

# Usporedba mjerenja struja zaleta različitim mjernim instrumentima

---

Lončar, Helena

Undergraduate thesis / Završni rad

2025

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:763760>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-01**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)





# Sveučilište Sjever

Završni rad br. 551/ET/2024

## Usporedba mjerenja struja zaleta različitim mjernim instrumentima

Helena Lončar, 0231014145

Varaždin, veljača 2025. godine





# Sveučilište Sjever

Elektrotehnika

Završni rad br. 551/ET/2024

## Usporedba mjerenja struja zaleta različitim mjernim instrumentima

**Student**

Helena Lončar, 0231014145

**Mentor**

Izv.prof.dr.sc. Dunja Srpak dipl.ing.el.

Varaždin, veljača 2025. godine



# Prijava završnog rada

## Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL Odjel za elektrotehniku

STUDIJ preddiplomski stručni studij Elektrotehnike

PRISTUPNIK Helena Lončar

MATIČNI BROJ 0231014145

DATUM 27.11.2024.

KOLEGIJ Elektromotomi pogoni

NASLOV RADA Usporedba mjerenja struja zaleta različitim mjernim instrumentima

NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU Comparison of starting current measurements using different measuring instruments

MENTOR Dunja Srpak

ZVANJE docent

ČLANOVI POVJERENSTVA

1. mr. sc. Ivan Šumiga
2. doc.dr.sc. Dunja Srpak
3. Josip Srpak, viši predavač
4. Miroslav Horvatić, viši predavač
- 5.

## Zadatak završnog rada

BROJ 551/EL/2024

OPIS

U završnom radu treba opisati načine pokretanja asinkronih motorora i ispitnu stanicu na kojoj će se provesti testiranja. Proučiti i objasniti najvažnije karakteristike uređaja kojim će se vršiti mjerenja, te usporediti i analizirati rezultate mjerenja.

Pri tome je potrebno:

- opisati korištenu ispitnu stanicu
- razložiti najvažnije karakteristike korištenih mjernih instrumenata
- provesti mjerenja u laboratoriju za elektromotome pogone
- analizirati i usporediti rezultate dobivene mjerenjima.

ZADATAK URUČEN

17. 02. 2025.



POTPIS MENTORA

*[Handwritten signature]*

## **Predgovor**

Ovim putem posebno se želim zahvaliti svojoj mentorici i profesorici izv.prof.dr.sc. Dunji Srpak dipl.ing.el. na savjetu oko odabira teme ovog završnog rada, ukazanoj pomoći prilikom pisanja i izvođenja a najviše na odlično prenesenom znanju tokom mojeg školovanja.

Također zahvaljujem i svim ostalim profesorima Sveučilišta Sjever na prenesenom znanju.

## **Sažetak**

U završnom radu će najprije biti opisani načini pokretanja asinkronih motora u industrijskim postrojenjima. Potom će biti opisani različiti mjerni instrumenti i njihov način rada.

Nakon toga će biti opisani načini, postupci mjerenja napona i struje u industrijskim postrojenjima.

U nastavku su prikazane osnovne karakteristike ispitne stanice na kojoj se provodi testiranje ranije opisanih mjernih instrumenata. Zatim će biti analizirani rezultati mjerenja struja različitim mjernim instrumentima sa zaključnim razmatranjima i preporukama.

Ključne riječi: struja zaleta, mjerni instrumenti, ispitna stanica, mjerenja.



## **Abstract**

The final paper will first describe the ways of starting asynchronous motors in industrial plants. Then, different measuring instruments and their way of working will be described. After that, the methods and procedures for measuring voltage and current in industrial plants will be described. Below are the basic characteristics of the test station where the previously described measuring instruments are tested. Then the results of measuring currents with different measuring instruments will be analyzed with concluding considerations and recommendations.

Key words: inrush current, measuring instruments, test station, measurements.



## **Popis korištenih kratica**

**AC-DC** Izmjenična struja - istosmjerna struja

**A** Amper

**V** Volt

# Sadržaj

1.	Uvod.....	1
2.	OPIS NAČINA POKRETANJA ASINKRONIH STROJEVA.....	2
2.1.	Direktno pokretanje elektromotora .....	2
2.2.	Zvijezda-trokut pokretanje elektromotora.....	3
2.3.	Pokretanje elektromotora pomoću mekog upuštača.....	5
2.4.	Pokretanje elektromotora frekventnim pretvaračem .....	6
3.	OPIS MJERNIH UREĐAJA I ALATA .....	7
3.1.	Mjerenje napona i struja .....	7
3.2.	Osciloskop.....	7
3.3.	Strujna kliješta.....	9
4.	Opis ispitne stanice za testiranje mjernih instrumenata .....	12
5.	Analiza rezultata .....	14
5.1.	Rezultati testiranja pri direktnom pokretanju .....	16
5.2.	Rezultati testiranja pri pokretanju soft starterom 1 .....	16
5.3.	Rezultati testiranja pri pokretanju soft starterom 2 .....	17
5.4.	Rezultati testiranja pri pokretanju frekventnim pretvaračem .....	18
6.	Zaključak.....	19
7.	Literatura.....	20



# 1. Uvod

Prilikom izrade i puštanja u rad sustava automatizacije neophodno je izvršiti mjerenja i testiranja izrađene automatike. Kod automatike koja upravlja elektromotornim pogonima prilikom puštanja u rad provjeravaju se struje pokretanja i struje u trajnom radu motora.

Mjerenje struje u strujnim krugovima pri ispitivanjima u laboratorijima moguće je izvršiti umetanjem ampermetra u seriju s trošilom. Međutim u industrijskim postrojenjima je nepraktično (opasno) prespajanje i prekidanje strujnih krugova. Stoga se u industrijskim postrojenjima primjenjuje metoda mjerenja struje pomoću strujnih kliješta tj. bez potrebe za prekidanjem strujnog kruga.

Zadatak ovog završnog rada i ideja je usporediti različite mjerne instrumente za mjerenje struja, umetanjem ampermetra, pomoću osciloskopa i raznih vrsta strujnih kliješta, različitih karakteristika. Testiranja će se provesti na ispitnoj stanici koja je rezultat završnog rada studenta prijediplomskog studija elektrotehnike obranjenog u listopadu 2024 godine [1].

