MLAZNICA (POMIČNI DIO UREĐAJA)**

Ovaj dio uređaja je dizajniran tako da stoji na liniji i ispod njega prolazi traka na kojoj se nalaze proizvodi. Prolaz proizvoda ispod uređaja varira po brzini, orijentaciji, količini, razmaku između proizvoda i poziciji samih proizvoda na traci (proizvodi nisu u sredini trake). Proizvodi su različito pozicionirani na traci radi njihovog oblika što je varijabla koju postavlja linija koja ih proizvodi i polaže na traku, a to je proces je fiksna i nije ga moguće bolje uskladiti. Dio uređaja je izrađen tako da ga je lako podići i maknuti s linije. To je potrebno kako bi se dio uređaja mogao ispravno očistiti i podesiti van linije. Na liniji se proizvode raznolike vrste proizvoda u kojima ima vrsta proizvoda koje nije potrebno špricati. Kako bi proizvodnja proizvodila nesmetano i bez zastoja dio uređaja se podigne i skine s linije i moguće da je ispravno očistiti. Da bi to bilo izvedivo sve što je spojeno na uređaj mora postojati mogućnost da se odstoji. Na uređaj je prikopčano napajanje potrebno za rad elemenata na tom dijelu uređaja. Dva su spojna mjesta. Prvo spojno mjesto je industrijski konektor preko kojega se spaja prvi dio uređaja. Na njemu je PWM signal generiran iz PLC – a koji je potreban za ispravni rad dizni, te napajanje optičkog senzora Wenglor i signalni povrat prema PLC – u. Drugo spojno mjesto je priključak za medi pod tlakom. To je brza plastična spojnica za cijev Ø8.

## 4.1. TLAČNA POSUDA SA MEDIJEM

U tlačnu posudu korisnik ulijeva medij koji želi špricati po proizvodima. U ovom uređaju je ugrađena tlačna posuda tvrtke Thielmann. Model posude:

PTX 2, zapremni kapacitet tlačne posude 19.5 l, maksimalni radni pritisak 6 bar-a, minimalna operativna temperatura -20°C, maksimalna operativna temperatura 80°C

Korisnik mora biti oprezan koji tip medija ulijeva, točnije njegov viskozitet, o tome će biti govora na dijelu kada ću opisivati dizne. Nakon što je medij u posudi potrebno ju je zatvoriti. Na posudu je potrebno spojiti tlačni vod zraka. Posuda ima dva spojna mjesta. Jedno za izlaz medija iz posude a drugi za spoj tlačnog voda zraka. Razlika je u tome što je spoj za tlačni vod završava odmah na vrhu posude te se tako zrak pritišće medij na drugi spoj koji je izveden tako da je tanka cijev spuštена skoro do dna posude, što osigurava učinkovitiju potrošnju medija. Iz tog spoja „plavim crijevom“ Ø8 je dalje napravljena distribucija medija pod tlakom do potrošača odnosno dizni.



*Slika 8. Tlačna posuda / Autor slike 8: Thielmann*

## 4.2. FILTER

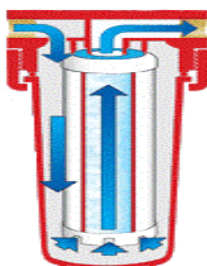
Ugradnjom filtera u sustav spriječen je ulazak većih nečistoća u mlaznice, što omogućava neprekidni rad mlaznica. Za ovaj uređaj odabran je filter tvrtke Atlasfilteri. Model u uređaju:

Kučiša filtera: Atlasfilteri 5“3P, maksimalni radni pritisak 8 bar, maksimalna radna temperatura 45°C, Filter uložak: Atlasfilteri RL SX poliesterni uložak, mrežica 50 mikrona.



Slika 9. Presjek filtera / Autor slike 9: Atlasfilteri

Kako bi to bilo moguće trake po kojima se kreću proizvodi su svakodnevno održavanje i čišćene. Linija na kojoj je ugrađen raspršivač se nalazi u pothlađenom ambijentalnom prostoru te temperatura okoline ne prelazi 20°C , što pospješuje duži rok upotrebe medija. Medij se skida s trake pomoću strugača na liniji te pada u posudu za prvi stupanj filtracije. Nakon te posude medij se pročišćava prije samog ulaska u tlačnu posudu s grubim filterom. Potom se sustav podiže na radni tlak i ostvaruje se 5 bara pritiska u tlačnoj posudi. Iz tlačne posude prije nego što medij dođe do dizni koje ga raspršuju po proizvodima ugrađen je filter granulacija 50 mikrona. S time se sprječava bilo kakva mogućnost da u sustav uđe onečišćenje koje bi moglo zaštopati sustava i onemogućiti normalan rad proizvodnje.

