

2022

Šolski center Celje
Srednja šola za kemijo, elektrotehniko in računalništvo

Mestna občina Celje
Mladi za Celje
Celje 2022

Krmilje kurilnice z industrijskim krmilnikom

Žan Pekošak, E4A

Mentor: Gregor Kramer univ. dipl. inž. el.

sreda, 13. april 2022

Kazalo

Kazalo slik	2
Kazalo grafov	2
1. Povzetek	3
1.1. Slovenski	3
1.2. English.....	3
2. Zahvala.....	4
3. Uvod	5
.....	5
3.2. Hipoteze	5
4. Teoretični del naloge	6
5. Načrtovanje naloge	7
6. Potek raziskovanja.....	9
6.2. Izdelava načrta.....	9
6.3. Izdelava programa	9
6.4. Izbor komponent	10
6.5. Izdelava omare	12
6.6. Izvedba fizične inštalacije	13
6.7. Končni izgled.....	14
.....	14
7. Meritve in izračuni.....	15
7.1. Problem mehanskega termostata	15
7.2. Finančni prihranki	16
7.3. Odstotne izgube	18
8. Nadgradnje	19
8.2. Termo tipala	19
8.3. Podpih in lambda sonda	19
8.4. Krmilnik.....	19
9. Razprava in zaključek.....	20
9.2. Zaključek.....	20
9.3. Hipoteze	20

Kazalo slik

1 Nezgoda z grelcem	5
2 Seltron WDC20	6
4 Solarno gretje vode	7
3 Cirkulacijski sistem.....	7
5 HMI zaslon na dotik	7
6 ePlan logotip.....	8
7 Elektro shema močnostnega kroga črpalk	8
8 EasySoft delec programske kode.....	9
9 Schneider Spacial CRN omara.....	10
10 Easy 618-AC-RC.....	10
11 Easy 821-DC-TC.....	10
12 Meanwell napajalnik	10
13 Schneider Linergy brezvijačna sponka.....	11
14 Schneider Zelio rele	11
15 ETI RCD stikalo (FID)	11
16 Tracon tipka.....	11
17 Krmilni kabel.....	11
18 Idejna postavitvev	12
19 Izvrtane luknje	12
20 Montirani elementi	12
21 Tipke zadnja stran.....	12
22 Komponente v omari.....	12
23 Prebijač pločevine	12
24 Montirane tipke.....	12
25 Končana prva verzija vezave.....	12
26 PT100 sonda	13
27 Ožičenje črpalk in termostatov.....	13
28 Pogled spredaj	14
29 Črpalka cirkulacije.....	14
30 Bojler končna postavitvev	14
31 Omara na steni	14
32 Merilni pretvornik	19
33 Lambda sonda	Napaka! Zaznamek ni definiran.
34 Ventilator za vleko dima.....	19
35 Peč s podpihom	19
36 Schneider M221 (TM221CE40T).....	19

Kazalo grafov

1 Karakteristika in histereza termostata	15
2 Dnevni strošek ogrevanja izgubljene vode.....	16
3 Stroški in prihranki.....	17
4 Odstotne izgube	18
5 Časovne izgube	18

1. Povzetek

1.1. Slovenski

Potreba po avtomatizaciji domačega okolja je vsako leto večja. Z nižanjem cen industrijskih krmilnikov in javnim dostopom fizičnih oseb do industrijske opreme se poraja želja po izdelavi lastnih krmilnih sistemov. Ravno za to sem se odločil sam. V tej raziskovalni nalogi bom predstavil, kako sem z uporabo industrijskega krmilnika izdelal krmilno omaro za kurilnico in optimiziral njeno delovanje za prevzem krmilja peči na drva.

Prednost mojega sistema je ravno v uporabi tega krmilnika, saj nam nudi skoraj neomejen dostop do varnega nadgrajevanja in spreminjanja z minimalnimi stroški. V uspešnost raziskovanega sistema sem sedaj tako prepričan, da se je porodila celo poslovna ideja. Ker na slovenskem tržišču nihče ne nudi izdelave po meri izdelane hišne avtomatizacije, sem se odločil, da po faksu izkoristim tržno nišo in se lotim prav tega. Načrtovanja, izdelave in montaže sistemov hišne avtomatizacije na podlagi industrijskih krmilnikov in velikih krmilnih omar.

1.2. English

The need for automation of the home environment grows each year. With the lowering of industrial controller prices and public access toward industrial electrical equipment the wish to create personal control systems rises. That is exactly what I decided to do. In this research assignment, I will present to you how I designed and created a control panel for a boiler room with the help of an industrial controller – PLC and prepared it to take control over our wood-fired central heating furnace.

The advantage of my system lies in the use of this industrial controller as it offers us essentially unlimited access to upgrade and change the entire system with minimum cost and no safety risk. I am so confident in the success of my system that I got a business idea from it. Because there is currently no one on the Slovenian marketplace who would offer custom made building automation for homeowners, I decided to use the market niche after my university study and get on with this business idea to plan, create, and professionally install building automation systems based on reliable industrial controllers and full-size control panels.

2. Zahvala

Sprva bi se rad zahvalil staršema, ki sta mi dovolila uporabo in montažo elektro omare v naši kurilnici. Za vso pomoč bi se rad zahvalil tudi mentorju, ki mi je med raziskovanjem pomagal pri načrtovanju, raziskovanju in iskanju novih ali boljših rešitev.

Velika zahvala gre tudi zaposlenim v podjetju Sintel, ki so mi odlično svetovali in pomagali pri izboru Schneider komponent in podjetju Sinteh, kjer sem poleti opravljal prakso in počitniško delo. Tam se ogromno naučil, od risanja ter branja načrtov do postopka izdelave in vezave elektro omar ter terenske montaže. Brez tega znanja si projekta ne bi mogel niti zamisliti, kaj šele uspešno izvesti.

Zahvale gredo še:

- članom Facebook skupine »električarji slo«, ki so mi pomagali poiskati drug krmilnik po nezgodi s prvim,
- podjetju Conrad za hitro dobavo orodja,
- sošolcem in prijateljem, ki so med raziskovanjem nudili moralno podporo,
- šoli, ki nam nudi projektno delavnico, kjer lahko raziskujemo, načrtujemo in razvijamo projekte,
- Mestni občini Celje, ki podpira raziskovalne naloge.

3. Uvod

Za raziskovalno nalogo sem se odločil po tem, ko smo v novo grajeni hiši opazili potrebo po dodatnem letnem ogrevanju sanitarne vode in obtoku vroče vode po pipah. Po nakupu rabljenega grelca vode, je ta doživel katastrofalno napako termostata in grelca, ki je v hiši zgorel. Odločil sem se, da bom naredil krmilno omaro, ki bo ne le vklapljala 4 kW grelni element s kontaktorjem, temveč bo to delala glede na letni čas in večinoma ponoči, saj je nočna tarifa električne energije nižja.

Po končanem načrtovanju in izvedbi naloge pa sem opazil, da je na področju krmiljenja kurilnic v Sloveniji precej velika tržna niša. Ob uspešnosti svoje naloge razmišljam o nadaljnjem razvoju krmilne omare, projektiranju elektro načrta in združitvijo, s katerim od naših uspešnih podjetij, preko katerih bi te omare lahko načrtoval, izdeloval in montiral po željah strank. Prednosti uporabe industrijskega krmilnika in potencialne možnosti izvedbe so v tem primeru praktično omejene le z domišljijo ter s finančno investicijo. Osebno mi je zelo všeč ideja o izdelavi po meri izdelanega krmilja, saj me avtomatizacija nasploh zanima.



