

# Osiguranje kvalitete prilikom izvođenja laboratorijskih vježbi iz elektromotornih pogona

---

Šinjori, Ana

Undergraduate thesis / Završni rad

2022

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:601646>

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

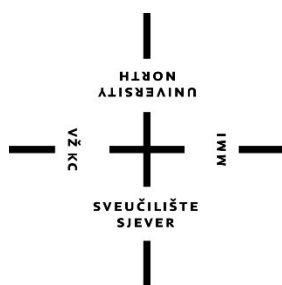
Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-31**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)





**Sveučilište  
Sjever**

*Završni rad br. 506/EL/2022*

**Osiguranje kvalitete prilikom izvođenja laboratorijskih  
vježbi iz Elektromotornih pogona**

*Ana Šinjori, 2770/336*

Varaždin, rujan 2022. godine

—  
MIBON  
ALISBEAINI

Sveučilište  
Sjever



—  
SVEUČILIŠTE  
SIEVER  
—

IZJAVA O AUTORSTVU  
I  
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

Završni/diplomski 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, ANA ŠIMJORI (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom OSIGURANJE KVALITETE PRILIKOM IZVODENJA LABORATORIJSKIH VEŽBI IZ ELEKTROMOTORNIH POGONA (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:  
(upisati ime i prezime)

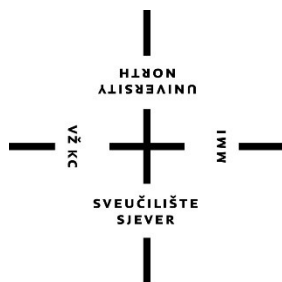
Ana Šimjori  
(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, ANA ŠIMJORI (ime i prezime) neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom OSIGURANJE KVALITETE PRILIKOM IZVODENJA (upisati naslov) čiji sam autor/ica. LABORATORIJSKIH VEŽBI IZ ELEKTROMOTORNIH POGONA

Student/ica:  
(upisati ime i prezime)

Ana Šimjori  
(vlastoručni potpis)



**Sveučilište  
Sjever**  
Odjel za elektrotehniku

Završni rad br. 506/EL/2022

**Osiguranje kvalitete prilikom izvođenja laboratorijskih  
vježbi iz Elektromotornih pogona**

**Student**

Ana Šinjori, 2770/336

**Mentor**

dr. sc. Josip Nađ, dipl. ing. el., predavač

Varaždin, rujan 2022. godine

# Prijava završnog rada

## Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL Odjel za elektrotehniku

STUDIJ preddiplomski stručni studij Elektrotehnika

PRISTUPNIK Ana Šinjori

MATIČNI BROJ 2770/336

DATUM 14.07.2022.

KOLEGIJ Osiguranje kvalitete

NASLOV RADA Osiguranje kvalitete prilikom izvođenja laboratorijskih vježbi iz elektromotornih pogona

NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU Quality assurance when performing laboratory exercises from electric drives

MENTOR dr. sc. Josip Nađ

ZVANJE Predavač

ČLANOVI POVJERENSTVA

1. doc. dr. sc. Dunja Srpak

2. Miroslav Horvatić, viši predavač

3. dr. sc. Josip Nađ, predavač

4. Josip Srpak, viši predavač

5.

## Zadatak završnog rada

BROJ 506/EL/2022

OPIS

U sklopu stručnog studija Elektrotehnike je predviđeno izvođenje laboratorijskih vježbi iz kolegija Elektromotorni pogoni.

U ovom završnom radu treba navesti i analizirati neophodne preduvjete za kvalitetno izvođenje laboratorijskih vježbi:

- priprema nastavnika
- priprema studenata
- priprema laboratorija
- sigurnosne mjere

Potrebno je prikazati trenutno stanje, usporediti ga sa ciljnim stanjem i definirati potrebne akcijske korake za postizanje ciljnog stanja.

ZADATAK URUČEN

15.07.2022



POTPIS MENTORA

J. Nađ

## **Predgovor**

Kao studentica smjera elektrotehnike smatram da su laboratorijske vježbe jedan od najvažnijih dijelova elektrotehničkog obrazovanja. Znanje stečeno na laboratorijskim vježbama temelj je na koji nadograđujemo svoje sposobnosti tijekom rada u struci. Nadam se da će ovaj rad barem malo pomoći kod izrade vježbi iz Elektromotornih pogona i osiguravanja sigurnosti tijekom njihove provedbe u narednim godinama. Također se nadam da će čitatelj uvidjeti važnost i svrhu provedbe vježbi.