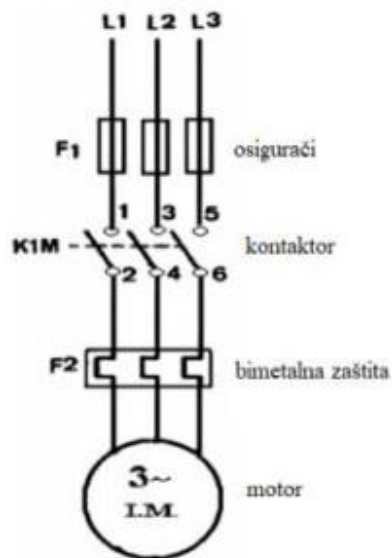
## 2. OPIS NAČINA POKRETANJA ASINKRONIH STROJEVA

Za pokretanja asinkronih motora najčešće korištene metode su:

- Direktno pokretanje (za motore manjih snaga)
- Pokretanje zvijezda-trokut (za motore srednjih snaga)
- Pokretanje pomoću mekog upuštača (motori većih snaga, bez potreba za regulaciju brzine vrtnje)
- Frekventnim pretvaračima (kada je potrebno regulirati brzinu vrtnje tijekom pogona)

### 2.1. Direktno pokretanje elektromotora

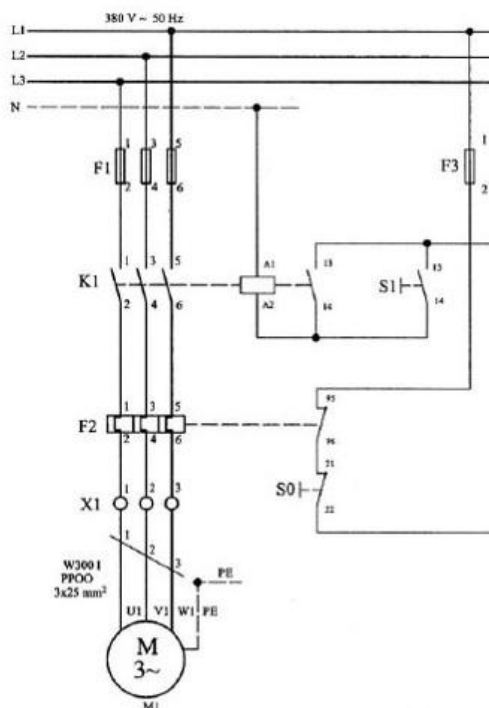
Direktno pokretanje motora se koristi samo kod motora manjih snaga zbog nepovoljne pojave izrazito velike struje kod pokretanja [2]. Pri tome su potrebni slijedeći elementi vidljivi na slici 2.1. Osigurač(F1), sklopnik (K1M), bimetalna zaštita (F2).



Slika 2.1 Direktno pokretanje asinkronih motora [2]

Sklopnik služi za uključenje i isključenje motora direktnim načinom pokretanja dok su osigurači i bimetalni zaštitni elementi za motor. Osigurači štite motor od prevelike struje

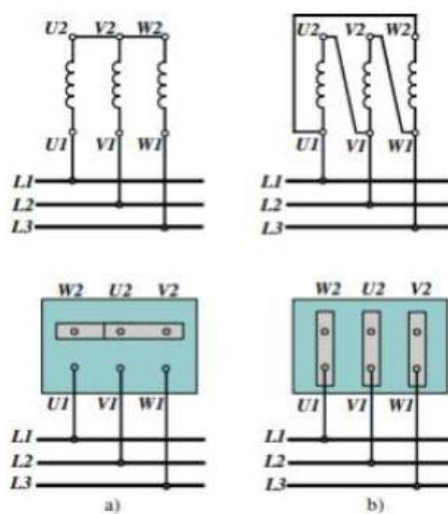
kratkog spoja, a bimetala od preopterećenja.[3] Jednostavno spajanje zaštitnih elemenata u upravljačkom strujnom krugu je prikazano na slici 2.2.



Slika 2.2 Zaštita elektromotora osiguračima i bimetalnim relejom[4]

## 2.2. Zvijezda-trokut pokretanje elektromotora

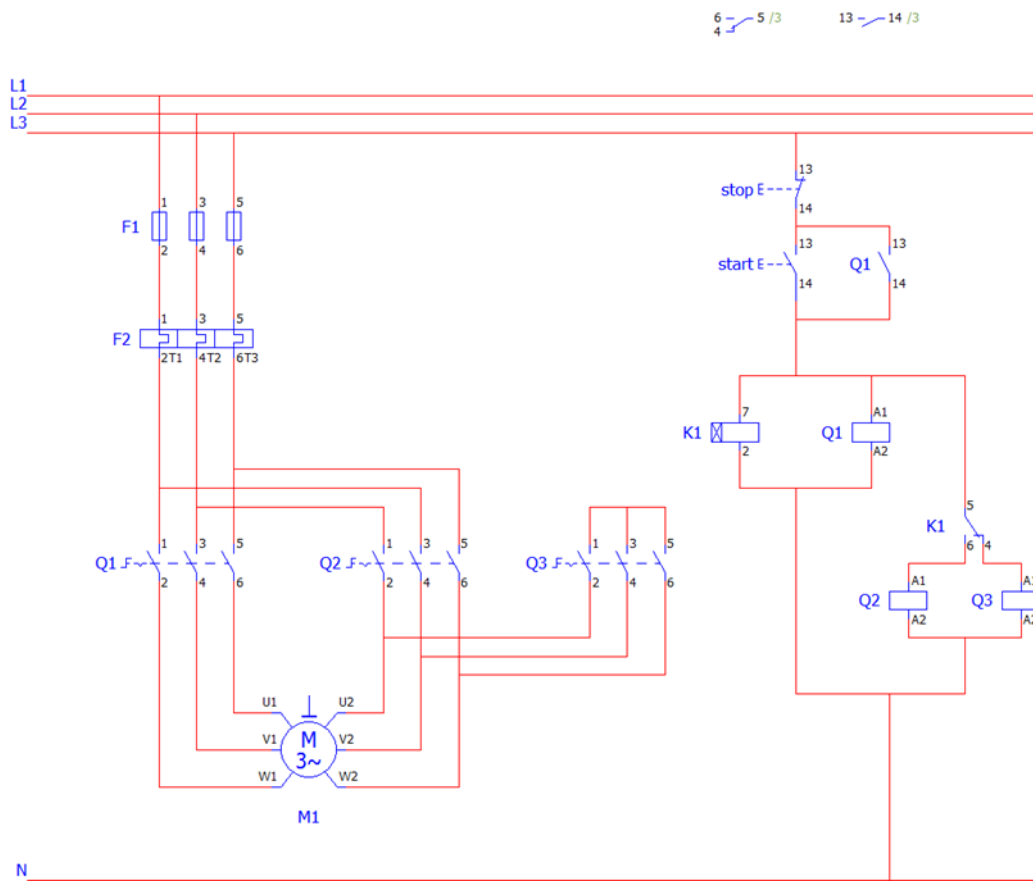
Ovaj način pokretanja motora se koristi da bi se smanjila potezna struja koja je veća od nazivne struje i time bi se izbjegnulo ili smanjio strujni udar na mrežu koji može izazvati oštećenja iste. Načini spajanja motora u spoj zvijezda (a) i trokut (b) su prikazani na slici 2.3.



