



**Šolski center Celje**  
**Srednja šola za kemijo, elektrotehniko in računalništvo**

# **SISTEM ZA AVTOMATSKI PREKLOP MED NAPAJALNIMI VIRI**

**(Raziskovalna naloga)**

Mentor:

**Gregor Kramer, univ. dipl. inž. el.**

Avtor:

**Enej Kolar, E-4.a**

**Celje, marec 2024**

# KAZALO

POVZETEK .....	4
1. UVOD.....	5
1.1. PREDSTAVITEV RAZISKOVALNEGA PROBLEMA .....	5
1.2. HIPOTEZE.....	5
1.3. OPIS RAZISKOVALNIH METOD.....	5
2. OSREDNJI DEL NALOGE .....	6
2.1. OPIS KOMPONENT.....	6
2.1.1. Krmilnik .....	6
2.1.2. Napajalnik .....	7
2.1.3. Kontaktorji .....	7
2.1.4. Inštalacijska odklopnika.....	8
2.1.5. Ostali uporabljen material .....	9
2.2. PREDSTAVITEV REZULTATA RAZISKOVANJA.....	9
2.2.1. Potek dela .....	9
2.2.2. Program .....	10
2.2.3. Vezalni načrt.....	14
2.2.4. Testiranje naprave.....	15
2.2.5. Priporočeni porabniki .....	17
2.2.6. Nadgradnja sistema.....	18
2.3. RAZPRAVA – PREIZKUŠANJE HIPOTEZ .....	19
3. ZAKLJUČEK .....	20
4. VIRI IN LITERATURA .....	21
5. ZAHVALA.....	22

## KAZALO SLIK

Slika 1: Krmilnik Alpha .....	6
Slika 2: Napajalnik.....	7
Slika 3: Kontaktorji: IKD20-11, IKD20-20 in IKA25-22 .....	8
Slika 4: Inštalacijski odklopnik .....	8
Slika 5: Montaža komponent .....	9
Slika 6: Povezane komponente .....	10
Slika 7: Končni izdelek.....	10
Slika 8: Program krmilnika .....	11
Slika 9: Diagram poteka .....	12
Slika 10: Prva verzija vezalnega načta .....	14
Slika 11: Vezalni načrt.....	14
Slika 12: Pretvornik.....	15
Slika 13: Testiranje naprave .....	16
Slika 14: Prikaz virov napajanja na zaslonu .....	17
Slika 15: Shema porabnikov v pritličju in nadstropju stanovanjske hiše .....	18
Slika 16: Shema nadgradnje sistema - določeni porabniki.....	19

## **POVZETEK**

Za raziskovalno nalogo sem se odločil izdelati sistem za avtomatski preklop med napajalnimi viri.

Ker si v današnjem času življenja brez električne energije ne moremo niti predstavljati, je potrebno ta čas (brez elektrike) maksimalno skrajšati. Ker obstaja možnost hranjenja električne energije (hranilniki, akumulatorji) se s sistemom za avtomatski preklop med napajalnimi viri ta problem reši v treh sekundah.

V nalogi sem najprej definiral problem, postavil hipoteze in predstavil raziskovalne metode. V osrednjem delu sem opisal električne komponente, potek dela pri izdelavi sistema, prikazal program, izdelal prototip in končni izdelek. S preizkusi sem ugotovil, da sistem deluje.

***Ključne besede:***

- sistem za avtomatski preklop med napajalnimi viri,
- komponente,
- shema vezave.

# 1. UVOD

## 1.1. PREDSTAVITEV RAZISKOVALNEGA PROBLEMA

Pri izpadu električne energije nastanejo ogromni problemi in postanejo nedostopne mnoge samoumevne ugodnosti (ogrevanje, hlajenje, uporaba gospodnjskih aparatov, elektronskih naprav – računalniki, pametni telefoni, televizija). pride do prekinitve komunikacij (e-pošta, družbena omrežja). Ko se objekt znajde v temi, ljudje začnejo uporabljati manj učinkovite in nevarnejše vire svetlobe. Iz tega lahko sklepamo, da si v današnjem času življenja brez elektrike ne moremo predstavljati. S tem raziskovanjem sem želel rešiti problem, povzročen z izpadom električne energije – električno energijo čimprej vrniti v objekt.

Za to je potrebno sestaviti sistem za avtomatski preklop med napajalnimi viri in zagotoviti rezervni vir električne energije.

## 1.2. HIPOTEZE

V raziskovalni nalogi sem si postavil naslednje hipoteze:

1. Naprava, v primeru izpada napetosti omrežja, v nastavljenem času varno preklopi na rezervni baterijski vir. Po vzpostavitvi omrežja prav tako v nastavljenem času varno preklopi nazaj.
2. Delovanje naprave ne bo znatno vplivalo na porabo električne energije.
3. Skupni strošek izdelave naprave ne bo višji od 500 €.

Hipoteze bodo na koncu naloge preizkušene.

## 1.3. OPIS RAZISKOVALNIH METOD

Do ideje konstruirati napravo za avtomatski preklop med napajalnimi viri sem prišel tako, da sem ugotovil *problem*, ki povzroči izpad napetosti. Postavil sem *hipoteze* – predpostavke, ki kažejo, v kateri smeri se bo odvijalo reševanje problema, in napoved rezultatov. Naredil sem idejno *skico* izdelka, na spletu poiskal komponente, ki jih potrebujem, in dobavitelje teh komponent. Večinoma sem komponente nabavil v trgovinah v Celju, deloma pa preko spletja.

Naslednji korak je bil izdelava *scheme*. To delo je trajalo nekaj časa. Ker sem bil z rezultatom zadovoljen, sem nadaljeval z izdelavo *prototipa*.

