

»Mladi za napredek Maribora 2020«

37. srečanje

# Razdelilna mobilna omarica z daljinskim odčitavanjem

Raziskovalno področje: Elektrotehnika, elektronika

Raziskovalna naloga

Avtor: ALEX BARON LAH, IGNJATIJE BUMBULOVIČ, MATIČ ŠULC  
Mentor: IVANKA LEŠJAK  
Šola: SREDNJA ELEKTRO-RAČUNALNIŠKA ŠOLA MARIBOR  
Število točk: 153/ 170

Maribor, februar 2020

»Mladi za napredek Maribora 2020«

37. srečanje

# Razdelilna mobilna omarica z daljinskim odčitavanjem

Raziskovalno področje: Elektrotehnika, elektronika

Raziskovalna naloga

Maribor, februar 2020

KAZALO VSEBINE	
1	Povzetek.....3
2	Zahvala .....3
4	Hipoteze in cilji .....4
6	UVOD.....5
8	Razdelilne omarice .....6
8.1	Zaščitno stikalo FID .....6
8.2	Varovalke in inštalacijski odklopniki.....7
8.3	Kontaktor .....8
8.4	Priključki.....9
9	Izdelava energetskega dela .....9
9.1	Vodniki .....10
10	Izdelava zaščitnega sistema.....11
10.1	Upor .....12
10.2	Kondenzator .....12
10.3	Arduino .....14
10.4	Arduino Mega.....14
11	Meritev, delovanje in varnostni poseg razdelilne omarice s pomočjo Arduino ploščice 15
13	Standardizacija.....19
14	Družbena odgovornost .....20
15	Zaključek.....21
16	Razprava.....22
17	Viri in literatura .....23

## KAZALO SLIK

Slika 1: RCD stikalo .....	7
Slika 2: inštalacijski odklopnik .....	8
Slika 3: Kontaktor .....	8
Slika 4: Industrijski CEE priključek .....	9
Slika 5: Ohišje .....	11
Slika 6: Primer voltmetra z Arduino ploščico .....	12
Slika 7: Upor .....	12
Slika 8: Elektrolitski kondenzator .....	13
Slika 9: Arduino Uno .....	14
Slika 10: Arduino Mega .....	14

## KAZALO TABEL

Tabela 1: Opis vodnikov in njihovih funkcij .....	10
---	----

## **1 POVZETEK**

Za izdelavo raziskovalne naloge smo se odločili saj se ob šolskih dejavnostih ukvarjamo s tehnično podporo na različnih kulturnih prireditvah. Prav tako smo se za domačo izdelavo odločili zato ker imamo vsa potrebna znanja iz področja energetike, elektronike in programiranja. Na kulturnih prireditvah je problem pri napajanju naprav z zelo visoko porabo električne energije. Pri tem se pojavi problem zagotovitve konstantnega napajanja in varnosti tega napajanja, primer iz izkušenj je prireditev katero smo ozvočevali ne dolgo nazaj in se je na njej pokazala napaka na električni napeljavi. Takoj je nastal velik padec fazne napetosti in pustil veliko škodo na uporabljeni opremi. Zato smo se odločili izdelati mobilno razdelilno omarico, ki reši naše probleme pri zagotavljanju električnega napajanja. V okviru raziskovalne naloge smo izdelali manjšo razvodno omarico, ki vključuje vse varnostne ukrepe ki bi lahko napravili veliko škodo naši tehnologiji. Napravili smo načrt razvodne povezave in daljinsko očitavanje vseh meritev, ki jih lahko izvedemo na takšnem izdelku. Izdelku smo izbrali primerno ohišje ki ga ščiti pred vsemi zunanjimi vplivi. Omarica vzpostavi povezavo s internetnim omrežjem in posreduje meritve na spletno stran, tako da so meritve dostopne vsem zaposlenim na prireditvah in to kjerkoli in kadarkoli. V primeru previsoke ali prenizke fazne napetosti omarica odklopi električno napajanje naprav in s tem zaščiti naprave pred okvaro. S tem pripomoremo k varnosti ljudi in električnih naprav.

## **2 ZAHVALA**

Pri izdelavi raziskovalne naloge so nam pomagali ljudje, katerim se za pomoč zahvaljujemo. V prvi vrsti se zahvaljujemo mentorju ki nas je usmerjal pri izdelavi raziskovalne naloge. Šoli ki nam je nudila prostor ter orodje za izdelavo izdelka. Staršem ki so nas podpirali pri vseh naših odločitvah. Prijateljem ki so nam pomagali pri izbiri materiala za izdelavo, ter sošolcem ki so nam nudili veliko strokovne pomoči. Zahvaljujemo se prav tako podjetju Thon, ki nam je nudil visoko kvalitetno ohišje za naš izdelek.