Prije svega želim zahvaliti mentoru dr. sc. Josipu Nađu na svojoj pruženoj pomoći i savjetima. Hvala za sav trud, podijeljeno znanje i vrijeme uloženo u mentoriranje ovog rada.

Također želim zahvaliti profesorima Sveučilišta Sjever na naporu uloženom u prijenos znanja i sposobnosti koje su studentima potrebne za daljnje obrazovanje i rad. Posebnu zahvalu dugujem i Draženu Faltaku na pruženoj pomoći i podršci tijekom mog obrazovanja. Zahvaljujem roditeljima, obitelji i prijateljima što su bili uz mene, motivirali me i bili moj oslonac.

## Sažetak

Ovim završnim radom analiziraju se preduvjeti za kvalitetno i sigurno izvođenje laboratorijskih vježbi iz Elektromotornih pogona. Cilj je rada ukazati na akcijske korake nužne za poboljšanje uvjeta izvedbe vježbi i razine sigurnosti tijekom njihova izvođenja. Na samome početku analizira se laboratorij, oprema potrebna kod izvedbe vježbi te pravila ponašanja tijekom boravka u laboratoriju. Drugi dio ukazuje na obveze nastavnika i studenata te na važnost potrebne dokumentacije i upozorenja. Na kraju se svaka laboratorijska vježba analizira zasebno kako bi se jasnije uvidjela važnost prije uvidjela važnost preciznog vođenja dokumentacije i isticanja upozorenja te znakova opasnosti. U poglavlju *Akcijski koraci za poboljšanje izvedbe i sigurnosti vježbi* objedinjeni su i tablično prikazani svi postupci potrebni za povećanje kvalitete rada i podizanje sigurnosti boravka u laboratoriju na višu razinu.

Ključne riječi: *laboratorijske vježbe, sigurnost, kvaliteta, oprema, dokumentacija*

## Summary

This final paper analyzes the prerequisites for high-quality and safe performance of laboratory exercises from electric motor drives. The aim of the paper is to indicate the necessary action steps to improve the conditions of production and safety during exercises. In the very beginning, the laboratory itself is analyzed, the equipment needed for making exercises and the rules of behavior during the stay in the laboratory. The second part indicates the obligations of teachers and students, and the importance of the necessary documentation and warnings. At the end, each laboratory exercise is analyzed separately in order to see more clearly the importance of keeping accurate documentation and pointing out warnings and danger signs. In the chapter Action steps to improve the performance and safety of exercises, all the necessary procedures are combined and presented in a table in order to increase the quality of work and raise the safety of being in the laboratory to a new level.

Keywords: *laboratory exercises, safety, quality, equipment, documentation*



## **Popis korištenih kratica**

<b>Hz</b>	hertz, mjerna jedinica za frekvenciju u SI-u
<b>ISO 9000</b>	Međunarodni standard za sustave upravljanja kvalitetom
<b>ISO 17025</b>	Opći zahtjevi za osposobljenost ispitnih i mjernih laboratorija
<b>IEC</b>	Međunarodno elektroničko povjerenstvo; međunarodna organizacija za normizaciju
<b>mA</b>	miliamper
<b>SI</b>	Međunarodni sustav mjernih jedinica
<b>V</b>	volt, mjerna jedinica SI sustava za električku razliku potencijala