1 Nezgoda z grelcem

3.2. Hipoteze

- Krmilno omaro bom lahko razvil in sestavlil z manj kot 200 € stroškov.
- Krmilna omara z industrijskim krmilnikom bo nudila neomejeno razširitev.
- Krmilnik bo deloval samostojno brez dodatnih elektromehanskih komponent.
- Vidno bo izboljšanje energijske učinkovitosti.

4. Teoretični del naloge

Na internetu sem po raznih forumih bral, kako so drugi izvedli krmilje kurilnice. Za izdelavo lastnega krmilja se je odločilo le nekaj članov foruma Elektronik. Ti so se naloge lotili z izdelavo lastnih kompleksnih vezij in načrtovanjem za njih specifične rešitve; drugi so večinoma posegali po zelo kvalitetnih Seltron vremensko vodenih krmilnikih, ki so izdelani specifično za potrebe povprečne kurilnice ne glede na tip goriva. Edina zahteva zanj je, da ima peč lastno regulacijo. Za že izdelano rešitev se nisem odločil, ker se mi zdi predraga. Ne potrebujem vremenske regulacije ter nimam peči, ki bi sama sebe krmilila in vzdrževala ob optimalnih delovnih pogojih.

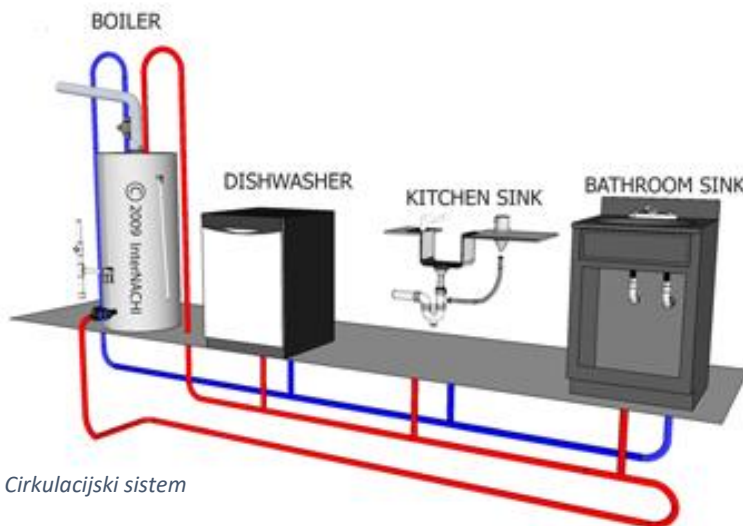
Po odločitvah glede krmilnika, omare, projekta in vseh komponent sem se lotil risanja načrta, izdelave in simulacije programske kode ter iskanja ponudnikov najugodnejših komponent. Edini razmislek, ki mi je še ostal, je bil, kako rešiti analogne vhode na krmilniku, ki jih ne vsebuje. Ta problem mi je hitro odpravilo samouničenje krmilnika in nakup drugega.



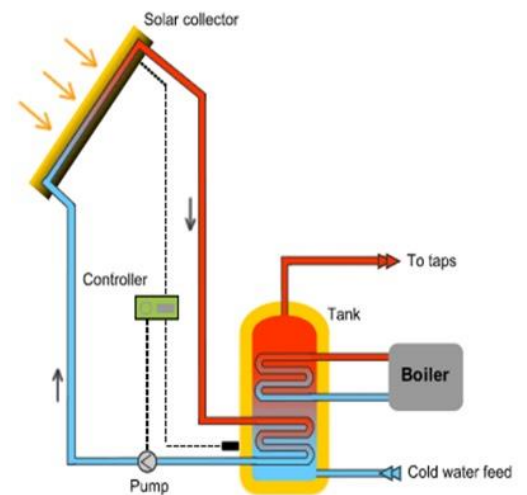
2 Seltron WDC20

5. Načrtovanje naloge

Po pričetku načrtovanja omare sem v kurilnici opazil, da imamo možnost dodatka t. i. cirkulacije ali obtoka vroče vode po ceveh. S tem dosežemo, da imamo pri odprtju pipe takojšnji dotok vroče vode, ki neprestano kroži po cevi. Seveda so s tem povezane velike toplotne izgube po ceveh. Te lahko zmanjšamo z občasnim vklopom črpalke, ki večino časa miruje. Za to potrebujemo časovni rele oz. več relejev, ki pa hkrati presežejo strošek rabljenega Easy krmilnika.



4 Cirkulacijski sistem



3 Solarno gretje vode

Po tej logiki sem se odločil, da bo centralno krmilje celotne kurilnice prevzel Easy krmilnik, ki bo skrbel za gretje vode, obtok sanitarne vode, obtok vode centralne kurjave za pritličje in mansardo ter krmilje periferije. V načrtu je še dodajanje prezračevalnega ventilatorja, ki bo spraznil dim iz kurilnice, ki se pojavi pri polnjenju peči na drva, in potencialno krmiljenje zračnega pretoka v peč s pomočjo merjenja temperature izpušnih plinov, kot to počnejo moderne peči na podpih. Možen je še dodatek HMI zaslona na dotik, ki bo namesto tipk namenjen pregledu vseh funkcij sistema in dodatka sistema za solarno gretje vode.



