

Praktično ispitivanje karakteristika automatskih prekidača

Veić, Nikola

Master's thesis / Diplomski rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:200:890838>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-23**

Repository / Repozitorij:

[Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek](#)



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I

INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA

Diplomski sveučilišni studij

**PRAKTIČNO ISPITIVANJE KARAKTERISTIKA
AUTOMATSKIH PREKIDAČA**

Diplomski rad

Nikola Veić

Osijek, 2020.

Sadržaj

1. Uvod.....	1
1.1.Opis Zadatka	1
1.2.Osvrt na razvoj automatskih prekidača.....	2
2. Tehnički opis automatskih prekidača.....	3
2.1.Princip rada automatskih prekidača	3
2.2.Tehnički opis automatskih prekidača.....	5
2.3.Karakteristike automatskih prekidača.....	6
2.4.Internacionalni i nacionalni standardi automatskih prekidača.....	7
2.5.Odabir automatskih prekidača sukladno namjeni	9
3. Mjerna oprema i postupci izvođenja mjerenja	11
3.1.Ispitni postav	11
3.1.1. Ispitni postav za ispitivanje automatskih prekidača.....	12
3.1.2. Opis mjerne opreme	13
3.1.3. Tehnički opis ispitivanih automatskih prekidača.....	14
3.2. Opis laboratorijskog mjerenja automatskih prekidača.....	16
4. Laboratorijsko mjerenje i analiza podataka provedenog ispitivanja	21
5. Zaključak.....	59
6. Literatura	60
7. Sažetak	61
8. Abstract	61
9. Životopis.....	62

1. UVOD

Početak primjene električne energije uočeni su prvi izazovi vezani uz zaštitu opreme i ljudskih života, jer je novi oblik energije u samoj primjeni bez zaštite bilo nemoguće kontrolirati te je na taj način dolazilo do kvarova opreme i gubitka ljudskih života. Kako bi se takvo djelovanje električne energije na neki način moglo kontrolirati, brojni inženjeri i znanstvenici kroz povijest pa sve i do današnjih dana rade na uređajima zaštite i kontrole svih nepoželjnih djelovanja, kako bi se smanjile štete i sačuvali ljudski životi na sustavima napajanim električnom energijom. Još od prvih izumitelja kao što su Hugo Stotz i inženjer Heinrich Schachtner, uočili su da oslabljeni dijelovi strujnog kruga prvi u nizu dolaze do kvara, te su tu spoznaju pretočili u prve prekidače, gdje su namjerno oslabili štice dijelove strujnog kruga. Kako je rješenje bilo jednostavno vrlo brzo je prihvaćeno i do danas se koristi. Razvojem tehnologije samo štice postaju sve sigurnije i jeftinije sa raznim oblicima selektivnosti i primjene u svakodnevnom životu. Mnoge tvrtke u svijetu koje se bave proizvodnjom električnih uređaja svakodnevno proizvode ogromne količine automatskih prekidača, a kroz kontinuirani razvoj im se poboljšavaju djelovanja na taj način štite dijelove strujnih krugova.

1.1. Opis zadatka

U ovom diplomskom radu težište zadatka na provedbi praktičnog ispitivanja karakteristika automatskih prekidača različitih nazivnih vrijednosti. Na osnovu rezultata mjerenja potrebno je donijeti zaključke o ispravnosti i odrediti odstupanje u odnosu na tvornički definirane nazivne vrijednosti. Odabrani su automatski prekidači tvrtke Schrack sa B i C karakteristikama. Prekidači su u potpunosti novi i nisu bili do sad korišteni. Mjerenja će se raditi na onim prekidačima koji su najčešći u svakodnevnoj uporabi: B6, B10, B16, B20 te C6, C10, C16 i C20. Ispitivat će se njihova ispravnost rada na različitim vrijednostima struje, vodeći računa o proradi te da li njihova prorada zadovoljava vrijednosti na karakteristici prorade. U zaključku dat će se osvrt na događaje uočene tijekom ispitivanja i obrade ispitivanih rezultata kao opaska za buduća ispitivanja, njihovo provođenje, moguće pojave u radu i obradi mjernih rezultata. Mjerenja će se provoditi mjernim sondama, regulacijskim izvorom kojim će se podešavati različite vrijednosti struje, te će se koristiti računalni programi za prikupljanje i obradu mjernih rezultata kao što su Labview i Matlab. Usporedit će se posebno automatski prekidači sa B i C karakteristikama za ista podešenja izvora te će se kroz dobivene podatke prikazati u obliku grafova.

1.2. Osvrt na razvoj automatskih prekidača

Još davne 1923. godine izumitelj Hugo Stotz i njegov inženjer Heinrich Schachtner upisan je u povijest kao osoba koja je izumila novi i inovativni prekidač koje će biti novi revolucionarni proizvod za električne instalacije i sigurnost u cijelom svijetu. Kombiniranjem termalne i magnetske sklopke u istom uređaju nastaje toplinsko elektromagnetski prekidač. Patent je zaštićen 1924. godine kao prvi prekidač ikad napravljen da se može upotrebljavati više od jednog puta. Kako je posjedovao sposobnost ugradnje u obične utičnice starijih verzija prekidača, postigao je veliki napredak u tvrtci. Bio je u stanju prekinuti električni strujni krug, a zatim se ponovno uključiti dok bi se metalna žica iz prethodnih rastalnih prekidača topila kako kroz nju prolazi višak električne energije te bi bila nepovratno onemogućen ponovni uklop. Najveća prednost ovog novog dizajna prekidača bila je i ta da više nisu bili potrebni električari kako bi se zamijenio prekidač veće je to mogao obaviti i član kućanstva što je uobičajeno i u današnje doba. [5][6][7]

Kako automatski prekidači ili kako se još nazivaju i minijaturni prekidači već dugi niz godina pružaju veliku sigurnost i zaštitu za mnoge primjene, osiguravaju jednostavno rukovanje i visoku razinu sigurnosti. Najviše se koriste za sve vrste stambenih, komercijalnih i industrijskih pogona, a svojim svojstvima i izvedbom dokazali su održivost, jednostavnu i laku instalaciju te veliku dostupnost. U današnje vrijeme svako kućanstvo opremljeno je minijaturnim prekidačima, štiteći ljude i opremu od električnog udara. Kad dođe do reagiranja automatskog prekidača na kratki spoj ili preopterećenje, on prekida struju u vrlo kratkom vremenskom periodu od nekoliko milisekundi, što je za usporedbu 10 puta brže od treptaja oka. U tom stanju izložen je vrlo visokoj temperaturi između 5000-6000 stupnjeva Celzija. U vremenu ekonomskih kriza koje su nastale poslije prvog svjetskog rata Hugo je prodao svoj proizvod švicarskoj tvrtci Brown Boveri & Cie, ali je zadržao upravljačko mjesto sve do 1929. godine.

Iz te firme je nastao ABB spajanjem sa drugim cjelinama, koja je proizvela više od milijarde automatskih prekidača, s godišnjom proizvodnjom od 42 milijuna godišnje. [6]

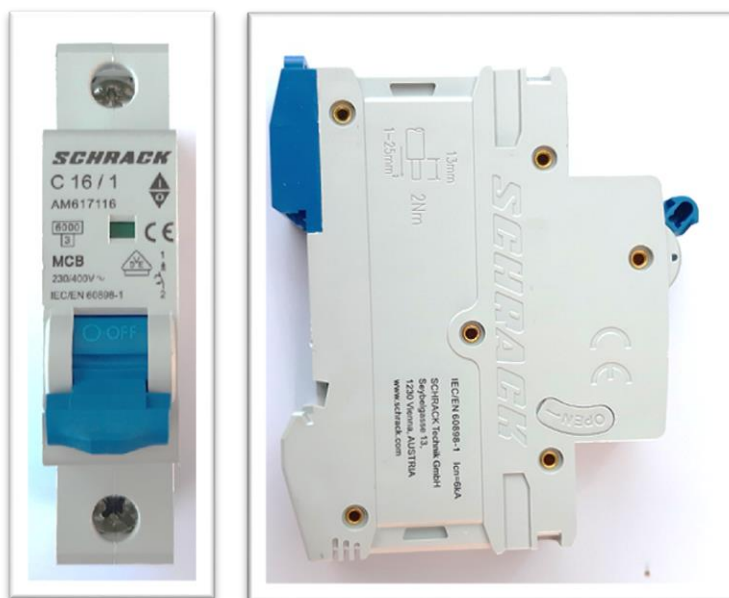
2. TEHNIČKI OPIS AUTOMATSKIH PREKIDAČA

2.1. Princip rada automatskih prekidača

Osnovna su dva načina po kojima rade automatski prekidači. Prvi je poradi toplinskog djelovanja prekomjerne struje, a drugi poradi elektromagnetskog učinka prekomjerne struje. Toplinsko djelovanje odvija se na način preko bimetalne trake, gdje se uslijed prekomjerne struje koja prolazi unutar prekidača zagrije i mehanički se savije. Takav pomak dijela bimetalne trake pomiče mehanički zasun koji otpušta opušni mehanizam koji dovodi do fizičkog razdvajanja kontakata. Nedostatak ovog tehničkog rješenja je da ponovni uklop mora sačekati hlađenje bimetalne trake i njezino izravnavanje. [1]

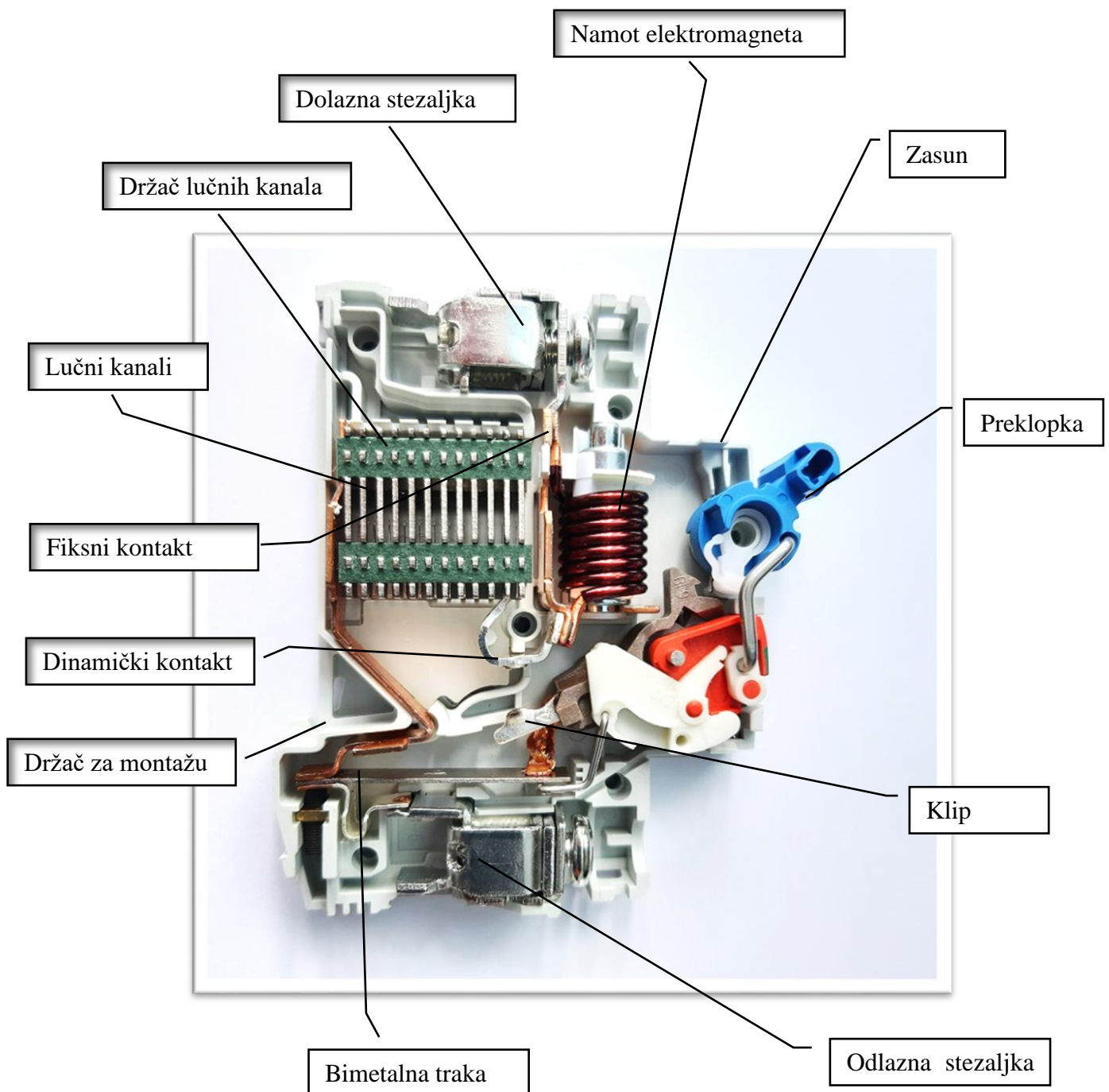
Drugi način je da se koristi elektromagnetsko privlačenje kotve koje stvara dovoljnu privlačnu silu tek kod većih struja (npr kratki spoj). Pomak kotve pomiče mehanički zasun i opružni mehanizam dovodi do fizičkog razdvajanja kontakata. Za razliku od termičkog, elektromagnetski isklop se trenutno može ponovno uklapati.

Na slici 2.1. prikazan je izgled automatskog prekidača sa prednje strane i bočno gdje se može vidjeti i ručna preklopka za uključivanje i isključivanje prekidača. Isto tako moguće je i ručno upravljanje automatskim prekidačima na način da se preklopka ručno isključi ili uključi na samom kućištu. U samom prekidaču pomakne se ista točka zasuna kao i kod prijašnjih režima.



Slika 2.1. Izgled automatskog prekidača

Na slici 2.2. navedeni su osnovni dijelovi automatskog prekidača:



Slika 2.2. Presjek automatskog prekidača

2.2. Tehnički opis automatskih prekidača

Automatski prekidač ili kako se još naziva i minijaturni prekidač (MCB) je automatski upravljani sigurnosni uređaj koji se koristi za zaštitu i sigurnost opreme i osoba od električnog udara, oštećenja i drugih abnormalnih stanja uzrokovanih prekomjernom strujom od preopterećenja ili kratkog spoja.

U današnje vrijeme koristimo sve više automatske prekidače (MCB) u niskonaponskoj mreži umjesto starije verzije rastalnih prekidača. Prevelika struja jednostavno bi rasplinula nit u zamjenjivom ulošku prekidaču, na način da bi porasla temperatura brzim zagrijavanjem i otapanjem, prekidajući na taj način električnu energiju te na taj način štiteći ostatak strujnog krug. Na taj način rastalni uložak prekidača je uništen i mora se zamijeniti novim, dok je kod automatskih prekidača nakon uklanjanja uzroka kvara, dovoljno mehanički preklopku prekidača vratiti u radni položaj čime se uspostavlja prekinuti strujni krug.

Neke od osnovnih prednosti nad rastalnim prekidačima su :

- automatski višekratno bez oštećenja isključuje strujni krug prilikom pojave abnormalnih stanja u mreži
- zona pod kvarom lako se prepoznaje jer preklopka na automatskom prekidaču prelazi iz jednog položaja u drugi
- brzo obnavljamo strujni krug mehaničkom promjenom položaja preklopke na automatskom prekidaču nakon kvara
- korištenje je sigurnije u strujnom krugu u odnosu na rastalne prekidače
- uz neke dodatke moguće je upravljati automatskim prekidačem i daljinskom vezom, dok kod rastalnih to je apsolutno nemoguće

Kod automatskih prekidača važno je spomenuti da oni ne štite osobe ugrožene kvarom od električnog udara gdje dolazi do kontakata preko vodiča koji su namijenjeni za uzemljenje.

Poradi različitih procesa sagorijevanja i gašenja električnog luka istosmjernog i izmjeničnog napona, automatski osigurači za AC i DC uz iste nazivne vrijednosti ipak nemaju usporedive karakteristike. Trenutno djelovanje automatskih prekidača temelji se po modelu magnetskog privlačenja. Feromagnetni mogu samo privlačiti željezo, privlačenjem kotve se isključuje krug, a natezanjem opruge ga se uspostavlja.[1][5][2]

2.3. Karakteristike automatskih prekidača

Postoje tri glavne karakteristike kojima opisujemo rad automatskih prekidača i to:

- Karakteristika za preopterećenje – (A)
- Karakteristika za kratki spoj – (kA)
- Karakteristika za krivulju prorade – (ciklusi)

Karakteristika za preopterećenje – kod preopterećenja dolazi kada se snaga trošila poveća iznad projektirane, pa struja prijeđe dozvoljenu vrijednost iznosa struje koja smije teći vodičima strujnog kruga iznad kojega dolazi do njihovog termičkog oštećenja. Na taj način isključivanjem automatskog prekidača prekida se napajanje čime sprečavaju pregrijavanja u spojnim vodičima i na spojnim stezaljkama uslijed čega dolazi do potencijalnih požara.

Karakteristika za kratki spoj – kod pojave kratkog spoja kao rezultata kvara u električnom krugu ili uređaju koji je mnogo opasniji od preopterećenja gdje su puno veće brzine porasta struje i iznosi prekomjerne struje. Uglavnom se pojavljuje kada dođe do izravne povezanosti između faznog i nultog vodiča. Uslijed vrlo malog otpora kratkog spoja (u odnosu na projektirani otpor trošila u normalno režimu rada) porast struje može dosegnuti i nekoliko desetaka puta veće vrijednosti u vrlo kratkom vremenskom periodu od nekoliko milisekundi.

Karakteristika za krivulju prorade – U niskonaponskim mrežama različiti uređaji imaju određene režime rada kada je potrebno premostiti kratkotrajne strujne udare. Na primjer električni motori kod pokretanja ili kod udarnih mehaničkih opterećenja imaju svojstvo da im poraste struja i do nekoliko puta u odnosu na nazivnu. To je kratkotrajno opterećenje, koje priključeni uređaj a i priključni vodovi mogu podjeti.

2.4. Internacionalni i nacionalni standardi

Općenito tehničke karakteristike automatskih prekidača kao i ostalih niskonaponskih prekidača rade se prema međunarodnim standardima IEC 60269-1. Prema tim standardima propisani su odabiri i zamjene neispravnih prekidača. Međunarodni standardi gotovo su isti kao i europski standardi uz dodatak za europske da posjeduju detaljnija objašnjenja i informacije koje se u manjem opsegu razlikuju unutar europskih zemalja. Postoje posebni dodatci za neke vrste niskonaponskih prekidača kao što su LV HRC i D prekidači.

