

AUTOMATSKA DOJAVA GREŠAKA PEĆI NA DRVNU MASU

Razumić, Jurica

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

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:128:445614>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-06**



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 PRIJEDIPLOMSKI STUDIJ MEHATRONIKA

JURICA RAZUMIĆ

AUTOMATSKA DOJAVA GREŠAKA PEĆI NA
DRVNU MASU

ZAVRŠNI RAD

Mentor: dr. sc. Vladimir Tudić, prof. struč. stud.

KARLOVAC, 2024.

PREDGOVOR

Ovaj završni rad bavi se automatizacijom kotlovnica na drvenu masu, koristeći PLC i GSM modul za praćenje rada i dojavu grešaka. Fokus je na povećanju sigurnosti i učinkovitosti sustava. Rad obuhvaća teorijski pregled tehnologije i analizu stvarnih uvjeta rada, s prijedlozima za unaprjeđenje.



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
Karlovac University of Applied Sciences

Klasa:
602-11/___-01/___

Ur.broj:
2133-61-04-___-01

Datum:

ZADATAK ZAVRŠNOG / DIPLOMSKOG RADA

Ime i prezime	JURICA RAZUMIĆ		
OIB / JMBG			
Adresa			
Tel. / Mob./e-mail			
Matični broj studenta	0248080377		
JMBAG	0112621004		
Studij (staviti znak X ispred odgovarajućeg studija)	<input checked="" type="checkbox"/> preddiplomski	<input type="checkbox"/> specijalistički diplomski	
Naziv studija	Prijediplomski stručni studij mehatronike		
Godina upisa	2021./2022.		
Datum podnošenja molbe	13.09.2024.		
Vlastoručni potpis studenta/studentice	<i>Razumić</i>		

Naslov teme na hrvatskom:

AUTOMATSKA DOJAVA GREŠAKA PEĆI NA DRVNU MASU

Naslov teme na engleskom:

BIOMASS FURNANCE AUTOMATIC NOTIFIER

Opis zadatka:

Mehatronički sustav sastavljen od senzora, PLC-a, GSM modula, koji služi za slanje SMS poruka u slučaju da vrijednosti senzora koji su postavljeni na peći odstupaju od zadane vrijednosti.

Mentor:

Dr. sc. Vladimir Tudić prof. struč. stud

Predsjednik Ispitnog povjerenstva:

SAŽETAK

Tema ovog završnog rada je opis sustava za automatsko dojavljivanje grešaka u kotlovnici na drvenu masu koristeći PLC i GSM modul. Sustav prati rad kotlovnice, a u slučaju kvara, PLC aktivira GSM modul koji šalje SMS s detaljima greške odgovornoj osobi. Time se osigurava brza reakcija i povećava sigurnost rada. Rad uključuje teorijski pregled tehnologiju te analizu učinkovitosti sustava u stvarnim uvjetima, s prijedlozima za daljnje unaprjeđenje.

SUMMARY

The topic of this final thesis is the description of a system for automatic error reporting in a biomass boiler room using a PLC and GSM module. The system monitors the operation of the boiler room, and in the event of a malfunction, the PLC activates the GSM module, which sends an SMS with error details to the responsible person. This ensures a quick response and increases operational safety. The thesis includes a theoretical overview of the technology and an analysis of the system's efficiency in real-world conditions, along with suggestions for further improvements.

KLJUČNE RIJEČI

Proces, automatizacija, kotlovnica, PLC,

KEYWORDS

Process, automatization, boiler room, PLC

Popis slika:

Slika. 1 Topling SASP 2500 Izvor: Proizvođač.....	16
Slika. 2 Tlocrt kotlovnice Izvor: Autor.....	17
Slika. 3 Shematski prikaz razvoda ormara Izvor: Autor	19
Slika. 4 Shema spajanja PLC-a na napajanje Izvor: Autor.....	19
Slika. 5 Spajanje GSM modula na napajanje Izvor: Autor.....	20
Slika. 6 PLC digitalni izlazi Izvor: Autor.....	20
Slika. 7 PLC digitalni ulazi Izvor: Autor	21
Slika. 8 PLC analogni ulazi Izvor: Autor	21
Slika. 9 Razvodni ormarić Izvor: Autor.....	22
Slika. 10 Montiran senzor tlaka Izvor: Autor.....	23
Slika. 11 Montiran senzor temperature Izvor: Autor	23
Slika. 12 Unutrašnjost razvodnog ormarića Izvor: Autor	23
Slika. 13 Početni zaslon PLC-a Izvor: Autor	24
Slika. 14 Postavke PLC-a Izvor: Autor	25

Popis tablica:

Tablica 1. Popis dijelova	15
---------------------------------	----

SADRŽAJ:

1. UVOD.....	7
2. PEĆI NA KRUTA GORIVA.....	8
2.1 Općenito o pećima na kruta goriva.....	8
2.2 Peći na drvenu sječku.....	10
2.3 Problemi s izgaranjem u pećima na kruta goriva.....	13
2.4 Posebni problemi u pećima na drvenu sječku.....	14
3. PRAKTIČNI DIO.....	17
3.1 Pregled kotlovnice.....	17
3.2 Popis potrebnih dijelova.....	18
3.3 Izrada sheme spajanje.....	19
3.4 Montaža i spajanje.....	22
3.5 Opis sustava i uputstva za rad.....	24
4. RASPRAVA AUTORA.....	28
5. ZAKLJUČAK.....	29
6. LITERATURA.....	30

1. UVOD

Peći na kruta goriva predstavljaju jedan od najstarijih i najrasprostranjenijih sustava grijanja, koristeći različite vrste goriva poput drva, ugljena, peleta i drvene sječke za proizvodnju toplinske energije (Dukić, 2018). Ove peći, iako su u mnogim urbanim sredinama zamijenjene modernijim sustavima grijanja, i dalje zadržavaju svoju popularnost u ruralnim područjima te u industrijskim postrojenjima zahvaljujući svojoj visokoj učinkovitosti i ekonomičnosti (Dukić, 2018; Horvat, 2015). Njihova uporaba zahtijeva razumijevanje složenih procesa izgaranja te pravilno održavanje kako bi se postigli optimalni rezultati i smanjio negativan utjecaj na okoliš (Horvat, 2015).

U praktičnom dijelu ovog rada posebna je pažnja posvećena analizi peći na drvenu sječku, koja predstavlja ekološki prihvatljiviji izvor energije u odnosu na tradicionalna fosilna goriva. Eksperimentalno je ispitana učinkovitost izgaranja ovog goriva, a analizirani su i parametri koji utječu na potpunost izgaranja i energetske učinkovitost. Nadalje, u radu je razvijen sustav za automatsko dojavljivanje grešaka u kotlovnici, što je ključno za sigurnost i dugoročnu pouzdanost rada peći, osobito u industrijskim uvjetima gdje su prekidi u radu neprihvatljivi. Ovaj rad pruža uvid u praktične aspekte rada peći na kruta goriva te doprinosi razumijevanju njihovih prednosti i izazova.

