

Osigurači

Savić, Srđan

Master's thesis / Diplomski rad

2019

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:200:816069>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-20**

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

OSIGURAČI

Diplomski rad

Srđan Savić

Osijek, veljače 2019.

SADRŽAJ:

1. UVOD	1
1.1. Opis zadatka	1
2. OSNOVNI POVIJESNI RAZVOJ OSIGURAČA	2
3. TEHNIČKA REALIZACIJA I OSNOVNA PODJELA OSIGURAČA	5
3.1. Strujno-vremenska karakteristika osigurača, fizikalni i električni pojmovi vezani uz osigurače.....	5
3.2. Osnovne definicije vezane uz osigurače.....	8
3.3. Karakteristične veličine koje opisuju osigurač	10
3.4. Tehnički zahtjevi postavljeni na osiguračima	12
3.5. Podjela osigurača u kategorije	14
4. POSTUPAK ISPITIVANJA RASTALNIH ELEMENATA OSIGURAČA.....	25
4.1. Strujno vremenska karakteristika i pripremne radnje za ispitivanje osigurača veličine D II, razreda gG, marke ETI	26
4.2. Strujno-vremenska karakteristika i pripremne radnje za ispitivanje HRC osigurača, veličine 00, razreda gG.....	29
5. PRAKTIČNA PROVEDBA MJERENJA KARAKTERISTIKE OSIGURAČA.....	31
5.1. Postavka i definiranje mjerne opreme	31
5.2. Priprema mjerenja rastalnih osigurača veličine D II, razreda gG, marke ETI	36
5.3. Priprema mjerenja HRC osigurača, veličine 00, razreda gG.....	47
6. USPOREDBA REZULTATA MJERENJA.....	53
7. ZAKLJUČAK	60
8. LITERATURA.....	62

1. UVOD

U 18. stoljeću pojavila se uz električnu energija potreba za zaštitom električnih uređaja. Prvi osigurači bili su jednostavne konstrukcije, dvije niti spojene nekakvim materijalom koji ima nisko talište, te ukoliko bi velika struja prolazila dovoljno dugo kroz materijal niskog tališta, materijal bi se otopio i prekinuo strujni krug [1]. Od ovog jednostavnog primjera iz 18. stoljeća do danas osigurači iza sebe imaju veliku teoriju, čak i danas nisu usavršeni nakon toliko godina rada u tom području. Danas se mogu naći osigurači od nekoliko miliampera do nekoliko kiloampera. Ovi podaci govore koliko su osigurači rasprostranjeni i važni u elektrotehnici.

1.1. Opis zadatka

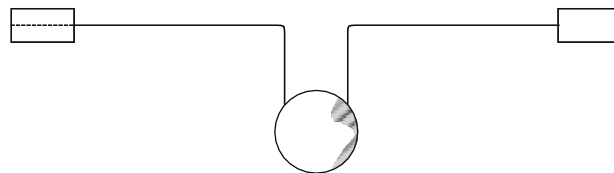
U ovom radu govorit će se o samom povijesnom razvoju, vrstama osigurača, njihovoj izradi, namjeni, te njihovim strujno-vremenskim karakteristikama. Odabrano je nekoliko osigurača iz prakse, te su na njima izvršena ispitivanja. Odabrani su osiguračima nazivnih vrijednosti struja; 6 A, 10 A i 16 A, te visokoučinskom HRC osiguraču 25 A. Da bi se osigurači ispitali potreban je model na kojem će se ispitivanje vršiti i određena oprema koja je za tu namjenu. Potreban je strujni izvor koji će dati onoliku struju kolika je potrebna da bi osigurač izgorio te uređaj pomoću kojeg će biti snimljeni valni oblici izgaranja osigurača i zabilježiti vrijeme izgaranja osigurača. U tu svrhu koristi se hardver IOtech WaveBook 512, te softver koji dolazi uz njega DASYLab pomoću kojih će se zabilježiti; napon, struja i vrijeme. Prilikom mjerenja potrebno je izmjeriti temperaturi pri izgaranju osigurača termometrom, te na kraju analizirati i na osnovu rezultata i analize donijeti zaključak. Naglasak se stavlja na niskonaponske osigurače koji se koriste u izmjeničnim krugovima zbog toga što su tema diplomskog rada.

2. OSNOVNI POVIJESNI RAZVOJ OSIGURAČA

Osigurači se pojavljuju između 1774.god. i 1800.god. Na samu ideju o osiguračima došao je Edward Nairne 1774. god. još u doba elektrostatskog kapaciteta kada je pokušao na siguran način isprazniti Leydenove boce (kondenzatore) gdje je koristio dvije dugačke žice koje bi uskladištile energiju kondenzatora. Žice bi djelovale kao otpornici i ukoliko bi struja pražnjenja bila velika otopila bi žice i na taj način strujni krug bi bio prekinut [1]. Prvi osigurač koji se sastojao od jednostavne žice patentirao je T. Edison 1800. god. [2].

Osigurač dolazi od latinske riječi „fusus“ što znači taliti. Kasnih 1870. godina T. Edison je patentirao rasvjetu koju je trebalo zaštititi. Prvi njegov osigurač je bila tanka žica u drvenom nosaču. Glavna ideja bila je da se žica otopi i prekine strujni krug [3].

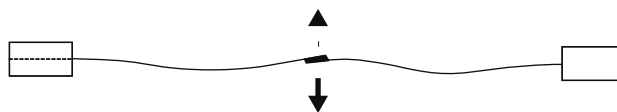
Od 1879. godine osigurači su morali biti i službeno u uporabi iako konstrukcijom nisu zadovoljavali pojedina područja. Iste godine S. P. Thompson je patentirao osigurač koji se sastojao od dvije žice spojene na kuglu koja je bila legura kositra i olova ili od materijala niskog tališta. Patent je prikazan na slici 2.1. [1].



Slika 2.1. Osigurač patentiran od strane S. P. Thompson [1]

Godine 1880. T. A. Edison napravio je osigurač u staklenom kućištu što je s obzirom na prijašnje osigurače koji su bili u drvenim kutijama donijelo zaštitu od požara.

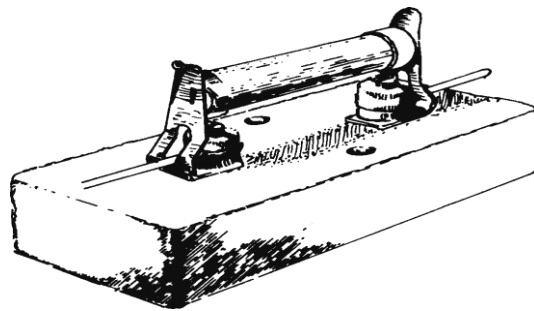
Godine 1883. God. C. V. Boys i H. H. Cunyngham patentirali su osigurač koji se sastojao od dvije žice na krajevima zalemljene materijalom niskog tališta. Ukoliko bi protekla velika struja, dovoljno dugo, lem bi se rastalio i tako strujni krug bi bio prekinut. Osigurač patentiran od strane C. V. Boys i H. H. Cunyngham prikazan je na slici 2.2. [1].



Slika 2.2. Osigurač patentiran od strane C. V. Boys i H. H. Cunyngham [1]

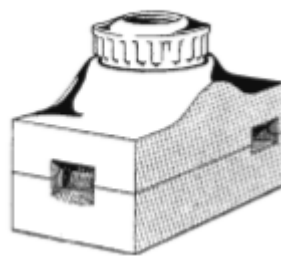
U samom početku razvoja osigurača bilo je potrebno razumjeti procese koji su se javljali prilikom grijanja i izgaranja osigurača. To je uradio A.C. Cockburn koji je ispitivao svojstva vodiča uzimajući u obzir specifičnu toplinu, toplinsku i električnu vodljivost kako bi odabrao najbolji materijal kao osigurač. Također je shvatio da oksidacija ima veliki utjecaj na karakteristiku osigurača. Shvatio je da prilikom pokretanja nekog potrošača struja je puno veća od nazivne struje, te da osigurač mora djelovati na 150-200% nazivne struje [1].

Na osigurače se upućuje 1887. godine kada je W. H. Preece rekao da su žice od platine korištene kao osigurači za zaštitu kabela za podmornice. Kasnije 1890. god. W. A. Mordey je tim osiguračima dodijelio ispunu tako da je osigurač bio ispunjen loše vodljivim, ne zapaljivim materijalom u to doba; kredom, pijeskom, azbestom i sl.. Osigurač patentiran od strane W. A. Mordey prikazan je slikom 2.3. [1].



Slika 2.3. Osigurač patentiran od strane W. A. Mordey [1]

Danas se pijesak kontrolirane veličine zrnaca i čistoće još uvijek koristi za suzbijanje električnog luka pri izgaranju osigurača, te prijenos topline u osiguračima visokih performansi. Početkom 1890. godine pojavila se ZED vrsta osigurača koji je prikazan slikom 2.4., koju je proizveo Siemens Brothers [1]. A.W.Metcalf otkrio je 1939. God. M-efekt što je imalo značajan utjecaj u povijesnom razvoju osigurača.



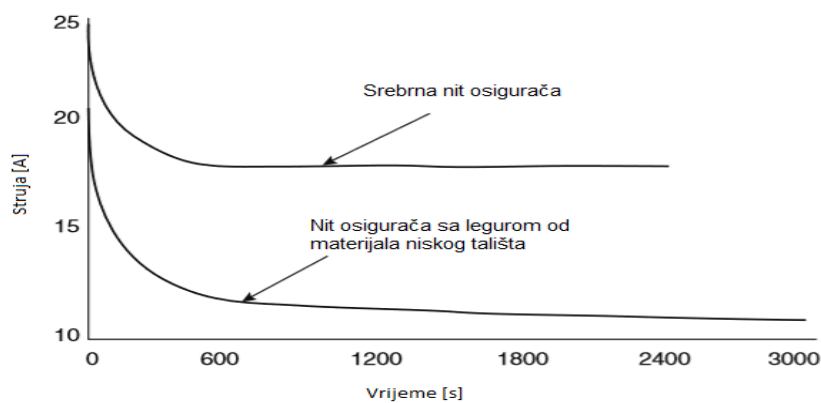
Slika 2.4. Zed osigurač

Jedan od većih problema srebra i bakra je njihova visoka temperatura tališta koja iznosi oko 1000 za mala opterećenja, tj. preopterećenja. Zato se dio niti osigurača, uglavnom sredina, izradi od materijala koji ima nisku točku tališta što se može vidjeti na slici 2.5. Materijal treba imati temperaturu tališta oko 230. Na malim opterećenjima kao što su preopterećenja, dio od materijala niskog tališta se otopi i tako prekine strujni krug, dok bakar služi za velika opterećenja kao što je struja kratkog spoja. Ova pojava se zove M-efekt [4].

M-efekt je otkrio A.W.Metcalf 1939.godine kada je shvatio da se miješanjem materijala dobiju drugačije karakteristike kao što su na slici 2.6. [1].



Slika 2.5. M-efekt



Slika 2.6. Karakteristika struja-vrijeme ispitnih osigurača [1]

Iz same strujno vremenske karakteristike sa slike 2.6. vidi se kako nit osigurača na kojoj se nalazi legura materijala niskog tališta ima za gotovo isto vrijeme prorade znatno manju struju. Samim ovim se zaštitio veliki broj uređaja koji se dovode u opasnost prilikom pojave prevelikih struja.

3. TEHNIČKA REALIZACIJA I OSNOVNA PODJELA OSIGURAČA

3.1. Strujno-vremenska karakteristika osigurača, fizikalni i električni pojmovi vezani uz osigurače

Radi boljeg shvaćanja rada potrebno je opisati pojmove koji se spominju u samom radu kao što su; simbol , strujno-vremenska karakteristika, dijelovi, tip osigurača i sl. Pojmovi koji se nalaze u poglavlju 3.1., poglavlju 3.2., poglavlju 3.3., te potpoglavlju 3.4. preuzeti su iz literature [2].

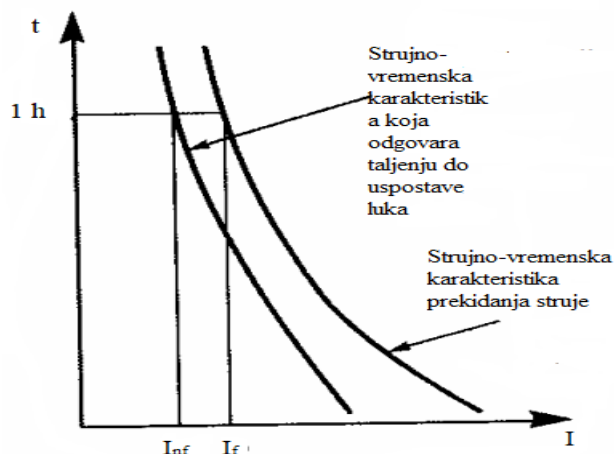
Simbol osigurača prema IEC standardu koji se sastoji od jednog vertikalno okrenutog pravokutnika i ravne linije koja vertikalno prolazi kroz pravokutnik prikazan je na slici 3.1.. Pravokutnik simbolizira kućište osigurača dok ravna linija kroz isti simbolizira topljivi umetak u samom osiguraču.



Slika 3.1. Simbol osigurača prema IEC standardu

Osigurač s topljivim umetkom je naprava koja prekida strujni krug u kom se nalazi, kada struja u strujnom krugu prekorači određenu vrijednost za određeno vrijeme. Strujni krug se prekida uslijed topljenja posebnog dijela koji je za tu svrhu predviđen i dimenzioniran, jedan od razloga može biti struja kratkog spoja. Pod pojmom osigurač podrazumijeva se skup svih dijelova koji čine kompletnu napravu.

Strujno-vremenska karakteristika daje se za vrijeme taljenja koje je duže od 0,1 s. Struja se predstavlja na y osi, dok vrijeme na x osi, te se koristi logaritamska podjela. Karakteristika struja-vrijeme rastalnog umetka ovisi o temperaturi okolnog zraka i uvjetima hlađenja. Ako temperatura okoline nije navedena pretpostavlja se da je temperatura $20^{\circ}C$. Uz djelovanje rastalnog umetka vežu se pojmovi kao što su nazivna struja ne taljenja I_{nf} . i nazivna struja taljenja I_f [13]. Te struje su prikazane na slici 3.2.



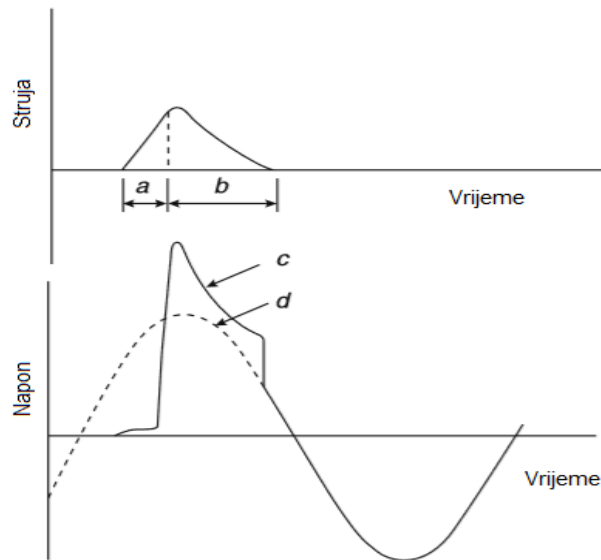
Slika 3.2.: Strujno-vremenska karakteristika osigurača

Nazivna struja netaljenja I_{nf} je utvrđena vrijednost struje, koju rastalni umetak može podnijeti tijekom utvrđenog (nazivnog) vremena bez taljenja, dok je nazivna struja taljenja I_f utvrđena vrijednost struje koja izaziva djelovanje rastalnog umetka tijekom utvrđenog (nazivnog) vremena.

Ako rastalnim umetkom prolazi struja od $1,6 I_n$ rastalni umetak će se rastaliti za nazivno vrijeme ovisno o njegovoj nazivnoj struji I_n što je prikazano u tablici 3.1.

Tablica 3.1.: Nazivna vremena taljenja [13]

Nazivna struja I_n [A]	Nazivno vrijeme [h]	Nazivna struja taljenja I_f [A]	Nazivna struja netaljenja I_{nf} [A]
$I_n < 16$	1	Nije utvrđeno	Nije utvrđeno
$16 \leq I_n \leq 63$	1	$1,6 I_n$	$1,25 I_n$
$63 < I_n \leq 160$	2		
$160 < I_n \leq 400$	3		
$400 < I_n$	4		



Slika 3.3. Oblik napona i struje kroz osigurač prilikom kratkog spoja

Kao što se ranije spomenulo da jedan od razloga taljenja umetka može biti struja kratkog spoja, na slici 3.3. prikazan je valni oblik napona i struje prilikom kratkog spoja. Osigurač tu struju mora prekinuti u određenom vremenu. Dijelovi označeni na slici 3.3. su;

- a – vrijeme prije izgaranja
- b – vrijeme izgaranja
- c – napon osigurača
- d – napon izvora

Nazivni napon je napon označen na osiguraču, o kojem ovise uvjeti za ispitivanje i maksimalni radni napon osigurača.

Nazivna struja umetka je struja označena na ulošku, koju uložak u svom normalnom radnom položaju može trajno izdržati bez oštećenja i prekoračenja dozvoljene temperature.

Nazivna struja osnove ili kape osigurača je struja označena na osnovi ili kapi osigurača, koju osigurač, u kojem je uložak iste nazivne struje, može trajno izdržati bez oštećenja i prekoračenja dozvoljene temperature.

Najmanja struja taljenja je najmanja struja pri kojoj se uložak tali. To je vrijednost struje topljenja osigurača za beskonačno vrijeme topljenja. Ova vrijednost struje se dobije iz karakteristike djelovanja osigurača.

Očekivana struja je efektivna vrijednost izmjenične komponente izmjenične struje ili vrijednost jednosmjerne struje, koja bi za dani napon i uvjetima mreže tekla u strujnom krugu u slučaju kratkog spoja neposredno iza osigurača, ako se osigurač zamjeni spojem zanemarive impedancije.

Vrijeme djelovanja je vrijeme od trenutka kada struja postane dovoljno velika da izazove topljenje elementa, do trenutka kada se struni krug i struja trajno prekinu.

Selektivnost između dva i više osigurača spojenih u red postoji kada, u slučaju kratkog spoja ili preopterećenja, djeluje samo predviđeni osigurač.

Uspostavljeni napon je osnovna komponenta napona koji se uspostavlja na stezaljkama osigurača neposredno poslije gašenja luka.

Snaga prekidanja je najveća očekivana struja koju osigurač može prekinuti pod određenim naponom i uvjetima.

3.2. Osnovne definicije vezane uz osigurače

Kalibrirani osigurač je osigurač konstruiran i dimenzioniran tako da se u njega može staviti topljivi umetak samo određenog tipa i nazivne struje koja ne prelazi određenu vrijednost, a onemogućeno je slučajno stavljanje topljivog umetka veće nazivne struje. Te postoji nekoliko tipova kalibriranih osigurača kao što su osigurač tipa B koji se sastoji od osnove, kape i topljivog umetka s cilindričnim kapticama. Kapa obično ima dva nožasta kontakta koji se uvlače u odgovarajuće kontakte u osnovi i osigurač tipa D koji se sastoji od osnove, kape sa navojem, kalibarskog prstena i topljivog umetka s čeonim kontaktima. Kapa pridržava topljivi umetak u osnovi osigurača. Topljivi umetak se treba istopiti kada osigurač počne djelovati. Osim topljivog umetka osigurač ima uložak koji treba zamijeniti kada se topljivi element istopi. On se sastoji od topljivog elementa, cilindričnog izolacijskog tijela i dva čeonu kontakta. Ta dva kontakta su vodljivi dio uložka, namijenjeni da ostvare spoj s kontaktom osnove osigurača neposredno ili preko kape osigurača. Kapa osigurača pridržava uložak u osnovi i olakšava zamjenu uložka. Kapa osigurača je metalni dio kape koji spaja kontakt uložka s kontaktom

osnove. Osnova osigurača je učvršćeni dio osigurača na kojem se nalaze stezaljke za priključak, zajedno sa poklopcem ako ga ima. Kontakt osnove osigurača metalni je dio pričvršćen na osnovu i namijenjen za spoj sa kontaktom uložka i kape, a neposredno je spojen sa stezaljkom osnove.

