

Ispitivanje niskonaponskih rastalnih uložaka D-II

Stipanović, Dino

Master's thesis / Diplomski rad

2020

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:200:931313>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-30**

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

ISPITIVANJE NISKONAPONSKIH RASTALNIH

ULOŽAKA D-II

Diplomski rad

Dino Stipanović

Osijek, 2020.

SADRŽAJ

1. UVOD	1
1.1. Opis zadatka	2
2. POVIJESNI RAZVOJ OSIGURAČA.....	3
2.1. Osnovni zahtjevi i podjela osigurača.....	7
2.1.1. Osigurač tipa D.....	9
2.1.2. Osigurači NH.....	11
2.1.3. Instalacijski automatski prekidači	13
2.2. Povijest razvoja siemensovih osigurača	15
3. TEHNIČKE ZNAČAJKE OSIGURAČA	21
3.1. M-efekt.....	21
3.2. Nacionalni i internacionalni standard osigurača.....	26
3.3. Strujno-vremenska karakteristika osigurača.....	32
4. POSTUPAK MJERENJA I MJERNA OPREMA	34
4.1. Postupak mjerenja	34
4.2. Mjerna oprema	39
5. LABORATROIJSKO TESTIRANJE OSIGURAČA I ANALIZA REZULTATA.....	44
5.1. Laboratorijsko testiranje osigurača.....	44
5.2. Analiza rezultata.....	58
6. ZAKLJUČAK	66
7. LITERATURA	67
SAŽETAK.....	70
ABSTRACT	71
ŽIVOTOPIS	72

1. UVOD

Razvoj i proučavanje osigurača, pa i proizvodnja datira još od pojave kondenzatora i baterija, postoji ih velik broj te se primjenjuju širom svijeta. Zadaća osigurača je zaštita opreme, odnosno električne mreže, od posljedica, koje se mogu javiti nakon pojave kratkog spoja ili prekomjerne struje, takozvanih kvarova u mreži.

Osim električnih inženjera, većina populacije je svjesna važnosti postojanja i primjene osigurača. Opći dojam je taj da su to mali uređaji, jednostavne strukture, bez kojih kućanstvo ne može funkcionirati. Naravno, istina je da njihova struktura nije kompleksna, no moraju biti dizajnirani i proizvedeni s izrazito velikom brigom da osiguraju potrebne performanse, koje se očekuju od njih. Iznenadujuće, proces koji se događa kada prekidaju struju još uvijek u cijelosti nije definiran. Istraživanja na tu temu se i dalje provode, kako bi se proizveli osigurači koji mogu zadovoljiti sve većim zahtjevima performansi, koje su potrebne u današnje vrijeme. S tim u vezi je i pojava novih poluvodičkih uređaja, čija primjena ubrzano raste, a zbog njihovog ograničenog kapaciteta preopterećenja, uvode se i postrožavaju zahtjevi.

Osigurači su jedni od najpoznatijih električnih komponenti jer ih svako kućanstvo posjeduje. Utvrđeno je da njihove performanse mogu opadati s vremenom, te ih je potrebno ponekad prekontrolirati i zamijeniti nakon što dotraju. U osnovi su jednostavni i relativno jeftini uređaji, iako njihovo ponašanje ponekad može biti mnogo kompleksnije nego što se generalno shvaća.

Temeljni princip povezan s osiguračima jest da je to relativno kratki komad provodljivog materijala s područjem „poprečnoga-presjeka“ nedovoljnim da se nosi sa strujama velikih iznosa, koje se mogu propustiti u zaštićeni strujni krug te se žrtvuje, kad je to potrebno, kako bi preventivno zaštitio „zdrave“ dijelove strujnog kruga od mogućih oštećenja i ograničio štetu na pogođeni dio i sveo štetu na što manju razinu. Na primjer, osigurač kao element dužine nekoliko centimetara s područjem poprečnoga-presjeka može biti korišten za zaštitu namota koji sadrži električni stroj znatne duljine vodiča, možda kilometar, površine poprečnog-presjeka malo većeg od površine poprečnoga-presjeka osigurača. U tom slučaju, razina provodljivog materijala, koja će biti žrtvovana u slučaju događaja kvara, bit će sićušni dio koji je korišten za zaštitu te će troškovi zaštite u potpunosti biti prihvatljivi.

Osigurači sadrže jedan ili više dijelova koji mogu provoditi struju, ovisno o njihovim strujnim specifikacijama te topljenju dijelova zbog protjecanja struje, nakon čega slijedi iskrenje, što je posljedica preopterećenja, odnosno protjecanje većih struja od dozvoljenih. Oni mogu biti dizajnirani da prekinu, na siguran način, najveće struje kvara koje se mogu susresti u praksi i zbog brzog djelovanja u takvim okolnostima ograničavaju rasipanje energije tijekom perioda kvara. To omogućuje osiguračima da budu relativno malih dimenzija što dovodi do malih troškova proizvodnje i male opreme zaštite.

Zbog gore navedenih prednosti, osigurači su neophodni dio elektroenergetskog sustava, što dovodi do toga da imaju širok raspon primjene, što upućuje na to da će njihova potražnja samo rasti i da će se njihove performanse samo usavršavati.

Osigurači su se, bez dvojbi, ugrađivali u prve, najjednostavnije strujne krugova, gdje su izvor snage i vrijednost opreme bili izrazito značajni.

1.1. Opis zadatka

Zadatak diplomskog rada je analizirati povijesni razvoj osigurača kao prvog elementa elektroenergetskog sustava. Potrebno je opisati sve tehničke realizacije, a posebnu pažnju posvetiti izvedbi DII. Za nazivne vrijednosti 6 A, 10 A, 16 A i 20 A koji se najčešće pojavljuju u svakodnevnoj upotrebi treba prezentirati zahtjeve norme u pogledu zaštitnih svojstava. Za proizvoljno odabrane vrijednosti struje sukladno normi provesti praktično ispitivanje i utvrditi vrijeme prorade. Rezultate mjerenja prikazati numerički i grafički te provesti analizu postupka mjerenja i mjernih rezultata. Na osnovu analize rezultata mjerenja napisati zaključna razmatranja.

2. POVIJESNI RAZVOJ OSIGURAČA

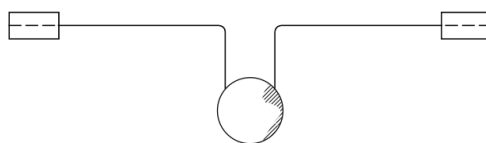
Osigurač predstavlja zaštitni element elektroenergetskog sustava koji se ugrađuje u njega kako bi prekinuo električnu struju ako ona postigne, iz bilo kojeg razloga, veće vrijednosti od dozvoljenih [1].

Najranija saznanja o osiguračima su došla pojavom svijetla, 1774. godini od Edwarda Nairne-a. To doba je znano kao doba elektrostatike i Nairne je nastojao osigurati sigurno pražnjenje Leyden boca (kondenzatora) korištenjem žica u vezi s pohranjenom energijom, koje su djelovale kao otpornici, ali kad su struje pražnjenja bile previsoke, žica bi djelovala poput osigurača i raspadala se u male kuglice, [2].

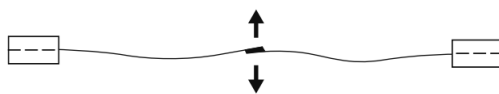
W. H. Peerce izjavio da su žice od platine korištene kao osigurači za zaštitu kablova podmornice još od 1864 [3].

Znatan broj osigurača bio je u upotrebi 1879. te jednostavna konstrukcija žice nije bila adekvatna za neke primjene. Zbog toga, te godine, profesor S.P. Thompson proizveo je ono što je definirao kao poboljšana verzija osigurača. Sastojao se od 2 metalne žice povezane zajedno s metalnom kuglicom, prikazanom na slici 2.1. Navedeno je da bi kuglica mogla biti legura olova i kositra ili nekog drugog provodnog materijala niske točke taljenja. Kada bi dovoljno visoka struja tekla kroz osigurač, u nekom dužem periodu, topila bi kuglicu, što bi dopustilo žicama da se razdvoje i prekinu krug. To je zapamćeno kao najupotrebljivija primjena u strujnim krugovima sve do 1890. Osigurač prenosi istosmjernu struju i u tim okolnostima postupak iznenadnog odvajanja, bez dvojbe, bi trebao dobiti proširenje [3].

Varijacija na dizajn profesora Thompson's-a je patentirana 1883. od strane C. V. Boys-a i H. H. Cunyngham-a. U njihovom dogovoru struja teče kroz dvije lisnate opruge koje su zalemljene zajedno na svojim unutarnjim vrhovima kao što je prikazano na slici 2.2., [4]. Na određenoj temperaturi lem bi se rastopio i dopustio da se trake savijaju u suprotnim smjerovima, te tako omogućio iznenadni prekid.



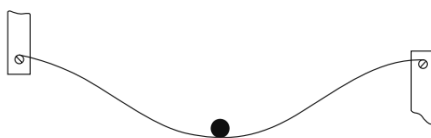
Slika 2.1. Osigurač proizveden od strane profesora S.P.Thompson-a [5]



Slika 2.2. Osigurač proizveden od strane Boys-a i CUNYNGHAM [5]

Demonstraciju žarulje sa žarnom niti patentirao je J. Swana 1878. godine. Gotovo istodobno kada i T. A. Edison u SAD-u. Proizvodnjom takvih žarulja počela je, nedugo zatim, i sve veća potražnja za takvom električnom rasvjetom u javnim i privatnim zgradama. Početne su instalacije uključivale vlastita proizvodna postrojenja, ali su mreže opskrbljivane iz malih centralnih stanica.

Nekoliko faktora, uključujući zabrinutost za ljudskom sigurnosti, cijena i krtost lampe te povećanje razine dostupnih volt-ampera ispod granice kvara, napravile su evidentnu potrebu za zaštitnom opremom. To je zahtijevalo velik broj radnika, koji su radili na razvijanju, u to vrijeme, dostupnih osigurača, s obzirom da tada nije bilo drugih alternativa za zaštitu [3].

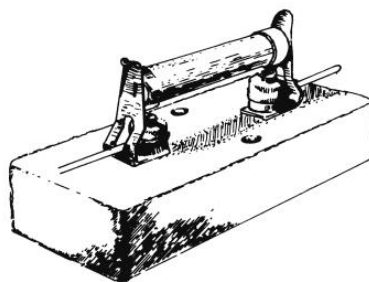


Slika 2.3. Osigurač razvijen od strane Cockburna [4]

Značajan dio posla je učinjen kako bi se postiglo razumijevanje procesa koji se odvijaju prilikom topljenja elemenata osigurača. Osobito značajan doprinos dao je A. C. Cockburn i detalji njegova rada, koje je ostavio iza sebe. Bio je kritičan prema fizičkim konstrukcijama i nedosljednostima prezentiranim u većini osigurača koji su u to vrijeme korišteni te je pokušao postaviti inženjerski dizajn. Proučavao je efekt zagrijavanja daleko od elemenata osigurača, na njihove terminale i spojne kabele, i shvatio je da taj faktor može značajno utjecati na minimalnu struju pri kojoj bi se određeni osigurač mogao otopiti. Istraživao je svojstava vodiča i uzeo u obzir specifičnu toplinsku, termičku i električnu vodljivost i ostale parametre koji su bitni prilikom odabira materijala koji su najprikladniji za tvorbu osigurača.

Prepoznao je da se materijali koji oksidiraju lako i značajno ne bi bili prikladni jer bi se karakteristike osigurača s vremenom mijenjale. Nakon proučavanja i saznanja o ponašanju osigurača, razvio je osigurač u kojemu je teret bio obješen na žičani element kao što je prikazano na slici 2.3. Prema tom dizajnu, za razliku od onog profesora Thompsona, struja ne teče kroz teret. Tvrdio je da je dobiven „magični rezultat“, zato što bi teret uzrokovao pucanje žice nakon što bi se zagrijao, te je taj način bio bolji, odnosno dosljedniji od ostalih osigurača proizvedenih u to doba. Testovi koje je on prikazao pokazali su da osigurači nisu primjenjivi na dosljedan i znanstven način. Postoje slučajevi gdje su minimumi struje taljenja bili mnogo puta veći od nazivne struje zaštitne opreme. Predložio je da bi osigurač trebao raditi pri 150-200 posto nazivne struje zaštitne opreme [3].

Prethodno opisani osigurači obično su se postavljali u drvene kutije, ali pojedinačni elementi nisu inače biliztvoreni. Također T. A. Edison patentirao je osigurač gdje su žičani elementi zatvoreni u staklenom omotu. To nije učinjeno kako bi se utjecalo na učinkovitost i performanse osigurača, nego kako bi se zaštitilo okruženje od poremećaja ili kvarova prilikom radova. To se jasno vidi iz patentne specifikacije, koja je opravdana izjavom: „ mala sigurnosna žica se zagrijava, te se topi, zatim razbija preopterećeni strujni krug. Poželjno je, da nekoliko kapi vrućeg rastopljenog metala prouzrokovane od toga, ne bih smjele padati na tepihe i namještaj, stoga se ta mala sigurnosna žica zatvara u ljsuke ili kućišta od neprovodnih materijala, [4]. Edisonov proizvod nije sadržavao punjive materijale i zasluga za napunjeni osigurač nesumnjivo ide W. M. Mordeyu koji je preoblikovao patent iz 1890. Taj patent opisan je kao osigurač s taljivim bakrenim vodičem.



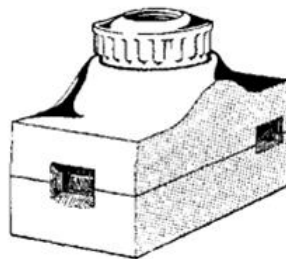
Slika 2.4. Osigurač u čahuri patentiran od strane Mordeya [6]

Tanka folija ili jedna ili više žica malog promjera, zatvorene u staklenu cijev ili sličnu posudu. Navedeno je da bi cijev trebala biti u cijelosti ili djelomično ispunjena fino usitnjenim, poluvodičkim ili slabo provodljivim materijalom, te bi bilo poželjno da je nesagoriv i nezapaljiv. Suha kreda, mramor, cigla, pijesak, šmirgl i azbest su predloženi kao materijali za punjenje, [3]. Osigurač kojega je Mordey proizveo nalazi se na slici 2.4.

Pijesak sa kontroliranom veličinom zrna i čistoće danas je još uvijek preferirani medij prilikom gašenja luka, te također služi i za prijenos topline u visoko-učinkovitim osiguračima. Kako bi ugasio luk, punilo za pijesak raspršuje energiju luka, tako da se pijesak topi i kada se ohladi izgleda kao mali komadić kamena.

Tijekom posljednjeg desetljeća 19-og stoljeća, osigurači su predstavljali jedini oblik očigledne i raspoložive zaštitne opreme, te su se iz tog razloga proizvodili u velikim količinama.

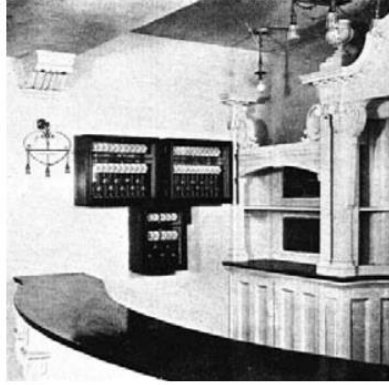
Jako popularan osigurač u ranim 1900-im godinama bio je 'Zed' osigurač. To je proizvod braće Siemens i do 1912. godine, ukupna prodaja u Velikoj Britaniji dostigla je četvrt milijuna prodanih osigurača. Ilustracija 'Zed' osigurača, nalazi se na slici 2.5. [3]



Slika 2.5. Potpuni 'Zed' [3]

Oni su ugrađeni u razdjelne ploče, često s ugodnim estetskim izgledom, čiji je primjer prikazan na slici 2.6. Osnovni koncept 'Zed' osigurača je još uvijek u upotrebi.

Tijekom 20-og stoljeća, proizvedene su zaštitne sheme utemeljene na releju, te se takvi osigurači zajedno s prekidačima postavljaju u sva glavna postrojenja u proizvodnim i prijenosnim mrežama. Ipak, zbog ogromnog porasta količine električne opreme u cijelom svijetu, postoji stalni porast i potreba za osiguračima.



Slika 2.6. 'Zed' distribucijska ploča [3]

To je potaknulo istraživače da prouče osnovne pojave, kao što je postupak iskrenja te također da pronađu načine pružanja osigurača s karakteristikama potrebnim za zaštitu strujnog kruga, sklopova, uređaja kao što su poluvodiči i rotacijski strojevi. Pregled literature pokazuje da je postignut veliki napredak. No, čak i sada, neki aspekti još uvijek u potpunosti nisu shvaćeni i zato se istraživanja i dalje provode.

2.1. Osnovni zahtjevi i podjela osigurača

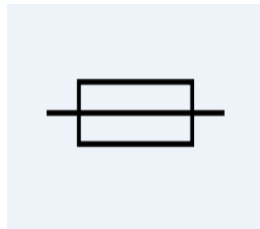
Godine 1882., britanski parlament donio je Zakon o električnoj rasvjeti te je nakon šest godina kasnije preformuliran u Djela električnog osvjetljenja. Ti zakoni određuju uvjete u kojima se vrši opskrba električnom energijom u Velikoj Britaniji. Tvrtke su ga se morale pridržavati. Istaknuli su se pravni postupci u kojima su poduzetnici kod opskrbe plinom mogli tražiti oslobođanje od plaćanja plina za neprofitabilna područja zbog novo donesenog zakona. Bitna stavaka zakona je Odbor za trgovinu koji je odgovoran za uvođenje propisa kojima se osigurava sigurnost ljudi, te, također, da se osigura odgovarajuća i dovoljna opskrba električnom energijom. Kao rezultat toga, Odbor je donio još neke zakone. Svaki od njih navodi da se zbog sigurnosti mora umetnuti odgovarajući sigurnosni osigurač ili neki prekidač u svaku uslužnu liniju unutar prostora potrošača, što bliže točki ulaza te da se nalaze u prikladnom zaključanom ili zatvorenom spremniku vatrootporne konstrukcije, izuzev onih slučajeva gdje su uslužne linije bile zaštićene osiguračima u kutiji na ulici, [3].

Ovdje su opisane na najjednostavniji način opće stvari o osiguračima, kako bi se omogućilo da svi mogu shvatiti i naučiti temeljne informacije o osiguračima.

Osigurači su podijeljeni u tri kategorije: visoko-naponske (HV, engl. *high-voltage*), nisko-naponske (LV, engl. *low-voltage*) i minijaturne. Ove kategorije je priznala Internacionalna elektrotehnička komisija. Razlika između HV i LV odvija se na 1000 V AC, a minijaturno određenje ovisi o fizičkim dimenzijama, [5].

Kao što je i ranije spomenuto, osigurač predstavlja sklopni aparat koji služi kao zaštitni organ. Odnosno, namjerno oslabljeno mjesto unutar strujnog kruga na kojemu se on prekida u slučaju pojave strujnog preopterećenja. Nadalje, on je element instalacije koji štiti ostale elemente od kratkih spojeva i preopterećenja.

Prekida struju nakon dovoljno dugog protjecanja struje određene veličine, simbol osigurača koji se koristi u elektrotehnici nalazi se na slici 2.7.



Slika 2.7. Simbol osigurača [14]

Najčešće izvedbe osigurača su NH i D. Dok su dvije osnovne izvedbe rastalni osigurači s topljivim umetkom i elektromagnetni, takozvani automatski instalacijski osigurači.

Osigurači s topljivim umetkom samostalno prekidaju strujni krug rastaljivanjem vodljivog dijela uzrokovanog djelovanjem električne struje. Kroz kvarni pijesak su provučene olovna nit i nit za zatezanje obojene pločice kroz koju teče struja. Pri protjecanju jače struje od predviđene, tijekom određenog vremena, dolazi do taljenja topljivih vodiča čime se prekida tok struje. Uslijed topljenja zatezne niti obojena pločica otpadne što signalizira pregorjavanje umetka.

Prema području primjene mogu biti instalacijski, visokoučinski i osigurači za zaštitu poluvodičkih komponenata.

Funkcionalne osobine niskonaponskih osigurača određuju se prema strujno-vremenskoj karakteristici, dok se funkcionalni razred odnosi u kojem strujnom području rastalni uložak treba isklopiti. Funkcionalni razred g odnosi se na osigurače za opću upotrebu, dok se funkcionalni razred a odnosi na osigurače za pojedina područja.

Pogonski razredi određeni slovom koje je simbol, odnosno skraćenica pogonskog sredstva koje štiti:

- L – kabeli i vodovi
- M – sklopni aparati
- R – poluvodiči
- B – postrojenja u rudarstvu

Analogno ovoj podjeli postojali bi osigurači s oznakama karakteristika:

- gL – opća zaštita kabela i vodova
- aR – posebna zaštita poluvodiča

2.1.1. Osigurač tipa D

Sastoji se od osnove, kape, topljivog umetka i kalibarskog prstena. Javlja se u standardnim nazivnim strujama u iznosima od 2, 4, 6, 10, 16, 20, 25, 35, 50, 63, 80, 100, 125, 160 i 200 ampera.