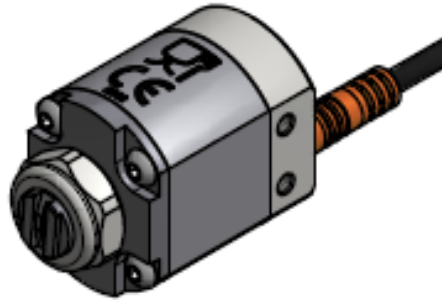


Slika 10. Princip rada filtera / Autor slike 10: Atlasfilteri



### 4.3. MLAZNICA (PULSAJET)

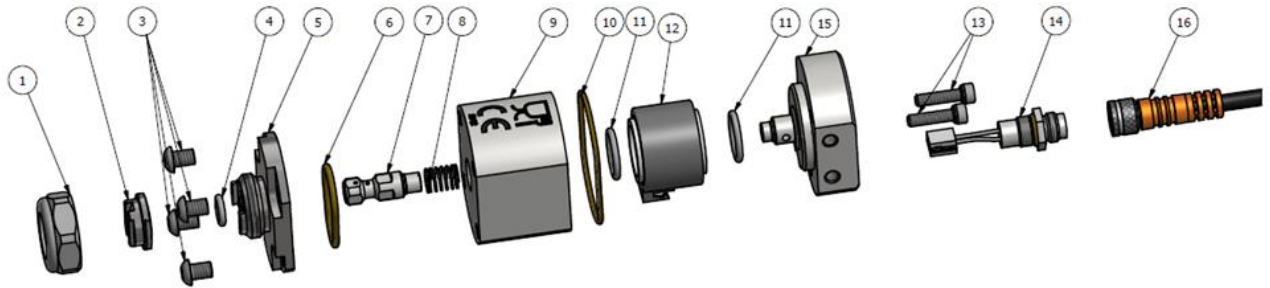
Mlaznice koje su upotrijebljene na ovom raspršivaču su AUH10000. Karakteristike mlaznica su: 10,000 ciklusa u minuti, snaga 0.36 A na 24 V DC, maksimalni pritisak 7 bar-a, maksimalna temperatura medija 93°C



Slika 11. Mlaznica AUH10000 / Autor slike 11: Spraying Systems Co.

Mlaznica (elementi pomoću kojih raspršujemo medij) su korištene od tvrtke Spraying Systems Co. Firma trenutno na tržištu u ponudi ima 250,000 različitih proizvoda koji se koriste u različitim sistemima u kojima je potrebno špricanje. Pulsajet je marka koji je baziran na špricanju medija u prehrambenoj industriji. Pulsajet marka automatskih dizni omogućava precizni namještanje mlaza medija s izvrsnim uzorkom raspršivanja integrirano u širokom rasponom mogućnosti različitih tipova mlaznica uključujući brzinu prekidanja do 10,000 ciklusa u minuti (166 ciklusa u sekundi), protokom do 59.8 litara u minuti i maksimalni pritisak zraka do 24 bar-a. Karakteristike mlaznica uvelike ovise o potlačenosti i gustoći medija koji kroz njih prolaze. Kako bi se maksimalno optimizirao učinak Pulsajet mlaznica potrebno optimizirati i stabilizirati tlak zraka u sustavu te koristiti brzinu blizu maksimalne brzine okidanja kako bi rezultat raspršivanja bio što kvalitetniji. Za te rezultate potrebno je upotrijebiti PWM (engl. *pulse width modulated*, hrv. modulirana širina impulsa) upravljanje nad kontrolom protoka medija kroz mlaznicu. Kako bi to bilo izvedivo koriste se napredni kontroleri koji imaju velike brzine ukapčanja ulazno/izlaznih kontakata. U ovom radu se koristi S7-1200 SIEMENS PLC koji ima mogućnost PWM regulacije do 100 kHz.

### 4.3.1. RAŠIRENI PRIKAZ MLAZNICE



Slika 12. Rašireni prikaz mlaznice / Autor slike 12: Spraying Systems Co.

1. Šestero stranična držač dizne izrađen nehrđajućeg čelika TIP:316
2. Dizna Unijet Tip po izbor izrađen nehrđajućeg čelika TIP:303
3. Vijci za držanje glave mlaznice izrađen nehrđajućeg čelika TIP:316
4. Brtveća gumica izrađena FDA kompatibilnog materijala
5. Držač dizne s mogućnosti otklona od 5 °izrađen nehrđajućeg čelika TIP:316
6. Brtveća gumica izrađena FDA kompatibilnog materijala
7. Klip izrađen FDA kompatibilnog materijala
8. Opruga izrađena nehrđajućeg čelika TIP:316
9. Kućište mlaznice izrađeno od nehrđajućeg čelika TIP:18-FM
10. Brtveća gumica izrađena FDA kompatibilnog materijala
11. Brtveća gumica izrađena FDA kompatibilnog materijala
12. Zavojnica ,24VDC oklopljena s FDA kompatibilnim materijalom
13. Vijci s FDA brtvećim gumicama za držanje gornjeg
14. Tropolni M8 električni konektor izrađen od nehrđajućeg čelika TIP:316
15. Gornji dio kućišta (kroz kojeg ulazi medij),sa 1/8 NPT (colni) navojem, izrađeno od nehrđajućeg čelika TIP:18-FM
16. Priključni kabel s M8 tropolnim konektorom

## 4.4. OPTIČKI REFLEKSIVNI SENZOR

Na ovom uređaju je korišten Wenglor optički reflektivni senzor model TW66PA3 karakteristika:

Preklopna histereza <15%, Duljina valnog oblika 880 nm, maksimalna ambijentalna svjetlost 10000 Lux, otvorni kut 12°, napajanje 10-30 VDC, radna temperatura -25°C do 60°C, pad napona nakon preklopa <2.5 V, IP67 nehrđajuće kućište, 3.klasa zaštitnog stakla, spojni konektor M12x1, maksimalna daljina prepoznavanja 1 m, preklopna frekvencija 250 Hz, vrijeme preklopa 2 ms.