Slika 2.3 Spoj namota i stezaljki asinkronog motora u: a) zvijezda; b) trokut [2]



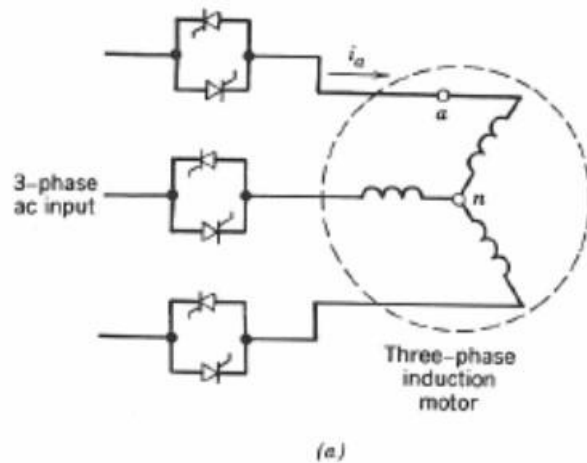
Električna shema za upravljanje motorom spojem zvijezda-trokut prikazana je na slici 2.4.



Slika 2.4 Električna shema spajanja motora u spoju zvijezda-trokut [5]

### 2.3. Pokretanje elektromotora pomoću mekog upuštača

Ovim načinom pokretanja osigurava se postepen zalet motora bez velike potezne struje primjenom uređaja energetske elektronike. Na slijedećoj slici (slika 2.5) je prikazana principijelna shema mekog upuštača (soft startera).



Slika 2.5 Soft starter[6]

U primjeni postoje dva meka upuštača različitog tipa. Uobičajeno se koriste dvije varijante mekih upuštača, sa upravljanjem u dvije faze dok je treća faza neupravljana (slika 2.6 a) ili meki upuštač klasične izvedbe kao na slici 2.5 gdje su sve tri faze upravljive, prikazan na slici 2.6 b.

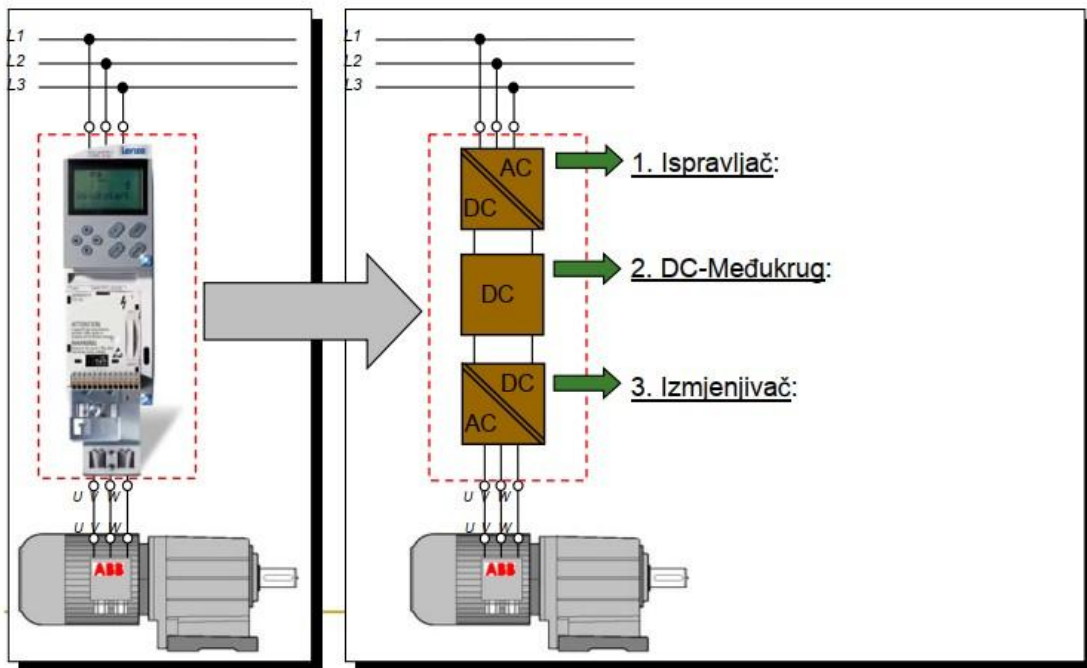


Slika 2.6 Soft starteri sa upravljanjem u: a) dvije fazi b) tri faze

## 2.4. Pokretanje elektromotora frekventnim pretvaračem

Frekventni pretvarač je uređaj koji se koristi za meko upuštanje i regulaciju brzine vrtnje asinkronih elektromotora. Pretvarač mijenja napon koji je konstantnog iznosa i frekvencije u napon promjenjivog iznosa i frekvencije koji time mijenja brzinu vrtnje elektromotora na zahtjev postrojenja u kojem se nalazi. Frekventni pretvarači mogu biti izravni ili neizravni.

Tipična građa neizravnog pretvarača frekvencije je prikazana na slici 2.7.