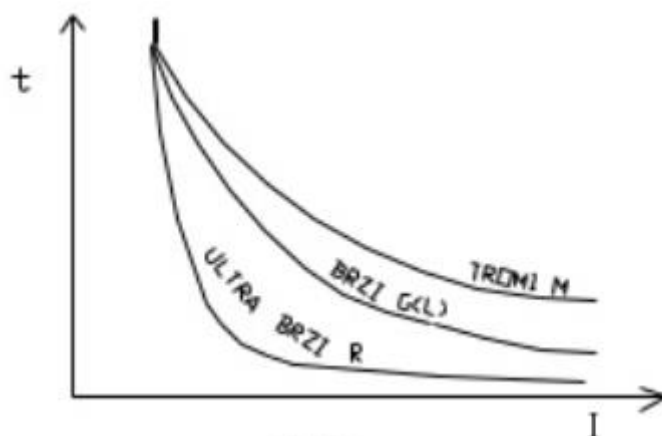
Izrađuju se u DIAZED izvedbi za napone do 550 V i struje do 200 A te NEOZED izvedbi za napone do 400 V i struje do 100 A.

Nazivna struja osnove je 16, 63 i 100 ampera.

Temeljni podaci osigurača su nazivni napon, nazivna struja uloška, granična struja isključenja i vremenska karakteristika djelovanja.

Prema tipu rastalni osigurači mogu biti (čije su karakteristike prikazane na slici 2.8.):

- brzi – G, 50 In, 0,1 s
- ultrabrzi – R
- tromi osigurači – M, 10 In, 1 s



Slika 2.8. Strujno-vremenska karakteristika za brze, ultrabrze i trome rastalne osigurače [17]

Na mjestu gdje rastalna nit pregori javlja se električni luk s viskom temperaturom, što može uzrokovati požar ili neke druge štetne posljedice. Rastalna nit je okružena kvarcim pijeskom i zatvorena je unutar keramičkog kalupa. Okolni pijesak, dok je hladan, hladi metalnu nit osigurača i sprječava njezino trenutno taljenje, međutim ukoliko prekomjerna struja potraje, osigurač će ipak pregorjeti kad se zagrije i okolni pijesak.

Rastalna nit osigurača ovisno o jakosti struje izrađuje se od različitih materijala. Tako da je srebro pogodno za sve jakosti struje, no zbog visoke cijene rabi se samo za osigurače ispod 5 A. Za struje u rasponu od 5 A do 30 A koriste se slitine olova i kositra u omjeru 2 naprema 1. Aluminij se koristi kod sporih osigurača za struje niskog napona. Slitine bakra i srebra u omjeru 1 naprema 1 se koriste za jake struje. Nazivna struja uvijek se nalazi na umetku osigurača, kao i na svim drugim vrstama osigurača. U kućanstvima se najviše rabe osigurači u rasponu od 16 pa sve do 63 ampera.

Tijelo osigurača se najčešće izrađuje od keramike, stakla, plastike i slično. Kapa s navojem ima zadaću držati topljivi umetak u elementu osigurača, služi kao posrednik prijelaza struje sa središnjeg kontakta elementa na kontaktni navoj elementa osigurač. Dok kapa izrađena od porculana sa staklenim prozorčićem kroz koji se može provjeriti ispravnost topljivog umetka, bez prekidanja strujnog kruga.

Prisjedni vijak se uvije u središnji kontakt elementa, pa je preko njega stalno pod naponom bez obzira je li topljivi umetak rastaljen ili ne. Kontaktni vijak nije neophodan za ispravno funkcioniranje rastalnog osigurača, no, on ima važan zadatak da onemogući umetanje topljivog umetka za jaču struju od one za koju je strujni krug predviđen i izveden. Najčešće se izrađuje od steatita u obliku plosnatog valjka i prikazan je na slici 2.9. S jedne strane ima kontaktni izadanač s navojem koji se uvije u središnji kontakt elementa osigurača, a na suprotnom kraju ima okruglu udubinu u koju ulazi dulja metalna kontaktna kapica topljivog umetka. Promjer udubine različit je za razne jakosti struja, promjer je veći za veće jakosti struja.



Slika 2.9. Prisjedni vijak osigurača veličine D II, nazivne snage 6 A

2.1.2. Osigurači NH

Predstavljaju osigurače velike prekidne moći ili visokoučinske osigurače, izgled visokoučinskog osigurača nalazi se na slici 2.10. Visokoučinski osigurači se uspješno primjenjuju za ograničavanje struje kratkog spoja, tj. prekidaju struju prije nego ona dostigne maksimalnu vrijednost.



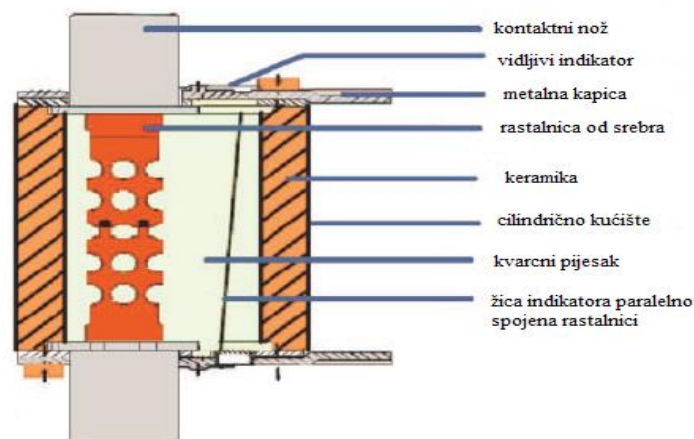
Slika 2.10. Visokoučinski osigurač marke Siemens nazivne struje 100 ampera

Prekidna moć ili nazivna rasklopna struja je najveća struja (efektivna vrijednost) koju osigurač pod određenim propisanim uvjetima može isklopiti. Niskonaponski visokoučinski osigurači se koriste na mjestima u električnom mreži gdje se očekuje velika snaga kratkog spoja. Namijenjeni su prekidanju velikih struja preopterećenja i kratkog spoja u niskonaponskim mrežama. Izrađuju se za nazivne napone 500 V izmjenično i 600 V istosmjerne struje.

Visokoučinski osigurači se sastoje od osnove (podnožja) s nožastim kontaktima, topljivog umetka (patrone), izolacijske ručke i indikatora pregaranja.

Osnova ili podnožje osigurača se sastoji od temeljne porculanske ili steatitne podloge i kontaktnih viljuški s priključnim stezaljkama. Pomoću dva vijka priključi se na kutno ili željezo U profila, i to sa stražnje strane ploče izrađene od željeznog lima. Izrađuje se u nekoliko veličina, određuje se nazivnom strujom osigurača te se izrađuju za struje od 100, 160, 250, 320, 500 i 800 ampera.

Patrona ili umetak osigurača ima valjkasto ili četverokutno keramičko tijelo u kojem se nalazi rastalna traka učvršćena za nožaste kontakte i prikazan je na slici 2.11. Svaki od tih kontakata je pričvršćen na keramičko tijelo pomoću metalne kape. One se izrađuju za nazivne struje od 10 A pa sve do 800 A.



Slika 2.11. Presjek umetka visokočinskog osigurača [14]

Izolacijska ručka se koristi za bezopasno stavljanje i vađenje topljivog umetka.

Visokoučinski osigurači ne moraju biti zaštićeni od dodira dijelova pod naponom, a sve manipulacije odrađuje osposobljena osoba. Također može se naći i izvedba bez izolacijske ručke, koja se naziva zglobni visokoučinski osigurač.

2.1.3. Instalacijski automatski prekidači

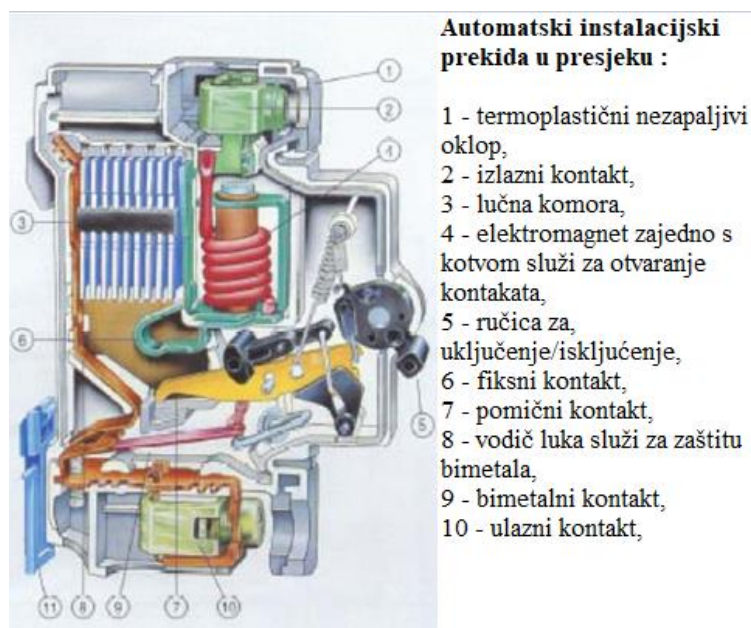
Prikladni su za ugradnju na ona mjesta u instalaciji:

- gdje se javlja struja kratkog spoja do 6 kA
- gdje su pogonske prilike takve da često dolazi do preopterećenja i kratkih spojeva

Danas se gotovo isključivo koriste u kućnim instalacijama. Nekad visoka cijena danas je eliminirana masovnom proizvodnjom konkurentnih industrija i tehnološkim napretkom. Materijal i konstrukcija osiguravaju vrlo dobru zaštitu od direktnog dodira pri uključivanju i isključivanju osigurača, pod uvjetom da su pravilno montirani. Primjenjuju se za strujne krugove u domaćinstvu, za rasvjetu i upravljanje te za uređaje, odnosno male motore.

Instalacijski automatski prekidač ima ugrađen termički bimetalni okidač za isklapanje kod dugotrajnih malih preopterećenja i elektromagnetski okidač za kratkotrajna velika opterećenja (kratki spoj).

Presjek instalacijskog automatskog prekidača nalazi se na slici 2.12.



Slika 2.12. Presjek instalacijskog automatskog prekidača [14]

Bimetalna traka se sastoji od različitih materijala, koji imaju drugačije temperaturne koeficijente i spojeni su zakovicama ili zavarivanjem. Upravo zbog razlike u temperaturnim koeficijentima pri zagrijavanju dolazi do izduženja, tj. bimetalna traka se savija. Struja dolazi preko kontakata na bimetalnu traku te nakon toga na elektromagnet. Prilikom protjecanja prekomjerne struje bimetalna traka se zagrijava i u jednom trenutku se savije i otkaçi ručicu koja drži kontakte. Dođe li do kratkog spoja, tada razdvajanje vrši elektromagnet. Pri kratkom spoju kroz osigurač poteče jako velika struja, te elektromagnet jakom silom povuče kotvu koja otkaçi ručicu i prekida strujni krug. Nakon što se kvar otkloni, automatski prekidač vraća se u funkciju pomoću mehaničke ručice.

Važna karakteristika je ispitna struja termičkog bimetalnog i elektromagnetskog okidača. Kod manjih ispitnih struja termički okidač ne smije okinuti unutar vremena od jednog sata, dok kod veće struje mora okinuti u tom vremenu.

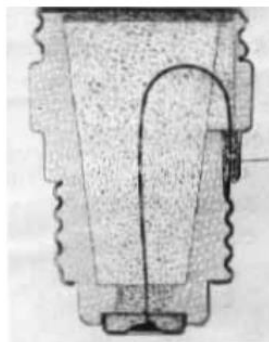
Elektromagnetni prekidač mora trenutno okinuti kod navedene ispitne struje. Ovisno o proizvođaču automatskih instalacijskih prekidača nazivne struje su standardizirane kao i kod rastalnih osigurača.

Na prednjoj strani osigurača nalaze se tip, karakteristike i vrijednost nazivne struje, model, maksimalni pogonski napon, prekidna struja, strujno-vremenske karakteristike, shema spoja, serijski broj, ime i logotip proizvođača te eventualne oznake atesta ili usklađenosti sa standardom.

2.2. Povijest razvoja siemensovih osigurača

Bitnu ulogu u razvoju osigurača imala je tvrtka Siemens, stoga će se, također, obraditi njihov razvoj i uspon u kvaliteti osigurača. Naročito se ukazuje kako se od sigurnosnih umetaka došlo do osigurača visokih performansi. Korištenje električne energije za proizvodnju svjetlosti i energije počelo je razvojem samoinicijativnih dinama od strane Wenera Siemensa davne 1866. godine. Kao rezultat, izlazi generatora i motora više nisu bili ograničeni jačinom magnetskoga polja stalnih magneta, te su se s toga mogli povećavati gotovo u nedogled. Područje primjene s najbržim rastom bilo je električno osvjetljenje sa žaruljama, čija je popularnost dramatično porasla od 1880. godine. Bez zaštite koju pružaju osigurači, raširena upotreba električnog osvjetljenja u javnim i privatnim građevinama ne bi se mogla zamisliti, te bi bila izrazito opasna. Iako su se tanke platinaste niti već koristile za osiguravanje telegrafskih kabela, razvoj visokonaponskih osigurača struje nije započeo sve do uvođenja snažnih instalacija za električnu rasvjetu. Pravo od samog početka, Siemens je imao vodeću ulogu u razvoju taljenja sustava osigurača [7].

Međutim, i prve su instalacije snage bile lako zapaljive. Slijedeće je izvješće objavljeno u časopisu elektrotehnike u rujnu 1882. godine. Ono se tiče rasvjetnih sustava u gradu Hull u Engleskoj, točnije u starom gradu i u gradskoj vijećnici, proizvedeno od tvrtke Siemens Brothers&Co. sa sjedištem u Londonu: „Kako bi se povećala sigurnost i isključila opasnost od požara u gradskoj vijećnici, sve su niti prekrivene s gumom i platnom, dok je svaka žarulja opremljena sa sigurnosnim umetkom (grlom), koji bi trebao ograničiti temperaturu, kako nebi došlo do štetnog prekida kruga, [7].



Slika 2.13. Umetak osigurača s Edisnovom niti [7]

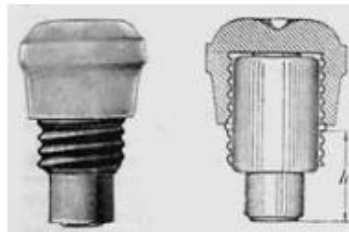
„Sigurnosni umeci“ mogu se smatrati pretečom umetka osigurača s Edisnovnom niti, prikazanim na slici 2.13., koji su tada dominirali na tržištu elemenata zaštite u električnim krugovima tijekom prvoga desetljeća dvadesetoga stoljeća i bili su nadmoćniji i superiorniji od osigurača s olovnim trakama, koji su također bili vrlo popularni u to doba.

U skladu sa sigurnosnim smjernicama koje je 1896. Izdalo VDE (Njemačko električno udruženje inženjera), „Edisonov umetak“ bio je opremljen s fino podešenim srebrenim elementom osigurača koji se mogao upotrijebiti s bilo kojim presjekom kabla i bio je nezamjenjiv tokom duljine instalacije i u skladu sa strujama, [7].

Međutim, povećanjem snage električnih postrojenja, počele su se testirati granice „Edisonovih umetaka“, kako se povećavao kapacitet električnih postrojenja, traženi su veći zahtjevi, što „Edisonovi umetci“ više nisu mogli pratiti, također je dokazana činjenica popraćena nizom testova izvršenih u električnim postrojenjima diljem Njemačke u 1994 godini. Mnogi su se umetci pokvarili, te su popraćeni glasnim praskom, te, također, i plamenom, koji zbog nedostataka osigurača u nuždi, mogu rezultirati ozbiljnim požarom. Čak i najbolji utikači tada na raspolaganju više nisu bili u potpunosti bez grešaka.

Došlo je vrijeme za DIAZED, mnogo moderniju i učinkovitiju generaciju osigurača.

Kao odgovor na izrazito loše rezultate provedene u Njemačkoj, Siemens-Schuckertwerke predstavili su novi dizajn, prikazan na slici 2.14., koji je sasvim opravdano izazvao senzaciju sa svojom čvrstoćom kratkog spoja čak i pri 550V. Nije ni čudo, zato što Siemens patrone nisu proizvodili zvukove, te su na testovima zadovoljile svaki put. Dvodijelni umetak (porculanski cilindarski umetak s glavom vijka) odmah je prepoznat kao najpraktičniji umetak još od Edisonova umetka [7].



Slika 2.14. Dvodijelni uložak s oblikom vijka [7]

Kako bi postigao vrhunsko ponašanje u prebacivanju, Siemensov dizajn je imao porculansko tijelo sačinjeno od gustih stijenki s uskim preklapnim prostorom i napunjen talkom sa što većim razmakom između elektroda. Dvodijelni dizajn misli da bi se s glavom u obliku vijka moglo lakše baratati, a i patrone su zamjenjive, što je mnogo jeftinije. Potaknuti izvrsnim rezultatima testiranja ovog Samsungovog dizanja, odborski skup definira zahtjeve za „standardizirani osigurač“ kako to definira udruženje opskrbe električne energije [7].

Ti zahtjevi su:

- snaga kratkog spoja
- 500 V nazivni napon
- neizmjenjivost
- indikator [7]

Rezultat razvojnog rada koji je proveo Siemens je proizvod pod brendom DIAZED, koji kombinira dvije ključne karakteristike proizvoda:

- neizmjenjivost pomoću ocjenjivanja promjera.
- Z iz njemačkog izraza „zweiteiligeAusführung“ ili dvostruki dizajn Edisonova umetka, koji sadrži glavu umetka i zamjenjiv uložak.

U mnogočemu koncept DIAZED bio je revolucionaran. Daljnji laboratorijski i operativni testovi su tu superiornost prikazali tako uvjerljivo, da je na svojoj glavnoj skupštini 8. lipnja 1909. godine odbor udruženja opskrbe električne energije nominirao dvodijelni uložak s oblikom vijka kao najbolji dizajn, [7].

Povrh svega toga, mnogi su bili impresionirani vrlo atraktivnim dizajnom pa je DIAZED osigurala i pripadajuće distribucijske ploče.

Ključni faktor ogromnog uspjeha Siemens DIAZED osigurača bila je komparativna studija o uključivanju ponašanja različitih sustava osigurača. U 1909-oj godini, proglasili su ih kao najbolji sustav za osiguravanje na tržištu, na osnovu prikupljenog znanja prilikom testiranja osigurača [7].

Kao rezultat toga, Siemens je preuzeo glavnu ulogu u daljnjem razvoju sustava osigurača, kako bi pružio pouzdanu zaštitu električnih instalacija.

To što je DIAZED sustav dobio tako nadasve pozitivne povratne reakcije od električnih postrojenja nije iznenađenje, ako se u obzir uzmu sve njegove tehničke značajke, što nije samo pomoglo doći do globalnog tržišta, već se i danas mogu pronaći u svojim uspješnim nasljednicima, kao što su:

- porculansko tijelo otporno na pritisak za visoko prebacivanje kapaciteta
- neizmjenjivost pomoću ocjenjivanja promjera.
- lako čitljivi, pouzdani indikatori
- selektivnost
- razlučivost po bojama (engl. *color coding*) [7]

Kako bi olakšali nadzor instalacija, dijelovi adaptera i indikator bili su u boji. Kodiranje u boji temeljilo se na markama koje su u to vrijeme bile u optičaju, što je značilo da su svi bili upoznati koja boja je predstavljala koju vrijednost.

U 1927. godini, N-DIAZED sustav je razvijen. Mnogo kompaktniji DIAZED dizajn za struje do 25 A i linijskog izvora napona od 500V, a to je zahtijevalo manje materijala za proizvodnju i manje prostora u metarskim pločama i malim razvodnim pločama. Manji Edisonov uložak (E16) i keramički prstenasti adapter s dodatnim uloškom (E16) bili su uvedeni u taj novi sistem viljkastih adaptera. Na taj način, osigurači s uloškom došli su u izravan dodir s bazom, a ne preko vijčanog adaptera kako je bilo s prethodnim prototipima.

Godine 1959. predstavljen je sustav DIAZED na drugim područjima. Super brza djelovanja razvijena su za zaštitu poluvodičkih elemenata. Na primjer, kao karakteristike sporih djelovanja koja su se razvijale za primjenu u rudarskoj industriji. Pored toga razvijeni su osigurači od 750 V za električne željeznice [7].

U 1967-oj godini, optimiziran je novi sustav osigurača za linijsku zaštitu koji je pokrenut kao NEOZED sustav osigurača. Novi sustav je razvijen kao odgovor, ne samo na konstantni pogon, već i za mnogo kompaktnije uređaje, ali, također, je bilo potrebno uklopiti dimenzije u liniju sa veličinom modula u već rasprostranjenim instalacijskim uređajima. Osnovni dizajn isprobanog i testiranog sustava DIAZED bio je zadržan.