Dokumentima za Europsko usklađivanje definirani su posebni standardi vezano uz prekidače i to:

IEC 60269-2-1 Low-voltage fuses – Part 2-1: Supplementary requirements for fuses for use by authorized persons (fuses mainly for industrial application) – Sections I to VI: Examples of types of standardized fuses, 2004

IEC 60269-3-1 Low-voltage fuses - Part 3-1: Supplementary requirements for fuses for use by unskilled persons (fuses mainly for household and similar applications) - Sections I to IV: Examples of types of standardized fuses, 2004

Poradi veće sigurnosti u Njemačkoj su dodani još dodaci vezani za LV HRC i D u osnovni standard DIN VDE 0636. Dosadašnji standardi za zgradarstvo još su u postupku izrade, a stari ne vrijede pa se u obzir uzimaju postojeći standardi kao što su IEC 60269 i VDE 0636, jer su mnogo jasniji a sadrže i dva pregledna dijela gdje se prvi dio odnosi na generalne zahtjeve a drugi dio sadrži posebne uvjete uporabe. Planiraju se donijeti nove smjernice za primjenu niskonaponskih prekidača i oni će biti peti sastavni dio standarda. Uz IEC 61818 dodatno će sadržavati i IEC 61459. Na slici 2.1. prikazan je simbol automatskog prekidača prema IEC-60617 standardu koji se koristi u shemama i programskim alatima za projektiranje. Samo značenje norme npr. IEC 60269-4:2009 možemo definirati kao: IEC- International Electrotechnical Commission – međunarodna elektrotehnička organizacija, 60269 – tehnički standardi za niskonaponske prekidače, 4 – oznaka za dio norme, 2009 – godina stupanja na snagu važenja norme. [10]



Slika 2.3. Simbol automatskog prekidača prema IEC-60617 standardu

Tablica 2.1. Hrvatski zavod za norme, propisi za automatske prekidače korištene u ispitivanju. [10]

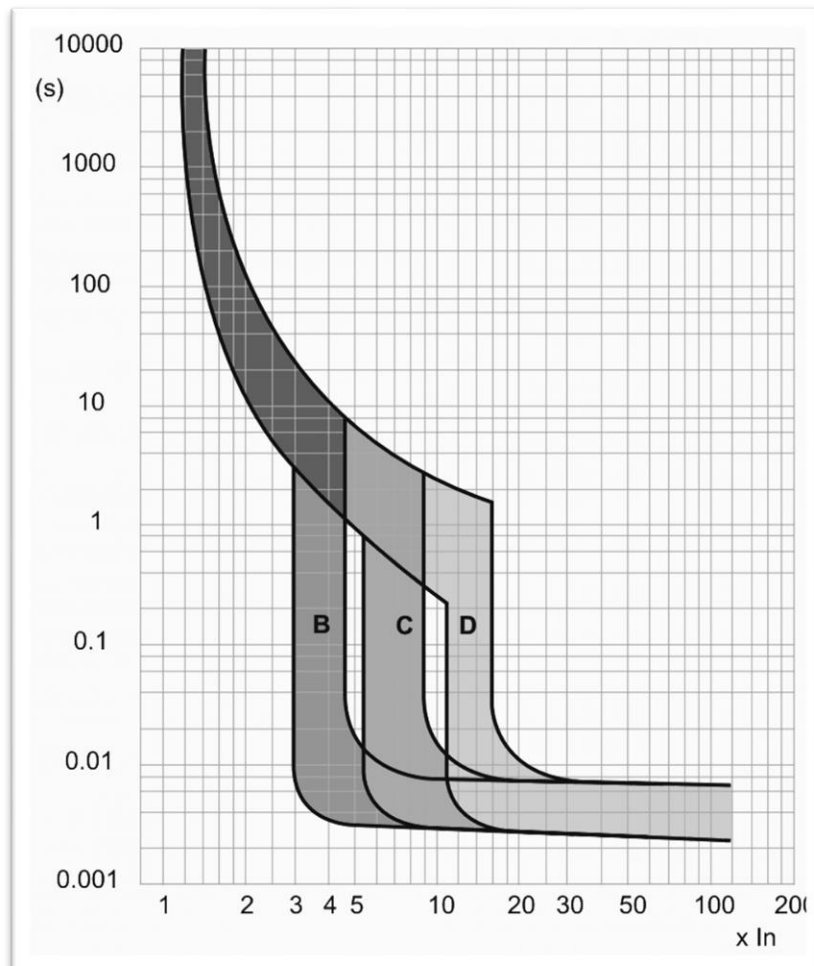
HRN EN 60898-1:2019	
Naslov (HR):	Električni pribor -- Instalacijski prekidači za nadstrujnu zaštitu za kućanstvo i slične instalacije -- 1. dio: Instalacijski prekidači za rad s izmjeničnom strujom (IEC 60898-1:2015, MOD; EN 60898-1:2019)
Naslov (EN):	Electrical accessories -- Circuit-breakers for overcurrent protection for household and similar installations -- Part 1: Circuit-breakers for a.c. operation (IEC 60898-1:2015, MOD; EN 60898-1:2019)
Područje primjene:	<p>IEC 60898-1:2015(E) applies to a.c. air-break circuit-breakers for operation at 50 Hz, 60 Hz or 50/60 Hz, having a rated voltage not exceeding 440 V (between phases), a rated current not exceeding 125 A and a rated short-circuit capacity not exceeding 25 000 A. This second edition cancels and replaces the first edition published in 2002, Amendment 1:2002 and Amendment 2:2003. This edition constitutes a technical revision. This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:</p> <p>a) Revision of 9.5 Terminals b) Revision of the test of glow wire c) Simplification of the figures for short circuit tests.</p> <p>The contents of the corrigendum of November 2015 have been included in this copy.</p>
Izdanje:	2
ICS:	<u>29.120.50</u>
HZN TO/PO:	<u>TO E23</u> , Električni instalacijski pribor
Oznaka faze:	<u>60.60</u>
Glasilo - rasprava:	6/2017
Glasilo - objava:	2/2019
Način prihvaćanja:	<u>pr</u>
Jezik:	<u>en</u>
Broj stranica:	175
Cjenovni razred:	<u>S</u>
Izvornik:	EN 60898-1:2019 (IEC i CENELEC)
Zamjenjuje:	HRN EN 60898-1:2007, HRN EN 60898-1:2007/A11:2007, HRN EN 60898-1:2007/A12:2008, HRN EN 60898-1:2007/A13:2013, HRN EN 60898-1:2007/IS1:2012, HRN EN 60898-1:2007/IS2:2012, HRN EN 60898-1:2007/IS3:2012, HRN EN 60898-1:2007/IS4:2012
Direktiva/Uredba:	2014/35/EU

2.5. Odabir automatskih prekidača sukladno namjeni

Najbolji odabir automatskih prekidača odabiremo prema parametrima strujnih krugova i značajkama koje su nam potrebne za pravilan i besprekidan rad. Bitno je poznavati razinu napona, dali je istosmjerni ili izmjenični napon, ako je izmjenični napon koja mu je frekvencija, koja je normalna struja opterećenja strujnog kruga, koja je maksimalna dopuštena struja, dali su potrebni odvojeni pomoćni kontakti.

Svaki proizvođač ima proceduru za odabir automatskih prekidača koji će pomoći za što kvalitetniji i lakši odabir odgovarajućih automatskih prekidača.

Kod samog odabira automatskog prekidača vrlo je važno uz odgovarajuće vrijednosti struje znati i odabrati tip krivulje koja omogućava prekostrujne udare u različitim režimima rada.



Slika 2.4. Krivulje djelovanja: B, C, D

Automatski prekidači sa B krivuljom djelovanja – koriste se u zaštiti strujnih krugova gdje nema potrebe za dozvoljenom prekomjernom strujom pri uključanju tereta. Bilo koje naglo povećanje struje definirat će se kao kvar pa je dopuštena količina prekomjerne struje relativno mala. B krivulja djelovanja je između 3 i 5 puta veća od struje punog opterećenja. Vrijeme iskapčanja bit će najbrže u odnosu prema ostalim krivuljama.

Automatski prekidači sa C krivuljom djelovanja – najčešće se koriste u zgradarstvu i kućanskim instalacijama te za osnovna industrijska postrojenja. Na slici 2.4. prikazane su krivulje djelovanja, najčešće korištene u svakodnevnoj uporabi su automatski prekidači sa C krivuljom djelovanja, na slici 2.5. nalaze se automatski prekidači u pripremi za ispitivanje.

Isto kao i kod B krivulje bilo koje naglo povećanje definirat će se kao kvar, ali je dopuštena količina prekomjerne struje malo povećana u odnosu na B krivulju. C krivulja djelovanja je između 5 i 10 puta veća od struje punog opterećenja.

Automatski prekidači sa D krivuljom djelovanja – najčešće se koriste u velikim industrijskim postrojenjima i tvornicama koje koriste velike motore i transformatore, bolnice sa rendgenskim uređajima ili kompresorima. Zbog velikih prenapona u startu struje porastu između 10 i 20 puta u odnosu na puno opterećenje pa se vrijeme iskapčanja prolongira tok kratkotrajni udar ne prođe i stabilizira se na radno opterećenje. Sve tri vrste automatskih prekidača pružaju optimalnu zaštitu prekidanja unutar jedne desetinke sekunde, a prekida se strujni krug unutar 0,1 sekunde. Svaku instalaciju treba projektirati kvalificirani električar prema važećim standardima i normama. [9]

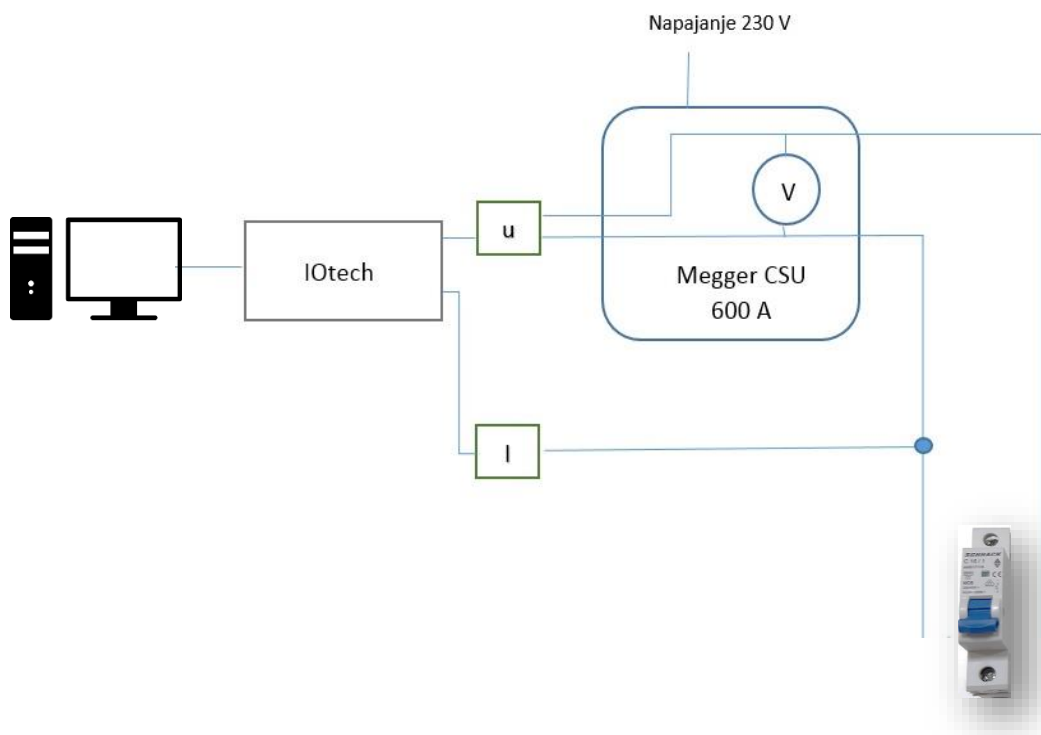


Slika 2.5. Automatski prekidači C 16 sa C krivuljom djelovanja

3. MJERNA OPREMA I POSTUPCI IZVOĐENJA MJERENJA

3.1. Ispitni postav

Za ispitivanje automatskih prekidača pored standardne mjerne opreme za mjerenje napona i struje, sklopovlja za prikupljanje podataka, neophodan je izvor napajanja s kojeg ćemo pobuditi automatski prekidač i dovesti ga u stanje prorade kako bismo provjerili njegova svojstva. Shema na slici 3.1. vizualno i logički pokazuje pojedine elemente korištene u postupku ispitivanja. Ispitnom postavom dominira izvor napajanja do 600 A koji se koristi tokom svih ispitivanja gdje je i fotodokumentiran.



3.1.1. Ispitni postav za ispitivanje automatskih prekidača

Ovim ispitivanjem i mjerenjima provjerit će se karakteristike automatskih prekidača koje je naveo proizvođač te sama pouzdanost kao takova u zaštiti strujnih krugova koji oni štite. Ispitivanje će se provoditi na način da se provjere proradne karakteristike samih prekidača kroz vrijednosti struje i vremena prorade, a uz to također i pouzdanost istih u odnosu na zastoje u djelovanju koji mogu biti izrazito opasni na strujne krugove koje štite. Mjerenja će se odraditi po normama koje su propisane i opremi kojom će se mjerenja vršiti. Mjerenja će se provoditi za serije od 5 različitih automatskih prekidača istih nazivnih vrijednosti na kojima će se podešavati struje prorade prekidača istih vrijednosti za isti tip prekidača za pet različitih serija mjerenja. Nakon prikupljanja i obrade podataka preko računalnog alata Matlab obradit će se podatci gdje će se iz grafičkih i analitičkih zapisa analizirati i usporediti sa proizvođačem.

Mjerenje će se provoditi na način da se automatski prekidač kratko spoji sa kablovima koji ide od izvora Megger CSUT600A/AT, na sam kontakt prekidača pričvršćena je spojna bakrena šina na koju se pričvrste krajnje stezaljke izvora. Na same stezaljke izvora spojiti ćemo paralelno mjernu sondu Differential Probe GDP-025 proizvođača GWINSTEK, a fazni vodič izvora obuhvatit ćemo sondom CURRENT PROBE PR 430 proizvođača LEM HEME, te sonde priključene su na uređaj za prikupljanje signala NI USB-6212 BNC. Podešavanjem vrijednosti struje izvora Megger CSUT600A/AT proizvoljno će se odabrati vrijednosti i za svih pet istih automatskih prekidača napraviti isto mjerenje, nakon čega će ponovno proizvoljno odabrati nova struja za novo mjerenje i tako za sva ostala mjerenja. Evidentirati će se također dali je prekidač odradio svoj zadatak prorade te dali je došlo do nekih nepredviđenih događaja kao što su oštećenja ili zagrijavanja. Pomoću skripte izrađene u programu Labview prikazane na slici 3.1. i mjernom sučelju prikazano na slici 3.2. pratit će se valni oblici i vrijednosti struje na mjernom elementu te snimati u određenu datoteku. Nakon što prekidač isklopi strujni krug zaustavit će se prikupljanje podataka i stezaljke izvora postaviti će se na sljedeći automatski prekidač i ponoviti mjerenje. Na ovaj način dok se obavi mjerenje na seriji od pet automatskih prekidača izbjeci će se dodatna zagrijavanja od prijašnjih mjerenja jer se onaj prvi stigne ohladiti nazad na sobnu temperaturu dok se završi posljednje mjerenje na petom. [10][4][8]

3.1.2. Opis mjerne opreme

Mjerna oprema koja se koristila pri mjerenju karakteristika automatskih prekidača korištena je prema važećim protokolima i normama na sobnoj temperaturi 20°C u laboratoriju za električna mjerenja na FERIT-u.

Izvor napajanja je Megger CSUT600A/AT koji nam je omogućio vrlo visoke vrijednosti struja potrebnih za proradu automatskih prekidača. Izlazi sa izvora su povezani izoliranim bakrenim vodičima koji na svojim krajevima završavaju čvrstim masivnim stezaljkama. Uređaj posjeduje zakretni regulator kojim se podešava zahtjevani iznos izlazne struje. Uređaj primarno ima dvije primjene i to za ispitivanja zaštitnih releja u radnim uvjetima i vremenskim intervalima te kao druga strujna ispitivanja niskonaponskih prekidača.

Također za mjerenja karakteristika prekidača korištene su mjerne sonde i to :

1. Differential Probe GDP-025 proizvođača GWINSTEK
2. CURRENT PROBE PR 430 proizvođača LEM HEME

Za sva mjerenja koja su odrađena korištene su iste sonde sa istim mjernim područjima, kako bi se na taj način zadržala uniformnost i točnost mjerenja.

Mjerne sonde priključene su na uređaj za prikupljanje signala NI USB-6212 BNC proizvođača NATIONAL INSTRUMENTS CORP.

Sonde su spojene na takav način da postoji slobodno mjesto kako bi se izbjegle eventualne smetnje. Preko USB konekcije uređaj za prikupljanje signala NI USB-6212 BNC spojen je na PC računalo koje uz pomoć programa Labview prikuplja mjerene podatke i sprema ih određenu datoteku za svako očitavanje podataka posebno. Ova metoda mjerenja i prikupljanja podataka pokazala se kao vrlo kvalitetno rješenje jer može prikupiti i male i velike količine podataka, pogotovo jer program Labview omogućava dodatnu kalibraciju, dodavanje okidača, početka i kraja mjerenja. [10][4][8]

3.1.3. Tehnički opis ispitivanih automatskih prekidača

U tablici 2.1. prikazana je disipacija za različite nazivne vrijednosti automatskih prekidača. Vrijednosti snage, unutarnji otpor i nazivna vrijednost pregledno su prezentirani što je bitno prilikom realizacije ugradnje i procijene termičkog opterećenja razvodnog mjesta.

Tablica 2.1. Prikaz ukupnih gubitaka snage mjerenih prekidača pri U_n

Ukupni gubitak snage pri U_n za 1 P		Unutarnji otpor
6 A	2,0 W	51,787 m Ω
10 A	2,0 W	9,989 m Ω
16 A	3,5 W	6,310 m Ω
20 A	4,0 W	3,832 m Ω

U tablici 2.2. mogu se vidjeti detaljnije karakteristike automatskih prekidača sukladno podacima proizvođača od broja ciklusa, IP zaštite, vrijednosti temperature kao i površine presjeka te potrebne vrijednosti sile prilikom spajanja. [12][13]

Tablica 2.2. Prikaz detaljnih karakteristika rada automatskih prekidača

Električna izdržljivost	4.000 ciklusa
Mehanička izdržljivost	20.000 ciklusa
Razina zaštite	IP 20
Referentna temperatura	30°C
Temperatura okidanja	-5°C do + 40°C
Radna temperatura	-25°C do +70°C
Tipovi priključaka	Kabeli / u tip sabirnice / Pin tip sabirnice
Kontakt	Od vrha prema dolje
Presjek vodiča	1 – 25 mm ²
Moment pritezanja stezaljki	2.5 Nm
Veličina ulaza za sabirnicu	10 mm ²
Montiranje	Na DIN šinu EN 60715 (35 mm)

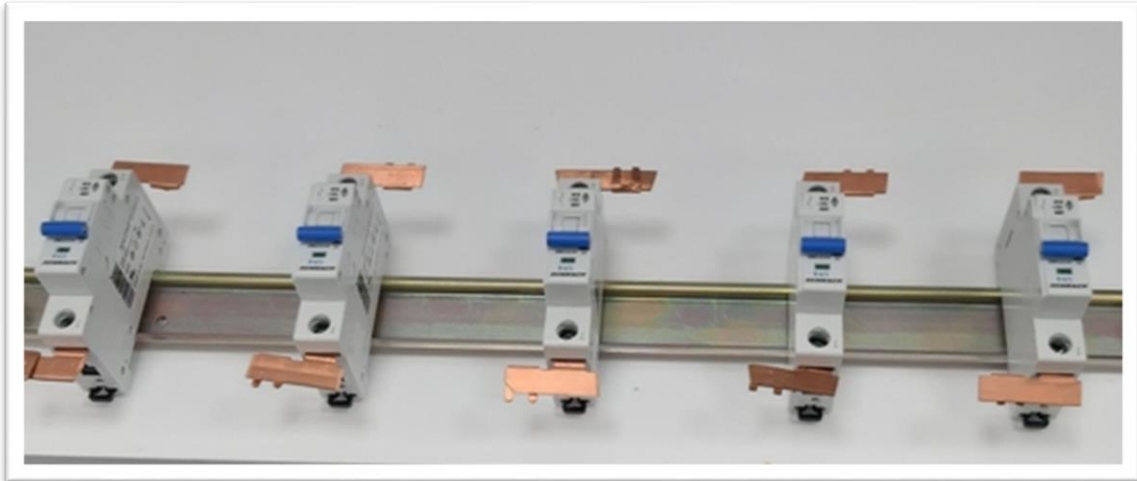
U tablici 2.3. prikazane su nazivne vrijednosti temperatura za pojedine nazivne vrijednosti automatskih prekidača gdje se mogu uočiti razlike koje su posljedica akumulirane energije u izvršnom članu gdje će pri većim iznosima temperature okoline automatski prekidači proraditi pri manjim iznosima struje. Iz tablice se može jasno vidjeti ovisnost temperature okoline i struje prorade. [12][13]

Tablica 2.3. Prikaz utjecaja temperature na ponašanje prorade automatskih prekidača

	Vanjska temperatura											
	-35°C	-30°C	-20°C	-10°C	0°C	10°C	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C	70°C
6 A	7,80	7,56	7,38	7,14	6,84	6,60	6,24	6,00	5,76	5,64	5,28	4,98
10 A	13,20	12,70	12,50	12,00	11,50	11,10	10,60	10,00	9,60	9,30	8,90	8,40
16 A	21,12	20,48	20,00	19,20	18,40	17,76	16,96	16,00	15,36	14,88	14,24	13,44
20 A	26,40	25,60	25,00	24,00	23,00	22,20	21,20	20,00	19,20	18,60	17,80	16,80

3.2. Laboratorijsko mjerenje automatskih prekidača

Po protokolnom priključivanju mjernih sonda stezaljke sa izvora potrebno je kratko spojiti i na računalu pokrenuti snimanje mjerenja. To se radi samo za stabilizaciju i provjeru parametara prije svake serije mjerenja kako bi se provjerila ispravnost postupka mjerenja.



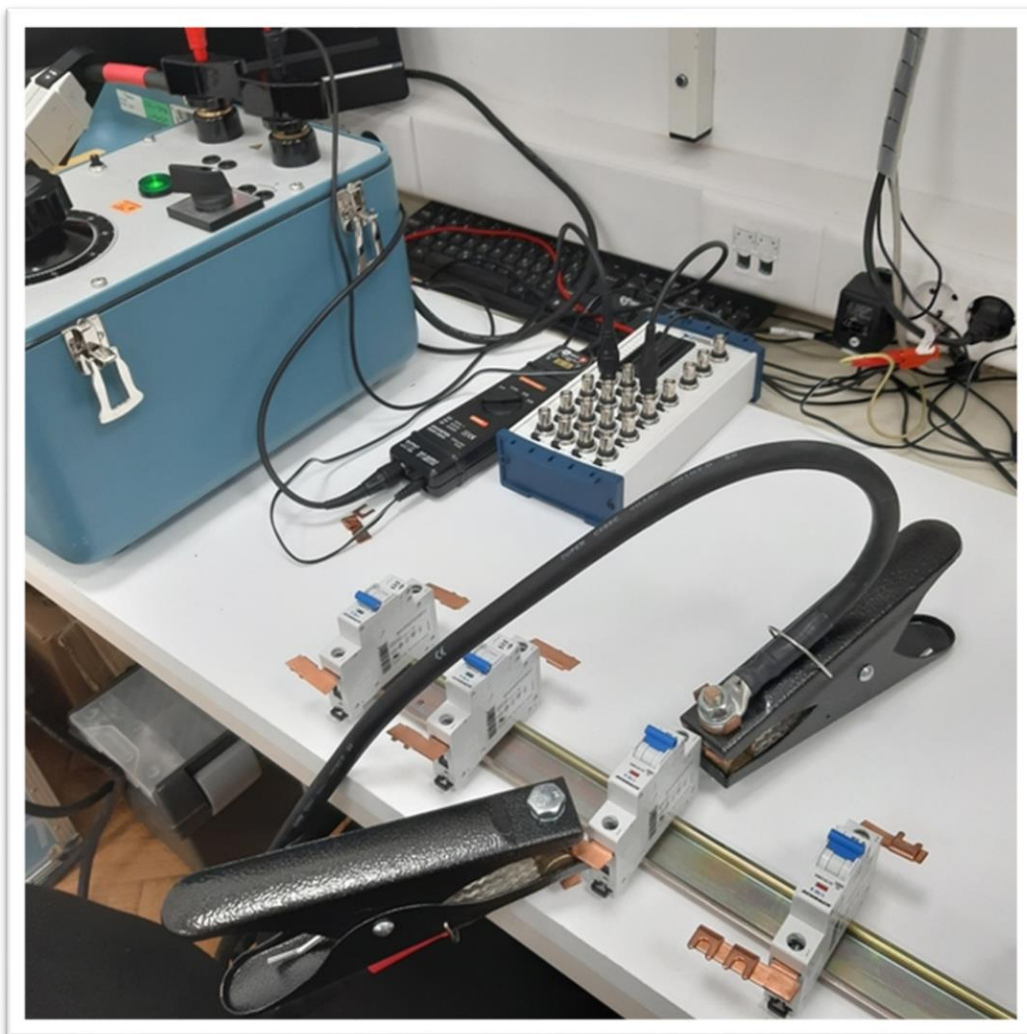
Slika 3.3. Automatski prekidači montirani na DIN nosač sa priključnim sabirnicama

Svako mjerenje započinje na način da se na mjereni automatski prekidač pričvrste sabirnice prikazano na slici 3.3. koje se zahvate sa stezaljkama izvora, spoj mora biti čvrst i ostvarivati velik kontakt kako bi se izbjeglo rasipanje struje ili ne dovoljan kontakt stezaljki i automatskog prekidača.