Po več poskusih, spremembah in popravkih je bil zasnovan *končni izdelek*, ki sem ga tudi izdelal. Naredil sem več preizkusov in ugotovil, da naprava deluje.

## 2. OSREDNJI DEL NALOGE

Na osnovi znanja iz praktičnega pouka in s pomočjo spleta sem določil, katere komponente potrebujem. Ker pri delu ni šlo vse enostavno, sem nekatere komponente moral zamenjati in dodati nove.

### 2.1. OPIS KOMPONENT

#### 2.1.1. Krmilnik

Krmilnik proizvajalca Mitsubishi, model AL2-10MR-D, se napaja z 24 V DC (odstopanje je lahko od +20 % do -15 %). Ima šest analognih in digitalnih vhodov in štiri relejske izhode. Največja poraba energije je 4 W, vhodni tok je 5 mA. Nazivna napetost relejskih izhodov je 250 V AC (vsak izhod do 8 A), njihov odzivni čas je 10 ms. Visoko stanje digitalnega vhoda (logična 1): od 18 V do 24 V. Nizko stanje digitalnega vhoda (logična 0): od 0 V do 4 V. Vhodna napetost analognega vhoda je od 0 V do 10 V DC.



Slika 1: Krmilnik Alpha

Krmilnik Alpha je preprost za uporabo doma, v pisarnah, industriji, ustanovah, šolah... Zahteva prilagodljivo nadzorno kontrolno funkcijo in omogoča branje signalov.

Njegove prednosti so:

- možnost programiranja na napravi,
- visoki tokovni izhod,
- enostaven dostop do vrat za programiranje,

- možnost shranjevanja programa na EEPROM,
- vgrajena ura realnega časa.

Življenska doba relejskih kontaktov je 100.000 preklopov.

Zaslon na krmilniku lahko uporabimo kot indikator delovanja s prikazom vira električne energije. Zaslon ima 4 vrstice po 10 oz. 12 znakov v vrstici.

### **2.1.2. Napajalnik**

Napajalnik proizvajalca Mean Well, model HDR-30-24, ima vhodno napetost 230 V AC, izhodna napetost je 24 V DC. Maksimalni tok je 1,5 A, maksimalna izhodna moč je 36 W. Uporablja se za napajanje v gospodinjstvu in industriji.



*Slika 2: Napajalnik*

Poraba energije brez obremenitve je < 0,3 W, DC izhodna napetost je nastavljiva, zaščiten je pred kratkim stikom.

Delovna učinkovitost je do 90 %, kar pomeni, da je zelo ekonomičen.

### **2.1.3. Kontaktorji**

Uporabil sem tri kontaktorje proizvajaca Iskra. Skupna karakteristika je napetost tuljave 230 A AC.

Inštalacijski kontaktorji so elektromagnetni stikalni aparati za stikanje vseh vrst električnih bremen. Imajo en mirovni položaj in so sposobni vklapljati in izklapljati tok v normalnih obratovalnih razmerah in ob obratovalnih preobremenitvah. Kontaktorji

z AC/DC tuljavo imajo povsem neslišno delovanje in porabljajo malo električne energije.



Slika 3: Kontaktori: IKD20-11, IKD20-20 in IKA25-22

Kontaktor IKD20-11 ima en zapiralni in en odpiralni kontakt. Kontaktor IKD20-20 ima dva zapiralna kontakta. Oba kontaktora imata nazivni delovni tok 20 A. Kontaktor IKA 25-22 ima dva zapiralna in dva odpiralna kontakta. Njegov nazivni delovni tok je 25 A.

#### 2.1.4. Inštalacijska odklopnika



Slika 4: Inštalacijski odklopnik

V napravo sem inštaliral dva inštalacijska odklopnika proizvajalca Schneider Electric. Oba odklopnika sta model K60N B 16 A. Odklopnika sta enopolna z nazivnim tokom 16 A, mehanska in električna življenska doba je 20.000 ciklov.

Karakteristika B zagotavlja zadostno zaščito pred kratkimi stiki in preobremenitvami v gospodinjstvih in zgradbah.

### 2.1.5. Ostali uporabljen material

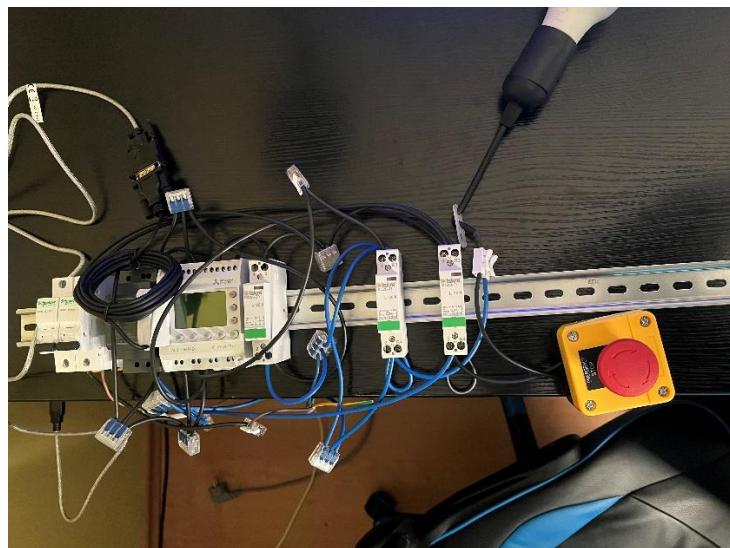
Pri sestavljanju izdelka sem uporabil tudi naslednji material:

- vodnik – 1,5 mm<sup>2</sup>,
- brezvijačne sponke,
- inštalacijski kanal 30 x 17 mm,
- montažna letev DIN.