Na slici 2.15. su prikazani:

- vijčana glava
- uložak ili umetak
- „rukavi“ adaptera
- baza osigurača [7]



Slika 2.15. Usporedba NEOZED (D0) i DIAZED (D) sistema osigurača [7]

Kako bi se uočila razlika između NEOZED i DIAZED sustava, NEOZED sustav je potpisan s dimenzionalnom oznakom „D0“ (izgovara se, engl. *D zero*). Obje verzije su standardizirane globalno kao „D sustavi“. Dok u tehničkim krugovima, razlika je napravljena u D i D0 osiguračima ili u brendu DIAZED ili NEOZED. NEOZED sustav je okarakteriziran ne samo s mnogo kompaktnijom veličinom, nego ima i mnogo manje gubitke snage. To je zbog toga što se odabrani nazivni napon 380V kasnije povisio na 400 V, što je u skladu s novim standardiziranim javnim opskrbnim naponom. Standardizirana karakteristika (trenutno 'gG') također je odabrana sa selektivnom sposobnošću s jedne razine nazivne struje na drugu, takvo stupnjevanje uvelike se primjenjivalo za Siemens NEOZED osigurače, pa čak i danas [7].

Prethodnici LV HRC sustava osigurača razvijeni su ranije početkom dvadesetoga stoljeća. Za upravljanje nazivnim strujama od 100 A i više, što se više nije moglo s osiguračima koji imaju uložak u obliku vijka, uključene su porculanske patrone. Razvijeni su osigurači s kontaktima noža prikazani na slici 2.16. Trenutna oznaka „LV HRC osigurač“ nije promijenjena još od 1920-tih.



Slika 2.16. Osigurač s porculanskim patronama [7]

Sredinom dvadesetoga stoljeća, Siemens je intenzivno radio na razvoju LV HRC osigurača. To je rezultiralo:

- većem kapacitetu prekidanja s manjim dimenzijama
- dizajniranjem sabirničkih elemenata za ugradnju u najsuvremenija inženjerska postrojenja
- većom radnom pouzdanošću zahvaljujući na standardiziranim elementima osigurača s funkcijom prebacivanja opterećenja [7]

Ovi revolucionarni događaji za Siemens su značili jako puno. Njihovi sustavi osigurača bi se sada mogli međunarodno koristiti za zaštitu distribucijskih mreža, postrojenja i ostalih elemenata.

3. TEHNIČKE ZNAČAJKE OSIGURAČA

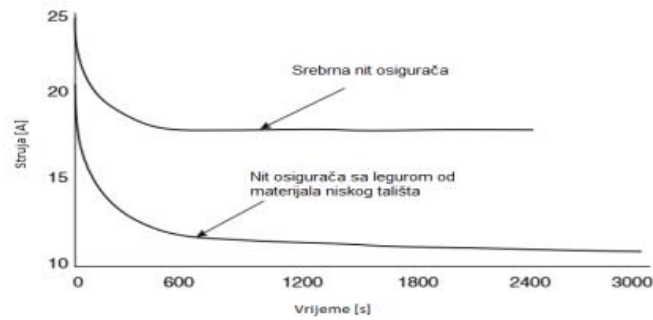
3.1. M-efekt

M-efekt predstavlja metodu difuzije jednog metala u drugi formirajući novu leguru s nižom točkom tališta. Mali osigurači koriste M-efekt kako bi postigli tri vrlo poželjne karakteristike dizajna, a to su: niža temperatura taljenja, kraći vremenski odziv i što manja propadanja napona [10].

Svrha ovoga dijela znanosti o osiguračima (engl. *fuseology*) je da promovira bolje razumijevanje osigurača i detalja njihove uobičajene primjene. Osigurači koji se razmatraju, predstavljaju uređaje koji su osjetljivi na struju, dizajnirani kao namjerno slaba veza u električnom krugu. Funkcija osigurača je da pruži komponentama ili cjelokupnom strujnom krugu zaštitu, s pouzdanim topljenjem u stanju preopterećenja, te na taj način osiguravaju siguran prekid protoka struje, [3].

A. W. Metcalf je 1939 objavio članak pod naslovom „A new fuse phenomena“ [13]. Proučavao je učinak spajanja metala na performanse osigurača. Pronađeno je, nakon izvođenja radova na srebrenim elementima osigurača s običnim lemom, da lem djeluje na srebro pri temperaturama iznad onih na radnoj razini, te to ponekad izaziva da se element topi na mjestu gdje je lem, prije nego na onim mjestima, gdje se očekuju maksimalne temperature.

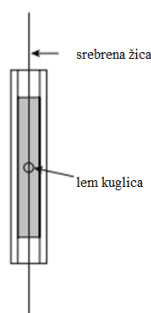
Za provođenje početnog ispitivanja fenomena, velik broj referentnih osigurača je napravljen, od kojih svaki sadrži srebrenu žicu koja je smještena u stakljenu cijev koja je ispunjena pijeskom i zapečaćena na krajevima. Svi osigurači su bili gotovo isti. Osim toga, postojala je jedna grupa koja je sadržavala jednostavnu žicu i ostale koje su imale kuglu za lemljenje na sredini žice, kao što je prikazano na slici 3.2. Krivulja struje, odnosno radnog vremena koje je Metcalf dobio za te osigurače prikazane su na slici 3.1., s kojih je vidljivo da minimum struje osigurača za osigurač s kuglom na sredini iznosi samo oko 60 posto od običnog osigurača. Zaključeno je da porast temperature topljenja osigurača sa srebrenom kuglom iznosi oko 345 °C, to jest $(0.6)^2$ puta tališta srebra. To je zaključeno pod pretpostavkom da je učinak zagrijavanja proporcionalan kvadratu struje, [3].



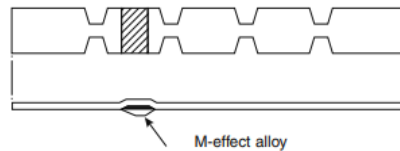
Slika 3.1. Krivulja struja/radno vrijeme koja prikazuje efekt djelovanja lema na srebrnu žicu osigurača [3]

Sa slike 3.1. može se vidjeti kako nit osigurača s legurom od materijala niskoga tališta ima za gotovo isto vrijeme prorade znatno manju struju. Upravo se s tim zaštitio i sačuvao velik broj uređaja čija je ispravnost upravo ugrožena pojavom prevelikih struja.

Tijekom idućih testova u kojima se struja povećavala u malim koracima te kada se stalnoj temperaturi dozvoli da se razvija nakon svakog povećanja koraka, promjena se očituje kada se kuglice rastope. To je popraćeno s progresivnim promjenama u obliku kugle, koje su ubrzo postale crvene boje, usprkos činjenici da su susjedne žice do njih ostale nepromijenjene u izgledu. Kuglice su bile crvene u vrlo kratkom intervalu, a uklanjanje je izvedeno sa srebrenim žicama koje su puknule odmah pokraj kuglice. Naknadni testovi pokazali su da srebrna žica u kontaktu sa lemom se potpuno rasprši, te da je žica na mjestu gdje se spaja sa kuglicom izrazito tanka i puca prilikom dodira [3].



Slika 3.2. Osigurač koji je proizveo A.W. Metcalf [11]



Slika 3.3. Uložak osigurača s M-efekt legurom [5]

Ti eksperimenti su se ponavljali, ali pod uvjetom da su struje prekinute prije nego se žica otopi. Utvrđeno je da se otpor žica koji prolazi kroz kuglicu se poveća za 100 posto, dok se kod osigurača bez kuglice nisu pokazali mjerljiv porast otpornosti na hlađenje, [3].

Taj fenomen danas se uvelike iskorištava i mnogi zamjenjivi dijelovi osigurača (engl. *fuselink*) sastoje se od metala s niskom točkom tališta koji su naslagani na materijalu glavnog elementa osigurača, koji je najčešće napravljen od srebra ili bakra. Kad je element u obliku trake s ograničenim dijelovima, metal s niskom točkom tališta taloži se pored ograničenja, ali ne uvijek na njima, kao što je prikazano na slici 3.3. Za zaštitu od struja preopterećenja, kod struja dovoljne veličine da se materijal s niskim talištem rastopi, započinje se proces legiranja, a otpor elemenata raste u području legura, te dolazi do pucanja kako je i ranije opisano. Struja potrebna za rad je manja od one koja bi bila potrebna u nedostatku metala s niskim talištem i nižim faktorima topljenja. Pri radu sa nižim strujama ograničenja se ne tope [3].

Pri velikim strujama povezanim sa kratkim spojem, ograničenja se zagrijavaju izrazito brzo i postižu svoju točku tališta za samo par milisekundi. Temperature na mjestima taloženja materijala s niskim talištem ne dosegnu potrebnu razinu da se postupak legure započne, zbog toplinskih masa svakog odjeljka i dobiva se beznačajan prijenos topline od ograničenja tokom kratkog vremena rada [3].

Tako je moguće odabirom odgovarajućih materijala prikladnih dimenzija dobiti vremensko/strujne karakteristike koje se ne mogu proizvesti u osiguračima koji sadrže samo elemente jednoga materijala.

Nedavno je Beaujean proizveo model koji može postupno odrediti raspodjelu struje i temperature u elementu, a također i difuziju materijala s niskim talištem u materijal glavnog elementa. Potonji postupak je modeliran korištenjem Fickovog drugog zakona difuzije:

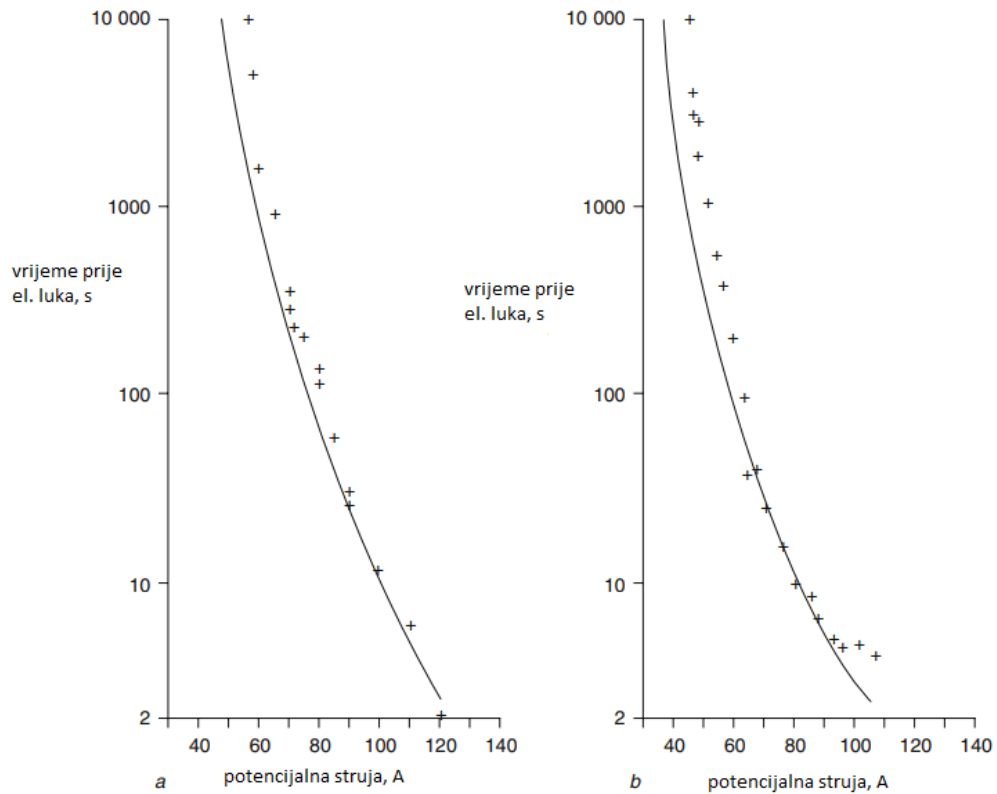
$$\frac{\partial c}{\partial t} = D \left(\frac{\partial^2 c}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 c}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 c}{\partial z^2} \right) \quad (3-1)$$

u kojima $\partial c/\partial t$ predstavlja brzinu promjene koncentracije rastvora u točki s vremenom, x, y i z su pomicanje točke u tri dimenzije, a D je koeficijent difuzije za par materijala, jednačba (3-1), [3].

Koeficijent difuzije D nema konstantnu vrijednost za određeni par materijala, ali varira i s temperaturom i koncentracijom rastvora. Očito je nužno da su ti odnosi poznati kad se modelira ponašanje.

Daljnji faktor, koji se mora uzeti u obzir, je da gustoća struje nije konstanta u debljini elemenata na položajima u kojima je prisutan materijal s niskim talištem i promjene u gustoći struje na takvim mjestima se mijenjaju kako difuzija napreduje. Kao posljedica, trenutna raspodjela ne može se odrediti pri svakom koraku na dvodimenzionalnoj bazi koju su koristili Leachetal., stoga se mora izvoditi trodimenzionalno.

Beaujeanand Newbery su prema tome odredili na trodimenzionalnoj osnovi pri svakom koraku strujnu i temperaturnu raspodjelu, a zatim topljivu supstancu koja se koncentrirala u elementu, [3]. Također su provodili eksperimente kako bi utvrdili brzinu kojom se kositar širi u srebro pri različitim uvjetima. Na osnovu dobivenih rezultata, izračunali su vremensko/strujne karakteristike osigurača sa uloškom koji sadrži elemente s i bez ograničenja. Slika 3.4. prikazuje dvije izračunate karakteristike koje su oni dobili, zajedno sa eksperimentalno izmjerenim karakteristikama. To ukazuje da je razumno dobar sporazum postignut, te da s daljnjim poboljšanjima u postupcima, trebalo bi biti moguće razviti modele koji će omogućiti razvijanje osigurača koji će upotrijebi M efekt kako bi postigli željene karakteristike potrebne za posebne primjene bez dugačkih i skupih testiranja.



Slika 3.4. Vremensko/strujne karakteristike za elemente bez ograničenja (a) i sa ograničenjima (b) [3]

Matematičko modeliranje M efekta je izrazito komplicirano, uključujući rješenje od tri zajednička problema: električno, termalno i difuzijsko [3].

3.2. Nacionalni i internacionalni standard osigurača

Najvažnije tehničke karakteristike niskonaponskih osigurača su standardizirane u međunarodnim standardima IEC 60269-1 i ostalim sekcijama. To uvelike olakšava izbor pravog osigurača i odabir prave zamijene pokvarenoga osigurača. Europski standard (EN) u velikoj mjeri je identičan IEC-u, iako mogu sadržavati dodatne relevantne informacije za Europske zemlje. Osim nekoliko iznimaka, Njemački standard (DIN VDE) i ostali standardi Europe su prijevod međunarodnog standarda.

Za niskonaponske osigurače vrijede posebna pravila, koja se odnose na LV HRC I D osigurače. Kako bi se spriječila potencijalno opasna zbrka u podjeli osigurača kod različitih sustava, dokumentom Europsko usklađivanje (engl. *European harmonization*) umjesto europskog standarda, definirani su novi standardi za sustave osigurača a to su IEC 60269-2-1 i 60269-3-1. Iako dokument obuhvaća sve IEC sustave, ovi sustavi nužno ne moraju biti uključeni u nacionalne standarde. Zbog sigurnosnih razloga, samo LV HRC i D/D0 sistemi su uključeni u Njemački standard DIN VDE 0636 (tablica 3.1.), [7].

Tablica 3.1. također uključuje određene VDE propise koji nemaju međunarodni ekvivalent.

To se odnosi na:

- LV HRC osigurače za zaštitu transformatora
- LV HRC osigurače za zaštitu opreme u rudarskoj industriji
- 1000 V osigurače za zaštitu krugova električnog motora
- NDz osigurače s E 16 navojem do 25 A
- D osigurače do 750 V za električne željeznice
- D osigurače do 500 V za rudarsku industriju
- 690 V D0 osigurači
- D0 kombinacije osigurača

Tablica 3.1. uzima u obzir novu strukturu (podebljano) IEC 60269 i VDE 0636. Standardi u zagradama više ne postoje ili ne vrijede. Nadalje takva struktura čini standard mnogo jasnijim, zbog toga što ga je podijelio u dva dijela, na prvi dio koji se sastoji od generalnih zahtjeva i daljnjeg dijela koji sadrži dodatne zahtjeve za posebne uvijete uporabe. U budućnosti smjernice

za primjenu niskonaponskih osigurača bit će uključena u standard kao peti dio. Pored IEC 61818 (E VDE 0636-129) sadržavati će IEC 61459, koji u Njemačkoj još nije objavljen.

Tablica 3.1. Standardi za nisko naponske osigurače [7, 8]

IEC	VDE	Sadržaj/Siemensov proizvod
60269-1:2006	0636-1:2010 (0636-10)	Osnovni zahtjevi
60269-2:2013	0636-2:2014	Osigurači ovlašteni od inženjera elektrotehnike/LV HRC osigurači, operativne klase gG, aM
(60269-2) (60269-2-1)	(0636-) (0636-201)	Primjeri standardiziranih sustava osigurača (npr. LV HRC sustav)
	0636-2011	Nacionalni dodatak 1: zaštita posebnih električnih sustava/ LV HRC osigurači operativne klase gTr, Gb, i aM 1000 V a.c.
60269-3:2010	0636-3:2011	Osigurači koje koriste osobe koje nemaju iskustva
(60269-3) (60269-3-1)	(0636-30) (0636-301)	Primjeri standardiziranih sustava osigurača (DIAZED, NEOZED D0 sustav)
	0636-3011	Nacionalni dodatak 1: U = 690 V a.c. i U = 600 V d.c.
60269-4:2009	0636-4:2017	Osiguračima zaštitu poluvodičkih elemenata
(60269-4) (60269-4-1)	0636-40 0636-401	Primjeri standardiziranih sustava osigurača/SITOR ulošci osigurača operativne klase aR, gRR i gS
61818,61459 (IEC 60269-5:2014)	E 0636-129 (0636-5:2012)	Smjernice za upotrebu niskonaponskih osigurača
	0635	NDz E 16 osigurači do 25 A, 500V; DIAZED osigurači do 100 A, 750 V; 500V
	0638	Nisko-naponski prekidači/MINIZED
60947-3	0660-107	Prekidači, rastavljači, kombinacija prekidača, rastavljača i osigurača / SENTRON osigurač prekidač

Tablica 3.1. prikazuje dva standarda normi IEC (engl. *International Electrotechnical Commission*) i VDE (njem. *Verband Deutscher Elektrotechniker*). Podebljane su glavne skupine normi, dok ostale označavaju njihove podskupine. U stupcu sadržaj, vidljivo je što svaka norma i njihova podskupina zapravo označuje. Zapis norme se tumači tako da se na primjeru IEC 60269-1:2006 može definirati slijedeće: IEC predstavlja (engl. *International Electrotechnical Commission*) Međunarnu Elektrotehničku udругu, 60269 predstavlja skup tehničkih standarda za niskonaponske osigurače [20], dok 60269-1 označava dio norme, ovom slučaju se to odnosi na osnove zahtjeve osigurača, dok zapis 2006 predstavlja godinu izdavanja norme [9].

Tablica 3.2. Primjena LV HRC osigurača [7]

Veličina	Operativna klasa						
	gG	gTr	gB	gR/gS	gR	aM	
000	2–100 A	-/-	6–100 A	6-80A	6-80 A	6-100 A	250 A
00	2-160 A	-/-	16-125 A	16-160 A	80-160 A	16-160 A	250 A
1	6-250A	-/-	16-250 A	35-250 A	32-250 A	25-250 A	400 A
2	25-400 A	50-250 k VA	16-400 A	80-400 A	16-400 A	80-400 A	630 A
3	316-630A	50-400 k VA	-/-	315-630A	315-630A	125-630A	1000A

Tablica 3.2. opisuje glavne značajke za odabir nisko-naponskog HRC osigurača. U njoj su prikazane veličine u kojima se on može pojaviti te raspon iznosa nazivnih struja za pojedinu veličinu unutar određene operativne klase.

Tablica 3.3. Maksimalne vrijednosti nazivne struje i rasipanja snage kod LV HRC osigurača [7]

Veličina	gG						aM			
	400 V a.c.		500 V a.c.		690 V a.c.		400 i 500 V a.c.		690 V a.c.	
	I_n	P_n	I_n	P_n	I_n	P_n	I_n	P_n	I_n	P_n
	A	W	A	W	W	W	A	W	A	W
000	100	5.5	100	7.5	63	12	100	7.5	80	12
00	160	12	160	12	100	12	100/160	7.5/12	130	12**)
0*)	160	12	160	16	100	25	160	16	100	25**)
1	250	18	250	23	200	32	250	23	250	32**)
2	400	28	400	34	315	45	400	34	400	45**)
3	630	40	630	48	500	60	630	48	630	60**)
4	-	-	1,000	90	800	90	1,000	90	1,000	90**)
4a	1,250	90	1,250	110	1,000	110	1,250	110	1,250	110**)
*)Veličina LV HRC 0 nije više dopuštena za nove instalacije, izuzetak je verzija s upečatljivom iglom										
**) Nazivne vrijednosti za snagu koja se može apsorbirati pomoću držača i baze osigurača										

Tablica 3.3. sadrži tri stupca koji označavaju veličinu nisko-naponskog HRC osigurača te operativnu klasu u kojoj se nalaze. Prikazani su također i iznosi struje u amperima i snage u vatima za iznose napona od 400, 500 i 600 V izmjenične struje za sve veličine osigurača, treba spomenuti da veličina 0 nisko-naponskog HRC osigurača više nije dopuštena za nove instalacije, a izuzetak je verzija s upečatljivom iglom.