Slika 3.4. Podešavanje ispitne opreme

Nakon učvršćivanja stezaljki i provjere uz podešavanje automatskog prekidača na regulaciji izvora prikazanog na slici 3.4. podešavamo određeni protok struje dok je u bez naponskom stanju. Provjeravamo dali je automatski prekidač podignut u radni položaj, provjerava se i čvrstoća spoja na pričvršćenim sabirnicama, a kad je sva provjera zadovoljila te tehničke zahtjeve, na računalu pokrećemo program Labwiev sa sučeljem za mjerenje kao što je vidljivo na slici 3.2. i slici 3.7. Na sučelju provjeravamo mjerne parametre i pokrećemo prikupljanje podataka. Po pokretanju prikupljanja podataka sa mjernih sonde uključujemo izvor napajanja koji napaja automatski prekidač kao što je vidljivo na slici 3.5. uz spojene mjerne sonde na priključnim vodovima prekidača.

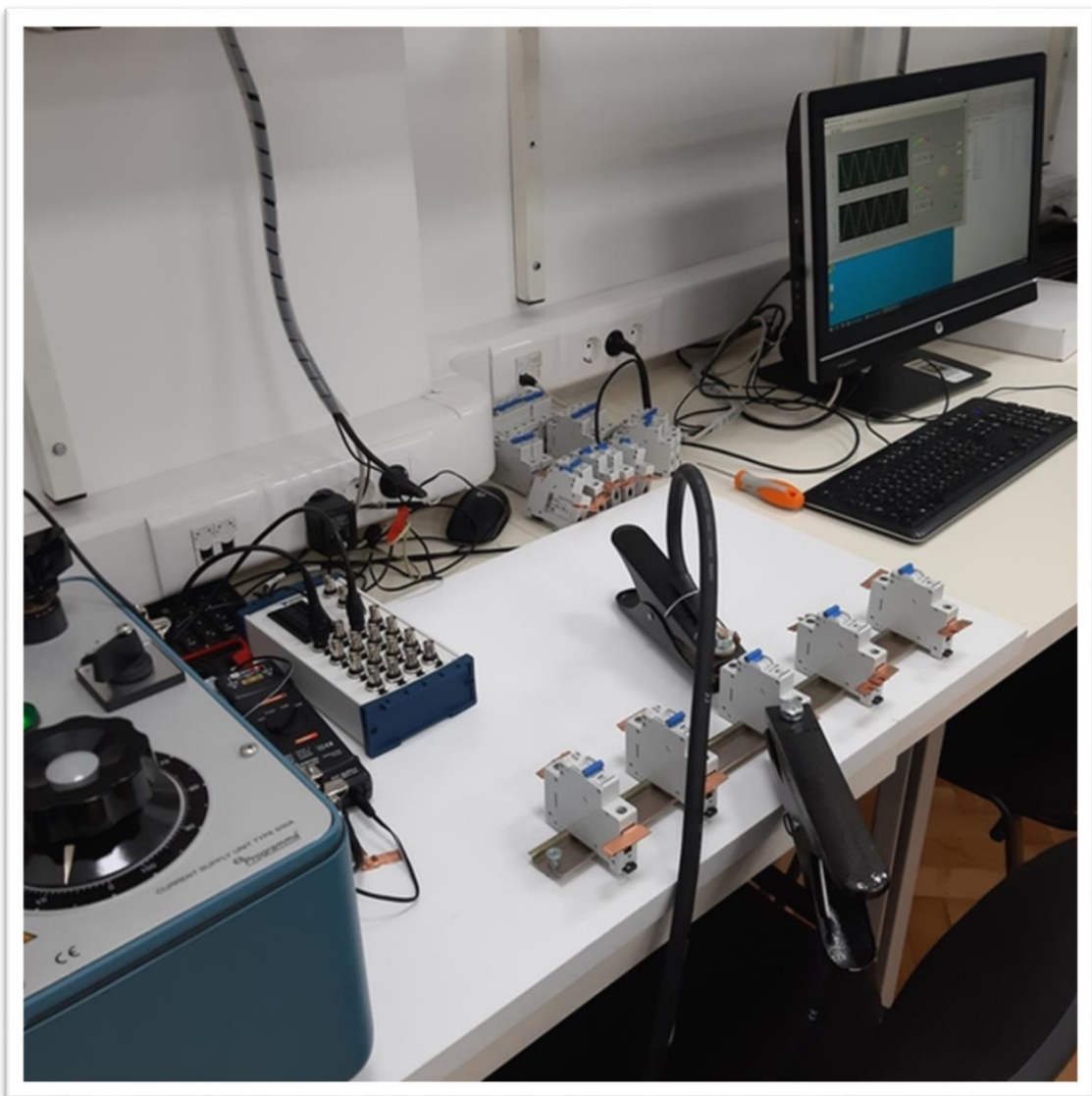


Slika 3.5. Spajanje strujnog kruga na automatske prekidače

Bilježe se svi podaci koji su na mjernim sondama od paljenja izvora do prorade automatskog prekidača, te se ti podaci spremaju u mapu na računalu.

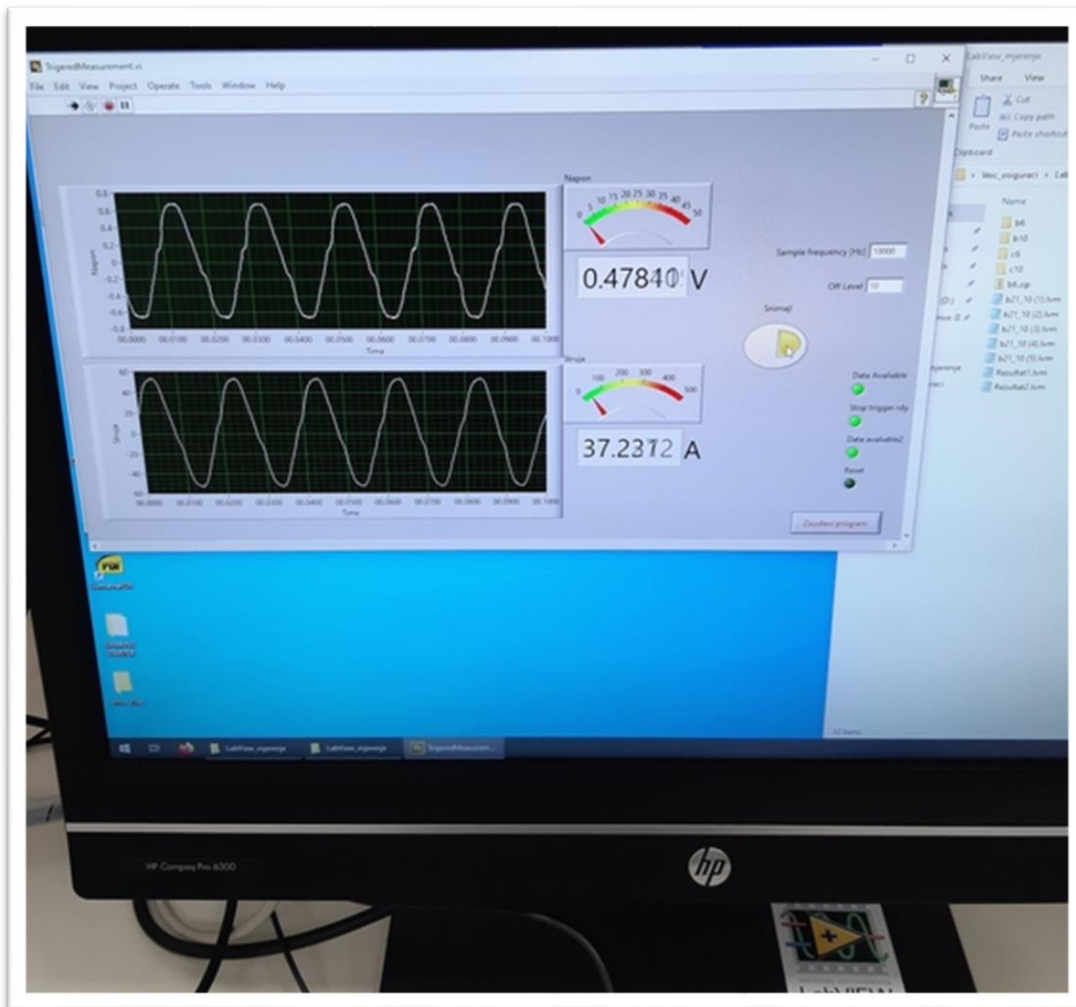
Svakako mjerenje zapisat će zasebnu datoteku koja se sprema u određenu mapu, a svaku datoteku je bitno pravilno imenovati kako bi se znalo o kojem mjerenju se radi i na kojem prekidaču.

Kako bi se smanjili vanjski utjecaji temperature na mjerenje, postupak se provodi za seriju od pet automatskih prekidača sa istim nazivnim vrijednostima za pet različitih podešavanja vrijednosti struje na izvoru prikazanih na slici 3.6.



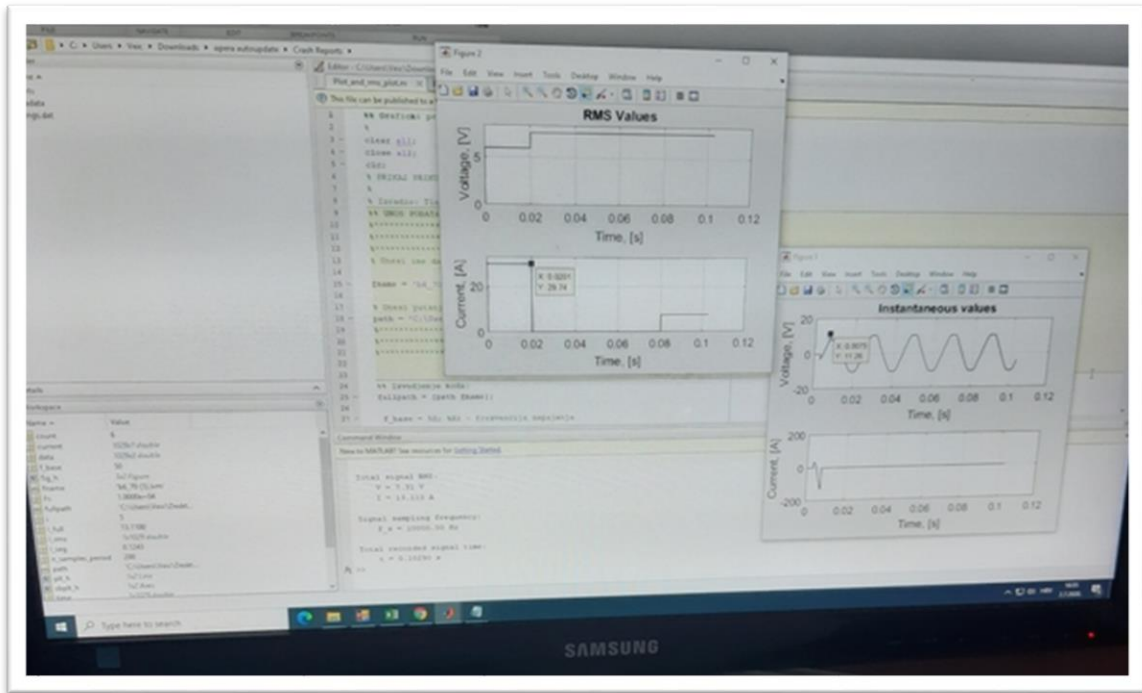
Slika 3.6. Ispitivanje serije automatskih prekidača istih nazivnih vrijednosti

Po prikupljenim podacima prilazi se obradi kako bi se iz mjerenih veličina iščitale vrijednosti prorade automatskih prekidača.



Slika 3.7. Izgled dijaloškog okvira sa prikazom mjernih podataka u programskom sučelju Labview

Za obradu podataka korišten je računalni program Matlab koji je datoteke obradio i prikazao grafički, gdje su se izuzimali podaci vidljivi za prekid protoka struje i vremena te su se bilježili u tablicu. Na slici 3.8. prikazano je grafičko očitavanje mjerenih rezultata koje je dalo vrlo precizne podatke i eventualna odstupanja u točnosti očitavanja su zanemariva.



Slika 3.8. Fotografija zaslona sa prikazom analize mjernih podataka u Matlab-u

Mjerenja su rađena za automatske prekidače B6, B10, B16, B20, C6, C10, C16, C20, koji su dobiveni za svrhu testiranja od tvrtke Schrack, i nisu nikad prije korišteni, prikazani su na slici 3.9.



Slika 3.9. Fotografija korištenih automatskih prekidača upotrijebljenih u postupku ispitivanja

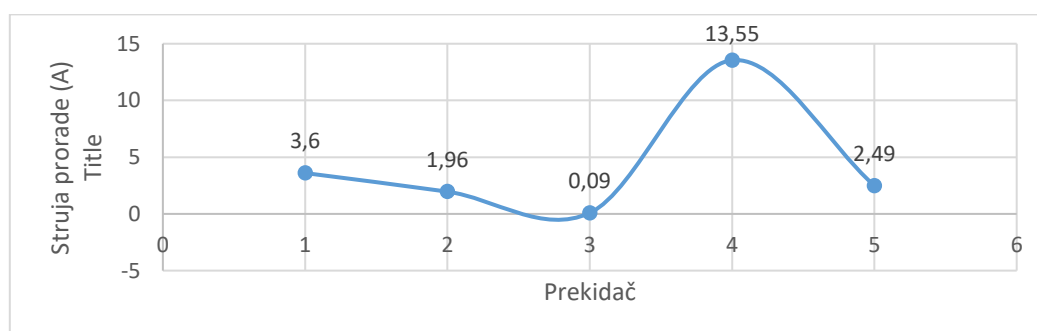
4. LABORATORIJSKO MJERENJE I ANALIZA

Mjerenja su provedena na različitim automatskim prekidačima istih nazivnih vrijednosti. U tablici 4.1. rednim brojem označeni su osigurači sukladno slijedu ispitivanja. Struja u trenutku prorade predstavlja trenutnu vrijednost koja je zabilježena, a vrijeme predstavlja vrijeme od trenutka uključenja, koje je bilo potrebno kako bi automatski prekidač proradio. Mjerni izvor posjeduje skalu do sto podjeljaka u kojoj svakom podjeljku vrijednost struje odgovara sukladno otporu elemenata strujnog kruga.

Tablica 4.1. mjerenih rezultata za prekidač B6 sa podešenom regulacijom izvora na 7 podjeljak skale izvora.

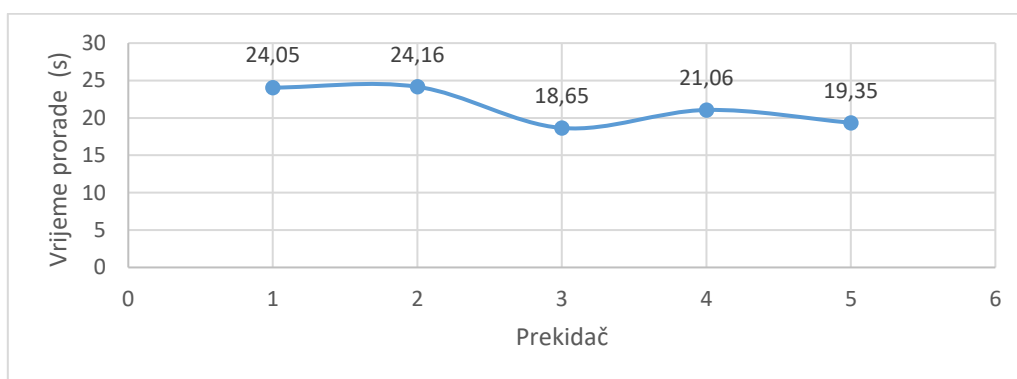
Red.br.	Struja u trenutku prorade (A)	Vrijeme prorade (s)	Ispravnost rada
1.	3,60	24,05	DA
2.	1,96	24,16	DA
3.	0,09	18,65	DA
4.	13,55	21,06	DA
5.	2,49	19,35	DA

Slika 4.1. prikazuje rezultate iz tablice 4.1. kako bi dobili bolji uvid, ali isto tako navodi nas na spoznaju da je vrijednost struje u trenutku prorade nije ona koja dovodi do iskapćanja već energija koja se disipirala u izvršnom članu tijekom vremena prorade.



Grafikon 4.1. Struja prorade za niz od 5 prekidača B6 sa podešenom regulacijom izvora na 7 podjeljak skale izvora.

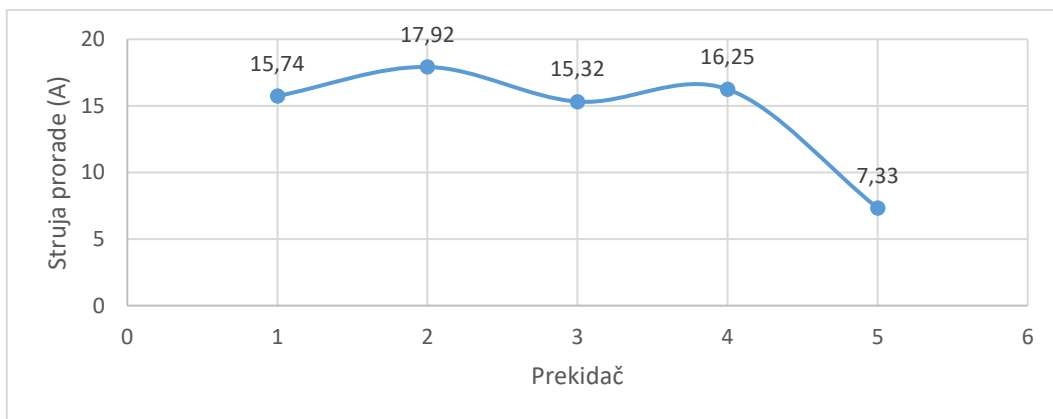
Slika 4.2. prikazuje rezultate iz tablice 4.1. kako bi dobili bolji uvid, ali isto tako navodi nas na spoznaju da je vrijednost struje u trenutku prorade nije ona koja dovodi do iskapčanja već energija koja se disipirala u izvršnom članu tijekom vremena prorade. Možemo zaključiti da su vremena približno ujednačena što potvrđuje da se radi o seriji automatskih prekidača istih tehničkih karakteristika.



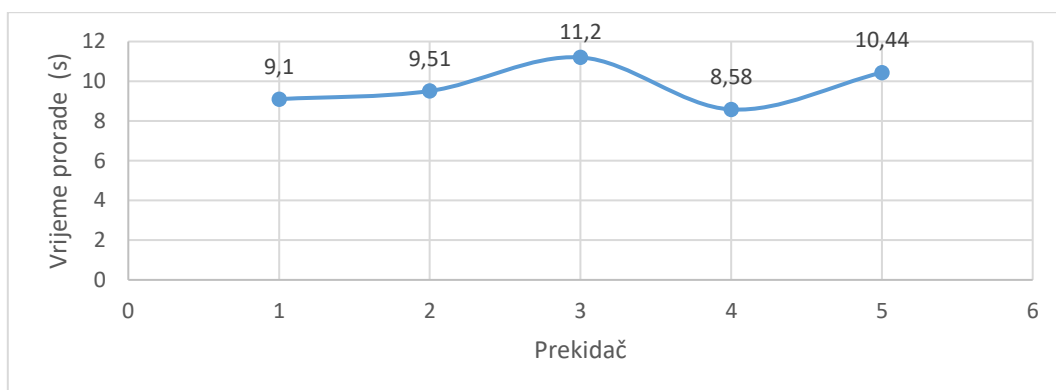
Grafikon 4.2. Vrijeme prorade za niz od 5 prekidača B6 sa podešenom regulacijom izvora na 7 podjeljak skale izvora.

Tablica 4.2. mjerenih rezultata za prekidač B6 sa podešenom regulacijom izvora na 10 podjeljak skale izvora.