2. PEĆI NA KRUTA GORIVA

2.1 Općenito o pećima na kruta goriva

- **Kamini:** Otvoreni ili zatvoreni, kamini koriste drva kao glavno gorivo i često služe ne samo za grijanje već i kao estetski element u prostoru.
- **Sobe peći:** Ove peći su dizajnirane za grijanje jedne ili više prostorija, a mogu koristiti drva, ugljen ili pelete.
- **Štednjaci na čvrsto gorivo:** Osim što griju prostor, ovi štednjaci se koriste i za kuhanje hrane. Najčešće koriste drva ili ugljen.
- **Peći na pelete:** Modernije verzije peći koje koriste pelete, komprimirani drveni materijal. Učinkovite su i često dolaze s automatskim sustavima za doziranje goriva.

Goriva za peći

- **Drva:** Najčešće korišteno gorivo zbog svoje dostupnosti. Drva se mogu koristiti u obliku cjepanica ili briketa.
- **Ugljen:** Koristi se zbog visoke kalorijske vrijednosti, ali ima veće emisije štetnih plinova u usporedbi s drvetom.
- **Peleti:** Komprimirani cilindri napravljeni od drvene piljevine ili drugih ostataka biomase. Peleti imaju visoku energetska vrijednost i niske emisije.
- **Briketi:** Napravljeni su od komprimiranog drveta, ugljena ili drugih biomaterijala. Imaju visok udio energije i dugo gore.

Učinkovitost

Moderne peći na kruta goriva daleko su učinkovitije od starijih modela. Bolje iskorištavaju gorivo, smanjuju emisije štetnih plinova i pružaju više topline uz manju potrošnju goriva. Izolacija i kontrola izgaranja: Mnoge peći sada dolaze s regulacijom protoka zraka i temperature, što omogućava bolje kontrolirano izgaranje i veću učinkovitost.

Ekološki aspekti

Peći na kruta goriva, posebno one koje koriste ugljen, mogu emitirati značajne količine CO₂ i drugih štetnih plinova, kao što su SO₂ i NO_x. Zbog toga se savjetuje korištenje učinkovitijih peći i ekološki prihvatljivijih goriva, kao što su peleti ili suha drva. Drva i peleti smatraju se obnovljivim izvorima energije, pod uvjetom da dolaze iz održivih šuma.

Prednosti i nedostaci

- **Prednosti:**

- Ekonomičnost: Prikladne su u područjima gdje su drva ili drugi oblik čvrstog goriva lako dostupni.
- Neovisnost o elektroenergetskoj mreži: Većina peći na kruta goriva ne ovisi o struji.
- Visoka toplinska moć: Posebno kod peći koje koriste ugljen ili pelete.

- **Nedostaci:**

- Onečišćenje: Emitiraju dim i štetne plinove, posebno u neučinkovitim ili starim pećima.
- Skladištenje: Zhtijevaju prostor za skladištenje goriva, što može biti nepraktično u urbanim sredinama.
- Radna snaga: Potrebno je redovito loženje, čišćenje i održavanje.

Pravilna upotreba i održavanje

Redovito održavanje dimnjaka ključno je kako bi se spriječila pojava požara i osigurala maksimalna učinkovitost peći. Pepeo se mora redovito uklanjati kako bi peć radila optimalno, a pepeo se može koristiti i kao gnojivo u vrtu. Uvijek je bolje koristiti suha drva jer vlažna drva smanjuju učinkovitost izgaranja i povećavaju stvaranje čađe i dima.

Pravna regulativa

U nekim zemljama postoje stroge regulative koje ograničavaju emisije iz peći na kruta goriva, osobito u urbanim sredinama. U mnogim državama vlasnici peći na kruta goriva moraju redovito obavljati preglede i čišćenja peći i dimnjaka kako bi ispunili zakonske zahtjeve. Iako su peći na kruta goriva i dalje popularne zbog svoje ekonomičnosti, pouzdanosti i topline koju pružaju, važno je da se koriste na ekološki osviješten i učinkovit način.

2.2 Peći na drvenu sječku

Peći na drvenu sječku su uređaji koji koriste drvenu sječku kao glavno gorivo za grijanje prostora ili za proizvodnju toplinske energije u industrijskim procesima. Drvena sječka je obnovljivi izvor energije, koji se dobiva mljevenjem ili usitnjavanjem drvnog otpada, kao što su grane, trupci, piljevina i ostaci od obrade drveta (Novak, 2019). Ove peći postaju sve popularnije zbog svoje ekološke prihvatljivosti i ekonomičnosti, posebno u područjima gdje je drveni otpad lako dostupan (Petrović, 2020).

Peći na drvenu sječku često su opremljene automatskim sustavom za doziranje sječke, što olakšava njihovo korištenje. Gorivo se iz spremnika, putem pužnog transportera ili pneumatskog sustava, dovodi u ložište. U ložištu peći sječka sagorijeva, pri čemu se oslobađa toplinska energija koja se koristi za grijanje vode u kotlu ili izravno za grijanje zraka u prostoru. Moderni modeli peći na sječku opremljeni su sofisticiranim sustavima za regulaciju temperature i protoka zraka, čime se optimizira proces izgaranja, povećava učinkovitost i smanjuju emisije štetnih plinova.

Prednosti korištenja peći na drvenu sječku

Drvena sječka je obnovljiv izvor energije, a njeno korištenje pomaže smanjiti emisiju CO₂ u usporedbi s fosilnim gorivima, kao što je naznačeno u standardima za peći na kruta goriva (Hrvatski zavod za norme, 2021). Osim toga, peći na sječku često imaju nisku emisiju čestica zbog učinkovitog izgaranja, što je potvrđeno analizom učinkovitosti sustava grijanja na kruta goriva (Jurić, 2023). Drvena sječka je često jeftinija od drugih oblika goriva, poput plina ili lož ulja, posebno u područjima gdje je drvo lako dostupno, kao što je navedeno u radu o analizi učinkovitosti grijanja (Jurić, 2023). Također, automatizacija sustava smanjuje troškove rada, a korištenjem lokalno dostupne drvene sječke smanjuje se ovisnost o uvozu fosilnih goriva, što povećava energetske sigurnost. Moderne peći na sječku dizajnirane su da maksimalno iskoriste energiju iz goriva, s učinkovitostima koje mogu doseći i do 90% ili više, kako je predloženo u strategiji energetske učinkovitosti (Hrvatski zavod za norme, 2021).

Nedostaci

- **Početni troškovi:** Instalacija peći na drvenu sječku može zahtijevati veća početna ulaganja u usporedbi s tradicionalnim sustavima grijanja, posebno zbog potrebe za skladištenjem goriva i sustavima za automatizaciju.
- **Skladištenje sječke:** Drvena sječka zahtijeva prostrane, suhe prostore za skladištenje kako bi se spriječilo truljenje i gubitak energetske vrijednosti. Također, sječka mora biti kvalitetno pripremljena, što može uključivati sušenje i sjeckanje.
- **Održavanje:** Peći na drvenu sječku zahtijevaju redovito održavanje, uključujući čišćenje pepela i dimnjaka, kao i povremene preglede sustava za doziranje goriva kako bi se osigurala njihova pouzdanost.