Slika 2.7 Građa neizravnog pretvarača frekvencije[7]

### 3. OPIS MJERNIH UREĐAJA I ALATA

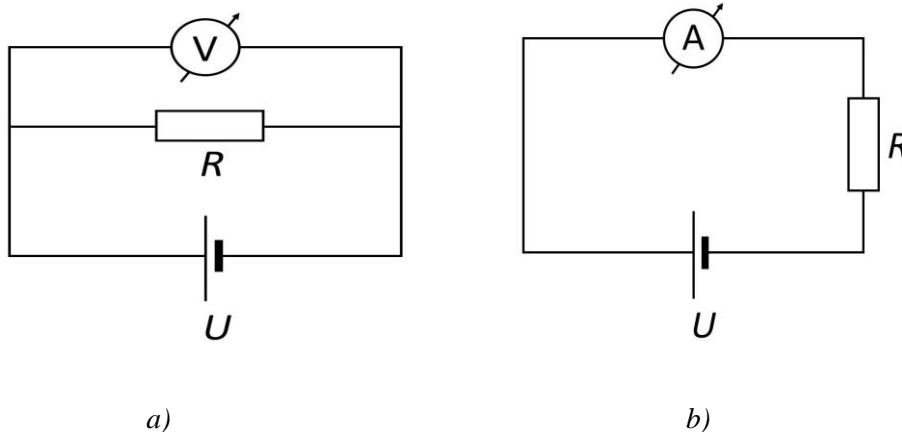
Danas su digitalni mjerni instrumenti dospjeli u različita područja mjerenja. Prednosti digitalnih instrumenata su brojne kao što su: razlučivost i točnost im je bolja nego kod analognih mjernih instrumenata, imaju mogućnost većeg broja očitavanja u nekom vremenskom intervalu, automatizacija mjernih postupaka i automatska obrada podataka mjerenja, velika ulazna impedanciju.[8]

Prilikom rada u laboratoriju povodom ispitivanja i testiranja mjernih instrumenata potrebno se pridržavati i sigurnosnih uputa kako je i opisano u radu [9].

#### 3.1. Mjerenje napona i struja

Mjerenja napona i struje vrši se sa instrumentima različitih mjernih karakteristika te pri svakom mjerenju treba voditi računa o mjernom području (AC ili DC), mjernom opsegu, točnosti, opteretivosti, itd...

Za mjerenja napona na otporniku  $R$  u strujnom krugu voltmetar se priključuje paralelno (slika 3.1.a) dok se za mjerenje jakosti struje u strujnom krugu treba na određenom mjestu otvoriti strujni krug i zatim serijski s trošilom spojiti ampermetar (slika 3.1.b). [8] Ovakvi načini mjerenja se mogu koristiti u stacionarnim stanjima, međutim nisu pogodna za mjerenja u dinamičkim stanjima u elektromotornim pogonima.



Slika 3.1 Spajanje voltmetra a) i ampermetra b)[10]

#### 3.2. Osciloskop

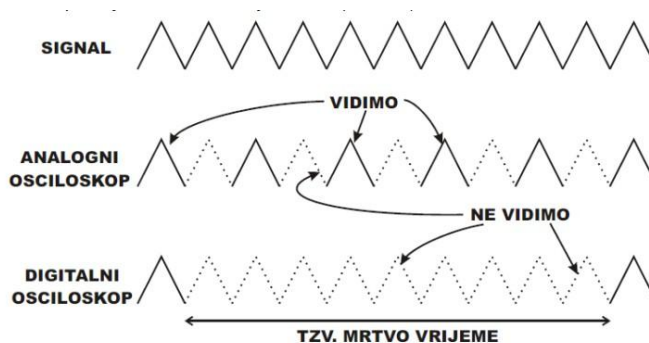
Uz univerzalne mjerne instrumente osciloskopi su danas neizostavni instrumenti za mjerenje u laboratorijskim uvjetima, a posebno za praćenje vremenski promjenjivih veličina.

Pomoću osciloskopa mogu se raditi mjerenje: napona (istosmjerni i izmjenični), struje (pomoću strujne sonde), vremenskih intervala, frekvencije, faznog kuta između dva signala.

Digitalni osciloskop svojim svojstvima i mogućnostima nadmašuje analogni. Sastavljen je od analognih i digitalnih sklopova a to su: A/D pretvornici, memorija za prihvatanje, memorija za prikaz, D/A pretvornici, digitalno brojište i mikroprocesor. Ima sve značajke kao i analogni, a sadrži i frekvenciju digitalizacije, vertikalnu rezoluciju, duljinu zapisa, automatski postavlja mirnu sliku. Digitalnim osciloskopom se signali mogu matematički obrađivati, često imaju sklop za spektralnu analizu po Fourieru, a neki osciloskopi računaju i efektivne vrijednosti signala.

Prednosti digitalnog osciloskopa su: trajno pamćenje signala, mogućnost prijenosa na računalo, omogućuje informacije o signalu prije okidnog impulsa, prikaz vrlo sporih pojava u ROLL MODU, veće mogućnosti sinkronizacije signala.

Mane digitalnog osciloskopa su relativno visoka cijena za kvalitetnije uređaje i da mogu imati sporo obnavljanje slike.[11]



Slika 3.2 Usporedba analognog i digitalnog osciloskopa-frekvencija snimanja[11]

Prilikom izrade mjerenja korišten je digitalni osciloskop proizvođača Tektronix tip TDS 2014B, prikazan na slici 3.3, sa strujnom sondom sa slike 3.4.



Slika 3.3 Osciloskop korišten u laboratoriju Sveučilišta Sjever



*Slika 3.4 Strujna sonda za osciloskop*

### **3.3. Strujna kliješta**

Strujna kliješta mjere struju indirektnim principom. Najvažnije svojstvo strujnih kliješta je to da se prilikom mjerenje struje ne prekida niti strujni krug, niti rad određenog dijela postrojena. Mogu biti jako korisna i praktična kada su u pitanju mjerenja na skućenim i teško dostupnim mjestima kao što su razvodne ploče ili ormari. Odlikuje ih visoka točnost mjerenja.