## **4 HIPOTEZE IN CILJI**

Pred izdelavo raziskovalne naloge smo si zadali nekaj hipotez in ciljev katere so nas usmerile pri izdelavi.

- 1.izdelek bo narejen kvalitetno in ne bo imel odstopanja od izdelkov priznanih proizvajalcev
- 2.Izdelek bo vseboval vse možne zaščite in varnostne ukrepe.
3. izdelku bomo napravili vse meritve ki bi bile potrebne za pridobitev A testa
4. Izdelek vključuje vsa določila standardov DIN, EN, SIST, ISO
- 5.Vpostavili bomo omrežno povezavo, na kateri lahko vživo preverili delovanje in zanesljivost izdelka
6. Izdelek bo beležil tudi podatke o porabi električne energije na posameznih dogodkih.
7. Izdelek bomo krmilili z razvojno ploščico proizvajalca Arduino

## **6 UVOD**

V raziskovalni nalogi, bomo raziskovali delovanje razvodnih omaric in njihovih komponent. Pomerili se bomo v reševanju problema, ki ga imamo kadar uporabljamo močnejše porabnike električnega toka. Preizkusili se bomo v programiranju in sestavi elektronskih vezji. Od raziskovalne naloge pričakujemo pridobitev novih znanj s področja elektrotehnike. Želimo si združiti veliko različnih strok, iz katerih prihajamo. Ob koncu raziskovalne naloge, pričakujemo delujoč in uporaben izdelek.

## 8 RAZDELILNE OMARICE

Poznamo različne razvodne omarice. Te se razlikujejo po obliki, velikosti, namenu uporabe in materialu iz katerega so izdelane. Poznamo omarice za navadne hišne inštalacije in omarice za industrijske namene. Ločimo nadometne in podometne izvedbe omaric, ter prostostoječe. Omarice so lahko narejene iz plastike ali kovine, v kolikor so iz kovine morajo biti ustrezno zaščitene. Poznamo tudi druge razvodne omarice kot so mobilne razvodne omarice, te uporabljamo na gradbiščih, pri prireditveni tehniki...

V razvodne omarice inštaliramo različne elemente kot so: inštalacijski odklopniki (varovalke), RCD stikalo (FID ali zaščitno stikalo), kontaktorje, releje, PLC krmilnike...

V mobilni izvedbi pa so nameščeni tudi različni priključki (vtičnice, konektorji), prenapetostne zaščite, termične zaščite, v dražjih omaricah pa tudi galvansko ločene priključke.

### 8.1 Zaščitno stikalo FID

Zaščitno stikalo FID ali RCD (Residual-current device) je zaščitno stikalo, ki varuje človeka pred neposrednim stikom z električnim tokokrogom. Ta zaščitna naprava FID deluje tako da meri tok na linijskih vodnikih in tok na nevtralnem vodniku. V kolikor je tok na vseh linijskih vodnikih enak toku na nevtralnem vodniku potem stikalo ne posreduje v tokokrog. Če pa je to na nevtralnem vodniku manjši od toka ki odteka iz stikala potem pa RCD odklopi tokokrog. Poznamo več različnih vrst omenjenih zaščitnih stikal razlikujejo pa se po maksimalnem dovoljenem toku na fazi in po času, ki ga porabijo za odklop in po dopustni tokovni razliki. Za naš izdelek smo uporabili dva zaščitna FID stikala enega 4 polnega in enega dvopolnega proizvajalca ABB. 4 polno FID stikalo sva izbrala s maksimalnim dopustnim tokom 63A po fazi in z 0.03A dopustnim tokovnim odstopanjem. Dvopolno FID stikalo pa z maksimalnim dopustnim tokom 40A in po fazi in z 0.03A dopustnim tokovnim odstopanjem. Odklopni čas in tehnično brezhibnost obeh zaščitnih naprav RCD smo zmerili z merilnikom Metrel MI 3155 Eurotest XD. Meritve so pokazale da je 4 polno zaščitno stikalo zaščitno stikalo tehnično brezhibno, njegov odklopni čas je bil 19ms dopustni tok pa 25mA. Meritve dvopolnega stikala pa so pokazale odklopni čas 21ms in dopustni tok 23mA, kar pomeni da je tudi to stikalo tehnično brezhibno.





