

ELEMENTI KUĆNOG PRIKLJUČKA I INSTALACIJE SA SIMULACIJOM U PROGRAMU ELECTRONICS WORKBENCH

Lipak, Dominik

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

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:128:778494>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-22**



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
PREDDIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ MEHATRONIKE

DOMINIK LIPAK

**ELEMENTI KUĆNOG PRIKLJUČKA I
INSTALACIJE SA SIMULACIJOM U
PROGRAMU ELECTRONICS
WORKBENCH**

ZAVRŠNI RAD

KARLOVAC, 2023.

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
STROJARSKI ODJEL
PREDDIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ MEHATRONIKE

DOMINIK LIPAK

**ELEMENTI KUĆNOG PRIKLJUČKA I
INSTALACIJE SA SIMULACIJOM U
PROGRAMU ELECTRONICS
WORKBENCH**

ZAVRŠNI RAD

Mentor: Filip Žugčić mag. ing. el.



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	Dominik Lipak	
OIB / JMBG		
Adresa		
Tel. / Mob./e-mail		
Matični broj studenta		
JMBAG		
Studij (staviti znak X ispred odgovarajućeg studija)	<input checked="" type="checkbox"/> preddiplomski	<input type="checkbox"/> specijalistički diplomski
Naziv studija	Stručni studij Mehatronike	
Godina upisa	2019	
Datum podnošenja molbe		
Vlastoručni potpis studenta/studentice		

Naslov teme na hrvatskom: Elementi kućnog priključka i instalacije sa simulacijom u programu Electronics Workbench

Naslov teme na engleskom: Elements of home connection and installation with simulation in the Electronics Workbench program

Opis zadatka:

U završnom radu biti će prikazani elementi kućnog priključka instalacije gdje će se opisivati njihov princip rada i namjena, proučavano ponašanje i objašnjeno kruženje struje u izmjeničnom strujnom krugu u kojemu se nalaze potrošači različitih specifikacija te prikazana simulacija jednog od trošila u programu Electronics Workbench.

Koristiti se stručnom literaturom, radnim materijalima, Zakonima i Pravilnicima, ostalom stručnom literaturom i konzultirati se s mentorom. Završni rad izraditi sukladno Pravilniku VUKA.

Mentor: Filip Žugčić mag.ing.el.

Predsjednik Ispitnog povjerenstva:

SAŽETAK

Tema ovog završnog rada je projektirati i izmjeriti električne veličine u jednostavnom izmjeničnom strujnom krugu koji se sastoji od različitih električnih uređaja. Objasnit će se kako je provedena kompletna instalacija do proučavanog strujnog kruga, koji su njeni elementi i koje su njihove karakteristike. Zatim će se objasniti rad i svrha mjernih instrumenata kojima su izvršena mjerenja. Kasnije će biti prikazani rezultati mjerenja koji će se uspoređivati s nominalnim snagama svih uređaja. Na kraju slijedi proračun snage nekih od trošila te jednostavna simulacija jednog od njih u programu Electronics Workbench.

Ključne riječi: izmjenični strujni krug, napon, struja, električna snaga, simulacija

SUMMARY

The topic of this final paper is to design and measure electrical quantities in a simple alternating current circuit consisting of various electrical devices. It will be explained how the complete installation was carried out up to the studied circuit, what are its elements and what are their characteristics. Then the operation and purpose of the measuring instruments with which the measurements were made will be explained. Later, the measurement results will be shown, which will be compared with the nominal power of all devices. Finally, there is a power calculation of some of the consumers and a simple simulation of one of them in the Electronics Workbench program.

Key words: alternating current circuit, voltage, current, electric power, simulation

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. INSTALACIJA DO RAZVODNOG ORMARA.....	2
2.1. Komponente niskonaponske mreže.....	2
2.1.1. SKS kabel.....	2
2.1.2. KPMO.....	5
2.1.3. Brojila.....	6
2.1.4. GRO.....	9
3. INSTALACIJA OD RAZVODNOG ORMARA.....	11
3.1. Unutrašnjost glavnog razvodnog ormara.....	11
3.2. Shema izmjeničnog strujnog kruga.....	15
4. MJERENJA.....	17
4.1. Mjerni instrumenti.....	17
4.1.1. Strujna kliješta.....	17
4.1.2. Improvizirani instrument za mjerenje napona.....	18
4.2. Proračun radne snage i faktora snage.....	24
5. SIMULACIJA.....	26
6. ZAKLJUČAK.....	27
LITERATURA.....	28

POPIS SLIKA

Slika 1. Konstrukcija SKS kabela

Slika 2. KPMO s digitalnim brojilom

Slika 3. Elektromehaničko brojilo

Slika 4. Elektroničko brojilo

Slika 5. AMR sustav

Slika 6. Princip rada FID sklopke

Slika 7. RCD sklopka u GRO-u

Slika 8. Strujne karakteristike klasa automatskih osigurača

Slika 9. Princip rada automatskih osigurača

Slika 10. Automatski osigurači u GRO-u

Slika 11. Shema izmjeničnog strujnog kruga

Slika 12. Strujna kliješta MEGGER DCM2033

Slika 13. Improvizirani instrument za mjerenje napona

Slika 14. Napon kada je friteza isključena

Slika 15. Napon kada je friteza uključena

Slika 16. Jakost struje kada je friteza uključena

Slika 17. Napon kada je toster isključen

Slika 18. Napon kada je toster uključen

Slika 19. Jakost struje kada je toster uključen

Slika 20. Trokut snage

Slika 21. Simulacija trošila u AC strujnom krugu

POPIS TABLICA

Tablica 1. Osnovne karakteristike faznih i neutralnih vodiča

Tablica 2. Vrijednosti strujnih opterećenja nosivog kabelskog snopa

Tablica 3. Limitator u području preopterećenja

Tablica 4. Izmjerene vrijednosti padova napona i jakosti struja

POPIS OZNAKA

P – radna snaga [W]

S – prividna snaga [VA]

Q – jalova snaga [Var]

$\cos\varphi$ – faktor snage

U – pad napon [V]

I – jakost struje [A]

1. UVOD

Svakom električnom uređaju potrebna je struja uz pomoć koje će koristiti svoju električnu snagu kako bi obavio koristan rad. U istosmjernim strujnim krugovima ta struja ima stalnu vrijednost gdje je uz nju prisutan još i konstantan napon a samim time i konstantna potrošnja energije . U izmjeničnim strujnim krugovima to funkcionira malo drugačije.