## 2.2. PREDSTAVITEV REZULTATA RAZISKOVANJA

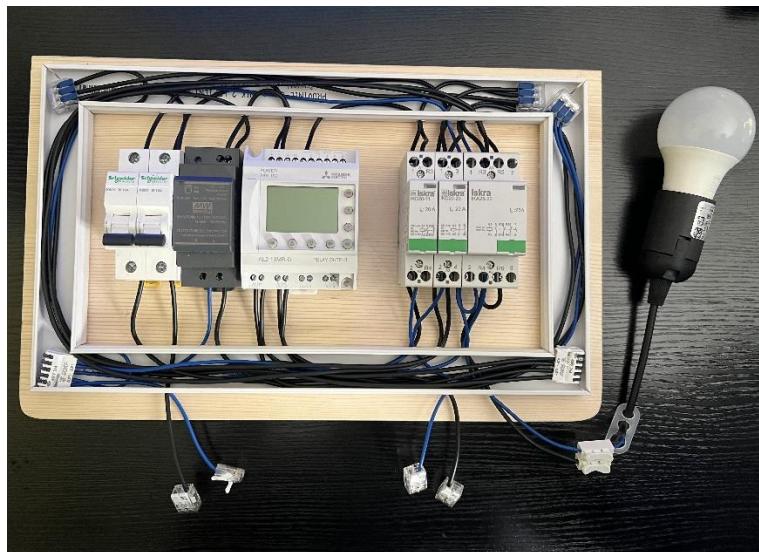
### 2.2.1. Potek dela

Na podlago sem pritrdiril montažno letev DIN. Nanjo sem, na osnovi izdelane sheme, montiral komponente, ki sem jih medsebojno povezel z vodniki debeline 1,5 mm<sup>2</sup> in z brezvijačnimi sponkami. Vodnike takšne debeline sem uporabil zaradi lažjega polaganja v inštalacijske kanale. Povdarjam, da morajo biti v uporabi vodniki debeline 2,5 mm<sup>2</sup>. Pred tem sem kanale, dimenziije 30 x 17 mm, odzagal na potrebno dolžino in jih (ker so samolepilni) zlepil na leseno podlago.

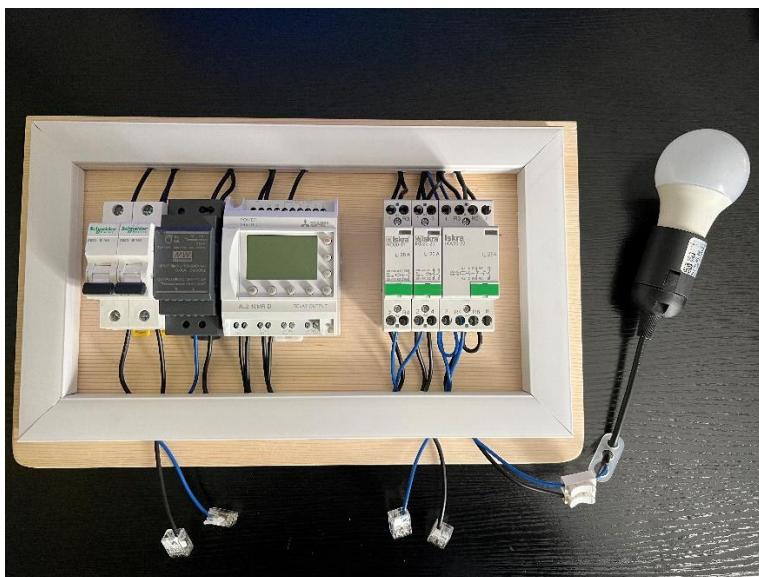


Slika 5: Montaža komponent

Nekatere prvotno planirane komponente sem moral nadomestiti z drugimi. Težave, na katere sem naletel, sem reševal s konzultacijami z mentorjem in s pomočjo spleta.