Kalibarski prsten je dio kalibriranog osigurača koji sprečava stavljanje uložka veće nazivne struje nego što odgovara prstenu. Izgled kalibarskog prstena prikazan je slikom 3.4., a prikaz boja po veličinama i nazivnim vrijednostima uložka, te nazivnim vrijednostima osnova nalaze se u tablici 3.2.

Tablica 3.2. Prikaz boja po veličinama i nazivnim vrijednostima uložka, te nazivnim vrijednostima osnova

Velicina	Osnova do A	Uložak [A]	Boja	Velicina	Osnova do A	Uložak [A]
D0 1	16	2	Ružičasta	D II	25	2
		4	Smeđa			4
		6	Zelena			6
		10	Crvena			10
		16	Siva			16
D0 2	63	20	Plava	D III	63	20
		25	Žuta			25
		35	Crna			35
		50	Bijela			50
D03	100	63	Bakrena	D IV	100	63
		80	Srebrna			80
		100	Crvena			100

U tablici 3.2. nalaze se boje kalibarskog prstena prema veličini i nazivnoj struji uložka te nazivnoj struji osnove. Tako za osigurač veličine D0 1 i njegovu osnovu koja podržava uložak nazivne vrijednosti do 16 A imamo da u kalibarski prsten ružičaste boje se može staviti samo uložak nazivne vrijednosti 2 A.

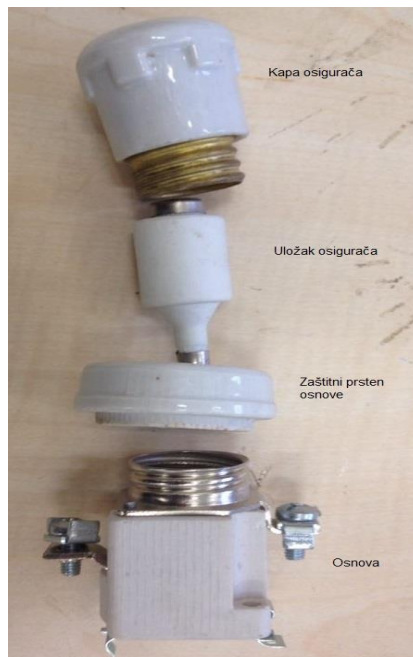


Slika 3.4. Kalibarski prsten sive boje

Kalibarski prsten je sive boje što znači da se u njega može staviti uložak veličine D0 1 nazivne vrijednosti 16 A, ako mu je osnova nazivne vrijednosti struje do 16 A, ili uložak veličine D II nazivne vrijednosti 16 A, ako mu je osnova nazivne vrijednosti do 25 A. Prikazan je na slici 3.4. Okce je dio uložka koji pokazuje ispravnost topljivog umetka.

3.3. Karakteristične veličine koje opisuju osigurač

Dijelove DIAZED osigurača prikazani su slikom 3.5. U podpoglavlju 3.3 bit će definirane i opisane karakteristične veličine koje se moraju nalaziti na dijelovima osigurača.



Slika 3.5. Dijelovi DIAZED osigurača

Na osnovama osigurača mora biti označeno:

- nazivna struja u A
- Nazivni napon u V
- naziv ili znak proizvođača
- oznaka i tip

Oznake se moraju nalaziti na glavnom dijelu osnove. Oznake nazivne struje, nazivnog napona i naziva ili znaka proizvođača moraju biti lako uočljive s prednje strane kada je osnova učvršćena i priključena kao u normalnoj uporabi, ali bez stavljene kape, uloška i kalibarskog prstena i sa skinutim poklopcem ako je potrebno.

Na kapama osigurača mora biti označeno:

- nazivna struja u A, samo za tip B
- nazivni napon u V
- naziv ili oznaka proizvođača.

Oznake se moraju nalaziti na glavnom dijelu kape i moraju biti lako uočljive sa prednje strane, kada je kapa stavljena u osnovu.

Na ulošcima moraju biti označeni:

- nazivna struja u A
- nazivni napon u V
- naziv ili oznaka proizvođača
- oznaka tipa (ako proizvođač radi više tipova tromih ili normalnih umetaka).
- vrsta struje, ako je uložak proizveden samo za izmjeničnu ili samo za istosmjernu struju,
- simbol tromosti, samo za trome umetke

Oznake moraju biti lako uočljive. Smatra se da su ulošci bez oznake vrste struje predviđeni za obje vrste struje.

Na kalibarskim prstenovima moraju biti označeni:

- nazivna struja u A
- nazivni napon u V
- naziv ili znak proizvođača

Oznake nazivne struje i napona moraju biti lako uočljivi s prednje strane kada je kalibarski prsten smješten u osnovi, osim kalibarskih prstenova nazivne struje preko 63 A, na kojima oznaka može biti i sa zadnje strane.

3.4. Tehnički zahtjevi postavljeni na osiguračima

Osigurači moraju biti konstruirani i izrađeni tako da u tijeku uporabe ne mijenjaju svoje karakteristike i ne dovode u opasnost korisnike i okolinu. Uložak određene nazivne struje ne može zamijeniti uloškom veće nazivne struje i to:

- bez izmjene kape, za osigurač tipa B
- bez izmjene kalibarskog prstena, za osigurače tipa D

Ova odredba nije obvezna za nazivne struje do 6 A.

Dijelovima osigurača pod naponom moraju biti izolirani ili zaštićeni kada je osnova osigurača instalirana i priključena kao u normalnoj upotrebi, uloškom i kapom, također mora biti konstruiran da se zamjena uloška može obaviti bez dodira dijelova pod naponom. Dijelovi zaštite od slučajnog dodira moraju biti izrađeni tako da se ne mogu ukloniti bez uporabe alata. Ovo se ne odnosi na kape osigurača. Osnove osigurača moraju imati vijčane priključne stezaljke. Uređaj za pritezanje provodnika ne smije služiti i za pričvršćivanje drugih dijelova. Vijci za stezaljke, svornjaci za priključivanje sa zadnje strane i navrtke moraju imati standardni metrički navoj. Stezaljke moraju biti učvršćene tako da se ne rasklimaju prilikom pritezanja i popuštanja. Svornjaci za priključivanje sa zadnje strane moraju biti pouzdano učvršćeni na osnovi osigurača. Stezaljke moraju biti konstruirane tako da se provodnik steže između dvije metalne površine i da se spoj postiže dovoljnim pritiskom, a da se pri tome ne ošteti provodnik.

Stezaljke moraju biti konstruirane tako da se provodnik ne može pomicati prilikom pritezanja vijka. Stezaljke moraju biti takve da se provodnici mogu priključiti bez naročitih prethodnih priprema npr. Lemljenje višežičnih provodnika, primjena stopica i sl., od kojih se izdvajaju stezaljke za kableske stopice ili trakaste provodnike. Navoj za pritezanje provodnika na svornjacima za priključivanje sa zadnje strane mora biti osiguran od odvijanja. Osnove osigurača moraju biti izrađene tako da se mogu pričvrstiti za ranu površinu. Osnove osigurača moraju biti konstruirane tako da poslije pričvršćivanja osnove bude moguće uvući i pritegnuti provodnik u stezaljke. Osim toga, stezaljke moraju biti smještene tako da poslije pravilnog pritezanja provodnika ne postoji mogućnost da se tim postupkom uložak premosti.

Poklopac mora biti pričvršćen tako da se ne može okretati. To se mora obaviti s dva neovisna sredstva, od kojih se barem jedan (vijak) ne može olabaviti bez uporabe alata. Poklopac mora biti dovoljno čvrst da može izdržati naprezanja koja nastaju za vrijeme pričvršćivanja. Na osnovama osigurača tipa D, košuljica s navojem mora biti izrađena zajedno sa sponom za stezaljku, ili ta spona može biti zavarena na košuljici. Košuljica s navojem mora biti pouzdano pričvršćena na osnovi. Spona središnjeg kontakta mora biti pouzdano učvršćena da se ne može pomjerati u stranu.

Na osnovama osigurača tipa D, gornja površina onog dijela spone središnjeg kontakta koji se nalazi u predjelu koncentričnog kruga oko rupe za uvrtnje kalibarskog prstena mora biti potpuno ravna i na propisanom nivou. Dio koncentričnog kruga označen je šrafitiranjem u horizontalnoj projekciji. Rubovi rupe za kalibarski prsten ne smiju biti hrapave i nikakvi dijelovi ne smiju viriti iznad pomenutog nivoa u predjelu šrafitirane površine. Na kapama osigurača tipa D, košuljica s navojem mora imati napravu za držanje uloška u određenom položaju. Njena kontaktna površina ne smije biti hrapava. Košuljica mora biti pouzdano učvršćena u keramičko tijelo kape. Kapa osigurača tipa D mora imati otvor za promatranje okca na uloška. Ovaj otvor mora biti pokriven dobro učvršćenim staklenim oknom, liskunom ili odgovarajućim provodnim materijalom. Ulošci moraju biti zatvorenog tipa i izrađeni tako da se čeonni kontakti ne mogu ukloniti rukom i da se, bez trajnog oštećenja umetka, ne mogu zamijeniti dijelovi koji osiguravaju nezamjenjivost. Uložak tipa D, nazivne struje 63 A, moraju biti uporabljivi za izmjeničnu i istosmjernu struju.

Kalibarski prsteni moraju biti izrađeni tako da izdrže naprezanja koja nastaju u normalnoj uporabi. Metalni dio kalibarskog prstena mora biti izrađen od jedno komada, mora imati glatke kontaktne površine i obje kontaktne površine moraju viriti izvan keramičke površine. Prsten i dio kalibarskog prstena koji služi kao kalibar mora biti od keramike, tako da se strujni krug pouzdano prekine kada se u normalnoj uporabi kapa osigurača neznatno odvrne. Osigurači kao cjelina moraju biti otporni prema vlazi koja postoji u normalnoj uporabi.

Osigurači moraju imati dovoljnu izolaciju između dijelova koji provode struju i spojnih dijelova, uključujući vijke za pričvršćivanje i pristupačne metalne dijelove, te između priključnih stezaljki.

U normalnom radu, kontakti i stezaljke osigurača ne smiju se zagrijavati pretjerano. Struja uloška mora odgovarati kako dugom tako i kratkom vremenu djelovanja. Ulošci moraju djelovati

na zadovoljavajući način, bez oštećenja osigurača ili ugrožavanja okoline kada se opterete bilo kojom jačinom između njihove najmanje struje taljenja i njihove nazivne snage prekidanja. Ulošci osigurača tipa B, nazivnih struja 5, 10, 16 i 31.5 A, moraju biti selektivni u odnosu na topljive umetke osigurača tipa B, nazivne struje 63 A. Osnove osigurača, kape, ulošci i kalibarski prsteni moraju biti dovoljno otporni prema toplini koja se može razviti u normalnoj uporabi. Spojni dijelovi od izolacijskog materijala moraju biti otporni prema vatri i toplini. Ulošci moraju imati dovoljnu mehaničku čvrstoću i njihovi kontakti moraju biti pouzdano pričvršćeni.

3.5. Podjela osigurača u kategorije

Osigurači su smješteni u tri kategorije; Niskonaponski, Visokonaponski, Minijaturni osigurači

Ova podjela je prema International Electrotechnical Commission (IEC) [1].

Niskonaponski osigurači su osigurači do 1000 V izmjenične struje i 1500 V istosmjerne struje, te su za struje od 2-1250 A, dok su visokonaponski svi osigurači koji rade na nazivnim naponima preko 1000 V. Minijaturni osigurači su za male napone i struje i samom njihovom konstrukcijom su namijenjeni za to [1].

3.5.1. Niskonaponski osigurači

Niskonaponski osigurači podijeljeni su u pet skupina a to su;

- Visokoučinski osigurači – „NH" tip
- Osigurači s uloškom– „D" tip
- Cilindrični osigurači
- Automatski osigurači
- Istosmjerni osigurači

Visokoučinski osigurači su NH osigurači, NH je Njemačka kratica (Niederspannungs Hochleistungs) za niskonaponske visokoučinske osigurače. Upotrebljavaju ih ovlaštene osobe, uglavnom za industrijske primjene, a koriste se u tvorničkim distribucijskim sustavima, kao i u distribucijskim mrežama [1].

Veličine NH osigurača i njihovih podnožja; 000, 00, 1, 2, 3, 4, 4 A, za struje od 100 do 1250 A, te za napone od 400 do 690 V [1].

Po razredima djelovanja mogu se podijeliti u dvije skupine:

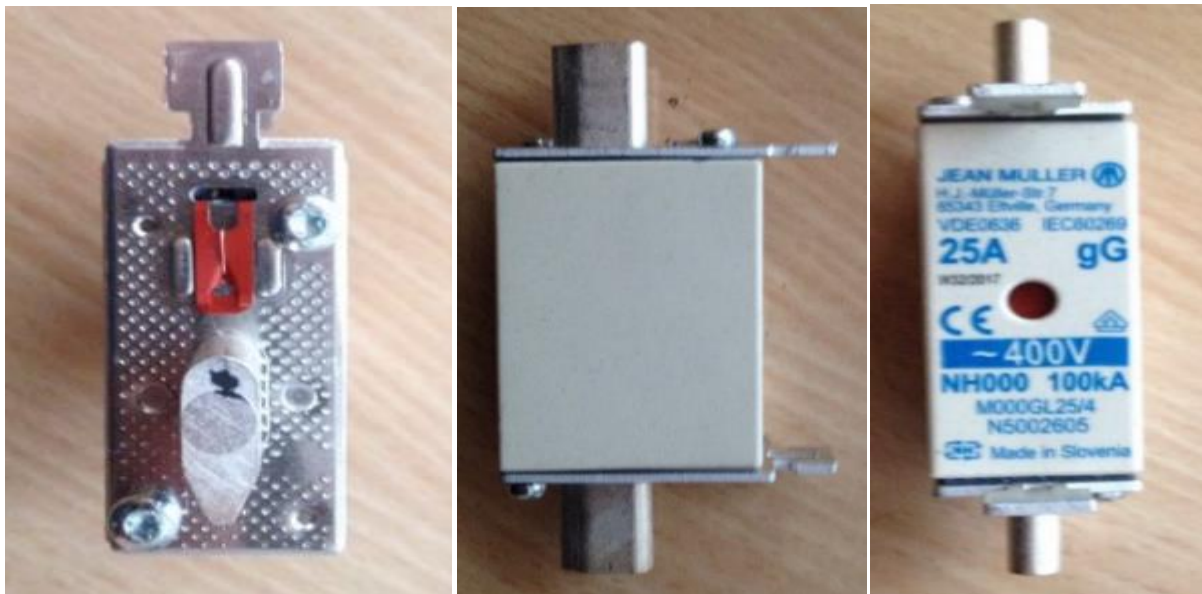
- g – osigurači koji isklapaju struju do normalne rasklopne struje
- a – osigurači za posebno područje čiji uložak isklapa struju koja može biti veća od višekratnika svoje normalne struje do rasklopne struje

Po razredima zaštite dijele se :

- L – vodovi, kabeli, motori, prekidači snage
- M – sklopni uređaji
- R – poluprovodnici

Visokoučinski osigurači – „NH" tip

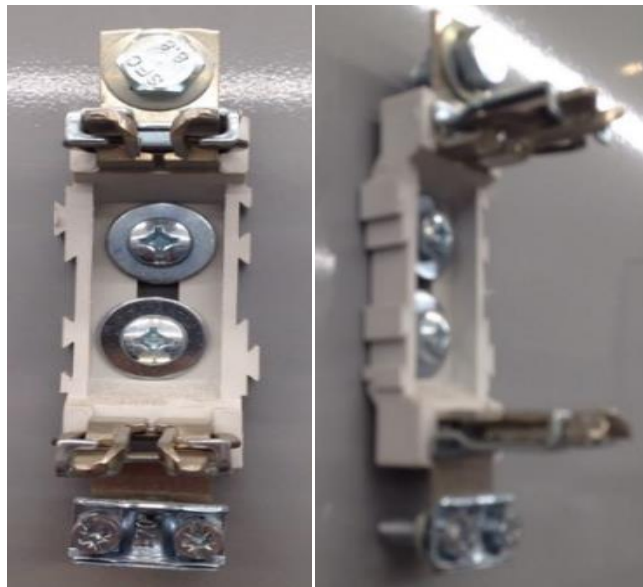
Visokoučinski osigurač prikazan je na slici 3.6. Elementi osigurača općenito su izrađeni od bakrene trake. Tijelo je obično izrađeno od keramičkih, ali visokotemperaturnih termoplastičnih materijala. Tijela često imaju pravokutni vanjski presjek s kružnom uzdužnom rupom kroz njih, a završne ploče, zajedno s kontaktima oštrice, pričvršćene su na tijelo s vijcima [1].



Slika 3.6. NH visokoučinski osigurač 25 A

Kako bi se spojnice osigurača montirale u neposrednoj blizini, čak i ako nema izolacijskog odvajanja, krajnje ploče su obično ograničene vanjskim dimenzijama uložka. Površine za dodir s oštricama obično su srebrne boje kako bi se poboljšala veza s niskim otporom. Neki se osigurači proizvode s cilindričnim tijelima, a dopušteni su pod uvjetom da udovoljavaju dimenzijskim

zahtjevima. NH osigurači općenito su dostupni za primjene do i uključujući 1250 A, za izmjenične krugove koji rade na razinama do 500 V i istosmjerne strujni krugovi do 440 V. Dostupni su dizajni s ograničenim strujnim vrijednostima za 690 V izmjenične sustave. Obično imaju ugrađen indikator prorade. Uređaj koji detektira rad je fina žica koja je spojena paralelno s osiguračem. Ova žica obično nosi samo mali dio ukupne struje koja prolazi kroz njega, ali, kada element pregori tijekom preopterećenja, žica nosi mnogo veću struju, što uzrokuje da se brzo rastopi i prekine. Kada se žica rastali, zastava ili klip ispadnu van pod djelovanjem opruge i na taj način vidimo da je osigurač proradio. Samo u slučaju da se ne može vidjeti, potreban je indikator u središtu prednjeg dijela osigurača. NH osigurači su umetnuti u njihove nosače, što je pogodno za rukovanje. Nosač NH osigurača prikazan je na slici 3.7. [1].



Slika 3.7. Nosač NH osigurača bez zaštitnog elementa

Nosač visokoučinskog osigurača bez zaštitnog elementa (plastike) koja služi za zaštitu od dodira dijelova pod naponom i za zaštitu od preskoka napona ukoliko su dijelovi od prašine i vlažni nalazi se na slici 3.7. Osigurač se postavlja u osnovu pomoću ručice koja je napravljena od plastike i jednostavna je za rukovanje. Izolacijska ručka HRC osigurača prikazana je na slici 3.8. [1].



Slika 3.8. Izolacijska ručka HRC osigurača

Za primjenu u industriji opskrbe električnom energijom, NH osigurači se koriste u ormarima za raspodjelu osigurača, uključujući i kableske razvodne ormare. To je dovelo do uvođenja integriranih trofaznih oklopnih jedinica koje su postavljene izravno na razdjelne sabirne poluge. Ovaj sustav postaje standardiziran u IEC 60269-2-1 i naziva se 'nosač za osigurače'. Trofazna jedinica prikazana je na Slici 3.9. S obzirom na broj osigurača u razvodnoj kutiji, važno je minimizirati porast temperature unutar ormarića i poželjni su niski gubitci snage [1].



Slika 3.9. Trofazna nosač za HRC osigurače

Osigurači s uloškom– „D" tip

Ovo je vrlo stari sustav osigurača koji se često naziva Diazed tipom ili u nekim zemljama skraćenom obliku ovog 'Zed' tip osigurača. Izgled Diazed osigurača prikazan je na slici 3.10. Službena oznaka, koja se treba koristiti je D koja je izvedena iz Diazed [1].