Razlika je što su u izmjeničnim strujnim krugovima trošila spojena na izmjeničnu mrežu što u prijevodu znači da vrijednosti struje i napona u takvim krugovima nisu uvijek ista. Na klasičnoj izmjeničnoj mreži gdje frekvencija iznosi 50 Hz (promjena struje 50 puta u sekundi) električna snaga priključenih trošila nije nikad konstantna. Vrijednosti struje i napona stalno variraju te se i električna snaga mijenja. U nastavku rada slijedi prikaz kako različiti faktori utječu na vrijednosti napona i struja u izmjeničnoj mreži.

2. INSTALACIJA DO RAZVODNOG ORMARA

2.1. Komponente niskonaponske mreže

2.1.1. SKS kabel

Prema granskoj normi Direkcije za distribuciju Hrvatske elektroprivrede, oznake N.020.07, klasifikacijskog broja 4.06/92 iz HEP-ovog biltena 031, za niskonaponsku mrežu koriste se energetske i signalne kablove do 1 kV. Za distribuciju kablova niskonaponske mreže do željenog mjesta koriste se tzv. samonosivi kabelski snopovi odnosno SKS. To je poseban tip kabela koji se koristi u niskonaponskim distribucijskim mrežama, za niskonaponske vodove i nadzemne kućne priključke. On ustvari predstavlja skup od više použenih žila s nosivim ili nenosivim neutralnim vodičem.

Što se tiče mjera zaštite, najviši radni napon u mreži ne smije pod normalnim radnim uvjetima biti viši za 20% od nazivnog napona SKS-a (samonosivog kabelskog snopa). Također, dopuštena temperatura vodiča ne smije, pri normalnom radu, prijeći 90°C. U slučaju kratkog spoja, najviša dopuštena temperatura neutralnog nosivog vodiča ne smije prijeći 130°C, a za ostale vodiče 250°C. Izolacija faznih i neutralnog vodiča izrađuje se iz punjenog umreženog polietilena (PE - X), prema odredbama iz L-28 gdje srednja vrijednost debljine izolacije ne smije biti manja od nazivne debljine. [1]

Osnovne karakteristike samonosivog kablenskog snopa vidljive su u tablici 1.

Tablica 1. Osnovne karakteristike faznih i neutralnih vodiča

Namjena	Nazivni presjek žile mm ²	Najmanji broj žica u vodiču	Najmanji promjer vodiča mm ²	Najveći otpor na 20° C Ohm/km	Nazivna debljina izolacije mm	Promjer žile	
						min mm	max mm
Fazni vodiči i neutralni nenosivi vodič	16	7	4,7	1,91	1,2	6,9	7,9
	25	7	6,0	1,20	1,4	8,5	9,6
	35	7	7,0	0,868	1,6	10,0	11,2
	70	19	10,1	0,443	1,8	13,2	14,9
Neutralni nosivi vodič	71,5	7	9,2	0,628	1,6	12,2	13,0

Nadalje, strujna opteretivost samonosivog kablenskog snopa u trajnom radu određena je prema odredbama iz L – 12 [3]. Vrijednosti strujnih opterećenja vidljive su u tablici 2.

Tablica 2. Vrijednosti strujnih opterećenja nosivog kablenskog snopa

Namjena vodiča	Nazivni presjek mm ²	Najviše dopušteno opterećenje strujom	
		Pri trajnom radu - A	Pri kratkom spoju* - kA
fazni	16	81	1,45
	25	108	2,35
	35	131	3,25
	70	198	4,35* *
nosivi neutralni	71,5	-	4,35

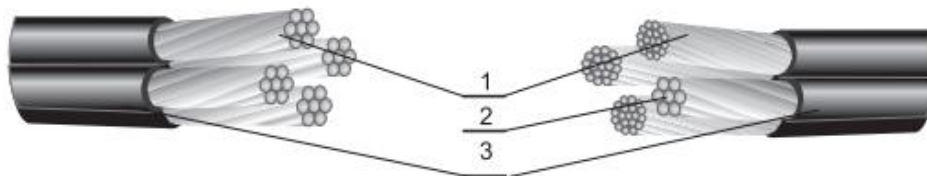
Vežano za izgradnju niskonaponske mreže s SKS kablom, postoje i upute kako ona mora biti izvedena.

Sigurnosna udaljenost samonosivog kabelskog snopa, od dijelova zgrade iznosi:

- za SKS na nosaču, pričvršćen u zid 0,15 m
- od donjeg (gornjeg) ruba prozora ili vrata naniže (na više) 0,3 m
- od otvora prozora i vrata, vodoravno, u svim pravcima 0,6 m
- od sljemena krova 0,3 m
- od drugih dijelova krova 0,5 m
- od dijela terase (balkona) vodoravno, u svim pravcima 0,6 m
- od dijela terase (balkona) na niže 0,3 m

Što se tiče samog kabla, sastoji se od izoliranih faznih vodiča, na bazi aluminija i izoliranog neutralnog vodiča na bazi aluminijske legure, za nazivni napon do 0,6/1 kV. Fazni se vodič izrađuje od aluminijskog užeta presjeka 16 mm², 25 mm², 35 mm², 50 mm², 70 mm², a nulti vodič od aluminijske legure presjeka cca. 50 mm² i 70 mm². [4]

Izolacija se pravi od PVC ili XLPE mase koje su teško zapaljive. Ispuna se postavlja između izolacije i plašta a kao materijal za izradu koristi se elastomerna ili plastomerna mješavina. U dodir s okolinom samog kabla dolazi plašt koji se sastoji od PVC mase prema HRN HD 603 normi. [5]



Slika 1. Konstrukcija SKS kabela

2.1.2. Kućni priključni mjerni ormarić - KPMO

Sljedeći dio priključka čini kućni priključni-mjerni ormarić (KPMO) stupnja zaštite IP 54. SKS kabel spušta se s krovišta te kroz zid dolazi na ulaz u ormar. Tri linijska vodiča (faze) sa SKS kabla spajaju se na glavne osigurače u ormaru. Glavni osigurači priključka služe za zaštitu unutrašnjeg dijela priključka od preopterećenja i kratkog spoja, kao i za brzo isključenje elektroenergetske instalacije objekta. Nulti vodič dovodi se na sabirnicu za nulu. Uzemljenje je posebno sa svoje sabirnice u KPMO-u povezano sa uzemljivačem u zemlji. Dalje, fazni vodiči te nulti vodič ulaze u brojilo ormara gdje se u kilovatsatima (kWh) očitava potrošnja električne energije. Iz brojila prema glavnom razvodnom ormaru u kući nastavlja P/F kabel dimenzija 5x10 mm².