Slika 13. Optički senzor / Autor slike 13: Wenglor

Za razliku od običnih laserskih senzora reflektivni optički senzori i jednom kućištu sadrže odašiljač i prijemnik. Objekt prepoznaju tako da odašiljač šalje svjetlosnu zraku u ovom slučaju 880 nm valne duljine pod kutom od 12° koja se odbija od objekta nazad u prijemnik. Kada prijemnik dobije ulaznu refleksiju tada elektronika unutar senzora procesira tu informaciju kao signal. Pošto svjetliji objekti reflektiraju više svjetlosti od tamnih objekata moguće je postići veću optičku udaljenost. Osjetljivost senzora je podesiva, regulacija se vrši s ugrađenim potenciometrom na kućištu senzora. Potenciometar se može okrenuti za 270° i ograničen je natpisima „Min“ i „Max“. Svrha optičkog senzora na raspršivaču u je detekcija nadolazećih proizvoda ispod raspršivača. Samim time uvedena je varijabla u raspršivač s kojom možemo regulirati kada će se nakon detekcije proizvoda dizne aktivirati. Tom varijablom su riješeni problemi koji nastaju ako je različita brzina proizvoda na liniji. Za različite proizvode linija se kreće u različitim brzinama što s ovakvom vrstom senzora prestaje biti problem. Optički senzor je smješten na vanjskoj strani kućišta raspršivača i moguće je regulirati njegovu udaljenost od dizni. Smješten je na poziciji kako ne bi male čestice medija koje tijekom rada dizni u neposrednoj blizini ne mogu pasti na zaštitno staklo senzora samim tim onesposobile ispravan rad senzora.

## **5. ELEMENTI U ELEKTRO ORMARU (NEPOMIČNI DIO UREĐAJA)**

Ugrađen je elektro ormar je dimenzija visina 0.4m, širina 0.4m, dubina 0.2m. Napravljen je od nehrđajućeg čelika 316. Kao i na svim elektro ormarima napoji kabao dolazi na sabirni dio ormara s kojega se dalje provlači ostali razvod napajanja unutar ormara. Priključni napon na elektro ormar je 230V AC. S lijeve strane ormara ugrađen je prekidač O/I s kojim se uređaj može ugaziti odnosno upaliti. Kada je uređaj upaljen na prednjoj strani (vratima ormara) ugrađena je indikacija u svjetlosnom obliku. Unutarnji razvod vodiča je razvrstan i složen unutar PVC kanalice za sortiranje vodiča. Uređaji koji su u elektro ormaru rade na naponu od 24 V DC stoga ga je potrebno spustiti i ispraviti s 230V. To postizemo s ispravljačem napona. Nakon toga imamo potreban napon u ormaru za spajanje drugih uređaja. Prvi sljedeći uređaj je Siemensov PLC S7-1212 u kojemu se nalazi operativni program koji je koji je potreban za rad raspršivača. S7-1212 je spojen PROFINETOM s ekranom osjetljivim na dodir te preko njega mijenjamo parametre rada raspršivača (u ovoj izvedbi 3 parametra te su u njemu pohranjeni programi kako bi operateru bilo jednostavnije mijenjati način špricanja ovisno o proizvodu koji je potrebno špricati). Nakon što je ostvarena komunikacija i program je upisan tada s izlaza PLC – a aktivira se SSR (s ovim korakom se radi zaštita PLC-a ako dođe do kratkog spoja na potrošačkoj strani). Impuls s kojim pokrećemo raspršivač dolazi od optičkog senzora koji je spojen preko konektora koji se nalazi s desne strane električkog ormara. Izlazi SSR-a također su spojeni na isti konektor.

## 5.1. NAPAJANJE 24VDC

Dolazni napon u elektro ormar je 220 VAC. Za normalan rad uređaja koji se koriste u raspršivaču potrebno je taj napon spustiti na 24 VDC. Za to je odabran uređaj od tvrtke Cubar model XCSF85C.

Tehničke karakteristike napajanja: podesivi izlazni napon 23-27.5 V DC, maksimalna izlazna struja  $6A > 30\text{ s}$ , maksimalni kratkotrajni strujni impuls 10 A na 50 ms, izlazna snaga uređaja 85 W

Elementi koji se napajaju su: PLC, ekran osjetljiv na dodir, SSR, optički senzor i tipkala na elektro ormaru. Mlaznice se napajaju preko SSR-a



Slika 14. Elektro ormar / Autor slike 14: Antun Omrčen

## 5.2. EKRAN OSJETLJIV NA DODIR

Ekran osjetljiv na dodir (engl. *touchscreen*). Na ovom uređaju je korišten model karakteristika:

Wintek – 4,3“ TFT dijagonala ekrana, 24 bit ,rezolucije 480x272, procesor 32 Bit RISC CPU 600 MHz, IP66 Aluminijsko kućište, 128 MB memorije /64 MB RAM, USB, Ethernet ,COM1, COM4, Audio priključak, radna temperatura -20°C do 70°C, mogućnost E-mail alarmiranja i podrška za VNC., kroz njega programiramo kroz programsku podršku EASY BUILDER PRO.