Primjene peći na drvenu sječku

Iako su manje uobičajene u kućanstvima, peći na drvenu sječku mogu se koristiti za grijanje većih obiteljskih kuća ili manjih stambenih zgrada. Obično su integrirane u centralne sustave grijanja, gdje zagrijavaju vodu koja se potom distribuira po radiatorima ili sustavima podnog grijanja. U industrijskim i poljoprivrednim objektima peći na drvenu sječku koriste se za grijanje velikih prostora ili za proizvodnju pare potrebne u proizvodnim procesima. Također su popularne u staklenicima, sušarama i sličnim objektima gdje je potrebno kontinuirano zagrijavanje. Škole, bolnice, sportske dvorane i druge javne zgrade sve češće koriste peći na drvenu sječku zbog njihove ekonomske isplativosti i ekološke prihvatljivosti.

Peći na drvenu sječku, ako se pravilno održavaju i upravljaju, emitiraju manje CO₂ u usporedbi s fosilnim gorivima. Osim toga, drvo kao obnovljivi izvor energije veže CO₂ tijekom procesa rasta, čime se smanjuje ukupni ugljični otisak. Korištenje drvne sječke može poticati održivo upravljanje šumama, pri čemu se koristi otpadni drvni materijal koji bi inače bio neiskorišten ili spaljen bez energetske koristi.

U Europskoj uniji i Hrvatskoj postoje standardi koji reguliraju emisije iz peći na drvenu sječku. Proizvođači moraju osigurati da njihovi uređaji ispunjavaju te standarde, a korisnici moraju biti svjesni obveze redovitog održavanja kako bi osigurali sukladnost s propisima. U Hrvatskoj postoje programi poticaja za prelazak na obnovljive izvore energije, uključujući korištenje peći na drvenu sječku. Ovi programi mogu uključivati subvencije za kupnju i instalaciju peći, kao i porezne olakšice.

Peći na drvenu sječku predstavljaju učinkovit, ekološki prihvatljiv i ekonomski isplativ način grijanja, osobito u regijama gdje je drveni otpad lako dostupan. Njihova uporaba pridonosi smanjenju emisija stakleničkih plinova i potiče održivo korištenje šumskih resursa.

2.3 Problemi s izgaranjem u pećima na kruta goriva

Općeniti problemi

Izgaranje u pećima na drvenu sječku može se suočiti s nizom problema koji utječu na učinkovitost, sigurnost i ekološku prihvatljivost ovih sustava. Problemi s izgaranjem mogu proizaći iz različitih čimbenika, uključujući kvalitetu goriva, dizajn peći, uvjete sagorijevanja i održavanje sustava.

Vlažnost: Jedan od najčešćih problema je prekomjerna vlažnost drvene sječke. Ako sječka sadrži previše vlage, dolazi do nepotpunog izgaranja jer se značajan dio energije troši na isparavanje vode, umjesto na proizvodnju topline. To može rezultirati nižom temperaturom u ložištu, povećanjem stvaranja dima, čađe i kondenzata te smanjenjem ukupne učinkovitosti peći.

Neujednačena veličina: Drvena sječka neujednačene veličine može uzrokovati probleme s doziranjem i ravnomjernim izgaranjem. Premali komadići mogu brzo sagorjeti i uzrokovati neravnomjerno izgaranje, dok preveliki komadi mogu blokirati transportni sustav ili ložište, smanjujući učinkovitost i uzrokujući kvarove.

Kontaminacija: Sječka koja sadrži nečistoće, poput zemlje, pijeska ili metala, može oštetiti sustav za doziranje i transport te uzrokovati nepotpuno izgaranje, kao i pojačano stvaranje pepela i ostataka u ložištu.

Nedovoljna temperatura: Ako peć ne postiže dovoljno visoku temperaturu u ložištu, dolazi do nepotpunog izgaranja. To rezultira povećanjem emisija štetnih plinova poput ugljikovog monoksida (CO), neizgorenih ugljikovodika (HC) i čađe. Nepotpuno izgaranje također smanjuje energetska učinkovitost peći.

Nedostatak kisika: Nepravilna regulacija dovoda zraka može uzrokovati nedostatak kisika u ložištu, što također vodi nepotpunom izgaranju. To se može dogoditi zbog neispravnog sustava za dovod zraka ili zbog blokada u dimnjaku.

Neravnomjerna distribucija goriva: Ako sječka nije ravnomjerno raspoređena u ložištu, može doći do lokalnih zona s previše ili premalo goriva, što uzrokuje probleme s izgaranjem i smanjuje učinkovitost peći.

Začepljenje dimnjaka: Talog, čađa i pepeo mogu se nakupljati u dimnjaku, što dovodi do smanjenog protoka zraka, povratnog dima u prostoriju i smanjenja učinkovitosti izgaranja. Začepljenje dimnjaka također povećava rizik od požara.

Loša vuča: Ako dimnjak nema odgovarajuću vuču, dolazi do lošeg odvođenja dimnih plinova, što može uzrokovati povratni dim i smanjenje učinkovitosti peći. To može biti uzrokovano lošim dizajnom dimnjaka, niskim temperaturama ili vanjskim čimbenicima poput vjetra.

Kvarovi u sustavu za doziranje goriva: Peći na drvenu sječku oslanjaju se na automatske sustave za doziranje goriva. Ako dođe do kvara u ovom sustavu, može doći do prekomjernog ili nedovoljnog doziranja sječke, što rezultira neravnomjernim izgaranjem i problemima s učinkovitošću.

Habanje i oštećenje komponenti: Drvena sječka može sadržavati abrazivne materijale koji uzrokuju habanje i oštećenje komponenti peći, kao što su pužni transporteri, ventilatori i ložište, što smanjuje radni vijek sustava i povećava potrebu za održavanjem.

2.4 Posebni problemi u pećima na drvenu sječku

Toplina u ovim pećima proizlazi iz izgaranja drvene sječke, stoga je potrebno pratiti i regulirati doziranje drvene sječke u kotao. Povećanjem količine drvene sječke dolazi do intenzivnijeg izgaranja i povećanja temperature u kotlu, što rezultira višom temperaturom vode koja se šalje u sustav. Normalna temperatura u peći iznosi 119°C, a normalni pritisak 2,50 bara, kako bi voda u sustavu ostala u tekućem stanju. Ključno je osigurati jednaku i konstantnu izlaznu toplinsku energiju, stoga je kontinuirano potrebno nadzirati i kontrolirati temperaturu i pritisak u kotlu.

Povećanje temperature u kotlu iznad dozvoljene vrijednosti može uzrokovati različita oštećenja, kao što su:

Oštećenje komponenata: Visoka temperatura može uzrokovati oštećenje ili deformaciju ključnih dijelova peći, kao što su ložište, izmjenjivači topline i sustavi za doziranje goriva. Materijali koji nisu dizajnirani za izdržavanje visokih temperatura mogu se izobličiti, puknuti ili izgubiti svoje funkcionalne osobine.