*Slika 1: RCD stikalo*

## 8.2 Varovalke in inštalacijski odklopniki

Inštalacijski odklopniki in varovalke so namenjene zaščiti pred kratkim stikom ali tokovno preobremenitvijo. Poznamo več izvedb oz. vrst izolacijskih odklopnikov, to so lahko: taljive varovalke, avtomatske varovalke, cevne varovalke

-Taljive varovalke so sestavljene iz porcelanastega ohišja, kremenčevega peska in tanke žice v notranjosti. Zaradi previsokega toka se žica v notranjosti taljive varovalke stali in s tem prekrine električni krog. Talilni čas je tako odvisen od toka, ki teče skozi varovalko. Pri velikih tokovih so izklopni časi zelo kratki, kar je velika prednost taljivih varovalk. Druge prednosti so enostavna izvedba in nizka cena. Pri izbiri taljivih varovalk moramo biti pozorni na: nazivni tok, nazivno napetost, nazivno izklopno zmogljivost, jouski integral. Slabosti taljivih varovalk je enkratna uporaba, so lahko nevarne, niso primerne za vklapljanje pod obremenitvijo.

-Avtomatske varovalke ščitijo pred preobremenitvenim tokom in pred kratkim stikom. Poznamo bimetalni sprožilnik, ki ščiti pred preobremenitvenim tokom in elektromagnetni sprožilnik, ki ščiti pred kratkim stikom. Poznamo več izvedb avtomatskih varovalk to pa so varovalke tipa B,C,D. Varovalke B tipa uporabljamo za zaščito vodnikov, Varovalke C ti pa pa za zaščito porabnikov z visokimi vklopnimi tokovi in D za še večje tokove. V naši nalogi smo uporabili 4 tripolne varovalke C tipa in 3 enopolne varovalke tipa C.



*Slika 2: inštalacijski odklopnik*

### **8.3 Kontaktor**

V našem izdelku smo za varnostni izklop uporabili kontaktor proizvajalca Moeller. Model ki smo si ga izbrali DILMP 32-10, gre za manjši kontaktor z štirimi priključki ki po številu priključkov zadošča za naš izdelek saj odklapljamo 3 linijske vodnike in 1 nevtralni vodnik. Kontaktorji se na splošno uporabljajo za vključitev ali izključitev močnejših porabnikov delujejo s pomočjo navitja ki kontakte sklene izbran kontaktor premore tok 32A na linijski vodnik kar zadošča za naš izdelek. Sprožilna napetost tega kontaktorja je lahko enosmerna in mora biti med 24V in 27V. Za sprožitev kontaktorja uporabljamo Arduino 24V rele, katerega sprožimo z digitalnim izhodom, napajamo ga pa eksternim transformatorjem in usmerniškim vezjem.



*Slika 3: Kontaktor*

## 8.4 Priključki

IEC 60309 so standardi za industrijske priključke. Maksimalna napetost teh priključkov je 1000V DC ali AC, maksimalen tok je 800A in frekvenca 500Hz. Lahko jih uporabljamo pri temperaturi od  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$  do  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Priključki so popularni na odprtem ker vsebujejo IP44 zaščito. Imajo različne barve priključkov glede na napetost in frekvenco. Modri priključki so po navadi namenjeni za zunanjo uporabo. Priključki imajo zaščitni »pin« 2mm večji od ostalih »pinov«. V naši nalogi smo uporabili 32A priključek z 3 faze zaščitnim in nevtralnim priključkom.



*Slika 4: Industrijski CEE priključek*

## 9 IZDELAVA ENERGETSKEGA DELA

Naša omarica je zgrajena po sistemu TN-S, v tem sistemu prva črka T pomeni neposredna povezava z zemljo v eni točki, druga črka N pomeni neposredna povezava izpostavljenih prevodnih delov z ozemljeno točko napajalnega sistema in zadnja črka S pomeni da sta nevtralna in zaščitna funkcija ločena vodnika. To pomeni da sta v tem sistemu nevtralni (N) vodnik in zaščitni (PE) vodnik ločena. Naša omarica je sestavljena tako da jo lahko uporabljamo v enofaznih sistemih kot tudi v trifaznih sistemih zato omarica vsebuje dve različni zaščitni stikali (FID ali RCD), nekaj tripolnih in nekaj enopolnih inštalacijskih odklopnikov ter merilne naprave ki merijo pomembne veličine.

V omarico sta vgrajena dva različna merilna sistema. Eden ni odvisen od drugega pri čemer prvi merilni sistem je večnamenski multimeter proizvajalca KKmoon, ki je namenjen meritvam veličin v izmeničnem tokokrogu. Naprava zmora s pomočjo induktivnega senzorja skozi katerega vodi vodnik meriti tokove do 100A. Prav tako naprava meri napetost, izračuna faktor delavnosti ( $\cos\phi$ ) moč ter porabo v določenem času. Ta merilnik ni odvisen od ostalih elektronskih komponent v naši omarici.

Drugi merilni sistem je zgrajen s pomočjo razvoje ploščice Arduino Mega tokovna meritev prav tako deluje s pomočjo induktivnega senzorja, meritev napetosti pa s pomočjo napetostnega merilnika.