# Sadržaj

1. Uvod.....	10
2. Laboratorij.....	12
2.1. Općenito o laboratoriju.....	12
2.2. Oprema .....	13
2.3. Pravila ponašanja u laboratoriju .....	20
3. Priprema za izvođenje laboratorijskih vježbi.....	22
3.1. Obveze nastavnika.....	22
3.2. Obveze studenata.....	23
3.3. Dokumentacija .....	24
3.3.1. Dokument s uvodnim informacijama .....	24
3.3.2. Upute za izradu vježbi.....	25
3.3.3. Upute za održavanje i korištenje opreme .....	26
3.3.4. Sheme .....	27
3.3.5. Upozorenja .....	28
3.3.6. Procedure.....	29
3.3.7. Upute za laboratorijske vježbe / Pravila za rad na siguran način .....	30
4. Izvedba vježbi .....	31
4.1. Laboratorijska vježba 1 .....	31
4.2. Laboratorijska vježba 2 .....	35
4.3. Laboratorijska vježba 3 .....	36
4.4. Laboratorijska vježba 4 .....	39
5. Akcijski koraci za poboljšanje izvedbe i sigurnosti vježbi .....	42
6. Zaključak.....	46
7. Literatura .....	47

# 1. Uvod

U današnje vrijeme visoka kvaliteta nameće se kao neophodno svojstvo. Vrlo važnu ulogu ima i kod provedbe vježbi iz Elektromotornih pogona. U svrhu povećanja kvalitete i sigurnosti u ovom se radu analizira laboratorij i oprema kojom je opremljen, pravila i dokumentacija, ponašanje studenata i nastavnika te se iznose akcijski koraci koje je potrebno poduzeti radi poboljšanja radnih uvjeta u laboratoriju.

Svaka tvrtka, organizacija, ustanova teži tome da ima proizvod najbolje kvalitete, da svojim klijentima ponudi uslugu na zavidnoj razini i ispuni sve zahtjeve klijenata. Ponekad se to čini vrlo jednostavno, no u pozadini se odvijaju složeni procesi. Treba osmisлити sustav koji će rezultirati davanjem najboljeg proizvoda. Također, potrebno je izraditi dokumentaciju: priručnike, procedure, norme, upute, pravila itd., uskladiti dokumentaciju prema već postojećim zakonima i standardima te na najbolji mogući način organizirati rad ljudi koji u procesu sudjeluju. Ljudi su srž svake ustanove ili organizacije. Količina motivacije koju posjeduju i njihova uključenost u provedbu nekog procesa uvelike utječe na konačni rezultat.

Također je važno u cjelokupnom procesu uvijek imati na umu napredak i poboljšanje. Paralelno s time potrebno je pratiti promjene, komunikaciju među ljudima i učinkovitost rada. Kako bismo imali dobar pregled promjena i rezultata postignutih radom, potrebno ih je bilježiti i analizirati. Na temelju toga poduzimaju se koraci koji utječu na poboljšanje. Komunikacija mora teći glatko, bez zastoja, zbog toga je potrebno definirati na koji će se način te kojim medijima odvijati. Sve to obuhvaća područje osiguranja kvalitete.

Osiguranje kvalitete sastoji se od administrativnih i proceduralnih aktivnosti koje se provode u sustavu kvalitete tako da se zahtjevi i ciljevi za proizvod, uslugu ili aktivnost zadovolje [1]. Prema ISO 9000 osiguranje kvalitete dio je upravljanja kvalitetom koji se fokusira na dostavljanje povjerenja tako da su zahtjevi za postizanje kvalitete ispunjeni [2]. Osiguranje kvalitete i sustavni pristup upravljanju također omogućuje poboljšanje izvedbe i povećanje sigurnosti tijekom provedbe laboratorijskih vježbi iz Elektromotornih pogona.

Svrha je vježbi praktično provjeravanje teorijskih znanja i upoznavanje metoda rada i mjernih postupaka kako bi studenti stekli sposobnosti potrebne za samostalan rad u struci. Vježbe se odvijaju u laboratoriju Sveučilišta Sjever. Laboratorij je prostor unutar kojeg kompetentno osoblje koristeći se određenom opremom obavlja ispitivanja i mjerenja prema shemama i uputama. U našem laboratoriju ispitivanja i mjerenja provode studenti koji su savladali određeni teorijski dio gradiva i dobro se pripremili za izradu vježbe. Cijeli proces odvija se pod nadzorom voditelja laboratorijskih vježbi.