Požar unutar peći: Ako temperatura značajno poraste, može doći do nekontroliranog sagorijevanja unutar ložišta, što može izazvati prekomjerno izgaranje goriva, a u ekstremnim slučajevima i požar unutar peći.

Rizik od požara dimnjaka: Prekomjerna toplina može uzrokovati nakupljanje katrana i čađe unutar dimnjaka, što povećava rizik od požara dimnjaka. Ove naslage mogu se zapaliti ako temperature postanu previsoke.

Povećane emisije: Pregrijavanje može uzrokovati nepotpuno izgaranje ili izgaranje izvan optimalnih uvjeta, što dovodi do povećane emisije štetnih plinova poput ugljikovog monoksida (CO), dušikovih oksida (NOx) i drugih štetnih spojeva.

Kvar sigurnosnih senzora: Većina modernih peći na drvenu sječku opremljena je sigurnosnim sensorima koji prate temperaturu i druge kritične parametre. Ako temperatura pređe određeni prag, ovi senzori mogu otkazati ili pogrešno očitati, što dodatno povećava rizik od ozbiljnih kvarova.

Automatsko isključenje: Većina peći ima ugrađene sigurnosne mehanizme koji automatski isključuju peć kada se postigne kritična temperatura kako bi se spriječilo daljnje pregrijavanje i moguće opasnosti.

Neefikasno sagorijevanje: Pri prekomjernim temperaturama, proces sagorijevanja može postati neefikasan, što znači da se gorivo ne koristi optimalno. To može dovesti do povećane potrošnje goriva i smanjenja učinkovitosti sustava.

Kvar elektronike: Visoke temperature mogu oštetiti elektroničke komponente unutar peći, uključujući senzore, upravljačke ploče i druge vitalne dijelove, što može uzrokovati kvarove ili smanjenje funkcionalnosti peći.



Slika. 1 Topling SASP 2500 Izvor: Proizvođač

U našem slučaju, peć na drvenu sječku je Topling SASP industrijska peć snage 2500 kW. Peć i svi popratni elementi sustava imaju vrlo visoku cijenu, stoga je porast temperature u peći iznad dozvoljene vrijednosti veoma nepoželjan zbog rizika od oštećenja opreme. Ova peć opremljena je automatskim sustavom za doziranje drvene sječke te regulacijom temperature i pritiska, što omogućuje peći da samostalno održava radnu temperaturu ključnu za industrijski proces.

Ovakve peći su postigle značajan napredak u industrijskim postrojenjima za proizvodnju toplinske energije zbog automatizacije koja omogućava samostalno upravljanje količinom goriva, temperaturom i tlakom u sustavu. Međutim, proizvođač peći nije razvio platformu koja bi korisniku omogućila daljinsko obavještanje o problemima u sustavu, kao što su odstupanja od zadanih vrijednosti temperature i pritiska. Stoga je temelj ovog završnog rada osmišljavanje, razvoj i implementacija sustava za dojavu grešaka u kotlovnici.

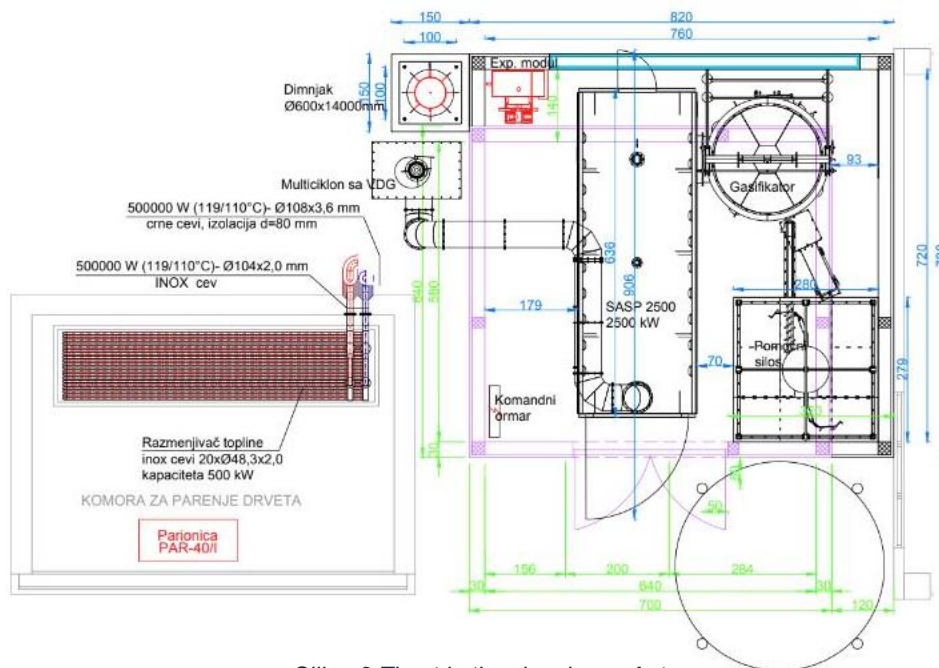
3. PRAKTIČNI DIO

3.1 Pregled kotlovnice

Prije samog početka izrade sustava za automatsko dojavljivanje grešaka, izvršen je detaljan pregled kotlovnice kako bi se razumio proces i raspored svih dijelova kotlovnice. U pregledu su odmah definirana mjesta za ugradnju svih ključnih komponenti sustava, uzimajući u obzir funkcionalnost i sigurnost.

Prvo je odabrano centralno mjesto za ugradnju PLC-a i GSM modula, što omogućava korisniku jednostavan pristup i održavanje. Sve komponente bit će smještene u upravljački ormarić s odgovarajućom IP zaštitom. Upravljački ormarić će biti postavljen uz glavni ormar kotlovnice radi jednostavnosti, praktičnosti i lakše izvedbe, omogućujući kraće i efikasnije ožičenje senzora.

Senzori za praćenje ključnih parametara kotlovnice bit će postavljeni na mjesta gdje se već nalaze postojeći senzori. Senzor pritiska bit će ugrađen uz pomoć stručnjaka za vodoinstalacije, budući da je potrebno postaviti T-komad veličine 1/2" kako bi se mogli spojiti dva senzora. Senzor temperature bit će jednostavno umetnut u predviđeno mjesto na peći, gdje se već nalazi senzor. Za praćenje doziranja piljevine, iz glavnog ormara kotlovnice bit će povučena žica koja će davati signal PLC-u o tome radi li motor ili ne.