Slika 6: Povezane komponente



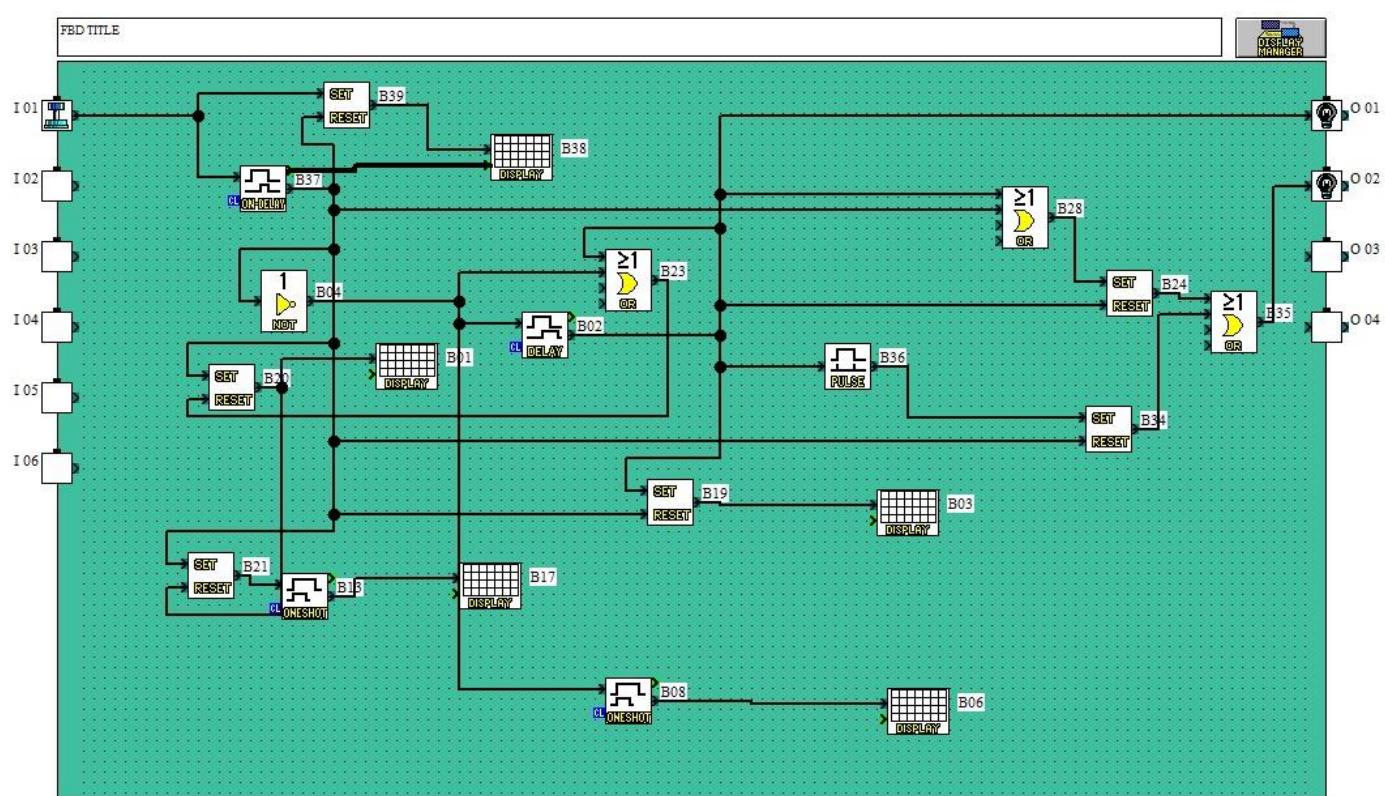
Slika 7: Končni izdelek

## 2.2.2. Program

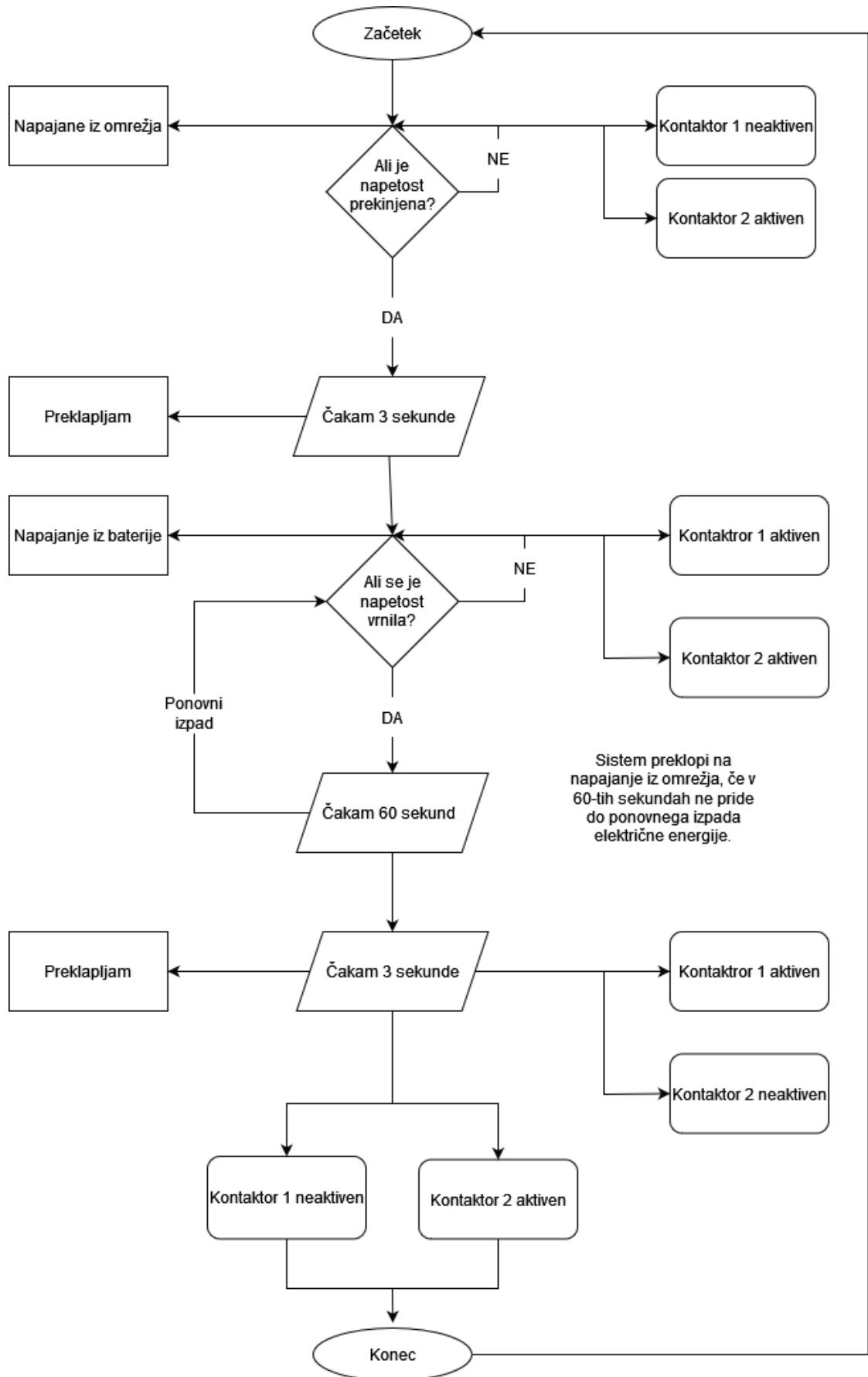
Krmilnik, ki sem ga uporabil, je bil AL2-10MR-D, in deluje na napetosti 24 V DC. Za izdelavo programa sem uporabil različne funkcijске in logične bloke v programu Alpha Software (AL-PCS-WIN) 2.70.