Slika 2. KPMO s digitalnim brojilom

2.1.3. Brojila

Glavna svrha svakog brojila u KPMO-u jest mjerenje i registriranje električne energije koja je u nekome vremenskom razdoblju predana potrošaču na korištenje. Brojila možemo podijeliti u više kategorija (prema broju tarifa, broju faza, vrsti energije koju mjere...), ali najosnovnija podjela jest na elektromehanička (indukcijska) i elektronička (digitalna brojila).

Elektromehanička brojila se još u velikom opsegu koriste u domaćinstvima iako ih polako zamjenjuju elektronička brojila. Najčešće su građena za struje do 100 A, a glavne prednosti su im dugotrajnost i robusnost.

Sastoji se od dva elektromagneta (od kojih je jedan strujni, a jedan naponski). Između njih nalazi se aluminijska pločica koja ima mogućnost vrtnje. Prolaskom struje kroz brojilo dolazi do pojave magnetskih tokova koji u pločici izazivaju vrtložne struje koje uzrokuju njeno zakretanje. Postignuti zakretni moment jednak je umnošku struje i napona trošila te kosinusu kuta između njih. U prijevodu, broj okretaja aluminijske pločice proporcionalan je potrošenoj energiji. [6]



Slika 3. Elektromehaničko brojilo

Nadalje, postoje i sve zastupljenija elektronička brojila. Glavne prednosti takvih brojila su rad sa većim brojem tarifa, daljinsko očitavanje stanja brojila, programiranje parametara preko raznih komunikacijskih kanala, veća točnost od elektromehaničkih brojila itd. Sastoji se od dva dijela: digitalnog i analognog, a među njima se nalazi analogno-digitalni pretvarač čija je svrha pretvorba analognih signala u digitalne. Analogni dio zadužen je za dovođenje struje i napona nekog trošila u A/D pretvarač. Digitalni dio sklopa obrađuje podatke iz pretvarača. Još jedan bitan segment elektroničkog brojila jest mikrokontroler. Njegova zadaća jest da omogući lokalnu i daljinsku komunikaciju preko modema ili sučelja. Važno je napomenuti da se svi mjereni podaci ne brišu već se pohranjuju u trajnu memoriju.

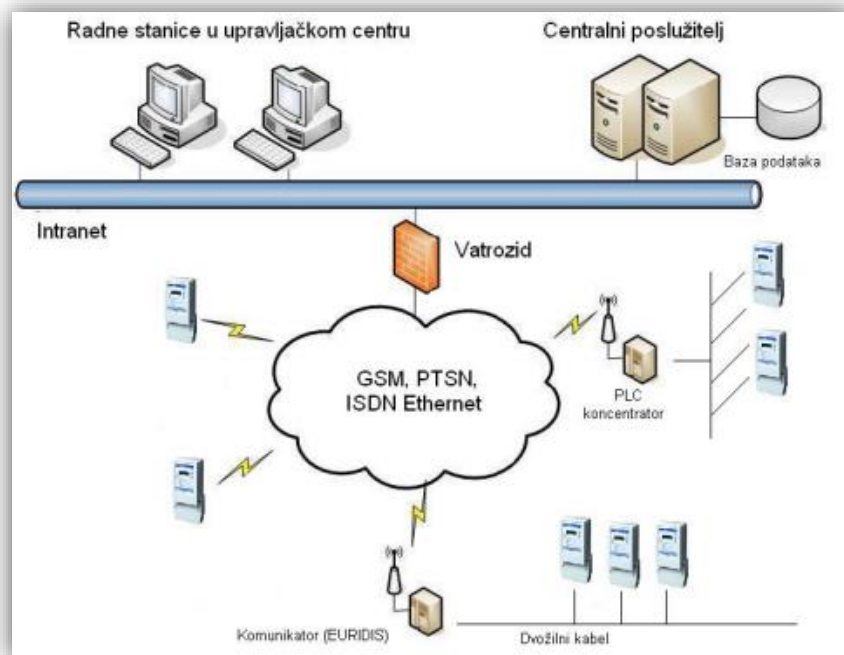
Princip rada takvog brojila temelji se na signalima. Signali se šalju mikrokontroleru koji uzima podatke o struji i naponu sa svoja dva ulaza. U međuvremenu vrši se pretvorba analognih signala u digitalne nakon čega slijedi računanje. Rezultat računanja mora biti dobiven prije sljedećeg prikupljanja podataka. Nakon određenog vremena, rezultat računanja ispisuje se na LCD zaslon, a istovremeno se provodi kontrola perifernih signala (kratkospojnici, tipke,...). Jednostavnim jezikom rečeno, množenje uzoraka struje i napona u određenim vremenskim intervalima te njihovom zbrajanju dobiva se potrošnja električne energije. [7]



Slika 4. Elektroničko brojilo

Već spomenuta prednost elektroničkog brojila jest daljinsko očitavanje brojila. Pomoću toga štede se ljudski resursi jer distributer ne mora izaći na teren kako bi očitao potrošnju električne energije domaćinstva već se to vrši putem AMR sustava. AMR, odnosno Automatic Meter Reading je sustav automatskog očitavanja brojila koji se sastoji od nekoliko dijelova:

- Centralni poslužitelj s bazom podataka
- Radne stanice upravljačkog centra
- Komunikacijski kanali
- Elektronska brojila i dodatni uređaji za komunikaciju i pohranu podataka



Slika 5. AMR sustav

Prednosti AMR-a su smanjenje troškova očitavanja, očitavanje teško dostupnih brojila, limitiranje priključne snage kupaca, daljinsko uključenje i isključenje, plaćanje unaprijed, pristup podacima itd. [8]

Konkretno, priključak ovog rada izveden je od BS do kućnog priključno-mjernog ormara (KPMO) na fasadi objekta sa samonosivim kabelskim snopom (SKS) najnovije oznake po normi HR FR-N1XD4 4x16 mm². Na BS je zategnut na nosač preko zatezne stezaljke do vijka na podružnici krova isto preko zatezne stezaljke za SKS, tu ulazi u zaštitnu gibljivu cijev KAOFLEX 35/41 mm (35 unutarnji promjer, 41 vanjski promjer cijevi u mm). Dalje cijev sa SKS-om ulazi u kuću, pričvršćena je po konstrukciji krovišta, te dalje ide po fasadi kuće do KPMO. U njemu se nalaze postolja za glavne osigurače - glavni osigurači su oznake NVO-00 C 35 A (3 komada za fazne vodiče). Nulti vodič SKS-a se spaja na sabirnicu "N" u KPMO (SKS nema petu žicu). Na "PE" sabirnicu u KPMO se spaja zaštitni vodič uzemljenja kuće.