Po dimenzijama podijeljeni su u tri skupine:

- D01 – za struje do 16 A

- D02 – za struje od 20 do 63 A
- D03 – za struje od 80 do 100 A

Po razredima djelovanja podijeljeni su u dvije skupine:

- g – osigurači koji isklapaju struju do normalne rasklopne struje
- a – osigurači za posebno područje čiji uložak isklapa struju koja može biti veća od određenog umnoška normalne struje do rasklopne struje

Po razredima zaštite podijeljeni su u nekoliko razreda:

- L – vodovi, kabeli, motori, prekidači snage
- M – sklopni uređaji
- R – poluprovodnici

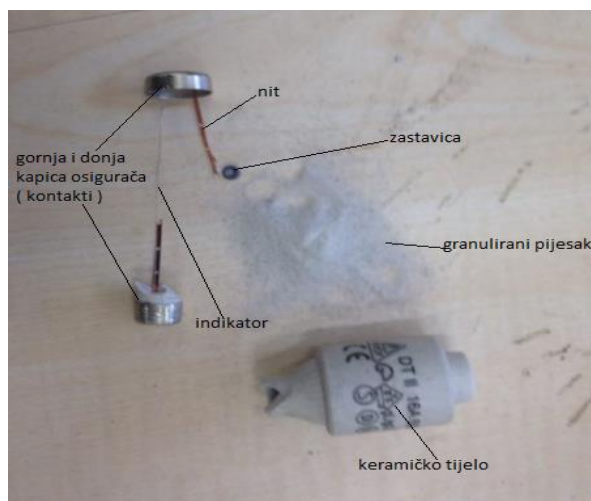
Primjeri razreda:

- gR, aR – za zaštitu provodnika i poluprovodnika
- gB - za zaštitu u rudnicima
- gTr – zaštita transformatora
- gG/gL – zaštita vodova i kabela
- aM – zaštita motora i sklopnih uređaja

Prikaz dijelova DIAZED uložka je na slici 3.11. Ovi osigurači su uglavnom proizvedeni za struje do 63 A, te uporabu u izmjeničnim krugovima koji rade na razinama do 500 V.



Slika 3.10. Uložak DIAZED osigurača marke ETI, gG razreda, nazivne struje 16 A



Slika 3.11. Dijelovi uložka osigurača marke ETI, gG razreda, nazivne struje 16 A

Uložak sadrži elemente trake od bakra ili bakar-srebro i ispunjene su granuliranim kvarcom. Tijela, koja su izrađena od keramičkog materijala, često imaju puno deblje zidove. Svaki uložak ima ugrađen na krajevima cilindrični kontakt (kapicu) izrađen od mesinga, obično od nikla, a često su od dva različita materijala. Obično imaju utore na krajevima kako bi se osigurao dobar kontakt kad su ugrađeni u nosač. Uložak je opremljen indikatorima kojeg preko krajnjeg kontakta gura opruga. Uređaj za detekciju prorade paralelno se topi s glavnim elementom [1]. Dijelovi Diazed osigurača prikazani su na slici 3.5. Odgovarajući prsten postavljen je u držač osigurača kako bi se onemogućilo stavljanje osigurača veće vrijednosti u osnovu slika 3.4 [1].

Druga vrsta ovih osigurača je NEOZED slika 3.12. To su osigurači manjih dimenzija za napone do 380 V, služe za kućanske instalacije iako na području Europe se više koriste DIAZED osigurači [1].



Slika 3.12. Neozed osigurač

Podijeljeni su u tri grupe:

- DII - 2,4,6,10,16,20 i 25 A
- DIII - 35,50,63 A
- DIV H-80, 100 A

Cilindrični osigurači

Osigurači s cilindričnim tijelima i kapticama široko se koriste u Francuskoj i pridruženim zemljama za domaće i industrijske primjene. Tijelo osigurača je napunjeno kvarcom i obično imaju keramička tijela kao što se može vidjeti na slici 3.13. Za primjene u kućanstvu osigurači su proizvedeni različitih promjera i dužine od kojih svaka ima svoje jedinstvene dimenzije kako bi se spriječilo nepravilno zamjenjivanje osigurača, tj. da se onemogući stavljanje osigurača veće vrijednosti od predviđene. U normi IEC 60269-3-1 ovi se osigurači nazivaju Tip A što ih razlikuju od tipa B, koji se koristi u Velikoj Britaniji i pridruženim zemljama, te stari tip C, koji se povijesno koristi u Italiji [1].



Slika 3.13. Cilindrični uložak marke ETI, razreda gG, nazivne struje 80 A

Osigurač tipa A standardizirani su:

- 250 V izmjenično do 16 A
- 400 V izmjenično do 63 A

Za industriju su dostupni;

- 400 V izmjenično do 125 A
- 500 V izmjenično do 100 A
- 690 V izmjenično do 50 A

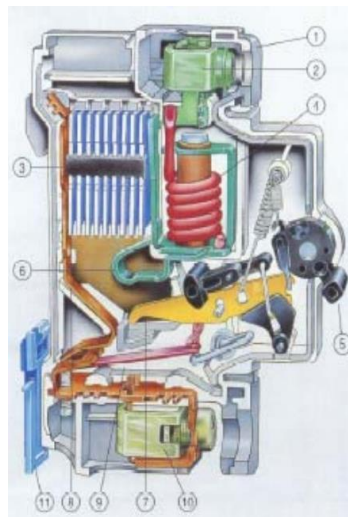
Na slici 3.14. nalazi se držač cilindričnog osigurača koji se naširoko koristi. Ima zglobni nosač s utorima za osigurače, koji omogućava da se uložak promijeni na siguran način. Može se montirati na standardnu DIN šinu te postoje trolpolne i jednopolne izvedbe nosača [1].



Slika 3.14. Nosač cilindričnog uložka za osigurače nazivnih struja do 32 A

Automatski prekidač (osigurač)

Na mjestima gdje se javlja struja kratkog spoja do 6 kA i gdje dolazi često do preopterećenja ugrađuju se automatski osigurači koji je prikazan an slici 3.15. Oni se ne mijenjaju osim ako ne dođe do kvara u samom osiguraču. U sebi imaju dvije zaštite od kojih je jedna bimetalna i služi za isklapanje dugotrajnih malih opterećenja, dok je druga elektromagnetska i služi za isklapanje kratkih velikih preopterećenja kao što su kratki spojevi.



Slika 3.15 Prikaz dijelova automatskog osigurača [11]

Slika 3.15. prikazuje presjek automatskog osigurača i njegove dijelove:

1. Termoplastični oklop
2. Izlazne stezaljke
3. Komora za gašenje luka
4. Elektromagnet zajedno s okidačem
5. Ručica za on/off položaj
6. Fiksni kontakt
7. Pomoćni kontakt
8. Dio za odvod luka kratkog spoja
9. Bimetal
10. Ulazne stezaljke

Istosmjerni osigurači

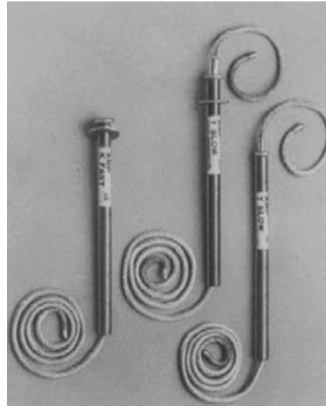
U podsustavima istosmjernog razvoda i napajanja elektroenergetskih postrojenja kao zaštitni uređaji najčešće se koriste niskonaponski rastalni osigurači i niskonaponski prekidači. Vanjskim izgledom su jako slični izmjeničnim osiguračima, razlika je u niti osigurača koja je napravljena od više isprekidanih dijelova zbog jednosmjerne struje kod koje je prekid električnog luka puno teži nego kod izmjenične struje.

3.5.2. Visokonaponski osigurači

Prema definiciji, visokonaponski osigurači (HV) služe za uporabu u izmjeničnim sustavima koji rade na frekvencijama 50 i 60 Hz s nazivnim naponima većim od 1000 V. Ovi osigurači spadaju u grupu koje ne ograničavaju struju i trenutačno ograničavaju struju, a koriste se isključivo u nekim zemljama. Svaka bi osigurač idealno trebao moći sigurno zaustaviti sve struje od onih potrebnih za topljenje elementa osigurača do maksimalnog kapaciteta [1]. Oni imaju jako dobre performanse i rade, kao i svi trenutni prekidni uređaji, sprječavanjem ponovnog paljenja luka nakon prolaska struje kroz nulu [1].

Osigurači s isključenjem

Ovi osigurači sadrže kratki element kositra ili leguru kositra i bakra u seriji s fleksibilnim pletenicama. Ovi se predmeti montiraju u nosač osigurača koji uključuje cijev od organskog materijala, koji se obično zatvara na vrhu s lomljivom dijafragmom i koji sadrži materijal koji razvija plin. Ovi osigurači prikazani su na slici 3.16. [1].



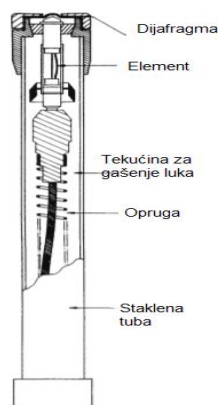
Slika 3.16. Osigurači s isključenjem [1]

Osigurači su dostupni za uporabu u trofaznim krugovima sa strujnim i linijskim naponom do 100 A i 72 kV. Njihova maksimalna prekidna snaga obično je ograničen na 150 MVA [1].

Ovi osigurači služe isključivo za vanjsku upotrebu i mogu se zamijeniti s tla [1].

Osigurači s tekućinom

U najranijim osiguračima, lukovi su bili zaustavljeni u tekućini, a ovo načelo se koristi već dugi niz godina za proizvodnju osigurača. Oni imaju tijelo koje se sastoji od staklene cijevi s metalnim vijcima na svakom kraju i unutar njega je element. Ovo je obično srebrna traka ili žica. Staklena cijev je ispunjena tekućinom za gašenje luka, obično ugljikovodikom- Osigurač s tekućinom prikazan je na slici 3.17. Kada se element topi tijekom rada, luk se ugasi u tekućini. Ovi osigurači se koriste samo na otvorenom. Uglavnom se koriste za zaštitu 11 i 33 kV transformatora [1].



Slika 3.17. Prikaz dijelova osigurača s tekućinom [1]

3.5.3. Minijaturni osigurači

Minijaturni osigurači se koriste kao zaštita električnih uređaja, elektroničke opreme i njihovih sastavnih dijelova. Britanski standard, BS 646, za takve osigurače, uveden je 1935., ali tek nakon Drugog svjetskog rata postali su tehnički i ekonomski važni zbog brzog razvoja elektroničke industrije [1]. Dostupne su različite vrste s vrijednostima od 32 mA do 20 A. Većina od njih imaju cilindrična tijela i kape na krajevima. IEC standard koji pokriva minijaturne osigurače je IEC 60127 [1].

Tri glavne vrste minijaturnih osigurača:

- Osigurači s uloškom
- Zamjenski minijaturni ulošci
- Univerzalni modularni osigurači

4. POSTUPAK ISPITIVANJA RASTALNIH ELEMENATA OSIGURAČA

Ispitivanje osigurača je jedan od načina da se provjeri pouzdanost osigurača i garancija koju je propisao sam proizvođač, što znači da se svaki rastalni element, kojim prolazi određena struja, mora rastaliti za točno određeno vrijeme ovisno o veličini struje koja njime prolazi. Ispitivanje rastalnih elemenata osigurača se vrši tako da kroz rastalni element protekne proizvoljno odabrana struja određeno vrijeme pomoću strujnog izvora u ovom slučaju Megger CSU600A/AT koji se može vidjeti na slici 5.5. Struja koja protekne rastalnim elementom kao i vrijeme koje je potrebno da se pri određenoj struji rastalni element rastali, potrebno je zabilježiti u nekakvom obliku mjerom opremom kao što je to učinjeno sa IOtech WaveBook 512 (poglavljje 5.), pogledati sliku 5.1. Utjecaj na rezultate mjerenja može imati temperatura okoline, otpor mjernih spojeva i kontakata, te smetnje koje se javljaju u samoj mjernoj opremi kao što je sklopna frekvencija i sl. Na osnovu strujno-vremenske karakteristike koju je dao sam proizvođač uzimaju se proizvoljne struje i očitaju se vremena taljenja rastalni elementa za te iste proizvoljno odabrane struje. Nakon odabira struja i očitavanja vremena taljenja na strujnom izvoru potrebno je podesiti proizvoljno odabranu struju sa strujno-vremenskih karakteristika i bilježe se rezultati mjernom opremom koji se kasnije obrađuju. Nakon obrade rezultata, tj. očitavanja vremena taljenja rastalnog elementa za svaku proizvoljno odabranu struju, uspoređuju se rezultati dobiveni mjerenjem i rezultati dobiveni očitanjem sa strujno-vremenske karakteristike koju je dao sam proizvođač.

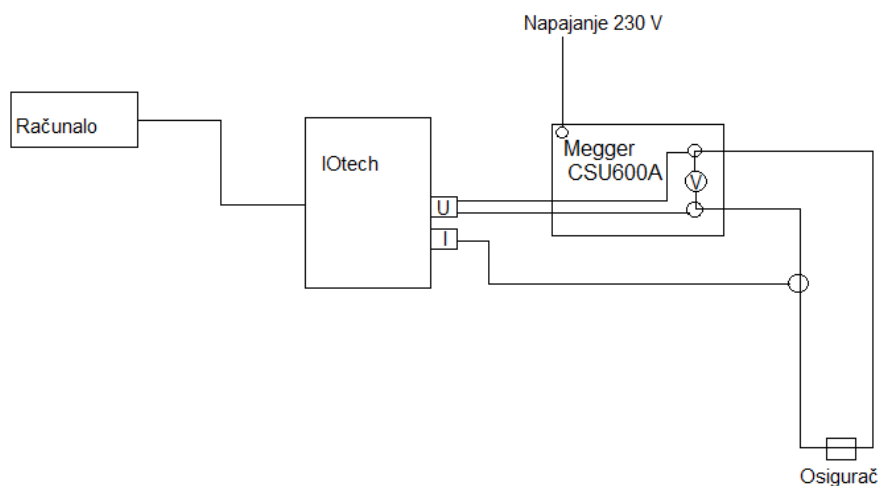
Ako se rastalni element kojeg se ispituje rastalio za isto vrijeme koje je dao sam proizvođač to se smatra dobrom proradom osigurača, dok loša prorada osigurača je taljenje rastalnog elementa za vrijeme koje ne odgovara vremenu koji je dao proizvođač.

U ovom poglavlju na praktičnom primjeru bit će obrađeni osigurači veličine D II, razreda gG, marke ETI (potpoglavljje 4.2.), te HRC osigurač veličine 00, razreda gG (potpoglavljje 4.3.). Obradit će se njihove strujno-vremenske karakteristike koje je zadao proizvođač, te će se uzeti proizvoljne struje i izračunati vrijeme taljenja rastalnog elementa osigurača.

Također je potrebno naglasiti da je prilikom simulacije zabilježena maksimalna vrijednost struje, a za analizu je potrebna efektivna vrijednost struje koja se može izračunati prema relaciji (4-1). I u daljnjoj analizi radit će se s efektivnom vrijednosti struje.

$$I_{ef} = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}} \quad (4-1)$$

Radi lakšeg shvaćanja samog spoja mjerne opreme i modela koji je izrađen u svrhu mjerenja napravljena je shema spoja mjerne opreme i modela koja se nalazi na slici 4.1.



Slika 4.1. Shema mjerne opreme i modela

4.1. Strujno vremenska karakteristika i pripreme radnje za ispitivanje osigurača veličine D II, razreda gG, marke ETI

Prije svakog mjerenja dobro je razmisliti što i kako će se nešto mjeriti, te o samim rezultatima mjerenja. Potrebno je imati podatke o mjernoj opremi, te biti upoznat s radom iste. Također je korisno imati podatke ili očekivane vrijednosti samog mjerenja. Kako je ispitivanje vezano za osigurače bilo je potrebno prije samog početka proučiti strujno-vremenske karakteristike ispitnih osigurača tako da se uzmu od proizvođača parametri i same karakteristike pojedinih osigurača. Na osnovu podataka iz strujno-vremenske karakteristike mogu se dobiti očekivane vrijednosti mjerenja.

Prikaz karakteristike rastalnih osigurača veličine DII, razreda gG, marke ETI je na slici 4.2. gdje su zadane karakteristike osigurača nazivnih vrijednosti struja od 2 A do 100 A. Na x osi nalazi se struja u logaritamskom rasponu, dok je na y osi prikazana energija iz koje se izračuna vrijeme izgaranja osigurača prema relaciji (4-2).

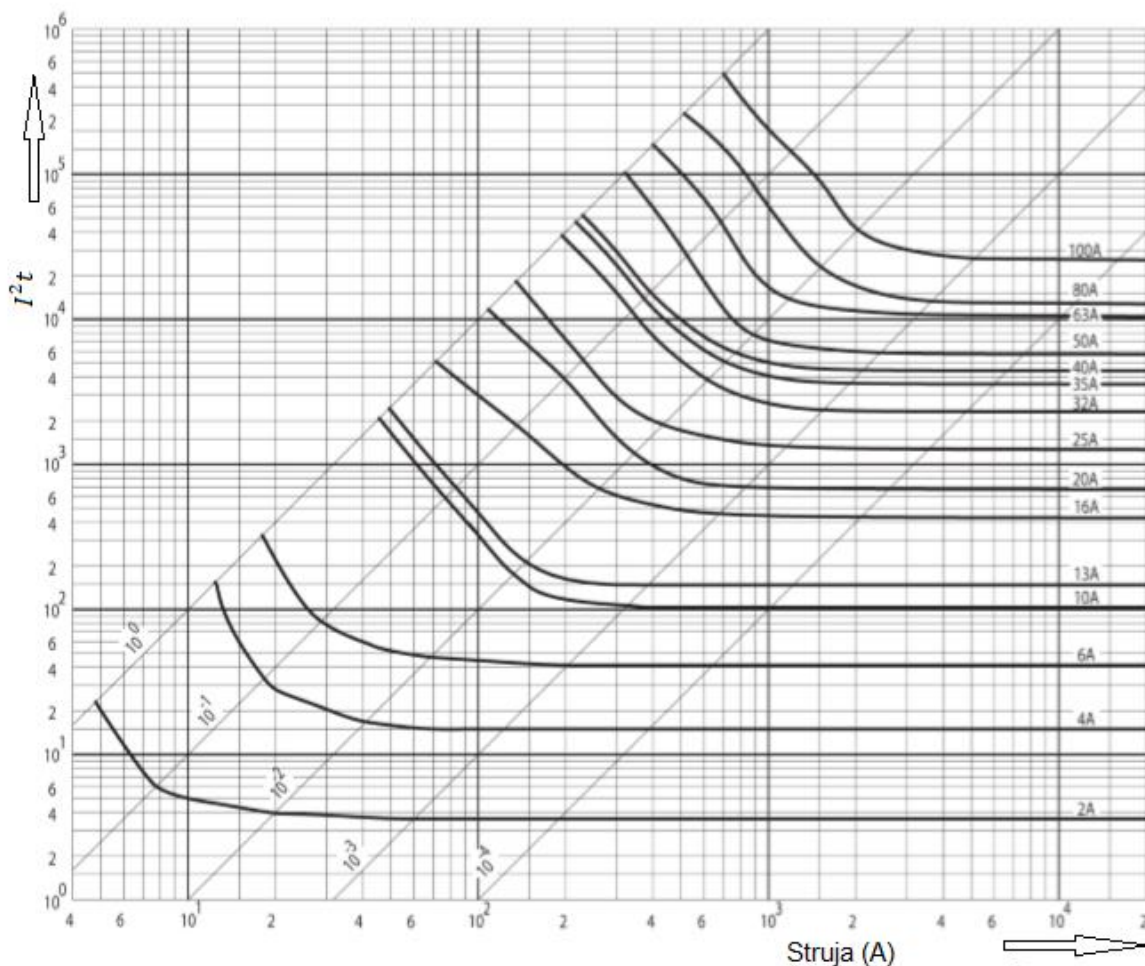
$$t = \frac{\text{očitana vrijednost na y osi}}{i^2} \quad (4-2)$$

za pojedini osigurač. Ovisno o nazivnoj struji osigurača dobije se vrijeme topljenja niti osigurača za odabrani iznos struje.

Primjer 1: Proizvoljno je odabran osigurač nazivne struje $I_n = 6 \text{ A}$

Ako kroz osigurač protekne struja $I=200 \text{ A}$, prema izrazu (4-2) osigurač treba izgorjeti za $t = 0,001\text{s}$.

U tablicama 4.1, 4.2 i 4.3 nalaze se vrijednosti proizvoljno odabrane struje sa slike 4.2., te vremena koja su dobijena prema izrazu (4-2).



Slika 4.2. Karakteristika rastalnih osigurača veličine D II razreda gG marke ETI [6]

Na Slici 4.2. nalazi se strujno-vremenska karakteristika osigurača veličine D II razreda gG marke ETI iz koje se prema proizvoljno odabranoj ispitnoj struji očita vrijeme izgaranja osigurača.