Red.br.	Struja u trenutku prorade (A)	Vrijeme prorade (s)	Ispravnost rada
1.	15,74	9,10	DA
2.	17,92	9,51	DA
3.	15,32	11,2	DA
4.	16,25	8,58	DA
5.	7,33	10,44	DA



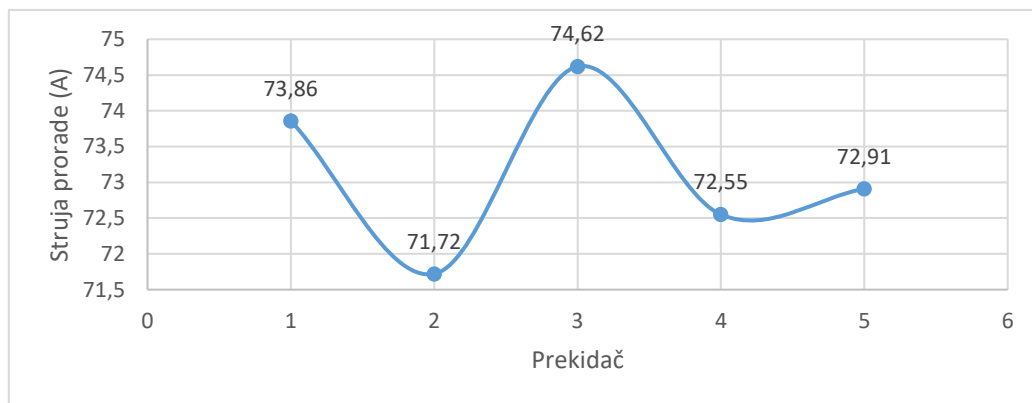
Grafikon 4.3. Struja prorade za niz od 5 prekidača B6 sa podešenom regulacijom izvora na 10 podjeljak skale izvora.



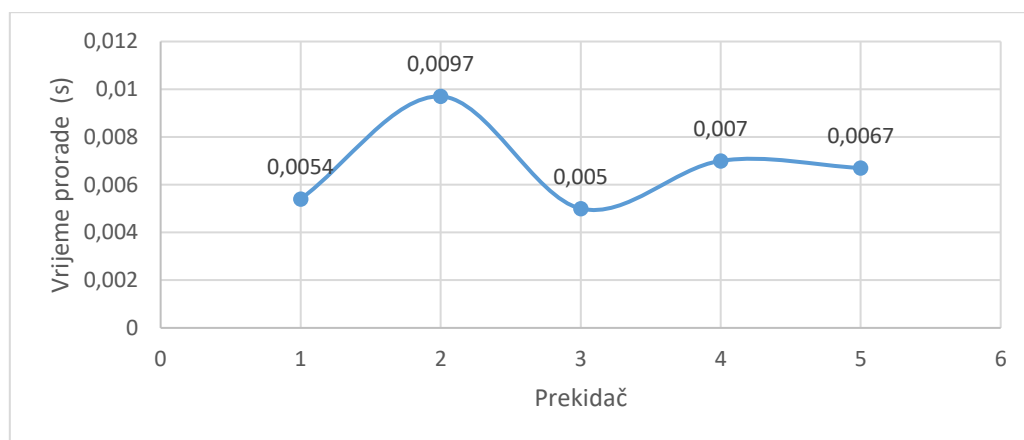
Grafikon 4.4. Vrijeme prorade za niz od 5 prekidača B6 sa podešenom regulacijom izvora na 10 podjeljak skale izvora.

Tablica 4.3. mjerenih rezultata za prekidač B6 sa podešenom regulacijom izvora na 30 podjeljak skale izvora.

Red.br.	Struja u trenutku prorade (A)	Vrijeme prorade (s)	Ispravnost rada
1.	73,86	0,0054	DA
2.	71,72	0,0097	DA
3.	74,62	0,0050	DA
4.	72,55	0,0070	DA
5.	72,91	0,0067	DA



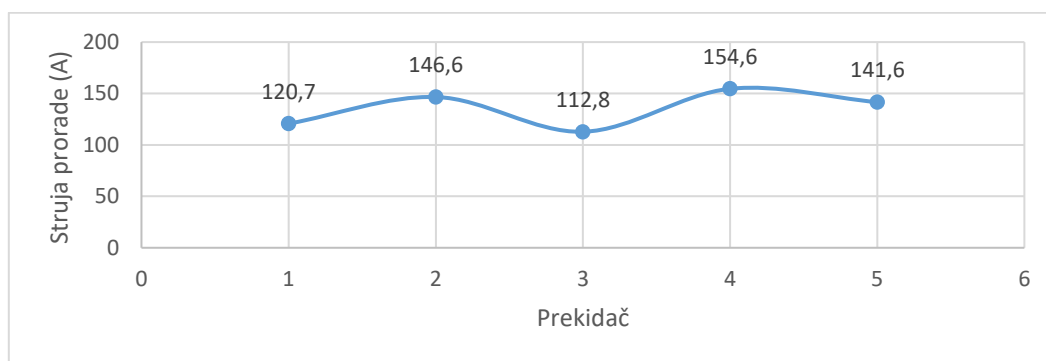
Grafikon 4.5. Struja prorade za niz od 5 prekidača B6 sa podešenom regulacijom izvora na 30 podjeljak skale izvora.



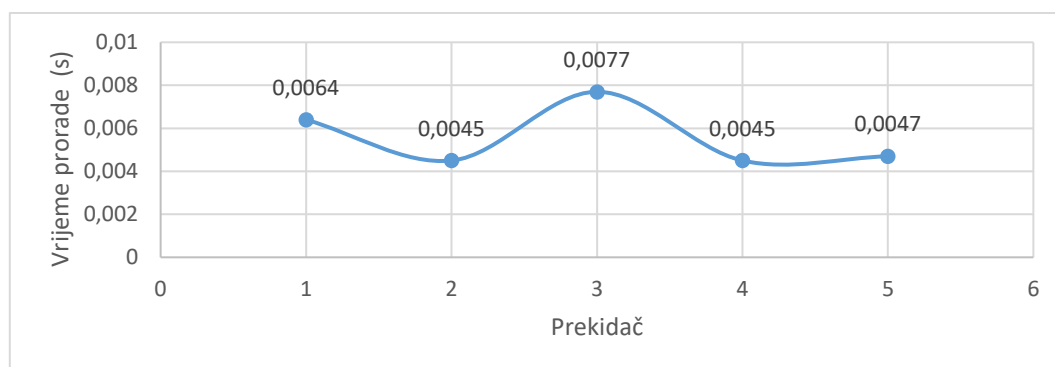
Grafikon 4.6. Vrijeme prorade za niz od 5 prekidača B6 sa podešenom regulacijom izvora na 30 podjeljak skale izvora.

Tablica 4.4. mjerenih rezultata za prekidač B6 sa podešenom regulacijom izvora na 60 podjeljak skale izvora.

Red.br.	Struja u trenutku prorade (A)	Vrijeme prorade (s)	Ispravnost rada
1.	120,70	0,0064	DA
2.	146,60	0,0045	DA
3.	112,80	0,0077	DA
4.	154,60	0,0045	DA
5.	141,60	0,0047	DA



Grafikon 4.7. Struja prorade za niz od 5 prekidača B6 sa podešenom regulacijom izvora na 60 podjeljak skale izvora.

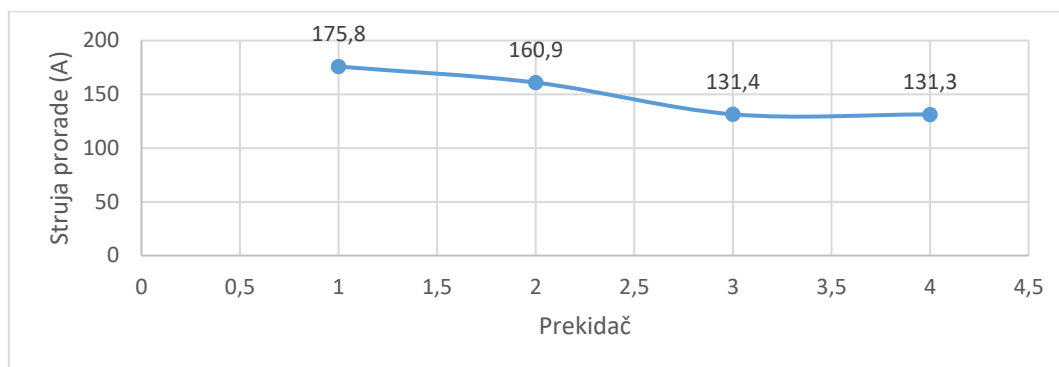


Grafikon 4.8. Vrijeme prorade za niz od 5 prekidača B6 sa podešenom regulacijom izvora na 60 podjeljak skale izvora.

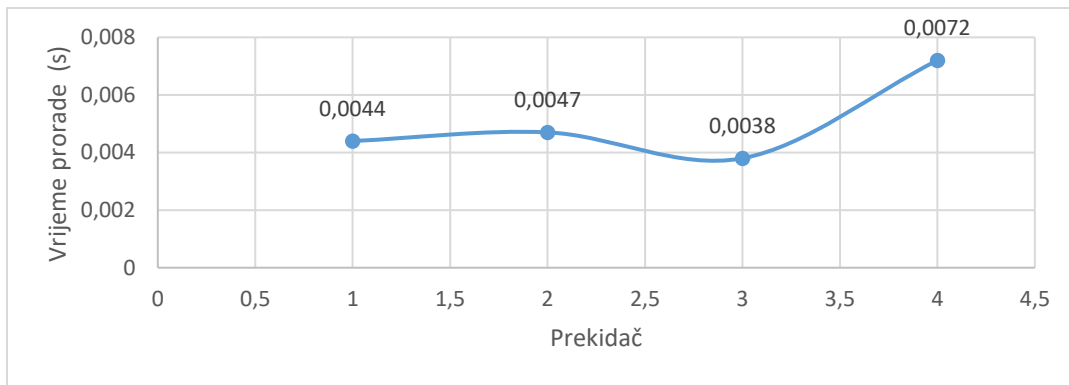
Tijekom postupka mjerenja došlo je do pogreške u prikupljanju podataka pri čemu je automatski prekidač br. 1. koji je uredno izvršio svoju funkciju ostao bez pridruženih mjernih podataka. Navedeni događaj je posljedica programske prirode koja se događa kada se mjerenja započnu u trenutku negativne poluperiode. Pojava je dosta česta pa se u tim situacijama ponavlja mjerenje. Uslijed velike količine ispitivanja bilo je neminovno da se predvidi barem jedan ovakav slučaj. Od iznimne je važnosti da svaki postupak ispitivanja od početka pa do kraja bude uz konstantan nadzor kako bi se pogreške pravovaljano uočile i ispravile nastale nepravilnosti. Takav slučaj možemo vidjeti niže u tablici 4.5.

Tablica 4.5. mjerenih rezultata za prekidač B6 sa podešenom regulacijom izvora na 70 podjeljak skale izvora.

Red.br.	Struja u trenutku prorade (A)	Vrijeme prorade (s)	Ispravnost rada
1.	-	-	-
2.	175,80	0,0044	DA
3.	160,90	0,0047	DA
4.	131,40	0,0038	DA
5.	131,30	0,0072	DA



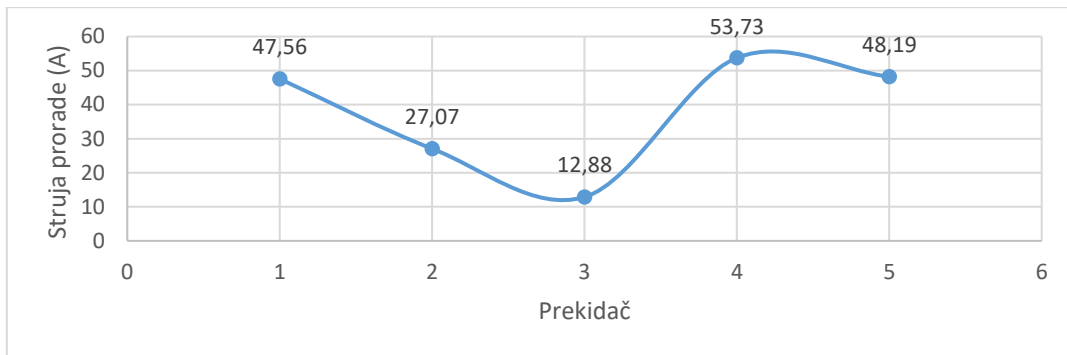
Grafikon 4.9. Struja prorade za niz od 5 prekidača B6 sa podešenom regulacijom izvora na 70 podjeljak skale izvora.



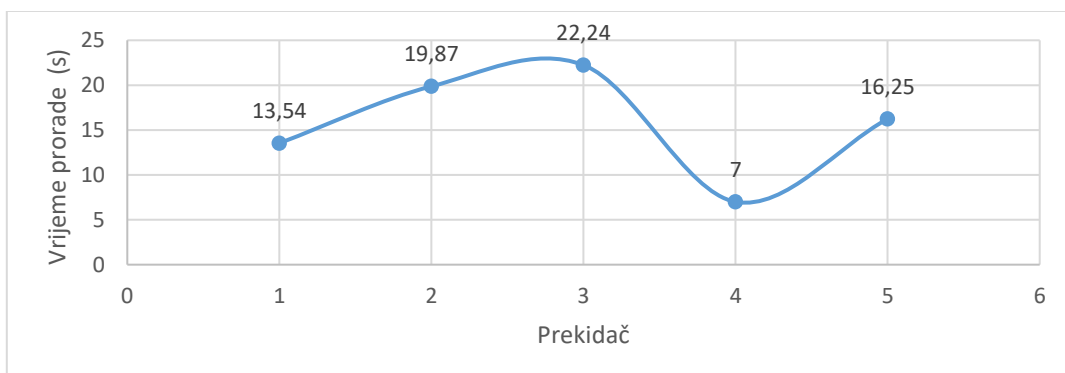
Grafikon 4.10. Vrijeme prorade za niz od 5 prekidača B6 sa podešenom regulacijom izvora na 70 podjeljak skale izvora.

Tablica 4.6. mjerenih rezultata za prekidač B16 sa podešenom regulacijom izvora na 7 podjeljak skale izvora.

Red.br.	Struja u trenutku prorade (A)	Vrijeme prorade (s)	Ispravnost rada
1.	47,56	13,54	DA
2.	27,07	19,87	DA
3.	12,88	22,24	DA
4.	53,73	7,00	DA
5.	48,19	16,25	DA



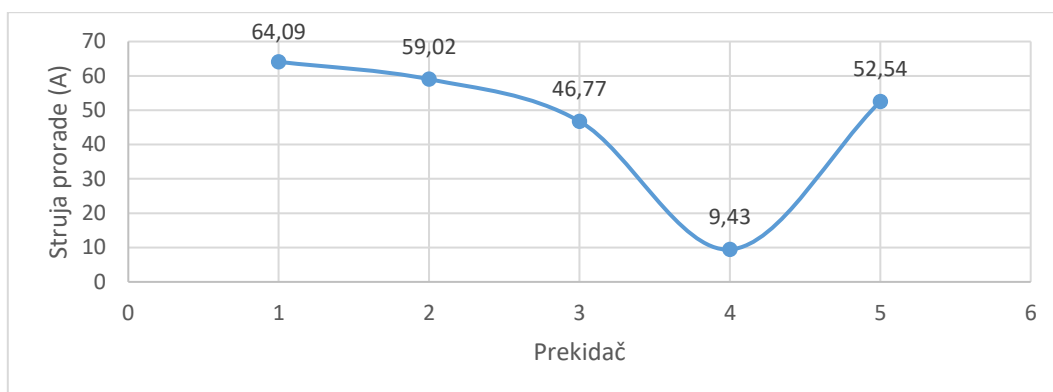
Grafikon 4.11. Struja prorade za niz od 5 prekidača B16 sa podešenom regulacijom izvora na 7 podjeljak skale izvora.



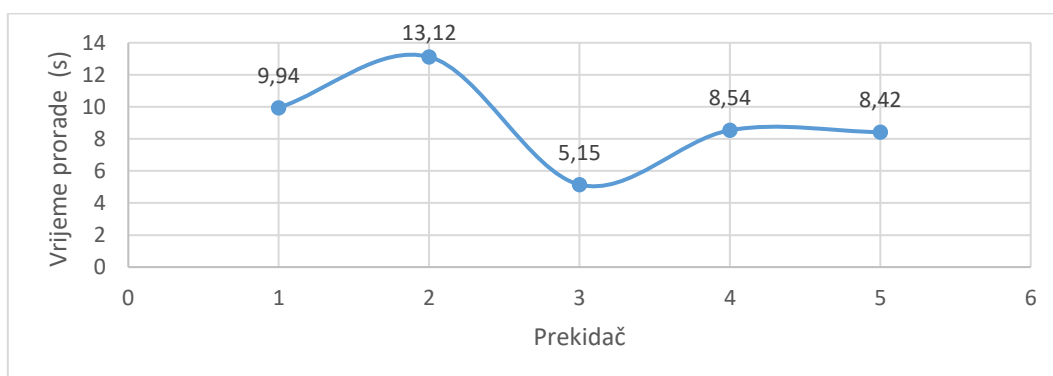
Grafikon 4.12. Vrijeme prorade za niz od 5 prekidača B16 sa podešenom regulacijom izvora na 7 podjeljak skale izvora.

Tablica 4.7. mjerenih rezultata za prekidač B16 sa podešenom regulacijom izvora na 10 podjeljak skale izvora.

Red.br.	Struja u trenutku prorade (A)	Vrijeme prorade (s)	Ispravnost rada
1.	64,09	9,94	DA
2.	59,02	13,12	DA
3.	46,77	5,15	DA
4.	9,43	8,54	DA
5.	52,54	8,42	DA



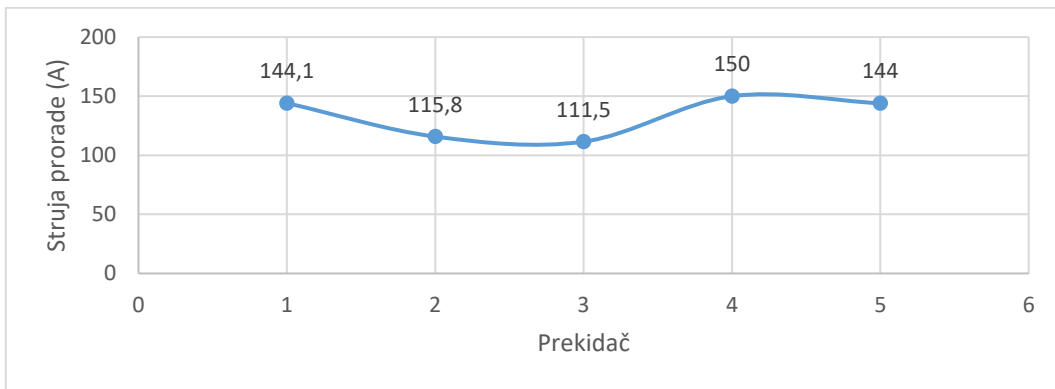
Grafikon 4.13. Struja prorade za niz od 5 prekidača B16 sa podešenom regulacijom izvora na 10 podjeljak skale izvora.



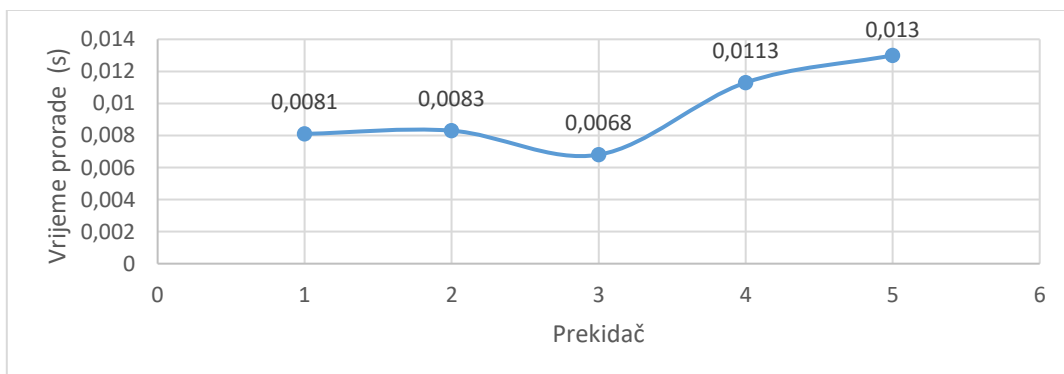
Grafikon 4.14. Vrijeme prorade za niz od 5 prekidača B16 sa podešenom regulacijom izvora na 10 podjeljak skale izvora.

Tablica 4.8. mjerenih rezultata za prekidač B16 sa podešenom regulacijom izvora na 20 podjeljak skale izvora.

Red.br.	Struja u trenutku prorade (A)	Vrijeme prorade (s)	Ispravnost rada
1.	144,10	0,0081	DA
2.	115,80	0,0083	DA
3.	111,50	0,0068	DA
4.	150,00	0,0113	DA
5.	144,00	0,0130	DA



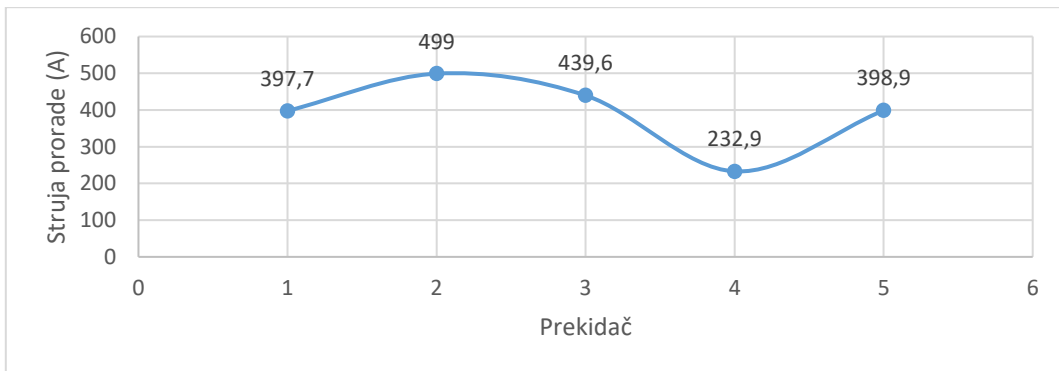
Grafikon 4.15. Struja prorade za niz od 5 prekidača B6 sa podešenom regulacijom izvora na 20 podjeljak skale izvora.