Slika 15. Ekran osjetljiv na dodir / Autor slike 15: Wintek

Ekran osjetljiv na dodir programiramo kroz programsku podršku EASY BUILDER PRO. Na ekranu su vizualno prikazani promjenjivi parametri s kojima operater postiže najučinkovitiji rezultat. Parametri su postavljeni u širokom području kako korisnik ne bi bio ograničen na samo jedan tip medija i za određeni broj dizni. Kroz ekran operator vrši promjenu parametara (kroz postotnu vrijednost). Tako prilagođava količinu medija koja izlazi iz dizni. Izgled svih ekrana se nalazi u prilogu. U ekran je ugrađena funkcija pohrane informacija o trenutno aktivnim parametrima, što uvelike olakšava operaterima da pod različitim imenima pohrane različite parametre kako kroz svaku sljedeću uporabu mogu koristiti već isprobane i najučinkovitije podešene parametre. Preko ekrana operator direktno kroz PROFINET komunikaciju mijenja parametre pohranjene na PLC (u ovom slučaju S7-1212).

Na njemu je također ponuđen odabir korištenja raznih dodatnih opcija koje trenutno nisu uključene u ovaj uređaj ali se lagano mogu dodati u rad uređaja. Te ako su priključeni na ekranu se pojavljuju i moguće ih je koristiti. Dodatne opcije uključuju: encoder, razinu medija u spremniku...

### 5.3. PLC

PLC (engl. *programmable logic controller*) je programabilni logički kontroler što znači da je to tip industrijski prilagođenog računala (otporan je na teške uvjete rada i široko područje temperatura). Ovdje je odabran uređaj:

SIMATIC S7-1200, CPU 1212C, COMPACT CPU, DC/DC/DC, Hardverski ulazi/izlazi I/O: 8 DI 24 VDC; 6-24 VDC; 2 AI 0-10 VDC, Napajanje: DC 20.4 - 28.8 VDC, Memorija: 75 KB



Slika 16. S7-1212 PLC / Autor slike 16: Siemens

S7-1200 kontroler omogućava fleksibilnost kontrole širokog spektra uređaja za razne aplikacije u automatici. Čvrst dizajn, fleksibilnost konfiguracija i razni set programskih jezika čine S7-1200 idealno rješenje za široke primjene u automatici. CPU (engl. *central processing unit*, hrv. centralna procesna jedinica) spaja mikroprocesor, integrirano napajanje, ulazne i izlazne krugove s dodatnim brzim prekidanjem za kontrolu specijalnih aplikacija, ugrađeni PROFINET te ugrađenu analognu karticu za očitavanje i kontrolu analognih vrijednosti.

Nakon što je u PLC snimljen program, CPU sadrži logiku potrebnu za nadzor i kontrolu ostalih uređaja u sustavu. CPU nadzire i kontrolira ulaze te mijenja izlaze prema već u njemu učitanoj programu, koji uključuje Boolean-ovu logiku, brojače, vremenska okidanja, kompleksne matematičke opcije i komunikaciju s ostalim uređajima unutar sistema. CPU omogućava PROFINET priključak ali dodatno je moguće priključiti modele za komunikaciju preko PROFIBUS-a, GPRS, RS485 ili RS232 komunikacijskih protokola.

Na PLC-u se nalazi program koji operater može mijenjati kako bi postigao optimalni rezultat raspršivanja. Parametri koje operater unosi u ekran osjetljiv na dodir se direktno upisuju u memoriju PLC-a. U njemu se nalaze programi koje korisnik može spremiti kako bi već imao postavljene parametre za određeni proizvod. Program je izrađen u *ladder* logici. Za programiranje PLC-a koristio sam TIA Portal od Siemens. U njemu se nalaze sve funkcije koje su potrebne za rad uređaja.



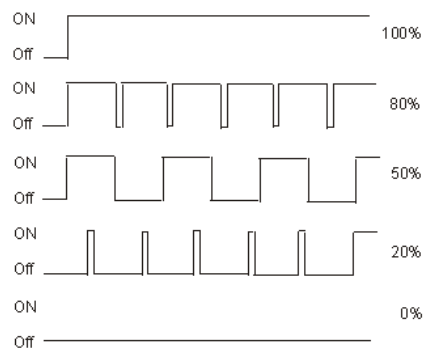
## 5.4. LOGIKA U KOJOJ JE IZVEDEN PROGRAM