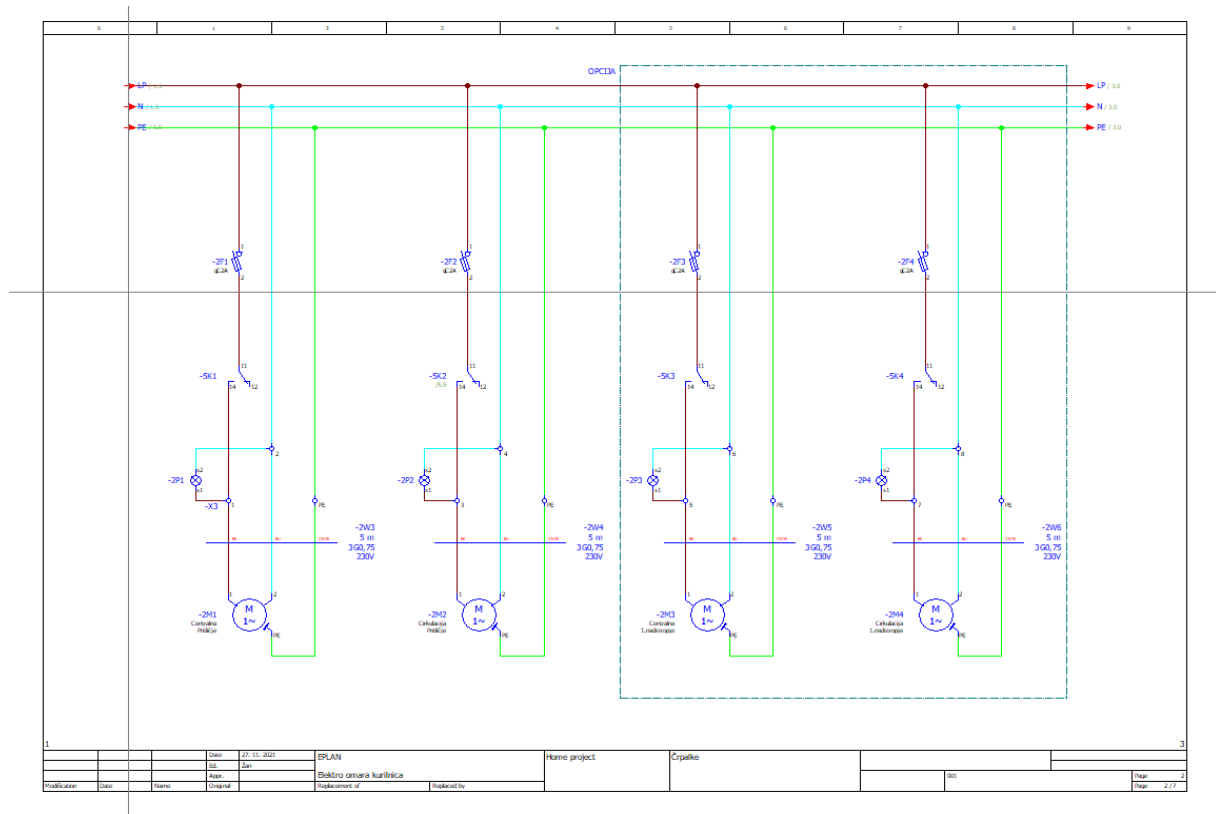
5 HMI zaslon na dotik

Raziskovanje je potekalo gladko. Marsikatera funkcija še pride dopolnjena in nadgrajena, kar je hkrati največji čar uporabe programljivega krmilnika. Za projekt sem narisal načrt v izjemno zmogljivem programu ePlan Education, izdelal program za krmilnik v predelanem programskem jeziku Ladder in narisal nekaj tehničnih skic v programu Fusion 360. Na poti sem seveda naletel na težave, ki sem jih uspešno rešil z menjavo določenih komponent. Na koncu sem potrdil večino hipotez. Celoten potek raziskovanja je potekal pri meni doma.



6 ePlan logotip

7 Elektro shema močnostnega kroga črpalk



6. Potek raziskovanja

6.2. Izdelava načrta

Načrt oz. elektro shemo sem narisal v programu ePlan Education. Eplan je eden izmed najzmogljivejših in vsestranskih programov za risanje elektro načrtov. Združuje vse pod enim naslovom: risanje shem, načrtovanje seznama potrebnih komponent, risanje 2D načrta montažne plošče, risanje 3D načrtov plošč, risanje 3D načrtov celotnih omar, zbiralčnih sistemov in mnogo več.

Sam se zanj odločil, ker ponujajo brezplačno Education ali izobraževalno verzijo licence, kjer z dokazilom o šolanju pridobiš polni dostop do njihovega programa in vseh funkcij, ki jih vključuje, pod pogojem da z narisanimi načrti ne služiš denarja. Kot rečeno, je to izjemno močan program s polno licenco, ki stane nekaj tisočakov in je v njem mogoče marsikaj narisati. Za učenje programa sem porabil približno 2 tedna, saj je celoten potek dela zelo smiseln in preprost. Hkrati omogoča izjemno napredne funkcije (npr. preračunavanje dolžin vodnikov v snopu na nekaj desetim mm natančno).

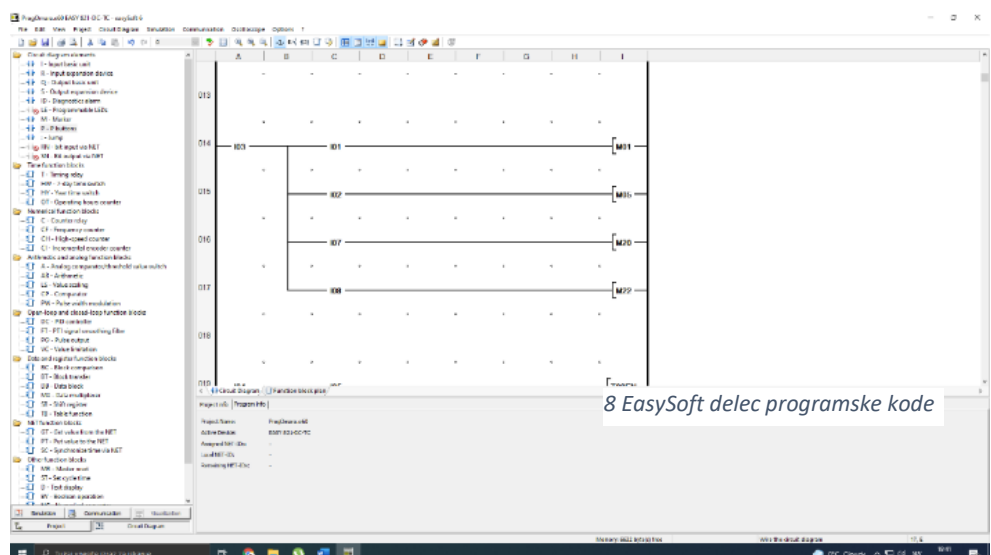
Načrt je bil zamišljen in dimenzioniran glede na naše porabnike v kurilnici. Ker ePlan kot tak ne vsebuje Easy krmilnikov (predvsem so mišljeni za preproste krmilne projekte), sem za simbole vhodov in izhodov uporabil kar »PLC box«. Vse ostale simbole sem brez težav našel v obsežni knjižnici elementov. Naprav nisem definiral (točnih količin, modelov in proizvajalca), saj še nisem bil odločen glede komponent, ki jih bo omara vsebovala.

Za osnovni načrt sem porabil slabih 10 ur; naknadno pa je bil spremenjen še 27-krat, in sicer zaradi določenih komponent, ki niso bile na zalogi, menjave komponent, krmilnika, nazivnih moči, dodajanje varovanja, indikacijskih svetilk itd.

Celotni elektro načrt je na voljo v PDF obliki kot priponka tej raziskovalni nalogi; delovanje omare s kratkim opisom si lahko ogledate na linku do YouTube posnetka.

6.3. Izdelava programa

Program sem napisal v EasySoftu, ki ima kot primarni programski jezik predelani Ladder. Uporabo tega programa smo se učili že v šoli, zato je bilo načrtovanje in pisanje programa preprosto in smiselno. Program je tudi enostaven. Krmilnik ne ponuja zahtevnih matematičnih in časovnih funkcij, zato sem bil pri tem rahlo omejen. Vseeno sem na koncu programiranje uspešno izpeljal.



6.4. Izbor komponent

6.4.1. Omara

Glede uporabe krmilne elektro omare, ki bo vsebovala krmilnik in vse komponente, ki sodijo poleg, sem se odločil za Schneider Electric serijo Spacial CRN. To so omare, primerne za stensko ali talno montažo, in sodijo v primeren velikostni in cenovni razred, ki sem si ga zastavil. Izbral sem omaro velikosti 500 x 400 x 200 z dvojnim zaklepom in montažno ploščo, saj sem te omare že uporabljal na praksi in sem jih dobro poznal. To so kvalitetne omare s primerno IP zaščito in dovolj tanko pločevino, da sem lahko luknje rezal kar s prebijačem za pločevino.



9 Schneider Spacial CRN omara

6.4.2. Krmilnik

Kar se krmilnika tiče, sem se sprva odločil za Easy 618-AC-RC, ki žal nima analognih priključkov, a omogoča preprost priklop, saj ima vgrajen napajalnik; hkrati vsebuje relejsko izhodno enoto, ki nam omogoča direkten priklop naprav do ca. 1800 W na vsak izhod ter direkten priklop izmeničnih signalov na vhode. To bi bilo več kot dovolj za moje potrebe. Žal pa je električna napaka prekrizala moje načrte. Po prvem vklopu naprave je prebilo vezje v krmilniku, kar me je stalo krmilnika, nove NV100 »pancer« varovalke in servisnega klica na Elektro Celje.