U laboratoriju se također nalazi dokumentacija potrebna za održavanje i pravilno korištenje opreme, sheme, procedure rada i upozorenja te cjelokupan sustav upravljanja koji sve povezuje u cjelinu. Unatoč napretku tehnike i tehnologije, ili upravo zbog njega, broj dokumenata i zapisa koje laboratoriji moraju voditi, sve je veći [3]. Način na koji se postupa s dokumentacijom, kako je se održava i osuvremenjuje, ima velik utjecaj na kvalitetu izvedbe vježbi i očuvanja opreme. U ovom radu izneseni su i opisani svi dokumenti koje bi trebao sadržavati laboratorij kako bi stečena znanja iz Elektromotornih pogona bila potpuna i kvalitetna.

Elektromotorni pogon, o kojem se stječu znanja na ovim vježbama, sustav je pogona pojedinih radnih strojeva i mehanizama ili čitavih radnih postrojenja u kojima mehanički rad obavlja jedan ili više elektromotora [4]. Kako bi se vježbe izvodile kvalitetno i u sigurnim uvjetima i kako bi njihov rezultat, tj. studentske kompetencije bio na najboljoj mogućoj razini, potrebna je aktivna uključenost voditelja vježbi i samih studenata. Bitna je njihova motivacija, želja za postizanjem znanja i uključenost u promjene. U ovom radu zasebno su opisane obveze nastavnika i studenata. Ako se studenti i voditelj vježbi pridržavaju dogovoreni postupaka, poštuju pravila ponašanja u laboratoriju i primjereno postupaju s dokumentacijom, pozitivno utječu na kvalitetu provedbe laboratorijskih vježbi.

Također, na kvalitetu izvedbe vježbi utječe i stanje opreme kojom je laboratorij opremljen, način postupanja s njom i njezino održavanje. Opremu je potrebno održavati, koristiti sukladno uputama, provjeriti prije korištenja i vratiti na predviđeno mjesto u laboratoriju. Više o opremi korištenoj za vrijeme laboratorijskih vježbi i upravljanju njome može se pronaći na stranicama koje slijede.

Kako bi se sve povezalo u cjelinu, dio su ovog rada i prijedlozi te postupci koje valja poduzeti kako bi se poboljšala kvaliteta i povećala sigurnost izvođenja vježbi. Okolnosti se mijenjaju, ljudi dolaze i odlaze, odustaje se od nekih ispitivanja, uvode se nove ispitne metode, mijenja se oprema, mijenjaju se zakoni i pravilnici, norme i kriteriji prihvatljivosti, a sve to traži trajnu brigu i trajne prilagodbe ljudi i dokumentacije [3]. Upravo zato potrebno se voditi jednim od načela osiguranja kvalitete: stalnim poboljšavanjem težiti stalnom napretku načina rada i dobivenih rezultata.

## 2. Laboratorij

Analizira se laboratorij za Elektromotorne pogone Sveučilišta Sjever. Kod analize opreme kojom je opremljen posebna pozornost posvećuje se opremi kojom se studenti koriste za vrijeme provedbe navedenih laboratorijskih vježbi.

### 2.1. Općenito o laboratoriju

Najnovija norma ISO 17025 laboratorij definira kao tijelo koje obavlja jednu ili više od sljedećih aktivnosti: ispitivanje, umjeravanje, uzorkovanje povezano s naknadnim ispitivanjima ili umjeravanjima [5]. Laboratorij za izvođenje vježbi iz elektromotornih pogona nalazi se u stalnim prostorijama Sveučilišta Sjever u prostoriji broj 1-5.



*Slika 1. Ulaz u prostoriju laboratorija*

Aktivnosti laboratorija mogu se odvijati i na terenu, pokretnim ispitnim stanicama ili pak u privremenim prostorijama. Važno je samo da prostori zadovoljavaju sve zahtjeve važeće norme. Postoje brojne podjele laboratorija prema aktivnostima koje obavljaju. Naš laboratorij služi za provođenje vježbi iz Elektromotornih pogona kako bi studenti stekli znanje i vještine potrebne za polaganje predmeta i za daljnji rad u struci.

Da bi laboratorij mogao dobro služiti svrsi prijenosa znanja i pripreme mladih stručnjaka za rad, kod provođenja vježbi nužno je zadovoljiti sigurnosne standarde. Laboratorij je opremljen dovodom energije izmjeničnog napona do 380 V i istosmjernog do 750 V kod frekvencije od 50 Hz i opremom prikladnom za postizanje i mjerenje danih vrijednosti. Opasnost od električne energije javlja se u radu s izmjeničnom strujom nazivnih napona viših od 50 V i istosmjernom strujom nazivnih napona viših od 120 V.