Slika. 2 Tlocrt kotlovnice Izvor: Autor

3.2 Popis potrebnih dijelova

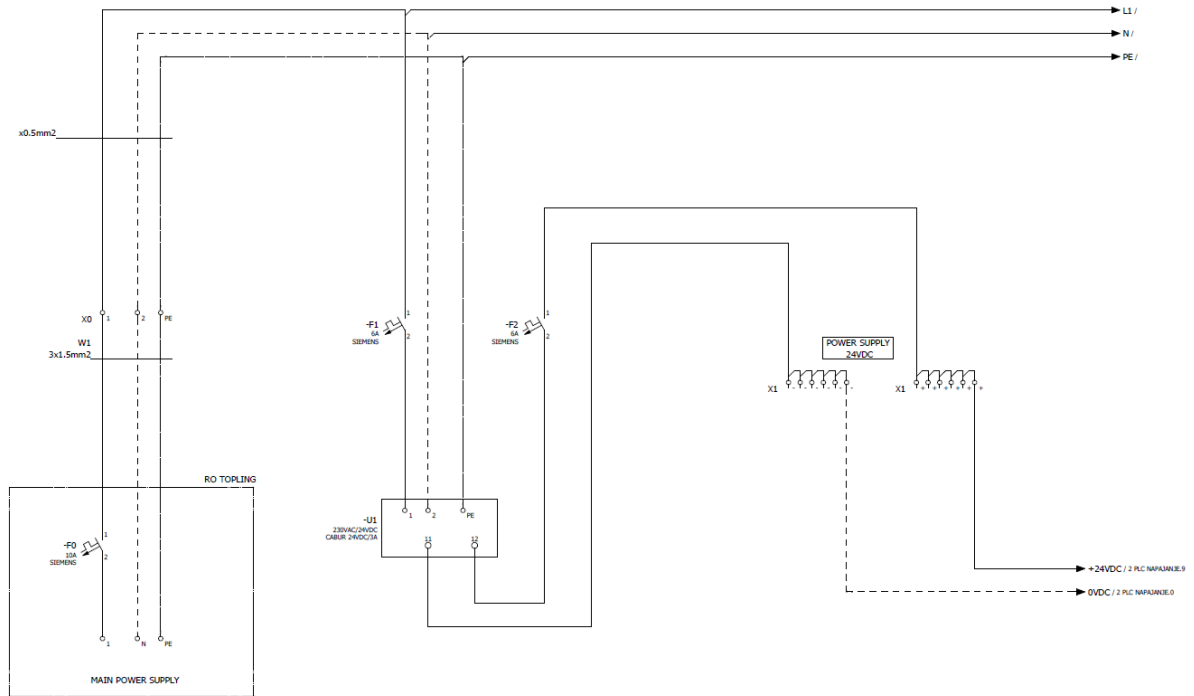
U ovom dijelu rada biti će naznačen popis svih potrebitih dijelova mehatroničkog sustava. Radi se o elementima senzoričke, modemi, centralne i periferne jedinice te sustavi napajanja i sigurnosti. Svi elementi sustava naznačeni su u Tablici 1.

Tablica 1 Popis dijelova

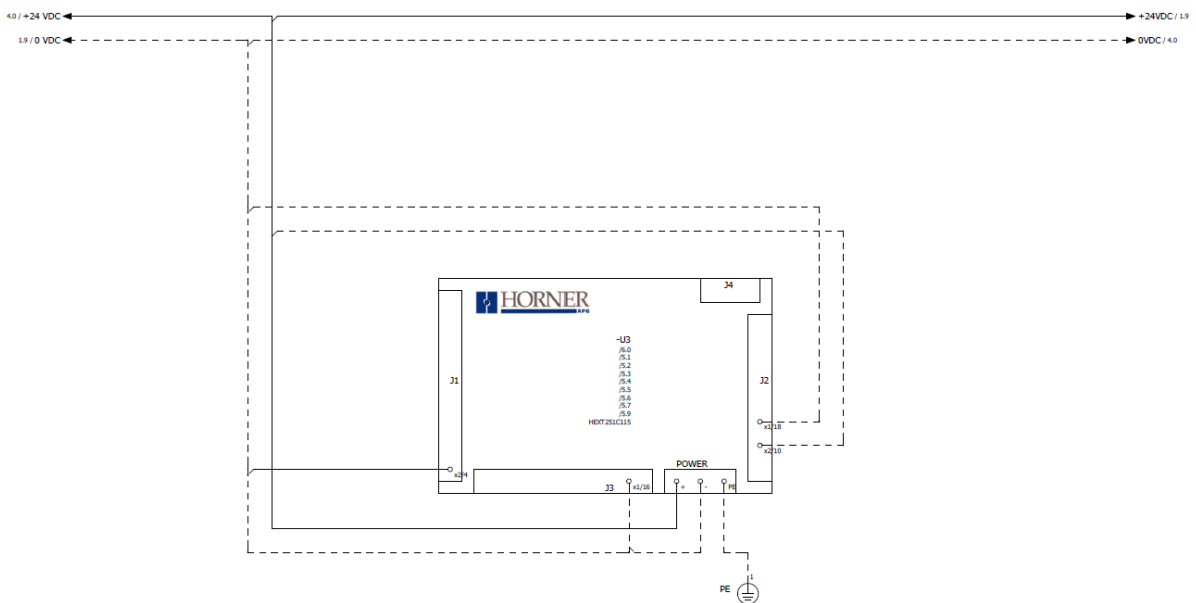
R.br.	Naziv/opis
1.	HORNER - XL4 Series OCS with DC/DC and Universal Analog I/O. Twelve (12) digital Inputs compatible with 12V/24Vdc - four inputs can be used for 10kHz High Speed Counting. Twelve (12) DC Outputs - 0.5A per point - Two (2) outputs can be used as PWM/pulse outputs. Two (2) 14-bit Universal Analog Inputs selectable between Thermocouple, RTD, 0-100mV, 0-10V and 4-20mA. Two (2) 12-bit Analog Outputs selectable between 0-10V and 4-20mA. CsCAN Network Port
2.	GSM - GPRS Quadband Industrial Modem SENECA - Z-MODEM is a GSM / GPRS Quadband industrial modem with RS232 serial interface. The rated input voltage of the module varies in the range 11..40 Vac and 19.. 28 Vdc with 2W (standby) 6.5 W (max) consumption. Z-MODEM is equipped with SMA type antenna connector and standard SIMcard slot (21 x 15 mm). Designed for quick assembly on DIN 46277, Z-MODEM is ideal for automation applications, M2M (Machine to Machine), remote control, environmental monitoring, security, remote I / O.
3.	GSM antena
4.	Ormar 400x400x200
5.	Tlačni senzor Tip SD-25
6.	Senzor temperature PT-100/1000
7.	Kablovi
8.	Releji 12 V
9.	Pretvarač 220/12V