2.1.4. Glavni razvodni ormar - GRO

Glavni razvodni ormar nalazi se unutar kućanstva te se sastoji od nekoliko komponenti. Prvo se s KPMO-a putem P/F kabla trofazni priključak dovodi do limitatora.

Limitator ograničava strujno opterećenje čija je osnovna zadaća da ograniči potrošnju električne energije nekog kućanstva ovisno o tome kolika je propisana maksimalna snaga od strane hrvatske elektroprivrede. Ako se kojim slučajem prekorači dopuštena potrošnja, limitator će isključiti kućanstvo s električne mreže. Identična stvar može se dogoditi u slučaju nesimetričnog opterećenja faza ako se radi o trofaznom priključku. Potrošač može od HEP ODS-a zatražiti promjenu tarife odnosno povećanje limita potrošnje energije gdje dolazi do zamjene limitatora što se dodatno naplaćuje. [9]

Sastav limitatora može se usporediti s automatskim osiguračima. Inače limitatore možemo podijeliti prema:

- Nazivnoj struji (5 A – 60 A)
- Vrsti priključaka (jednofazni i trofazni)
- Prema izvedbi (sa i bez zaštitnog uređaja diferencijalne struje)
- Prema mogućnosti podešavanja (sa i bez mogućnosti podešavanja nazivne struje)

Tablica 3. Limitator u području preopterećenja [10]

NAZIVNA STRUJA		PRORADNO VRIJEME t (sec)	
I_n (A)	1,1 I_n	1,4 I_n	2,5 I_n
5 - 60	$t > 3600$	$2 < t < 900$	$0,5 < t < 60$
	ne prorađuje		

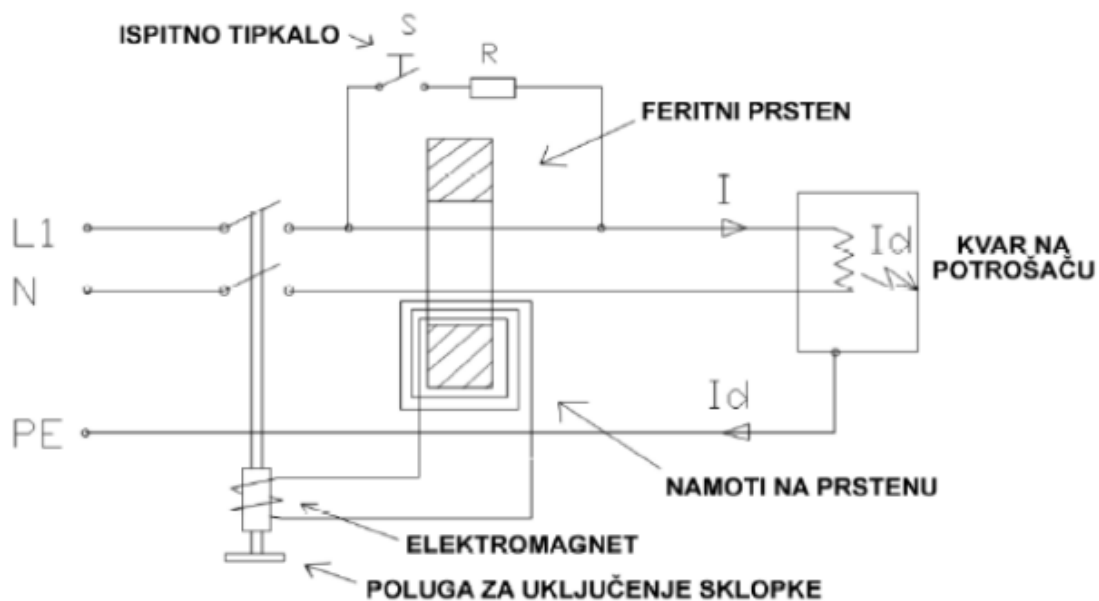
Iz tablice 3. vidljivo je da ukoliko se prekorači nazivna struja limitatora, on neće istog trena 'izbaciti' već ovisi o tome koliko je ustvari prekoračenje struje.

Nakon limitatora dolazi se do zaštitne sklopke diferencijalne struje i automatskih osigurača čiji detaljniji opis slijedi u idućem poglavlju.

3. INSTALACIJA OD RAZVODNOG ORMARA

3.1. Unutrašnjost glavnog razvodnog ormara

Što se tiče samog razvodnog ormara, opisivat će se samo dio koji je zadužen za kuhinjsku prostoriju.



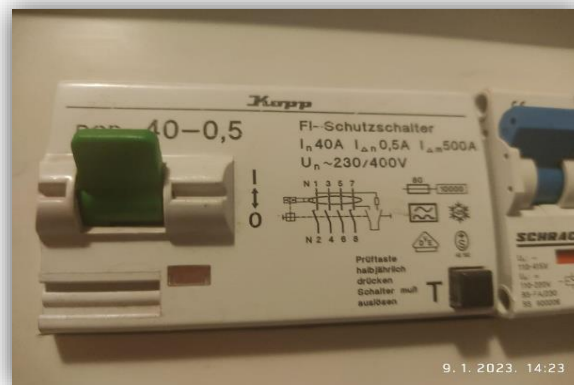
Slika 6. Princip rada FID sklopke

Kao što je ranije spomenuto, u GRO-u poslije limitatora dolazi zaštitna sklopka diferencijalne struje poznatija kao RCD (FID) sklopka. Njena zadaća jest da prilikom greške ili kvara detektira razliku u jakosti struje koja može biti opasna te odmah isključi napon u mreži. Princip rada RCD sklopke bazira se na razlici struje

na ulazu i izlazu iz sklopke. Dakle u slučaju dovoljno velike razlike jakosti struje na ulazu i izlazu iz sklopke dolazi do induciranja posebne struje u namotajima na prstenu. Ta struja prolazi kroz elektromagnet gdje se njenim prolaskom pojavljuje elektromagnetsko polje. Ako je elektromagnetsko polje dovoljno jako, ono će aktivirati polugu u sklopu elektromagneta te će doći do isključenja sklopke. Svaka RCD sklopka ima i tipku TEST kojom se ispituje njena ispravnost. Ako sve funkcionira kako treba, pritiskom tipke TEST sklopka će se isključiti. [11]