*Slika 2. Izgled prostorije laboratorija*

## **2.2. Oprema**

Kako bi mjernim metodama postigli točne vrijednosti, studenti se moraju koristiti odgovarajućom i pouzdanom opremom. Oprema je odgovarajuća ako je [6]:

- prikladna za odabranu ispitnu metodu
- postiže zahtjevnu točnost
- prikladna za rukovanje i
- prikladna za mjesto ispitivanja.

Nadalje, pouzdana je ispitna oprema ona koja se redovito održava i to u skladu s proizvođačevim preporukama i iskustvom, koja je umjerena i redovito umjeravana te koja

zadržava funkcionalnost i točnost tijekom vremena [3]. Svaki dio opreme mora imati svoje mjesto u laboratoriju, nakon uporabe mora se tamo i vratiti. Ako je neki dio opreme u kvaru, to je potrebno naznačiti i nastojati što prije ukloniti kvar. Na svakoj ispitnoj opremi trebao bi biti naznačen njezin status, je li u upotrebi ili nije, oznaka, naljepnica na kojoj je, na primjer, natpis „U upotrebi“ odnosno „Izvan upotrebe“ [3].

Ako se kvar ne može ukloniti, mjerni instrument ili stroj mora se na prikladan način odstraniti iz laboratorija i mora se nastojati nabaviti novi kako bi se rad studenata mogao nesmetano nastaviti. Ako se radi o dijelu opreme čijih primjeraka ima više, to ne predstavlja velik problem jer je moguće odmah nadomjestiti pokvareni dio, zato je nužno voditi evidenciju opreme koja se nalazi u laboratoriju i dobro uskladištiti svu dokumentaciju.



*Slika 3. Uskladištena dokumentacija*

Laboratorij za vježbe iz Elektromotornih pogona ima pet jednakih radnih mjesta, tj. stolova što predstavlja optimalan broj. Stolovi su opremljeni jednakom opremom.



*Slika 4. Ispitni stol*

Vježbe se izvode u paru tako da ih može pohađati najviše deset osoba po skupini. Kada bi taj broj bio veći, dolazilo bi do pretjerane interakcije među studentima. Također nastavniku bi bilo otežano praćenje rada studenata pa bi samim time kvaliteta rada bila smanjena, a mogućnost pogrešaka veća. Na svakom stolu nalazi se glavna sklopka s ključem kojom se uključuje i isključuje napajanje cijelog ispitnog stola i osigurači.



*Slika 5. Glavna sklopka i osigurači*



Na svakom se stolu nalazi istosmjerni elektromotorni pogon koji se sastoji od istosmjernog elektromotora marke SIEMENS i pogonskog uređaja i pretvarača SIMOREG istog proizvođača. Na vratilo istosmjernog elektromotora moguće je dodati zamašnu masu ako je to potrebno.



*Slika 6. Pretvarač SIMOREG*



*Slika 7. Istosmjerni elektromotor*

Asinkroni elektromotori nalaze se na istim postoljima gdje i istosmjerni, moguće ih je i spojiti. Postolja se nalaze na podu pokraj svakog ispitnog stola.



*Slika 8. Postolje s motorima*

Stolovi su također opremljeni frekvencijskim pretvaračima MICROMASTER 440 proizvođača SIEMENS i osciloskopima.