Ob začetku programa v krmilnik prispe podatek, ali je napetost prekinjena. Če napetost ni prekinjena, kontaktor 1 ostane neaktivен, kontaktor 2 pa aktivven in porabnik se napaja iz omrežja, kar lahko preberemo tudi na zaslonu krmilnika.

V primeru, da napetosti ni, krmilnik čaka tri sekunde, ta čas na zaslonu piše *preklapljam*. Po treh sekundah krmilnik vklopi oba kontaktorja in omogoči napajanje porabnika iz rezervnega vira napetosti, takrat na zaslonu piše *napajanje iz baterije*. Program sedaj zanima, ali se je napetost iz omrežja vrnila. V primeru, da se je, se sistem še 60 sekund napaja iz dodatnega vira in po dodatnih treh sekundah preklopi na napajanje iz omrežja. V primeru, da v teh 60 sekundah ponovno pride do izpada električne energije, se bo sistem nadalje napajal iz dodatnega vira. Ko se električna energija vrne, sistem zopet čaka 60 sekund pred preklopom. Med preklopom na zaslonu ponovno piše *preklapljam*. Sedaj se kontaktorja vrneta v prvotni položaj (kontaktor 1 neaktiv, kontaktor 2 aktiv). Program se ves čas ponavlja, zato je sistem ponovno pripravljen na naslednji izpad električne energije.



Slika 8: Program krmilnika

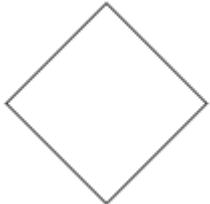


Slika 9: Diagram poteka

*Pojasnitev simbolov:*



Simbol predstavlja začetek in konec programa.



Simbol predstavlja funkcijski blok set reset, ki preverja, ali je določen izraz izpolnjen ali ne in se na to primerno odzove.



Simbol predstavlja relejske izhode krmilnika.



Simbol predstavlja zaslon krmilnika.

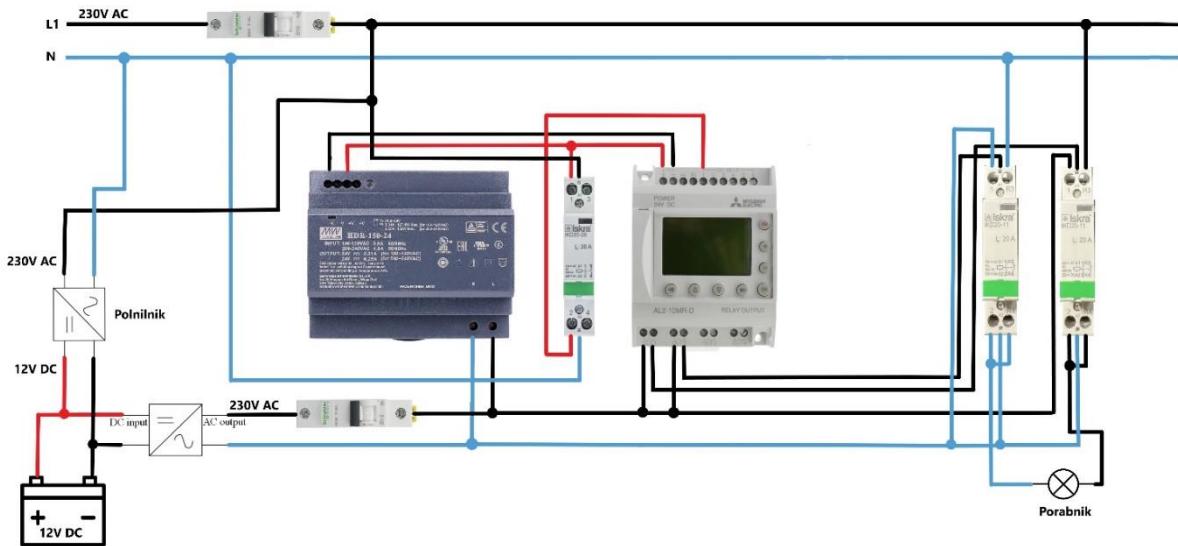


Simbol predstavlja funkcijo Delay (zakasnitev).