10 Easy 618-AC-RC

Po uničenju prvega krmilnika sem na internetu zasledil Easy 821 DC-TC. To je krmilnik, ki združuje 12 digitalnih (od tega 4 analogni) vhodov in 8 tranzistorskih izhodov. Deluje na 24 V DC, standardno industrijsko krmilno napetost. Krmilnik sem izbral, ker smo s programskim okoljem EasySoft delali že v šoli. Poznal sem okolje, krmilnik in, še pomembneje, programski jezik. Ni pa vse tako super pri tem krmilniku, kot se sliši. Poleg krmilnika namreč potrebujemo še releje, ki opravljajo močnostni vklop in izklop porabnikov (črpalk v mojem primeru), primeren napajalnik zanj in dodatno zaščito pred kratkim stikom.



11 Easy 821-DC-TC

6.4.3. Napajalnik

Po izbiri drugega krmilnika se je pojavila potreba po napajalniku, ki bo cenovno sprejemljiv, deloval brez težav in zagotavljal dovolj moči za napajanje krmilnika in vseh 24 V komponent v omari. Izbral sem priznanega proizvajalca MeanWell in njihov 24 V DC 1,5 A napajalnik, primeren za montažo na DIN letev. Tudi te napajalnike sem poznal s prakse in videl sem, da se super obnesejo.



12 Meanwell napajalnik

6.4.4. Releji, sponke in kabelski kanali

Odločitev za mešane komponente, ki imajo pomembno vlogo v omari, ni bila težka. Spet sem izbral proizvajalca Schneider Electric. Sponke so iz njihove serije Linergy, in sicer vijačne ter brezvijačne. Vijačne sem uporabil za priklop dovoda in izmenične izhode, saj jim osebno bolj zaupam. Vsa ostala signalizacija, 24 V izhodi, vhodi in ostalo pa je vezano na brezvijačne sponke. Njihova prednost je močna vzmet, ki žico trdno prime in ne popusti v času številnih let delovanja.



Releje sem kupil iz Schneider Zelio serije. Ti vsebujejo tuljavo, ki deluje na 24 V DC. Ta podatek je bil zame izjemno pomemben zaradi izbire krmilnika, še bolj pa zaradi dejstva, da te tuljave večinoma ne brenčijo, kot to počnejo njihove izmenične sorodnice. Brenčanje ene tuljave je komaj zaznavno za naše uho, a kadar združimo več relejev na enako jekleno ploščo, se brenčanje ojača in postane precej moteče. Kontaktor, ki prikloplja grelec, je malo starejši Telemechanique (bivši Schneider); deluje na 230 V AC in je sposoben vklapljati do 5,5 kW.

13 Schneider Linergy brezvijačna sponka



14 Schneider Zelio rele

6.4.5. Zaščitna oprema

Za zaščitno opremo sem izbral našega proizvajalca ETI Izlake, saj mi je večji del potrebnega materiala ostal doma od ostalih hišnih popravil. V omaro sem vgradil 30 mA RCD ali po domače »FID stikalo«, dodal 3 P 10 A inštalacijski odklopnik za grelec in 6 A odklopnik za zaščito črpalk in ostalih AC porabnikov.

Posamezne črpalke oz. kontakti relejev so zaščiteni z 2 A taljivo varovalko v Schneider Linergy podnožjih. Potrebno je dodati še zaščito za 24 V signale oz. izhod iz napajalnika, kar je že projektirano v elektro načrtu.



15 ETI RCD stikalo (FID)

6.4.6. Tipke, stikala in signalizacija

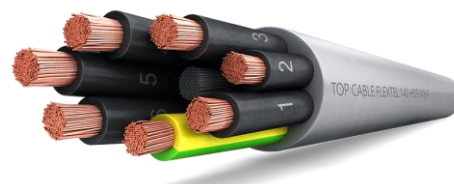
Tipke, stikala in opozorilne svetilke so montirane od proizvajalca Tracon Electric. Pri njih me je v večji meri prepričala ugodna cena in zadovoljiva kakovost. Hkrati sem bil presenečen nad obsežno zalogo tega materiala, saj sem lahko dobil 230 V svetilke, ki so bile sprva predvidene zaradi prvotnega krmilnika, in 24 V svetilke, ki sem jih kasneje predvidel za nov krmilnik. Zaradi pomanjkanja časa sem na koncu projektiral in zmontiral kar 230 V svetilke.



16 Tracon tipka

6.4.7. Krmilni kabli

Kabli so bili izbrani s strani proizvajalca Prysmian in Kabeltec. To sta v večji meri edina proizvajalca krmilnih kablov, ki sta nam, običajnim potrošnikom lokalno dostopna. Kabli so dobre kakovosti in za hobi projekt dovolj ugodni. Dimenzionirani so bili po pravilnikih industrijskih inštalacij in ne hišnih, saj ne gre za vzdano inštalacijo, ki je tipično rahlo predimenzionirana za dolgoročnost.



17 Krmilni kabel

6.5. Izdelava omare

Izdelave elektro omare sem se lotil z načrtovanjem lokacij elementov. To sem izvedel brez 3D izrisa, in sicer kar z risanjem črt in postavljanjem letvic ter kanalov na jekleno ploščo omare. Nato sem na vrh dodal komponente in pregledal ustreznost lokacije. Na koncu sem v omaro uspešno spravil 3 vrstice DIN letev in 4 vrstice kanalov. Ti so ključni za mehansko zaščito žic in lepši izgled omare. Ko sem bil zadovoljen z vsemi lokacijami, sem si zarisal luknje za pritrditev.

Sledilo je vrtanje 3 mm lukenj na zarisanih označbah in vijačenje letvic ter kanalov s samoreznimi vijaki. Luknje sem prej navrtal za lažje delo z vijaki kasneje, a to ni nujno potreben korak.

Podoben postopek je sledil za vrtanje omare, kjer sem si izbral položaj glavnega stikala in tipk. Te sem želel na višini, ki bo dostopna brez prevelikega napora ali lestve, a hkrati dovolj visoko, da ne bodo napoti pri zapiranju vrat in nastavljanju peči. Za izvrtine tipk sem kupil poseben prebijač pločevine proizvajalca Ruko, ki omogoča hitro in čisto vrtanje lukenj točnih dimenzij v tanko pločevino. Sprva sem želel luknje izvrtati s stopničastim svedrom, a je ta zelo slabo vrtal v tanko pločevino.

Sledila je postavitvev komponent in njihovo ožičenje po vezalnem načrtu. Vse skupaj sem počel na veliki mizi z dovolj prostora za orodje in material, kar je omogočalo preprosto delo. Za krajšanje časa je skrbel radio. Pri vezavi bi mi delo dodatno olajšale oznake komponent, ki pa jih žal nisem imel. Te nameravam v kratkem izdelati na tiskalniku nalepk, kar bo izboljšalo izgled omare in omogočalo hitrejšo iskanje napak v prihodnosti.

Po končanem poskusu omare z novim krmilnikom sta sledila montaža omare ter ožičenje komponent. To je bil še najtežji del od vseh, saj je bilo precej težko montirati kanale za vročimi cevmi centralnega gretja brez pomoči. Toda z nekaj volje mi je tudi to uspelo. Po montaži omare, kanalov in vezavi grelca sem izvedel še prvi preizkus.