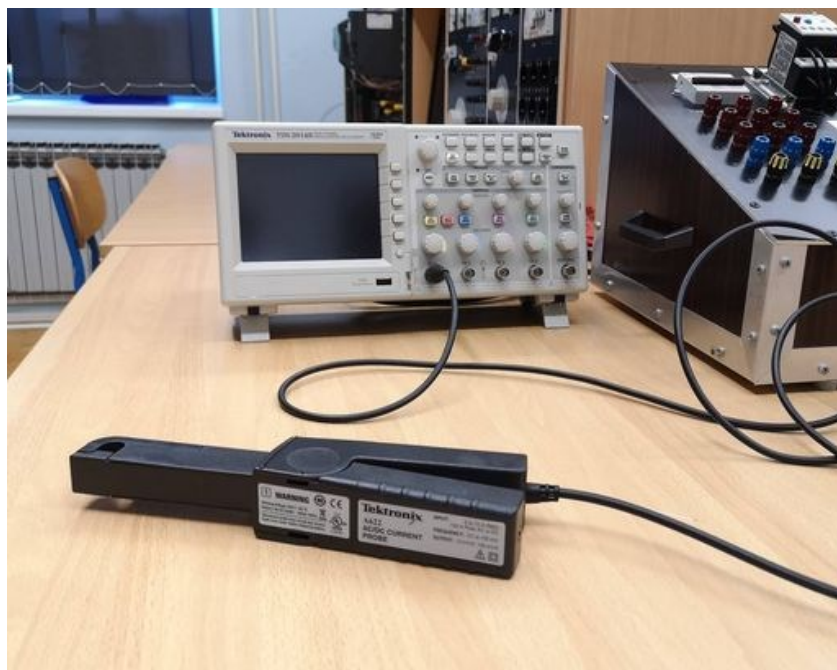


*Slika 9. Frekvencijski pretvarač*

U laboratoriju se nalazi i jedno dodatno ispitno mjesto na kojem se nalazi panel za spajanje, osciloskop sa strujnim kliještima, asinkroni elektromotor i žice za spajanje.

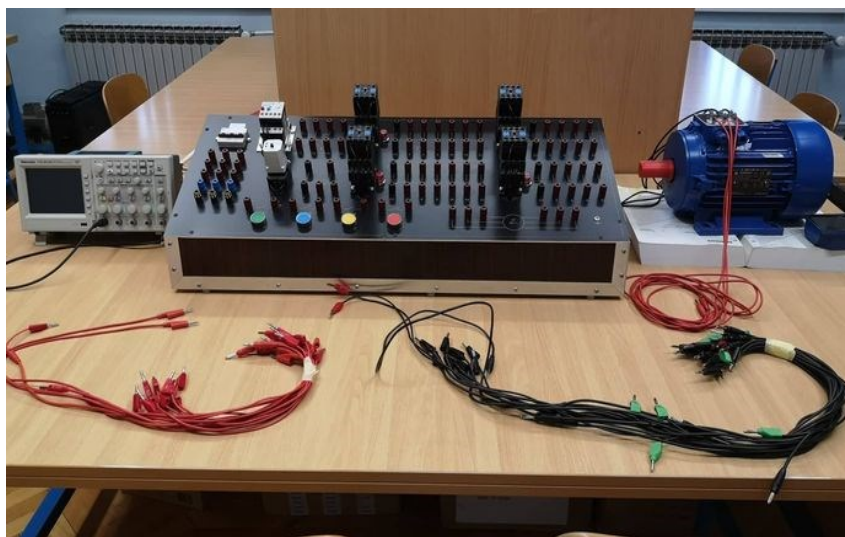


*Slika 10. Asinkroni elektromotor*



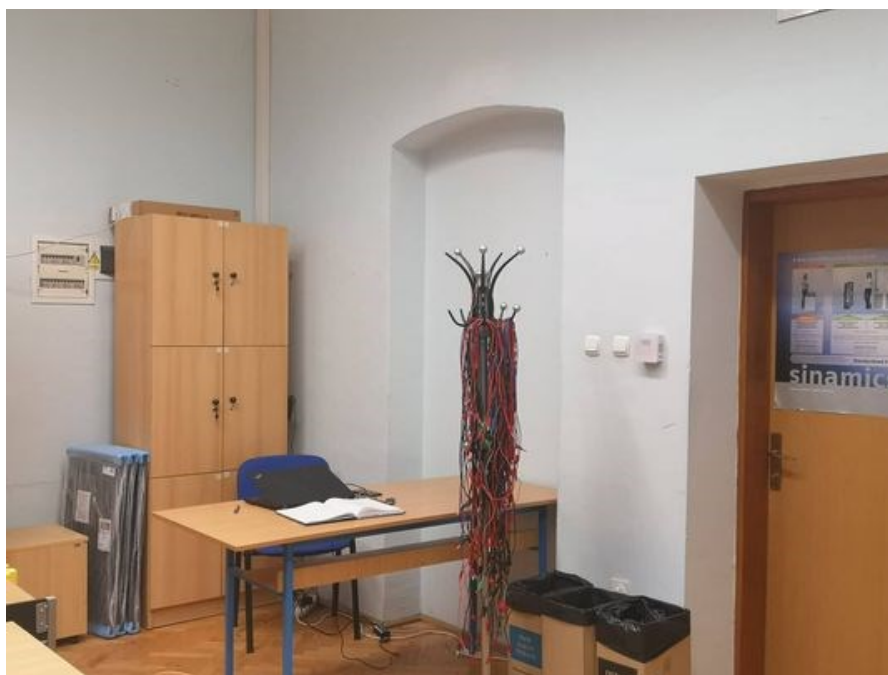
*Slika 11. Osciloskop sa strujnim kliještima*