IEC/EN 61008 standard propisuje da sklopka mora reagirati kad diferencijalna struja ima vrijednost od 50% do 100% nazivne diferencijalne struje. U prijevodu propisana osjetljivost RCD sklopke za prostorije u kojima je prisutna vlaga jest 30mA dok za ostatak kućanstva nije posebno definirano. [12]

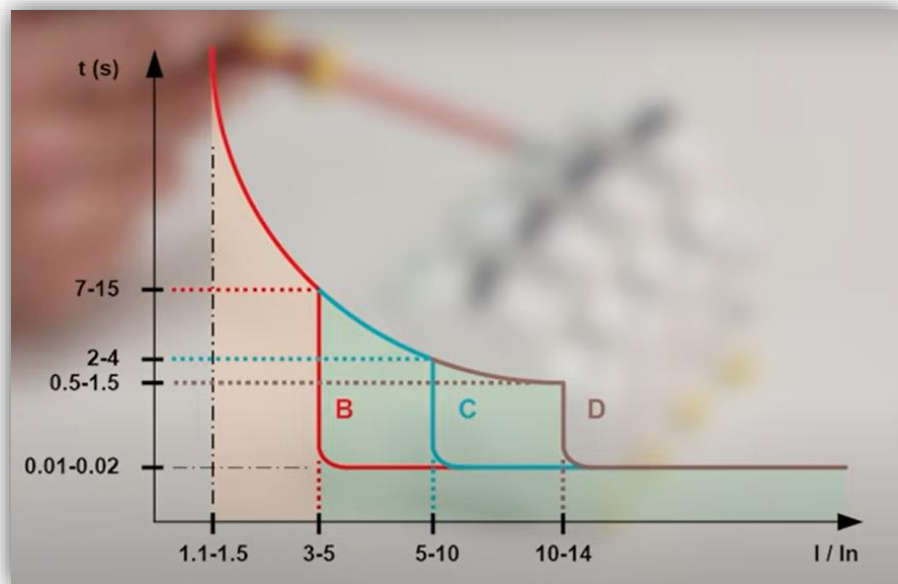
Kao zaštitna sklopka koristi se RCD sklopka marke 'Kopp' B tipa (reagira na sve tipove struje greške) nominalne jakosti struje od 40 A te struje prekida od minimalno 0,5 A. Pošto je spomenuta instalacija starosti cca 20 godina, prema današnjim standardima više se ne proizvode RCD sklopke ovih karakteristika.



Slika 7. RCD sklopka u GRO-u

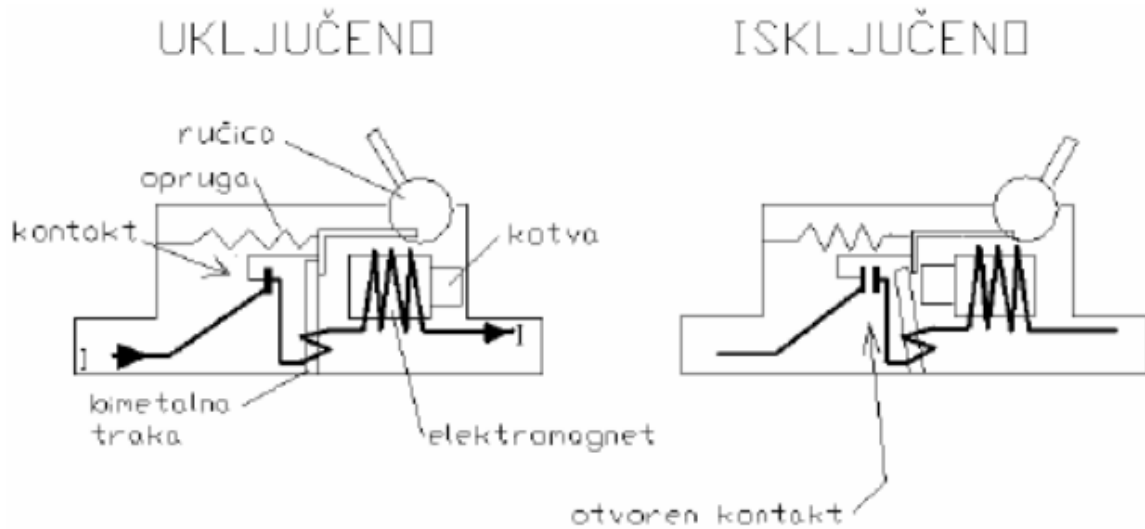
Inače sa limitatora tri fazna vodiča direktno se spajaju na ulaz RCD sklopke (svaka faza ima poseban ulaz u sklopku). Zajedno s njima i glavni nulti vodič dolazi na poseban ulaz na sklopku te se s nje odvodi na sabirnicu za nule. Glavni vodič uzemljenja ne dolazi do RCD sklopke već se direktno spaja na sabirnicu za uzemljenja.

U glavnom razvodnom ormaru osim limitatora i RCD sklopke ugrađuju se i automatski osigurači. Povezani su s fazama na RCD sklopki (bakrenim sabirnicama) te mogu biti različitih karakteristika. Glavna njihova podjela je po tzv. klasama gdje razlikujemo osigurače B, C i D klase.



Slika 8. Strujne karakteristike klasa automatskih osigurača [13]

Vezano za ostatak razvodnog ormara, koriste se klasični automatski osigurači marke 'Weber' B klase. Dakle, razlikujemo automatske osigurače B, C i D klase. Osigurači B klase će reagirati kada nominalna struja bude 3-5 puta veća od svoje početne vrijednosti. Rad automatskih osigurača zasniva se na elektromagnetu koji isključuje bimetalnu ugrađenu sklopku kada struja preraste nazivnu vrijednost nekog osigurača.