## 9.1 Vodniki

V naši raziskovalni nalogi smo uporabili več različnih vodnikov. Vodniki so v različnih oblikah obvezni deli električnih tokokrogov. Uporabljamo jih za povezovanje različnih elementov v tokokrogu. Poznamo izolirane in neizolirane vodnike. Izolirani so sestavljeni iz prevodnega dela ki je vglavnem iz bakra ali aluminija in iz izolacijskega dela ki je iz gume ali drugih izolacijskih materialov. Njihov prerez in material vodnika je odvisna od želenega toka in željene dolžine. Vodniki povečujejo upornost električnih tokokrogov in slabšajo razmere za delovanje porabnikov. V naši raziskovalni nalogi smo večinoma uporabljali trdožilne vodnike prereza 6mm<sup>2</sup>, katere smo izračunali po enačbi  $S = \frac{200 \cdot l \cdot P}{\lambda \cdot U^2 \cdot \Delta U \%}$ . Naslednji vodnik po tabeli pa je 6mm<sup>2</sup>. Skozi ostale vodnike ki smo jih uporabili pa teče zelo majhen električni tok.

Glede na namen in izvedbo je na področju elektronike in energetike veliko različnih vrst vodnikov. Vodniki se medseboj razlikujejo po barvi izolacije in po preseku. V standardnih inštalacijah poznamo vodnike z naslednjimi barvami izolacije:

*Tabela 1: Opis vodnikov in njihovih funkcij*

Opis vodnika	Oznaka	Barva
linijski, fazni vodnik	L	črna ali rjava
nevtralni vodnik	N	modra
zaščitni vodnik	PE	zeleno-rumena
zašč. in nevtr. vodnik	PEN	zeleno-rumena

S črkami in številkami označujemo v električnih shemah vlogo oz. funkcijo vodnikov. Barve izolacije vodnikov olajšajo delo pri montaži in vzdrževanju električnih inštalacij in naprav, saj vemo za kaj se določen vodnik uporablja. Barve različnih vodnikov so določene in

predpisane s stadardom.V elektroenergetiki pa imajo zelo pomembno vlogo tudi zaradi varnosti.



*Slika 5: Ohišje*

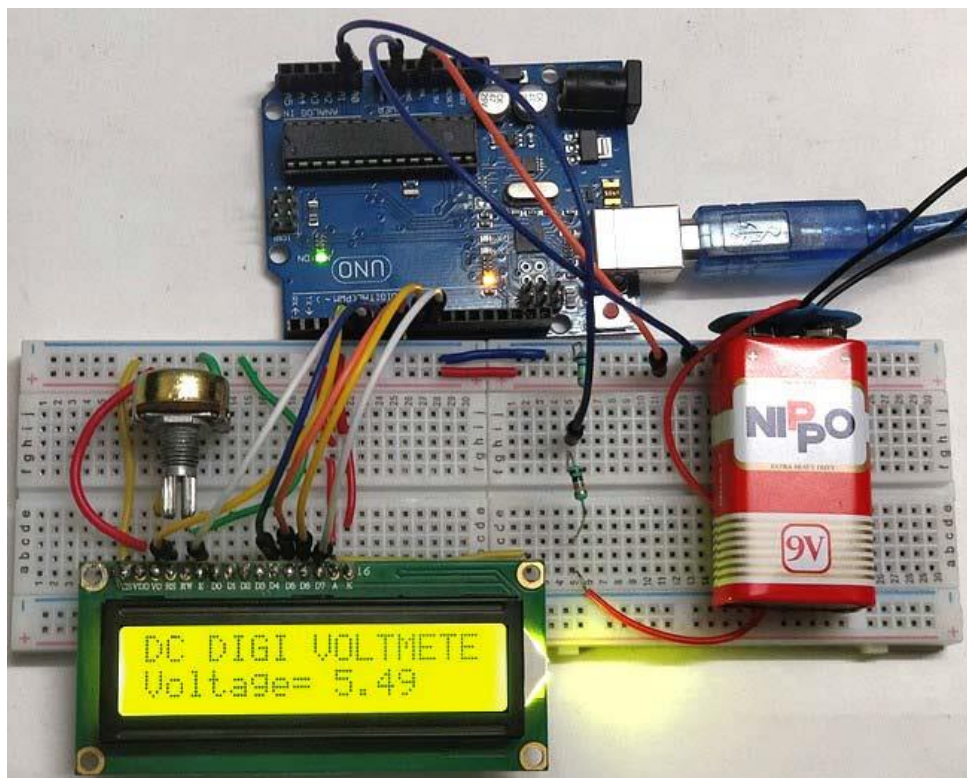
## **10 IZDELAVA ZAŠČITNEGA SISTEMA**

Za začetek smo si zadali, pri katerih pogojih želimo zavarovati naše naprave. Nato smo prišli do tega, da želimo našo napravo in njene porabnike zavarovati proti preobremenitvi, kratkim stikom, prenapetostjo in pred velikim padcem napetosti. Za izdelavo elektronskega zaščitnega sistema smo uporabili naslednje elemente.