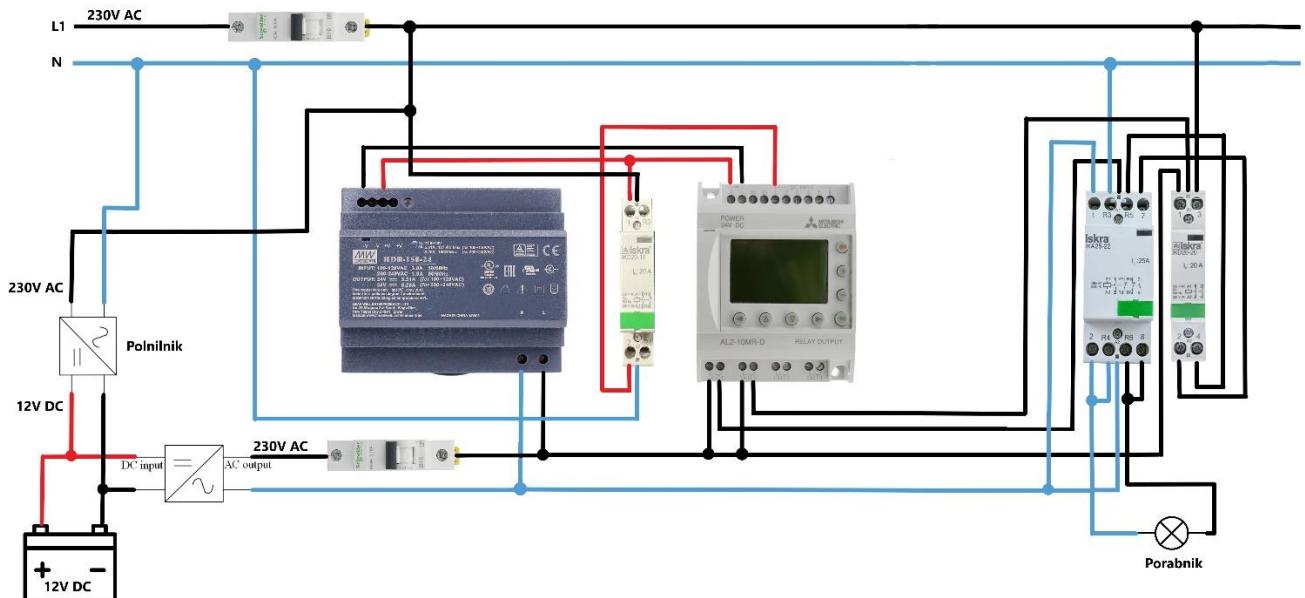


Simbol predstavlja smer izvajanja programa.

### 2.2.3. Vezalni načrt



Slika 10: Prva verzija vezalnega načta



Slika 11: Vezalni načrt

Ob normalnih pogojih sistem napaja porabnike iz omrežja. Tok teče skozi inštalacijski odklopnik in dva kontaktorja do porabnika.

Ob izpadu električne energije se kontaktor 1 izklopi in pošlje signal v krmilnik. Po treh sekundah brez električne energije krmilnik preklopi svoja kontakta in s tem tudi kontaktorja 2 in 3. Sedaj se porabniki v objektu napajajo iz dodatnega vira napajanja (hraničnik električne energije, akumulator).

Da bi preprečili nenehno preklapljanje med napajalnimi viri, se sistem, ob ponovnem vklopu električne energije, še 60 sekund napaja iz dodatnega vira. Zaradi varnosti počaka še dodatne tri sekunde in potem preklopi na napajanje iz omrežja.

Ocenjujem, da bi za potrebe napajanja porabnikov iz dodatnega vira zadostoval akumulator 12 V, 680 A, 74 Ah. Akumulator mora biti preko polnilnika vezan na omrežje.

#### 2.2.4. Testiranje naprave

Rezervni napajalni vir električne energije je hranilnik ali akumulator z napetostjo 12 V. Za napajanje stavbe je potrebna napetost 230 V. Za pretvarjanje napetosti se uporablja pretvornik (inverter).

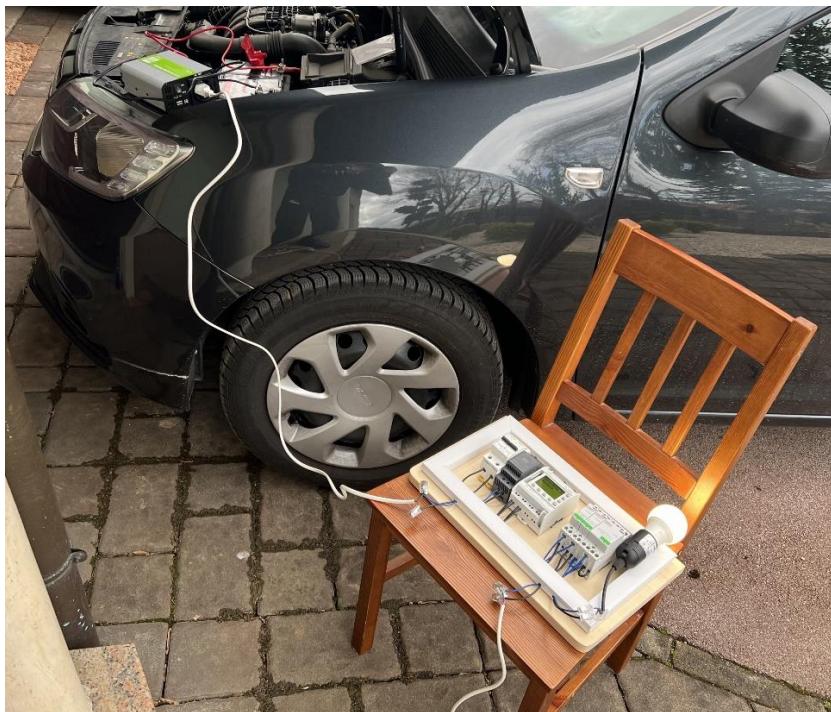
Za testiranje sistema za avtomatski preklop med napajalnimi viri sem moral nabaviti pretvornik.



Slika 12: Pretvornik

Nabavil sem pretvornik proizvajalca Energenie, model EG-PWC500-01 (500 W), ki je prilagojen priključku na avtomobilski akumulator. Z dvema kabloma se enostavno priključi na pole akumulatorja. Z vtičnico se poveže z napravo.

Pretvornik sem postavil na varno mesto na avtomobilu blizu akumulatorja (kabli so dolgi 75 cm). S kabloma sem povezal akumulator in pretvornik.



Slika 13: Testiranje naprave

Naprava ima tri priključke. Z enim priključkom sem povezal pretvornik s porabnikom (v mojem primeru je to sijalka). Z drugim kablom sem napravo povezal z omrežjem, s tretjim pa s pretvornikom, preko njega tudi z rezervnim virom napajanja – akumulatorjem.