3.3 Izrada sheme spajanje

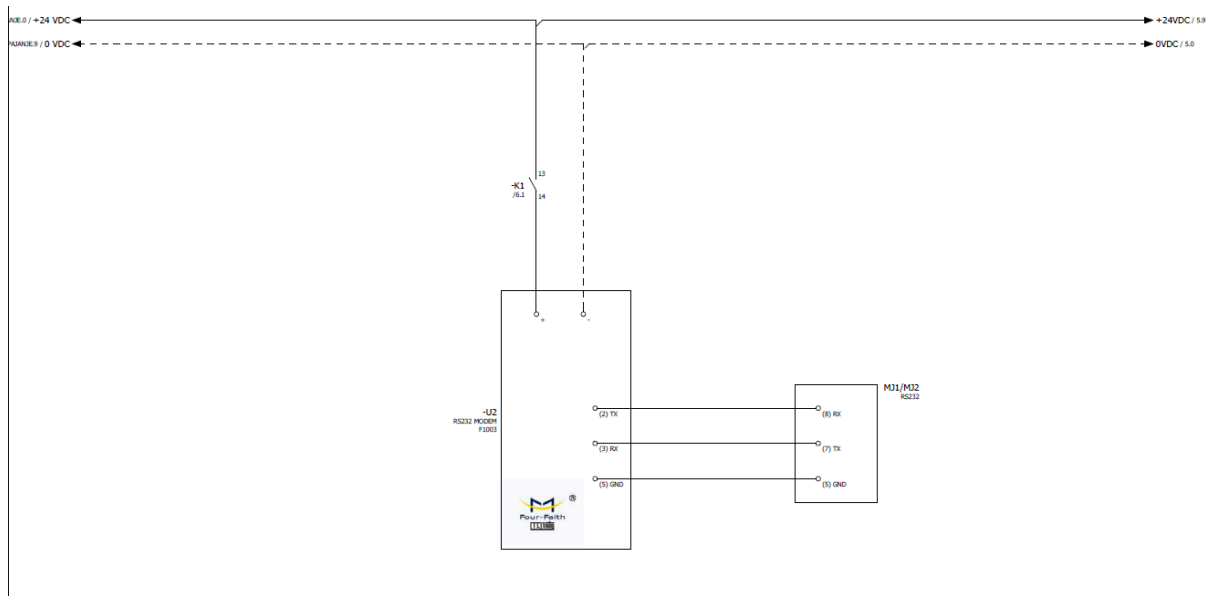
U ovom dijelu rada bit će naznačene sve sheme koje su potrebne za spajanje mehatroničkog sustava.



Slika. 3 Shematski prikaz razvoda ormara Izvor: Autor



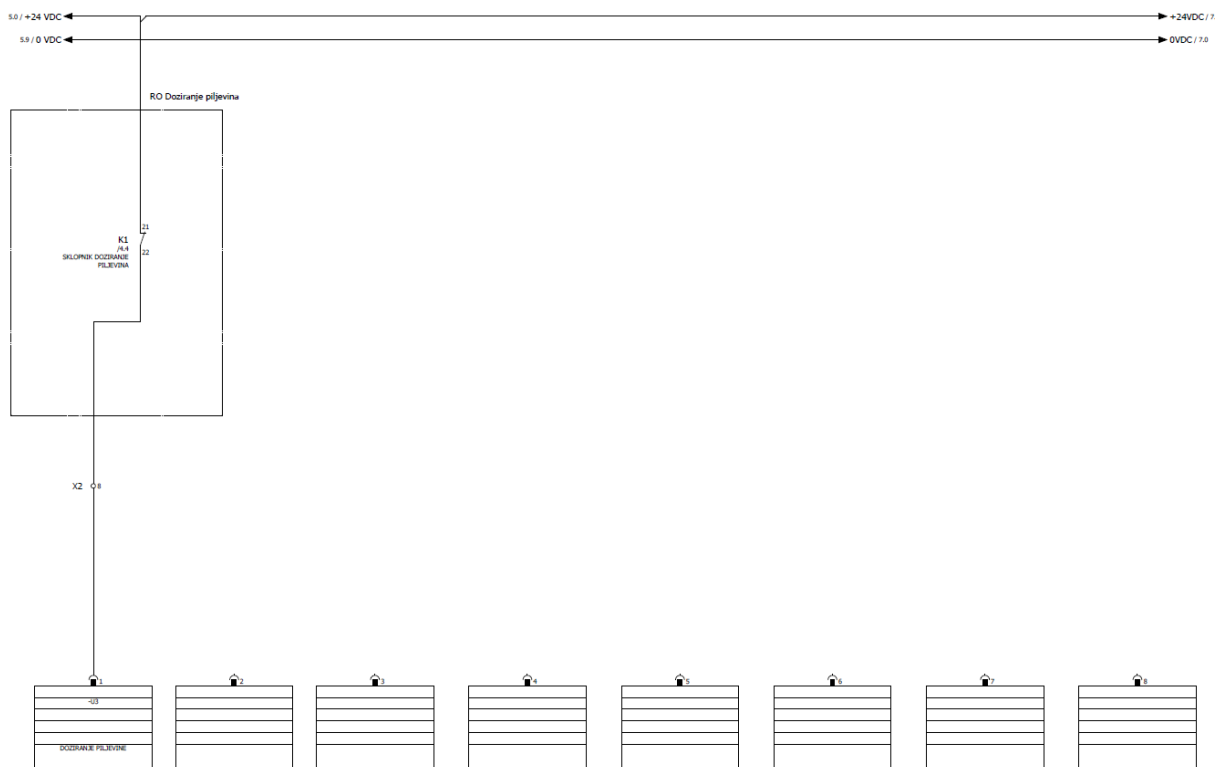
Slika. 4 Shema spajanja PLC-a na napajanje Izvor: Auto



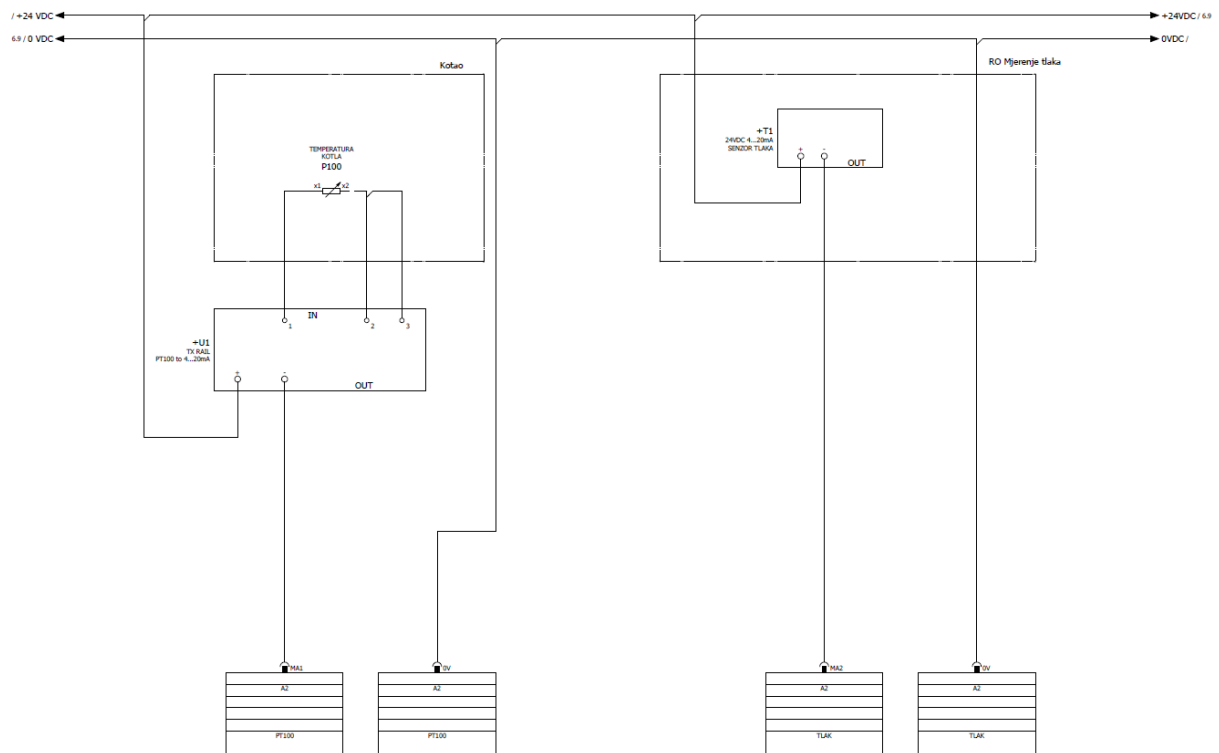
Slika. 5 Spajanje GSM modula na napajanje Izvor: Autor