Tablica 3.4. Snaga koju može apsorbirati D baza osigurača [7]

Veličina	D01	D02	D03	D II	D III	D IV
Nazivna struja	16 A	63 A	100 A	25 A	63 A	100 A
Snaga koju može apsorbirati	2,5 W	5,5 W	7,0 W	4,0 W	7,0 W	9,0 W

Unutar tablice 3.4. može se vidjeti, koliku snagu može apsorbirati D baza rastalnog osigurača, određene nazivne struje.

Odabir presjeka kabela

Najvažniji faktor kod dimenzioniranja kabela je jakost struje koju trajno može podnijeti. Struja se najčešće računa prema navedenim formulama (3-2), (3-3). Zatim, prema dobivenoj struji određuje se presjek i zaštita, tako što se iščita iz tablice (3.5).

$$I_{1f} = \frac{P}{230V \times \cos\varphi} \quad (3-2)$$

Jednadžba 3-2 predstavlja jakost jednofazne struje koju kabel može trajno podnijeti.

$$I_{3f} = \frac{P}{\sqrt{3} \times 400V \times \cos\varphi} \quad (3-3)$$

Jednadžba 3-3 predstavlja jakost trofazne struje koju kabel može trajno podnijeti.

















Tablica 3.5. Odabir pravoga presjeka kabela s obzirom na iznos struje prema normi VDE 0298 T4 08/03 [12]

OPTERETIVOST KABELA				
Presjek <i>mm</i> ²	Struja Cu (A)	Osigurač Cu (A)	Struja Al (A)	Osigurač Al (A)
0,75	12	6		
1	15	10		
1,5	18	10		
2,5	26	20	20	16
4	34	25	27	20
6	44	35	35	25
10	61	50	48	35
16	82	63	64	50
25	108	80	85	63
35	135	100	105	80
50	168	125	132	100
70	207	160	163	125
95	250	200	197	160
120	292	250	230	200
150	335	250	263	200
185	382	315	301	250
240	453	400	357	315
300	504	400	409	315

Tablica 3.5. pomaže pri odabiru pravog presjeka kabela s obzirom na iznos struje. Izvedena je prema normi VDE 0298 T4 08/03. Na osnovu nje se može zaključiti da za osigurač iste nazivne snage, ukoliko je njegova kontrolna nit napravljena od aluminijske, koristit će se veći presjek kabela nego da je nit napravljena od bakra. Primjerice za osigurač nazivne struje 20 A, za kontrolnu nit izvedenu od aluminijske bi se trebao koristiti presjek od 4 *mm*², dok bi se za nit napravljen od bakra trebao koristiti presjek od 2,5 *mm*².

U tablici 3.6., koja se nalazi ispod, prikazane su standardne boje kojima se označavaju osigurači. Uglavnom se koriste za označavanje rastalnih osigurača, ali također i automatski osigurači odnosno prekidači mogu biti označeni istim bojama. Vrijednosti u zagradama znaju biti označene različito ovisno o proizvođaču, [12].

Tablica 3.6. Standardne boje kojima se označavaju osigurači [12]

Struja osigurača [A]	Boja osigurača
2	 ružičasta
4	 smeđa
6	 zelena
10	 crvena
(13)	 crna
16	 siva
20	 plava
25	 žuta
(32/35/40)	 crna ili siva
50	 siva
63	 bijela
80	 srebrena
100	 crvena
125	 žuta
160	 bakrena
200	 plava

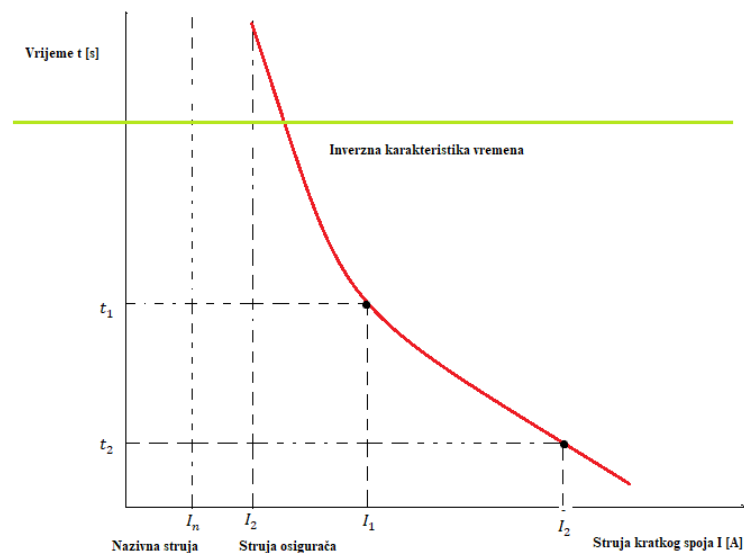
3.3. Strujno-vremenska karakteristika osigurača

Strujno vremenska karakteristika osigurača predstavlja vrijeme potrebno za reagiranje osigurača, koje ovisi o jačini pretjerane struje. Što je veća struja, to je manje vrijeme potrebno da osigurač reagira, odnosno da se isklopi.

Nazivna struja elemenata osigurača je struja kojom se elementi osigurača mogu normalno nositi, bez pregrijavanja ili topljenja. To ovisi o porastu temperature kontakata držača osigurača, materijala osigurača i okoline u kojoj se nalazi.

Struja osigurača je minimalna struja pri kojoj se element osigurača topi i prekida krug kako bi ga zaštitio. Naravno, vrijednost te struje će biti veća nego nazivna struja osigurača, a ona ovisi o:

- materijalu od kojeg su izgrađeni elementi osigurača
- duljini – što je manja duljina, veća je struja, zato što kratki osigurači lako provode svu toplinu
- promjer
- veličina i mjesto terminala
- tip kućišta koji je korišten



Slika 3.5. Strujno-vremenska karakteristika [13]

Koeficijent prorade predstavlja omjer minimalne struje osigurača u odnosu na nazivnu struju elemenata osigurača.

$$\text{koeficijent prorade} = \frac{\text{minimalna struja osigurača}}{\text{nazivna struja osigurača}} \quad (3-4)$$

Očekivana struja kratkoga spoja (engl. *prospective current*) predstavlja RMS vrijednost prve petlje neispravne struje dobivene, ako je osigurač zamijenjen običnim provodnikom zanemarivog otpora.

Odsječena struja (engl. *cut-off current*) predstavlja maksimalnu vrijednost struje kratkoga spoja, zapravo postignute prije nego se osigurač otopi. Ona ovisi o:

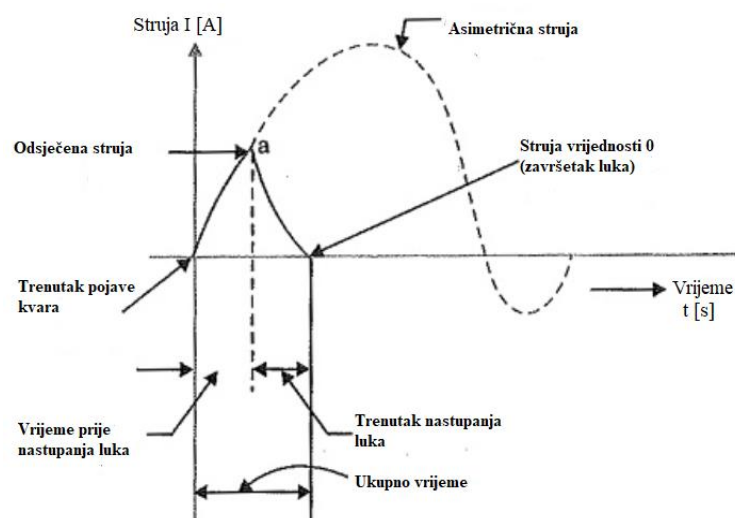
- nazivnoj struji osigurača
- vrijednosti očekivane struje
- asimetriji struje kratkog spoja

Rastalno vrijeme (engl. *pre-arching time*) je vrijeme između početka greške i onog trenutka kada dođe do odsječenja.

Vrijeme pojave luka (engl. *arching time*) je vrijeme između kraja rastalnog vremena i onog trenutka kada se luk ugasi.

Ukupno vrijeme rada je suma vremena prije luka i vremena trajanja luka.

Probijanje kapaciteta (engl. *breaking capacity*) je RMS vrijednost istosmjerne komponente maksimalne očekivane struje s kojom se osigurač može nositi pri nazivnom naponu usluge.



Slika 3.6. Strujno-vremenska karakteristika u trenutku pojave kvara [18]

4. POSTUPAK MJERENJA I MJERNA OPREMA

Ispitivanje osigurača provodi se kako bi se provjerila njihova pouzdanost, koju je propisao proizvođač. Kroz rad je definirano koliko važnu ulogu osigurač ima u strujnom krugu. Potrebno je ispitati reagira li osigurač u propisanom vremenu, koje je izdao proizvođač. Potrebno je iščitati vremena reagiranja osigurača nazivnih struja 6, 10, 16 i 20 A sa strujno vremenske karakteristike, prikazane na slici 4.2., od proizvođača, čiji se osigurači ispituju, u ovom slučaju ETI. Naravno, kako bi mjerenje bilo uspješno, potrebno je uzeti u obzir sve moguće faktore koji mogu utjecati na rezultate mjerenja i težiti tome da se postignu što idealniji uvjeti za mjerenje. Prije mjerenja potrebno je proučiti norme koje su propisale nadležna tijela, kako bi se upoznali s dozvoljenim vrijednostima vezanim za mjerenje. Kako bi mjerenje bilo što točnije, potrebno je uzeti u obzir što više točaka. Proizvoljno odabrane struje sa strujno vremenske karakteristike, u ovom radu se uzimalo pet točaka za svaki osigurač, te se na osnovu tih pet točaka određivalo vrijeme reagiranja osigurača.

4.1. Postupak mjerenja

Mjerenje se provodi tako da se pomoću strujnog izvora, koristio se uređaj Megger CSUT600A/AT, prikazan na slici 4.3. Na strujnom izvoru se namjesti proizvoljno odabrana struja koja prolazi kroz osigurač, odnosno kroz rastalni element osigurača, te se zapisuju vremena taljenja rastalnih elemenata za odabrane struje. Velik problem je zapisivanje podataka. Ovaj problem je riješen pomoću programskog paketa LAB VIEW, koji bilježi sve podatke, koje se kasnije konvertiraju u Matalab-u, gdje se pomoću skripte dobivaju potrebni rezultati koje se uspoređuju s rezultatima dobivenim očitanjem sa strujno-vremenske karakteristike proizvođača. Pomoću strujnih kliješta mjeri se struja koja protječe kroz rastalni element osigurača, prikazanog na slici 4.5. Strujni izvor se pomoću kablova spaja na priključke modela ploče osigurača na kojoj se odrađuju mjerenja, prikazanog na slici 4.6. Kada se sve spoji i provjeri, kreće se s mjerenjima. Prvo je potrebno kliknuti pokazivačem na računalu u programskom paketu LABVIEW (slika 4.4.) na gumb snimaj, kako bi se dokumentirali i zabilježili svi podatci potrebni za analizu mjerenja. Nakon toga, na strujnom izvoru pomoću regulatora struje namješta se željena struja (proizvoljno odabrana), okreće se sklopka, što dovodi do protjecanja struje kroz rastalni element, pomoću LABVIEWA prate se valni oblici i iznosi napona i struje, pomoću kojih se može vidjeti, kada je došlo do pregaranja osigurača. Kada umetak koji se umetnuo u ploču sa osiguračima pregori, vadi se van, te se na

drugo mjesto stavlja novi umetak, taj postupak se ponavlja za sve umetke koji su se testirali. Na drugo mjesto je potrebno umetnuti osigurač, zato što prvo mjesto već ima neku početnu temperaturu, što nije dobro za rezultate mjerenja.

Ukoliko osigurač koji se testira, odnosno rastalni element se rastali za vrijeme koje je dao proizvođač, može se reći da je osigurač pouzdan, odnosno da ispravno reagira. Naravno, ukoliko se rastalni element ne rastali za vrijeme propisano od proizvođača, taj osigurač nije pouzdan, odnosno ima lošu proradu.

U ovom radu ispituju se osigurači marke ETI, veličine D II, razreda gG od 6, 10, 16 i 20 A. Obrađene su njihove strujno-vremenske karakteristike propisane od proizvođača te će se za proizvoljno odabrane osigurače izračunati vrijeme reagiranja osigurača.

Osigurač marke ETI, veličine D II, razreda gG, slika 4.1.

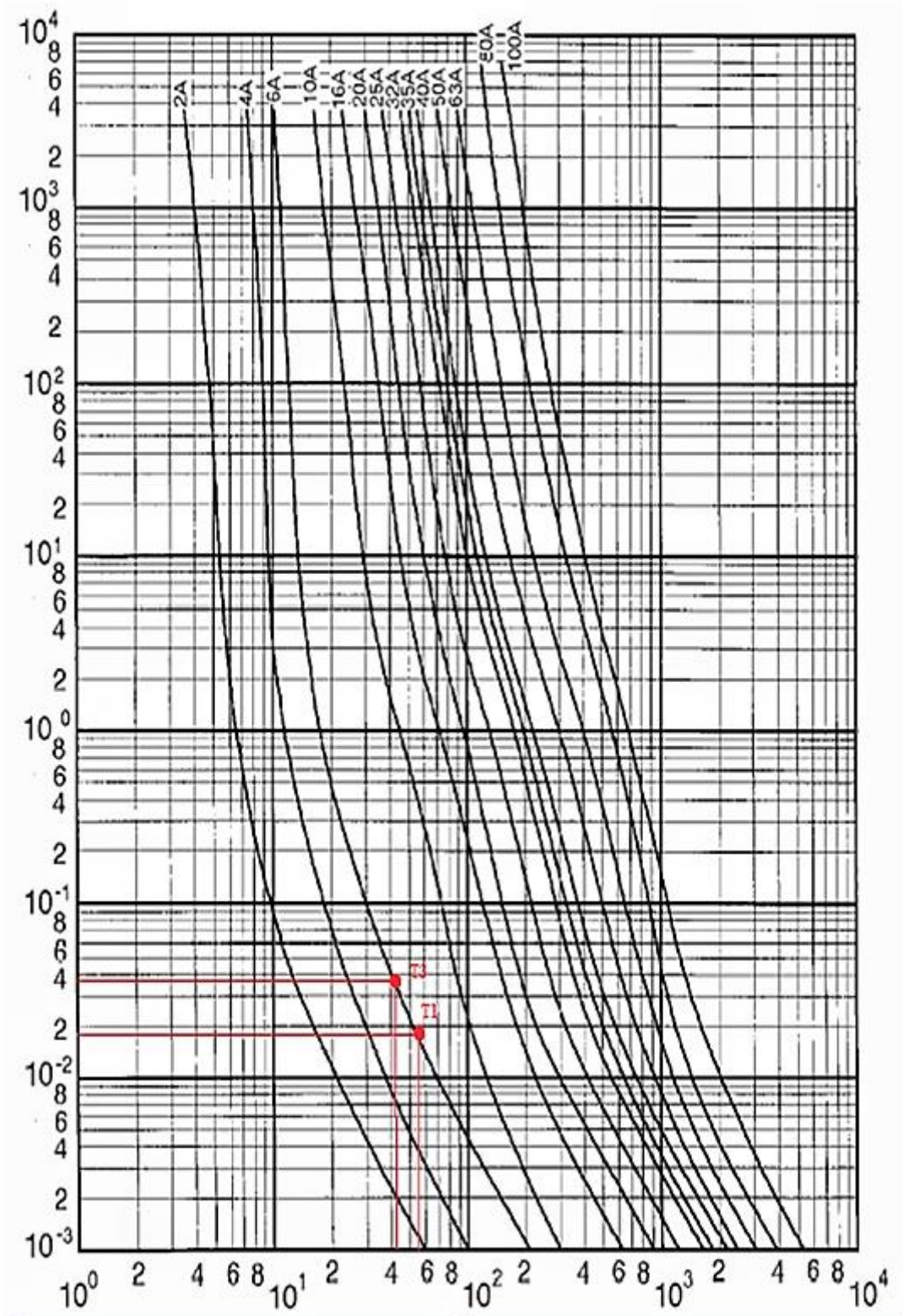
Rastalni osigurač marke ETI sastoji se od gornje i donje kape koje predstavljaju kontakte. One se stavljaju na krajeve keramičkoga tijela. U keramičkom tijelu imamo dvije niti, glavnu nit i kontrolnu nit ili indikator koja je tanja i koja bi trebala, kada osigurač pregori, izbaciti zastavicu koja se nalazi na gornjoj, odnosno većoj kapi. Pomoću zastavice se može vidjeti da je osigurač neispravan. No, to ne mora uvijek biti točno, što će se vidjeti u radu. Čak i kada glavna nit pregori, kontrolna nit zna provoditi napon. Najbolje i najsigurnije je ispitati osigurač pomoću multimetra te utvrditi je li on ispravan ili ne. Glavnu nit je deblja od kontrolne niti i napravljena od drugačijeg materijala. Ona, zapravo, u trenutku reagiranja puca i gasi električni luk u granuliranom pijesku koji se također nalazi u keramičkom tijelu.



Slika 4.1. Dijelovi osigurača veličine D II, razreda gG, marke ETI, nazivne snage 10 A

Strujno vremenska karakteristika za osigurače D II, razred gG, marke ETI

Vrijeme potrebno za reagiranje osigurača ovisi o jačini pretjerane struje. Što je veća struja, to je manje vrijeme potrebno da osigurač reagira, odnosno da se isklopi. Na osnovu strujno-vremenske karakteristike osigurača s rastalnom niti koju je dao proizvođač moguće je odrediti očekivano vrijeme taljenja osigurača prikazano na slici 4.2. Na x – osi nalazi se struja izražena u amperima, dok se na y osi nalazi očekivano vrijeme izraženo u sekundama. Također, dodane su na karakteristiku pomoćne linije (crvene boje), pomoću kojih se dobivaju točke koje će se kasnije koristiti za testiranje osigurača i za analizu rezultata. Na ovom primjeru su prikazane dvije točke za osigurač veličine D II, razreda gG, marke ETI nazivne snage 6 A. Odabere se proizvoljno odabrana struja, u ovom slučaju ona iznosi 55 A, povlači se okomica sa x-osi prema karakteristici osigurača nazivne snage od 6 A te se zatim iz dobivenog sjecišta povlači okomica na y-os i dobiva se očekivano vrijeme reagiranja osigurača, u ovom slučaju ono iznosi 0,018 s. Podatke, koji se dobiju, se zapisuje u tablice, na osnovu kojih će se kasnije odrađivati testiranja i uspoređivati rezultati. Postupak se analogno provodi za sve točke ostalih osigurača, slika 4.2.



Slika 4.2. Strujno-vremenska karakteristika rastalnih osigurača veličine D II, razreda gg, marke ETI [14]

Osigurač nazivne struje $I_n = 6 A$

Tablica 4.1. Očekivano vrijeme taljenja osigurača za nazivnu struju od 6 A

Struja I [A]	54	45	43	37	36
Očekivano vrijeme t [s]	0,027	0,039	0,043	0,067	0,075

U tablici 4.1. nalaze se proizvoljno odabrane struje, te vrijeme reagiranja osigurača očitano sa strujno vremenske karakteristike osigurača veličine D II, razreda gG, marke ETI, nazivne struje 6 A.

Osigurač nazivne struje $I_n = 10A$

Tablica 4.2. Očekivano vrijeme taljenja osigurača za nazivnu struju od 10 A

Struja I [A]	102	101	99	95	84
Očekivano vrijeme t [s]	0,017	0,025	0,031	0,036	0,055

U tablici 4.2. nalaze se proizvoljno odabrane struje, te vrijeme reagiranja osigurača očitano sa strujno vremenske karakteristike osigurača veličine D II, razreda gG, marke ETI, nazivne struje 10 A.

Osigurač nazivne struje $I_n = 16 A$

Tablica 4.3. Očekivano vrijeme taljenja osigurača za nazivnu struju od 16 A

Struja I [A]	218	204	152	130
Očekivano vrijeme t [s]	0,008	0,015	0,073	0,310

U tablici 4.3. nalaze se proizvoljno odabrane struje, te vrijeme reagiranja osigurača očitano sa strujno vremenske karakteristike osigurača veličine D II, razreda gG, marke ETI, nazivne struje A.