Tako sem napravo pripravil za testiranje.

1. Napravo sem vklopil v oba vira napajanja – napajanje porabnika je iz omrežja, kar je na zaslonu tudi napisano.
2. Napravo sem izklopil iz omrežja – sistem je avtomsatsko preklopil na rezervni vir napajanja porabnika, kar je razvidno tudi na zaslonu.
3. Nazaj sem vklopil napajanje iz omrežja – sistem je avtomsatsko preklopil na napajanje porabnika iz omrežja.
4. Sistem je vedno priklopljen na rezervni vir napajanja, kar mu omogoča nemoteno delovanje.



*Slika 14: Prikaz virov napajanja na zaslonu*

Testiranje je pokazalo pravilno delovanje sistema za avtomatski preklop med napajalnimi viri. Torej lahko rečem, da sem cilj uresničil.

### 2.2.5. Priporočeni porabniki

Sistem in pretvornik imata omejeno moč, zato je mogoče napajati samo določene porabnike v objektu.

Pretvornik omogoča 500 W moči, vendar zaradi varnosti pred preobremenitvijo priporočam maksimalno obremenitev 450 W.

Priporočam naslednje porabnike:

- razsvetjava 85 W (17 LED sijalk z močjo 5 W),
- televizor 124 W,
- računalnik 180 W
- stacionarni telefon 4,5 W,
- polnilnik mobilnega telefona 5 W,

Za priključitev večjih porabnikov, se lahko zamenja slabši pretvornik za močnejšega. Seveda samo do tolikšne mere, kolikor zdrži sistem.

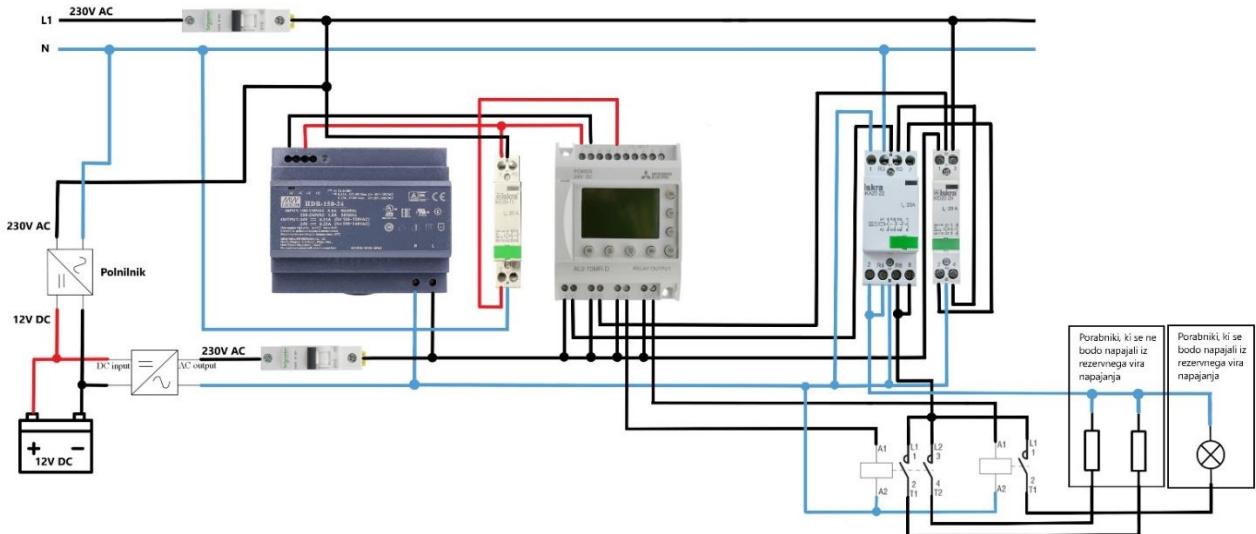


Slika 15: Shema porabnikov v pritličju in nadstropju stanovanjske hiše

## 2.2.6. Nadgradnja sistema

Sistem za avtomatski preklop med napajanimi viri je možno v prihodnje nadgraditi. Možnosti, o katerih sem razmišljal, so:

- Merjenje toka in spremljanje porabe s tokovnim senzorjem ACS 712 30 A.
- V sistemu vnaprej določiti porabnike, ki se bodo napajali iz rezervnega vira (ena od možnosti je razvidna iz sheme na naslednji strani).
- Za povečanje kapacitete je potrebno raziskati možnost uporabe močnejšega akumulatorja, baterije 12 V 300 Ah, ali hranilnika električne energije.



Slika 16: Shema nadgradnje sistema - določeni porabniki

### 2.3. RAZPRAVA – PREIZKUŠANJE HIPOTEZ

Prva hipoteza, postavljena v nalogi, se glasi: *Naprava, v primeru izpada napetosti omrežja, v nastavljenem času varno preklopi na rezervni vir napajanja. Po vzpostavitvi omrežja prav tako v nastavljenem času varno preklopi nazaj (na omrežje).* Pri testiranju naprave sem izmeril trajanje preklapljanja med viri napajanja in ugotovil, da trajanje preklopa ustreza nastavljenemu času (tri sekunde).

Druga hipoteza se glasi: *Delovanje naprave ne bo znatno vplivalo na porabo električne energije*, t.j. poraba energije za njeno delovanje bo simbolična.  
Z merjenjem porabe sem ugotovil, da naprava mesečno porabi 3,15 kWh električne energije, kar je res minimalno.