Slika 9. Princip rada automatskih osigurača

Sam princip rada automatskih osigurača jest sljedeći: struja prolazi preko kontakata kroz bimetalnu traku (omotana je žicom kroz koju teče struja), a kasnije do elektromagneta. Ako dođe do preopterećenja, žica omotana oko bimetalne trake će se zagrijati što će prouzrokovati savijanje trake nakon čega će se otkvačiti ručica koja drži kontakte. Nadalje, u slučaju kratkog spoja odnosno prolaska jake struje kroz osigurač, elektromagnet će velikom silom povući kotvu koja će otkvačiti ručicu za kontakte. [14]

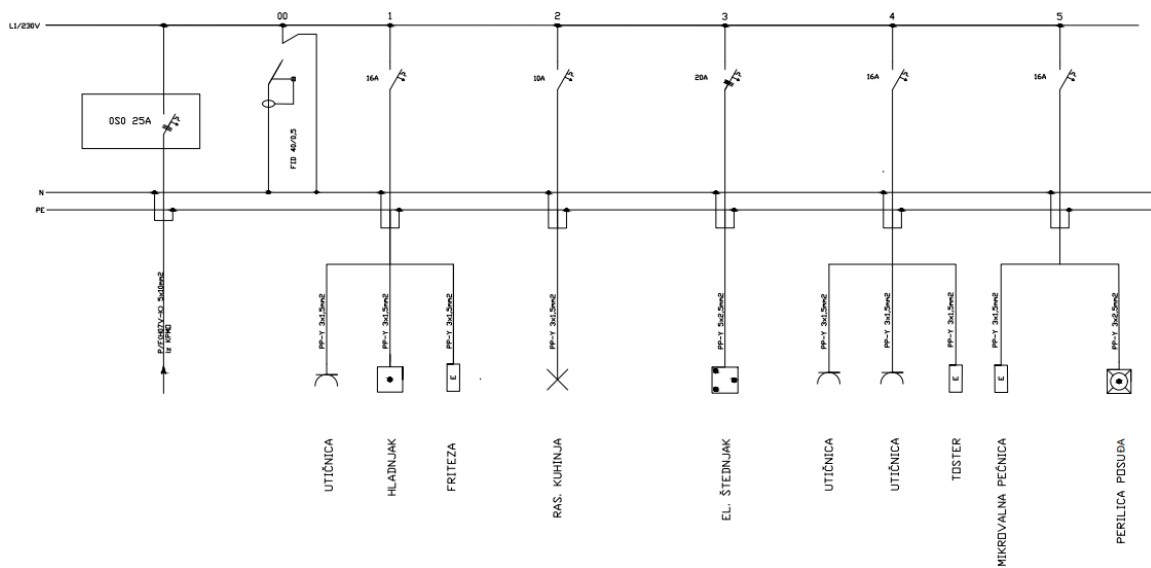
Za navedenu prostoriju koriste se 3 različita osigurača. Za rasvjetu su ugrađeni osigurači od 10 A, za ostale električne uređaje oni od 16 A dok se za električni štednjak koriste oni od 20 A.



Slika 10. Automatski osigurači u GRO-u

3.2. Shema izmjeničnog strujnog kruga

U programu AutoCAD 2020 nacrtana je shema izmjeničnog strujnog kruga koja je vidljiva na slici 11.



Slika 11. Shema izmjeničnog strujnog kruga

Na slici 11. vidljiva su sva trošila koja se nalaze u strujnom krugu. Iz KPMO putem P/F kabela dolazi se do trofaznog limitatora od 25 A. Poslije njega dolazi se do zaštitne RCD sklopke nazivne snage 40 A te diferencijalne struje od 0,5 A. Dalje su postavljeni automatski osigurači B klase na koje su povezani aparati različitih karakteristika. Trošila su spojena tako da je svaki osigurač odnosno svaka faza više-manje podjednako opterećena.

4. MJERENJA

4.1. Mjerni instrumenti

Na red dolaze mjerenja. Obavljena su mjerenja jakosti struja i padova napona svih električnih uređaja u prostoriji u trenutku kada rade na punoj snazi te kada ne rade uopće.

Sva mjerenja obavljena su pomoću dva instrumenta. Jakost struje izmjerena je pomoću strujnih kliješta 'MEGGER DCM2033', a padovi napona mjereni su pomoću improviziranog instrumenta čija slika i opis slijede u nastavku i strujnih kliješta.

4.1.1. Strujna kliješta

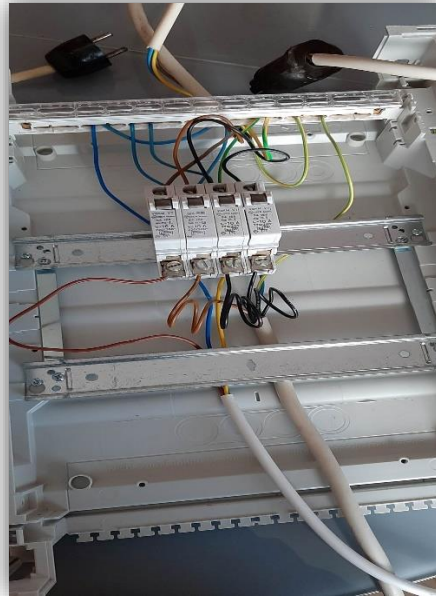


Slika 12. Strujna kliješta MEGGER DCM2033

Na slici 12. prikazana su strujna kliješta MEGGER DCM2033 kojima su izvršena mjerenja jakosti struja u strujnom krugu. Spomenuta strujna kliješta mogu mjeriti jakost struje do 600 A, padove napona do 600 V i električni otpor do 40 k Ω .

Općenito, princip rada strujnih kliješta zasniva se na induciranju magnetskog polja. Prolaskom izmjenične struje kroz mjereni vodič dolazi do indukcije promjenjivog magnetskog polja koje je proporcionalno jakosti izmjenične struje. Nadalje, kliješta sadrže strujni transformator koji pretvara jakost izmjerene struje u brojčanu vrijednost pogodnu za očitavanje. Moguće je i mjerenje istosmjerne struje, ali tu ne dolazi do pojave promjenjivog magnetskog polja. Za izmjenične vrijednosti potrebni su i sklopovi koji će pretvarati analogne signale u digitalne radi daljnje obrade tih signala.