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

Struja [A]	Očekivano vrijeme [s]
123	0,0013
91	0,0053
63	0,0123
42	0,0330
14	50,0000

U Tablici 4.1. nalaze se očekivana vremena izgaranja osigurača veličine D II, razreda gG, marke ETI, nazivne struje $I_n = 6$ A. Struje su proizvoljno odabrane dok je vrijeme izračunato pomoću izraza (4-2).

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

Struja [A]	Očekivano vrijeme [s]
106	0,0244
98	0,0360
70	0,1400
56	0,3200
53	0,3000
21	288,0000

U Tablici 4.2. se nalaze očekivana vremena izgaranja osigurača veličine D II, razreda gG, marke ETI, nazivne struje $I_n = 10$ A. Struje su proizvoljno odabrane dok je vrijeme izračunato pomoću izraza (4-2).

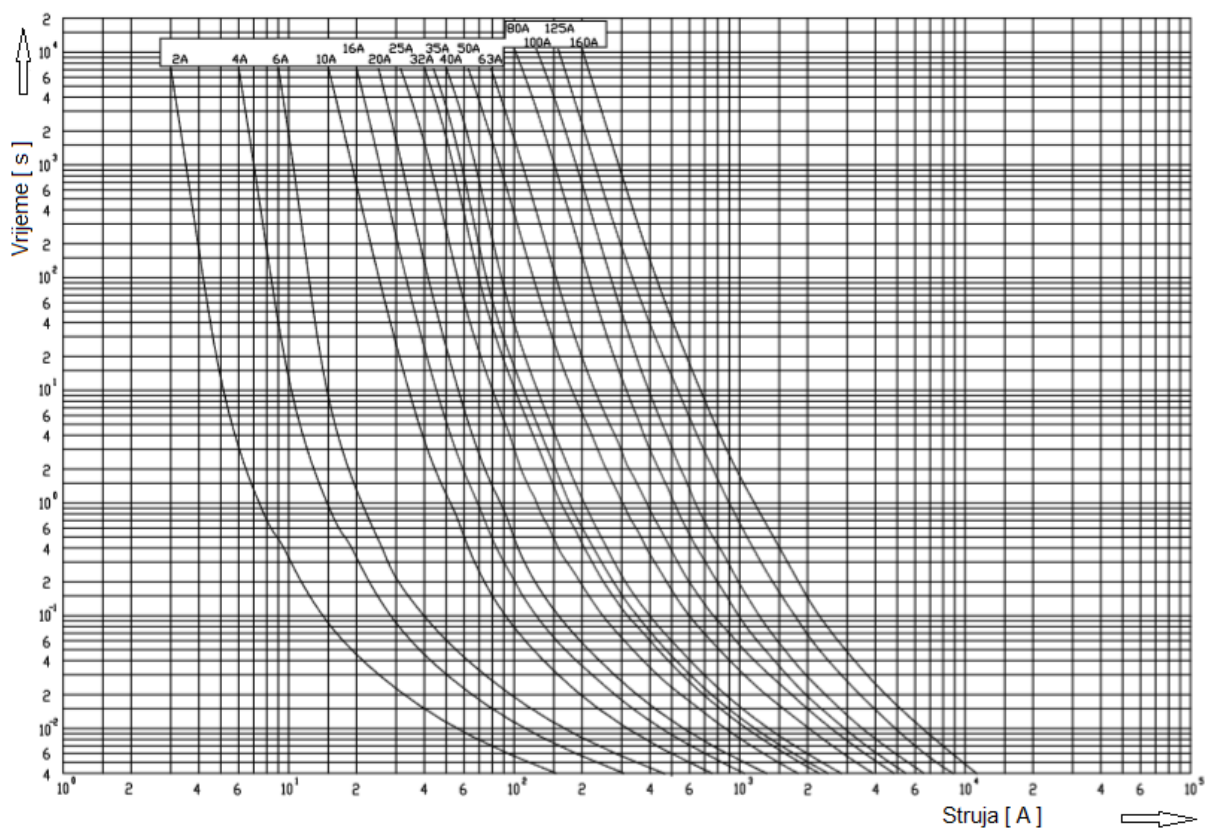
Tablica 4.3. Očekivana vremena izgaranja osigurača veličine D II, razreda gG, marke ETI, nazivne struje $I_n = 16$ A

Struja [A]	Očekivano vrijeme [s]
113	0,0030
98	0,0030
84	0,0560
70	0,0100
63	0,0150

U Tablici 4.3. nalaze se očekivana vremena izgaranja osigurača veličine D II, razreda gG, marke ETI, nazivne struje $I_n = 16$ A. Struje su proizvoljno odabrane dok je vrijeme izračunato pomoću izraza (4-2).

4.2. Strujno-vremenska karakteristika i pripreme radnje za ispitivanje HRC osigurača, veličine 00, razreda gG

Strujno-vremensku karakteristiku HRC osigurača, veličine 00, razreda gG, nazivne struje $I_n = 25$ A prikazana je na slici 4.3. Također može se vidjeti kako se na slici 4.3. nalaze karakteristike HRC osigurača nazivnih vrijednosti od 2 A do 160 A.



Slika 4.3. Strujno-vremenska karakteristika HRC osigurača [7]

Očitanje s karakteristike se vrši tako da se odabere proizvoljno neka struja, te se povuče okomica na karakteristiku osigurača koji nas zanima. Tamo gdje okomica siječe tu karakteristiku se povuče okomica na y-os, te se s y osi očita vrijeme. Treba imati na umu da su osi dijagrama u logaritamskoj podjeli.

Primjer 2: Osigurač nazivne struje $I_n = 25 \text{ A}$. Ako kroz osigurač protekne struja $I = 200 \text{ A}$, osigurač treba izgorjeti za $t = 0,2 \text{ s}$.

U Tablici 4.4. se nalazi vrijeme taljenja HRC osigurača, veličine 00, razreda gG za proizvoljno odabrane struje.

Tablica 4.4: Očekivano vrijeme taljenja osigurača za zadanu nazivnu struju 25 A

Struja [A]	Očekivano vrijeme [s]
148	0,5000
106	3,0000
53	1010,0000

5. PRAKTIČNA PROVEDBA MJERENJA KARAKTERISTIKE OSIGURAČA

U poglavlju 5. na praktičnom primjeru bit će ispitani osigurači veličine D II, razreda gG, marke ETI (potpoglavlje 5.2.), te HRC osigurač veličine 00, razreda gG (potpoglavlje 5.3.).

Kako je u prethodnom poglavlju 4. prema strujno-vremenskoj karakteristici koju je dao proizvođač očitano vrijeme izgaranja za proizvoljno odabrane struje, u ovom poglavlju pomoću mjerne opreme ispitivanjem će se dobiti vrijeme izgaranja osigurača, te će se usporediti vrijeme dobiveno očitanjem i mjerenjem.

Ako je mjerna oprema dobro postavljena, te ako se mjerni postupak dobro obavi pretpostavka je da će se vrijeme koje je obrađeno teorijski i podudarati s vremenom koje je dobiveno mjerenjem.

5.1. Postavka i definiranje mjerne opreme

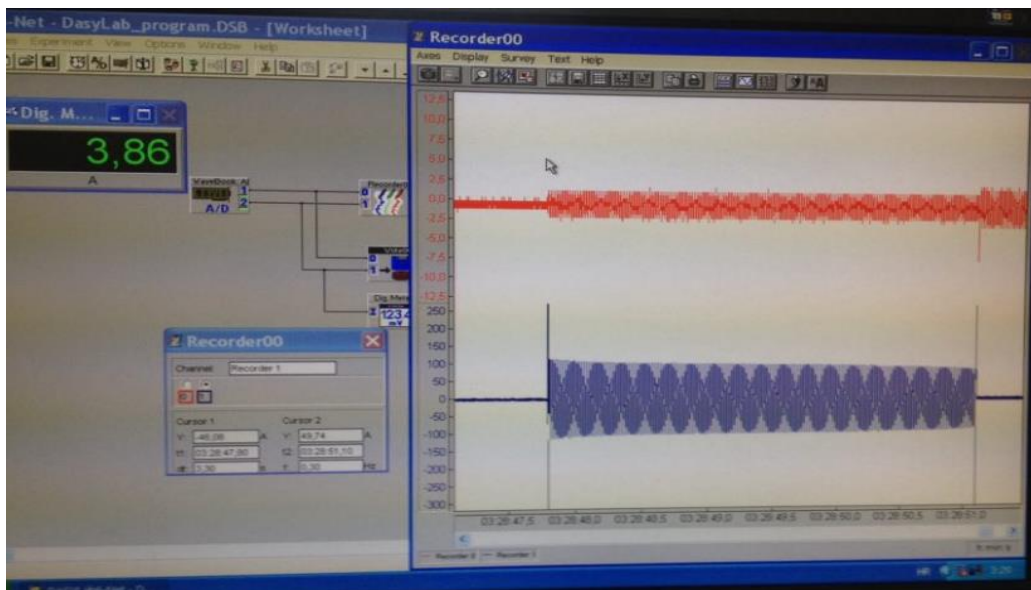
Jedan od problema kod ispitivanja osigurača je kako dokumentirati i zabilježiti, za velike struje, vrijeme. Kod ovog problema je ključna frekvencija uzorkovanja, tj. koliko uzoraka nekakav uređaj može zabilježiti u vremenu. Što je veći broj uzoraka mjerenje je točnije. Ovaj problem je riješen sa IOtech WaveBook 512. IOtech WaveBook 512 prikazan je na slici 5.1.



Slika 5.1. IOtech WaveBook 512

To je hardver koji ima frekvenciju uzorkovanja od 20 kHz . Na ulazu je analogni naponski signal u nekoliko razina: ± 5 V, ± 2.5 V, ± 1 V. Ima relativno malu unutarnju memoriju te je potrebno povezivanje s računalom kako bi se podaci spremili [8].

Uz IOtech WaveBook 512 se nalazi softver DASYLab koji se nalazi na slici 5.2. Ovaj softver sve podatke sprema na računalo u ASCII kodu koje kasnije treba prebaciti u MATLAB u kojem će se pomoću skripti i naredbi ovi podaci očitati kao graf. Graf će prikazivati izmjerene vrijednosti, u ovom slučaju napon, struju i vrijeme. Na samom softveru potrebno je odrediti kanale kojima se vrši mjerenje, te postaviti naponske razine.



Slika 5.2. Softver DASYLab

Vrijednost struje dobije se strujnim kliještima koja su prikazana na slici 5.3., te su ona prilagođena za IOtech WaveBook 512, i spojena su jedan od ulaznih kanala što se može vidjeti na slici 5.1.. Na drugi ulazni kanal je spojena naponska sonda koja preko priključnica daje naponski signal na ulaz kao što je prikazano na slici 5.1.



Slika 5.3. Strujna kliješta

Strujna kliješta imaju opciju podešavanja dvije vrijednosti maksimalnih struja; 40 A i 400 A. Podešavanjem mjernog područja dobije se točnija vrijednost mjerene veličine, tj. manja je pogreška pri mjerenju. Na izlaz strujnog izvora se spaja voltmetar kao kontrola izlaznog napona što je prikazano slikom 5.4.



Slika 5.4. Kontrolni voltmetar

Za strujni izvor uzet je Megger CSU600A/AT koji je prikazan na slici 5.5. Ovaj uređaj ima dvije osnovne funkcije:

- Provedba testova na zaštitnim relejima – ovim testom se može vidjeti da li svi dijelovi zaštitnog sustava pravilno funkcioniraju
- Provedba strujnih ispitivanja na niskonaponskim mrežama u svrhu pregleda funkcionalnosti strujni prekidača i osigurača [9].



Slika 5.5. Strujni izvor Megger CSU600A/AT

Strujni izvor na svom izlazu daje maksimalnu izmjeničnu struju od 600 A. Kako ima ugrađenu termičku zaštitu na svom izlazu određenu struju daje neko vrijeme. Vrijeme kao i napon su dani u tablici 5.1.

Tablica 5.1. Vrijeme rada strujnog izvora i izlazni napon u ovisnosti o struji

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

Izlazni napon prikazan je na slici 5.1. i vrijeme za koje strujni izvor može raditi bez pregrijavanja u ovisnosti o izlaznoj struji. Za struju od 75 A strujni izvor se neće pregrijati i može držati stalno struju na izlazu.

Na samom uređaju se nalazi:

- napajanje koje se dovodi i iznosi 230 V izmjenično,
- sklopka za uključenje i isključenje uređaja,
- izlazne priključnice, koje su preko kabela debljine 16mm^2 , spojene na štipaljke

- regulator struje , prikazan je slikom 5.5
- lampica on/off
- lampica temperature



Slika 5.6. Regulator struje

Regulator struje ima podjeljke od 0 do 100 %. Jedan podjeljak iznosi 6 A.

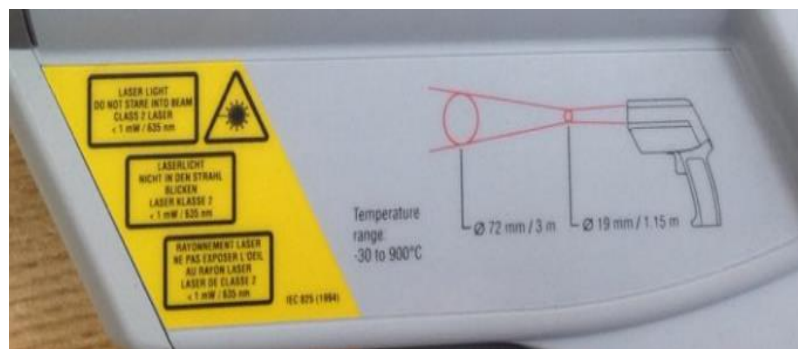
Temperatura osigurača je zabilježena infracrvenim termometrom marke Raytek kao što je prikazano na slici 5.7. Raytek infracrveni termometar može mjeriti temperaturu od -30 do 900°C [10].



Slika 5.7. Raytek infracrveni termometar

Emisivnost na instrumentu postavljena je na $\varepsilon = 0,85$. To je sposobnost materijala da emitira toplinu zračenjem, u ovom slučaju porculan.

Kod mjerenja temperature s Raytek-ovim termometrom bitno je da dimenzije mjernog predmeta ili područja, ovisno o udaljenosti od predmeta, ne izlaze van mjernog opsega što je vidljivo na slici 5.8.



Slika 5.8. Mjerni opseg Raytek termometra

Na udaljenosti 3 metra od predmeta instrument mjeru samo dio koji se nalazi u dijametru od 72 milimetra, pogledati sliku 5.8.

5.2. Priprema mjerenja rastalnih osigurača veličine D II, razreda gG, marke ETI

Da bi se izvršilo mjerenje strujno-vremenskih karakteristika osigurača potrebno je nakon pripreme mjerne opreme i očekivanih rezultata pripremiti model na kojem će se mjerenje vršiti. Kako osigurač čini uložak osigurača, njegova osnova, kalibarski prsten te kapa osigurača potrebno je napraviti model koji se sastoji od svih dijelova te ga ožičiti i pripremiti za spoj sa mjernom opremom.

Kako se još uvijek, iako sve manje, u kućanskim instalacijama koriste rastalni osigurači odabrana je ploča sa rastalnim osiguračima. Kako je ploča bila u lošem stanju zahtijevala je rekonstrukciju i to na način da se sve rastavi, prebriše, opere te vrati u prvobitni oblik kao što je na slici 5.9.



Slika 5.9. Razvodna ploča sa osiguračima

Ožičenje ploče vidljivo je na slici 5.10.



Slika 5.10. Ožičenje razvodne ploče

Svaki osigurač je pripremljen posebno za napajanje, ožičenje i priprema nalazi se na slici 5.10.. Inače se ove razdjelnice, ovisno o trofaznom ili jednofaznom sustavu, ožiče tako da svaki osigurač bude povezan. Ovdje je svaki osigurač zasebno namješten iz razloga kada jedan uložak izgori on zagrije sve njegove dijelove tako da ukoliko bi stavili drugi uložak na isto mjesto to mjesto bi imalo već neku početnu temperaturu a to ne želimo. Ovim se riješio taj problem, tako da dok se jedno mjerno mjesto hladi na drugom se vrši mjerenje. Bitno je da kabeli drugih

osigurača ne dođu u doticaj s mjerenim osiguračem. Spoj osigurača sa strujnim izvorom Megger CSU600A prikazan je na slici 5.11.



Slika 5.11. Spoj strujnog izvora s osiguračem

Zbog velikih struja debljina kabela kojim je spojen osigurač sa štipaljkama strujnog izvora je 4 mm^2 . Razlog je grijanje samog kabela pri velikim strujama. Shema spoja mjerne opreme i osigurača dana je slikom 5.1., a frekvencija uzorkovanja je $f = 20\text{ kHz}$ zbog kratkog vremena izgaranja samih osigurača.

Kao što je prikazano u Tablici 5.1. potrebno je izmjeriti za zadanu struju vrijeme izgaranja osigurača kroz šest mjernih točaka. Spoj mjerne opreme i osigurača se vrši kao što je na slici 5.11. Nakon spajanja, regulatoru se naredi vrijednost struje $I_1 = 175\text{ A}$. U softveru DASyLab pokrene se aplikacija za prikupljanje i pohranu podataka. Na strujnom izvoru sklopkom uključi se izvor. Struja prolazi kroz osigurač određeno vrijeme. To vrijeme se vidi u samom softveru. Kada se nit u osiguraču rastali struja pada na nulu. Nakon izgaranja osigurača potrebno je zaustaviti aplikaciju i isključiti strujni izvor. Podaci se dokumentiraju i spremaju na za to predviđeno mjesto kako bi se kasnije mogla izvršiti analiza.

Postupak je identičan za svaki osigurač. Nakon svakog mjerenja potrebno je izvaditi uložak osigurača te se mjerno mjesto mora ohladiti prirodnim putem dok se na drugom mjernom mjestu vrši mjerenje.

Nakon što je izvršeno mjerenje za osigurače nazivnih struja; $I_n = 6\text{ A}$, $I_n = 10\text{ A}$, $I_n = 16\text{ A}$, dokumente koji su zapisani u DASyLab-u je potrebno prilagoditi programskom paketu MATLAB za analizu.

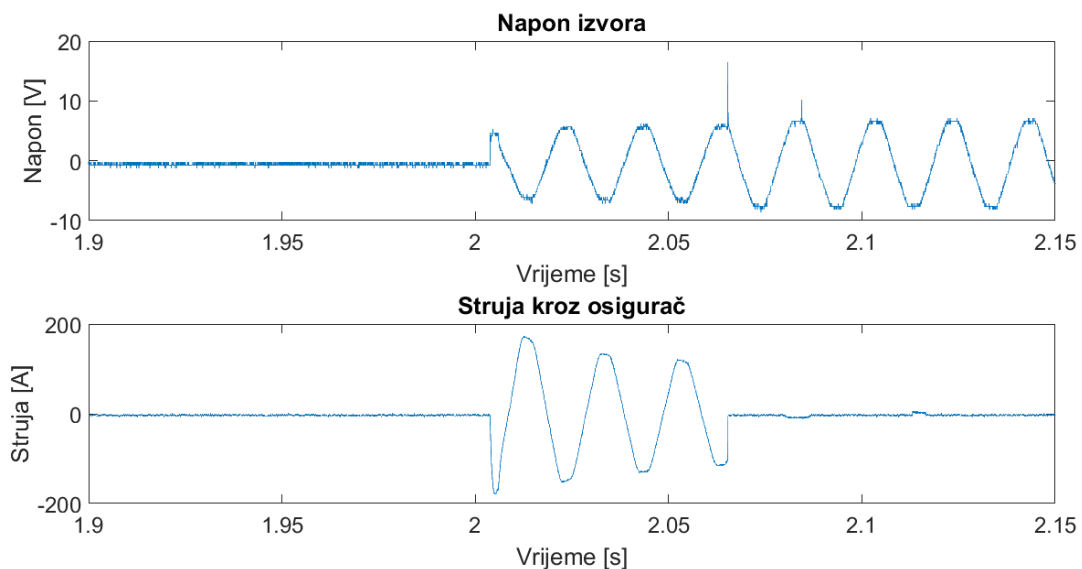
Sam zapis je u ASCII kodu i zapis sadrži vrijednosti; vrijeme [s], napon [V], struja [A].