Programska podrška unutar TIA PORTALA-a podržava pisanje programa u različitim oblicima prikaza i izvršavanja programa. Program je prikazan u blokovima redosljed izvršavanja blokova ovisi o redosljedu kako su blokovi posloženi. Blokovi mogu biti napisani u različitim logikama koje su podržane ovisno o kojem modelu uređaja se radi. Osnovni način izvršavanja logike koja je napisana unutar blokova je organizirana pomoću *network-a*. Kvalitetna organizacija unutar programa/blokova je iznimno bitna kada se radi o većim programima i ako isti program čita/koristi više programera. Tri su osnovna oblika prikaza logičkih naredbi unutar S7-1200 serije PLC-a. LAD (engl. *ladder logic*, hrv. ljestvičasta logika), FBD (engl. *function block diagram*, hrv. Funkcijski blok dijagram) i SCL (engl. *structured control language*, hrv. strukturni jezik kontrole). Svaki od tri prikaza u pozadini obavljaju istu funkciju, ali način izvedbe programa ovisi o programeru koji izrađuje program. Različiti blokovi unutar programa mogu biti napisani u drugačijim logikama. To ovisi o kompleksnosti samoga bloka i funkcije koju obavlja. Svaki od logičkih prikaza ima svoje prednosti za jednostavnije obavljanje različitih funkcija. FBD logika se najčešće upotrebljava kod jednostavnijih programa i kod organizacije manjih brojeva blokova. Razlog toga je nepreglednost i teže snalaženje unutar programa. LAD logika se najčešće koristi u praksi radi jednostavnosti snalaženja unutar programa. S osnovnim funkcijama je pokrivena većina radnji koje se primjenjuju u praksi. Program za raspršivač sastavljen je u LAD logici. SCL pruža najveću fleksibilnost pisanja programa. Program nije ograničen blokovima za izvršavanje pojedinih funkcija. Izvršavanje programske bloka definirano je pismenim varijablama, te odnos kako će se koja izvršavati napisana je u tekstualnom obliku. Kroz SCL moguće je izvršavati kompleksnije radnje s ulaznim varijablama kao što su složenije matematičke funkcije, PID regulaciju i slično.

## 5.5. PWM

PWM (engl. *pulse width modulated*, hrv. modulirana širina impulsa) je metoda generiranja analognog signala koristeći digitalni izvor. PWM signal se opisuju dvije glavne komponente a to su broj ciklusa i frekvencija. Broj ciklusa opisuje vrijeme u kojem je signal upaljen (ON) u postotku ukupnog vremena potrebnog za dovršetak jednog ciklusa. Frekvencija određuje koliko brzo PWM-u završava ciklus (primjerice 10 Hz bi bilo 10 ciklusa u sekundi, stoga koliko puta prebaci između ON i OFF stanja. Tretiranjem digitalnog signala s PWM metodom na određenom broju ciklusa izlazni rezultat uređaja će biti jednak ako bi uređaj napajali analognim signalom. PWM signali se koriste za široke primjene kontrola uređaja. Glavne aplikacije u kojima se koriste za kontrolu su DC motori ali se primjenjuje u kontroli ventila, pumi, hidrauličnim i ostalim mehaničkim dijelovima. Frekvencija PWM signala treba biti podešena ovisno aplikaciji i vremenu odziva sustava kojega pokreće. Primjerice grijači elementi i tromiji sustavi s frekvencijom 10-100 Hz, DC motori i elektro ventili s 5 -10 kHz, audio pojačala s 20-200 kHz ili više ovisno o sustavu.

Koristeći PWM metodu kontrole nad protokom medija kroz dizne postićemo izvrsne rezultate u raspršivanju medija. Metoda sam omogućava jednostavnu i vrlo preciznu kontrolu nad protokom bez podešavanja tlaka medija kako bi utjecali na raspršenost medija, smanjuje stvaranje većih kapljica za razliku od obične kontrole protoka i pritiska.



Slika 17. Prikaz PWM modulacije / Autor slike 17: circuitdigest

## 5.6. POLUVODIČKI RELEJ (SSR)

Ugradnjom SSR-a u sustav osiguravamo izlazne krugove PLC-a od izgaranja u slučaju kvara uređaja koji bi uzrokovao krati spoj na izlaznom krugu PLC-a. Ugrađen je SSR tvrtke ELCO



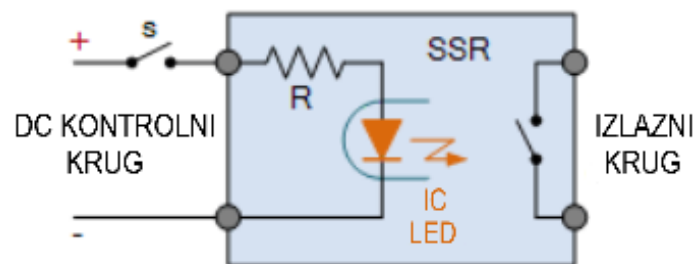
Slika 18. SSR sa podnožjem / Autor slike 18: TME