Kot je v navadi, programska koda ni delovala zaradi napačnih nastavitvev na krmilniku. Po odpravi te napake so se pokazali še problemi s kodo. Te sem uspešno odkril in tudi rešil. Še največ preglavic mi je povzročal programski kabel za krmilnik, ki ga ni več mogoče kupiti oz. se prodaja po zasoljenih cenah. Tega sem si moral sposojati v šoli.



18 Idejna postavitev



19 Izvrtane luknje



20 Montirani elementi



24 Montirane tipke



21 Tipke zadnja stran



23 Prebijač pločevine



25 Končana prva verzija vezave



22 Komponente v omari

6.6. Izvedba fizične inštalacije

6.6.1. Merjenje temperature

Osnovno merjenje temperature sanitarne vode, ogrevalne vode in povratnih vodov je najprej izvedeno z naležnimi cevnimi termostati. Ti so znani po robustnosti, nizki ceni in splošni dobavljenosti. Žal pa nudijo zelo slabo natančnost, visoko histerezo in velika nihanja ter odstopanja izmerjene temperature od realne. Žal zaradi njihove robustnosti ne nudijo analognega signala, ki bi sporočil dejanske temperature, temveč se aktivirajo tedaj, ko temperatura preseže mejno nastavljeno vrednost. Za razširitev omare že iščem ugodne in funkcionalne merilne pretvornike za bolj natančne merilne sonde ali pa vsaj meritev temperature s termistorji.



26 PT100 sonda

6.6.2. Razvod kablov

Razvod kablov je lično urejen z nadometnimi belimi kabelskimi kanali. Pri montaži teh sem se držal predpisanih inštalacijskih pravil, da bi se izognil nezgodam pri nadaljnji montaži fasade in klime z zunanje strani. Uporabil sem kanale dimenzije 60 x 60 mm. Dovod je izveden s 5G 2,5 mm² kablom Ölflex.

6.6.3. Priklop porabnikov

Porabniki so na začetku samo obtočne črpalke za vodo in ventilator za prezračevanje. Dovod za njih sem speljal po prožni zaščitni cevi za kable. Priklop je izveden s 3 G 0,75 mm² kablom Prysmian.

Grelec za vodo je priključen s 7 G 1,5 mm² kablom, ki je tipski za vezavo elektromotorskih pogonov, pri vklopu zvezda trikot. Od tega so 4 žile porabljene za dovod posameznih faz in ozemljitve; 2 žili sta porabljena za dovod napajanja v termostat in povratek signala v krmilnik. Tukaj se pojavi velik problem.

To je mešanje izmeničnih in enosmernih napetosti v istem kablju. Ob vklopu grelca se na enosmerni liniji lahko inducira precej velika izmenična napetost. Krmilnik ima sam po sebi filter za AC napetost dobro rešen, a vseeno načrtujem izdelavo pretvornika, ki bo 230 V fazni povratek iz termostata pretvoril v 24 V za krmilnik na licu mesta brez potovanja te napetosti po kablju. Preostala žila je rezerva.



27 Ožičenje črpalk in termostatov

6.7. Končni izgled



29 Črpalka cirkulacije



28 Pogled spredaj



30 Bojler končna postavitev



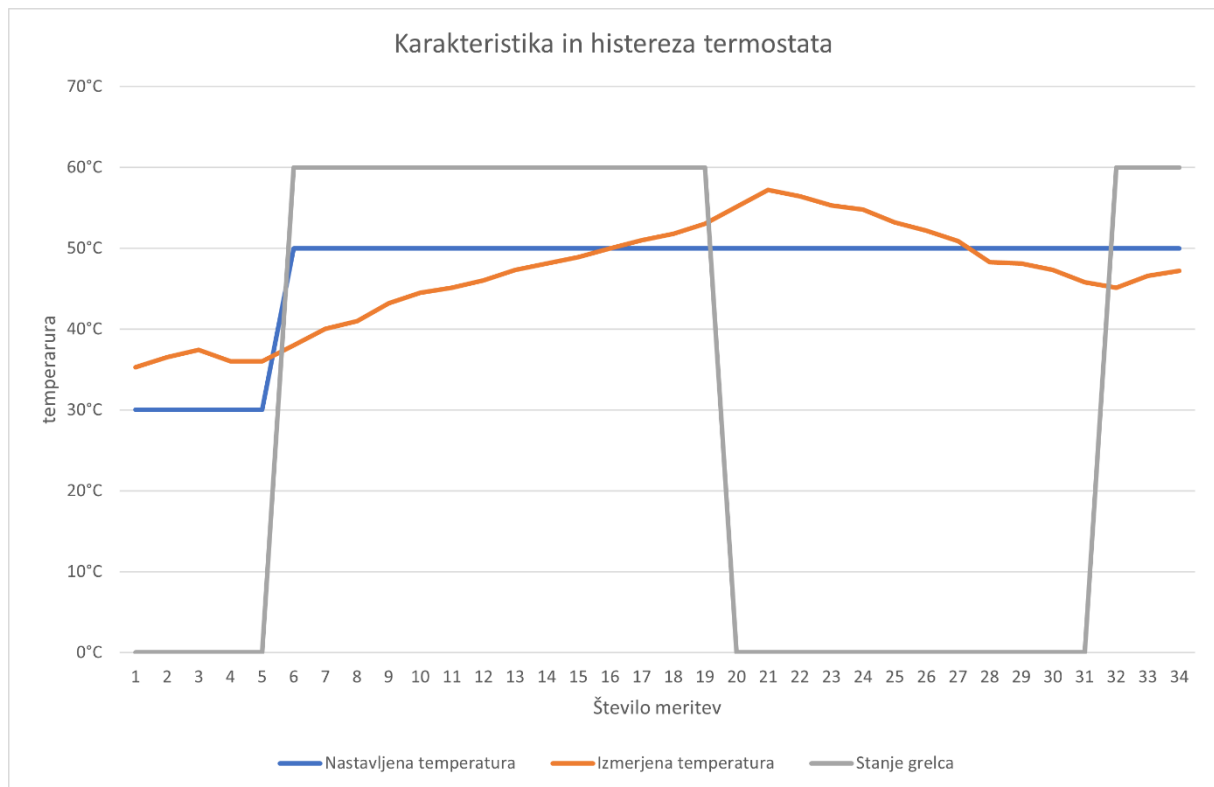
31 Omara na steni

7. Meritve in izračuni

7.1. Problem mehanskega termostata

Pri načrtovanju in izdelavi svoje naloge sem imel v mislih tudi izboljšanje temperaturnih meritev in temperaturnega odziva celotnega sistema. Prvotna želja je bila sicer izdelava temperaturnih pretvornikov in montaža PT 100 merilnih sond. Žal pa se je zame izdelava merilnega pretvornika izkazala za prezahtevno. Zato sem se odločil, da nalogo izpeljem z uporabo že montiranih termostata, katerih največji problem je histereza. To je značilnost krmiljenega sistema, da se počasi odzove na spremembe. Ta problem jasno prikazuje graf spodaj. Grelec potrebuje dolgo časa, da segreje vodo na željeno temperaturo; ob doseganju te temperature nenatančnost termostata povzroči presežek zelene vrednosti. Ko termostat končno izklopi grelec z zamudo, se sprostí še v vodi akumulirana toplota, ki povzroči naknaden porast temperature.

1 Karakteristika in histereza termostata



Enak pojav lahko opazimo pri ponovnem vklopu grelca, kjer temperatura vode pade za nekaj stopinj, preden se termostat odzove in vklopi grelec, ki spet z zamudo povzroči segrevanje vode.