Ove tri vrijednosti koje se nalaze u dokumentu su ključne vrijednosti za iscertavanje karakteristika struja-vrijeme i napon-vrijeme.

Dokument je potrebno ubaciti u MATLAB pomoću skripte koja je napravljena isključivo za ubacivanje dokumenata u ovakvom zapisi. Skripta koju je izradio asistent Tin Benšić se nalazi u prilogu 1.

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

Otvaranjem i pokretanjem skripte za iscertavanje grafova za prvi slučaj kada je maksimalna struja 175 A dobije se graf kao na slici 5.12.



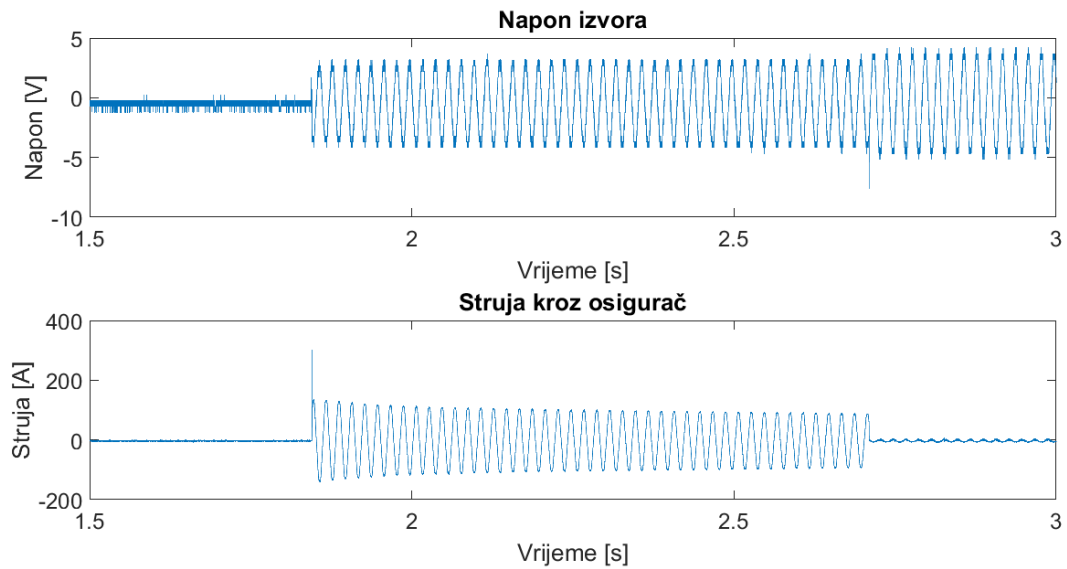
Slika 5.12. Prikaz struje i napona pri izgaranju osigurača nazivne vrijednosti struje 6 A pri ispitnoj maksimalnoj struji od 175 A

Iz grafa sa Slike 5.12 može se očitati vrijeme izgaranja osigurača koje iznosi:

$$t = 0,075 \text{ s}$$

U trenutku izgaranja slika 5.12. može se vidjeti nagli skok napona koji je uzrokovan sklopnim prenaponima, induciran zbog smetnje, tega treba zanemariti. Također se može vidjeti postepeni rast napona koji je uzrokovan padom struje zbog promjene samog otpora osigurača kao što je prikazano na slici 6.5.

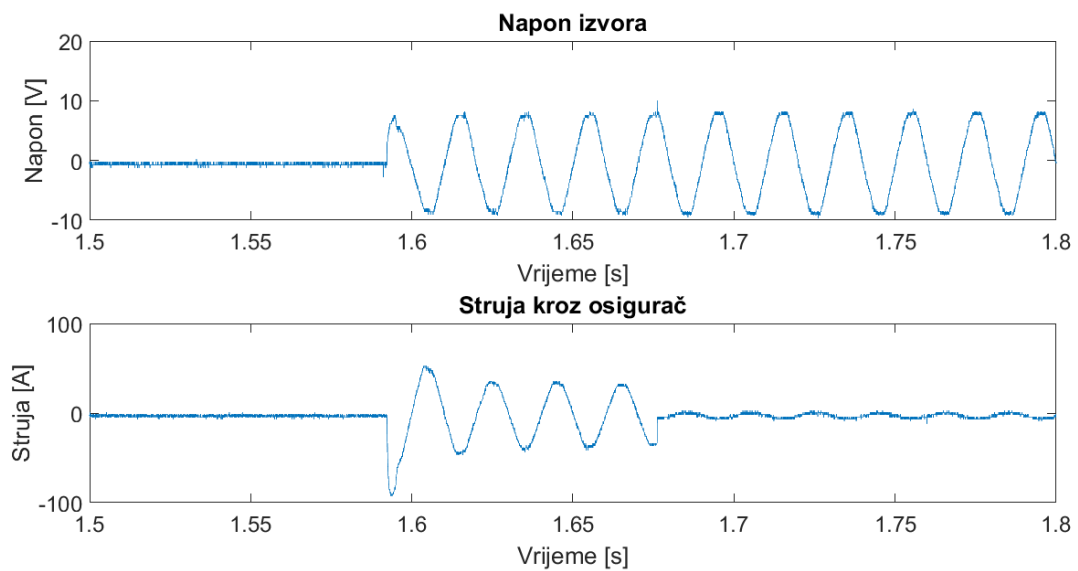
Postupak je isti za sva mjerenja.



Slika 5.13. Struja i napon u ovisnosti o vremenu za vrijednost maksimalne struje 130 A

Vrijeme izgaranja osigurača sa slike 5.13. iznosi $t = 0,87$ s.

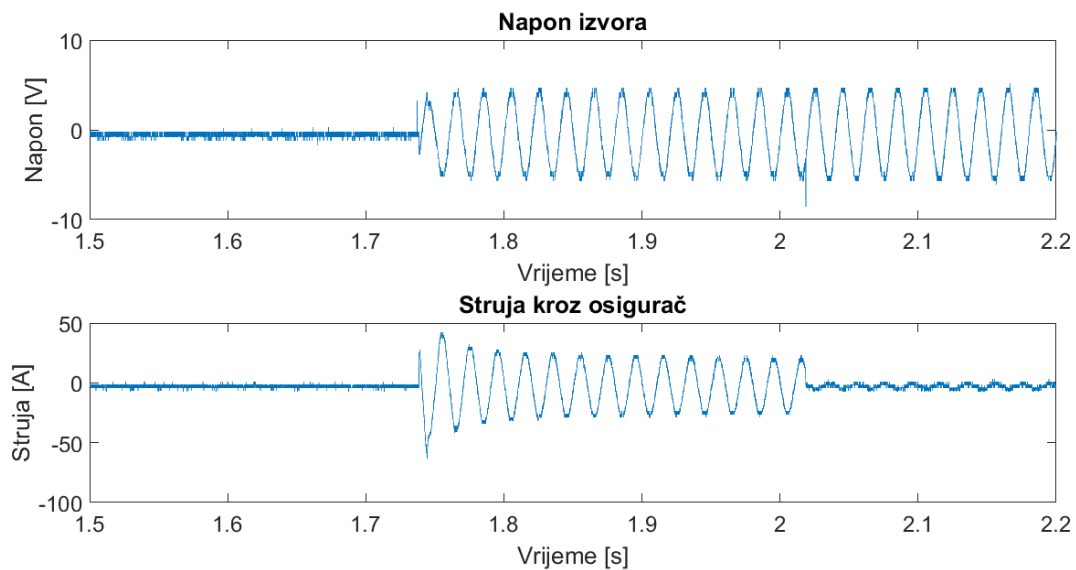
Napon iznosi $U = 3$ V, te nakon pregaranja osigurača struja pada na iznos $I = 0$ A, a napon naraste na $U = 5.5$ V.



Slika 5.14. Struja i napon u ovisnosti o vremenu za vrijednost maksimalne struje 90 A

Vrijeme izgaranja osigurača sa slike 5.15. iznosi $t = 0,1$ s.

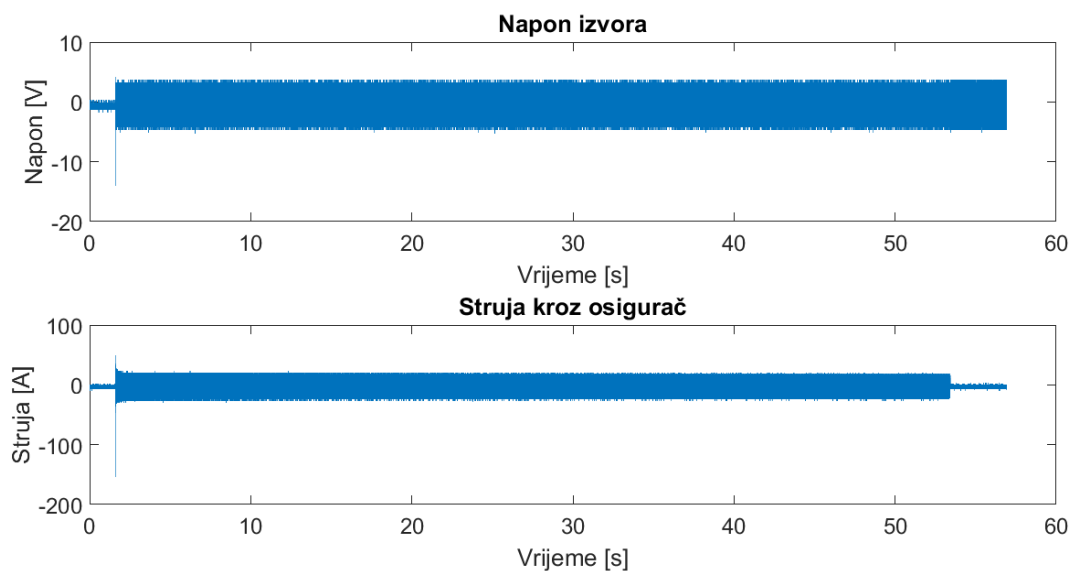
Na slici 5.14. se u trenutku $t = 1,75$ s može se vidjeti nagli skok napona na vrijednost $U = 10$ V. To je trenutak izgaranja osigurača.



Slika 5.15. Struja i napon u ovisnosti o vremenu za vrijednost maksimalne struje 60 A

Slika 5.15. prikazuje skok napona u negativnom dijelu koji ovisi o tome u kojem se dijelu u trenutku prekida nalazio valni oblik napona.

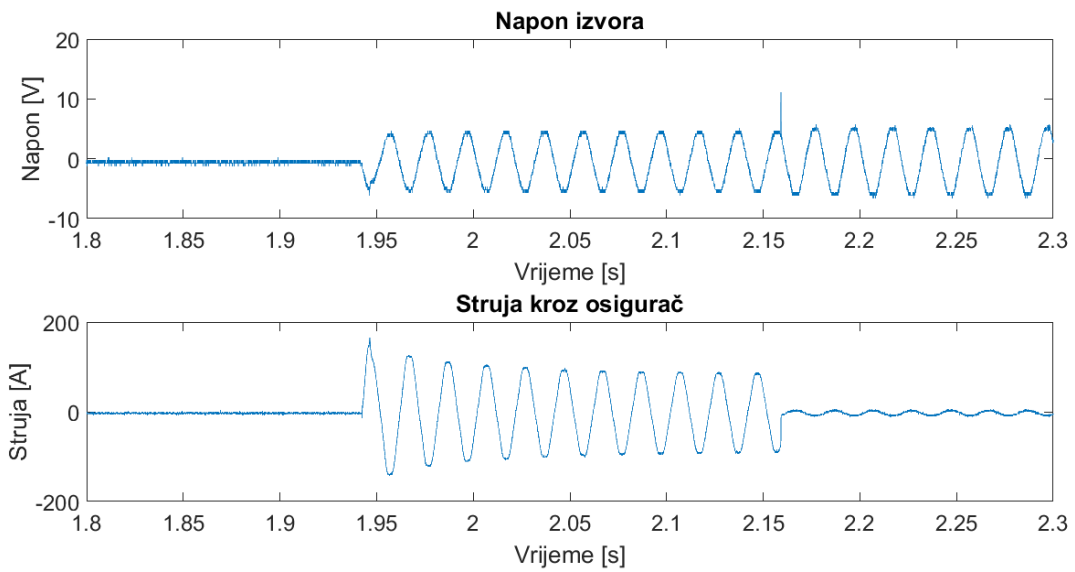
Vrijeme izgaranja osigurača očitano sa slike 5.15. iznosi $t = 0,285$ s.



Slika 5.16. Struja i napon u ovisnosti o vremenu za vrijednost maksimalne struje 20 A

Vrijeme izgaranja osigurača očitano sa slike 5.16. iznosi $t = 52$ s.

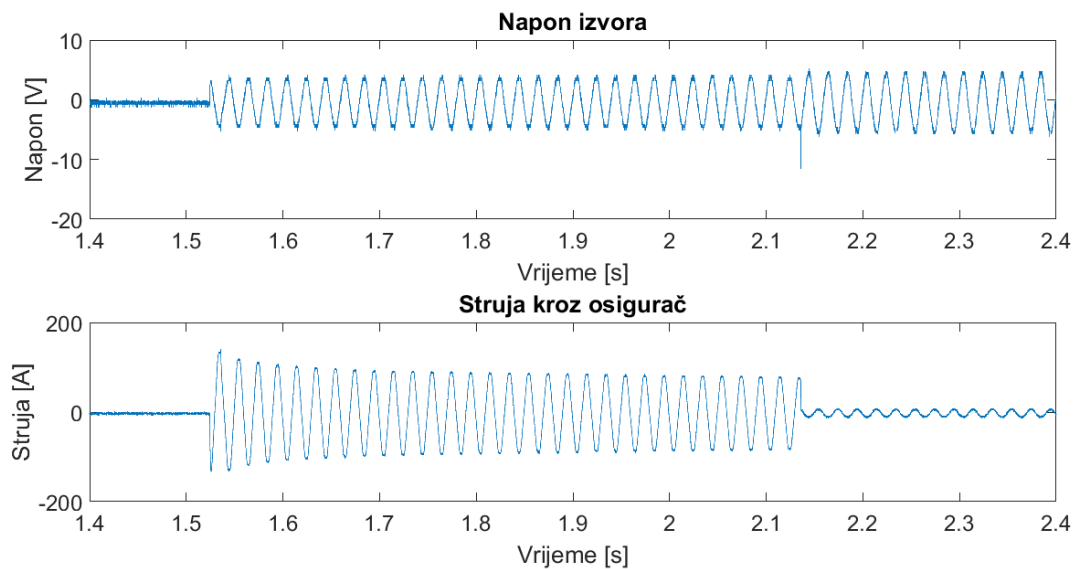
Osigurač nazivne vrijednosti struje $I_n = 10\text{ A}$



Slika 5.17. Struja i napon u ovisnosti o vremenu za vrijednost maksimalne struje 150 A

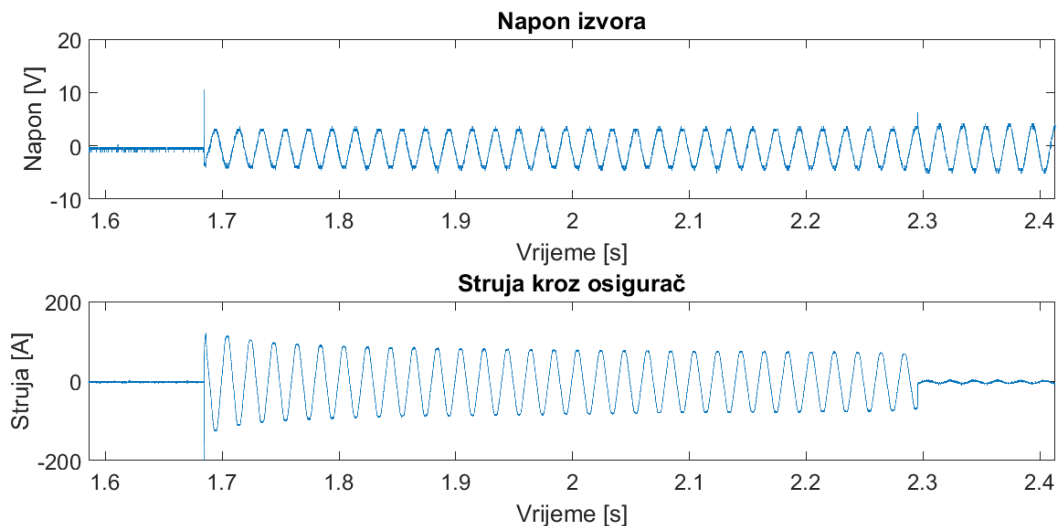
Na slici 5.17. jasno se vidi pad struje u vremenu koji iznosi za $t = 0,22\text{s}$ 75 A, također se vidi skok napona u trenutku izgaranja osigurača.

Vrijeme izgaranja osigurača očitano sa slike 5.17. iznosi $t = 0,22\text{ s}$.



Slika 5.18. Struja i napon u ovisnosti o vremenu za vrijednost maksimalne struje 140 A

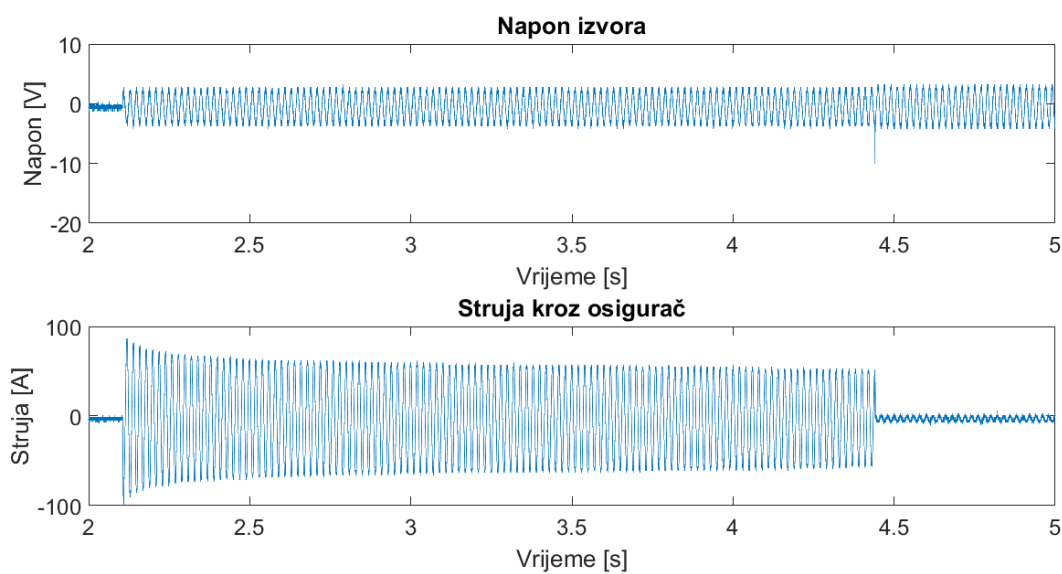
Vrijeme izgaranja osigurača sa slike 5.18. iznosi $t = 0,625\text{ s}$.



Slika 5.19. Struja i napon u ovisnosti o vremenu za vrijednost maksimalne struje 100 A

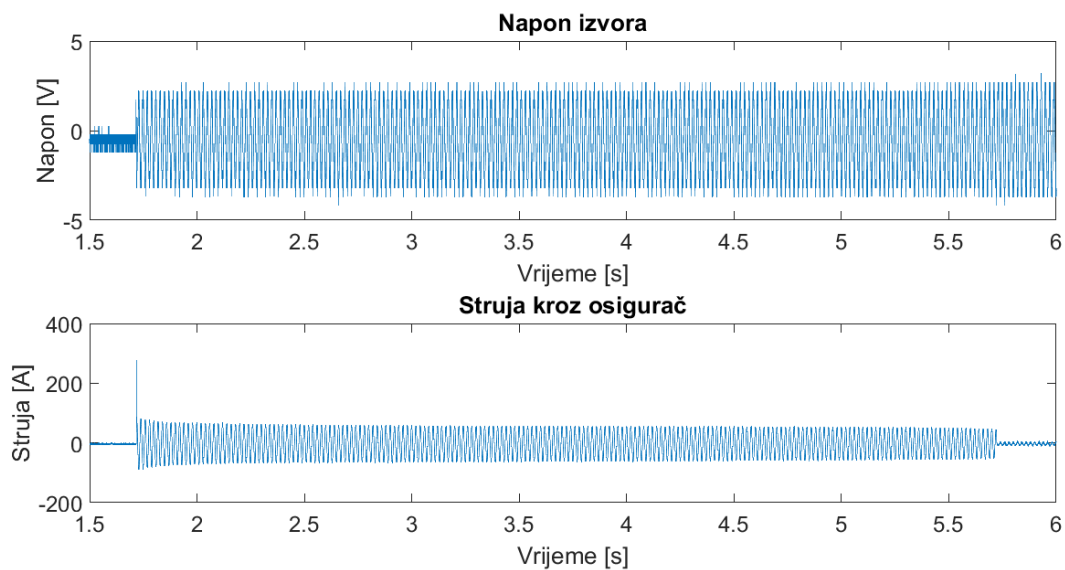
U samom trenutku uklopa vidi se nagli skok struje na -500 A što se opisuje kao sklopno uzrokovana smetnja te se može zanemariti, i vidi se skok napona na 10 V.