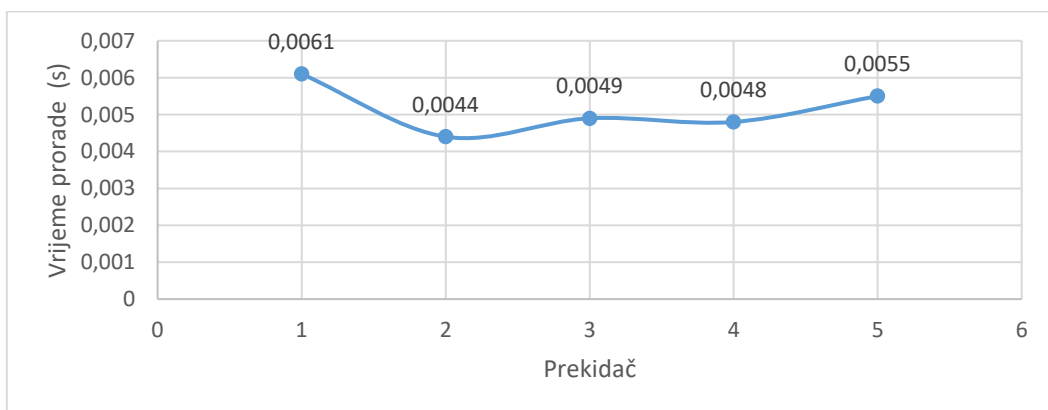
Grafikon 4.16. Vrijeme prorade za niz od 5 prekidača B16 sa podešenom regulacijom izvora na 20 podjeljak skale izvora.

Tablica 4.9. mjerenih rezultata za prekidač B16 sa podešenom regulacijom izvora na 80 podjeljak skale izvora.

Red.br.	Struja u trenutku prorade (A)	Vrijeme prorade (s)	Ispravnost rada
1.	397,70	0,0061	DA
2.	499,00	0,0044	DA
3.	439,60	0,0049	DA
4.	232,90	0,0048	DA
5.	398,90	0,0055	DA



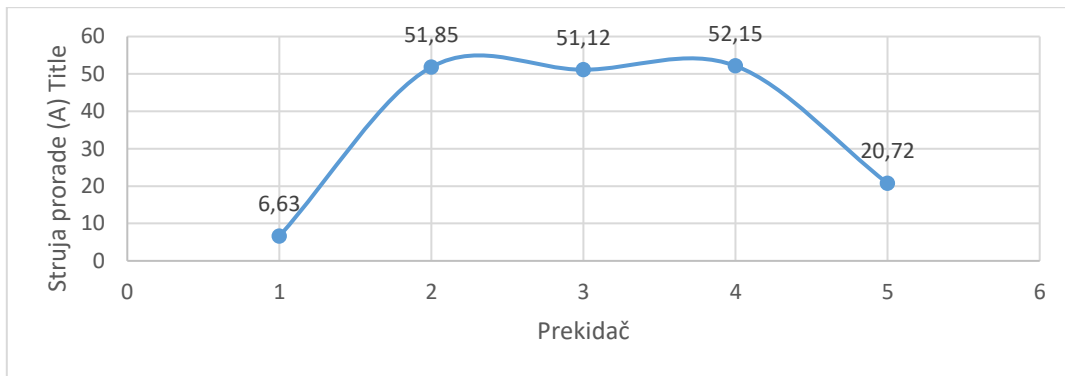
Grafikon 4.17. Struja prorade za niz od 5 prekidača B16 sa podešenom regulacijom izvora na 80 podjeljak skale izvora.



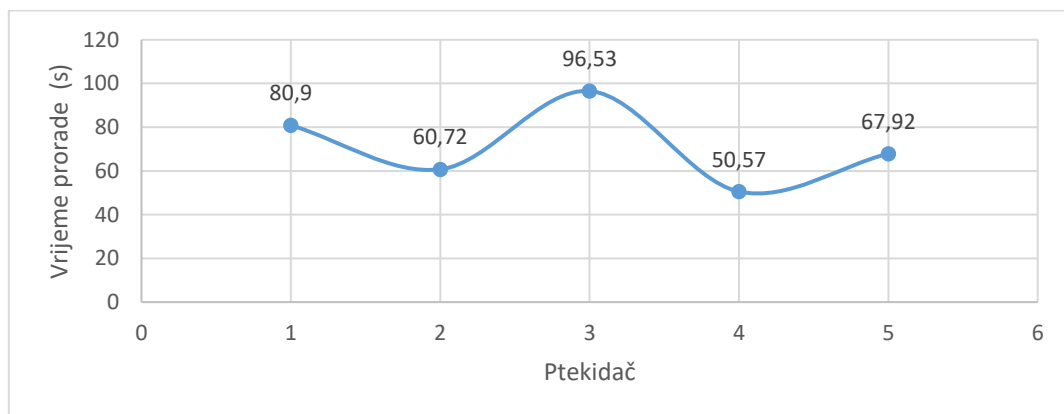
Grafikon 4.18. Vrijeme prorade za niz od 5 prekidača B16 sa podešenom regulacijom izvora na 80 podjeljak skale izvora.

Tablica 4.10. mjenjenih rezultata za prekidač B20 sa podešenom regulacijom izvora na 7 podjeljak skale izvora.

Red.br.	Struja u trenutku prorade (A)	Vrijeme prorade (s)	Ispravnost rada
1.	6,63	80,90	DA
2.	51,85	60,72	DA
3.	51,12	96,53	DA
4.	52,15	50,57	DA
5.	20,72	67,92	DA



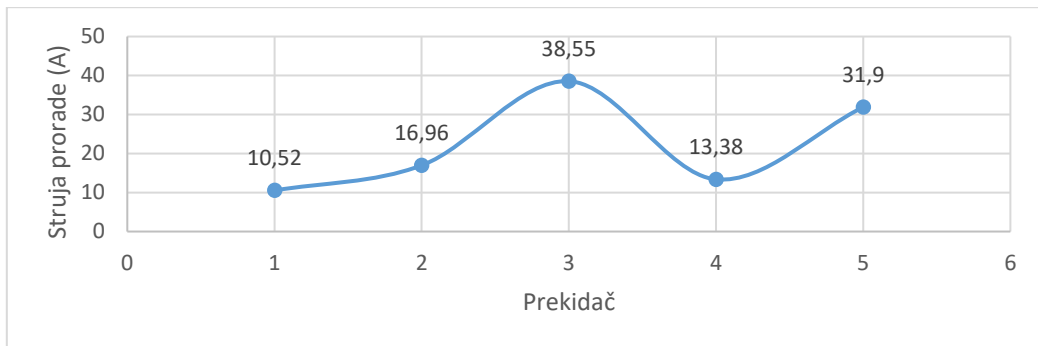
Grafikon 4.19. Struja prorade za niz od 5 prekidača B20 sa podešenom regulacijom izvora na 7 podjeljak skale izvora.



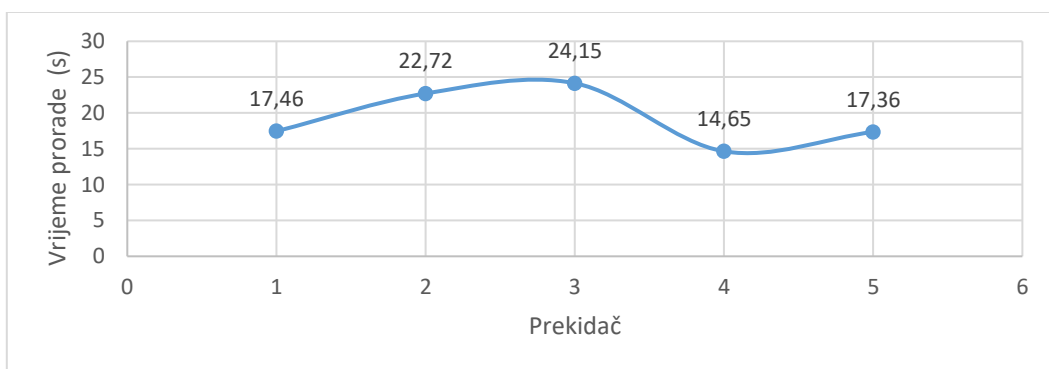
Grafikon 4.20. Struja prorade za niz od 5 prekidača B20 sa podešenom regulacijom izvora na 7 podjeljak skale izvora.

Tablica 4.11. mjerenih rezultata za prekidač B20 sa podešenom regulacijom izvora na 10 podjeljak skale izvora.

Red.br.	Struja u trenutku prorade (A)	Vrijeme prorade (s)	Ispravnost rada
1.	10,52	17,46	DA
2.	16,96	22,72	DA
3.	38,55	24,15	DA
4.	13,38	14,65	DA
5.	31,90	17,36	DA



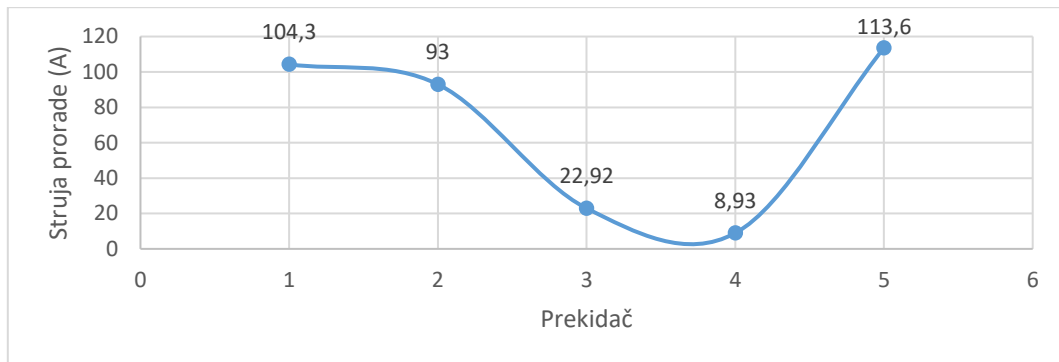
Grafikon 4.21. Struja prorade za niz od 5 prekidača B20 sa podešenom regulacijom izvora na 10 podjeljak skale izvora.



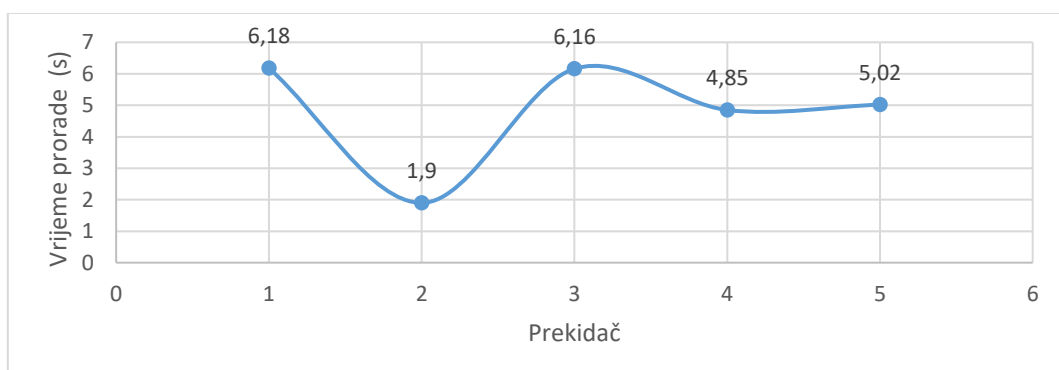
Grafikon 4.22. Vrijeme prorade za niz od 5 prekidača B20 sa podešenom regulacijom izvora na 10 podjeljak skale izvora.

Tablica 4.12. mjerenih rezultata za prekidač B20 sa podešenom regulacijom izvora na 15 podjeljak skale izvora.

Red.br.	Struja u trenutku prorade (A)	Vrijeme prorade (s)	Ispravnost rada
1.	104,3	6,18	DA
2.	93,00	1,90	DA
3.	22,92	6,16	DA
4.	8,93	4,85	DA
5.	113,6	5,02	DA



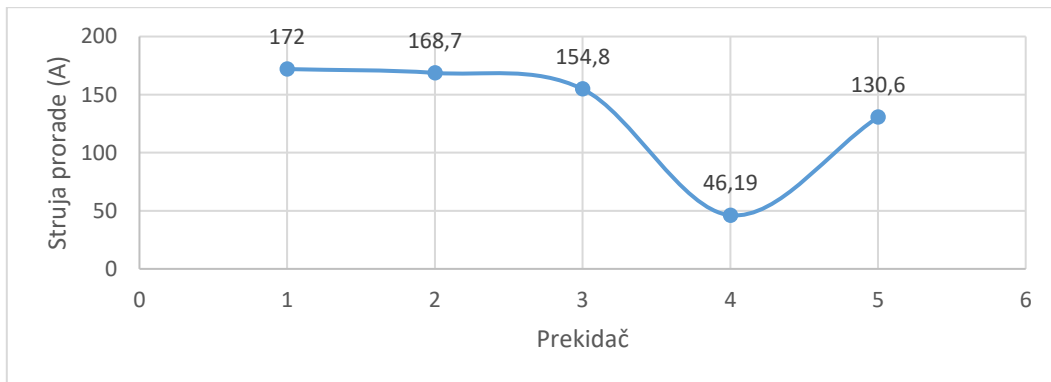
Grafikon 4.23. Struja prorade za niz od 5 prekidača B20 sa podešenom regulacijom izvora na 15 podjeljak skale izvora.



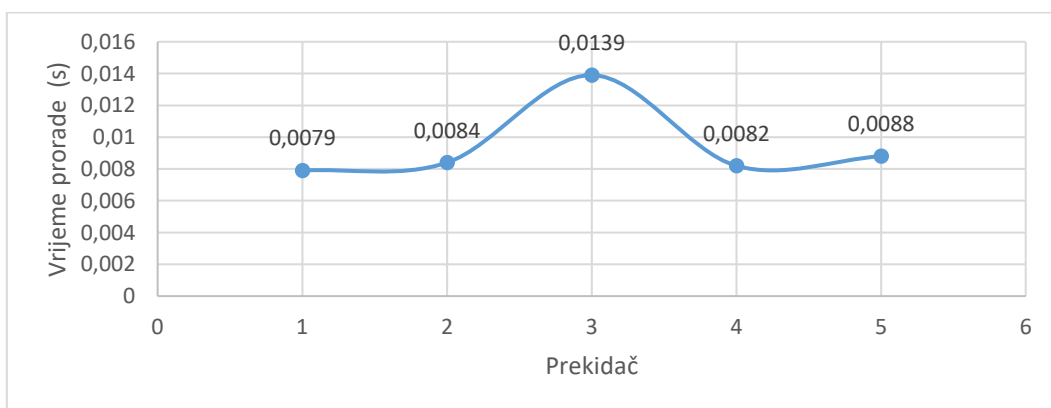
Grafikon 4.24. Vrijeme prorade za niz od 5 prekidača B20 sa podešenom regulacijom izvora na 15 podjeljak skale izvora.

Tablica 4.13. mjerenih rezultata za prekidač B20 sa podešenom regulacijom izvora na 20 podjeljak skale izvora.

Red.br.	Struja u trenutku prorade (A)	Vrijeme prorade (s)	Ispravnost rada
1.	172,00	0,0079	DA
2.	168,70	0,0084	DA
3.	154,80	0,0139	DA
4.	46,19	0,0082	DA
5.	130,60	0,0088	DA



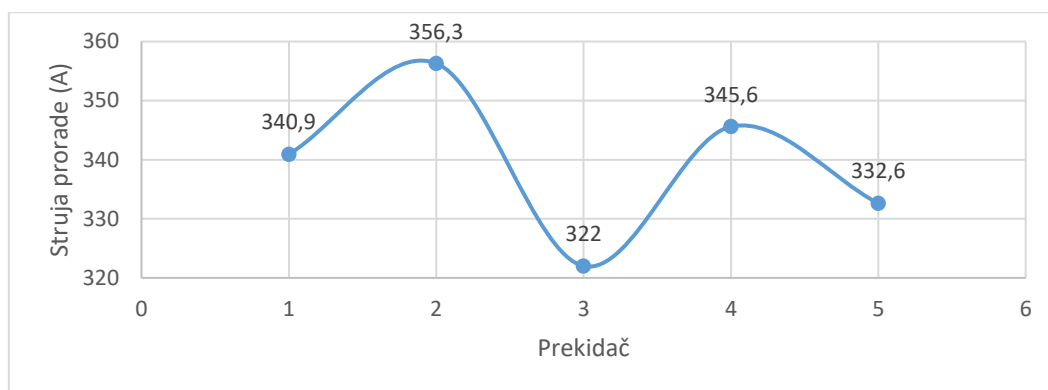
Grafikon 4.25. Struja prorade za niz od 5 prekidača B20 sa podešenom regulacijom izvora na 20 podjeljak skale izvora.



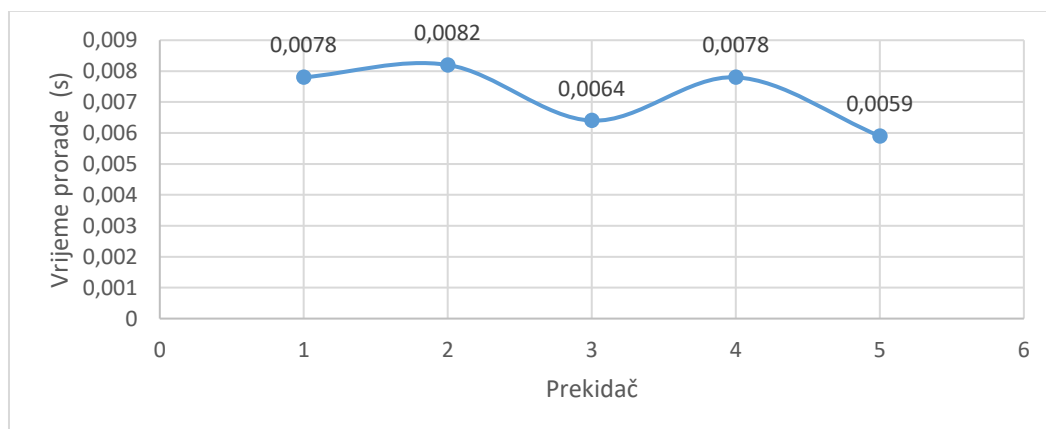
Grafikon 4.26. Vrijeme prorade za niz od 5 prekidača B20 sa podešenom regulacijom izvora na 20 podjeljak skale izvora.

Tablica 4.14. mjenjenih rezultata za prekidač B20 sa podešenom regulacijom izvora na 50 podjeljak skale izvora.

Red.br.	Struja u trenutku prorade (A)	Vrijeme prorade (s)	Ispravnost rada
1.	340,90	0,0078	DA
2.	356,30	0,0082	DA
3.	322,00	0,0064	DA
4.	345,60	0,0078	DA
5.	332,60	0,0059	DA



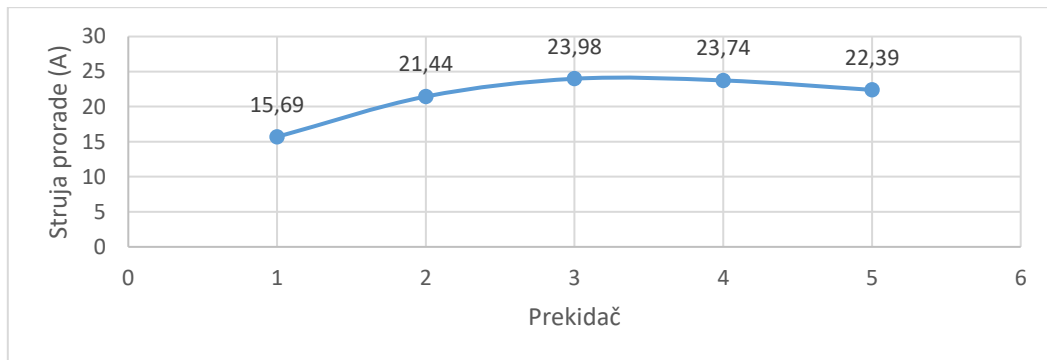
Grafikon 4.27. Struja prorade za niz od 5 prekidača B20 sa podešenom regulacijom izvora na 50 podjeljak skale izvora.



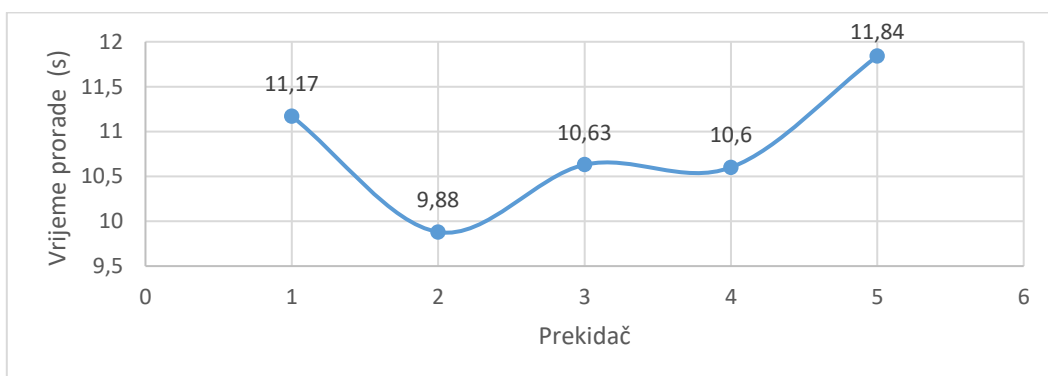
Grafikon 4.28. Vrijeme prorade za niz od 5 prekidača B20 sa podešenom regulacijom izvora na 50 podjeljak skale izvora.