- Vezje, ki smo ga sami zasnovali:
- Zaznavanje toka
- Zaznavanje napetosti
- Arduino Mega razvojno ploščico

Vezje ki smo ga načrtovali je sestavljeno iz več transformatorjev in uporov, tako da dobimo delilnike napetosti, nato pa na izhodu analogno vrednost, katero lahko kasneje arduino mega prebere.

Pred izdelavo ploščice smo napravili skico in vezje preizkusili na eksperimentalni ploščici. Kasneje smo vezje načrtovali v programu Eagle in ga tudi rezkali.



*Slika 6: Primer voltmetra z Arduino ploščico*

## 10.1 Upor

Upor ali s tujko »resistor« je eden najbolj uporabljenih elektrotehničnih elementov, katerega glavna lastnost je upornost, njena obratna vrednost je prevodnost. Za izračun upornosti uporabljamo Ohmov zakon

$$R = U/I$$

U je napetost na upor, I pa je električni tok skozi upor.



*Slika 7: Upor*

## 10.2 Kondenzator

Pri načrtovanju električnega vezja smo uporabili tudi kondenzatorje. Gre za Pasivni frekvenčno odvisni element, ki lahko sprejme, shrani in odda elektrino. Njegova osnovna lastnost je kapacitivnost in je podana z osnovno enoto Farad. Ta lastnost je snovno geometrijska lastnost, kondenzatorji pa praviloma ne prevajajo električnega toka. V osnovi so

kondenzatorji sestavljeni iz dveh ploščic, ki se ne stikata med njima pa je izolator oz. dielektrik. Kapacitivnost kondenzatorja določimo s pomočjo enačbe:  $C = \frac{Q}{U}$  Poznamo več vrst kondenzatorjev. V vezju pa uporabljamo le elektrolitske kondenzatorje.

Gre za polarizirano vrsto kondenzatorja. Pri teh Dielektrik nastane šele ob priključitvi kondenzatorja na električno napetost. Te kondenzatorje moramo pravilno priključiti na enosmerno napetost. Ob priključitvi teče skozi njih velik prečni tok. Zato se pogosto uporabljajo za glajejnje nihajočih enosmernih napetosti. Pri elektrolitskem kondenzatorju se med elektrodama nahaja papirna gaza z raztopino boraksa, fosfata ali karbonata. Ob priključitvi na enosmerno napetost se ob pozitivni elektrodi nabere plast aluminijevega oksida, ki deluje kot dielektrik.



*Slika 8: Elektrolitski kondenzator*



### 10.3 Arduino

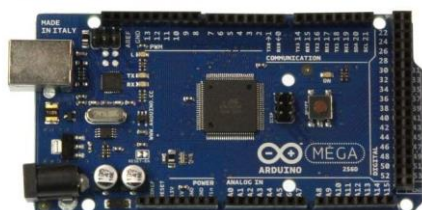
Arduino je Italijansko podjetje, ki se ukvarja z izdelavo in razvojem programljivih ploščic, katere temeljijo na mikrokontrolerih Atmel. Arduino nam ponuja veliko število razvojnih ploščic (NANO, UNO, MEGA...). ki se med seboj razlikujejo po zmogljivosti in številu vhodno izhodnih enot. Prednost teh ploščic je nizka cena, enostavna in preprosta uporaba, ter uporaba na najrazličnejših projektih in izdelkih. Program oz. programsko kodo napišemo v programskem okolju Arduino ide, kasneje jo lahko tudi še spremenimo in ponovno naložimo.



*Slika 9: Arduino Uno*

### 10.4 Arduino Mega

Arduino mega je primeren za bolj napredne projekte. Ima 54 digitalnih vhodov, 16 analognih vhodov in več prostora za skice. Je tudi priporočen mikrokontroler za 3D printerje in za robote. Ima 16 MHz kristalni oscilator, USB priključek, napajanje in reset gumb. Priključimo ga na računalnik s pomočjo USB kabla. Deluje pri napetosti 5V, priporočena napetost je med 7V in 12V, maksimalna napetost pa je med 6V in 20V. Lahko komunicira z računalniki in drugimi mikrokontrolerji. Arduino Mega lahko programiramo z Arduino software-om.