Sposobnost mjerenja velikih izmjeničnih struja temelji se na jednostavnom principu koji je sličan principu rada strujnog transformatoru, gdje se zbog prolaska struje u jednom vodiču, inducira struja u drugom koji se nalazi oko njega [12]. Kliješta se otvore, postavie i zatvore oko vodiča u kojem treba mjeriti struju. Dok kroz vodič kojim teče struja oko njega se stvori magnetsko polje, te strujna kliješta određuju jakost tog magnetskog polja i vrše očitavanje, te prikazuju vrijednost u digitalnom obliku na displayu.

Mjerna područja pojedinih uređaja ovise o tipu i proizvođaču, pa tako kod standardnih izvedbi kliješta na tržištu ima uređaja različiti cijena i kvaliteta, s time da u principu vrijedi: bolja kvaliteta = > viša cijena. Kvalitetniji uređaji mjere stvarne efektivne vrijednosti napona i struje, a opseg mjerenja struje može biti i do 1000A AC/DC. Promjer čeljusti je različit ovisno od modela. Postoje i osjetljiva strujna kliješta koja su namijenjena za mjerenje manjih struja, a glavni cilj njihove izvedbe je da su što praktičnija, da imaju malu težinu tj. „da stanu u džep“.[13]

Usporedba parametara strujnih kliješta koja su testirana u ovom završnom radu je dana u tablici 3.1, dok je njihov izgled vidljiv na slikama 3.4 do 3.6.

Tablica 3.1 Usporedba parametara testiranih strujnih kliješta

	<b>AMPROBE 1000A</b>	<b>FLUKE 377 FC</b>	<b>CIE CA1000A</b>
Kategorija uređaja	CAT III 1000V/ CAT IV 600V	CAT III 1000V/ CAT IV 600V	CAT III 600V -1000A
Opseg mjerenje napona	0-1000 V	0 – 1000 V	-
Opseg mjerenja frekvencije	20 Hz – 10 KHz	5,0 – 500,0 Hz	-
Opseg mjerenja struje AC/DC	0-1000 A	0 – 999,9 A	1000 A AC
Rezolucija mjerenja	0,01 A	0,1 A	0,1 A
Opseg mjerenje otpora	0 – 10,00 kΩ	0 – 60,00 kΩ	-
Opseg mjerenja kapaciteta	4,000 – 4000 μF	0 – 1000 μF	-
Memoriranje mjerenja (Logging)	da	da	-
Mjerenje struje zaleta	da	da	-
Zadržavanje min/max vrijednosti	da	da	-
Zadržavanje mjerenja (Hold)	da	da	-
Stvarna efektivna vrijednost (TRMS)	da	da	-



Slika 3.5 Strujna kliješta AMPROBE 1000A AC/DC





Slika 3.6 Strujna klijesta FLUKE 377 FC



Slika 3.7 Strujna klijesta CIE CA1000A



## 4. Opis ispitne stanice za testiranje mjernih instrumenata

Usporedba mjernih instrumenata opisanih u poglavlju 3 izvršena je pri mjerenju struja zaleta trofaznog asinkronog motora koji se koristi za laboratorijske vježbe na Sveučilištu Sjever. Elektromotor prikazan na slici 4.1 ima sljedeće karakteristike:

- Nazivna snaga 3 kW
- Nazivna frekvencija 50 Hz
- Faktor snage  $\cos \phi$  0,75
- Nazivni broj okretaja  $1425 \text{ min}^{-1}$
- Nazivni napon D 400/ Y 680 V
- Nazivna struja 6,7 A / 3,9 A



*Slika 4.1 Elektromotor korišten prilikom testiranja*

Za pokretanje motora različitim načinima opisanim u poglavlju 2, primjenjuje se elektroormar izrađen kao ispitna stanica tijekom završnog rada studenta prijediplomskog studija elektrotehnike obranjenog u listopadu 2024 godine. U elektroormaru se nalaze svi potrebni sklopni i zaštitni uređaji potrebni za direktno pokretanje, pokretanje spojem zvijezda trokut, pomoću soft startera (sa upravljanjem u dvije ili tri faze) i pomoću frekventnog pretvarača. Na vratima ormara se nalazi kontrolni panel sa ugrađenim PLC-om pomoću kojeg se upravlja ispitnom stanicom. Za različite načine pokretanja, koristi se različita priključnica ugrađena na desnoj bočnoj strani elektroormara. Nakon priključka motora kabelom na odgovarajuću priključnicu, treba odabrati pripadajući način pokretanja putem kontrolnog panela i pokrenuti motor tipkom start.

Na slici 4.2 vidljivi su svi elementi ugrađeni u ormar ispitne stanice.



*Slika 4.2 Izgled ispitne stanice sa ugrađenom upravljačkom opremom[1]*

## 5. Analiza rezultata

Testiranje mjernih instrumenata je provedeno za različite načine pokretanja kako je prikazano u ovom poglavlju. Za svaki način pokretanja je napravljena usporedba pouzdanosti i točnosti rezultata provedenih mjerenja struja zaleta. Mjerenje napona prije, tijekom i nakon pokretanja provedeno je i pomoću klasičnog mjernog instrumenta – voltmetra (slika 5.1.) kako je opisivano u poglavlju 3.1. Fazni i linijski naponi prije i nakon pokretanja motora se nisu značajnije mijenjali i iznosili su kako je prikazano u tablici 5.1.



Slika 5.1 Mjerenje napona voltmetrom

Tablica 5.1 Izmjereni fazni i linijski naponi prije i poslije zaleta motora

Naponi	Fazni naponi [V]			Linijski naponi [V]		
	L1 - N	L2 - N	L3 - N	L1 – L2	L2 – L3	L1 – L3
Prije	234,9	235,9	235,5	407,4	406,6	407,1
Poslije	233,9	235,8	235,6	407,6	406,9	406,6



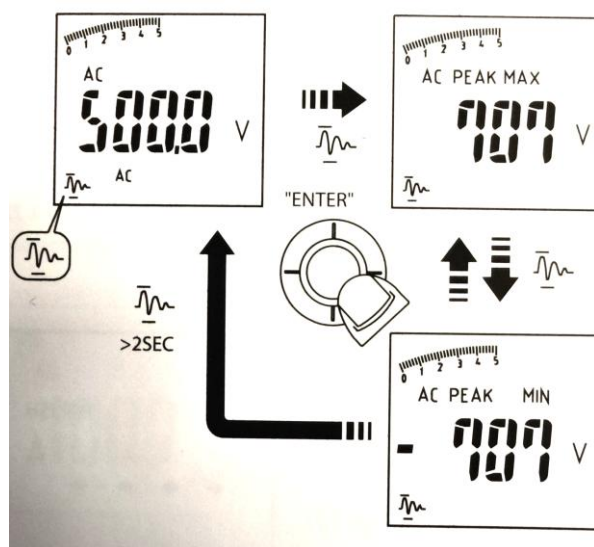
Mjerenje struje nije vršeno pomoću ampermetra jer bi velika struja prilikom pokretanja motora mogla oštetiti instrument.