Postoje različite izvedbe SSR-a ali jedna od glavnih je izvedbi je preko *optocoupler-a* (hrv. optički spreznik). Za razliku od elektro-mehaničkih releja kojima se koristi zavojnica, magnetsko polje, opruga i mehanički kontakti kako bi se postiglo ukapčanje izlaznih kontakata, *Solid-state relay* ili SSR nema pomičnih dijelova nego koristi električka i optička svojstva poluvodiča kako bi izvršio ukapčanje i istovremeno odvojio ulaz signal od izlaznog ukapčanja. Isto kao i normalni elektro-mehanički relej SSR omogućava potpunu elektro izolaciju između ulaznih i izlaznih kontakata s karakteristikama običnog elektor prekidača koji ima vrlo visoki, skoro beskonačni otpor dok je u nevodljivom (otvoreni kontakt) stanju, te vrlo mali otpor dok je u vodljivom stanju (zatvoreni kontakt). SSR može biti dizajniran za prekidanje AC i DC struja koristeći triak ili tranzistore na izlazu. SSR i elektro-mehanički releji u srži su slični po tome što s vrlo niskim strujama na ulazu prekidaju i kontroliraju vrlo visoke struje na izlazu. Elektro-mehanički releji su limitirani brojem ukapčanja zbog mehaničke izvedbe kontakata, te samim time i brzinom ukapčanja/iskapčanja izlaznih kontakata. Što kod SSR-a nije slučaj. Glavna prednost kod SSR-a nad običnim elektro-mehaničkim relejima je ta što nema pomičnih dijelova koji se mogu istrošiti te samim time problema s ukapčanjem.

Bez ograničenja radi mehaničkih dijelova SSR može prebacivati „ON“ i „OFF“ stanje puno brže od običnih elektro-mehaničkih releja. Mana SSR-a je kod ukapčanja vrlo visokih struja (<150 A) radi disipacije topline koja se razvija na poluvodičkim elementima te je isplativije rješenje elektro-mehanička izvedba releja.

### 5.6.1. KONTROLA ULAZA SSR-A

Jedna od glavnih komponenti SSR-a je *optocoupler* koji sadrži jedni(ili više ovisno o izvedbi) infra-crvenu led diodu ili izvor svjetlosti sa svjetlosno osjetljivim elementima u jednom kućištu. *Optocoupler* izolira (galvanski odvaja) ulazni krug od izlaznog kruga. Kada struja prođe kroz LED (engl. *light emitting diode*, hrv. dioda koja emitira svjetlo) u ulaznom krugu pritom stvara optičko uparivanje ulaznog i izlaznog kruga sa svjetlosno osjetljivim elementima poput svjetlosno osjetljivog tranzistora, trijaka i slično, te ih tim putem aktivira što rezultira ukapčanjem izlaznog kruga. Obično je potreban nisko voltan signal za aktivaciju (obično 3 V DC) ,a jedina veza između ulaznog i izlaznog kruga je zraka svjetlosti. Ulazni krug na SSR se može sastojati samo od jednog otpornika u seriju s LED kako bi se postiglo zatvaranje izlaznog kruga (slika 19.), ali s kompleksnijim rješenjima i regulacijama na ulazu mogu se postići razne funkcije kao filtriranje signala, aktivacija logičkih kontroler-a i razne funkcije.



Slika 19. Princip rada SSR-a / Autor slike 19: Antun Omrčen

## **5.6.2. KONTROLA IZLAZA SSR-A**

Mogućnosti uklapanja izlaza SSR-a mogu AC ili DC što ovisi o elementu koji se nalazi u njemu. Kod standardnih izvedbi SSR-a izlazni krug je konfiguriran za jedan tip uklapanja koji je ekvivalent normalno-otvorenom jednopolnom kontaktu. Za većinu DC aplikacija sa SSR-ovima se koriste tranzistori, Darlingtonov par i MOSFET-ovi. Dok za AC aplikacije sa SSR-ovima se koriste trici. Tiristori se koriste za potrebe spajanja visokih struja i napona.

# **6. PROGRAMI KORIŠTENI U IZRADI RASPRŠIVAČA**

## **6.1. TIA PORTAL**

TIA Portal (engl. Totally Integrated Automation)– Potpuno integrirani portal za automatizaciju. TIA Portal pruža neograničeni pristup cjelovitom nizu digitaliziranih automatizacijskih usluga, od digitalnog planiranja i integriranog inženjerstva do transparentnog rada. Sve složeniji procesi u industrijskoj proizvodnji rezultiraju većim zahtjevima tehnologije automatizacije u pogledu performansi, funkcionalnosti i učinkovitosti. Siemens daje odgovor na trenutnu tehnologiju automatizacije i bazu, koja je integrirana unutar jednog alata, TIA Portal. Sve važne komponente automatizacije integrirane su u TIA Portal, tako da sve možete programirati od kontrolera, periferija i pogona do HMI-a, sigurnosti i kontrole pokreta ili čak upravljanja energijom. Konzistentna baza podataka i knjižnice s uobičajenim funkcijama čine inženjering bržim i još jednostavnijim.