*Slika 10: Arduino Mega*



## **11 MERITEV, DELOVANJE IN VARNOSTNI POSEG RAZDELILNE OMARICE S POMOČJO ARDUINO PLOŠČICE**

Srce omarice je mikrokrmilnik Arduino Mega. Nanj je priključen t.i »non invasive« tokovni senzor, ki s pomočjo transformatorja, ki ima na primarni strani le en ovoj. Tako meri tok, brez nevarnosti stika z velikimi tokovi. Ta senzor je prav tako povezan s vezavo uporov, ki nam na izhodu postavi analogno vrednost katero lahko Arduino kasneje prebere. Za merjenje napetosti smo uporabili transformator, ki zniža napetost na približno 9V, ter s pomočjo delilnika napetosti to vrednost spremenili v analogno, katero lahko prebere Arduino. Za branje vsake faze posebej, smo uporabili 7 analognih vhodov, ter 2 analogna izhoda, ki zagotavljata varnost omarice. Vsaka faza uporablja en analogni vhod kot meritev toka in en analogni vhod kot meritev napetost. zadnji analogni vhod pa deluje kot reset celotnega vezja.

Na Arduino smo dodali tudi »Ethernet« ščit, ki nam omogoča prikaz podatkov na spletni strani. V programu najprej izmerimo tokove in napetost vseh treh faz, jih izpišemo na spletno stran, ter izračunamo posamezne in skupne moči. Nato uporabimo algoritme, ki nam zagotavljajo varnost v omarici. Uporabnik bo lahko na spletni strani izbral omejitev toka v omarici in posledično, če bo na katerikoli fazi ta vrednost presegla omejitev izklopil tokokrog s tem, da bo poslal signal na določen priključek »pin«, na katerega bo priključen kontaktor. Kot sekundarno varovalo pa smo dodali tudi privzete napetostne omejitve, ki skrbijo za izklop, če napetost pade pod 215 ali preseže 251V napetosti.

```

2. #include <SPI.h>                //knjiznjica za ethernet ščit
3. #include <Ethernet.h>           //knjiznjica za ethernet ščit
4. #include "EmonLib.h"            //knjiznjica za amper-meter
5.
6. byte mac[] = { 0x01, 0x3F, 0x67, 0xBB, 0xBA, 0xB4 };    //mac naslov za
   ethernet ščit
7. IPAddress ip(192, 168, 1, 210);    //ip naslov za
   ethernet ščit
8. EthernetServer server(80);        //definiranje vrat(80)
   za strežnik
9.
10. EnergyMonitor meter1;            //kreiramo objekt
11. EnergyMonitor meter2;            //kreiramo objekt
12. EnergyMonitor meter3;            //kreiramo objekt
13. String omejitve;                //vrednosti za omejitev tokov
14. int omejitev = 0;
15.
16. void setup() {
17.   Serial.begin(9600);              //odpiranje serijske
   komunikacije z računalnikom
18.   pinMode(A0, OUTPUT);
19.   pinMode(A1, OUTPUT);
20.   pinMode(A2, OUTPUT);
21.   pinMode(A3, OUTPUT);
22.   pinMode(A4, OUTPUT);
23.   pinMode(A5, OUTPUT);
24.   pinMode(A6, OUTPUT);    //varnostni izklop
25.   pinMode(A7, OUTPUT);    //kontaktor
26.   pinMode(A8, INPUT);    //reset
27.   ampermeter1.current(0, 111.1);    // inicializacija senzorja za tok
   (definiranje pin-a, kalibracija)
28.   voltmeter1.voltage(1, 234.26, 1.7);    // inicializacija senzorja za
   napetost (definiranje pin-a, kalibracija, fazni zamik )
29.   ampermeter2.current(2, 111.1);    // inicializacija senzorja za tok
   (definiranje pin-a, kalibracija)
30.   voltmeter2.voltage(3, 234.26, 1.7);    // inicializacija senzorja za
   napetost (definiranje pin-a, kalibracija, fazni zamik )
31.   ampermeter3.current(4, 111.1);    // inicializacija senzorja za tok
   (definiranje pin-a, kalibracija)
32.   voltmeter3.voltage(5, 234.26, 1.7);    // inicializacija senzorja za
   napetost (definiranje pin-a, kalibracija, fazni zamik )
33. }
34.
35. Ethernet.begin(mac, ip);          //zagon ščita
36. server.begin();                  //inicializacija strežnika
37.
38. void loop() {
39.   EthernetClient client = server.available();
40.   if (client) {                  //če je uporabnik povezan na
   stran
41.     boolean prejsnjaVrstaPrazna = true;
42.     while (client.connected()) {    //ob povezavi
43.       if (client.available()) {
44.         char c = client.read();
45.         Serial.write(c);
46.
47.         if (omejitve.length() < 100) {