Osigurač nazivne struje $I_n = 20\text{ A}$

Tablica 4.4. Očekivano vrijeme taljenja osigurača za nazivnu struju od 20 A

Struja I [A]	239	230	212	176	140
Očekivano vrijeme t [s]	0,015	0,019	0,030	0,085	0,210

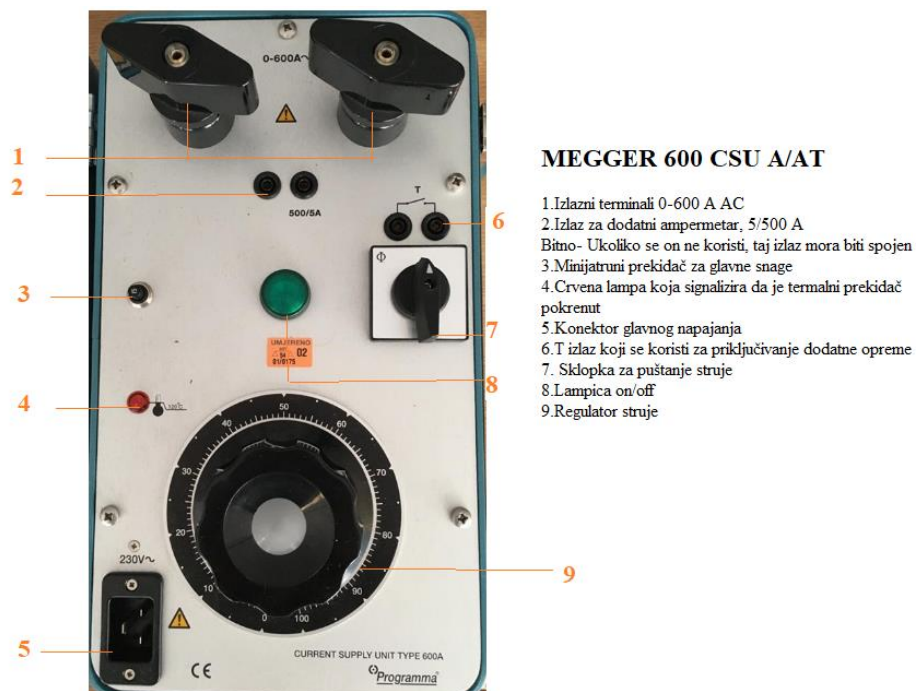
U tablici 4.4. nalaze se proizvoljno odabrane struje te vrijeme reagiranja osigurača očitano sa strujno vremenske karakteristike osigurača veličine D II, razreda gG, marke ETI, nazivne struje 20 A.

4.2. Mjerna oprema

STRUJNI IZVOR MEGGER CSUA 600 A-AT

Ovaj strujni izvor ima dvije glavne primjene. Prvi je provođenje primarnih ispitivanja na zaštitnim relejima. Primarno ispitivanje pokazuje djeluju li svi dijelovi zaštitnog sustava pravilno u određenim vremenskim rokovima i radnim uvjetima.

Drugo područje primjene uključuje provođenje strujnih ispitivanja na niskonaponskim prekidačima [15].



Slika 4.3. Strujni izvor MEGGER CSU 600 A-AT

Tablica 4.5. Općenito o uređaju MEGGER CSU 600 A-AT [15]

Mrežni napon	115 ili 230 V AC, 50/60 Hz
Potrošnja energije (max., engl.)	115 V, 667 VA 230 V, 851 VA
Zaštita	Termalni prekidači i minijaturni prekidači
Dimenzije instrumenta	356 x 203 x 241 mm
Zaštitni kovčeg	610x290x360 mm
Težina	21.9 kg, 38.3 s dodatcima i kovčegom
Strujni kabel	2x5 m, 50 mm ²

Tablica 4.5. govori na kojem mrežnom naponu uređaj može raditi, njegovu potrošnju energije, vrstu zaštite koju posjeduje, dimenzije instrumenata, dimenzije zaštitnog kovčega, težinu uređaja i presjek kabela s kojim se spaja.

Tablica 4.6. Vrijeme rada strujnog izvora i izlazni napon u ovisnosti o struji [15]

Struja [A]	Vrijeme držanja struje na izlazu	Izlazni napon [V]
0	konstantno	9,5
75	konstantno	9,3
100	1 sat	9,0
200	5 minuta	8,5
300	2 minute	8,0
400	1 minuta	8,0
500	30 sekundi	7,0
600	20 sekundi	6,5

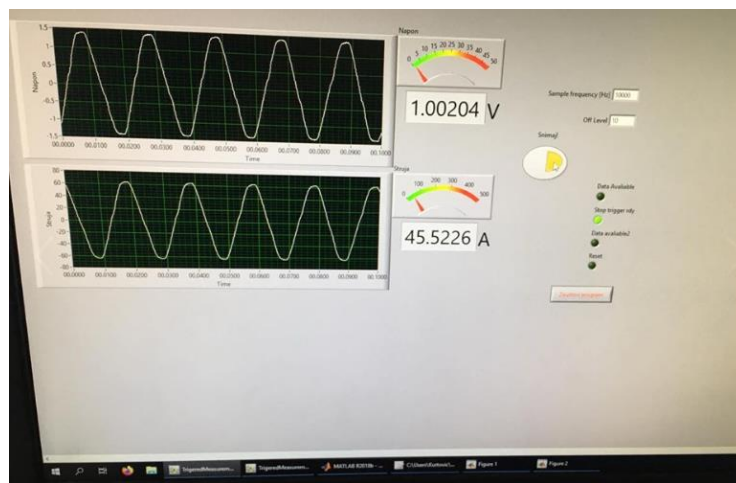
Tablica 4.6. prikazuje koliko dugo strujni izvor, MEGGER CSU 600 A/AT, može držati određeni iznos struje na izlazu pri nekom iznosu napona. Primjerice za iznos struje od 75 A strujni izvor može držati konstantno tu vrijednost struje pri naponu od 9,3 V. Ova veličina struje je dovoljna pri testiranju osigurača veličine D II, razreda gG, marke ETI nazivne struje 6 A. Izlazni napon je prikazan na slici 4.4.

Sučelje programskoga paketa LabVIEW

LabVIEW se koristi u četiri glavne svrhe:

- sadrži automatizirani test proizvodnje komponente/podsustava/sustava
- sadrži automatiziranu validaciju dizajna proizvoda na komponenti/podsustavu/sustavu
- za kontrolu i/ili motrenje stroja/dijela industrijske opreme/procesa
- za nadzor stanja stroja/dijela industrijske opreme [16]

Ključna inovacija je to što koristi grafičke dijagrame, a ne linije teksta, što ga čini intuitivnijim za inženjere i izvrstan je za paralelno programiranje.



Slika 4.4. Sučelje na kojemu se mogu pratiti valni oblici i iznosi napona i struje

Na slici 4.4, prikazi su valni oblici izlaznog napona i struje, kao i njihovi iznosi. Također, pokazivač miša se nalazi na gumbu snimaj, pomoću kojeg se zapisuju i spremaju svi podatci potrebni za daljnju analizu. Sučelje je vrlo praktično. Valja napomenuti da je iznos napona 1 V, što nije sukladno normi. To je jedan od razlog zbog kojeg će rezultati odstupati, što će biti kasnije objašnjeno.

PR 430 strujna kliješta

Struju koja se prikazuje na ekranu računala, pomoću programskog paketa LabVIEW, dobije se tako da se strujnim kliještima obuhvati kabel kojim se spaja strujni izvor i ploča sa osiguračima. Strujna kliješta imaju mogućnost podešavanja dvije vrijednosti maksimalnih struja od 40 A i 200 A, slika 4.5.



Slika 4.5. PR 430 Strujna kliješta

Osigurači tipa D upotrebljavaju se u kućnim električnim instalacijama i napravama za napone 220, 240, 380 i 415 V (prema IEC standardu) isključivo za istosmjerne ili isključivo za izmjenične ili obje vrste struja, a za jačine struje do 100 A. Često se nazivaju instalacijskim osiguračima. Izrađuju se u dva osnovna oblika za priključak s prednje i sa zadnje strane. Svaki od ovih oblika ima četiri osnovna dijela, a to su podnožje, kalibracijski prsten, umetak i kapu. Prema IEC standardu izrađuju se četiri veličine podnožja osigurača za četiri vrijednosti nazivnih struja, a to su:

- D II
- D III
- D IV
- D V

Prema veličini podnožja određuje se i veličina osigurača. Kako će se testirati osigurači D II, gG, (za struje do 25 A) potrebno je bilo izraditi odgovarajući model ploče koja će se koristiti u svrhu testiranja.

Ploča ima sedam mjesta za umetanje uložaka. To je napravljeno iz razloga da kada jedan uložak izgori, da se drugi uložak ne stavlja na njegovo mjesto, zato što je zagrijan na nekoj temperaturi, a to nije poželjno. Također, bitna stavka je da kabeli međusobnih osigurača nisu u kontaktu. Kako se ovdje radi o velikim strujama, koje uzrokuju grijanje kabela, potrebno je imati najprikladniju debljinu kabela. U ovom slučaju koriste se kliješta kojim se spaja osigurač sa strujnim izvorom koja imaju poprečni presjek od 4 mm^2 .



Slika 4.6. Ploča sa osiguračima na kojoj su odrađena mjerenja

5. LABORATORIJSKO TESTIRANJE OSIGURAČA I ANALIZA REZULTATA

U ovom poglavlju na praktičnom primjeru ispitivati će se osigurači veličine D II, razreda gG, marke ETI, nazivnih struja 6, 10, 16, 20 ampera.

Kao što je već ranije kroz rad naznačeno da će se pomoću strujno-vremenske karakteristike proizvođača, očitati vrijeme reagiranja na osnovu proizvoljno odabrane struje. To vrijeme će se uspoređivati s onim koje će se dobiti ispitivanjem pomoću mjerenja opreme. Nakon toga, zapisat će se rezultati, odnosno vremena reagiranja osigurača će se međusobno uspoređivati.

5.1. Laboratorijsko testiranje osigurača

Potrebno je izmjeriti stvarno vrijeme izgaranja osigurača kroz 5 točaka, tablica 4.1. Nakon što se mjerna oprema spoji i provjeri, potrebno je pomoću regulatora struje, koji se nalazi na strujnom izvoru, prikazan na slici 4.3, narediti struju da ona postigne predviđenu vrijednost, u ovom slučaju $I_1 = 55 \text{ A}$. Na sučelju programskog paketa LabVIEW, slika 4.4, pokazivačem se klikne na gumb snimaj, kako bi se zabilježili svi potrebni podaci koji će se kasnije koristiti u analizi. Nakon toga, pali se sklopka na strujnom izvoru te dolazi do prolaska struje kroz osigurač. Osigurač se zagrijava do onog trenutka kada dođe do pucanja niti unutar njega, što dovodi do pada struje na nulu, nakon čega se prekida snimanje u LabVIEW-u i gasi se sklopka na strujnom izvoru. Nadalje, uklanja se testirani osigurač i pomoću multimetra se ustanovljuje je li on stvarno izgorio ili još provodi struju. Svi podatci se zabilježe i sprema na željeno mjesto, kako bi se kasnije mogli detaljnije analizirati putem MATLAB-a.

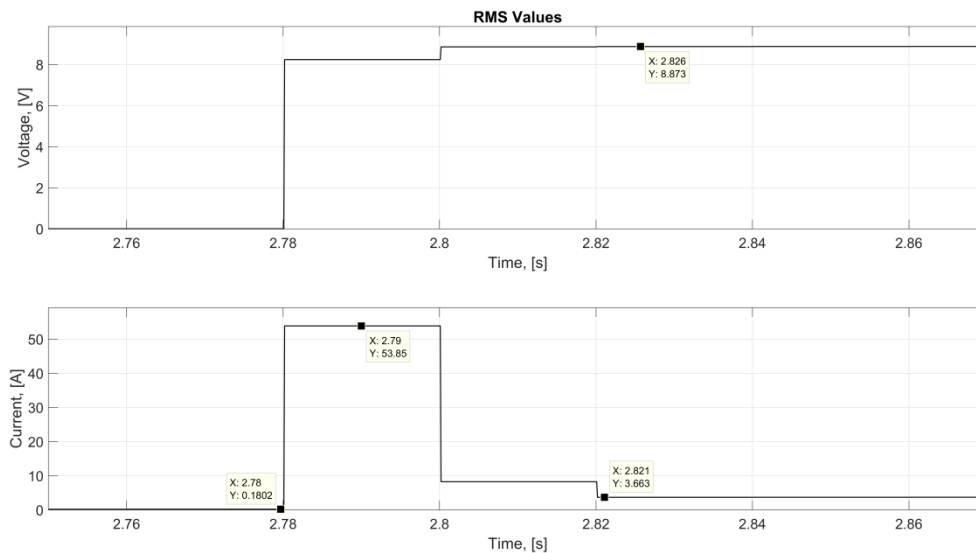
Za svaki osigurač vrši se isti postupak. Nakon toga podatci koji su dokumentirani pomoću programa LabVIEW, konvertiraju se u MATLAB-u pomoću MATLAB skripte, gdje se crtaju grafovi RMS vrijednosti napona i struje u ovisnosti o vremenu, s kojih se očitavaju potrebni parametri za analizu, a to su: vrijeme [s], struja [A] i napon [V].

Vrijeme izgaranja osigurača dobiva se pomoću izraza 5-1. Gdje t predstavlja vrijeme prorade osigurača, x_2 predstavlja trenutak u kojem osigurač isklopi i x_1 predstavlja trenutak u kojemu dolazi do protjecanja struje kroz osigurač.

$$t = x_2 - x_1 \quad (5-1)$$

Osigurač nazivne struje $I_n = 6\text{ A}$

Pokretanjem MATLAB-a i skripte, ubacuju se podaci u skriptu i dobiva se prikaz grafova efektivnih (engl. RMS) vrijednosti struje i napona u ovisnosti o vremena. Za struju od 54 A dobije se graf prikazan na slici 5.1.

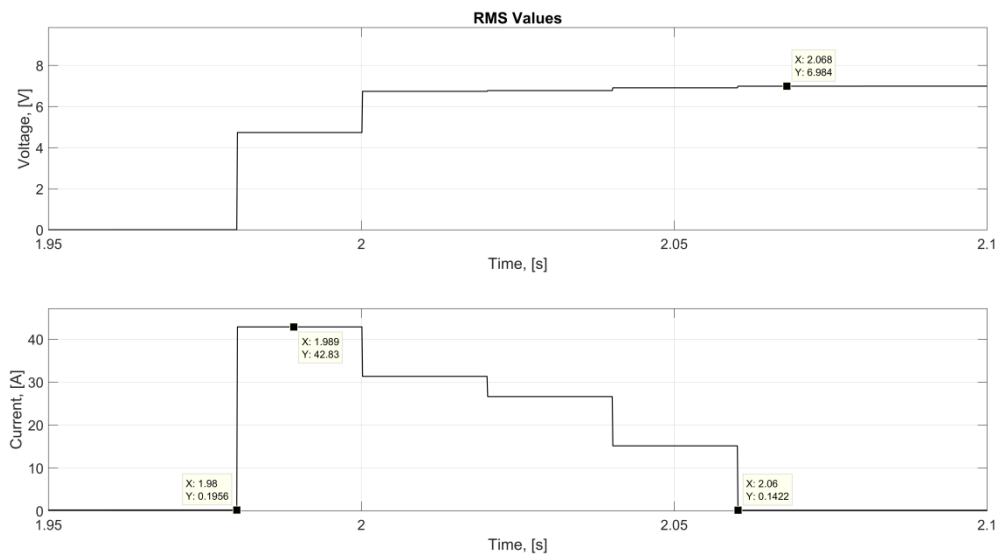


Slika 5.1. Napon i struja kroz proces izgaranja osigurača nazivne vrijednosti struje 6 A pri ispitnoj struji od 54 A

S grafa koji se dobije pomoću MATLAB skripte, slika 5.1., računa se vrijeme izgaranja osigurača pomoću relacije (5-1). Očitava se trenutak u kojemu dolazi do protjecanja struje kroz osigurač, $x_1 = 2,379\text{ s}$ i trenutak isklapanja osigurača $x_2 = 2,575\text{ s}$. Zatim se oduzmu te dvije vrijednosti, kao što kaže relacija (5-1) i dobiva se vrijeme prorade osigurača koje iznosi 0,196 s. Struja se također očitava sa grafa i iznosi 53,85 A. Kako bi se to sve moglo provesti, potrebno je na grafovima označiti točke pomoću funkcije unutar MATLAB-a (engl. *data cursor*), pomoću kojih se određuju vrijednosti koje su neophodne za daljnju analizu.

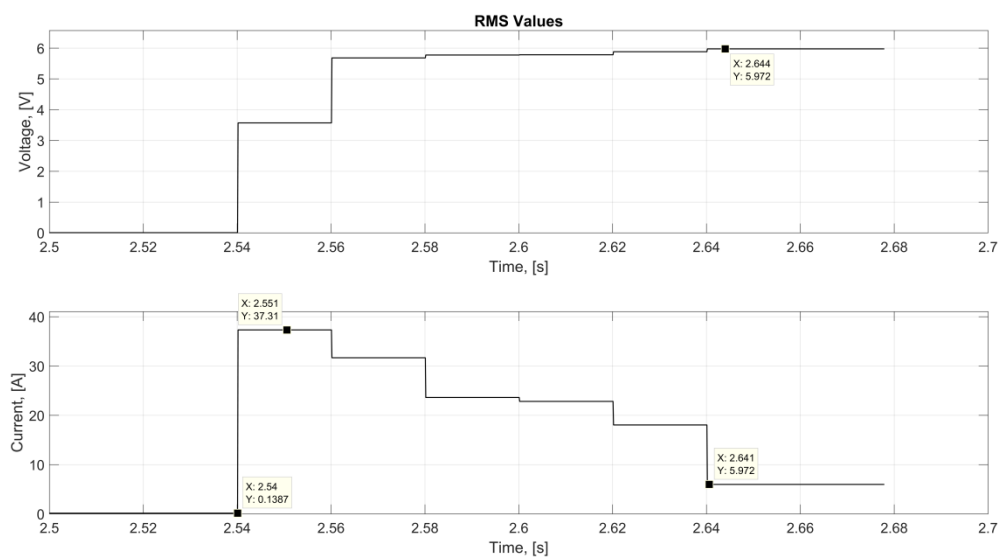
Vidljivo je da u trenutku izgaranja osigurača, odnosno, kada vrijednost struje padne na nulu, dolazi do porasta napona, što je uzrokovano zbog promjene otpora osigurača. Također, napon ne može postići maksimalnu vrijednost koju strujni izvor MEGGER CSU 600 A/AT može dati, a koja iznosi 9,5 V. Razlog tome je što kontrolna nit ne pregori i provodi malu struju, od nekoliko ampera, u ovom slučaju provodi struju u iznosu od 3,6 A, a napon iznosi 7,6 V. Taj problem koji se javlja s kontrolnom niti, u analizi će se detaljnije objasniti.

Postupak se ponavlja za svako mjerenje.



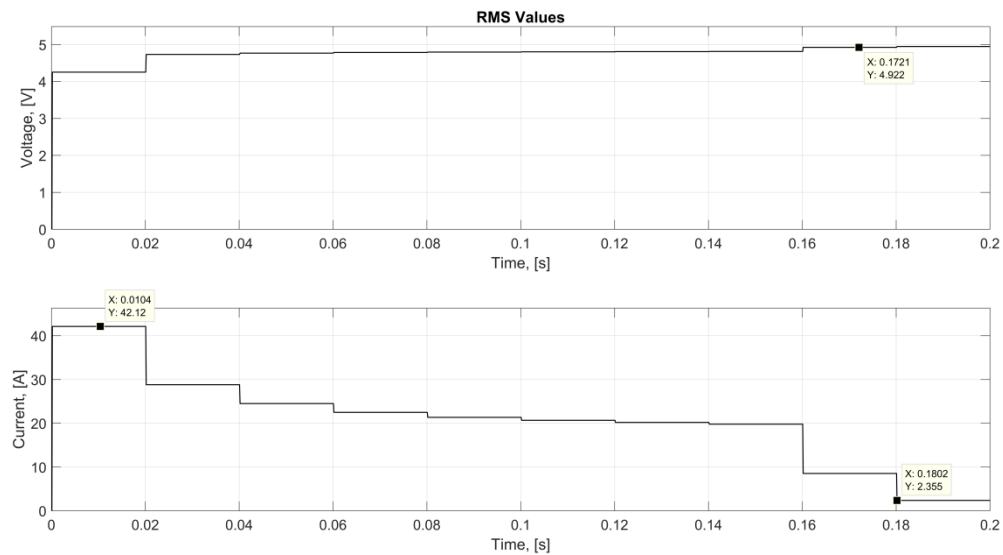
Slika 5.2. Napon i struja kroz proces izgaranja osigurača nazivne vrijednosti struje 6 A pri ispitnoj struji od 43 A

Pomoću točaka, koje su izvedene na grafovima u MATLAB-u. Slika 5.2., određuje se vrijeme izgaranja osigurača, relacija (5-2) i ono iznosi 0,082 s, dok maksimalna struja koja je protekla osiguračem iznosi 42,83 A. Napon koji se dobije nakon isklapanja osigurača iznosi 6,982 V.