Slika. 6 PLC digitalni izlazi Izvor: Autor



Slika. 7 PLC digitalni ulazi Izvor: Autor



Slika. 8 PLC analogni ulazi Izvor: Autor

3.4 Montaža i spajanje

Nakon detaljnog pregleda, planiranja, nabavke dijelova, programiranja i shemiranja, započelo je s postavljanjem i spajanjem sustava. Radovi su krenuli ugradnjom i kabliranjem PLC-a i GSM modula u razvodni ormarić, koji je potom učvršćen na zid pored glavnog ormara kotlovnice (Slika 9.).

Nakon toga, započelo je postavljanje senzora temperature, tlaka te releja za doziranje piljevine . Prvo je instaliran T-komad za senzor tlaka, a zatim je senzor čvrsto učvršćen kako bi se spriječilo curenje pritiska (Slika 10.). Senzor temperature je umetnut na predviđeno mjesto (Slika 11.). U glavni ormar kotlovnice ugrađen je relej koji šalje signal PLC-u o statusu motora za doziranje piljevine.

Sljedeći korak bio je povezivanje svih vanjskih dijelova s PLC-om, tj. povezivanje s razvodnim ormarićem. Provedeno je kabliranje pomoću odgovarajućih kablova, koji su smješteni u zaštitne kanale i cijevi (Slika 12.).

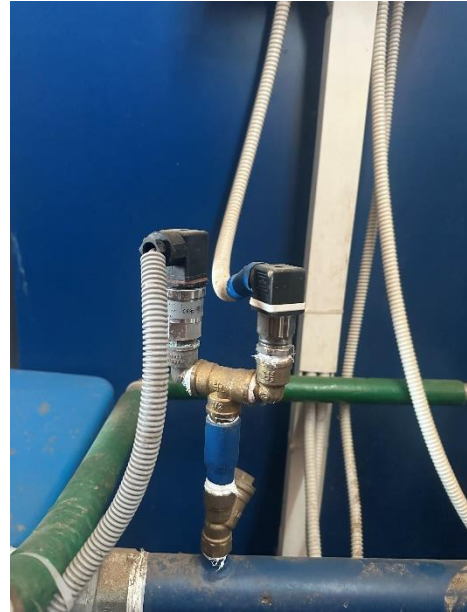
Nakon što je sve povezano, pristupljeno je spajanju GSM modula na PLC i testiranju funkcionalnosti. Povezivanje je obavljeno na odgovarajući način, a modul je konfiguriran za slanje SMS poruka u slučaju detekcije greške.



Slika. 9 Razvodni ormarić Izvor: Autor



Slika. 11 Montiran senzor temperature Izvor: Autor



Slika. 10 Montiran senzor tlaka Izvor: Autor

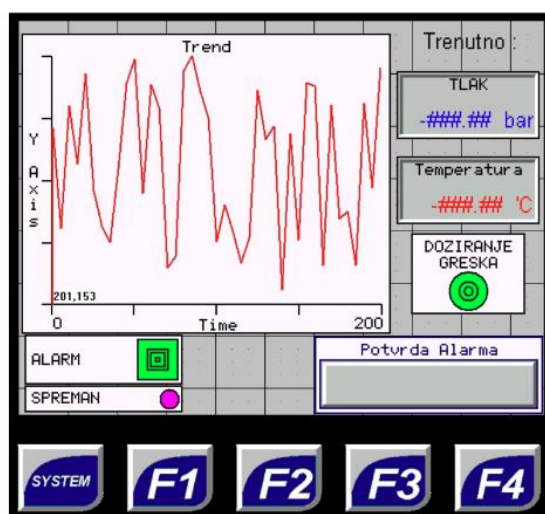


Slika. 12 Unutrašnjost razvodnog ormarića Izvor: Autor

3.5 Opis sustava i uputstva za rad

Na posjećoj kolovnici je dodan sustav GSM alarmiranja, koji se sastoji od PLC kontrolera, GSM modema te pripadajućih senzora.

Postojećoj peći je dodana nova PT100/PT1000 sonda, od koje se PT1000 koristi za upravljanje s peći (Sustav Topling), dok se PT100 koristi za GSM alarmiranje.



Slika. 13 Početni zaslon PLC-a Izvor: Autor

Na početnom zaslonu (Slika 13.) vidi se prikaz trenutnoga tlaka, te trenutne temperature.

Također na glavnom ekranu se nalazi trenutni (real-time) grafički prikaz temperature.

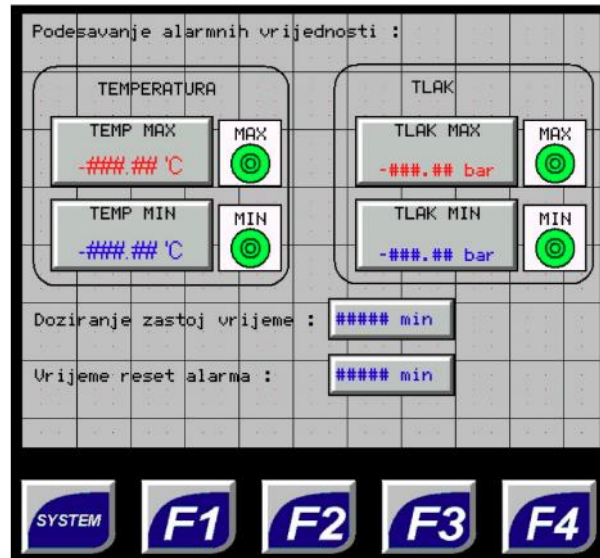
'DOZIRANJE GRESKA' – ukazuje na alarm predugog doziranja piljevine

'ALARM' – trenutno stanje alarma, ukoliko je neki od alarma aktivan, 'zeleni kvadrat' će blicati, neće biti konstantno 'zelen' kao što je stanje dok alarm nije aktivan

'SPREMAN' – modem i alarmiranje je aktivno

'Potvrda Alarma' – Služi kao i SMS potvrda alarma, samo sto se sa pritiskom tipke potvrde na zaslonu ponuštavaju svi alarmi na zadano vrijeme.

Nakon 15 min. zaslom se sam gasi, ponovo paljenje se vrši pritiskom na ekran. Pritiskom tipke 'F2' na doljnjem dijelu zaslona dolazi se do pregleda i unosa postavki za pojedino alarmiranje (Slika 14.). Dok se pritiskom na 'F1' vraćamo na početni ekran.