Prije samoga početka mjerenja struja zaleta trebalo je provjeriti dali instrumenti uopće rade i hoće li pokazati neku vrijednost struje. Provjera instrumenata izvršena je zbog dostupnosti na napajanju iz solarne elektrane u laboratoriju. Na priključnicu je priključeno kuhalo za vodu i mjerni instrumenti (slika 5.2.). Prilikom zagrijavanja kuhala svi instrumenti su pokazali vrijednost struje oko 8,47 A što je ukazivalo da su ispravni i spremni za korištenje.



Slika 5.2 Provjera rada instrumenata

Tijekom testiranja, provjereni su i načini registriranja maksimalne vrijednosti na pojedinim instrumentima. Za očitavanje najviše i najmanje trenutne vrijednosti struje (PEAK HOLD) na klijestima AMPROBE u AC modu instrument treba postaviti kao što je opisano na slici 5.3.



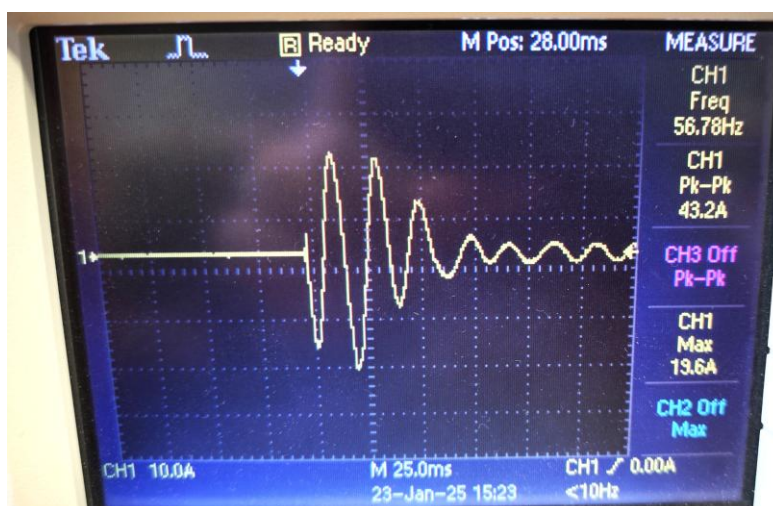
Slika 5.3 Peak Hold

## 5.1. Rezultati testiranja pri direktnom pokretanju

U nastavku su prikazani rezultati očitani na mjernim instrumentima prilikom zaleta motora direktno u spoju zvijezda. Zbog vlastite sigurnosti, nije izvršeno testiranje pri prebacivanju u spoj trokut, jer to ne bi značajno utjecalo na ispitivanja mjernih instrumenata, a bilo bi potrebno raditi sa višim strujama.

Tablica 5.2 Usporedba rezultata testiranih strujnih kliješta pri direktnom zaletu

Naziv instrumenata	SK1 Amprobe 1000A	SK2 fluke 377 FC	SK3CIE CA 1000A	Osciloskop
max.struja zaleta	8,96 A	10,5 A	-	19,6 A
Struja u radu	1,05 A	1,03 A	1,0 A	1,40 A



Slika 5.4 Osciloskopski prikaz struje zaleta kod direktnog pokretanja

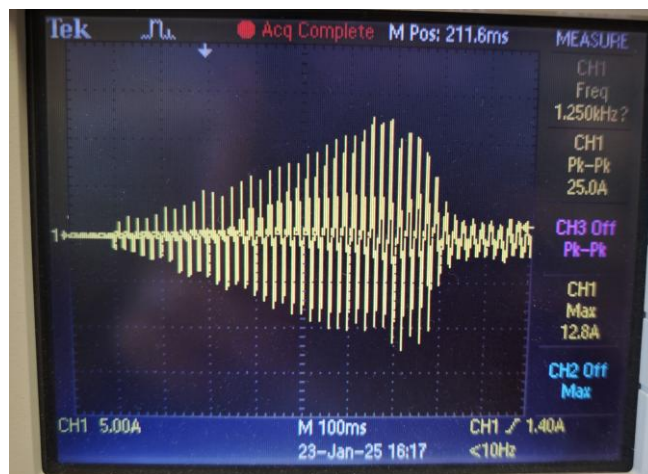
Prilikom direktnog pokretanja strujna kliješta CIE CA 1000A (stariji instrument) nisu uspjela izmjeriti i očitati struju zaleta zbog svojih ograničenih mogućnosti rada.

## 5.2. Rezultati testiranja pri pokretanju soft starterom 1

Slijede rezultati očitani na mjernim instrumentima prilikom zaleta motora pomoću soft startera koji ima upravljanje samo u dvije faze, dok je treća faza neupravljiva.