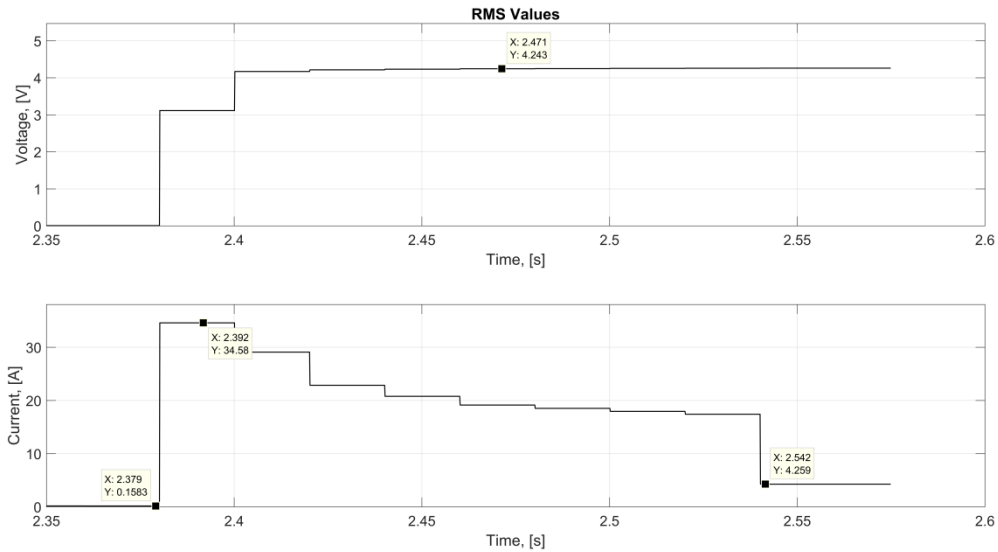
Slika 5.3. Napon i struja kroz proces izgaranja osigurača nazivne vrijednosti struje 6 A pri ispitnoj struji od 37 A

Na slici 5.3. vrijednost struje iznosi 37,31 A, dok je vrijeme izgaranja osigurača iznosi 0,103 s. Također, ovaj osigurač je imao problem s kontrolnom niti, gdje je vidljivo da se struja i dalje provodi kroz nju, što znači da osigurač i dalje provodi struju koja iznosi 4,2 A. U analizi će se koristiti vrijednosti pri kojoj je glavna nit pregorjela. U ovom slučaju uzima se trenutak isklapanja osigurača.



Slika 5.4. Napon i struja kroz proces izgaranja osigurača nazivne vrijednosti struje 6 A pri ispitnoj struji od 42 A

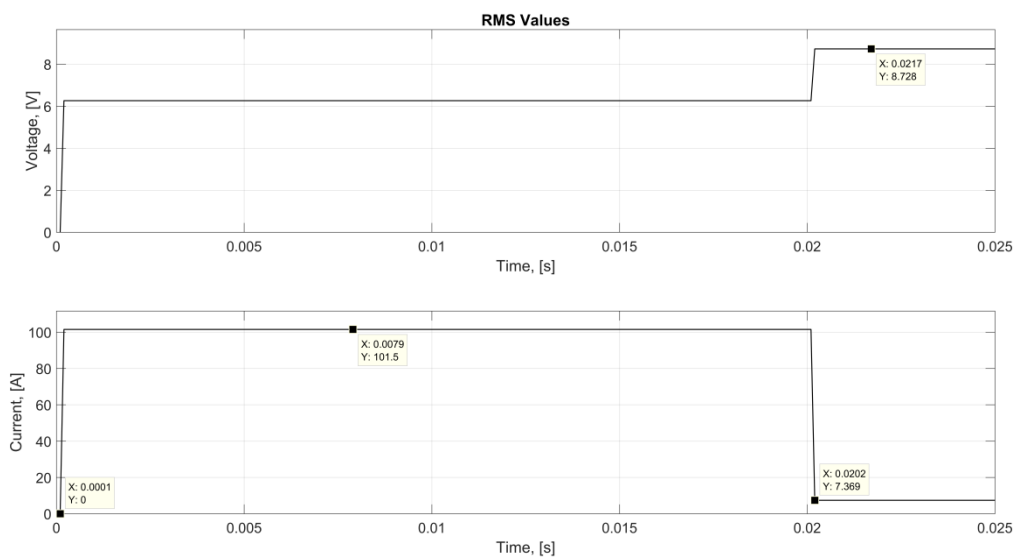
Sa slike 5.4. iščitavaju se vrijednosti struje koja iznosi 42,21 A, dok vrijeme izgaranja osigurača iznosi 0,082 s. Izlazni napon koji naraste nakon prorade osigurača iznosi 4,51 V.



Slika 5.5 Napon i struja kroz proces izgaranja osigurača nazivne vrijednosti struje 6 A pri ispitnoj struji od 35 A

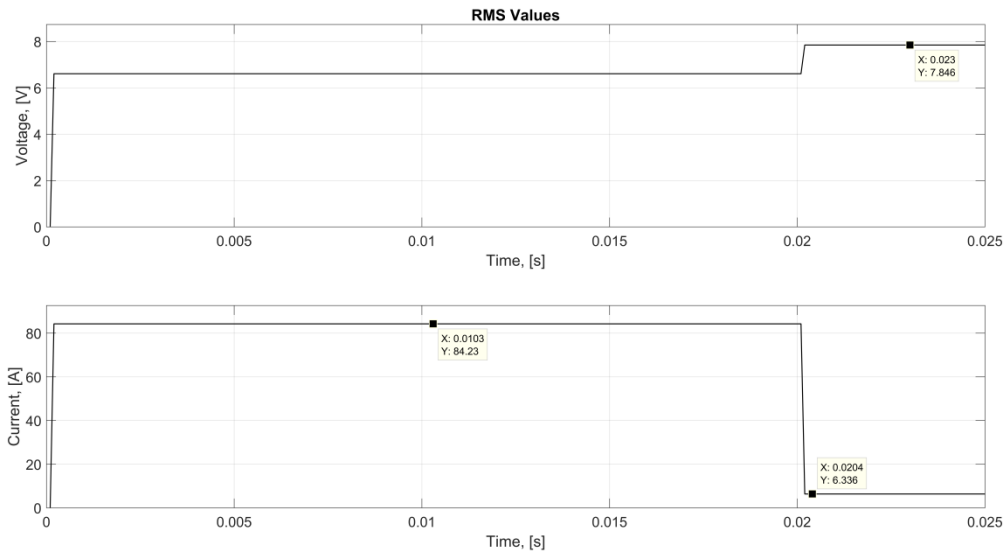
Sa slike 5.5. očitava se maksimalna struja koja protječe kroz osigurač te ona iznosi 34,58 A, vrijeme izgaranja osigurača iznosi 0,196 s. Izlazni napon iznosi 4,257 V. Sa grafa se jasno vidi da kontrolna nit nije pregorjela i da provodi struju u iznosu od 4,259 A.

Osigurač nazivne struje $I_n = 10 A$



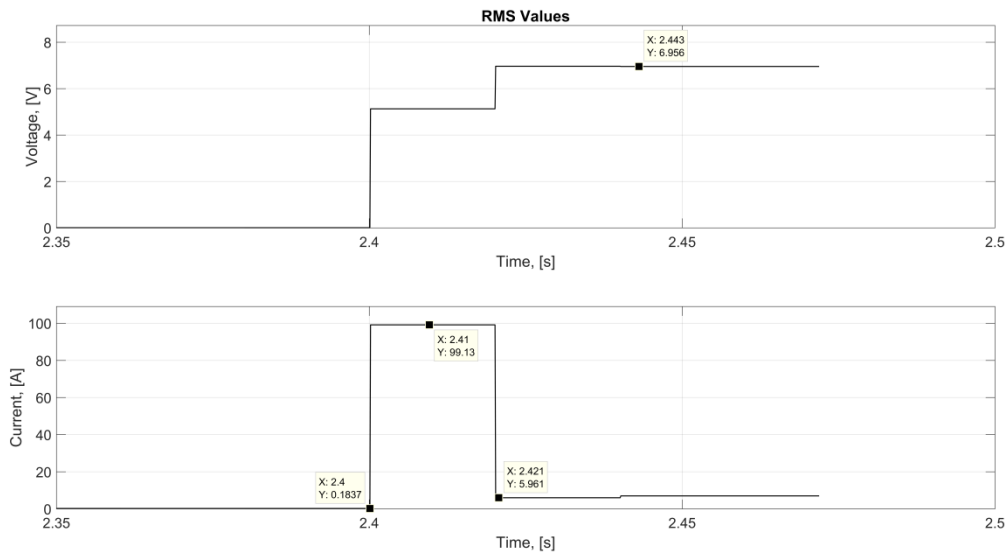
Slika 5.6. Valni oblik napona i struje kroz proces izgaranja osigurača nazivne vrijednosti struje 10 A pri ispitnoj struji od 102 A

Sa slike 5.6. očitavaju se vrijednosti maksimalne struje koja protječe kroz nit osigurača te ona iznosi 101,5 A, dok vrijeme izgaranja osigurača iznosi 0,196 s. Izlazni napon iznosi 8,73 V.



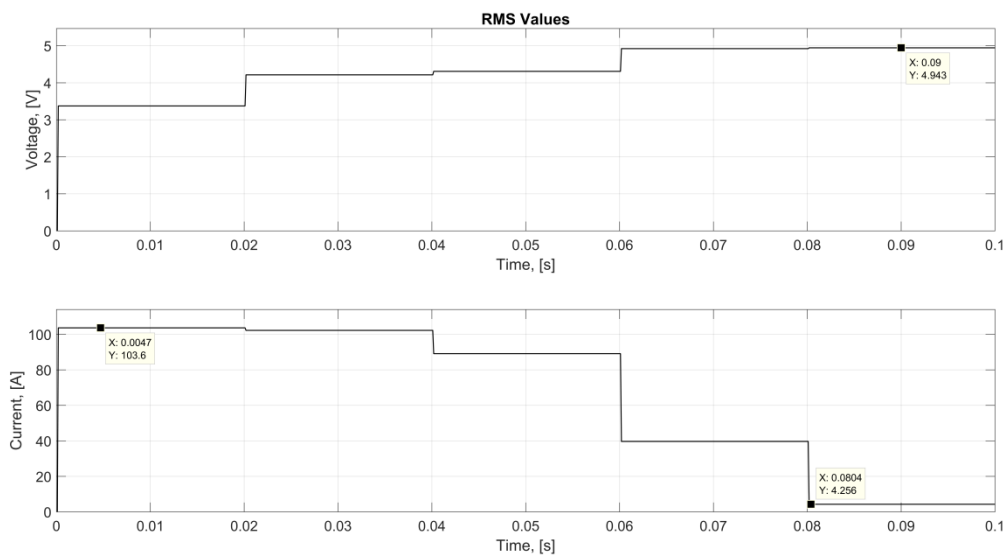
Slika 5.7. Napon i struja kroz proces izgaranja osigurača nazivne vrijednosti struje 10 A pri ispitnoj struji od 84 A

Sa slike 5.7. očitavaju se vrijednosti maksimalne struje koja protječe kroz nit osigurača, struja iznosi 84,23 A i vrijeme izgaranja osigurača u trajanju od 0,0204 s. Izlazni napon ima vrijednost od 6,59 V.



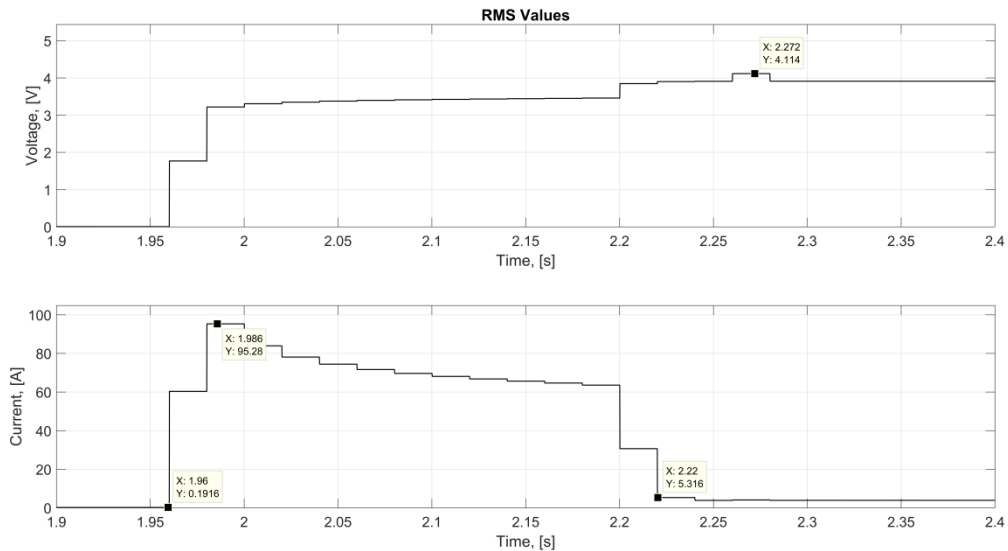
Slika 5.8. Napon i struja kroz proces izgaranja osigurača nazivne vrijednosti struje 10 A pri ispitnoj struji od 99 A

Sa slike 5.8. očitavaju se vrijednosti maksimalne struje koja protječe kroz nit osigurača, struja iznosi 99,13 A i vrijeme izgaranja osigurača u trajanju od 0,033 s. Izlazni napon ima vrijednost od 6,95 V.



Slika 5.9. Napon i struja kroz proces izgaranja osigurača nazivne vrijednosti struje 10A pri ispitnoj struji od 102 A

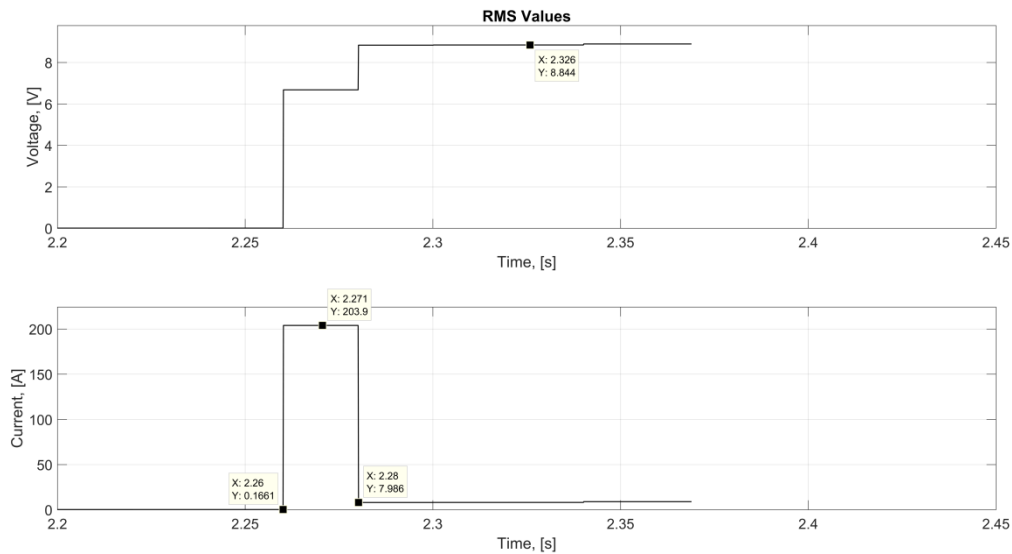
Sa slike 5.9. očitavaju se vrijednosti maksimalne struje koja protječe kroz nit osigurača, struja iznosi 103,6 A i vrijeme izgaranja osigurača u trajanju od 0,0802 s. Izlazni napon ima vrijednost od 4,95 V.



Slika 5.10. Napon i struja kroz proces izgaranja osigurača nazivne vrijednosti struje 10 A pri ispitnoj struji od 95 A

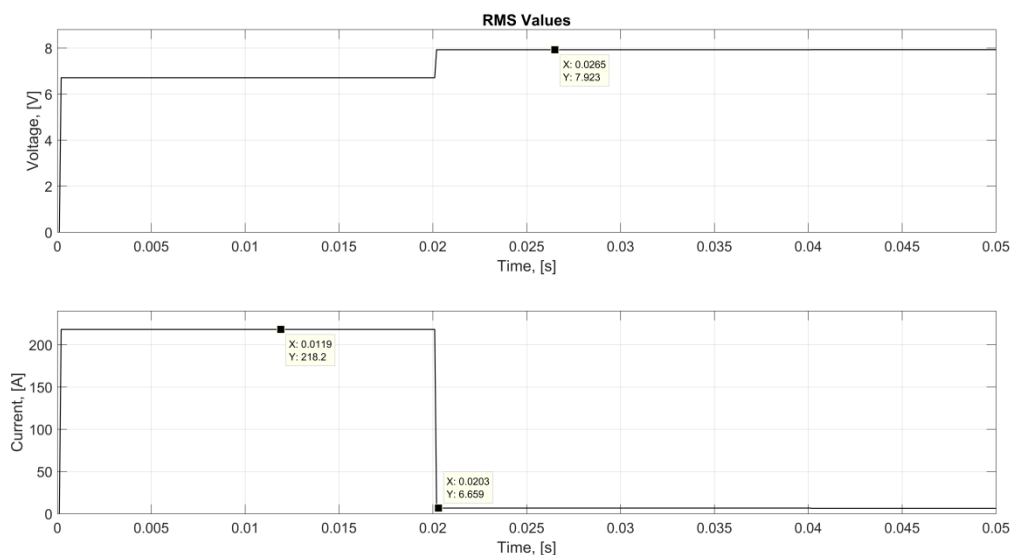
Sa slike 5.10. očitavaju se vrijednosti maksimalne struje koja protječe kroz nit osigurača, struja iznosi 95,28 A i vrijeme izgaranja osigurača u trajanju od 0,279 s. Izlazni napon ima vrijednost od 3,90 V

Osigurač nazivne struje $I_n = 16\text{ A}$



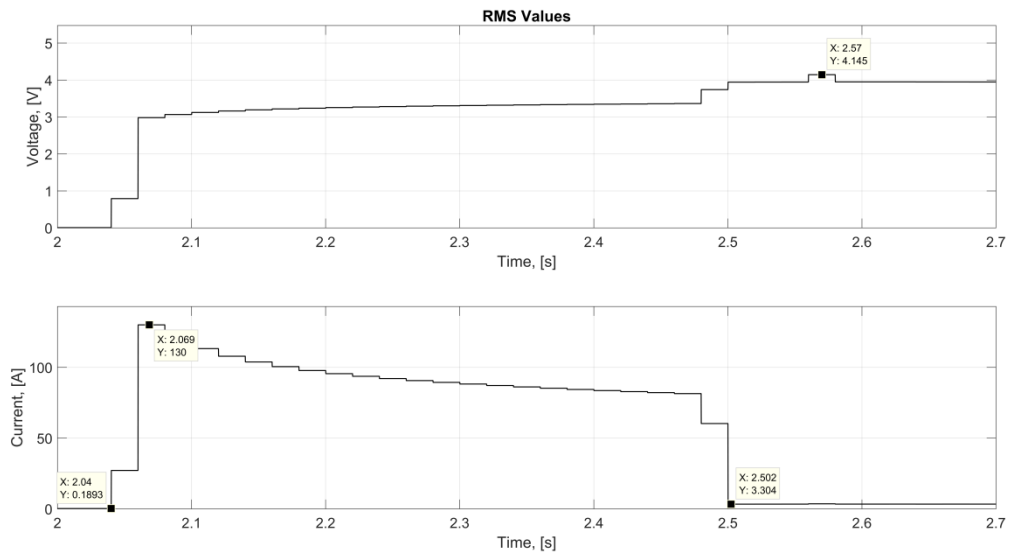
Slika 5.11. Napon i struja kroz proces izgaranja osigurača nazivne vrijednosti struje 16 A pri ispitnoj struji od 204 A

Sa slike 5.11. očitavaju se vrijednosti maksimalne struje koja protječe kroz nit osigurača, struja iznosi 203,9 A i vrijeme izgaranja osigurača u trajanju od 0,016 s. Izlazni napon ima vrijednost od 8,84 V.



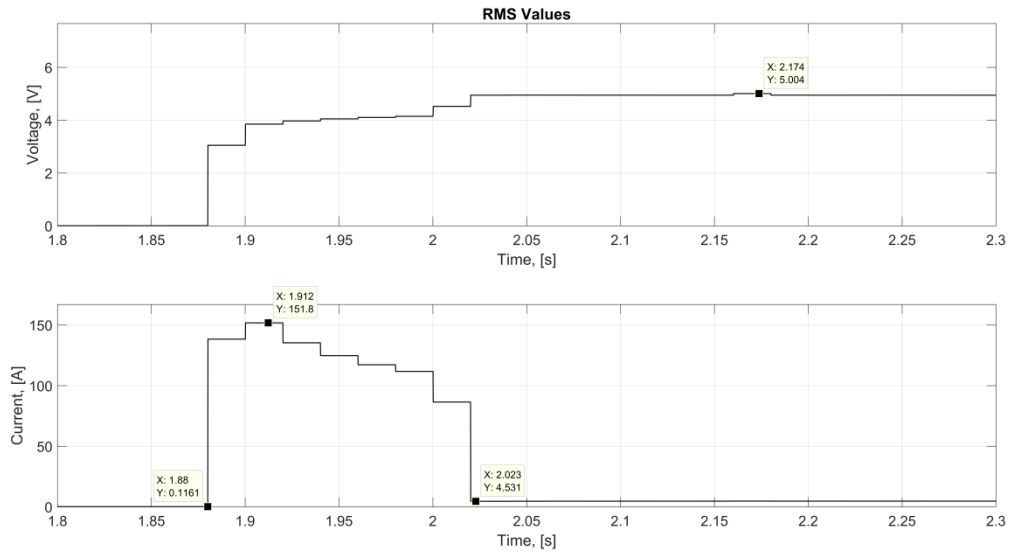
Slika 5.12. Napon i struja kroz proces izgaranja osigurača nazivne vrijednosti struje 16 A pri ispitnoj struji od 218 A

Sa slike 5.12. očitavaju se vrijednosti maksimalne struje koja protječe kroz nit osigurača, struja iznosi 218,2 A i vrijeme izgaranja osigurača u trajanju od 0,008 s. Izlazni napon ima vrijednost od 7,98 V.