```

```

48.         omejitve += c;
49.     }
50.
51.     if (c == '\n' && prejsnjaVrstaPrazna) {           //če pridemo do znaka
        za novo vrsto in, če je bila prejšnja vrstica prazna
52.         client.println("HTTP/1.1 200 OK");           //HTML glava
53.         client.println("Content-Type: text/html");   //HTML glava
54.         client.println("Connection: close");        //HTML glava
55.         client.println();                           //HTML glava
56.         client.println("<!DOCTYPE HTML>");
57.         client.println("<html>");
58.         client.println("<meta      http-equiv=\"refresh\"      content=\"5\">
charset=\"utf-8\">");           //osvežimo stran vsakih 5 sekund
59.
60.         double tok_RMS1 = ampermeter1.calcIrms(1480); // računanje
        toka, vrednost 1480 je privzeta vrednost meritev (časovni interval) pri
        frekvenci 50Hz
61.         double napetost_RMS1 = voltmeter1.calcVrms(1480); // računanje
        napetosti, vrednost 1480 je privzeta vrednost meritev (časovni interval) pri
        frekvenci 50Hz
62.         double tok_RMS2 = ampermeter2.calcIrms(1480);
63.         double napetost_RMS2 = voltmeter2.calcVrms(1480);
64.         double tok_RMS3 = ampermeter3.calcIrms(1480);
65.         double napetost_RMS3 = voltmeter3.calcVrms(1480);
66.
67.         client.println("Omejitev toka: ");
68.         client.println("<FORM ACTION='/' method=get >");           //html
        obrazec za izbiro omejitve toka
69.         client.println("<select id=\"tokovi\">");
70.         client.println("<option value=\"16A\">16A</option>");
71.         client.println("<option value=\"32A\">32A</option>");
72.         client.println("<option value=\"64A\">64A</option>");
73.         client.println("</select>");
74.         client.println("");
75.         client.print("FAZA 1:");
76.         client.print("\rTok: ");           //izpisi vrednosti
        na spletno stran
77.         client.print(tok_RMS1);
78.         client.print("\rNapetost: ");
79.         client.print(napetost_RMS1);
80.         client.print("\rMoč: ");
81.         client.print(napetost_RMS1 * tok_RMS1);
82.         client.print("FAZA 2:");
83.         client.print("\rTok: ");
84.         client.print(tok_RMS2);
85.         client.print("\rNapetost: ");
86.         client.print(napetost_RMS2);
87.         client.print("\rMoč: ");
88.         client.print(napetost_RMS2 * tok_RMS2);
89.         client.print("FAZA 3:");
90.         client.print("\rTok: ");
91.         client.print(tok_RMS3);
92.         client.print("\rNapetost: ");
93.         client.print(napetost_RMS3);
94.         client.print("\rMoč: ");
95.         client.print(napetost_RMS3 * tok_RMS3);
96.         client.println("");
97.         client.println("Skupna moc: ");

```

```

98.         client.print(napetost_RMS1 * tok_RMS1 + napetost_RMS2 * tok_RMS2 +
napetost_RMS3 * tok_RMS3);
99.         client.println("<br />");
100.        }
101.        client.println("</html>");
102.        break;
103.    }
104.    if (c == '\n') { //če dobimo novo vrstico
105.        prejsnjaVrstaPrazna = true;
106.    }
107.    else if (c != '\r') { //če je znak bil črka
108.        prejsnjaVrstaPrazna = false;
109.    }
110.    }
111.    }
112.    delay(1);
113.    client.stop(); //zapremo povezavo, ko uporabnik zapre stran
114.
115.    if (omejitve.Indexof("16A") { //ali je v "header-ju", ki ga je
poslal streznik naša omejitev(smo izbrali vrednost)
116.        omejitev = 16;
117.
118.    }
119.    if (omejitve.Indexof("32A") {
120.        omejitev = 32;
121.    }
122.    if (omejitve.Indexof("64A") {
123.        omejitev = 64;
124.    }
125.
126.    while (voltmeter1.calcVrms(1480) < 215 || voltmeter1.calcVrms(1480) >
251 || voltmeter2.calcVrms(1480) < 215 || voltmeter2.calcVrms(1480) > 251 ||
voltmeter3.calcVrms(1480) < 215 || voltmeter3.calcVrms(1480) > 251) { //ce
je na fazi napetost manjša od 215V
127.        analogWrite(A6, 255); //varnostni izklop
128.        if(analogRead(A8) > 512){
129.            analogWrite(A6, 0);
130.            break;
131.        }
132.    }
133.
134.    while (ampermeter1.calcIrms(1480) > omejitev ||
ampermeter2.calcIrms(1480) > omejitev || ampermeter3.calcIrms(1480) >
omejitev) { //preverba, ce je tok presegel omejitev, ki smo jo nastavili
135.        analogWrite(A7, 255);
136.        if(analogRead(A8) > 512){
137.            analogWrite(A8, 0);
138.            break;
139.        }
140.    }
141.    }

```

## **13 STANDARDIZACIJA**

Naš izdelek upošteva naslednje standarde in norme:

vse standarde DIN (Deutsches Institut für Normung-Nemški inštitut za standardizacijo), standarde ISO (International Organization for Standardization), EN (European Standards), SIST (Slovenski inštitut za standardizacijo), IEC (International Electrotechnical Commission).