## **6.2. EASY BUILDER PRO**

Weintek Top Software R&D grupa ne prestaje nadograditi EasyBuilder, snažan softver koji uvelike pojednostavljuje vizualizirano uređivanje projekta i podržava više vrsta komunikacijskih protokola: Ethernet/IP, Modbus TCP. Korisnicima je osigurano da s lakoćom komuniciraju s perifernim uređajima i da brzo izvedu projekte u najkraćem mogućem roku. Korisnički definirane oznake na različitim jezicima mogu se unaprijed izgraditi i spremiti u knjižnu oznaku oznake. Kada su relevantni tekstovi potrebni, oznaka se može brzo odabrati i prikazati u projektnim datotekama. Komunikacijski parametri mogu se automatski postaviti pomoću PLC-a. Te mnoge druge prednosti sadržane su u ovom alatu.

## **6.3. EPLAN**

Program EPLAN nudi široki spektar mogućnosti za planiranje projekata, dokumentaciju i menadžment automatizacijskih projekata. Automatska izrada detaljnih izvješća temeljena na dijagramima ožičenja sastavni je dio sveobuhvatnog dokumentacijskog sustava i osigurava kasnije faze projekta kao što su proizvodnja, montaža, puštanje u pogon i servis s potrebnim podacima. Inženjerske podatke iz drugih područja projekta mogu se razmjenjivati putem sučelja s CAE softverom, čime se jamči dosljednost i integracija tijekom čitavog procesa razvoja proizvoda.

## 7. PROFINET IO

PROFINET komunikacija je otvoreni protokol, neovisan o proizvođačima opreme te zadovoljava normu IEC 61158/61784. PROFINET je izgrađen na standardima Ethernet tehnologije, PROFINET IO koristi tradicionalni Ethernet hardver i softver za definiranje mreže koja strukturira zadatak razmjene podataka, alarma i dijagnostike s programabilnim kontrolerima i drugim kontrolerima automatizacije

PROFINET IO je vrlo sličan Profibusu na Ethernet. Dok Profibus koristi cikličku komunikaciju za razmjenu podataka s programabilnim kontrolerima uz maksimalnu brzinu od 12 MB baud, PROFINET IO koristi ciklički prijenos podataka za razmjenu podataka s programabilnim kontrolerima preko Etherneta. Kao i kod Profibusa, programabilni kontroler i uređaj moraju imati prethodno razumijevanje strukture podataka i značenja. U oba sustava podaci su organizirani kao utori koji sadrže module s ukupnim brojem I/O bodova za sustav zbroj I/O bodova za pojedine module

PROFINET IO koristi tri različita komunikacijska kanala za razmjenu podataka s programabilnim kontrolerima i drugim uređajima. Standardni TCP/IP kanal koristi se za parametriranje, konfiguraciju i operacije *acyclic read/write*. RT ili Real Time kanal koristi se za standardni ciklični prijenos podataka i alarme. RT komunikacija zaobilazi standardni TCP/IP sučelje kako bi se ubrzao razmjenu podataka s programabilnim kontrolerima. Treći kanal, *Isochronous Real Time (IRT)* je vrlo visoki brzinski kanal koji se koristi za aplikacije *Motion Control*

TCP/IP je uobičajena oznaka grupe protokola koju još nazivamo IP grupa protokola (engl. *IP protocol suite*). Naziv je ova grupa protokola dobila prema dva najvažnija protokola iz te skupine: TCP (engl. *Transmission Control Protocol*) te prema samom IP protokolu. TCP/IP omogućuje komunikaciju preko raznih međusobno povezanih mreža i danas je najrasprostranjeniji protokol na lokalnim mrežama, a također se na njemu zasniva i globalna mreža Internet.

PROFINET kablo je spojen s RJ45 konektorom koji je u izveden u metalnom kućištu kako bi se eliminirale bilo kakve smetnje kroz kabel tijekom komunikacije. Među ostalim funkcijama u sebi podržava *crossover* funkcionalnost te komunikaciju između uređaja do 10/100 Mbit/s. Jedna od velikih prednosti PROFINET komunikacije je što odgovara standardima u mrežnoj komunikaciji što omogućava brz i jednostavan način pristup uređajima WEB serverima. Velika većina uređaja koji podržavaju PROFINET komunikaciju se mogu do određenog nivoa konfigurirati i upravljati preko običnih WEB preglednika, što olakšava rad s tim vrstama uređaja.

Prednosti PROFINET-ta na odnosu na druge komunikacije koje se koriste u industrijskim rješenjima (primjerice serijska komunikacija, PROFIBUS komunikacija i druge) su velika fleksibilnost, brzina i pouzdanost komunikacijskog protokola. Široki spektar uređaja koji rade na isti princip komunikacije uvelike olakšava dostupnost uređaja za širenje mrežnog sučelja. Primjerice dizanje wireless signala unutar mreže uvelike olakšava parametrisiranje i korištenje uređaja na mreži.