Slika 5.13. Napon i struja kroz proces izgaranja osigurača nazivne vrijednosti struje 16 A pri ispitnoj struji od 130 A

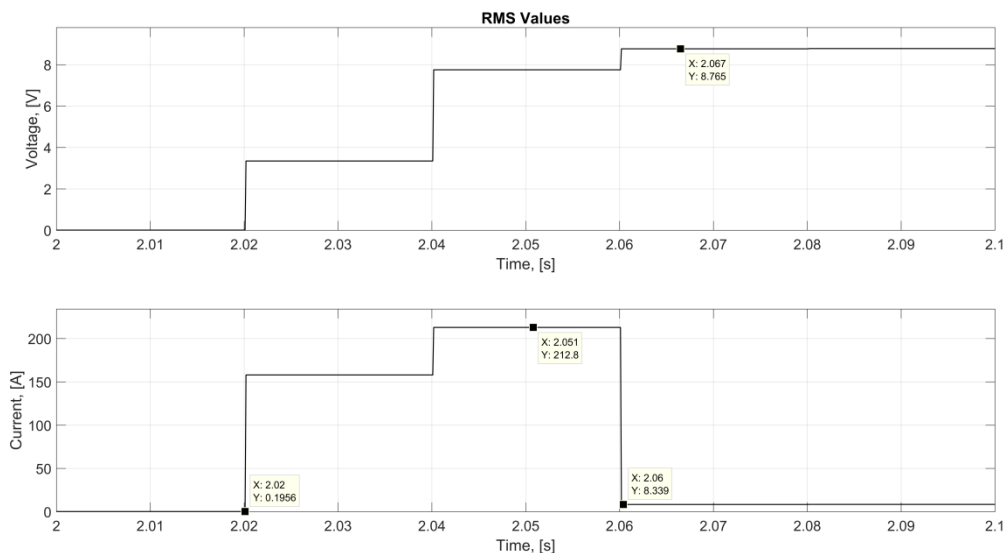
Sa slike 5.13. očitavaju se vrijednosti maksimalne struje koja protječe kroz nit osigurača, struja iznosi 130 A i vrijeme izgaranja osigurača u trajanju od 0,15 s. Izlazni napon ima vrijednost od 3,93 V.



Slika 5.14. Napon i struja kroz proces izgaranja osigurača nazivne vrijednosti struje 16 A pri ispitnoj struji od 152 A

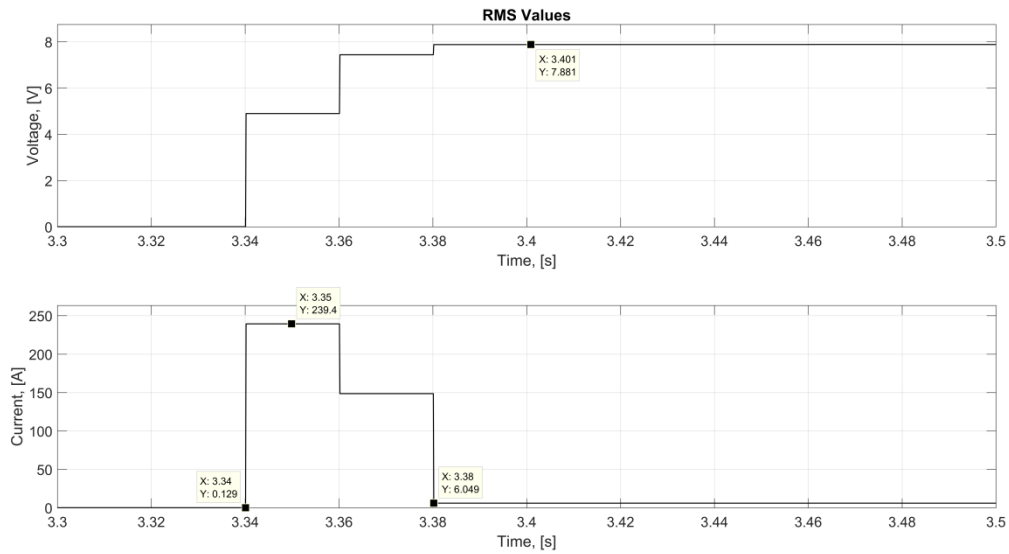
Sa slike 5.14. očitavaju se vrijednosti maksimalne struje koja protječe kroz nit osigurača, struja iznosi 151,8 A i vrijeme izgaranja osigurača u trajanju od 0,08 s. Izlazni napon ima vrijednost od 4,962 V.

Osigurač nazivne struje $I_n = 20 A$



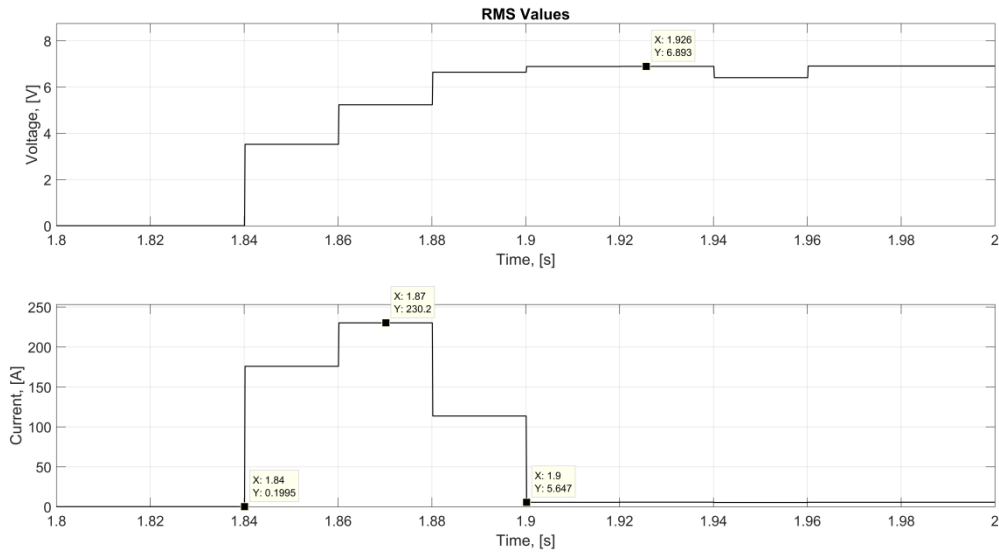
Slika 5.15. Napon i struja kroz proces izgaranja osigurača nazivne vrijednosti struje 16 A pri ispitnoj struji od 212 A

Sa slike 5.15. očitavaju se vrijednosti maksimalne struje koja protječe kroz nit osigurača, struja iznosi 212,8 A i vrijeme izgaranja osigurača u trajanju od 0,044 s. Izlazni napon ima vrijednost od 8,85 V.



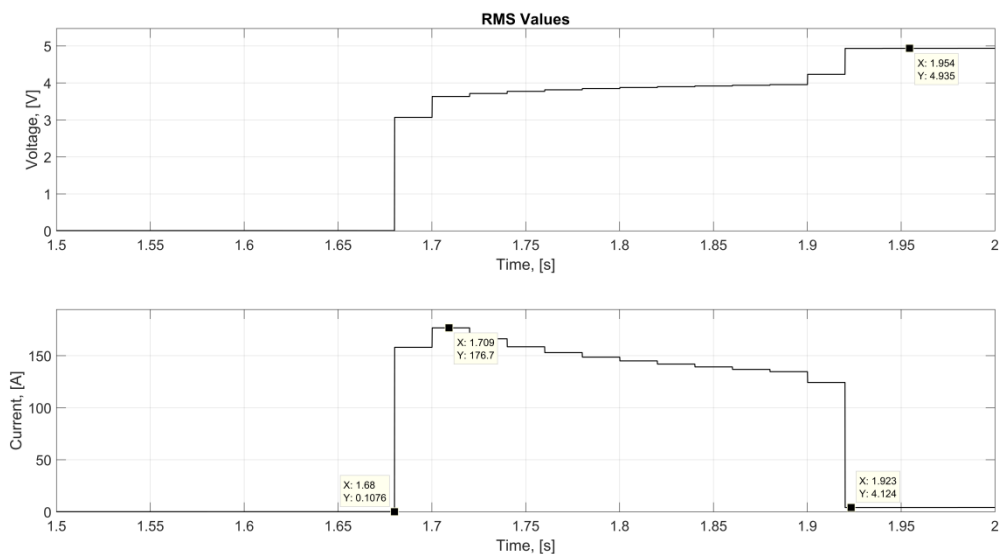
Slika 5.16. Napon i struja kroz proces izgaranja osigurača nazivne vrijednosti struje 16 A pri ispitnoj struji od 239 A

Sa slike 5.16. očitavaju se vrijednosti maksimalne struje koja protječe kroz nit osigurača, struja iznosi 239,4 A i vrijeme izgaranja osigurača u trajanju od 0,018 s. Izlazni napon ima vrijednost od 7,749 V.



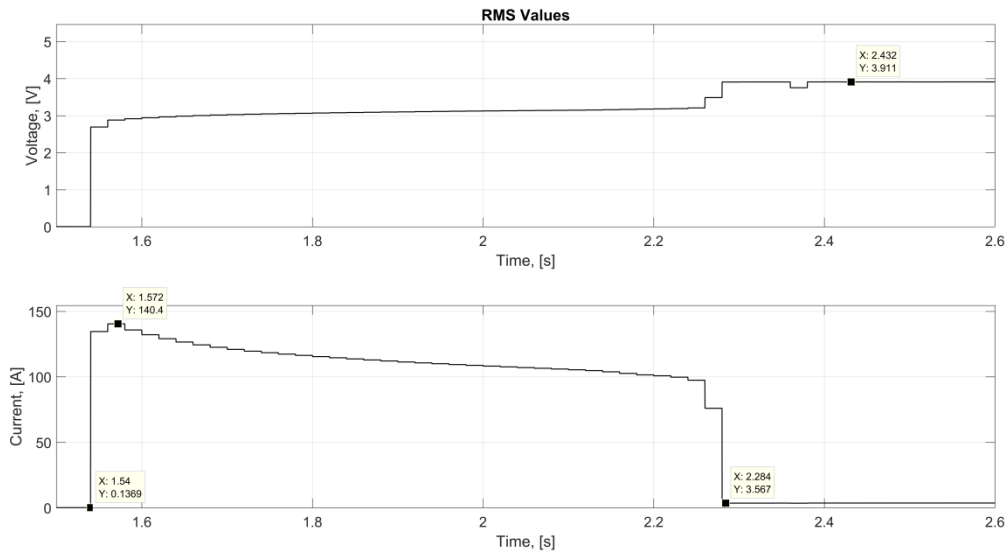
Slika 5.17. Napon i struja kroz proces izgaranja osigurača nazivne vrijednosti struje 16 A pri ispitnoj struji od 230 A

Sa slike 5.17. očitavaju se vrijednosti maksimalne struje koja protječe kroz nit osigurača, struja iznosi 230,2 A i vrijeme izgaranja osigurača u trajanju od 0,030 s. Izlazni napon ima vrijednost od 6,99 V.



Slika 5.18. Napon i struja kroz proces izgaranja osigurača nazivne vrijednosti struje 16 A pri ispitnoj struji od 176 A

Sa slike 5.18. očitavaju se vrijednosti maksimalne struje koja protječe kroz nit osigurača, struja iznosi 176,7 A i vrijeme izgaranja osigurača u trajanju od 0,091 s. Izlazni napon ima vrijednost od 4,94 V.



Slika 5.19. Napon i struja kroz proces izgaranja osigurača nazivne vrijednosti struje 16 A pri ispitnoj struji od 140 A

Sa slike 5.19. očitavaju se vrijednosti maksimalne struje koja protječe kroz nit osigurača, struja iznosi 140,4 A i vrijeme izgaranja osigurača u trajanju od 0,310 s. Izlazni napon ima vrijednost od 3,91 V.

5.2. Analiza rezultata

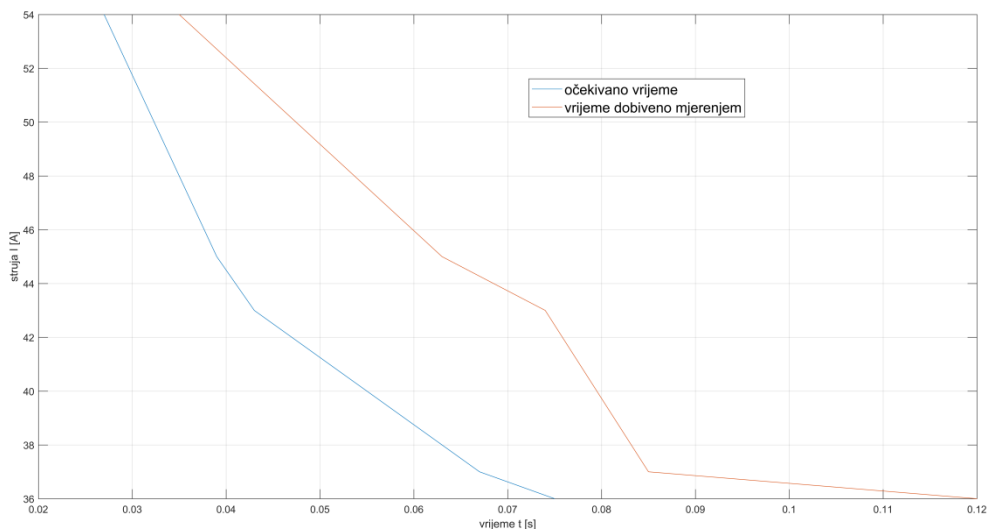
Nakon što se obrade i analiziraju rezultati dobiveni mjerenjem, potrebno ih je usporediti sa proizvoljno odabranim vremenima. Najbolji način za uspoređivati rezultate se dobije pomoću grafičkoga prikaza. Grafovi su izrađeni u programu MATLAB. Na grafovima je jasno prikazano odstupanje stvarnih vremena izgaranja osigurača i očekivanog vremena izgaranja osigurača.

Osigurač nazivne struje $I_n = 6 A$

Tablica 5.1. Prikazuje očekivano i izmjereno vrijeme za proizvoljno odabrane struje osigurača veličine D II, razreda gG, marke ETI nazivne snage 6 A

Struja I [A]	Očekivano vrijeme t [s]	Vrijeme dobiveno mjerenjem t [s]
54	0,027	0,040
45	0,039	0,082
43	0,043	0,091
37	0,067	0,103
36	0,075	0,196

Unutar tablice 5.1. nalaze se vrijednosti struje na kojima su se testirali osigurači te vrijednosti njihovih očekivanih vremena reagiranja i vremena koja su se dobila mjerenjem. Tu se nalaze vrijednosti za pet osigurača veličine D II, razreda gG, marke ETI nazivne struje 6 A.



Slika 5.20. Grafički prikaz očekivanog i izmjerenog vremena za osigurač veličine D II, razreda gG, marke ETI nazivne struje 6 A

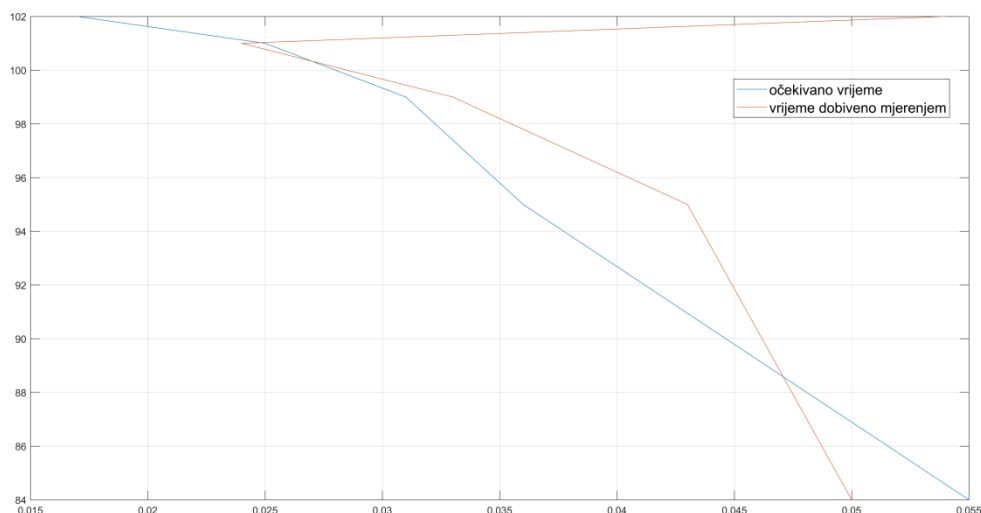
Sa slike 5.20. vidi se odstupanje proizvoljno odabranih vrijednosti, odnosno očitanih sa strujno-vremenske krivulje i rezultata dobivenih mjerenjem za osigurače veličine D II, razreda gG, marke ETI i nazivne struje 6 A. Plavom bojom označene su proizvoljno odabrane vrijednosti, dok su crvenom označene vrijednosti dobivene mjerenjem. Odstupanja koja se javljaju osigurača veličine D II, razreda gG, marke ETI nazivne struje 6 A, mogu biti prouzrokovane raznim utjecajima na mjerenje, od uvjeta u kojim se radilo do mjerne opreme. Jedan od glavnih problema predstavlja izlazni napon strujnog izvora koji ne može dati napon koji zahtjeva norma, te dolazi do toga da glavna nit osigurača pregara, a kontrolna i dalje vodi struju, te se znatno produžuje vrijeme reagiranja osigurača, što se može i vidjeti na grafovima sa slike 5.20.

Osigurač nazivne struje $I_n = 10 A$

Tablica 5.2. Očekivano vrijeme taljenja osigurača za nazivnu struju od 10 A

Struja I [A]	Očekivano vrijeme t [s]	Vrijeme dobiveno mjerenjem t [s]
102	0,017	0,080
101	0,025	0,024
99	0,031	0,033
95	0,036	0,028
84	0,055	0,043

Unutar tablice 5.2. nalaze se vrijednosti struje na kojima su se testirali osigurači te vrijednosti njihovih očekivanih vremena reagiranja i vremena koja su se dobila mjerenjem. Tu se nalaze vrijednosti za pet osigurača veličine D II, razreda gG, marke ETI nazivne struje 10 A.



Slika 5.21. Grafički prikaz očekivanog i izmjerenog vremena za osigurač veličine D II, razreda gG, marke ETI nazivne struje 10 A

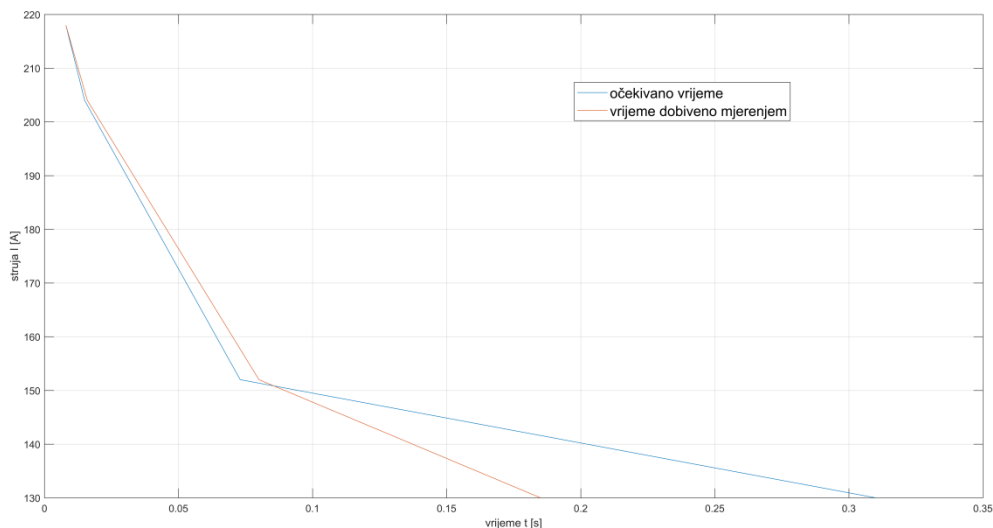
Sa slike 5.21. vidi se odstupanje proizvoljno odabranih vrijednosti, odnosno očitanih sa strujno-vremenske krivulje i rezultata dobivenih mjerenjem za osigurače veličine D II, razreda gG, marke ETI i nazivne struje 10 A. Plavom bojom označene su proizvoljno odabrane vrijednosti, dok su crvenom označene vrijednosti dobivene mjerenjem.

Osigurač nazivne struje $I_n = 16 A$

Tablica 5.3. Očekivano vrijeme taljenja osigurača za nazivnu struju od 16 A.

Struja I [A]	Očekivano vrijeme t [s]	Vrijeme dobiveno mjerenjem t [s]
218	0,008	0,008
204	0,015	0,016
152	0,073	0,080
130	0,310	0,150

Unutar tablice 5.3. nalaze se vrijednosti struje na kojima su se testirali osigurači te vrijednosti njihovih očekivanih vremena reagiranja i vremena koja su se dobila mjerenjem. Tu se nalaze vrijednosti za četiri osigurača veličine D II, razreda gG, marke ETI nazivne struje 16 A.