Vrijeme izgaranja osigurača očitano sa slike 5.19. iznosi $t = 0,65$ s.



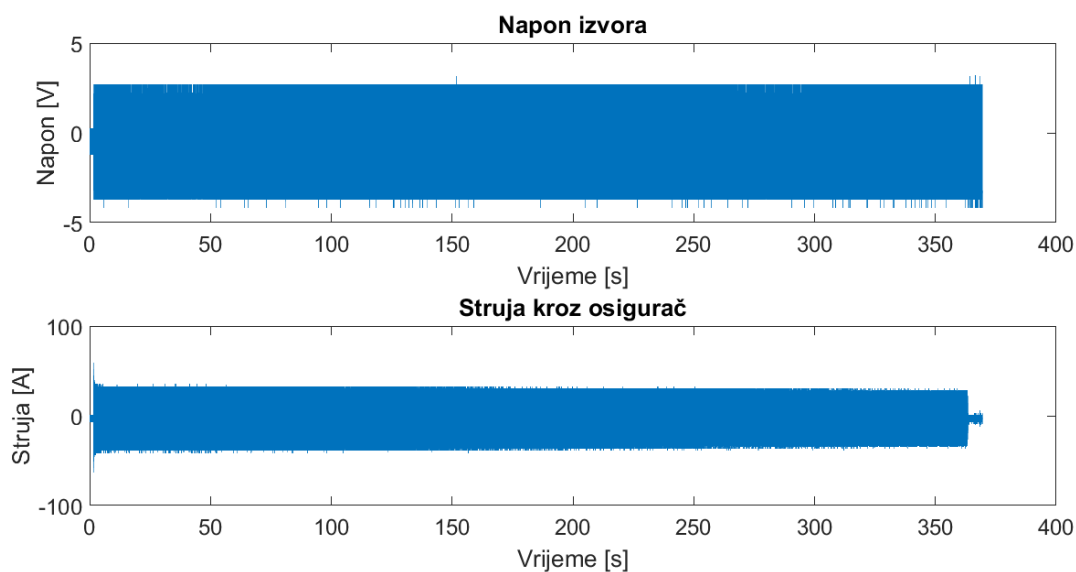
Slika 5.20. Struja i napon u ovisnosti o vremenu za vrijednost maksimalne struje 80 A

Vrijeme izgaranja osigurača očitano sa slike 5.20. iznosi $t = 2$ s.



Slika 5.21. Struja i napon u ovisnosti o vremenu za vrijednost maksimalne struje 75 A

Vrijeme izgaranja osigurača očitano sa slike 5.21. iznosi $t = 4$ s.

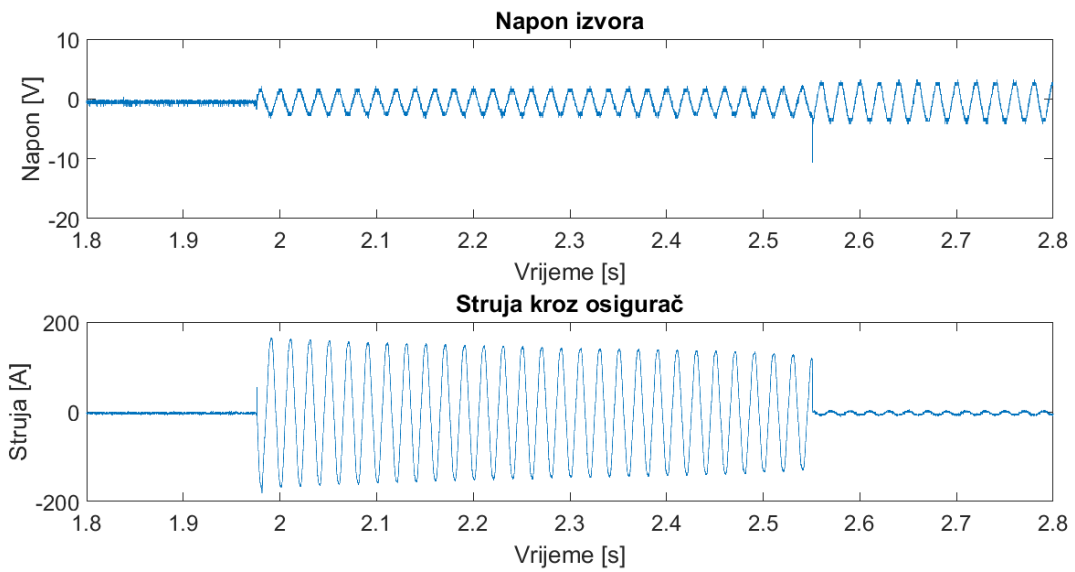


Slika 5.22. Struja i napon u ovisnosti o vremenu za vrijednost maksimalne struje 30 A

Vrijeme izgaranja osigurača očitano sa slike 5.22. iznosi $t = 370$ s.

Prilikom mjerenja pri maksimalnoj struji od $I_6 = 30$ A zabilježena je temperatura grijanja u vremenu od 0 do 16 minuta, a nakon toga hlađenja u vremenu od 0 do 65 minuta. Mjerenjem se dobije graf sa slike 5.34.

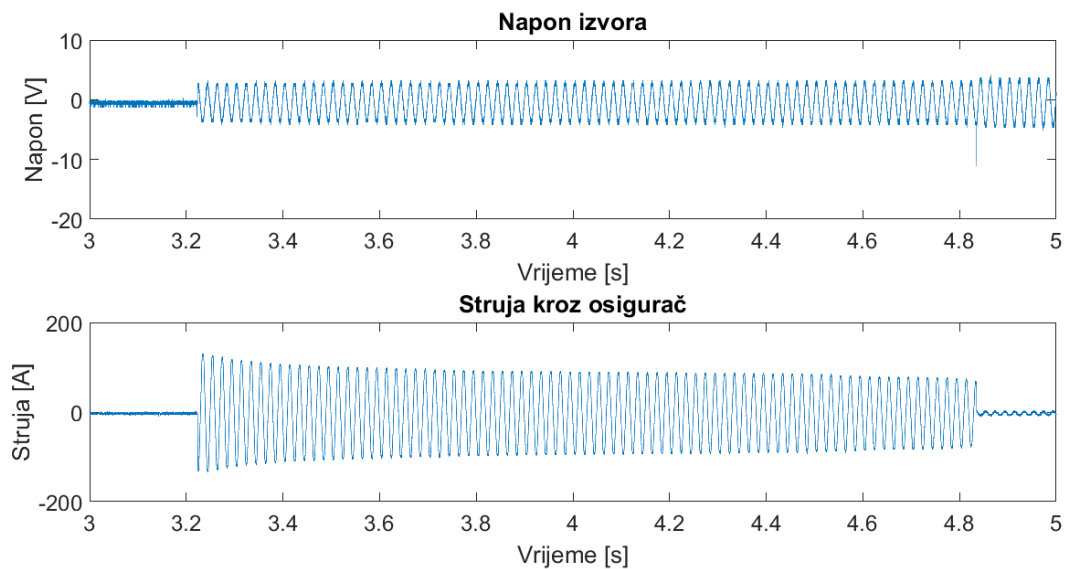
Osigurač nazivne vrijednosti struje $I_n = 16\text{ A}$



Slika 5.23. Struja i napon u ovisnosti o vremenu za vrijednost maksimalne struje 160 A

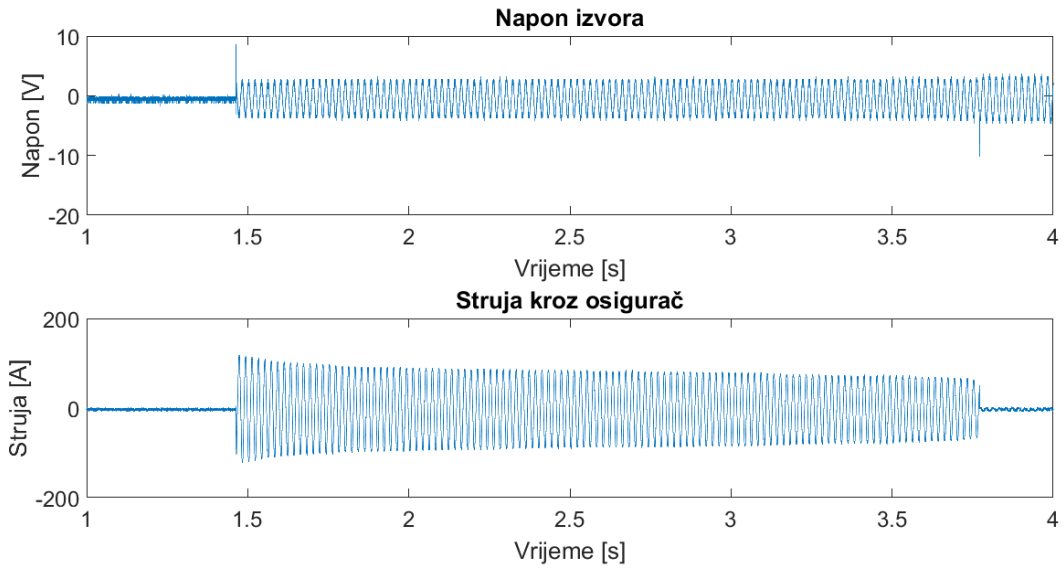
Napon iznosi pri taljenju osigurača $U = 2\text{ V}$ dok pri izgaranju poprima vrijednost od -10 V te se stabilizira na napon izvora od 4 V u ovom slučaju.

Vrijeme izgaranja osigurača sa slike 5.23. iznosi $t = 0,57\text{ s}$.



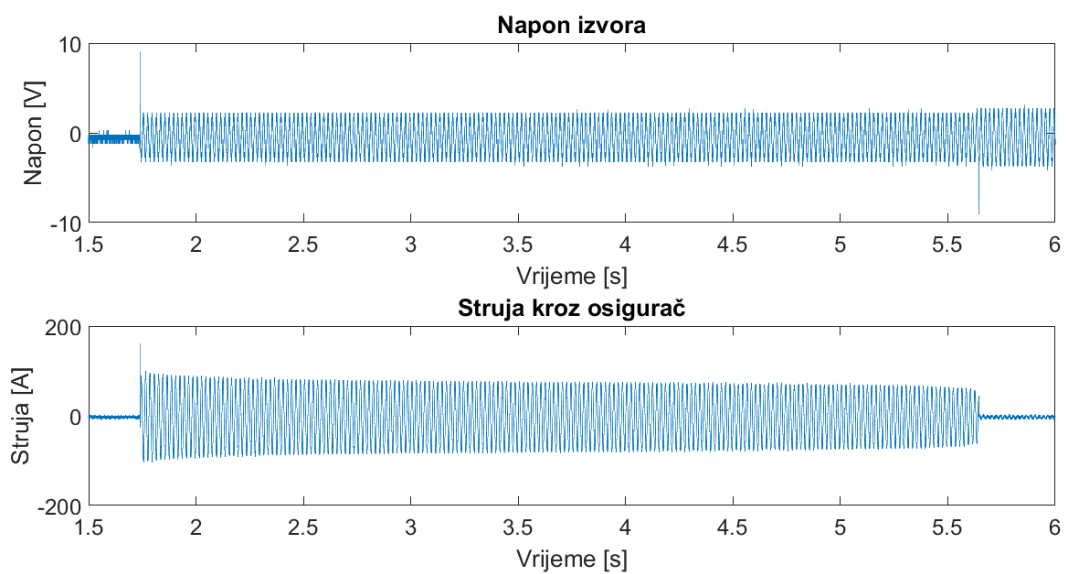
Slika 5.24. Struja i napon u ovisnosti o vremenu za vrijednost maksimalne struje 140 A

Vrijeme izgaranja osigurača očitano sa slike 5.24. iznosi $t = 1,62\text{ s}$.



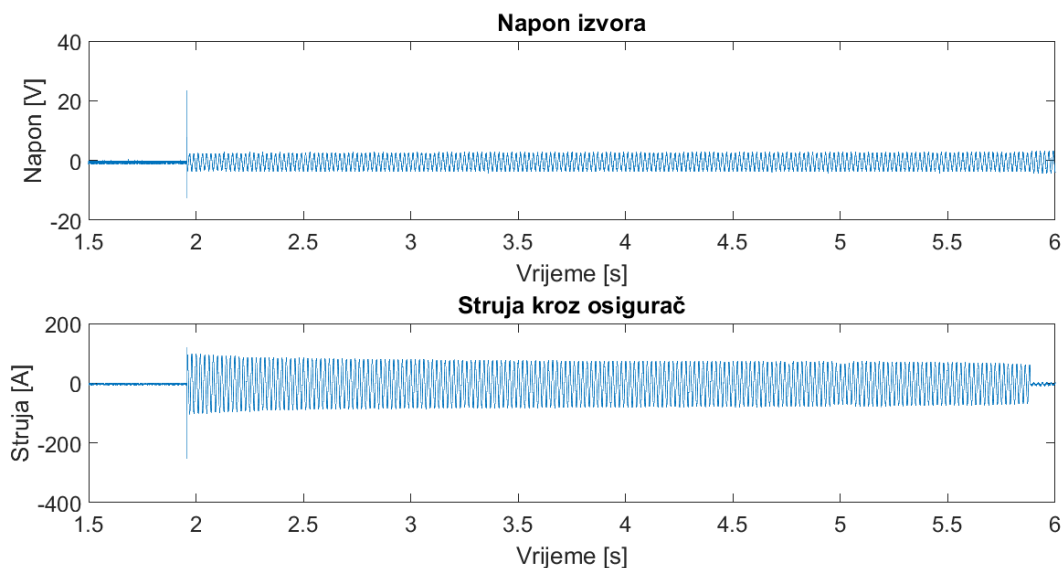
Slika 5.25. Struja i napon u ovisnosti o vremenu za vrijednost maksimalne struje 120 A

Vrijeme izgaranja osigurača očitano sa slike 5.25. iznosi $t = 2,05$ s.



Slika 5.26. Struja i napon u ovisnosti o vremenu za vrijednost maksimalne struje 100 A

Vrijeme izgaranja osigurača očitano sa slike 5.26. iznosi $t = 3,8$ s.



Slika 5.27. Struja i napon u ovisnosti o vremenu za vrijednost maksimalne struje 90 A

Vrijeme izgaranja osigurača očitano sa slike 5.27. iznosi $t = 4$ s.

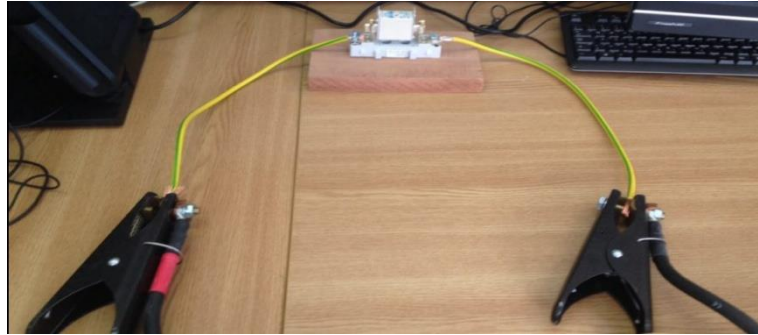
5.3. Priprema mjerenja HRC osigurača, veličine 00, razreda gG

Za razliku od ETI rastalnih osigurača HRC osigurač nije toliko zahtjevan u izradi modela. Potreban je nosač HRC osigurača, sam osigurač i ručka pomoću koje se osigurač vadi iz nosača ili vraća u nosač. Nosač s HRC osiguračem prikazan je slikom 5.28.



Slika 5.28. Model za ispitivanje HRC osigurača s njegovim nosačem

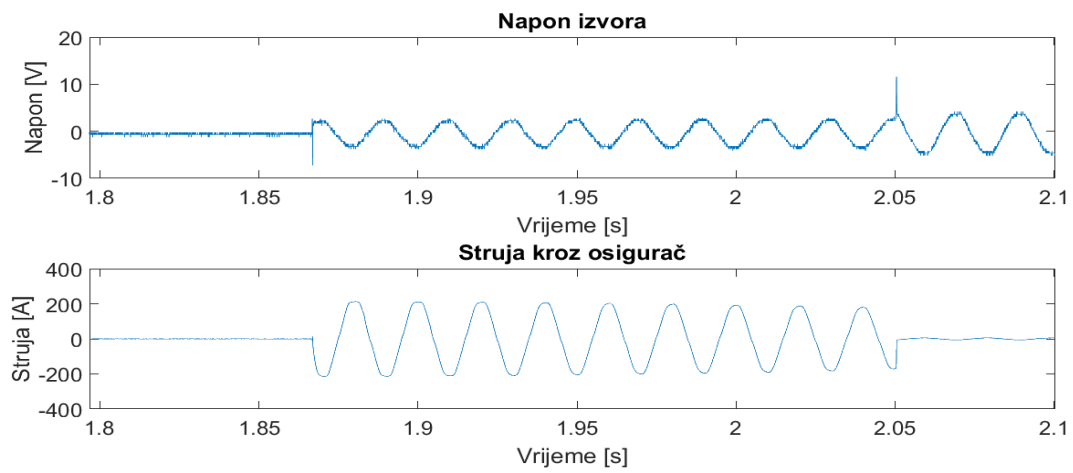
Zbog lakšeg rukovanja nosač je učvršćen na čvrstu drvenu podlogu. Kako je ovo visokoučinski osigurač i nazivne struje $I_n = 25$ A spoj s mjernom opremom izvršen je preko kabela debljine 16mm^2 zbog većih struja ispitivanja. Prikaz spoja nalazi se na slici 5.29.



Slika 5.29. Spoj osigurača s mjernom opremom

Osigurač nazivne vrijednosti struje $I_n = 25\text{ A}$

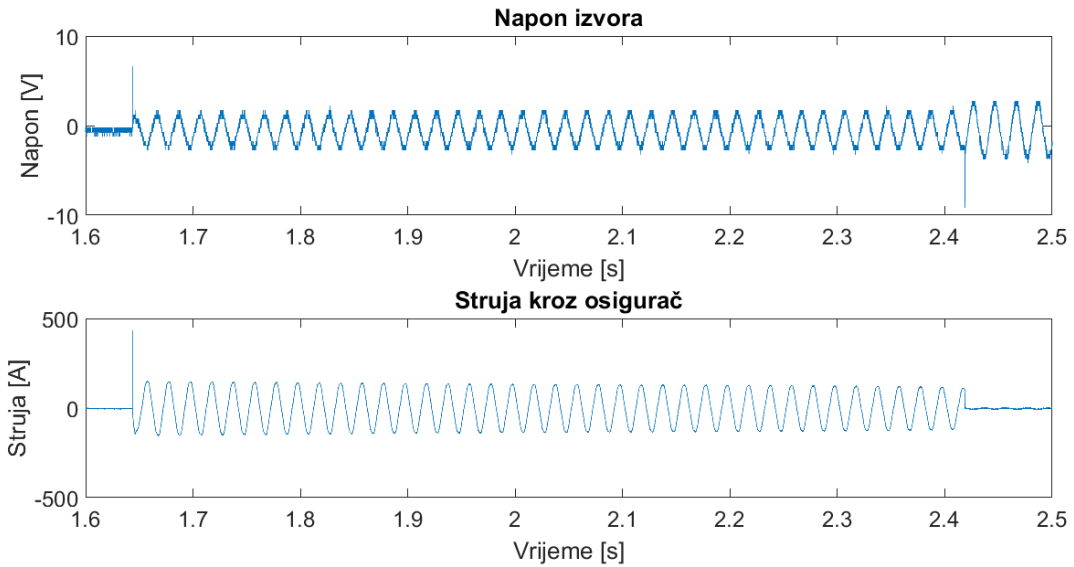
Postupak mjerenja je identičan kao u poglavlju 5.2.