Tablica 5.3 Usporedba rezultata testiranih strujnih kliješta pri zaletu soft starterom 1

Naziv instrumenata	SK1 Amprobe 1000A	SK2 fluke 377 FC	SK3 CIE CA 1000A	Osciloskop
max.struja zaleta	1,55 A	3,3 A	-	12,8 A
Struja u radu	1,07 A	1,2 A	1,0 A	1,40 A



Slika 5.5 Osciloskopski prikaz struje zaleta kod pokretanja soft starterom 1

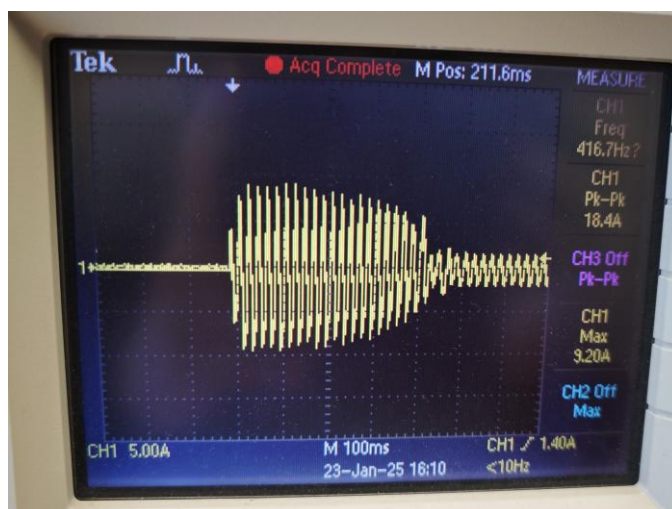
I prilikom ovog pokretanja starija strujna kliješta CIE CA 1000A nisu uspjela izmjeriti i očitati struju zaleta.

### 5.3. Rezultati testiranja pri pokretanju soft starterom 2

U nastavku su prikazani rezultati očitani na mjernim instrumentima prilikom zaleta motora pomoću soft startera koji ima upravljanje u sve tri faze.

Tablica 5.4 Usporedba rezultata testiranih strujnih kliješta pri zaletu soft starterom 2

Naziv instrumenata	SK1 Amprobe 1000A	SK2 fluke 377 FC	SK3 CIE CA 1000A	Osciloskop
max.struja zaleta	5,09 A	5,3 A	-	9,2 A
Struja u radu	1,06 A	1,2 A	1,1 A	1,4 A



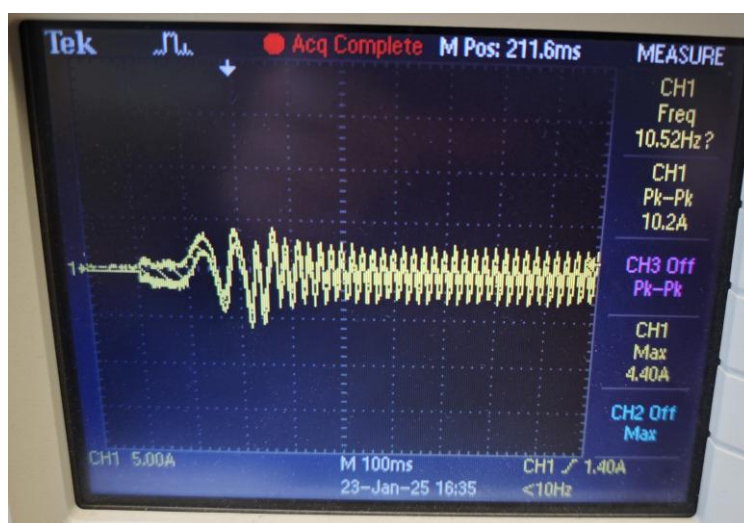
Slika 5.6 Osciloskopski prikaz struje zaleta kod pokretanja soft starterom 2

## 5.4. Rezultati testiranja pri pokretanju frekventnim pretvaračem

Prilikom zaleta motora pomoću frekventnog pretvarača, dobiveni su rezultati očitani na mjernim instrumentima koji su prikazani u nastavku (tablica 5.5. i slika 5.6).

Tablica 5.5 Usporedba rezultata testiranih strujnih kliješta pri zaletu soft starterom 1

Naziv instrumenata	SK1 Amprobe 1000A	SK2 Fluke 377 FC	SK3 CIE CA 1000A	Osciloskop
max.struja zaleta	1,35 A	-	-	4,4 A
Struja u radu	1,09 A	1,2 A	1,0 A	1,4 A



Slika 5.7 Osciloskopski prikaz struje zaleta kod pokretanja frekventnim pretvaračem

Prilikom mjerenja kod pokretanja frekventnim pretvaračem pojavile su se jako velike smetnje pa zbog toga starija strujna kliješta CIE CA 1000A nisu mogla izmjeriti niti očitati struju zaleta. Iznenadujuće, ali niti strujna kliješta Fluke 377 FC također nisu mogla očitati struju zaleta. Samo strujna kliješta AMPROBE 1000A su mjerila struju bez problema, dok je i osciloskop izmjerio struju zaleta, ali je imao problem prikaza struje trajnog rada, zbog velikih smetnji od frekventnog pretvarača.

## 6. Zaključak

Prilikom izrade ovog završnog rada, primijenjeno je znanje stečeno tijekom više kolegija prethodnih godina studija, ali i povezano sa novim znanjima. Konkretno, prije rada na ovom završnom radu nije bilo prilike za korištenje strujnih kliješta, te je to bio novi moment koji je rad na završnom zadatku učinio zanimljivijim i izazovnijim.

Rezultati testiranja mjerenja struja zaleta različitim mjernim instrumentima u praktičnom dijelu pokazuju da ne vrijedi uvijek pravilo, što skuplji instrument - bolji rezultat. Također, starija strujna kliješta (CIE CA 1000A) zbog svojih skromnijih mogućnosti nisu uspjela izmjeriti struju zaleta, kao što je bilo i za očekivati. Iznenađila su najviše strujna kliješta Fluke 377 FC, koja su usprkos visoke cijene, pa i kvalitete, te poznatog proizvođača, nisu uspjela izmjeriti struju zaleta kod pokretanja frekventim pretvaračem, zbog njegovih visokih smetnji. Strujna kliješta Amprobe 1000A za koja su bila srednja očekivanja, ugodno su iznenadila svojom točnošću i brzinom mjerenja. Osciloskop je uspio zabilježiti i prikazati struje mjerenja, iako su mu smetnje frekventnog pretvarača bile velike te je trebalo uložiti dodatni trud u podešavanje parametara.

Analiza rezultata testiranja pokazala je da marka (proizvođač), cijena, pa čak i kvaliteta ne mora značiti garanciju točnosti i izvedivosti mjerenja u svim slučajevima.