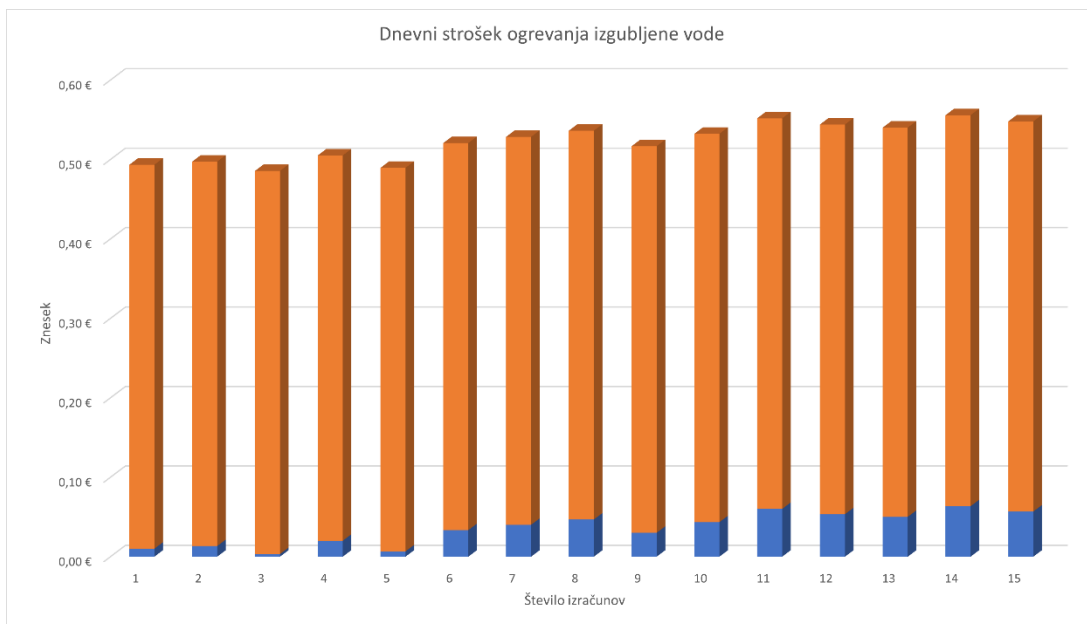
Meritve, ki so vidne v grafu, so bile opravljene vsakih 10 minut. Del, kjer oranžna krivulja preseže nastavljeno temperaturo (modro krivuljo), prikazuje problematiko nenatančnosti in počasnega odziva termostata. Jasno je vidno, da temperatura konkretno preseže nastavljeno.

7.2. Finančni prihranki

Poleg izboljšanja kakovosti udobja v hiši na podlagi natančnega nadzora nad kurilnico sem želel tudi izkoristiti priložnost za finančni prihranek. Na to odločitev sem precej ponosen, saj ima standardni mehanski časovni rele najkrajšo možnost vklopa na 15 minut, kar pa je približno 30-krat dlje časa, kot mora črpalka delovati; s tem pripomorem svoj delež k varovanju okolja in obratovalnih stroškov.

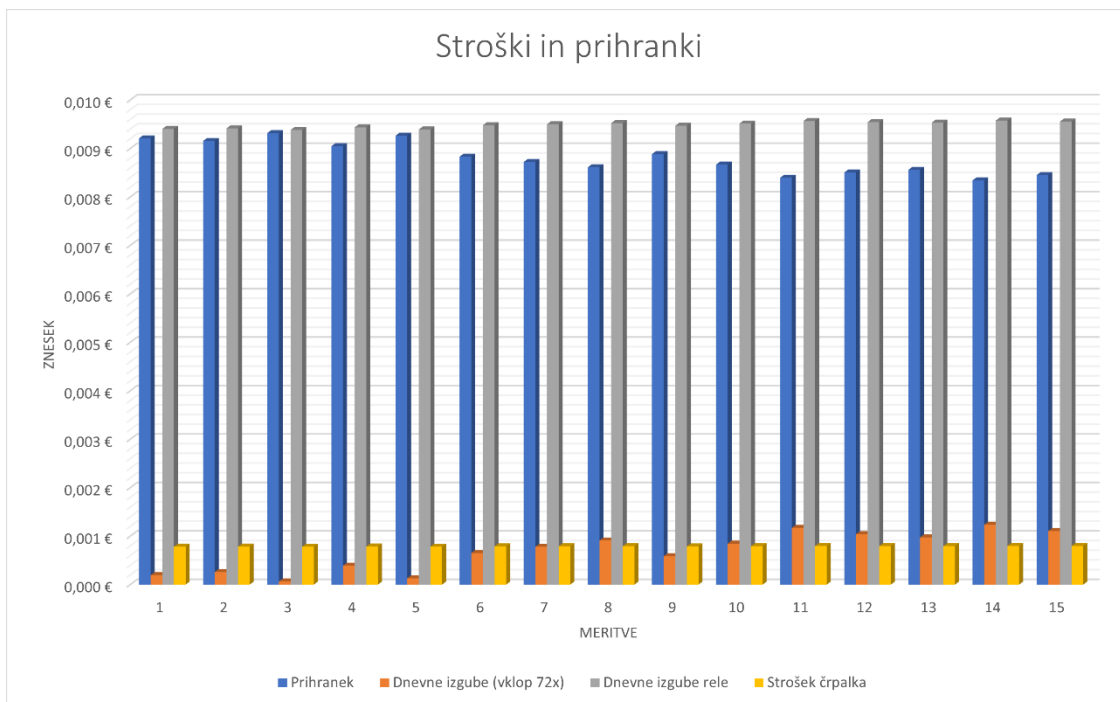
Spodnji graf prikazuje stroške, ki jih ustvarita bojler in črpalka, samo za kroženje vode, pri 15 meritvah časa do pritoka tople vode. Kot je očitno, je razlike precej, tudi do 50 centov dnevno, kar ni zanemarljiv strošek izgub pri klasičnem relejskem sistemu. Predstavljena sta tudi graf primerjave sistemov in prihranek mojega krmilja.

2 Dnevni strošek ogrevanja izgubljene vode



Opravil sem tudi izračun stroškov, izgub in prihranka mojega sistema v odnosu do standardnega mehanskega releja za lažjo predstavo. Izračunati je mogoče veliko drugih podatkov, vendar so že ti dovolj zgovorni in kažejo, da je pametno izdelati pametno krmilje. Prihranek je izračunan kot (strošek relejski sistem) – (strošek moj sistem) = prihranek. Pri tem grafu je izračunan prihranek le na črpalki. Dnevne izgube releja so izračunane kot (čas delovanja črpalke) – (potreben čas delovanja črpalke do pritoka tople vode na pipo) * strošek elektrike na kWh. Pri svojem sistemu sem računal vklop 72x dnevno (12 ur na dan, vsakih 10min), pri relejskem pa 12 vklopov dnevno (1 vklop za 15min na uro). Strošek delovanja črpalke je izračunan kot (čas do pritoka tople vode) * strošek elektrike na kWh.