Slika 5.22. prikaz očekivanog i izmjerenog vremena za osigurač veličine D II, razreda gG, marke ETI nazivne struje 16 A

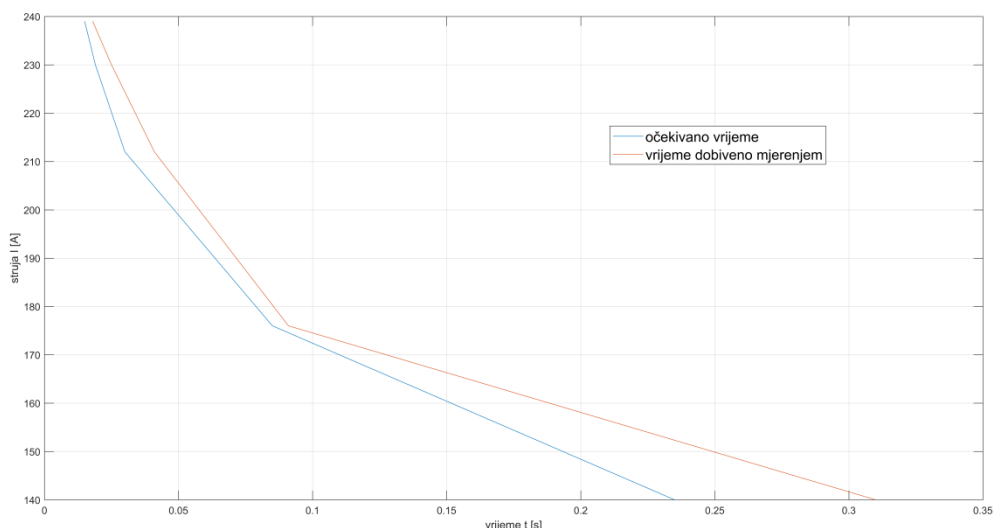
Sa slike 5.22. vidi se odstupanje proizvoljno odabranih vrijednosti, odnosno očitanih sa strujno-vremenske krivulje i rezultata dobivenih mjerenjem za osigurače veličine D II, razreda gG, marke ETI i nazivne struje 16 A. Plavom bojom označene su proizvoljno odabrane vrijednosti, dok su crvenom označene vrijednosti dobivene mjerenjem.

Osigurač nazivne struje $I_n = 20 A$

Tablica 5.4. Očekivano vrijeme taljenja osigurača za nazivnu struju od 20 A

Struja I [A]	Očekivano vrijeme t [s]	Vrijeme dobiveno mjerenjem t [s]
239	0,015	0,018
230	0,019	0,030
212	0,030	0,044
176	0,085	0,091
140	0,210	0,310

Unutar tablice 5.4. nalaze se vrijednosti struje na kojima su se testirali osigurači te vrijednosti njihovih očekivanih vremena reagiranja i vremena koja su se dobila mjerenjem. Tu se nalaze vrijednosti za pet osigurača veličine D II, razreda gG, marke ETI nazivne struje 20 A.



Slika 5.23. Prikaz očekivanog i izmjerenog vremena za osigurač veličine D II, razreda gG, marke ETI nazivne struje 20 A

Sa slike 5.23. vidi se odstupanje proizvoljno odabranih vrijednosti, odnosno očitanih sa strujno-vremenske krivulje i rezultata dobivenih mjerenjem za osigurače veličine D II, razreda gG, marke ETI i nazivne struje 6 A. Plavom bojom označene su proizvoljno odabrane vrijednosti, dok su crvenom označene vrijednosti dobivene mjerenjem.

Na osnovu analize može se vidjeti da očekivano vrijeme odstupa od izmjerenog vremena. Problem leži u disipaciji snage do koje dolazi tijekom procesa zagrijavanja osigurača i njegova reagiranja. Kako osigurači koji su korišteni u svrhu mjerenja, veličine D II, razreda gG, marke ETI, nazivnih struja 6, 10, 16 i 20 A, osim umetka imaju i kućište u koje se stavlja osigurač, prisjedni vijak i kapu, što zapravo predstavlja veliku površinu koja se dodiruje s drugim materijalom, za razliku od ostalih tipova osigurača. Energija se disipira na sve nabrojane dijelove, što dovodi do produžavanja vremena potrebnog da nit pregori, stoga i dolazi do odstupanja očekivanog vremena od stvarno dobivenog. Također, pogreška može biti i u očitavanju sa strujno-vremenske karakteristike, gdje se nastoji biti što precizniji, iz razloga što, ukoliko se očita manja ili veća struja, to povlači odmah i mijenjanje očekivanog vremena, što će kasnije dovesti do odstupanja dobivenih i očekivanih vrijednosti. Također, bitna je i frekvencija uzorkovanja, što je veći broj uzoraka to je mjerenje točnije, taj problem je riješen sa programskim paketom LabVIEW.

Problem koji se javio kod nekolicine osigurača, točnije njih osam jest da kontrolna nit nije pregorjela, slika 5.25., dok glavna jest. Kroz njihove umetke je prolazila velika struja, čak znatno veća od njihove nazivne struje. Okvirno bi se umetak trebao rastaliti za ono vrijeme, koje je očitano na strujno-vremenskoj karakteristici danoj od proizvođača. Razlog tome leži u strujnom izvoru, zato što njegov izlazni napon iznosi 9,5 V, dok prema normi IEC 60269 se zahtjeva da napon bude 100 V. Pomoću slika dobivenih u MATLAB-u, gdje se vide valni oblici struja i napona, može se vidjeti kako u trenutku pregaranja umetka dolazi do pada struje na vrijednost 0, što onda dovodi do porasta napona u tom istom trenutku. Prilikom testiranja osigurača, potrebno je pomoću programskog paketa LabVIEW-a promatrati vrijednosti struje te čekati da ona padne na nulu. Kod tih osam osigurača se događalo to, da je kroz njih protekla velika struja koja je spržila glavnu nit, struja se smanji na vrijednost od nekoliko ampera i dalje protječe kroz kontrolnu nit, što dodatno zagrijava osigurač. Zbog tog problema, dolazi do odstupanja u rezultatima koji su se uspoređivali.



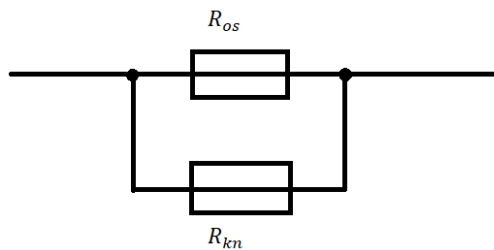
Slika 5.24. Osigurač veličine D II, razreda gG, marke ETI, nazivne struje 20 A, kojemu je glavna nit pregorjela, dok kontrolna nit nije

Naknadno tome, uz mjerenja računala se i otpornost osigurača, uzeli su se ispravni osigurači od 6,10,16 i 20 A te se računala njihova otpornost, slika 5.25., izmjereni podaci ispravnih osigurača nalaze se unutar tablice 5.5.



Slika 5.25. Mjerenje otpornosti kontrolne niti osigurača veličine D II, razreda gG, marke ETI nazivne snage 6 A

Treba napomenuti da izmjerene vrijednosti prikazuju zapravo iznose zbroja otpora kontrolne niti i glavne niti, slika 5.26.



Slika 5.26. Shema prikaza otpora unutar osigurača

Otpori se računaju prema relaciji 5-1 :

$$\frac{1}{R_{uk}} = \frac{1}{R_{0s}} + \frac{1}{R_{kn}} \quad (5-1)$$

Gdje R_{0s} predstavlja otpor osigurača, dok R_{kn} otpor kontrolne niti, gdje je otpor osigurača znatno manji od otpora kontrolne niti.

Tablica 5.5. Otpornost ispravnih osigurača veličine D II, razreda gG, marke ETI

Nazivna struja osigurača I [A]	6	10	16	20
Otpor osigurača R [Ω]	0,0521	0,0344	0,0133	0,0166

Unutar tablice 5.5. nalaze se izmjerene otpornosti za osigurače veličine D II, razreda gG, marke ETI, nazivnih struja 6,10,16 i 20 A. Može se primijetiti odstupanje osigurača od 16 A, što bi moglo biti zbog elemenata osigurača, krivog kontakta uređaja za mjerenje otpornosti i sl. Dok kod ostalih rezultata se može vidjeti da, što je veća nazivna struja osigurača manja je i otpornost.

Nadalje, mjerila se otpornost osigurača kod kojih kontrolna nit nije pregorjela, što se može vidjeti pomoću slika u analizi, također, pomoću zastavica koje se nalaze na umetku. Dobivene vrijednosti zapravo predstavljaju otpornost kontrolne niti, koja je veća od otpornosti osigurača, stoga se rezultati neće uspoređivati. Dobivene vrijednosti nalaze se unutar tablice 5.6.

Tablica 5.6. Prikaz otpora kontrolnih niti osigurača koji su testirani

Nazivna struja osigurača I [A]	Otpor kontrolne niti R [Ω]
6	beskonačno
6	2,945
6	2,943
10	1,044
10	1,321
20	0,758
20	1,057
30	1,207

Iz tablice 5.6. vidljivo je da su vrijednosti otpornosti kontrolnih niti za osigurače istih nazivnih snaga slični. Samo jedan osigurač ima beskonačnu otpornost, to je osigurač nazivne snage 6 A, razlog tome je što se ispitivao na velikoj ispitnoj struji, čak 7 puta većom od njegove nazivne struje.

Pretpostavka zašto nije došlo do pucanja kontrolne niti, je da se osigurač zagrijavao kroz duži period, dolazi do oksidacije metala, što dovodi do toga da materijal mijenja svoja svojstva i ne može reagirati onako kako bi trebao. Također je napomenuto da se nije radilo pri naponu od 100 V kojeg zahtjeva norma.

6. ZAKLJUČAK

Unutar ovoga rada dan je pregled o razvoju osigurača kroz povijest. Stavlja se naglasak na njihovu važnost unutar elektroenergetskog sustava. Nadalje, dane su sve tehničke realizacije osigurača, gdje se najveća pažnja posvećuje tipu D II s topljivim umetkom koji se testira i analizira, taj tip se koristi u kućanstvu, zatim se spominje tip HRC osigurača koji se koriste u industrijskim postrojenjima i na kraju, instalacijski automatski osigurači, koji predstavljaju moderniju izvedbu od D II tipa s umetkom, koji se, također, primjenjuju u kućanstvu. Proučene su njihove fizikalne i tehnološke karakteristike, bez kojih se ne bi moglo provesti mjerenje. Sa strujno-vremenske karakteristike koju je dao proizvođač, za proizvoljno odabrane struje određuje se očekivano vrijeme reagiranja osigurača. Zatim se uspoređuju vremena dobivena mjerenjem i očekivano vrijeme, crtaju se grafovi usporedbe na osnovu kojih se može odrediti kakvoća osigurača.

Rezultati su odstupali, razlog tome leži u strujnom izvoru koji ima izlazni napon od 9,5 V dok norma zahtjeva napon od 100 V. Kod osam osigurača, dolazi do protjecanja velikih struja, kod kojih bi ti osigurači u kratkom periodu trebali reagirati i prekinuti tu struju, no to se ne dešava, iako im je glavna nit prekinuta i ta struja je spuštena na vrijednost od svega par ampera, njime još teče struja, što nikako nije dobro, a razlog tome leži u njegovoj kontrolnoj niti, koja nije prekinuta i vodi struju i dalje. Upravo zbog tog napona od 9,5 V. Da je izlazni napon od 100 V, kontrolna nit osigurača nazivne snage od 16 A pregara na svega 3 A. Također, postoji i mogućnost oksidacije materijala, zbog utjecaja velike topline koju stvara velika struja koja teče kroz osigurač, što može dovesti do promjene svojstava materijala, zbog kojih se on ne ponaša kako je očekivano. Nadalje, utjecaj na odstupanje rezultata ima i dio energije koji se disipirao na dijelove osigurača. Kako bi se smanjilo odstupanje rezultata vidljivo na grafovima u analizi, potrebno je imati adekvatnu opremu, čija je namjena isključivo za tu svrhu ispitivanja osigurača. Ranije je spomenuto da strujni izvor ima hendikep da ne može pustiti napon koji zahtjeva norma, on ima svoje poremećaje koji mogu utjecati na rezultat, njegov regulator ne jamči da će pustiti onu struju koja je na njemu namještena. Zatim svi spojevi imaju svoj otpor koji može utjecati na mjerenja, kontakt osigurača i kabela i sl. Veliku ulogu ima i strujno-vremenska karakteristika, zbog svoje podjele koja je dosta komplicirana, može dovesti do grešaka u očitavanju očekivanog vremena, kao i do odstupanja s dobivenim rezultatima.

7. LITERATURA

[1] L. Vermij, Electrical behaviour of fuse elements, Technische Hogeschool te Eindhoven, Eindhoven, 1696. god.

Dostupno na <https://pure.tue.nl/ws/files/3841752/43027.pdf> [datum pristupa 25.1.2020.]

[2] W. G. Chace, Exploding wires and their uses, New scientist, (br. 339), (sv. 18.), str. (186, 386 - 388), svibanj 1963. god.

Dostupno na

https://books.google.hr/books?id=nt0PzASp8xcC&pg=PA386&lpg=PA386&dq=edward+nairne+fuses&source=bl&ots=AuGpJkPUjL&sig=ACfU3U1wm7ihLd92pO2Mu7PVw9oqdX2_Tw&hl=hr&sa=X&ved=2ahUKEwiFr9HO3LjnAhWHrIsKHWLLB9EQ6AEwFHoECAwQAQ#v=onepage&q=edward%20nairne%20fuses&f=false [datum pristupa 25.1.2020.]

[3] A. Wright, P. G. Newbery, Electric Fuses, 3rd ed, The Institution of Engineering and Technology, London, UK, 2008. god.

[4] M. Rupalla, A brief insight into the world of device fuses, Anchor Academic, Hamburg 2015. god.

Dostupno na

<https://books.google.hr/books?id=KE5DCwAAQBAJ&pg=PA18&lpg=PA18&dq=Boysa+i+CU NYNGHAM+fuse&source=bl&ots=nDAT6iy0n6&sig=ACfU3U3qrKmsQarjnyDwETlw1GZj9Ggzpw&hl=hr&sa=X&ved=2ahUKEwiJlci24bjnAhUQShUIHQVfDroQ6AEwC3oECAyQAQ#v=onepage&q=Boys-a%20i%20CUNYNGHAM%20fuse&f=false> [datum pristupa 27.1.2020]

[5] C. Christopoulos i A. Wright, Electrical Power System protection, 2nd ed, Springer Science, Dordrecht, 1999. god.

[6] Leonard Andrews, Electricity Control: A Treatise on Electric Switchgear and Systems, Kessinger Publishing, Whitefish, 2008. god.

[7] Katalog Fuse systems Siemens, Siemens AG, 2012. god.

Dostupno na

https://cache.industry.siemens.com/dl/files/303/109482303/att_866616/v1/FuseSystems_primer_EN_201601250853041546.pdf [datum pristupa 10.9.2019.]

[8] C. Mulett, IEC60269 gG i aM standard low-voltage fuse, Edu Pack, 2005. god.

Dostupno na

http://www.bezpieczniki.com/strony/artykuly/ferraz/GB104_IEC60269_gG&aM_standard_low_voltage_fuses.pdf [datum pristupa 15.1.2020.]

[9] Low-voltage fuse (Part 3, IEC 60269-3), International Electrotechnical Commission, Švicarska 2003. godine.

[10] Automotive Passenger Car Solutions Catalog, Littelfuse, 2014. god.

Dostupno na https://www.littelfuse.com/~media/automotive/catalogs/littelfuse_fuseology.pdf, [datum pristupa 25.8.2019.]

[11] Metcalf, A. W., A new fuse phenomena', Beama J., 1939. god.

[12] Odabir kabela, ETP- Elektro tehnički portal, 2020 godina.

Dostupno na <https://www.elteh.net/el-instalacije/dimenzioniranje/odabir-kabela.html>, [datum pristupa 25.8.2019.]

[13] Nahid Sarker, Daffodil International University, 27. kolovoza 2016. godine.

Dostupno na <https://www.slideshare.net/MdNahidSarker/fuse-power-system-protection>, [datum pristupa 3.12.2019. godine]

[14] Z. Klaić, Električne instalacije i rasvijeta, FERIT kolegij, 2019.god.

[15] Upute za korištenje, Megger-CSU600A/AT

Dostupno na <https://megger.com/current-supply-unit-csu600a-and-csu600at>, [datum pristupa 5.2.2020.]

[16] Upute za korištenje, Viewpoint systems, Inc, 2020. god.

Dostupno na <https://www.viewpointusa.com/labview/what-is-labview-used-for/> [datum pristupa 11.2.2020.]

[17] A. Halep, Električne instalacije i osvjetljenje, Planjax, Sarajevo, 2005. god.

<https://www.slideshare.net/siki77/amir-halep-knjiga>, [datum pristupa 15.2.2020. godine]

[18] Definicija osigurača, Online Electrical and Electronics Study, 2018. god.

Dostupno na <https://www.eeeguide.com/fuses-definition/> [datum pristupa 20.2.2020.]

SAŽETAK

Ovaj diplomski rad bavi se isključivo ispitivanjem niskonaponskih rastalnih uložaka veličine D II. U prvom dijelu definiran je razvoj osigurača kroz povijest, gdje se naglašavaju Siemensovi modeli koji su odigrali veliku ulogu u njihovom razvoju i tipovi najbrojnijih osigurača koji se upotrebljavaju u praksi. Zatim se definiraju tehničke značajke osigurača, kao što je M efekt koji je imao značajan utjecaj u razvoju osigurača. Također, dane su norme koje su neophodne pri korištenju osigurača i strujno-vremenska karakteristika. Nakon stečenih znanja o osiguračima definira se postupak mjerenja, koji se temelji na strujno-vremenskoj karakteristici, s koje se na osnovu proizvoljno odabranih struja određuje očekivano vrijeme reagiranja osigurača. Detaljno je opisana oprema kojom se izvodi ispitivanje niskonaponskih rastalnih osigurača veličine D II. Glavno poglavlje rada opisuje kako se vrši laboratorijsko ispitivanje osigurača, korak po korak, a nakon završetka ispitivanja dobivaju se stvarna vremena reagiranja osigurača. Analizu predstavlja usporedba stvarnog i očekivanog vremena reagiranja osigurača. Pomoću programskoga paketa MATLAB uspoređuju se vremena i crtaju se grafovi. Na osnovu analize daje se zaključak na temu rada.

Ključne riječi: osigurač, napon, struja, vrijeme, strujno-vremenska karakteristika

ABSTRACT

This final paper exclusively deals with testing of low-voltage D II size cartridges. The first section defines the development of fuses throughout history, with particular emphasis on Siemens models that have played a major role in their development and the types of fuses most commonly used in practice. Then the technical characteristics of the fuse are defined, such as the M effect, which had a significant influence in the development of the fuse system. Furthermore, the fuse standards which are necessary for their usage are described and the time-current characteristics. After acquiring knowledge about fuses, defining the measurement process, which is based on time-current characteristics, from which the expected response time of the fuse is determined on the basis of arbitrarily selected currents. The equipment that will test low-voltage fuses of size D II is described in detail. The main section of the final paper describes how to make a measurement, step by step, and after completion of the test, real fuse response time are obtained. The analysis is a comparison of the real and expected fuse response time. MATLAB software compares times and draws graphs. Based on the analysis, a conclusion is drawn on the topic of the paper.

Key words: fuse, voltage, current, time, time-current characteristic

ŽIVOTOPIS

Dino Stipanović rođen je 09. rujna 1995. u Đakovu, Hrvatska. Nakon završene osnovne škole „Josipa Antuna Čolniča“ u Satnici Đakovačkoj, upisuje Gimnaziju „Antuna Gustava Matoša“ u Đakovu. Tokom srednje škole sudjeluje na nizu natjecanja iz športa. Nakon završetka srednje škole upisuje sveučilišni preddiplomski studij elektrotehnike na Fakultetu elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija u Osijeku. Kao predstavnik Fakulteta sudjeluje na Elektrijadi, gdje se ističu dvije osvojene medalje, srebrna i brončana u Futsalu. Potom upisuje sveučilišni diplomski studij elektrotehnike na Fakultetu elektrotehnike, računarstava i informacijskih tehnologija u Osijeku. Tokom istog predstavlja Fakultet na STEM games-u, futsal. Tokom diplomskoga studija obavljao je stručnu praksu u tvrtki Eletronic centar. Aktivan je u izvannastavnim aktivnostima, posebno u nogometu, gdje je član HNK „Đakovo-Croatia“ koji se natječe u 3. Hrvatskoj nogometnoj ligi. Također, član je futsal kluba MNK „Osijek Kelme“ koji se natječe u 2. HMNL. Nadalje, predstavljao je Osječko sveučilište na Europskom sveučilišnom prvenstvu u nogometu koje se održalo u Osijeku 2015. godine. te je nastupao i na Europskim sveučilišnim igrama Zagreb-Rijeka 2016. godine, gdje je osvojio 4. mjesto u nogometu. Kroz svoje obrazovanje stekao je brojna znanja i vještine na polju elektrotehnike koja su mu potrebna u poslu.