Slika. 14 Postavke PLC-a Izvor: Autor

'TEMP MAX' – Alarmiranje je aktivno ukoliko je trenutna vrijednost temperature veća od zadane

'TEMP MIN' – Alarmiranje je aktivno ukoliko je trenutna vrijednost temperature je manja od zadane

'TLAK MAX' – Alarmiranje je aktivno ukoliko je trenutni tlak veći od zadanoga

'TLAK MIN' – Alarmiranje je aktivno ukoliko je trenutni tlak manji od zadanoga

'Doziranje zastoja vrijeme' – Vrijeme koliko je dugo uključeno doziranje piljevine
Unos vremena u minutama

'Vrijeme reset alarma' – Vrijeme pauziranja alarma nakon slanja određene SMS poruke, ili pritiska tipke na ekranu 'Potvrda Alarma', unos vremena u minutama.

Ukoliko je pojedini alarm aktivan, sustav šalje poruke svake minute, ukoliko se pošalje SMS sa odgovarajućim sadržajem, iako je alarm aktivan sustav neće slati poruke u zdanom vremenu, ukoliko je alarm i nakon prolaska vremena aktivan, sustav će nastaviti sa slanjem poruka.

U gornjem dijelu razvodnog ormara se nalazi 'zelena LED' signalizacija, koja doke je sustav stabilan bez alarma konstantno zelena, ukoliko dojde do alarma, signalizacije počijnje blicati brzom frekvencijom.

PRIMJERI ALARMNIH PORUKA

SMS poruka sadržaja:

'Temp. KOTLA NISKA !

Temp. = 26,2 'C

Spmin = 33.0 'C'

Znači da je Temperatura kotla niža od zadane,

Alarm se poništava slanjem poruke **'Temp'**

Nakon poslana SMS poruke, ukoliko je sustav primio poslanu poruku vraća povratno poruku sadržaja **'ACK'**, to znači da je alarm ugašen na zadani vremenski period.

Isto je i za sadržaj poruke 'Temp. KOTLA PREVISOKA !'

'Tlak Ex. Posude NIZAK

Tlak= 0.7bar

Spmin = 1.1 bar'

Znači da je tlak ex posude niža od zadane,

Alarm se poništava slanjem poruke **'Tlak'**

Nakon poslana SMS poruke, ukoliko je sustav primio poslanu poruku vraća povratno

poruku sadržaja **'ACK'**, to znači da je alarm ugašen na zadani vremenski period.
Isto je i za sadržaj poruke Tlak. Ex. Posude VISOK !'

'GREŠKA DOZIRANJE '

Znači da je puž doziranja radio duže od zadanoga vremena.

Alarm se ponistava slanjem poruke **'Doziranje'**

Nakon poslane SMS poruke, ukoliko je sustav primio poslanu poruku vraća povratno poruku sadržaja **'ACK'**, to znači da je alarm ugašen na zadani vremenski period.

Slanjem poruke sadržaja **'Test'** provjeravamo ispravnost susatava

Sustav prvo vraća poruku sadržaja **'ACK'** kao znak primanja zahtjeva za podacima, te nakon pola minute šalje drugi SMS sadržaja s trenutnim vrijednostima temperature te tlaka.

'Trenutno :

Tlak = 2.8bar

Temp. = 95.6' C '

4. RASPRAVA AUTORA

Analiza i optimizacija peći na kruta goriva omogućili su detaljno razumijevanje složenosti procesa izgaranja te važnosti pravilnog održavanja kako bi se postigla visoka energetska učinkovitost i smanjio negativan utjecaj na okoliš. Posebno se ističe značaj razvijenog sustava za automatsko dojavljivanje grešaka, koji doprinosi sigurnosti i pouzdanosti rada u kotlovnici, čineći ove sustave praktičnijima i prihvatljivijima u suvremenim industrijskim okruženjima (Dukić, 2018; Horvat, 2015).

Jedno od mogućih poboljšanja uključuje daljnje istraživanje i razvoj sustava za automatsku regulaciju dovoda zraka i goriva, što bi moglo dodatno povećati iskoristivost i smanjiti potrebu za ljudskom intervencijom tijekom rada peći. Također, uvođenje naprednih senzorskih sustava za praćenje emisija i stanja goriva unutar peći može značajno doprinijeti većoj sigurnosti i učinkovitosti. Razmatranje integracije kombiniranih sustava grijanja, uključujući obnovljive izvore energije poput solarnih kolektora ili toplinskih pumpi, moglo bi dodatno poboljšati ukupnu energetske bilancu kućanstava ili industrijskih objekata.

Ovaj rad ne bi bio moguć bez dragocjene pomoći mog mentora, čije znanje i iskustvo su značajno doprinijeli oblikovanju i realizaciji projekta. Njegove smjernice bile su ključne za razumijevanje složenih aspekata peći na kruta goriva i njihovog rada, te su omogućile uspješnu provedbu eksperimentalnog dijela istraživanja. Zahvaljujući njegovoj podršci, ovaj rad pruža značajan doprinos području energetske efikasnosti i održivosti sustava grijanja na kruta goriva.

5. ZAKLJUČAK

Ovaj rad vođen je od mentora, a autor je svojim znanjem i praktičnim vještinama koje je stekao u edukacijskom procesu na stručnom studiju mehatronike značajno doprinio oblikovanju i realizaciji ovog projekta. Prije učinjeno istraživanje sličnih sustava na tržištu dale su ključne informacije u razumijevanju složenih procesa u pećima na kruta goriva i njihovog rada, te su omogućile uspješnu provedbu eksperimentalnog dijela istraživanja tj. praktičnog dijela rada. Rad je izrađen sukladno pravilniku a korišteni referentni izvori naznačeni su u popisu literature. Rad apostrofira potrebu unapređivanja takvih sustava uz značajno povećanje učinkovitosti i sigurnosti rada uz korištenje mehatroničke opreme.

6. LITERATURA

1. Dukić, M. *Peći na kruta goriva i njihova primjena*. Zagreb: Tehnička knjiga, 2018.
2. Horvat, A. *Energetska učinkovitost u industriji*. Osijek: Elektrotehnički fakultet, 2015.
3. Novak, I. "Optimizacija sustava grijanja na kruta goriva." *Tehnička revija*, 12 (2019)
4. Petrović, S. "Automatizacija sustava grijanja: Sigurnosni aspekti." *Journal of Energy Engineering*, 6 (2020):
5. <https://www.mingo.hr/page/strategija-energetske-ucinkovitosti-2021>
6. <https://www.energija.hr/clanci/izbor-peci-na-kruta-goriva>
7. Hrvatski zavod za norme. *Energetski standardi za peći na kruta goriva*. HRN EN 303-5. Zagreb: HZN, 2021.
8. Jurić, M. *Analiza učinkovitosti sustava grijanja na kruta goriva*. Završni rad. Zagreb: Fakultet strojarstva i brodogradnje, Sveučilište u Zagrebu, 2023.