2 Stroški in prihranki

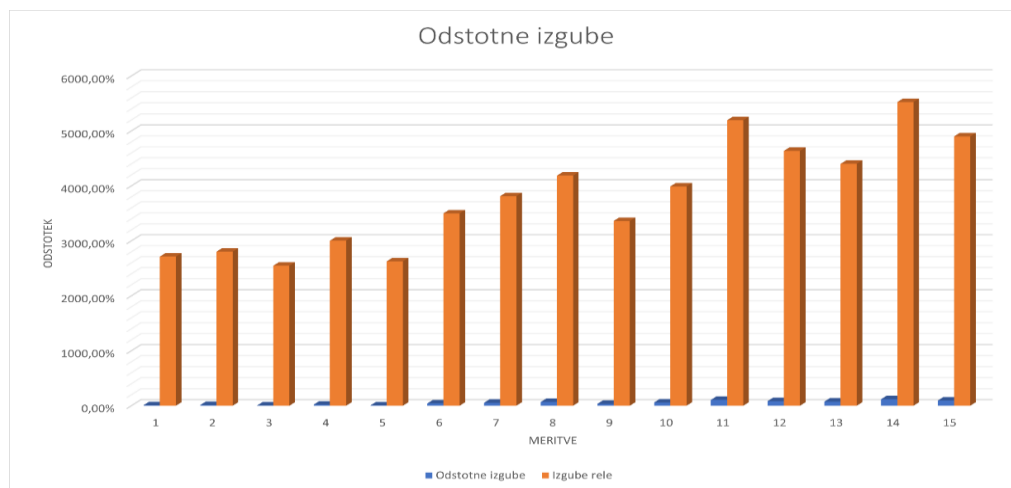


7.3. Odstotne izgube

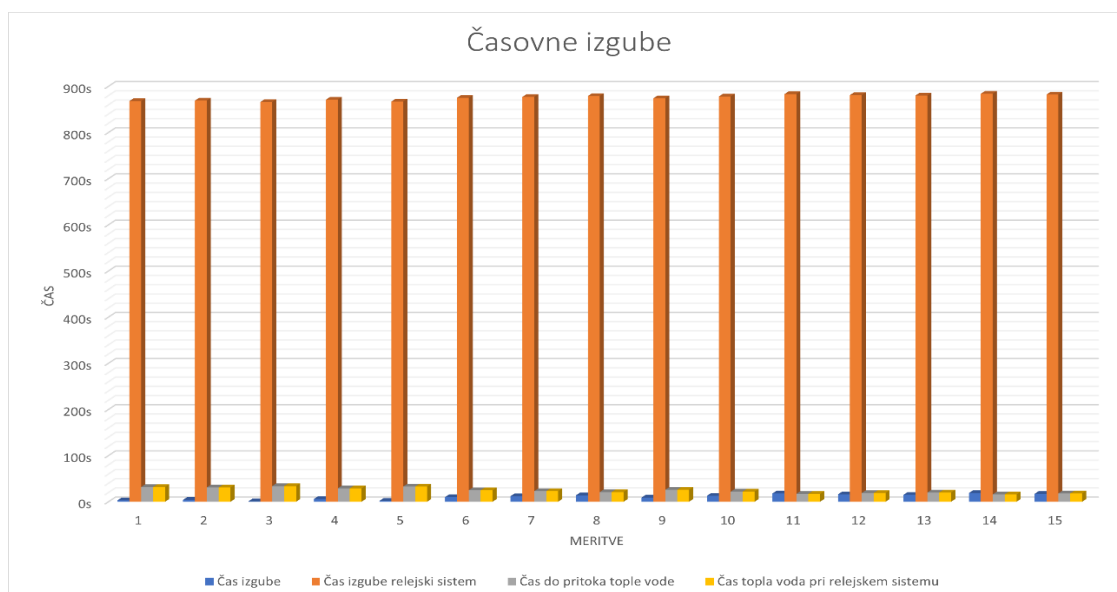
Izračunal sem še odstotne izgube porabe energije za pogon črpalke in časovne izgube, ko se črpalka vrti »v prazno«. Torej porablja električno energijo za pogon motorja in toplotno energijo vode, ki se izgubi v estrihu. Odstotne izgube prikazujejo moj sistem in so izračunane kot (čas do pritoka tople vode) / (čas delovanja črpalke) * 100%. Enako velja za relejski sistem.

Pri časovnih izgubah je princip računanja enak, le da sem primerjal vse 4 spremenljivke hkrati. Torej izgubljen čas pri relejskem sistemu, čas do pritoka tople vode pri obeh sistemih in čas izgube mojega sistema.

3 Odstotne izgube



4 Časovne izgube



8. Nadgradnje

8.2. Termo tipala

V kratkem načrtujem vgradnjo bolj natančnih PT 100 merilnih sond z ustreznimi merilnimi pretvorniki, ki bodo sposobne brati vrednosti sonde in jih pravilno pretvoriti v 0 – 10 V analogni signal, ki ga krmilnik lahko prebere. Trenutno me je ustavila cena teh pretvornikov, zato še iščem cenejše alternative. Če pa ne obstajajo, se bom lotil lastne gradnje 4-kanalnega merilnega pretvornika, najverjetneje z sistemom Arduino in modularnim DIN ohišjem.



32 Merilni pretvornik

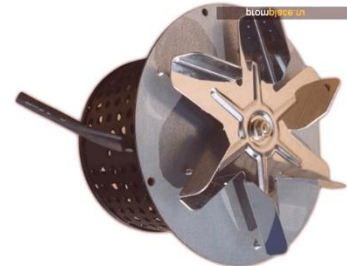
8.3. Podpih in lambda sonda

S časom, ko se bo pokazala uporabnost naše vgrajene peči na drva in izdelane krmilne omare, imam v mislih še vgradnjo lambda sonde (visokotemperaturna sonda za merjenje temperature izpušnih plinov iz peči) in montažo vlečnega ventilatorja, ki bo deloval po podobnem principu kot moderne peči na podpih.



33 Lambda sonda

Če na kratko opišem – peči na podpih dandanes merijo temperaturo (včasih še druge fiz. količine) izpušnih plinov v peči. Na podlagi teh podatkov določajo hitrost vrtenja ventilatorja za podpih, ki umetno pospešuje gorenje v peči. Tako dosežemo optimalno delovanje peči z minimalnim onesnaževanjem zraka.



34 Ventilator za vleko dima

Za pravilno delovanje tega sistema mora biti moč peči pravilno dimenzionirana, da ne gori premočno ali prešibko in zaduši ognja. Hkrati mora imeti kurilnica vgrajen zalogovnik, kjer se odvečna energija shrani. V nasprotnem primeru bi dosegali ogromne izgube, saj bi po zaprtju termostatskih ventilov na radiatorjih in vejah talnega gretja morali odvečno toploto spustiti ven iz prostora. V nasprotnem primeru nam grozi pregretje in uničenje peči.



35 Peč z podpihom

8.4. Krmilnik

Ob zaključku gradnje, ko bo v mansardi položena izolacija in vse veje talnega gretja, nameravam vgraditi še Schneider M221 krmilnik, ki bo prevzel celotno krmilje temperature in potencialno vlago/kakovost zraka v hiši. Tako bom obstoječi krmilnik porabil za pobiranje signalov v kurilnici, ki jih bom pošiljal v mansardo, kjer bosta glavni krmilnik in izvrševanje nadzora nad pečjo. Komunikacija bo verjetno potekala po CANopen ali ModBus protokolu; upravljanje celotnega sistema bo možno preko 7" HMI zaslona na dotik.



36 Schneider M221 (TM221CE40T)

9. Razprava in zaključek

9.2. Zaključek

Raziskovalno delo je na splošno potekalo precej gladko, na kar sem računal ravno zaradi izbora industrijskega krmilnika. Po vsej verjetnosti bi bil projekt dosti cenejši, če bi ga izvedel z mikro krmilnikom Arduino ali čem podobnim. Žal do sedaj s takimi projekti nisem imel sreče. Program namreč nikoli ni deloval, kot je bilo predvideno, ali pa je po določenem času prišlo do okvare. Motijo me tudi redne posodobitve aplikacij, v katerih se koda piše, kar je načeloma super za ustvarjanje novih projektov, vendar slabo, ko želiš v praksi odpraviti napake stare kode. Pojavijo se problemi z združljivostjo in še marsičim drugim.