Slika 20. Presjek PROFINET kabela / Autor slike 20: Leoni



## ZAKLJUČAK

Iz iskustva koje sam stekao radeći poznati su mi bili principi rada sličnih uređaja ali samo kroz teoriju. Nakon što je projekt bio odobren susreo sam se s praktičnim problemima na koje tada nisam imao odgovor. Bila mi je poznata teorija načina funkcioniranja automatskih mlaznica, način podešavanja PWM modulacije, pisanje programa u raznim programima potrebnim za izradu cjelokupnog projekta ali to nije bilo dovoljno za uspješno savladavanje problematike s kojom sam se susreo. Najveći problem koji mi je ujedno najviše produžio izradu rada nisu bili mehanički zahvati nego pravilna kontrola izlaznog signala s PWM modulacijom za ispravnu kontrolu mlaznica. Pogrešnom kontrolom nije moguće dobiti potrebnu raspršenost medija na određenu površinu proizvoda. Pritisak zraka u boci te temperatura medija su faktori koji isto određuju kvalitetu raspršivanja. Nakon mjesec dana testiranja postigao sam optimalne postavke kako upravljati mlaznicama. Uređaj je trenutno ugrađen na liniju te ispravno i bez poteškoća radi 20 tak sati dnevno. Na početku projekta predviđene su dodatne funkcije za uređaj kao što su encoder (za mjerenje brzine trake), digitalni regulator tlaka, i mnoge druge funkcionalnosti ali zbog potrebe brze realizacije projekta nisu ugrađene.



Slika 21. Slika raspršivača ugrađenog na liniji / Autor slike 21: Antun Omrčen

## CONCLUSION

*From the experience I gained through work , I was familiar with the principles of similar devices but only in theory. After the project was approved, I encountered practical problems that I had no answer at the time. I was familiar with the theory of how to operate automatic nozzles, how to adjust PWM modulation, write programs in the various programs needed to make the whole project, but that was not enough to successfully overcome the issues I encountered. The biggest problem that I had was not the mechanical operation but the proper control of the output signal with PWM modulation for correct nozzle control. Wrong control can not get the necessary dispersion of the media on a certain surface of the product. Pressure of the air in the bottle and the temperature of the medium are factors that also determine the quality of the spraying. After a month of testing, I have achieved the optimal settings of how to operate with nozzles. The device is currently installed on the line, and it is working for approximately 20 hours a day. At the beginning of the project, additional functions for the device are envisaged, such as speed encoder, digital pressure regulator, and many other functionalities but because of the need for quick project realization are not built-in.*

# LITERATURA

- [http://www.spray.com/markets\\_and\\_applications/food.aspx](http://www.spray.com/markets_and_applications/food.aspx) (11.01.2018.)
- <https://www.puratos.com/> (11.01.2018.)
- <https://www.siemens.com/hr/hr/home.html> (12.01.2018.)
- <https://hr.wikipedia.org/wiki/TCP/IP> (12.01.2018.)
- <https://dmliefer.ru/sites/default/files/documents/wenglor/tw66pa3.pdf> (13.01.2018.)
- [https://cache.industry.siemens.com/dl/files/465/36932465/att\\_106119/v1/s71200\\_system\\_manual\\_en-US\\_en-US.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/465/36932465/att_106119/v1/s71200_system_manual_en-US_en-US.pdf) (13.01.2018.)
- [http://www.spray.com/literature\\_pdfs/German/B603B-EN-D\\_PulsaJet\\_Nozzles.pdf](http://www.spray.com/literature_pdfs/German/B603B-EN-D_PulsaJet_Nozzles.pdf) (13.01.2018.)
- [www.spray.com/v1/cat70m/cat70mpdf/ssco\\_cat70m\\_g.pdf](www.spray.com/v1/cat70m/cat70mpdf/ssco_cat70m_g.pdf) (13.01.2018.)
- <https://www.electronics-tutorials.ws/power/solid-state-relay.html> (18.01.2018.)
- <https://knowledge.ni.com/KnowledgeArticleDetails?id=kA00Z0000019OkFSAU> (18.01.2018.)
- <http://www.atlasfiltri.com/en/products/sediment-filter-cartridges/surface-filtration/rl-sx> (18.01.2018.)
- <http://www.atlasfiltri.com/en/products/water-filter-housings/cold-water/mignon-plus> (04.02.2018.)
- [http://www.cabur.it/catalogo/elettronica/e\\_cat\\_023.pdf](http://www.cabur.it/catalogo/elettronica/e_cat_023.pdf) (04.02.2018.)
- <https://www.eplan.de/en/solutions/electrical-engineering/eplan-electric-p8/> (04.02.2018.)
- <https://www.siemens.com/global/en/home/products/automation/industry-software/automation-software/tia-portal.html> (04.02.2018.)
- <https://www.siemens.com/global/en/home/products/automation/industry-software/automation-software/tia-portal/integrated-engineering.html> (08.02.2018.)
- <https://www.rtaautomation.com/technologies/profinet-io/> (08.02.2018.)
- <https://www.tme.eu/hr/details/zm-3.5/releji-ssr-jednofazni/elco/zm-35/> (08.02.2018.)
- [https://www.tme.eu/hr/Document/296e4c5675fd286f959bf70f3fab805/SSR%2021\\_20.pdf](https://www.tme.eu/hr/Document/296e4c5675fd286f959bf70f3fab805/SSR%2021_20.pdf) (08.02.2018.)
- <https://thielmann.com/product/pressure-vessel/> (08.02.2018.)

# **PRILOG 1**

U prilogu se nalazi PLC program i električna shema uređaja.