Slika 5.30. Struja i napon u ovisnosti o vremenu za vrijednost maksimalne struje 210 A

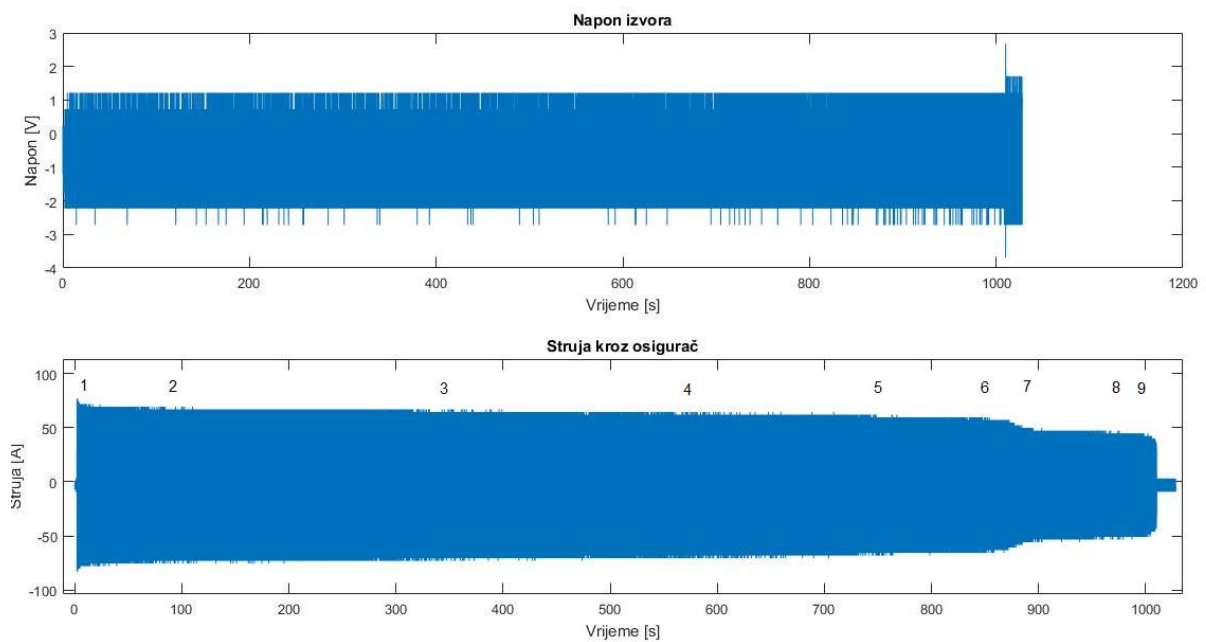
Slika 5.30. prikazuje valni oblik struje i napona HRC osigurača gdje se jasno vidi u trenutku uklopa i izgaranja skok napona.

Vrijeme izgaranja osigurača očitano sa slike 5.30. iznosi $t_1 = 0,165\text{ s}$.



Slika 5.31. Struja i napon u ovisnosti o vremenu za vrijednost maksimalne struje 150 A

Vrijeme izgaranja osigurača očitano sa slike 5.31. iznosi $t_2 = 0,77$ s.



Slika 5.32. Struja i napon u ovisnosti o vremenu za vrijednost maksimalne struje 75 A

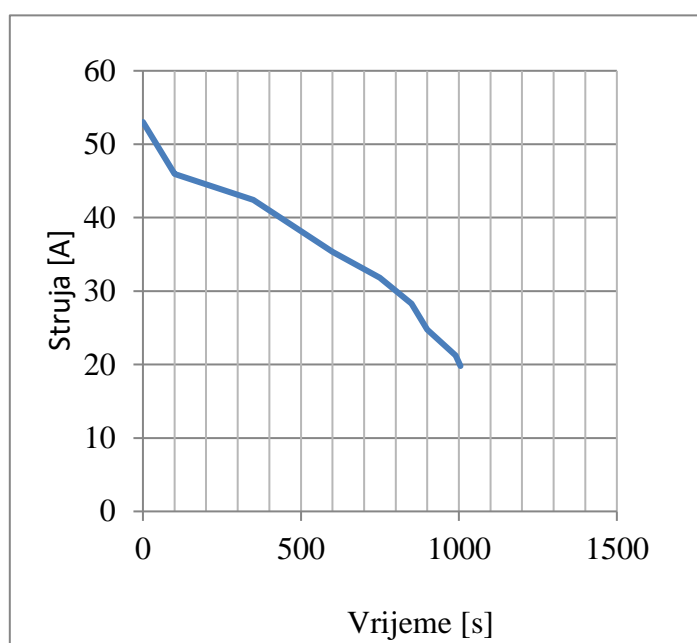
Vrijeme izgaranja osigurača očitano sa slike 5.32. iznosi $t_3 = 1010$ s.

Osiguraču $I_n = 25$ A pri maksimalnoj struji od $I_3 = 75$ A potrebno je $t_3 = 1010$ s da se rastali.

Slika 5.33. jasno pokazuje kako se struja mijenja s vremenom (tablica 5.2.).

Tablica 5.2. Promjena struje kroz osigurač u vremenu

Struja [A]	Vrijeme [s]
53	0
45	100
42	350
35	600
31	750
28	850
24	900
21	990
19	1005



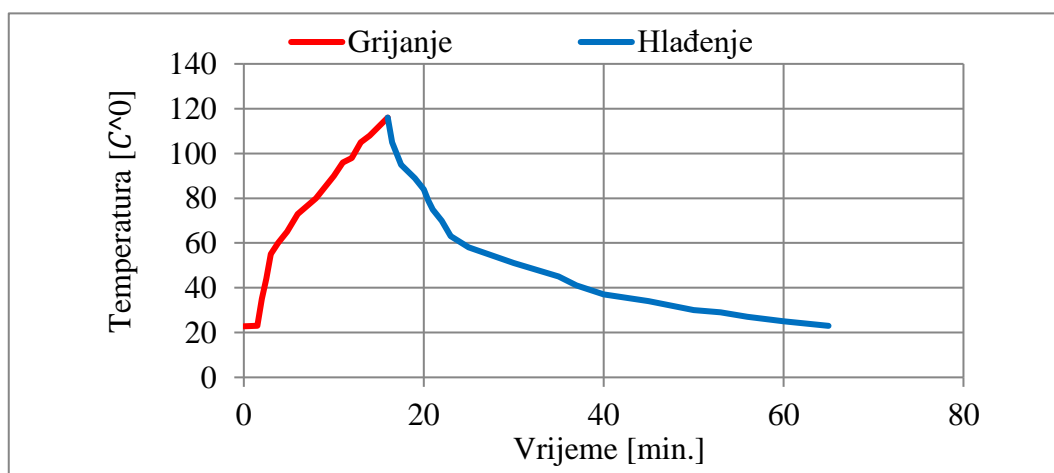
Slika 5.33. Promjena struje u vremenu

Može se reći kako promjenom temperature samog osigurača se mijenja i struja kroz osigurač i to na način da porastom temperature struja opada zbog promjene otpora samog osigurača. Tijekom samog mjerenja zabilježena je temperatura grijanja i hlađenja osigurača. Grijanje i hlađenje osigurača dano je u tablicama 5.3.

Tablica 5.3. Grijanje i hlađenje HRC osigurača

Grijanje		Hlađenje	
Temperatura [C°]	Vrijeme [min.]	Temperatura [C°]	Vrijeme [min.]
22,8	0,00	116	16,0
23	1,50	105	16,5
35	2,00	95	17,5
44	2,50	89	19,0
55	3,00	84	20,0
60	3,80	79	20,5
65	4,80	75	21,0
73	6,00	70	22,0
80	8,00	63	23,0
90	10,00	58	25,0
96	11,00	51	30,0
98	12,00	45	35,0
105	13,00	41	37,0
108	14,00	37	40,0
116	16,0	34	45,0

Tablica 5.3. prikazuje vrijednosti temperature u vremenu prilikom grijanja i hlađenja HRC osigurača. Mjerenje grijanja osigurača je trajalo 16 minuta za početnu vrijednost maksimalne struje od 75 A. Do trenutka izgaranja osigurača temperatura je narasla na 116 C°. Mjerenje temperature hlađenja osigurača se vršilo 45 minute te je zbog velikog vremena hlađenja osigurača zadnja zabilježena temperatura od 34 C°.



Slika 5.34. Grijanje i hlađenje HRC osigurača

Prikaz rasta temperature u vremenu od 16 minuta dok osigurač nije izgorio nalazi se na slici 5.34. Nakon 16. minute nastupa proces hlađenja osigurača. Jasno je vidljivo kako rast i pad temperatura podsjeća na eksponencijalnu funkciju.

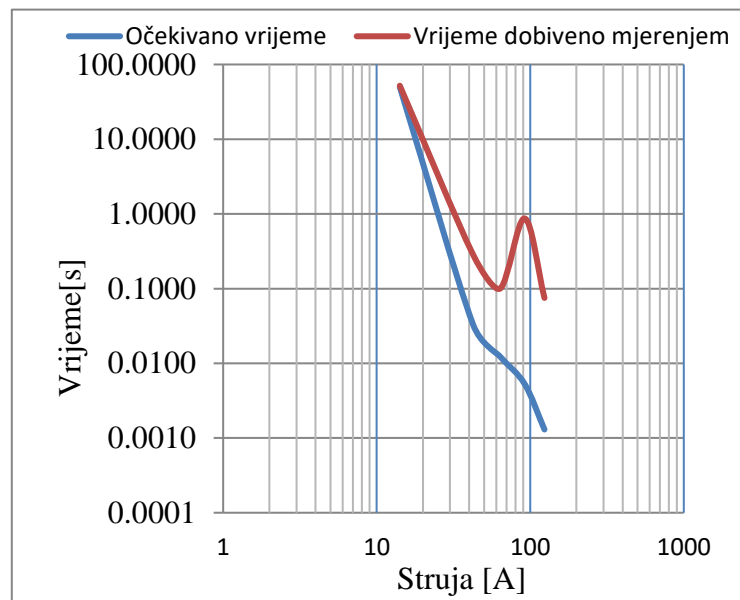
6. USPOREDBA REZULTATA MJERENJA

Nakon izvršenih mjerenja na odabranim osiguračima, te dobivenih rezultata mjerenja potrebno je analizirati i napraviti usporedbu očekivanog i stvarnog vremena izgaranja osigurača. Obrada rezultata mjerenja je napravljena u Microsoft Excelu 2007. Kako je zabilježena maksimalna struja izgaranja osigurača, a za analizu i usporedbu rezultata mjerenja potrebna je efektivna vrijednost struje. Efektivna vrijednost struje može se izračunati prema relaciji (4-1). U daljnjoj analizi radit će se s efektivnom vrijednosti struje.

Tablica 6.1. Očekivano i izmjereno vrijeme za osigurač veličine D II, razreda gG, marke ETI nazivne struje 6 A

Struja [A]	Očekivano vrijeme [s]	Vrijeme dobiveno mjerenjem [s]
123	0,0013	0,0750
91	0,0053	0,8700
63	0,0123	0,1000
42	0,0330	0,2850
14	50,0000	52,0000

U tablici 6.1. se nalazi očekivano vrijeme i vrijeme dobiveno mjerenjem za proizvoljno odabranu struju osigurača veličine D II, razreda gG, marke ETI nazivne struje 6 A.



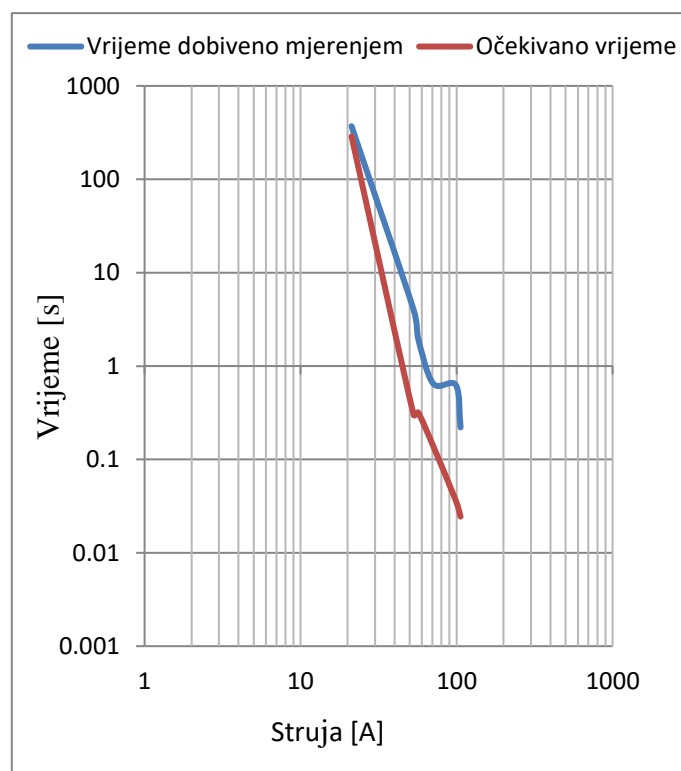
Slika 6.1. Grafički prikaz očekivanog i izmjerenog vremena za osigurač veličine D II, razreda gG, marke ETI nazivne struje 6 A

Na slici 6.1. su prikazani grafovi očekivanog i izmjerenog vremena u ovisnosti o proizvoljno odabranim strujama za osigurač veličine D II, razreda gG, marke ETI nazivne struje 6 A. Vidi se odstupanje očekivanog vremena koje je naznačeno plavom bojom od izmjerenog vremena koje je naznačeno crvenom bojom.

Tablica 6.2. Očekivano i izmjereno vrijeme za osigurač veličine D II, razreda gG, marke ETI nazivne struje 10 A

Struja [A]	Očekivano vrijeme [s]	Vrijeme dobiveno mjerenjem [s]
106	0,0244	0,2200
98	0,0360	0,6250
70	0,1400	0,6500
56	0,3200	2,0000
53	0,3000	4,0000
21	288,0000	370,0000

Tablica 6.2. prikazuje očekivano i izmjereno vrijeme za proizvoljno odabrane struje osigurača veličine D II, razreda gG, marke ETI nazivne struje 10 A.



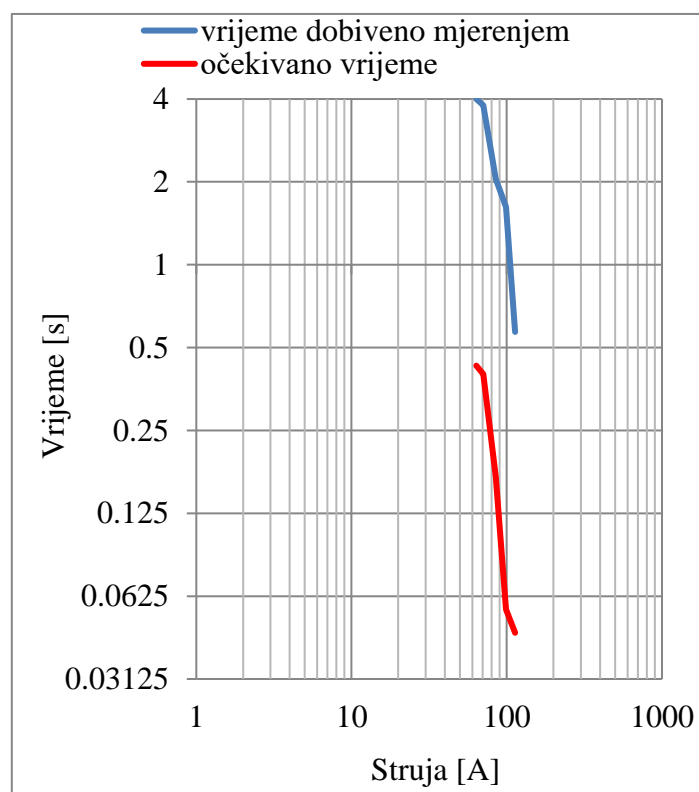
Slika 6.2. Grafički prikaz očekivanog i izmjerenog vremena za osigurač veličine D II, razreda gG, marke ETI nazivne struje 10 A

Na slici 6.2.prikazani su grafovi očekivanog i izmjerenog vremena u ovisnosti o proizvoljno odabranim strujama za osigurač veličine D II, razreda gG, marke ETI nazivne struje 10 A. Vidi se odstupanje očekivanog vremena koje je naznačeno crvenom bojom od izmjerenog vremena koje je naznačeno plavom bojom.

Tablica 6.3. Očekivano i izmjereno vrijeme za osigurač veličine D II, razreda gG, marke ETI nazivne struje 16 A

Struja [A]	Očekivano vrijeme [s]	Vrijeme dobiveno mjerenjem [s]
113	0,003	0,570
98	0,003	1,620
84	0,056	2,050
70	0,010	3,800
63	0,015	4,000

Tablica 6.3. prikazuje očekivano i izmjereno vrijeme za proizvoljno odabrane struje osigurača veličine D II, razreda gG, marke ETI nazivne struje 16 A



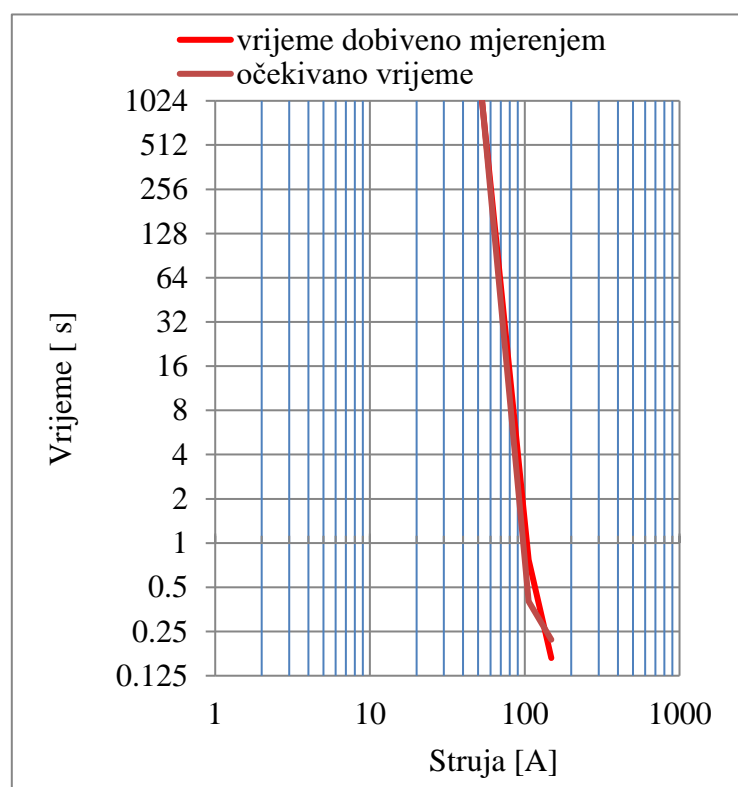
Slika 6.3. Grafički prikaz očekivanog i izmjerenog vremena za osigurač veličine D II, razreda gG, marke ETI nazivne struje 16

Grafovi očekivanog i izmjerenog vremena u ovisnosti o proizvoljno odabranim strujama za osigurač veličine D II, razreda gG, marke ETI nazivne struje 16 A prikazani su na slici 6.3. Vidi se odstupanje očekivanog vremena koje je naznačeno crvenom bojom od izmjerenog vremena koje je naznačeno plavom bojom

Tablica 6.4. Očekivano i izmjereno vrijeme za HRC osigurač veličine 00, razreda gG, nazivne struje 25 A

Struja [A]	Očekivano vrijeme [s]	Vrijeme dobiveno mjerenjem [s]
148	0,500	0,165
106	3,000	0,770
53	1010,000	1010,000

Tablica 6.4. prikazuje očekivano i izmjereno vrijeme za proizvoljno odabrane struje HRC osigurača veličine 00, razreda gG, nazivne struje 25 A



Slika 6.4. Grafički prikaz očekivanog i izmjerenog vremena za HRC osigurač veličine 00, razreda gG, nazivne struje 25 A

Na slici 6.4. prikazani su grafovi očekivanog i izmjerenog vremena u ovisnosti o proizvoljno odabranim strujama za osigurač veličine 00, razreda gG, nazivne struje 25 A. Može se vidjeti

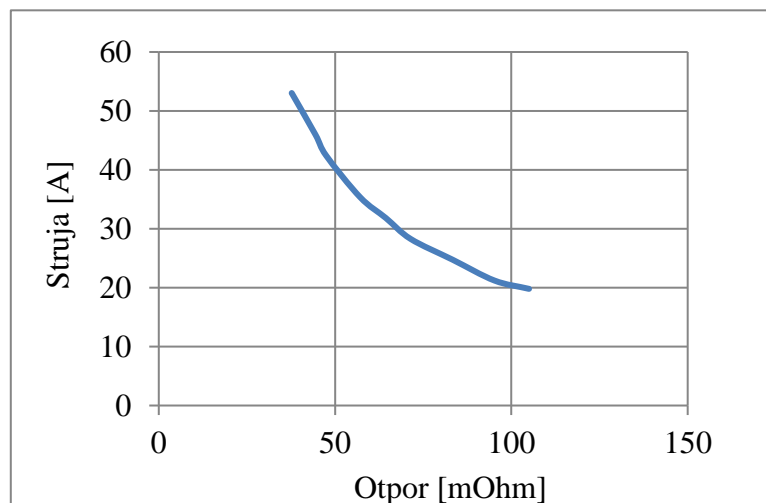
kako se vrijeme dobiveno mjerenjem koje je naznačeno crvenom bojom gotovo pa poklapa s očekivanim vremenom koje je naznačeno tamno crvenom bojom.