Tablica 4.15. mjerenih rezultata za prekidač C6 sa podešenom regulacijom izvora u položaj na 7 podjeljak skale izvora.

Red.br.	Struja u trenutku prorade (A)	Vrijeme prorade (s)	Ispravnost rada
1.	15,69	11,17	DA
2.	21,44	9,88	DA
3.	23,98	10,63	DA
4.	23,74	10,60	DA
5.	22,39	11,84	DA



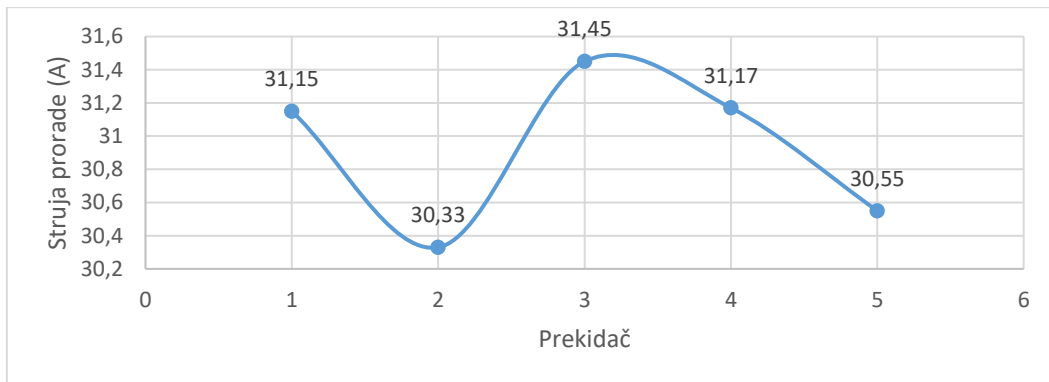
Grafikon 4.29. Struja prorade za niz od 5 prekidača C6 sa podešenom regulacijom izvora na 7 podjeljak skale izvora.



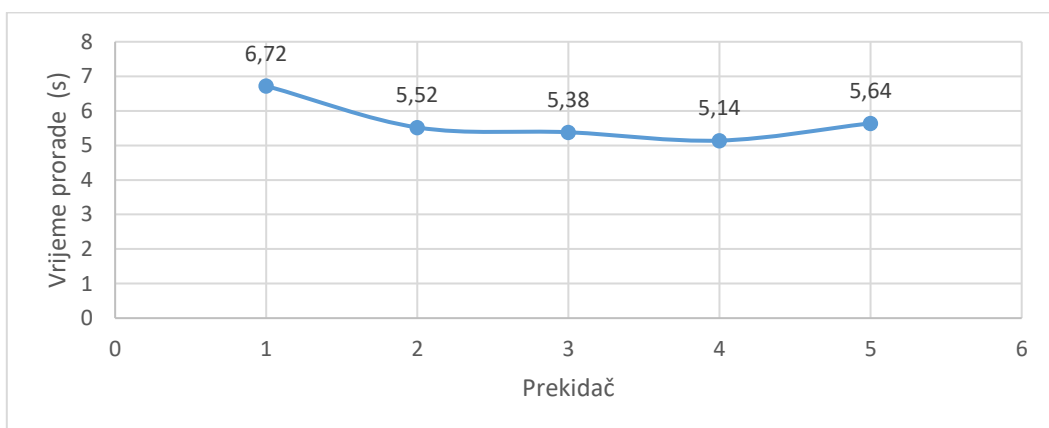
Grafikon 4.30. Vrijeme prorade za niz od 5 prekidača C6 sa podešenom regulacijom izvora na 7 podjeljak skale izvora.

Tablica 4.16. mjerenih rezultata za prekidač C6 sa podešenom regulacijom izvora na 10 podjeljak skale izvora.

Red.br.	Struja u trenutku prorade (A)	Vrijeme prorade (s)	Ispravnost rada
1.	31,15	6,72	DA
2.	30,33	5,52	DA
3.	31,45	5,38	DA
4.	31,17	5,14	DA
5.	30,55	5,64	DA



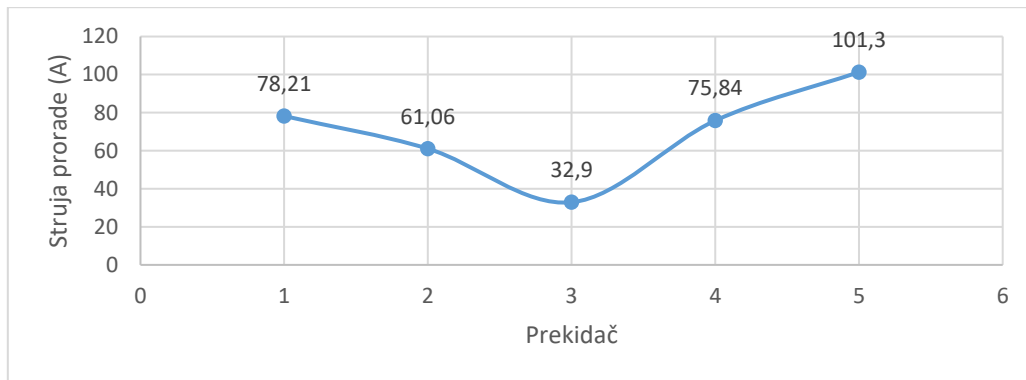
Grafikon 4.31. Struja prorade za niz od 5 prekidača C6 sa podešenom regulacijom izvora na 10 podjeljak skale izvora.



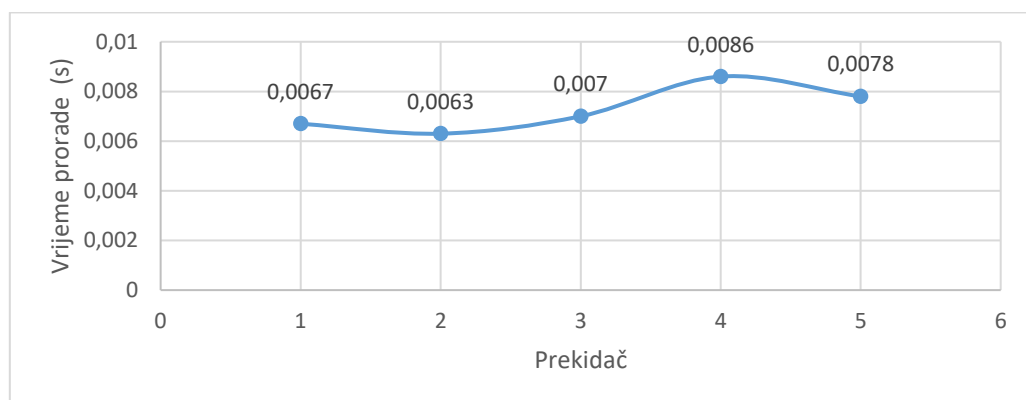
Grafikon 4.32. Vrijeme prorade za niz od 5 prekidača C6 sa podešenom regulacijom izvora na 10 podjeljak skale izvora.

Tablica 4.17. mjerenih rezultata za prekidač C6 sa podešenom regulacijom izvora na 30 podjeljak skale izvora.

Red.br.	Struja u trenutku prorade (A)	Vrijeme prorade (s)	Ispravnost rada
1.	78,21	0,0067	DA
2.	61,06	0,0063	DA
3.	32,90	0,0070	DA
4.	75,84	0,0086	DA
5.	101,30	0,0078	DA



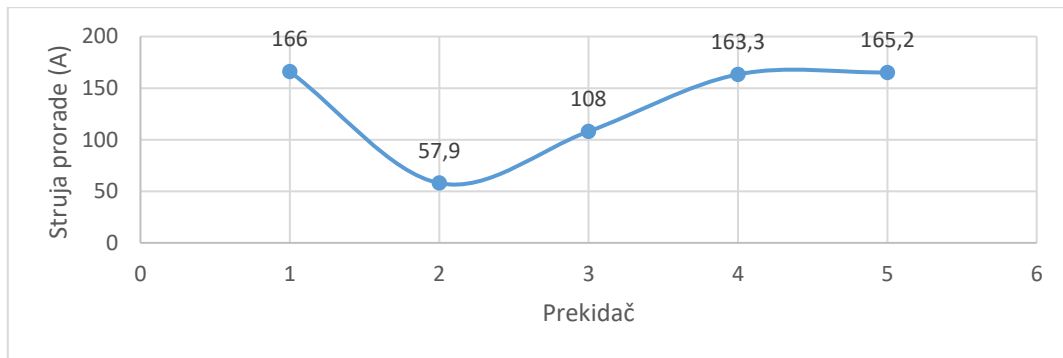
Grafikon 4.33. Struja prorade za niz od 5 prekidača C6 sa podešenom regulacijom izvora na 30 podjeljak skale izvora.



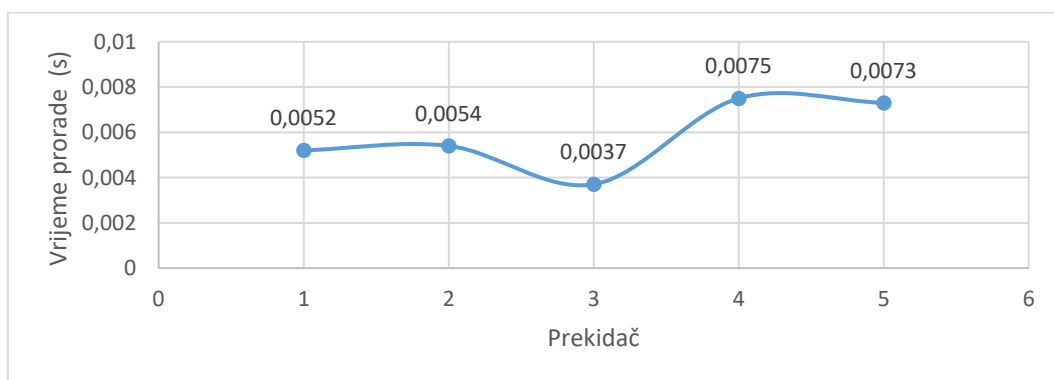
Grafikon 4.34. Vrijeme prorade za niz od 5 prekidača C6 sa podešenom regulacijom izvora na 30 podjeljak skale izvora.

Tablica 4.18. mjerenih rezultata za prekidač C6 sa podešenom regulacijom izvora na 60 podjeljak skale izvora.

Red.br.	Struja u trenutku prorade (A)	Vrijeme prorade (s)	Ispravnost rada
1.	166,00	0,0052	DA
2.	57,90	0,0054	DA
3.	108,00	0,0037	DA
4.	163,30	0,0075	DA
5.	165,20	0,0073	DA



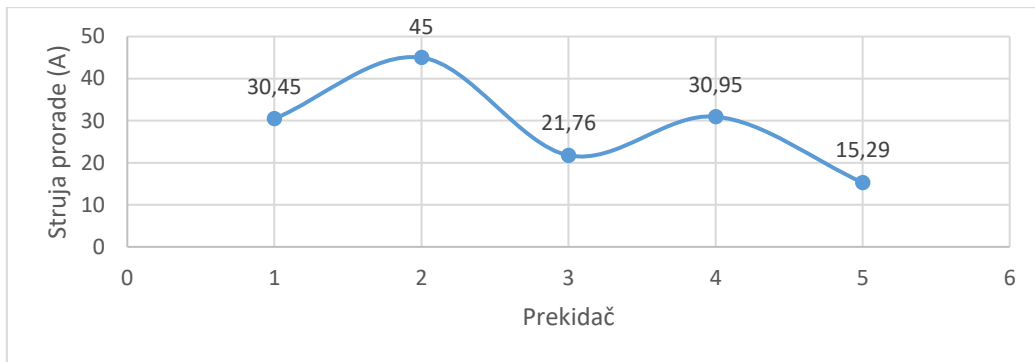
Grafikon 4.35. Struja prorade za niz od 5 prekidača C6 sa podešenom regulacijom izvora na 60 podjeljak skale izvora.



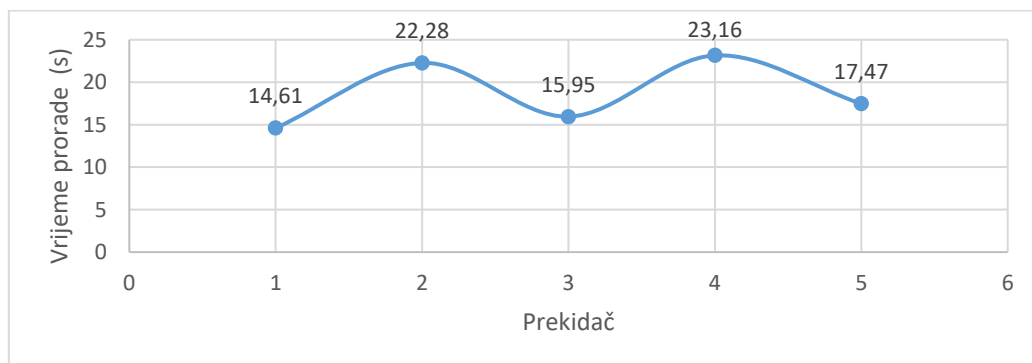
Grafikon 4.36. Vrijeme prorade za niz od 5 prekidača C6 sa podešenom regulacijom izvora na 60 podjeljak skale izvora.

Tablica 4.19. mjerenih rezultata za prekidač C16 sa podešenom regulacijom izvora na 7 podjeljak skale izvora.

Red.br.	Struja u trenutku prorade (A)	Vrijeme prorade (s)	Ispravnost rada
1.	30,45	14,61	DA
2.	45,00	22,28	DA
3.	21,76	15,95	DA
4.	30,95	23,16	DA
5.	15,29	17,47	DA



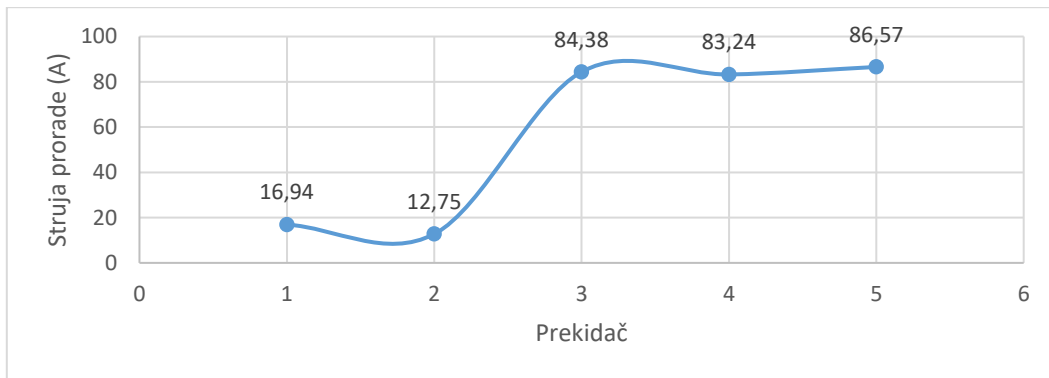
Grafikon 4.37. Struja prorade za niz od 5 prekidača C16 sa podešenom regulacijom izvora na 7 podjeljak skale izvora.



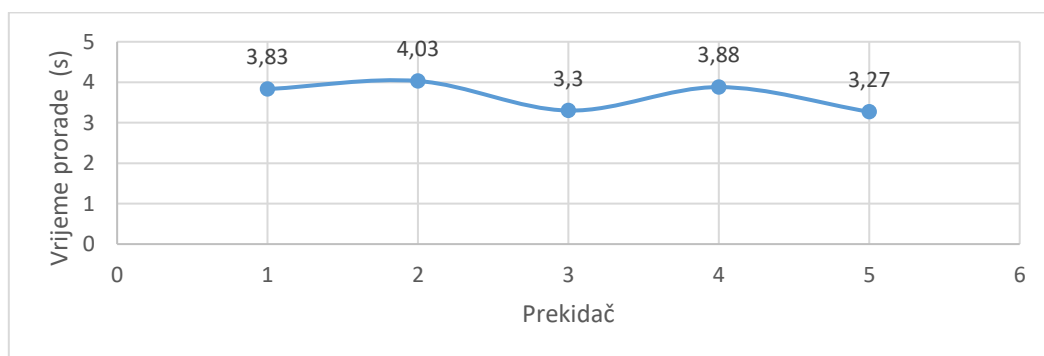
Grafikon 4.38. Vrijeme prorade za niz od 5 prekidača C16 sa podešenom regulacijom izvora na 7 podjeljak skale izvora.

Tablica 4.20. mjenjenih rezultata za prekidač C16 sa podešenom regulacijom izvora na 12 podjeljak skale izvora.

Red.br.	Struja u trenutku prorade (A)	Vrijeme prorade (s)	Ispravnost rada
1.	16,94	3,83	DA
2.	12,75	4,03	DA
3.	84,38	3,30	DA
4.	83,24	3,88	DA
5.	86,57	3,27	DA



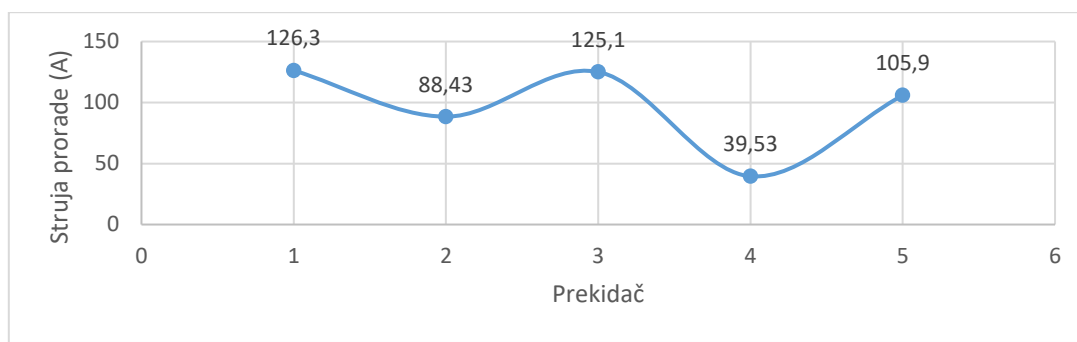
Grafikon 4.39. Struja prorade za niz od 5 prekidača C16 sa podešenom regulacijom izvora na 12 podjeljak skale izvora.



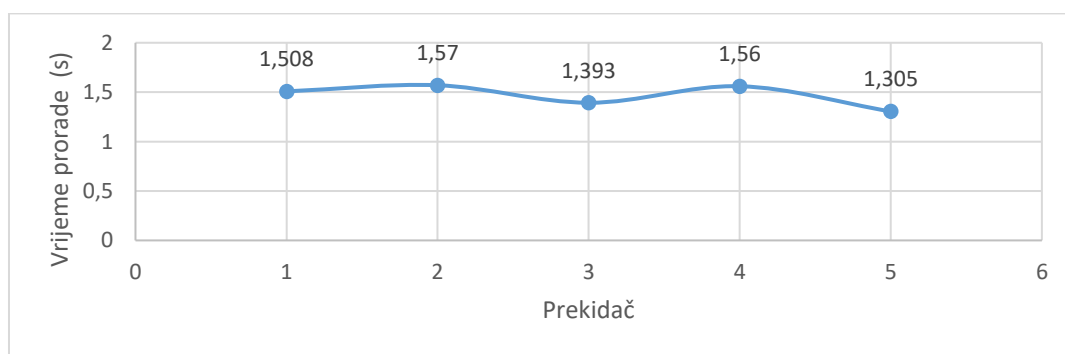
Grafikon 4.40. Vrijeme prorade za niz od 5 prekidača C16 sa podešenom regulacijom izvora na 12 podjeljak skale izvora.

Tablica 4.21. mjerenih rezultata za prekidač C16 sa podešenom regulacijom izvora na 17 podjeljak skale izvora.

Red.br.	Struja u trenutku prorade (A)	Vrijeme prorade (s)	Ispravnost rada
1.	126,30	1,51	DA
2.	88,43	1,57	DA
3.	125,10	1,39	DA
4.	39,53	1,56	DA
5.	105,90	1,31	DA



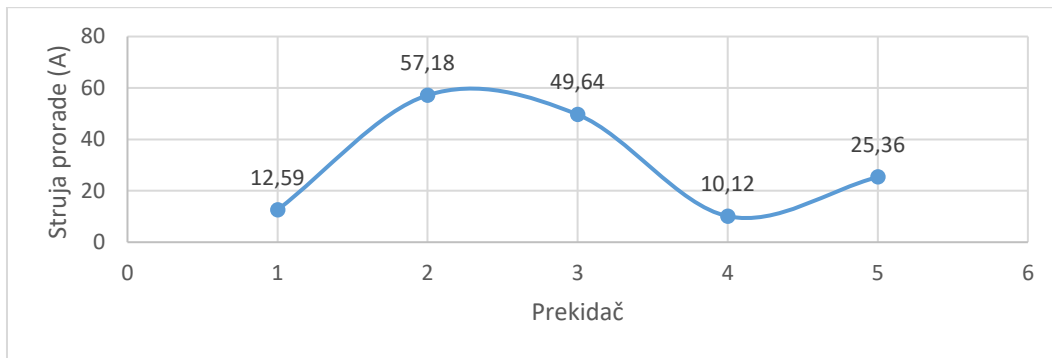
Grafikon 4.41. Struja prorade za niz od 5 prekidača C16 sa podešenom regulacijom izvora na 17 podjeljak skale izvora.