SIST HD 60364-5-51 Nizkonapetostne električne inštalacije - 5-51. del: Izbira in namestitvev električne opreme, Splošna pravila - Dopolnilo A11 je dodatek k standardu SIST HD 60364-5-51:2009. Ta del standarda IEC 60364 obravnava izbiro in namestitvev opreme. Določa splošna pravila za skladnost z zaščitnimi ukrepi za varnost, zahteve za pravilno delovanje za predvideno uporabo inštalacije in zahteve v zvezi s predvidenimi zunanjimi vplivi.

## **14 DRUŽBENA ODGOVORNOST**

Z našo raziskovalno nalogo prispevamo k družbeni odgovornosti na več različnih področjih. S izdelkom prinesemo k družbeno odgovornemu ravnanju na področju kulturnega uprizarjanja. Izdelek prav tako pomaga vsem udeležencem na kulturnih prireditvah saj zagotavlja višjo varnost s področja elektrike. Prav tako bi lahko z izdelkom doprinesli k drugim področjem kot so gradbišča ipd. kjer tudi potrebujejo razdelilne omarice. izdelek je prav tako s dober s strani transparentnost, saj so vsi podatki o izdelku zbrani na enem mestu in dostopni vsem. K družbeno odgovornem ravnanju prispevamo s uporabo materialov v skladu s smernicami EU. Upoštevamo vse mednarodne standarde in norme, prav tako pa upoštevamo avtorske pravice.

## **15 ZAKLJUČEK**

Z izdelavo naloge smo pridobili veliko novega znanja iz stroke elektrotehnike. Raziskovalna naloga nam je omogočila lažje razumevanje delovanja obstoječih podobnih naprav. Z veliko truda smo prišli tudi do končnega izdelka, kateri pa nam je pomagal izboljšati naše praktične spretnosti. Ugotovili smo, da smo si zadali zahteven projekt in ga kljub zahtevnosti končali. Spoznali smo raznolika dela. Združenje različnih strok pa nam je delo spremenilo v zanimivo in raznoliko.

## 16 RAZPRAVA

Izdelava izdelka ni potekala, kot smo načrtovali. Izdelava izdelka nam je vzela veliko več časa kot pričakovano. Veliko več znanja kot pričakovano pa nam je vzelo delovanje tokovnih klešč oz. induktivnih senzorjev. Presenetljivo malo problemov pa smo imeli pri načrtovanju ploščice v programskem okolju Eagle in pri rezkanju načrtovanega vezja. Večino vseh hipotez, ki smo si jih zadali pred izdelavo raziskovalne naloge smo potrdili. Zavrgli pa smo le hipotezo, da bo izdelek vseboval vse možne zaščite.



## 17 VIRI IN LITERATURA

- Dostopno na: <https://klocknermoeller.com/dilm32/dilm32-10.htm> (8.1.2020)
- Dostopno na: <https://www.arduino.cc/> (6.1.2020)
- Dostopno na: <https://www.tim.pl/stycznik-mocy-32a-ac-1-4p-230v-ac-1z-0r-dilmp32-10-230v50hz-240v60hz-109797> (3.1.2020)
- Dostopno na: [https://www.amazon.de/KKmoon-Multifunktional-Amperemeter-VoltmeterSpannung/dp/B00ZP5OFT2/ref=sr\\_1\\_8?\\_mk\\_de\\_DE=%C3%85M%C3%85%C5%BD%C3%95%C3%91&keywords=amperemeter+100a&qid=1581326795&sr=8-8](https://www.amazon.de/KKmoon-Multifunktional-Amperemeter-VoltmeterSpannung/dp/B00ZP5OFT2/ref=sr_1_8?_mk_de_DE=%C3%85M%C3%85%C5%BD%C3%95%C3%91&keywords=amperemeter+100a&qid=1581326795&sr=8-8)
- Dostopno na: <https://circuitdigest.com/microcontroller-projects/arduino-digital-voltmeter> (5.1.2020)
- Dostopno na: <https://electronoobs.io/tutorial/60#> (11.1.2020)
- Dostopno na: <https://klocknermoeller.com/dilm32/dilm32-10.htm> (22.12.2019)
- Dostopno na: [https://www.fr-elektro.de/de\\_DE/blitzschutz/ueberspannungsschutz.html](https://www.fr-elektro.de/de_DE/blitzschutz/ueberspannungsschutz.html) (2.2.2020)