*Slika 12. Izgled radnog stola*

Laboratorij je opremljen žicama, multimetrima, a na svakom se stolu nalazi i računalo. Uz ploču koja nastavniku olakšava iznošenje uvodnih objašnjenja nalazi se i improvizirani stalak za odlaganje žica te nastavnički stol.



*Slika 13. Izgled dijela laboratorija*

U laboratoriju se također nalazi oprema nastala kao dio studentskih završnih radova.



*Slika 14. Studentski završni radovi*

### **2.3. Pravila ponašanja u laboratoriju**

Pravila ponašanja mogu biti u pisanom obliku, kao dio dokumentacije, ili pak mogu biti usvojena na temelju usmenog predavanja voditelja laboratorijskih vježbi. Pridržavanje pravila nužno je prvenstveno radi sigurnosti studenata i opreme. Također, ako se poštuju pravila, povećava se kvaliteta rada u laboratoriju: ne dolazi do prekida tijekom vježbe pa se svi zadaci izvrše unutar zadanog roka. Rezultati dobiveni zadanim mjerenjima u tim su slučajevima češće unutar granica očekivanja što pak utječe na kvalitetnu izradu izvještaja.

Ako student smetne s uma neko pravilo ili ga nesvjesno krši tijekom vježbe, nastavnik je dužan upozoriti ga. Najvažnije pravilo koje studenti moraju usvojiti odnosi se na pridržavanje svih upozorenja. Također, moraju pratiti dokumente s uvodnim informacijama te procedure i upute za rad. Postoje pravila koja se odnose i na ponašanje prema profesoru i kolegama. Studenti su dužni saslušati nastavnika, postupiti prema njegovim upozorenjima i ako imaju nejasnoća ili pitanja, obratiti se nastavniku i tražiti pomoć. Ako je nastavnik u tom trenutku zauzet ili komunicira s kolegama na drugom radnom stolu, potrebno je pričekati. Isto tako, prekomjerni pokušaji komuniciranja studenata s kolegama i ometanje rada kolega može uzrokovati pogrešku ili pad koncentracije.

Uzimanje opreme koja se ne nalazi na radnom stolu studenta i potrebna je drugim kolegama također je neprimjereno i zabranjeno. Ako student primijeti da mu nedostaje nešto od opreme, ispravno je obratiti se nastavniku. Moguće je da je student nešto krivo spojio ili nije razumio zadatak. Ako mu stvarno nedostaje neki dio opreme, nastavnik će mu je dati, zato nije rješenje uzimanje opreme s tuđeg radnog mjesta jer se time problem ne rješava, nego se samo seli na drugi stol.

Napuštanje laboratorija bez dozvole i znanja nastavnika također nije u redu pogotovo ako je vježba u tijeku i oprema je pod naponom. Ako je mjerni spoj pod naponom, svako prespajanje ili premještanje instrumenata zabranjeno je. Može dovesti do ozljeda opasnih po život i oštećivanja opreme.