## 7. Literatura

- [1] Miholček, Karlo. Izrada stanice za upravljanje/pokretanje električnih motora pomoću frekventnog pretvarača, Soft-startera, sklopnika, te mjerenje poteznih struja motora, završni rad Sveučilište Sjever, Varaždin 2024, <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:122:225278>
- [2] Kućan, Erik. "Pokretanje i regulacija brzine vrtnje asinkronih motora." Završni rad, Sveučilište u Rijeci, Tehnički fakultet, 2022. <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:190:886721>
- [3] Srpak, Dunja ; Keglević, Kristijan ; Huđek, Josip Zaštita elektromotora u elektromotornim pogonima // Tehnički glasnik, 5 (2011), 2; 29-32
- [4] Josip Srpak dipl.ing.el.: Tehnička dokumentacija, predavanje 4: Dokumentacija u elektrotehnici: Vrste instalacija, simboli u shemama
- [5] Elektromotorni pogoni-laboratorijske vježbe; vježba 2: Pokretanje asinkronog kaveznog motora preklopkom zvijezda trokut i promjena smjera vrtnje (reverziranje).
- [6] Josip Huđek dipl.ing.el., izv.prof.dr.sc. Dunja Srpak dipl.ing.el.: Elektromotorni pogoni: predavanje 12: Frekventni pretvarači za elektromotorne pogone s asinkronim motorima
- [7] Izv.prof.dr.sc. Dunja Srpak dipl.ing.el. Energetska elektronika, predavanje: Učinski pretvarači za istosmjerne i izmjenične emp
- [8] Roman, Malarić; Mjerenja u elektrotehnici, visokoškolski udžbenik Veleučilišta u Varaždinu, Varaždin, 2006.
- [9] Nađ, Josip; Šinjori, Ana; Srpak, Josip; Srpak, Dunja; QUALITY ASSURANCE DURING THE PREPARATION AND PERFORMANCE OF LABORATORY EXERCISES //EDULEARN23 Proceedings:2023. str. 3010-3019. doi: 10.21125/edulearn.2023.0843
- [10] [https://edutorij-admin-api.carnet.hr/storage/extracted/452e1469-e362-4711-abcb-6f535c3b5254/html/7576\\_Elektricni\\_mjerni\\_instrumenti.html](https://edutorij-admin-api.carnet.hr/storage/extracted/452e1469-e362-4711-abcb-6f535c3b5254/html/7576_Elektricni_mjerni_instrumenti.html), dostupno:4.12.2024.
- [11] [http://www.oss.unist.hr/sites/default/files/file\\_attach/Elektri%C4%8Dna%20mjerenja%20-%20Predrag%20Kr%C4%8Dum.pdf](http://www.oss.unist.hr/sites/default/files/file_attach/Elektri%C4%8Dna%20mjerenja%20-%20Predrag%20Kr%C4%8Dum.pdf)
- [12] <https://www.redeweb.com/hr/artikulos/instrumentacija/osnovni-pojmovi-strujnih-klije%C5%A1ta/>
- [13] Opis rada strujnih klješta, dostupno 27.11.2024.<https://www.scribd.com/document/380643539/STRUJNA-KLIJE%C5%A1ta>

## Popis slika

Slika 2.1 Direktno pokretanje asinkronih motora [2] .....	2
Slika 2.2 Zaštita elektromotora osiguračima i bimetalnim relejom[4] .....	3
Slika 2.3 Spoj namota i stezaljki asinkronog motora u: a) zvijezda; b) trokut [2] .....	3
Slika 2.4 Električna shema spajanja motora u spoju zvijezda-trokut [5] .....	4
Slika 2.5 Soft starter[6].....	5
<i>Slika 2.6 Soft starteri sa upravljanjem u: a) dvije fazi b) tri faze</i> .....	5
Slika 2.7 Građa neizravnog pretvarača frekvencije[7] .....	6
Slika 3.1 Spajanje voltmetra a) i ampermetra b)[10].....	7
Slika 3.2 Usporedba analognog i digitalnog osciloskopa-frekvencija snimanja[11] .....	8
Slika 3.3 Osciloskop korišten u laboratoriju Sveučilišta Sjever.....	8
Slika 3.4 Strujna sonda za osciloskop .....	9
Slika 3.5 Strujna kliješta AMPROBE 1000A AC/DC .....	10
Slika 3.6 Strujna kliješta FLUKE 377 FC .....	11
Slika 3.7 Strujna kliješta CIE CA1000A .....	11
Slika 4.1 Elektromotor korišten prilikom testiranja .....	12
Slika 4.2 Izgled ispitne stanice sa ugrađenom upravljačkom opremom[1] .....	13
Slika 5.1 Mjerenje napona voltmetrom .....	14
Slika 5.2 Provjera rada instrumenata .....	15
Slika 5.3 Peak Hold .....	15
Slika 5.4 Osciloskopski prikaz struje zaleta kod direktnog pokretanja .....	16
Slika 5.5 Osciloskopski prikaz struje zaleta kod pokretanja soft starterom 1 .....	17
Slika 5.6 Osciloskopski prikaz struje zaleta kod pokretanja soft starterom 2 .....	17
Slika 5.7 Osciloskopski prikaz struje zaleta kod pokretanja frekventnim pretvaračem .....	18



### IZJAVA O AUTORSTVU

Završni/diplomski/specijalistički rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, HELENA LONČAR (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog/specijalističkog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom USPOREDBA MREŽNA STRUKTURNA ZAETA BALIČITIM (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:  
(upisati ime i prezime)

LONČAR  
(vlastoručni potpis)

Sukladno članku 58., 59. i 61. Zakona o visokom obrazovanju i znanstvenoj djelatnosti završne/diplomske/specijalističke radove sveučilišta su dužna objaviti u roku od 30 dana od dana obrane na nacionalnom repozitoriju odnosno repozitoriju visokog učilišta.

Sukladno članku 111. Zakona o autorskom pravu i srodnim pravima student se ne može protiviti da se njegov završni rad stvoren na bilo kojem studiju na visokom učilištu učini dostupnim javnosti na odgovarajućoj javnoj mrežnoj bazi sveučilišne knjižnice, knjižnice sastavnice sveučilišta, knjižnice veleučilišta ili visoke škole i/ili na javnoj mrežnoj bazi završnih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice, sukladno zakonu kojim se uređuje umjetnička djelatnost i visoko obrazovanje.