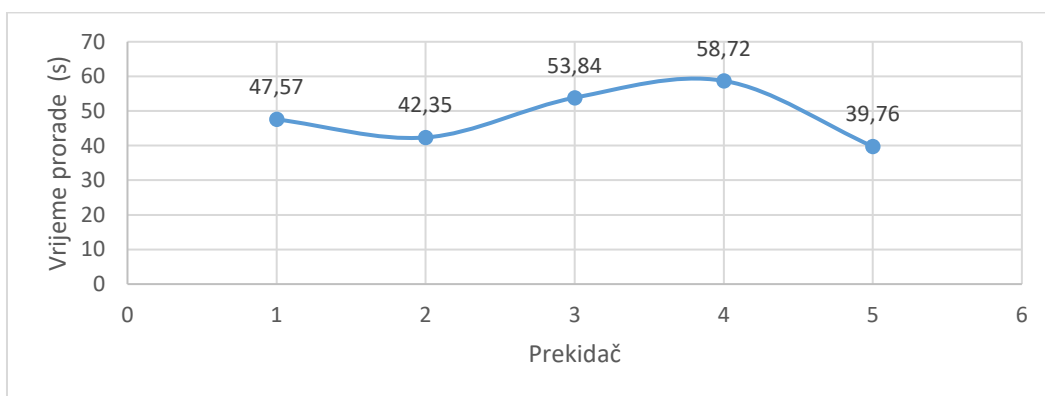
Grafikon 4.42. Vrijeme prorade za niz od 5 prekidača C16 sa podešenom regulacijom izvora na 17 podjeljak skale izvora.

Tablica 4.22. mjenjenih rezultata za prekidač C20 sa podešenom regulacijom izvora na 7 podjeljak skale izvora.

Red.br.	Struja u trenutku prorade (A)	Vrijeme prorade (s)	Ispravnost rada
1.	12,59	47,57	DA
2.	57,18	42,35	DA
3.	49,64	53,84	DA
4.	10,12	58,72	DA
5.	25,36	39,76	DA



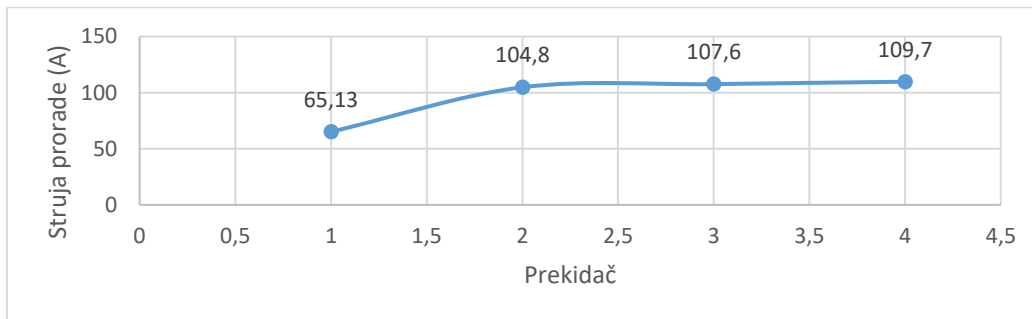
Grafikon 4.43. Struja prorade za niz od 5 prekidača C20 sa podešenom regulacijom izvora na 7 podjeljak skale izvora.



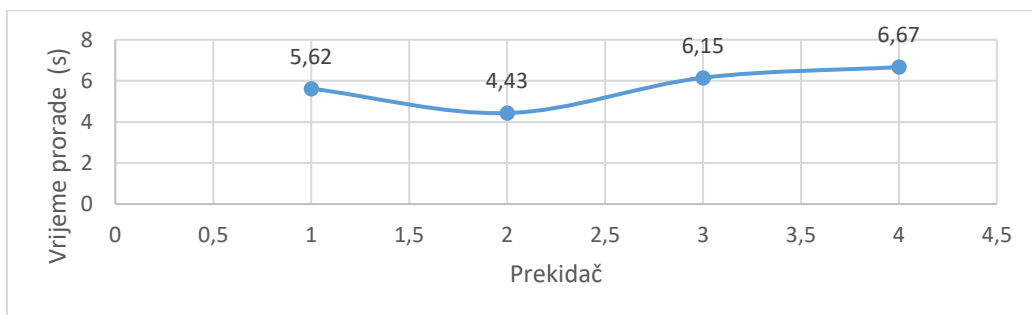
Grafikon 4.44. Vrijeme prorade za niz od 5 prekidača C20 sa podešenom regulacijom izvora na 7 podjeljak skale izvora.

Tablica 4.23. mjerenih rezultata za prekidač C20 sa podešenom regulacijom izvora na 15 podjeljak skale izvora.

Red.br.	Struja u trenutku prorade (A)	Vrijeme prorade (s)	Ispravnost rada
1.	65,13	5,62	DA
2.	104,80	4,43	DA
3.	107,60	6,15	DA
4.	109,70	6,67	DA
5.	-	-	-



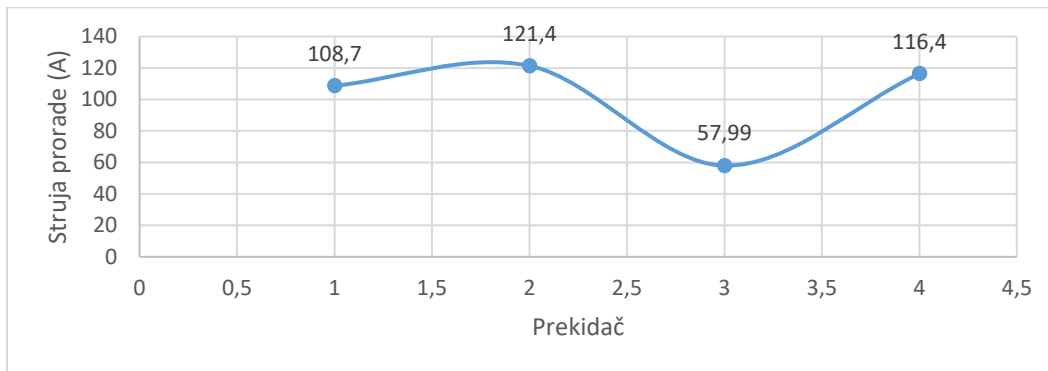
Grafikon 4.45. Struja prorade za niz od 5 prekidača C20 sa podešenom regulacijom izvora na 15 podjeljak skale izvora.



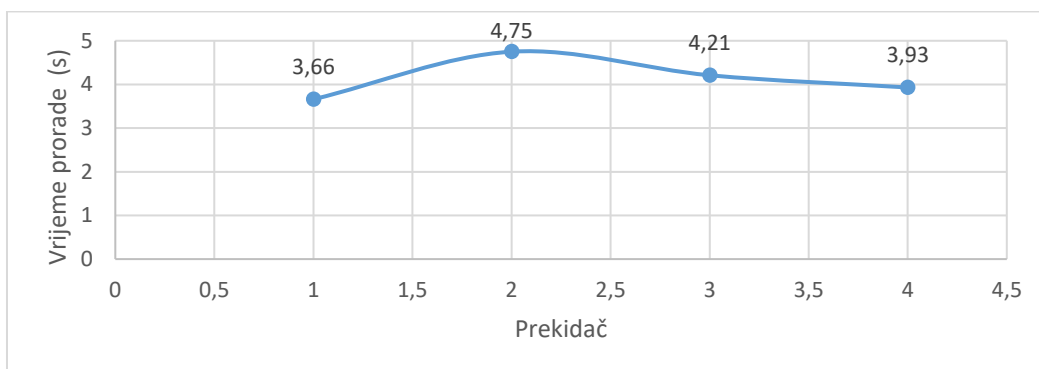
Grafikon 4.46. Vrijeme prorade za niz od 5 prekidača C20 sa podešenom regulacijom izvora na 15 podjeljak skale izvora.

Tablica 4.24. mjenjenih rezultata za prekidač C20 sa podešenom regulacijom izvora na 17 podjeljak skale izvora.

Red.br.	Struja u trenutku prorade (A)	Vrijeme prorade (s)	Ispravnost rada
1.	108,70	3,66	DA
2.	121,40	4,75	DA
3.	57,99	4,21	DA
4.	116,40	3,93	DA
5.	-	-	-



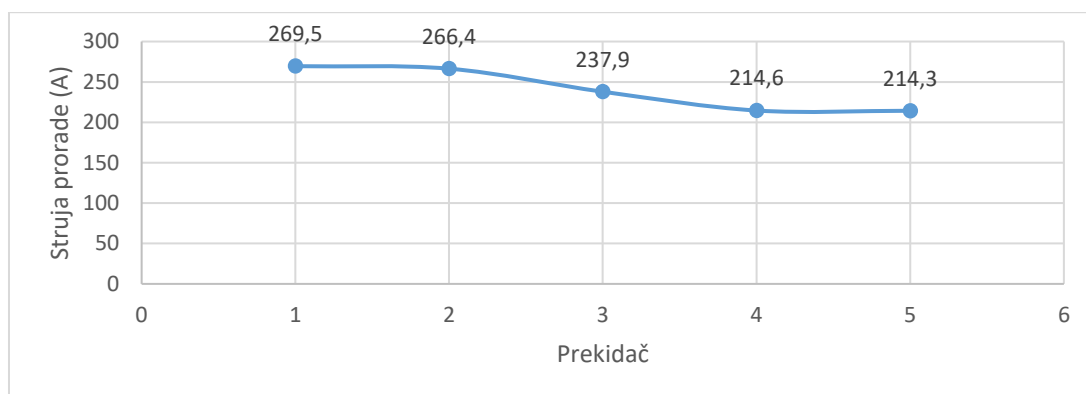
Grafikon 4.47. Struja prorade za niz od 5 prekidača C20 sa podešenom regulacijom izvora na 17 podjeljak skale izvora.



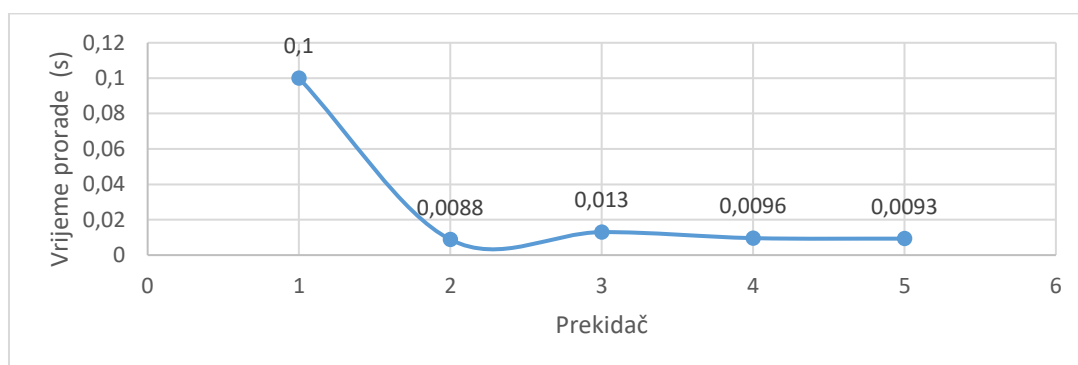
Grafikon 4.48. Vrijeme prorade za niz od 5 prekidača C20 sa podešenom regulacijom izvora na 17 podjeljak skale izvora.

Tablica 4.25. mjerenih rezultata za prekidač C20 sa podešenom regulacijom izvora na 30 podjeljak skale izvora.

Red.br.	Struja u trenutku prorade (A)	Vrijeme prorade (s)	Ispravnost rada
1.	269,50	0,1000	DA
2.	266,40	0,0088	DA
3.	237,90	0,0130	DA
4.	214,60	0,0096	DA
5.	214,30	0,0093	DA



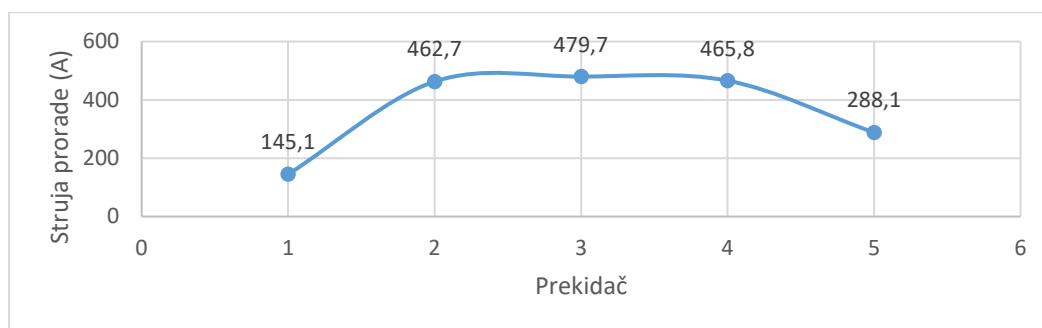
Grafikon 4.49. Struja prorade za niz od 5 prekidača C20 sa podešenom regulacijom izvora na 30 podjeljak skale izvora.



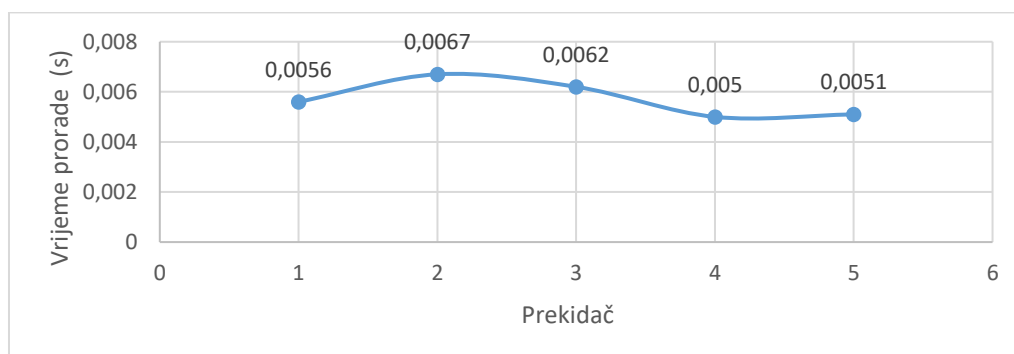
Grafikon 4.50. Vrijeme prorade za niz od 5 prekidača C20 sa podešenom regulacijom izvora na 30 podjeljak skale izvora.

Tablica 4.26. Mjereni rezultata za prekidač C20 sa podešenom regulacijom izvora na 70 podjeljak skale izvora.

Red.br.	Struja u trenutku prorade (A)	Vrijeme prorade (s)	Ispravnost rada
1.	145,10	0,0056	DA
2.	462,70	0,0067	DA
3.	479,70	0,0062	DA
4.	465,80	0,0050	DA
5.	288,10	0,0051	DA



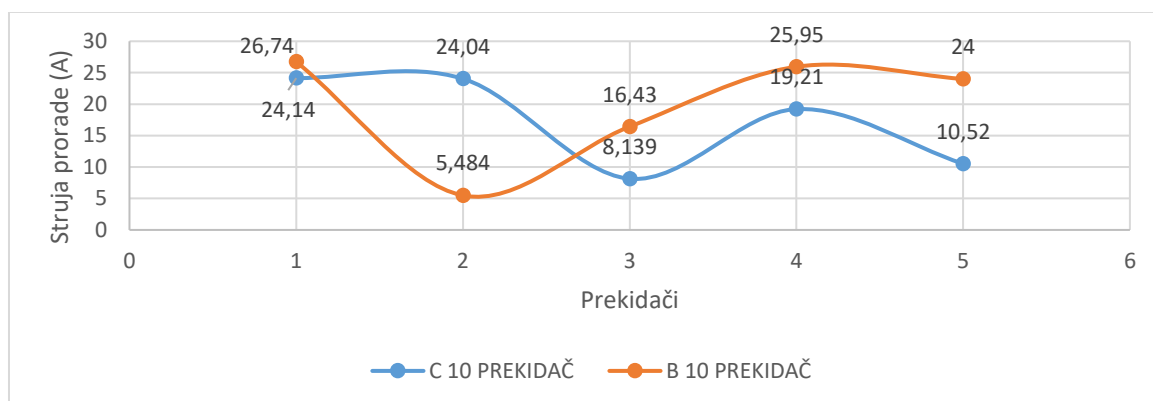
Grafikon 4.51. Struja prorade za niz od 5 prekidača C20 sa podešenom regulacijom izvora na 70 podjeljak skale izvora.



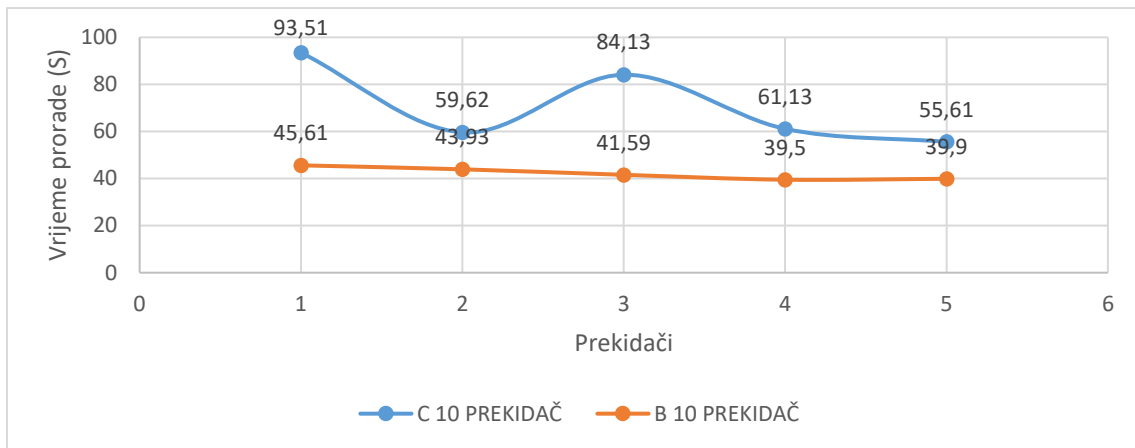
Grafikon 4.52. Struja prorade za niz od 5 prekidača C20 sa podešenom regulacijom izvora na 70 podjeljak skale izvora.

Tablica 4.27. Mjereni rezultati za prekidače B10 i C10 sa podešenom regulacijom izvora na 5 podjeljak skale izvora.

Automatski prekidač B 10				Automatski prekidač C 10			
Red.br.	Struja prorade (A)	Vrijeme prorade (s)	Ispravnost rada	Red.br.	Struja prorade (A)	Vrijeme prorade (s)	Ispravnost rada
1.	24,14	93,51	DA	1.	26,74	45,61	DA
2.	24,04	59,62	DA	2.	5,484	43,93	DA
3.	8,14	84,13	DA	3.	16,43	41,59	DA
4.	19,21	61,13	DA	4.	25,95	39,50	DA
5.	10,52	55,61	DA	5.	24,00	39,90	DA



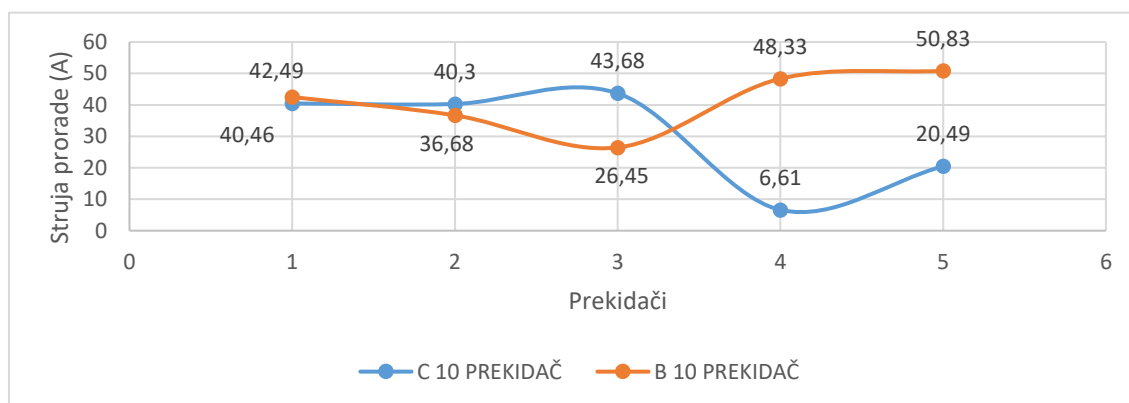
Grafikon 4.53. Usporedba struje prorade za niz od 5 prekidača B10 i C10 sa podešenom regulacijom izvora na 5 podjeljak skale izvora.



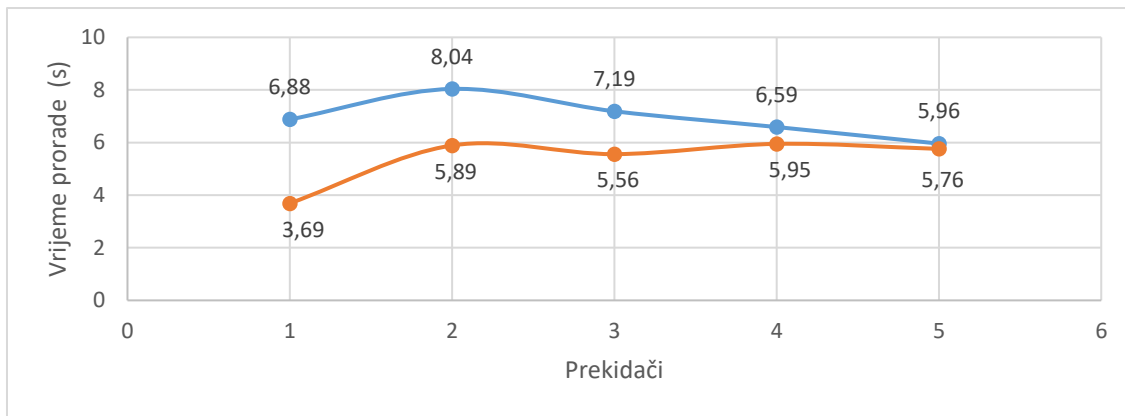
Grafikon 4.54. Usporedba vremena prorade za niz od 5 prekidača B10 i C10 sa podešenom regulacijom izvora na 5 podjeljak skale izvora.