V nadaljevanju si želim za projekt predvsem dolgo in zanesljivo delovanje, dokler se mansarda ne konča in tam dodam novo avtomatizacijo ogrevanja. Sistemu bi rad dodal še merilne sonde in merilne pretvornike, ki bi jih kupil ali razvil sam. Mislim, da je sistem Easy zelo dobro razvit, vendar predrag za povprečnega uporabnika, ki mu sicer prvotno ni namenjen. Ker je krmilnik dosti star, je bil razvit še po principu zasebne opreme. Potrebno je kupiti originalni krmilnik, originalni kabel zanj (ki stane več kot rabljen krmilnik) in originalno programsko opremo za programiranje. To hitro privede v visoke stroške in hkrati ne omogoča nadaljnje razširitve brez naloženih starih verzij programa. Predvsem zato si želim naslednjo omaro osnovati okoli Schneider ali pogojno Siemens krmilnikov. Ta omogočata priklop kar z ethernet ali micro USB kablom, Schneider pa celo brezplačen program.

Sistem trenutno deluje z eno obtočno črpalko za centralno in eno za sanitarno vodo. Naknadno predvidevam še 3 dodatne črpalke v mansardi, 2 za veji talnega gretja in eno za obtok sanitarne vode. Te bom brez težav dodal po obstoječem preboju za vodovodne inštalacije. Edini potreben dodatek je en rele s podnožjem za vsako črpalko in nekaj vrstic programske kode.

9.3. Hipoteze

- Krmilno omaro bom lahko razvil in sestavljal z manj kot 200 € stroškov.

Ta hipoteza je bila precej hitro odvržena, že na začetku, ko sem kupil krmilnik, ki je odpovedal. Skupni strošek omare in kablov je na koncu znašal dobrih 400 €.

- Krmilna omara z industrijskim krmilnikom bo nudila neomejeno razširitev.

Hipotezo sem takoj potrdil, ko je bilo potrebno celotni sistem spremeniti iz 230 V AC na 24 V DC. Najlepši del vsega skupaj je, da ni bilo treba spreminjati kode, ampak samo spremeniti tip krmilnika in kodo ponovno naložiti.

- Krmilnik bo deloval samostojno brez dodatnih elektromehanskih komponent.

Hipoteza je delno potrjena. Z originalnim načrtom za 230 V AC krmilnik bi ta res deloval samostojno, a se je po nezgodi ta načrt hitro spremenil. Potreboval sem še napajalnik, dodatne sponke in releje.

- Vidno bo izboljšanje energijske učinkovitosti.

Energetske izboljšave sicer niso opazne. Glede na stari sistem, kjer cirkulacije nismo imeli, je izboljšava zelo očitna v odnosu do sistema, ki sem ga sprva nameraval izdelati, to je z mehanskim relejem. Hipotezo sem z veseljem potrdil.

Viri:

<https://shop.faberkabel.de/en/cable-calculator/> - spletni kalkulator za dimenzioniranje kablov

https://datasheet.eaton.com/datasheet.php?model=256273&locale=uk_EN&type=pdf

<https://smarterhouse.org/heating-systems/types-heating-systems>

Viri slik:

<https://d12m281y1f13f0.cloudfront.net/images09/ded.jpg>

https://apienergy.co.uk/wp-content/uploads/2017/04/API-Energy-active_solar_heating_system.jpg

<https://iautomatyka.pl/wp-content/uploads/2019/01/EPLANedu-2-1920x1080.png>

<https://img.cdn-cnj.si/img/250/250/Zs/ZsNTDSZLn3fx>

https://slike.ten-net.si/CRAWLER_SCHNEIDER/SCHNEIDER_NSYCRN33150_ORG_files%3Fp_Doc_Ref%3DPB500109%26p_File_Type%3Drendition_288_png%26default_image%3DDefaultProductImage.png

https://res.cloudinary.com/rsc/image/upload/b_rgb:FFFFFF,c_pad,dpr_1.0,f_auto,h_843,q_auto,w_1500/c_pad,h_843,w_1500/F4430180-01?pgw=1&pgwact=1

https://ae01.alicdn.com/kf/H32dedab7611f4e7993ecfc0f22cb0c2bE/Original-Mean-Well-HDR-30-24-DC-24V-1-5A-36W-meanwell-Ultra-Slim-Step-Shape.jpg_Q90.jpg_.webp

https://download.schneider-electric.com/files?p_Doc_Ref=PB502346&p_File_Type=rendition_520_jpg&default_image=DefaultProductImage.png

https://www.eti.si//images/userfiles/en-GB/images/media-center/EFI-Bplus_pravi.jpg

https://si.traconelectric.com/static/images/items/K11/NYG3-G_NYK3-G_2_portal_list_230x180.png

https://www.topcable.com/wp-content/uploads/2015/10/FLEXTEL_140_H05VV5_F_banner.png

https://www.guilcor.fr/9734-large_default/sonde-pt100-3-fils-classe-b-longueur-2000mm-ip67.jpg

https://www.materm.si/sites/default/files/merilni_pretvornik_izmenicne_napetosti_ali_toka_lumel_p10z.png

https://media.autoersatzteile.de/360_photos/1149064/preview.jpg

<https://i.masinealati.rs/img/b82c2f6cbd9a9628b3535b9120b843.png>

https://si.farnell.com/productimages/large/en_GB/2835268-40.jpg

https://www.varcevanje-energije.si/images/stories/2020/ostalo/Windhager_pec_na_drva.jpg

IZJAVA*

Mentor/-ica GREGOR KRAMER v skladu z 20. členom Pravilnika o organizaciji mladinske raziskovalne dejavnosti »Mladi za Celje« Mestne občine Celje, zagotavljam, da je v raziskovalni nalogi z naslovom KRMILJE KURILNICE Z, katere avtor/-ica je ŽAN PEKOŠAK: INDUSTRIJSKIM KRMILNIKOM

- besedilo v tiskani in elektronski obliki istovetno,
- pri raziskovanju uporabljeno gradivo navedeno v seznamu uporabljene literature,
- da je za objavo fotografij v nalogi pridobljeno avtorjevo dovoljenje in je hranjeno v šolskem arhivu,
- da sme Osrednja knjižnica Celje objaviti raziskovalno nalogo v polnem besedilu na knjižničnih portalih z navedbo, da je raziskovalna naloga nastala v okviru projekta Mladi za Celje,
- da je raziskovalno nalogo dovoljeno uporabiti za izobraževalne in raziskovalne namene s povzemanjem misli, idej, konceptov oziroma besedil iz naloge ob upoštevanju avtorstva in korektnem citiranju,
- da smo seznanjeni z razpisni pogoji projekta Mladi za Celje.

Celje, 13.4.2022



Podpis mentorja

Podpis odgovorne osebe

*

POJASNILO

V skladu z 20. členom Pravilnika raziskovalne dejavnosti »Mladi za Celje« Mestne občine Celje je potrebno podpisano izjavo mentorja (-ice) in odgovorne osebe šole vključiti v izvod za knjižnico, dovoljenje za objavo avtorja (-ice) fotografskega gradiva, katerega ni avtor (-ica) raziskovalne naloge, pa hrani šola v svojem arhivu.