4.1.2. Improvizirani instrument za mjerenje napona



Slika 13. Improvizirani instrument za mjerenje napona

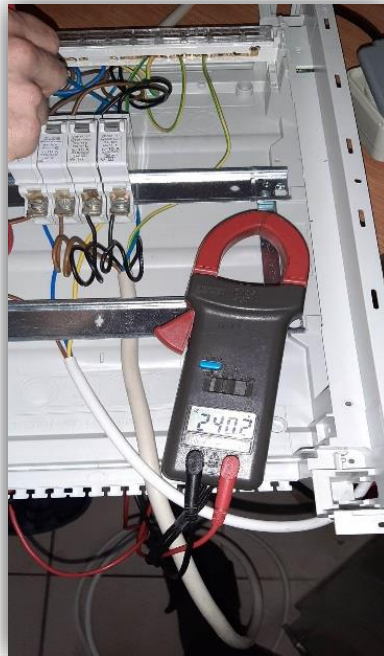
Na slici 13. prikazan je improvizirani mjerni instrument pomoću kojega su mjereni padovi napona u izmjeničnom strujnom krugu. Sastoji se od kutije jednog razvodnog ormara stupnja zaštite IP 30 u kojemu se nalaze četiri automatska osigurača B klase (jedan od 16 A i tri od 10 A). Na jedan kraj ormara dovedena su dva utikača (jedan monofazni i drugi trofazni), a na drugi kraj su izvedene dvije utičnice (jedna monofazna i druga trofazna). Oba utikača i obje utičnice povezane su PP kabelom (monofazni utikač i monofazna utičnica te trofazni utikač i trofazna utičnica). Što se tiče vodiča u samome kabelu, nulti vodiči su spajani na sabirnicu nultih vodiča, a uzemljenja na sabirnicu uzemljenja. Fazni vodič monofaznog kabela prolazi kroz osigurač od 16 A, a vodiči trofaznog kabela prolaze kroz tri osigurača od 10 A.

Ideja je da se uz pomoć sondi sa već spomenutih strujnih kliješta mjere padovi napona na trošilima u strujnom krugu. Dakle, što se tiče monofaznih trošila, utikač se spaja na utičnicu u zidu (napon cca 240 V), a na drugom kraju se u utičnicu iz razvodnog ormara uključuje utikač željenog trošila. Dalje, jedna od sondi se prislanja na fazni vodič u osiguraču, a druga na nulti vodič na sabirnici nultih vodiča gdje će se na kraju na ekranu strujnih kliješta očitati izmjerena vrijednost pada napona.

Kao što je prije navedeno, mjereni su jakosti struje i padovi napona za sljedeće uređaje:

- Hladnjak
- Friteza
- El. štednjak
- Perilica posuđa
- Mikrovalna pećnica
- Toster
- Svjetlo (žarulja)

Na primjeru friteze i tosteru biti će prikazano kako su obavljena mjerenja.



Slika 14. Napon kada je friteza isključena



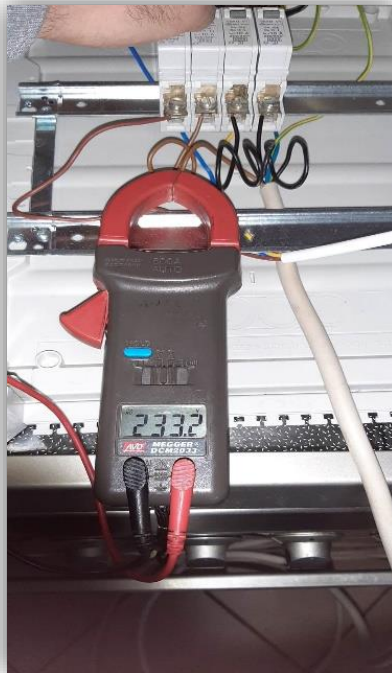
Slika 15. Napon kada je friteza uključena



Slika 16. Jakost struje kada je friteza uključena



Slika 17. Napon kada je toster isključen



Slika 18. Napon kada je toster uključen



Slika 19. Jakost struje kada je toster uključen

Nakon obavljenih mjerenja kreirana je tablica svih izmjerenih vrijednosti:

Tablica 4. Izmjerene vrijednosti padova napona i jakosti struja

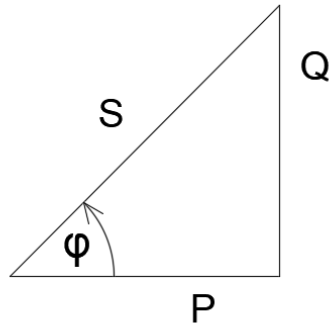
APARAT ISKLJUČEN		APARAT UKLJUČEN		
<u>U (V)</u>	<u>I (A)</u>	<u>U (V)</u>	<u>I (A)</u>	
240,2	0	237,1	6,0	FRITEZA (1450W)
239,5	0	233,7	12,6	L1 ŠTEDNJAK
239,1	0	234,9	8,8	L2 ŠTEDNJAK (4700W)
238,6	0	240,2	0	L3 ŠTEDNJAK
238,1	0	231,8	9,4	PERILICA (2200W)
239,3	0	230,3	11,0	MIKROVALNA (2400W)
240,7	0	240,5	0,8	HLADNJAK (190W)
237,8	0	233,2	8,2	TOSTER (2000W)
234,7	0	234,7	0,5	SVJETLO ŽARULJA (100W)

Iz dobivenih rezultata može se vidjeti kako se vrijednosti napona i struje poklapaju s nazivnom snagom mjerenih električnih uređaja.

Naravno, mjerena snaga jest ona prividna (S), kada su napon i jakost struje u fazi, odnosno kada je $\varphi = 0^\circ$. U slučaju da $\varphi \neq 0^\circ$, napon i jakost struje nisu u fazi. To znači da je stvarna (radna) snaga manja od prividne jer ona obuhvaća i faktor snage ($\cos\varphi$).

Ustvari $\cos\varphi$ jest faktor snage koji predstavlja omjer radne (P) i prividne (S) snage, a određen je kao kosinus faznog pomaka između struje i napona. Što je faktor snage bliže nuli, to je električna snaga koju trošilo prima slabije iskorištena i obrnuto.

4.2. Proračun radne snage i faktora snage



Slika 20. Trokut snage

Slika 20. prikazuje tzv. trokut snage koji prikazuje da u izmjeničnim strujnim krugovima koji sadrže RLC elemente osim radne snage postoji i jalova snaga. Jalova snaga je potrebna za stvaranje izmjeničnog magnetskog polja, ali se ona sama ne pretvara u koristan rad trošila. Prema trokutu snage vidljivo je da se vektorskim zbrajanjem radne i jalove snage dobiva prividna snaga nekog trošila.