Tablica 6.5. Promjena otpora HRC osigurača veličine 00, razreda gG, nazivne struje 25

A pri naponu $U = 2 \text{ V const.}$

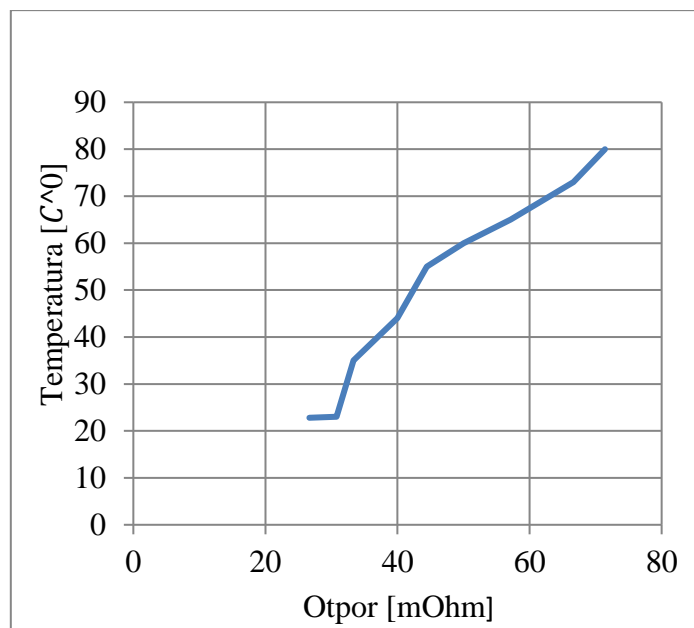
Struja [A]	Otpor [mOhm]
53	37,70
45	44,44
42	47,46
35	57,10
31	64,40
28	71,4
24	83,33
21	95,20
19	105,00

U tablici 6.5. nalazi se promjena otpora HRC osigurač veličine 00, razreda gG, nazivne struje 25 A pri naponu $U=2 \text{ V const.}$, za proizvoljno odabranu maksimalnu struju od 75 A.



Slika 6.5. Grafički prikaz promjenu otpora u ovisnosti o struji za HRC osigurač veličine 00, razreda gG, nazivne struje 25 A

Grafički prikaz promjene otpora HRC osigurač veličine 00, razreda gG, nazivne struje 25 A pri naponu $U=2 \text{ V const.}$, za proizvoljno odabranu maksimalnu struju od 75 A prikazan je na slici 6.5. Može se vidjeti kako otpor zbog zagrijavanja raste a kao posljedica toga imamo pad struje u vremenu.



Slika 6.6. Grafički prikaz promjenu otpora u ovisnosti o temperaturi za HRC osigurač veličine 00, razreda gG, nazivne struje 25 A

Ako se iz tablice 5.3. uzme vrijednost temperature grijanja, te iz tablice 6.5. vrijednosti otpora dobije se graf kao na slici 6.6. Ovdje se vidi kako se mijenja otpor porastom temperature. Kako temperatura raste otpor također raste. Ako se dobro pogledaju grafovi na slici 6.1. plavom bojom je označeno vrijeme u kojem se za određenu struju očekuje izgaranje osigurača, dok je crvenom bojom označeno vrijeme u kojem je osigurač izgorio. Očekivano vrijeme dobije se iz karakteristike osigurača koju je dao sam proizvođač, dok se izmjereno vrijeme dobije mjerenjem opisano u poglavlju 5. Vidljivo je kako očekivano vrijeme odstupa od izmjenog vremena. Ovo vrijedi i za osigurače kojima se karakteristike nalaze na slici 6.2. i slici 6.3. Kod HRC osigurača stvar je drugačija. Na slici 6.4. tamno crvenom bojom označeno je vrijeme u kojem se za određenu struju očekuje izgaranje osigurača, dok je crvenom bojom označeno vrijeme u kojem je osigurač izgorio. Očekivano vrijeme dobije se iz karakteristike osigurača koju je dao sam proizvođač koja se nalazi an slici 4.2., dok izmjereno vrijeme dobije se mjerenjem opisano u poglavlju 5. Vidi se podudaranje očekivanog i izmjenog vremena. Objašnjenje odstupanja karakteristike ETI osigurača i poklapanje karakteristike HRC osigurača nalazi se u samoj disipaciji snage koja se javlja prilikom izgaranja osigurača. Kako se konstrukcija ETI osigurača razlikuje od HRC tako da ETI osigurači osim samog uloška ima i svoju osnovu u koju se stavlja osigurač, te kalibarski prsten i kapu, dok HRC osigurač to nema. HRC osigurač ima samo svoj nosač te je kontakt osigurača i nosača ostvaren pomoću dva „noža“ koja se može vidjeti na slici 5.29. Jasno je vidljivo da on ima malu površinu koja se dodiruje s drugim materijalom za razliku

od ETI osigurača. Prilikom izgaranja uložak ETI osigurača svoju energiju izgaranja prenosi na njegove dijelove i okolinu, dok HRC energiju prenosi samo na okolinu koja nije toliko značajna u ovom slučaju u odnosu na ETI osigurače. Samim ovim se veći dio energije izgaranja disipirao na nit HRC osigurača te je izgorio u približno stvarnom vremenu. U slučaju ETI osigurača energija se disipirala na njegove dijelove te je potrebno duže vrijeme izgaranja niti samog osigurača, zato karakteristika odstupa od stvarne karakteristike. Slika 5.33. prikazuje promjenu struje u vremenu HRC osigurača. Porastom temperature otpor osigurača raste što je vidljivo na slici 6.6., kao posljedica toga imamo pad struje, vidi sliku 6.5. Ako se obrati pozornost na sliku 5.19. može se vidjeti kako nakon izgaranja osigurača postoji titranje struje koje iznosi oko 5 A i prestaje u trenutku isključenja strujnog izvora. To titranje se nalazi na svakoj karakteristici ispitnih osigurača i iznosa je oko 5 A. To nije ništa drugo nego smetnja koju kupe strujna kliješta jer su se nalazila blizu strujnog izvora koji u sebi sadrži transformator koji proizvodi elektromagnetsko polje, također su posljedica sklopne frekvencije. Ako se obradi dublja analiza iz grafa sa slike 5.34. može se odrediti disipirana snaga osigurača, tj. Džulovi gubici.

7. ZAKLJUČAK

Sam rad zasniva se na ispitivanju osigurača. Bilo je potrebno povijesno razraditi osigurače, shvatiti način njihovog rada, konstrukciju i bitne fizikalne i električne veličine koje se spominju u radu. Da bi se to obavilo potrebna je priprema za samo mjerenje. Pripremila se odgovarajuća oprema za mjerenje, strujno-vremenske karakteristike su teorijski i matematički obrađene da bi se dobili rezultati koji se mogu očekivati prilikom mjerenja. Napravljen je model na kojem se vršilo mjerenje. Nakon pripremnih radnji za mjerenje i definiranje odgovarajuće mjerne opreme bilo je potrebno spojiti mjernu opremu na sam model koji je izrađen za mjerenje. Nakon spajanja opreme i modela na strujnom izvoru se postavila proizvoljno odabrana struja za mjerenje. Sva mjerna oprema se postavila prema uvjetima mjerenja te je mjerenje izvršeno i podaci su zabilježeni u za to predviđen softver. Rezultati su obrađeni i prikazani u obliku grafova iz kojih se vidi točno vrije izgaranja osigurača dobiveno mjerenjem. Nakon prikaza i obrade rezultata izvršena je analiza rezultata i objašnjenje. Iz same analize očekivanog i dobivenog donijet je zaključak.

Nakon obavljene analize rezultata mjerenja i dobivenih grafova zaključeno je kako sama konstrukcija osigurača ima veliku ulogu kod karakteristike izgaranja osigurača. Dio temperature kod rastalnih osigurača se disipirao na dijelove samog osigurača što je rezultiralo odstupanjem stvarne karakteristike od one kataloški zadane.

Da bi se smanjilo odstupanje grafova dobivenih mjerenjem i grafova koje je dao sam proizvođač potrebna je odgovarajuća oprema koja je namijenjena u tu svrhu. Svaki proizvođač garantira da strujno-vremenska karakteristika koju je on dao za pojedini osigurač odgovara istom. Iako u samom pogonu postoje greške kao i u svakoj serijskoj proizvodnji uzorci se uzimaju i testiraju. Ovdje je napravljeno jedno ispitivanje na takvim osiguračima s mjernom opremom za koju se ne može sto posto garantirati da je prilagođena baš u te svrhe i da se može uzeti kao dobra mjerna oprema za ispitivanje osigurača. Kako strujni izvor koji je korišten u radu ima svoje smetnje koje utječu na signal koji je snimljen, npr. transformator u strujnom izvoru el. magnetskim poljem može izazvati male smetnje koje će strujna kliješta očitati i pripisati signalu kojeg očituju zbog njegove neposredne blizine ostaloj opremi. Također on ima i analogni regulator struje koji ne garantira da je podešena točno ona struju koja je potrebna pri mjerenju. Oprema za snimanje izgaranja osigurača ima također smetnje i odstupanja, kao što je napon uklopa i sl. Model je napravljen od osigurača koji su spojeni na kabel debljine 16 milimetara kvadratnih. Ti isti kabeli

su spojeni na strujni izvor s kliještima. Sam spoj kabela i kliješta ima svoj otpor koji može imati loš doprinos mjerenju, kao i kontakti osigurača i kabela. Iako strujno-vremenske karakteristike koje su dobivene mjerenjem odstupaju od karakteristika koje je dao proizvođač mora se uzeti u obzir da se radi o velikim strujama koje su se koristile pri mjerenju i da se radi o vrlo kratkom vremenu izgaranja. Ako se uzme primjer sa slike 6.4. može se vidjeti da mjereno vrijeme izgaranja osigurača poklapa se s vremenom kojeg je dao proizvođač, ali za vrijeme od $t=1010$ s. Što bi značilo da za manje struje i veće vrijeme mjerenja rezultati su bolji i točniji. Također treba uzeti u obzir strujno-vremensku karakteristiku koju je dao proizvođač, ona je logaritamska što znači da treba pripaziti pri očitavanju struje i vremena izgaranja, zbog toga što ako se očita nešto manja ili veća struja i vrijeme se mijenja i tu već nastaje pogreška u daljnjem radu.

8. LITERATURA

- [1] A.Wright i P.G.Newbery, Electric Fuses, 3rd ed.,The Institution of Engineering and Technology, London, UK,2004. God.
- [2] C.Mullert, Fuse Advantages, 2005. god.
URL:http://www.bezpieczniki.com/strony/artykuly/ferraz/GB199_Fuse_advantages.pdf, (Datum pristupa 11.1.2018.)
- [3] J. Andersson,M. Ramqvist,Circuit breakers, Melting fuses and Electronic fuses,Chalmers University of Technology,Göteborg, Sweden,2010. God.
- [4] P.Rosen,P.G.Newbery, Recent advances in HRC fuse technology, Electronic&Power,1983. god.
- [5] Jugoslavenski standard sa obveznom primenom, JUS N.E5.005 X,1962. God.
- [6] Katalog ETI proizvoda, 2018. God.
URL: http://www.etigroup.eu//cache/eti_datasheet_002312405_en-gb.pdf, (Datum pristupa 25.2. 2018.)
- [7] J. Muller, Time current characteristics, NH000-1hgGh400/500/690Vh2-160A ,2015. God.
URL:[https://www.jeanmueller.de/produkte/jean/en_GB/all/NH%20fuselink%20Combi%20indicator%20gG%20400V%2025A%20M000GL254/\\$catalogue/jeanData/PR/N5002605/keywords.xhtml?result=1522193882972](https://www.jeanmueller.de/produkte/jean/en_GB/all/NH%20fuselink%20Combi%20indicator%20gG%20400V%2025A%20M000GL254/$catalogue/jeanData/PR/N5002605/keywords.xhtml?result=1522193882972), (Datum pristupa 25.2.2018.)
- [8] WaveBook user's manual., Cleveland, 1999. god, OH 44146-1833.
URL:<ftp://ftp.mccdaq.com/Manuals/WaveBook%20Users%20Manual.pdf>, (Datum pristupa 1.3.2018.)
- [9] Katalog Megger-csu600a,Doc. BF0225BE ,2009. God.
URL: http://www.stevoelectric.be/user/image/megger-csu600a-at_ds_en_v01.pdf, . (Datum pristupa 1.3.2018.)
- [10] Katalog Raytek RAYMT4U MiniTemp Portable IR Thermometer ,U.S.A.,2005. god. CA 95061-1820.
URL:https://www.raytekdirect.com/pdfs/cache/www.raytekdirect.com/raytek/ir_thermometer

/raymt4u/datasheet/raytek_raymt4u_ir_thermometer_datasheet.pdf, (Datum pristupa 10.3.2018.)

[11] S. Skok, Zavod za energetiku, Električna postrojenja.

URL:http://www.riteh.uniri.hr/zav_katd_sluz/zee/nastava/svel/ep/download/ELEKTRICNA%20POSTROJENJA%207-p.pdf, (Datum pristupa 10.3.2018.)

[12] Katalog proizvoda, Tracon, 2018. god.

URL:https://hr.traconelectric.com/static/attachment/kat/hr/tracon_catalogue_2018_2019_F_hr.pdf(Datum pristupa 10.3.2018.)

[13] Zaštita na radu- propisi, cijene, obveze, ponude, Zaštita električnih instalacija niskog napona osiguračima

URL: [https://zastitanaradu.com.hr/novosti/Zastita-elektricnih-instalacija-niskog-napona-](https://zastitanaradu.com.hr/novosti/Zastita-elektricnih-instalacija-niskog-napona-osiguracima-)
[osiguracima-](https://zastitanaradu.com.hr/novosti/Zastita-elektricnih-instalacija-niskog-napona-osiguracima-27?fbclid=IwAR2YgKvJEHe5gt052zO1Zl2vePkuv9WnArCwv5K9F3yNqSyuhPP2koGIS6k)

[27?fbclid=IwAR2YgKvJEHe5gt052zO1Zl2vePkuv9WnArCwv5K9F3yNqSyuhPP2koGIS6k](https://zastitanaradu.com.hr/novosti/Zastita-elektricnih-instalacija-niskog-napona-osiguracima-27?fbclid=IwAR2YgKvJEHe5gt052zO1Zl2vePkuv9WnArCwv5K9F3yNqSyuhPP2koGIS6k)
(Datum pristupa 22.1.2019.)

SAŽETAK

Rad se zasniva na razvoju osigurača kroz povijest, te podijeli prema vrsti i funkciji osigurača. Navedeni su tipovi osigurača, njihova primjena i strujno vremenske karakteristike niskonaponskih osigurača na kojima je snimljena strujno vremenska karakteristika izgaranja i zabilježena temperatura tijekom mjerenja iz koje se vidi promjena otpora porastom temperature. Na osnovu dobivenih i očekivanih rezultata je napravljena analiza i u excelu su napravljeni grafovi.

Ključne riječi; osigurači, povijest, struja, vrijeme, napon

ABSTRACT

This graduation work is based about historical development of fuses, and their division to types and functions. For all fuses are listed their type, application and current-time characteristic of low-voltage fuses. Thru experimentation and measuring of fuses it`s recorded their current-time characteristics of burnout and temperature during experimentation from which change of resistance is seen as temperature increases. Based on obtained and expected values, analysis was performed and excel diagrams were made.

Keywords; fuses, history, current, time, voltage.

ŽIVOTOPIS

SRĐAN SAVIĆ

Rođen je 1993. u Vukovaru, osnovnu školu završio 2008. godine u „OŠ Dalj“ u Dalju. Srednju elektrotehničku i prometnu školu upisuje u Osijeku te ju završava 2012. godine i upisuje preddiplomski studij elektrotehnike u Osijeku. Tri godine preddiplomskog studija završava 2015.g. u Osijeku, te upisuje diplomski studij, smjer industrijska elektroenergetika u Osijeku. U slobodno vrijeme bavi se društvenim igrama i rekreativno nogometom. Trenutno je zaposlen kod poslodavca KMZ-elektro d.o.o. i obavlja elektroinstalacijske poslove te se bavi razvodnim ormarima u kojima se nalaze osigurači koji su predmet njegovog diplomskog rada. Obavljao terenski posao u Švedskoj gdje je konkretno radio na spajanju kabela na trafostanice reda veličine 20 MVA kojih je bilo ukupno šest. Radio je s još jednim radnim kolegom napajanje hangara veličine 1800 metara kvadratnih u kojem su se nalazile grafičke kartice za proizvodnju kriptovaluta. Između ostalih poslova bavio se sklapanjem konstrukcije za kabele (kablskim ljestvama), napajanjem razvodnih ormara i izradom istih, spajanje ventilatora snage 4 kW kojih je bilo 144 komada. Između ostalog obavljao je elektro instalacijske radove u samom pogonu, te komunicirao s nadređenima o potrebnom materijalu, i planovima za daljnji rad. Zna se dobro služiti programima DASYLab i Matlab, te se zna služiti s engleskim jezikom.

U Osijeku, veljače 2019. god.

Srđan Savić univ. bacc. ing. el.

Potpis: 

PRILOG:

MATLAB skripta za unos dokumenata u ASCII kodu

```
%dodjeljenim imenima, vremenskim nizom i iznosima varijabli.
%
%Pozivanjem funkcije otvara se dialogbox za unos naziva datoteke koju se
%zeli importirati i s kojom se dalje radi.

[FileName,PathName]= uigetfile;
fullpath=[PathName FileName];
[measured_data]=importdata(fullpath, ';', 8);

%Sampling frequency
prompt='Unesite frekvenciju uzorkovanja';
Fs=inputdlg(prompt);
Fs=str2num(Fs{1});

%importdata
%Unos broja mjerenih velicina
prompt='Unesite broj mjerenih velicina';
dlgtitle='Broj mjerenih velicina';
n=inputdlg(prompt,dlgtitle,1);
n=str2num(n{1});
dlgtitle='Unos naziva velicina';
for i=1:n
    prompt=['Unesite naziv ' num2str(i) '. velicine'];
    measured.name(i)=inputdlg(prompt,dlgtitle,1);
end
measured.data=measured_data.data;
measured.time=size(measured.data);
measured.time=measured.time(1);
measured.time=0:1:measured.time-1;
measured.time=transpose(measured.time/Fs);
uisave('measured');
```

Nakon ubacivanje dokumenta u MATLAB potrebno je napraviti skriptu koja će ono što je zapisano u dokumentu prikazati kao graf.

Skripta za iscrtavanje grafova

```
subplot(2,1,1)
plot(measured.time, measured.data(:,2))
title('Napon izvora');
xlabel('Vrijeme [s]');
ylabel('Napon [V]');
```

```
subplot(2,1,2)
plot(measured.time, measured.data(:,3))
title('Struja kroz osigurač');
xlabel('Vrijeme [s]');
ylabel('Struja [A]');
```