Tablica 4.28. Mjereni rezultati za prekidače B10 i C10 sa podešenom regulacijom izvora na 10 podjeljak skale izvora.

Automatski prekidač B 10				Automatski prekidač C 10			
Red.br.	Struja prorade (A)	Vrijeme prorade (s)	Ispravnost rada	Red.br.	Struja prorade (A)	Vrijeme prorade (s)	Ispravnost rada
1.	40,46	6,88	DA	1.	42,49	3,69	DA
2.	40,30	8,04	DA	2.	36,68	5,89	DA
3.	43,68	7,19	DA	3.	26,45	5,56	DA
4.	6,61	6,59	DA	4.	48,33	5,95	DA
5.	20,49	5,96	DA	5.	50,83	5,76	DA



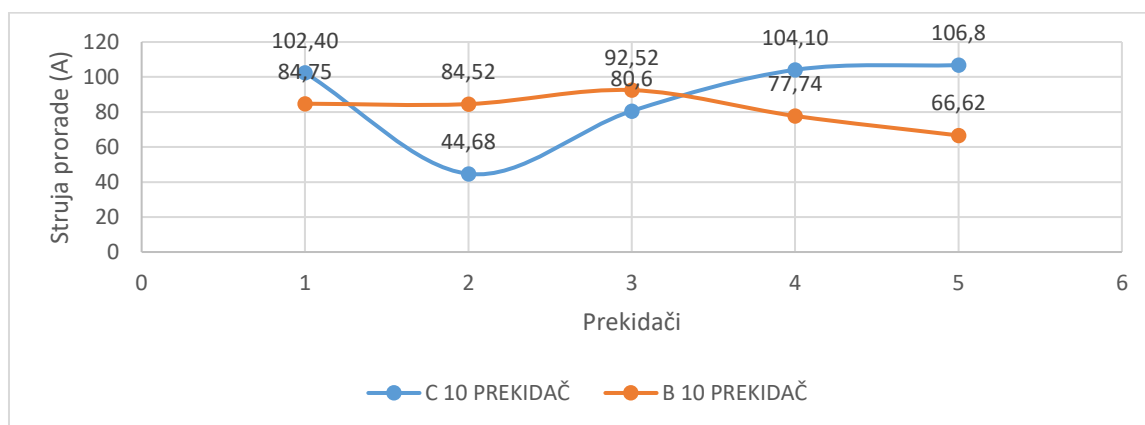
Grafikon 4.55. Usporedba struje prorade za niz od 5 prekidača B10 i C10 sa podešenom regulacijom izvora na 10 podjeljak skale izvora.



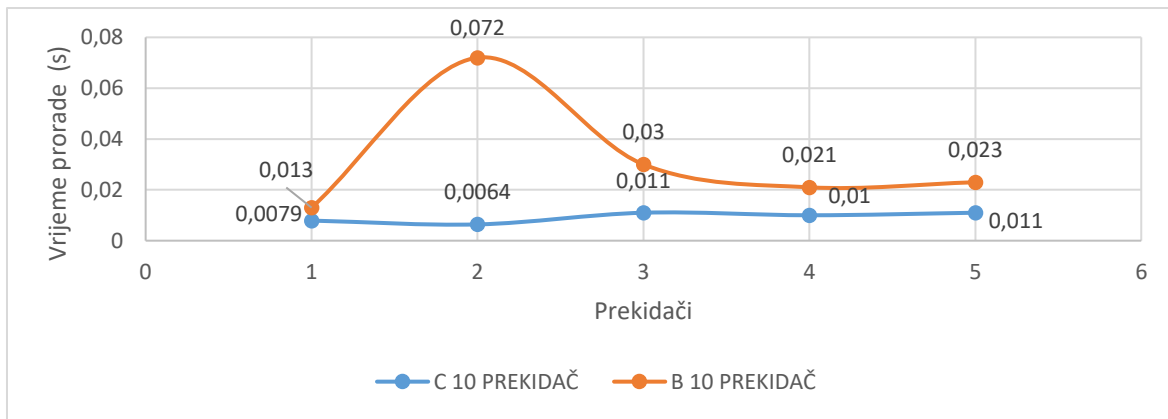
Grafikon 4.56. Usporedba vremena prorade za niz od 5 prekidača B10 i C10 sa podešenom regulacijom izvora na 10 podjeljak skale izvora.

Tablica 4.29. Mjereni rezultati za prekidače B10 i C10 sa podešenim izvorom na 20 podjeljak skale izvora.

Automatski prekidač B 10				Automatski prekidač C 10			
Red.br.	Struja prorade (A)	Vrijeme prorade (s)	Ispravnost rada	Red.br.	Struja prorade (A)	Vrijeme prorade (s)	Ispravnost rada
1.	102,40	0,01	DA	1.	84,75	0,013	DA
2.	44,68	0,01	DA	2.	84,52	0,072	DA
3.	80,60	0,01	DA	3.	92,52	0,03	DA
4.	104,10	0,01	DA	4.	77,74	0,021	DA
5.	106,80	0,01	DA	5.	66,62	0,023	DA



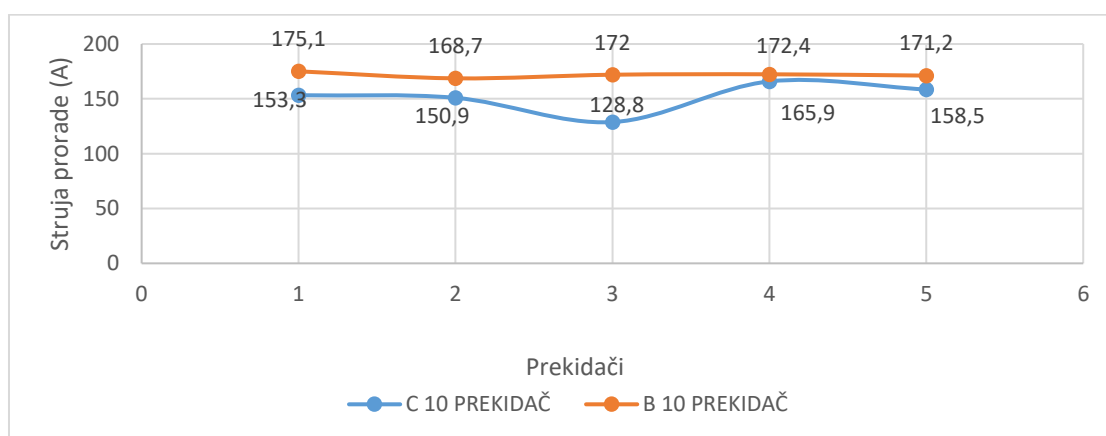
Grafikon 4.57. Usporedba struje prorade za niz od 5 prekidača B10 i C10 sa podešenom regulacijom izvora na 20 podjeljak skale izvora.



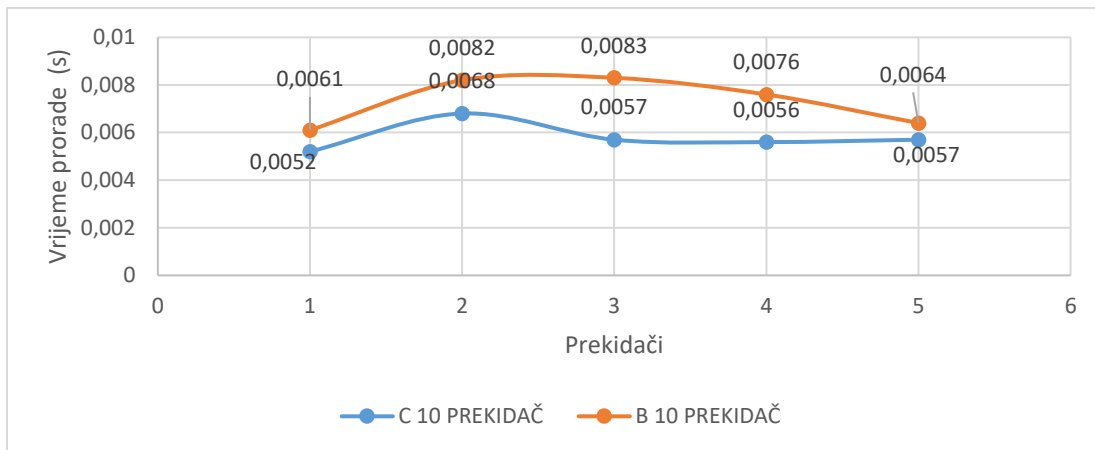
Grafikon 4.58. Usporedba vremena prorade za niz od 5 prekidača B10 i C10 sa podešenom regulacijom izvora na 20 podjeljak skale izvora.

Tablica 4.30. Mjereni rezultati za prekidače B10 i C10 sa podešenim izvorom na 30 podjeljak skale izvora.

Automatski prekidač B 10				Automatski prekidač C 10			
Red.br.	Struja prorade (A)	Vrijeme prorade (s)	Ispravnost rada	Red.br.	Struja prorade (A)	Vrijeme prorade (s)	Ispravnost rada
1.	153,30	0,0052	DA	1.	175,10	0,0061	DA
2.	150,90	0,0068	DA	2.	168,70	0,0082	DA
3.	128,80	0,0057	DA	3.	172,00	0,0083	DA
4.	165,90	0,0056	DA	4.	172,40	0,0076	DA
5.	158,50	0,0057	DA	5.	171,20	0,0064	DA



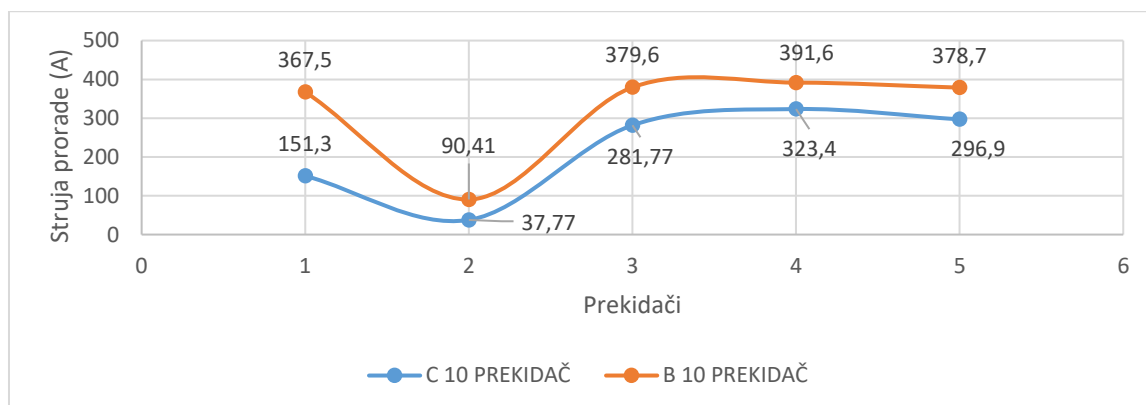
Grafikon 4.59. Usporedba struje prorade za niz od 5 prekidača B10 i C10 sa podešenom regulacijom izvora na 30 podjeljak skale izvora.



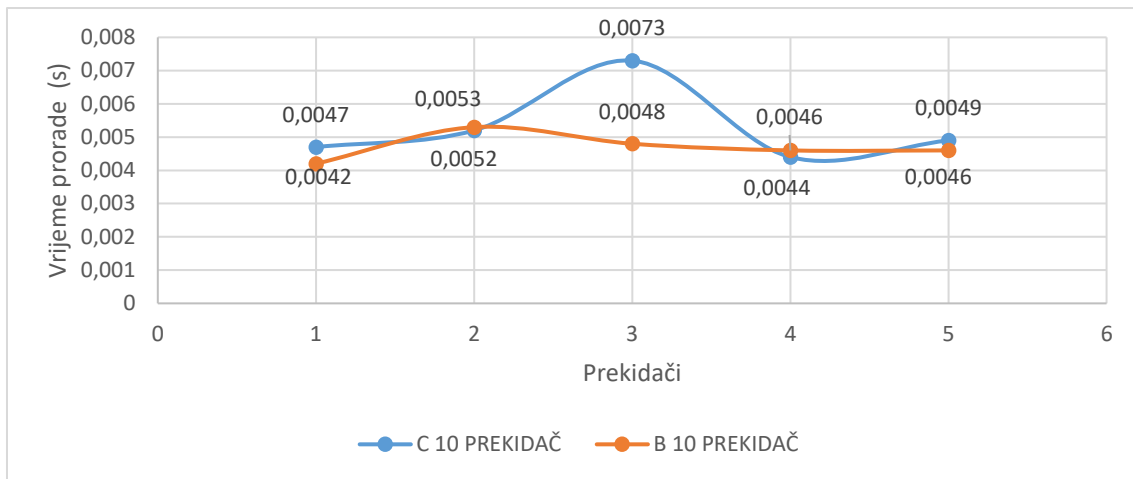
Grafikon 4.60. Usporedba struje prorade za niz od 5 prekidača B10 i C10 sa podešenom regulacijom izvora na 30 podjeljak skale izvora.

Tablica 4.31. mjereni rezultati za prekidače B10 i C10 sa podešenim izvorom na 70 podjeljak skale izvora.

Automatski prekidač B 10				Automatski prekidač C 10			
Red.br.	Struja prorade (A)	Vrijeme prorade (s)	Ispravnost rada	Red.br.	Struja prorade (A)	Vrijeme prorade (s)	Ispravnost rada
1.	151,30	0,0047	DA	1.	367,50	0,0042	DA
2.	37,77	0,0052	DA	2.	90,41	0,0053	DA
3.	281,77	0,0073	DA	3.	379,60	0,0048	DA
4.	323,40	0,0044	DA	4.	391,60	0,0046	DA
5.	296,90	0,0049	DA	5.	378,70	0,0046	DA



Grafikon 4.61. Usporedba struje prorade za niz od 5 prekidača B10 i C10 sa podešenom regulacijom izvora na 70 podjeljak skale izvora.



Grafikon 4.62. Usporedba vremena prorade za niz od 5 prekidača B10 i C10 sa podešenom regulacijom izvora na 70 podjeljak skale izvora.

5. ZAKLJUČAK

Kao što je na početku rada navedeno sam rad se zasniva na mjerenju i potvrđivanju karakteristika proizvođača te ispravnosti rada. Kroz rad je napravljeno jako mnogo mjerenja dok se pronašao način da se svako mjerenje na automatskom prekidaču odradi što preciznije te da se oprema koja je koristi za mjerenje i obradu podataka iskoristi na način kako bi sva mjerenja imala iste parametre tako da se u obradi rezultata koriste isti parametri. To je zahtijevalo jako puno vremena na samim mjerenjima jer su se pojavljivali u početku razni problemi sa prikupljanjem gdje je mjerenje trebalo početi i završiti u vrlo kratkim intervalima na pojedinim automatskim prekidačima a radi se o veličinama od nekoliko milisekundi pa sve do preko stotinjak sekundi za mjerenja na preopterećenjima. Automatski prekidači su pokazali vrlo veliku pouzdanost te se mora istaknuti da zadovoljavaju proizvođačeve karakteristike kako je i navedeno.

Same krivulje djelovanja imaju široku lepezu djelovanja te se događa da se neke karakteristike preklapaju, ali na analiziranim i uspoređenim rezultatima mjerenja na B10 i C10 automatskim prekidačima, vidljivo je da postoji selektivnost na svim razinama mjerenja.

Mjerenja su rađena na sobnim temperaturama sa pauzama kako bi se prekidači vratili na početne temperature te je na taj način izbjegnuto neželjeno djelovanje od prijašnjih mjerenja.

U toku samog mjerenja uočene su zanimljivosti na pojedinim razinama opterećenja kao što je zvučno vibriranje automatskih osigurača, što u nekim budućim istraživanjima može biti posebno istraživano i obrađeno.

Tokom obrade mjerenih veličina također su uočene zanimljive pojave prilikom isklapanja prekidača na valnim oblicima struje i napona. Ne postoji neka univerzalna metoda po kojoj bi se rezultati prorade mogli automatski očitavati, a pokušano je i to izradom pomoćnog samostalnog programa, jer ne vrijede ista pravila za manje struje gdje dolazi do preopterećenja i veće struje gdje kratki spoj brže odradi otvaranje prekidača.

Iz grafičkog prikaza kroz programsku podršku grafičkom obradom mjerenih rezultata dolazi se do vrlo povoljnih vrijednosti gdje se mogu uočiti i sve ostale pojave pri radu prekidača. Ovim radom potvrđen je diplomski zadatak i dane smjernice za daljnja istraživanja.

6. LITERATURA

- [1] A.Wright i P.G.Newbery, Electric Fuses, 3rd ed.,The Institution of Engineering and Technology, London, UK, 2004.
- [2] Biegelmeier M, Schutz gegen gefahrliche Korperstrome, 1999.
- [3] J.e. Bridges, G.L. Ford, I.A.Sherman, M.Vainberg, Electrical shock safety criteria, 1985.
- [4] GWinstek Differential Probe GDP-025/050/100 series user manual
- [5] <https://electronicsforu.com/resources/learn-electronics> Godina pristupa 2019.
- [6] <https://new.abb.com/search/results#query=mcb> Godina pristupa 2019/2020
- [7] C.Mullert, Fuse Advantages, 2005.
- [8] WaveBook user's manual., Cleveland, 1999.
- [9] S. Skok, Zavod za energetiku, Električna postrojenja.
- [10]<https://megger.com/current-supply-unit-csu600a-and-csu600at> Godina pristupa 2019/2020
- [11] Zaštita na radu- propisi, cijene, obveze, ponude, Zaštita električnih instalacija niskog napona osiguračima
<https://zastitanaradu.com.hr/novosti/Zastita-elektricnih-instalacija-niskog-naponaosiguracima27?fbclid=IwAR2YgKvJEHe5gt052zOlZl2vePkuv9WnArCwv5K9F3yNqSyuhPP2koGIS6k> Godina pristupa 2019.
- [12]<https://www.schrack.hr/trgovina/oprema-za-ugradnju-u-ormare-kucista/zastitni-uredaji-i-pribor/minijaturni-zastitni-prekidaci/minijaturni-zastitni-prekidaci-serije-bms0-10ka/zastitni-prekidac-c-karakteristika-16a-1-polni-10ka-bm017116.html> Godina pristupa 2019.
- [13]<https://www.schrack.hr/trgovina/oprema-za-ugradnju-u-ormare-kucista/zastitni-uredaji-i-pribor/minijaturni-zastitni-prekidaci/minijaturni-zastitni-prekidaci-serije-bms0-10ka/zastitni-prekidac-b-karakteristika-6a-1-polni-10ka-bm018106.html> Godina pristupa 2019.

7. SAŽETAK

Diplomski rad analizira provedbu praktičnog ispitivanja automatskog prekidača nazivnih vrijednosti B6, B10, B16, B20 te C6, C10, C16 i C20 s ciljem utvrđivanja ispravnosti rada u odnosu proizvođačeve nazivne karakteristike. Mjerni podaci su prošli kroz obradu te su grafički prezentirani, a poseban osvrt dan je kroz prikaz ponašanja B10 i C10 automatskih prekidača koji su najkorišteniji u svakodnevnoj primjeni s obzirom da pojedini potrošači imaju inicijalno velike struje uklopa pa je potrebno B seriju prekidača supstituirati sa C serijom. U konačnici su dana zaključna razmatranja. Zaključak ispitivanja je ukazao da je energija akumulirana u izvršnim članovima odgovorna za proradu, a trenutna vrijednost struje pri malim iznosima značajno odstupa. Vremenske prorade odgovaraju nazivnim vrijednostima proizvođača s čime je potvrđena ispravnost ispitivanih elemenata i načelna homogenost njihovih karakteristika.

Ključne riječi: Automatski prekidači, struja, vrijeme, isklop

8. ABSTRACT

In this master's thesis a practical inspection of automatic switch with B6, B10, B16, C6, C10, C16 and C20 characteristics is analyzed and compared with manufacturer's values. Obtained data are all presented graphically, but furthermore detailed analysis was done to model the "behaviour" of B10 and C10 switches as they are considered more common in everyday usage due to the fact that powerconsumers with high initial current usually required a substitution of the B series with the C series of switches in a circuit. At the end of the thesis, conclusions are presented. In short, the energy is accumulated in segments responsible for execute , and instantenious current values vary greatly. However, time of execute corresponds to that of manufacturer, which confirms working condition of switches as operational and proper, and justifies the characteristics of switches as homogeneous in general.

Keywords: Automatic switch, current, time, switch-off

9. ŽIVOTOPIS

Nikola Veić rođen je 1979 godine u Požegi, srednjoškolsko obrazovanje završio je u Tehničkoj školi u Požegi 1997. godine. Nakon srednjoškolskog obrazovanja upisuje Elektrotehnički fakultet u Osijek gdje završava 2002. godine stručni studij elektrotehnike smjer energetika. 2005. godine zapošljava se prvo u tvrtci Končar d.d. Montažni inženjering gdje radi na mjestu komercijalnog inženjera. Iste godine prelazi na Elektrotehnički fakultet Osijek na radno mjesto višeg laboranta na zavodu za elektrostrojstvo. Stručno se usavršavao u Ljubljani na programu Erasmus 2019. godine pri zavodu za elektrostrojstvo. Pri Fakultetu elektrotehnike računarstva i informacijskih tehnologija, na radnom mjestu viši laborant sudjelovao u projektiranju i izradi više laboratorija za predmete elektrotehnika i mjerenja u elektrotehnici. Hobiji su mu planinarenje, šah, ribolov dizajn didaktičkih pomagala u nastavi, maketa za razne elektrotehničke vježbe. Poznaje rad u raznim programskim alatima kao Autocad, Fusion, LabWiev, Matlab, Adobe alatima. Trenutni interes i zanimanje na 3D print tehnologiji.