Na primjeru hladnjaka i mikrovalne pećnice biti će prikazan proračun radne snage i faktora snage.

a) Hladnjak

$$\begin{aligned} P &= 190 \text{ W} \\ I &= 0,8 \text{ A} \\ U &= 240,5 \text{ V} \\ \text{-----} \end{aligned}$$

$$S = U \cdot I = 240,5 \cdot 0,8 = 192,4 \text{ VA} \quad (4-1)$$

$$P = U \cdot I \cdot \cos\varphi = S \cdot \cos\varphi \quad (4-2)$$

$$\cos\varphi = \frac{P}{S} = \frac{190}{192,4} = 0,98753 \quad (4-3)$$

b) Mikrovalna pećnica

$$P = 2400 \text{ W}$$

$$I = 11 \text{ A}$$

$$U = 230,3 \text{ V}$$

$$S = U * I = 230,3 * 11 = 2533,3 \text{ VA} \quad (4-1)$$

$$P = U * I * \cos\varphi = S * \cos\varphi \quad (4-2)$$

$$\cos\varphi = \frac{P}{S} = \frac{2400}{2533,3} = 0,94738 \quad (4-3)$$

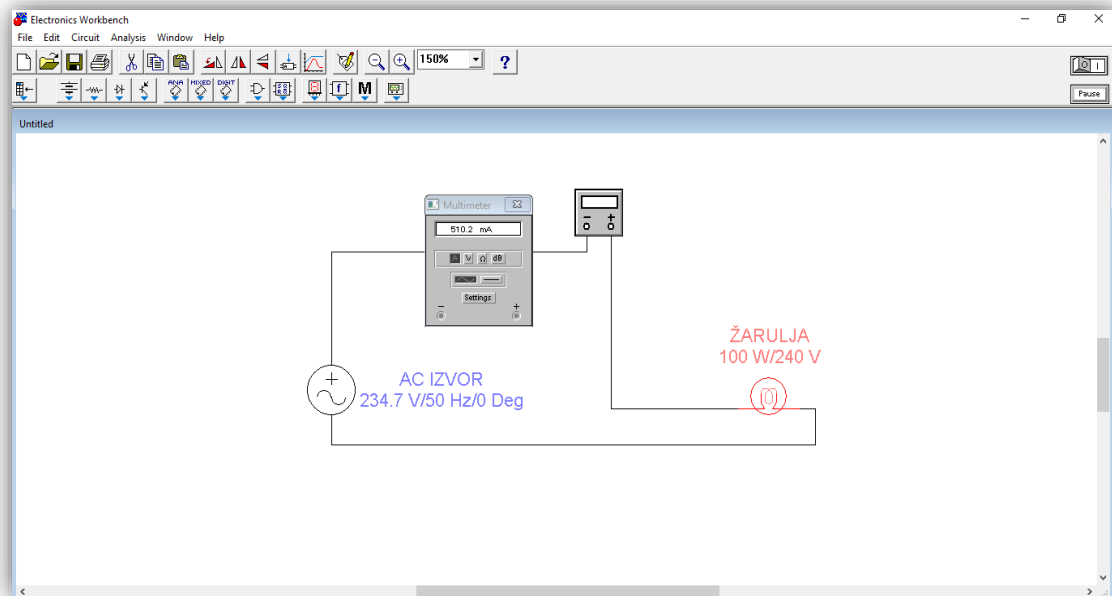
Gledajući dobiveni rezultat faktora snaga, može se reći koliko je dobro iskorištena električna snaga koju prima određeno trošilo.

Prema prvome proračunu, faktor snage iznosi skoro 1 što u prijevodu znači da je snaga koju u ovom slučaju prima hladnjak gotovo potpuno iskorištena (nema gubitaka).

Što se tiče drugog proračuna faktor snage jest nešto manji u odnosu na faktor snage hladnjaka, ali i za mikrovalnu pećnicu se može reći da ima jako malo gubitaka te da je električna snaga koju ona prima vrlo dobro iskorištena.

5. SIMULACIJA

Na kraju rada dolazi simulacija jednog od trošila u izmjeničnom strujnom krugu u programu Electronics Workbench. Radi jednostavnosti izabrano trošilo jest žarulja.



Slika 21. Simulacija trošila u AC strujnom krugu

Prema prikazanoj simulaciji vidljive su karakteristike AC izvora te odabranog trošila koje je u ovom slučaju žarulja. Priključenjem multimetra u strujni krug dobiva se jakost struje od 0,5 A što se poklapa s izvršenim mjerenjima.

6. ZAKLJUČAK

Postupak mjerenja i proračuna prošao je uspješno. Izvršena mjerenja poklapaju se sa specifikacijama mjerenih uređaja gdje je i proračun sukladan tome.

Potrošnja električne energije nije jednostavna stvar. Svatko od nas koristeći neke od trošila u svakodnevnom životu ne primjećuje da iza samo jednog pritiska gumba ili klika prekidača leži niz pojava koje iz trenutka u trenutak variraju i utječu na konačni rezultat odnosno rad uređaja. Pridržavajući se propisa i pravila oko izvođenja električnih instalacija od betonskih stupova pa do unutrašnjosti naših domova omogućena nam je uporaba raznih potrošača različitih svrha i namjena. Važno je razumjeti ponašanje struje u izmjeničnim strujnim krugovima te na temelju toga ustanoviti kako će se ponašati i komponente u tim krugovima. Dakako ono najbitnije za izradu plana i posao ugradnje elektroinstalacija jest određeno znanje kako teorijsko tako i praktično.

LITERATURA

- [1.] HEP bilten 031 (2. Tehničke značajke samonosivog kabelskog snopa, poglavlje 2.1.)
- [2.] HEP bilten 031 (2. Tehničke značajke samonosivog kabelskog snopa, poglavlje 2.3.)
- [3] HEP bilten 031 (2. Tehničke značajke samonosivog kabelskog snopa, poglavlje
- [4] (internet izvor) <https://elka.hr/category/proizvodi/energetski-i-signalni-kabeli-do-1-kv/>
- [5] (Internet izvor) <https://elka.hr/category/proizvodi/energetski-i-signalni-kabeli-do-1-kv/>
- [6] (Internet izvor) <https://zir.nsk.hr/islandora/object/politehnikapu%3A7>
- [7] (Internet izvor) <https://zir.nsk.hr/islandora/object/politehnikapu%3A7>
- [8] (Internet izvor) <https://zir.nsk.hr/islandora/object/politehnikapu%3A7>
- [9] (Internet izvor) <https://www.hep.hr/ods/korisnici/cesta-pitanja/sto-je-limitator/151>
- [10] (Internet izvor) <https://www.hep.hr/ods/UserDocsImages/dokumenti/cesta-pitanja/TehnickyUvjetiLimitator.pdf>
- [11] Novinc, Ž.: *Elektrotehničke instalacije*, 2007.
- [12] (Internet izvor) <https://www.schrack.hr/know-how/oprema-za-ormare/fid-isklopna-karakteristika>
- [13] (Internet izvor)
https://www.youtube.com/watch?v=HAdikpo5pjQ&t=486s&ab_channel=Elektricar
1
- [14] Novinc, Ž.: *Elektrotehničke instalacije*, 2007.