*Skupni stroški izdelave naprave ne bodo večji od 500,00 €* (tretja hipoteza). Ko sem seštel vse stroške komponent in ostalega materiala, sem ugotovil, da sem porabil 403,00 €, kar je manj od predvidenega zneska. Najdražji del je bil krmilnik – cena 270,00 €. Navajam, da sem nabavil še nekatere komponente, ampak jih nisem uporabil. Za potrebe testiranja naprave sem nabavil tudi pretvornik. Ker ti elementi niso bili vgrajeni v napravo, s temi stroški nisem bremenil stroška naprave.

Iz ugovovitev lahko sklepam, da so hipoteze prestale preizkušnjo. Na ta način lahko štejem da so hipoteze potrjene, cilj pa dosežen.

### **3. ZAKLJUČEK**

Cilj raziskave je bil narediti sistem za avtomatski preklop med napajalnimi viri, kar mi je uspelo. Sistem deluje pravilno, točno tako, kot sem si na začetku zamislil, in se lahko uporabi v praksi.

Sistem ima določene prednosti in tudi omejitve.

Njegove *prednosti* so: cenovno je sprejemljiv, še posebej ker pri ponovni izdelavi ne bo več nepotrebnih stroškov; enostavna postavitev na steno objekta; deluje na akumulator; ima številne možnosti za nadgradnjo.

*Omejitve* so, saj je uporaben le za krajše izpade električne energije, število porabnikov, ki jih lahko nanj priključimo pa je tudi omejeno. Oboje je posledica uporabe avtomobilskega akumulatorja in pretvornika z majhno močjo. Že prej sem omenil reševanje tega problema z možnostjo nadgradnje sistema.

Za izdelavo sem porabil kar nekaj časa, ker sem določene postopke moral spremnjati oz. večkrat ponavljati. Na koncu lahko rečem, da sem z rezultatom raziskave zadovoljen.

Skozi raziskovanje sem se veliko novega naučil in razširil svoje praktično znanje.

## 4. VIRI IN LITERATURA

Bastian, Peter in dr.: Elektrotehniški priročnik. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije, 2013.

Žalar, Zdravko: Elektrotehnika. Ljubljana: Bookstore.si, 2022.

delovanje krmilnika

[https://dl.mitsubishielectric.com/dl/fa/document/manual/plc\\_fx/jy992d76601/jy992d76601c.pdf](https://dl.mitsubishielectric.com/dl/fa/document/manual/plc_fx/jy992d76601/jy992d76601c.pdf) 22. 2. 2024

inštalacijski odklopnik

<https://www.amazon.co.uk/Schneider-A9-K01116-Circuit-Breaker-Characteristic-White/dp/B008XJLMIY?th=1> 9. 2. 2024

kontaktor

<https://etrgovina.rexel.si/sl/shop/instalacijski-kontaktor-ik-20a-2no-230v-ac-1m-1123124> 9. 2. 2024

kontaktor

<https://etrgovina.rexel.si/sl/shop/instalacijski-kontaktor-ik-20a-1no-1nc-230v-ac-1m-1136601> 9. 2. 2024

kontaktor

<https://store.mectronica.it/de/relais-schutze-schalter/1324-schutz-iskra-ika-25-22-230v-4-polig-230vac-25a-nc-x2-no-x2-3838733034200.html> 9. 2. 2024

krmilnik

[https://www.accs.cz/Files/FA/PLC/Alpha\\_2\\_XL\\_Programming\\_Manual.pdf](https://www.accs.cz/Files/FA/PLC/Alpha_2_XL_Programming_Manual.pdf) 20. 1. 2024

napajalnik

<https://aceautomation.eu/product/hdr-30-24-din-rail-power-supply-85-264-vac-24-vdc-1-5-a/> 28. 1. 2024

opis krmilnika

<https://emea.mitsubishielectric.com/fa/products/cnt/sac/alpha2-main-unit/al2-10mr-d.html#> 28. 1. 2024

ožičenje krmilnika

[https://www.youtube.com/watch?v=5grIDw7jC\\_Y](https://www.youtube.com/watch?v=5grIDw7jC_Y) 22. 2. 2024

V navedenih virih so zajeti tudi viri slik št. 1 – 4.

Slike št. 5 – 16 je ustvaril avtor.

## **5. ZAHVALA**

Zahvaljujem se svojemu mentorju profesorju Gregorju Kramerju, univ. dipl. inž. el. za pomoč pri izdelavi raziskovalne naloge in predloge za njeno izboljšavo. Prav tako se zahvaljujem profesorjem strokovnega in praktičnega pouka za znanje, ki mi je koristilo pri izdelavi raziskovalne naloge.

## IZJAVA\*

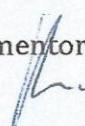
Mentor Gregor Kramer v skladu z 20. členom Pravilnika o organizaciji mladinske raziskovalne dejavnosti »Mladi za Celje« Mestne občine Celje, zagotavljam, da je v raziskovalni nalogi z naslovom Sistem za avtomatski preklop med napajalnimi viri, katere avtor je Enej Kolar:

- besedilo v tiskani in elektronski obliki istovetno,
- pri raziskovanju uporabljeno gradivo navedeno v seznamu uporabljeni literature,
- da je za objavo fotografij v nalogi pridobljeno avtorjevo dovoljenje in je hranjeno v šolskem arhivu,
- da sme Osrednja knjižnica Celje objaviti raziskovalno naložbo v polnem besedilu na knjižničnih portalih z navedbo, da je raziskovalna naloga nastala v okviru projekta Mladi za Celje,
- da je raziskovalno naložbo 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, 10. 4. 2024



Podpis mentorja



Podpis odgovorne osebe

za ANITA LAZNIK



\*

### 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) fotografkskega gradiva, katerega ni avtor (-ica) raziskovalne naloge, pa hrani šola v svojem arhivu.