Za studente je korisno da prije vježbe pripreme potrebne papire i tablice kako bi odmah zapisivali dobivene rezultate mjerenja i na taj način skratili vrijeme potrebno za mjerenje. Tijekom izvedbe vježbi nužno je obratiti pozornost na pravila rukovanja opremom. Pritisak na neki gumb vrši se rukom, tj. jagodicom ili zglobom prsta, nikako noktom ili nekom oštrom površinom kako se mehanizam ne bi ošteti. Ako se osoba nalazi blizu nekog rotirajućeg dijela pogona, kosa bi trebala biti vezana, viseći nakit uklonjen, a rukavi primjerene dužine i širine kako bi se izbjegla mogućnost povrede i oštećenja odjeće.

Pravila u laboratorijima ima mnogo, ponekad studenti poneko smetnu s uma, zato je tu nastavnik koji prati njihov rad te ih upozorava na propuste i pogreške.

### **3. Priprema za izvođenje laboratorijskih vježbi**

Kako bi se vježbe provele sigurno i kvalitetno, studenti i nastavnik moraju izvršiti svoje obveze i pridržavati se pravila ponašanja u laboratoriju. Dokumentacija kojom se koriste prije i tijekom provedbe vježbi mora sadržavati potpune i točne informacije.

#### **3.1. Obveze nastavnika**

Budući da svaka vježba ima određen vremenski okvir, važno je da sva potrebna oprema bude ispravna i pripremljena za korištenje kako bi studenti stigli izvršiti zadatak. Provjera ispravnosti opreme zadaća je nastavnika koji izvodi laboratorijske vježbe. Ako nastavnik ne provjeri opremu, a neki je od potrebnih instrumenata u kvaru, studenti ne mogu izvesti vježbu. Samim time troši se vrijeme, studenti moraju nadoknađivati vježbu ili prijeći u neku drugu skupinu u kojoj će se time povećati broj sudionika i smanjiti kvaliteta rada.

Također, nastavnik je zadužen za ravnomjernu raspodjelu studenata u skupine. Radi se o naizgled lakoj zadaći, no važno je obratiti pozornost na učinkovitost skupine i interakciju među studentima. Nastavnik mora težiti tome da studenti budu koncentrirani, usredotočeni na zadatak kako bi se ostvario cilj tj. kako bi se odradila vježba i kako bi studenti stekli znanje. Ako među nekima od studenata postoje razmirice, najbolje je te studente razdvojiti kako bi se izbjegla nepotrebna napetost koja bi narušila sklad cijele skupine. Prije početka održavanja laboratorijskih vježbi važno je razgovarati sa studentima, prilagoditi raspored skupinama i načinu na koji studenti dolaze na nastavu. Mnogi studenti ovise o javnom prijevozu ili pak putuju u paru s kolegama kako bi smanjili troškove. Ako iz nekog razloga nije moguće dogovoriti podjelu u skupine, nastavnik uvijek može ostaviti otvorenu opciju da se studenti sami dogovore za zamjenu s kolegom iz druge skupine te naknadno obavijeste nastavnika. Bitno je da se uspostavi komunikacija i da su informacije jasne i pravovremene. Cilj svake komunikacije upravo je to - prenošenje poruke na način da je druga strana shvati i postupi u skladu s njom [6].

Nastavnik je također obvezan, radi uštede vremena i kako bi se izbjegla situacija da student sjedne za stol koji nije namijenjen njemu, doći u laboratorij prije studenata, podijeliti sheme, pripremiti upute te dočekati studente i uputiti ih na njihova radna mjesta.

Na početku laboratorijske vježbe nastavnik mora studentima objasniti gradivo na kojem se temelji zadatak zadane vježbe. Nastavnik treba istaknuti koje je predznanje potrebno za izvođenje vježbe, otkloniti sve studentske nedoumice i ponoviti sve bitno. Ako studenti nisu upoznati s gradivom i ne razumiju što bi trebali raditi i na što trebaju obratiti pozornost, ne mogu predvidjeti rezultat kao ni donijeti zaključak na temelju dobivenih rezultata. Zbog nerazumijevanja gradiva mogu dovesti u opasnost sebe i sve prisutne ili pak oštetiti opremu. Nastavnik studentima mora

dati detaljne upute, pažljivo pratiti njihov rad kako bi na vrijeme stigao reagirati ako uoči neku grešku. Upute moraju biti jasne i sadržavati potpune informacije. Priložene sheme moraju biti čitke, sadržavati sve oznake kako bi se elementi ožičili na ispravan način. Tijekom izvođenja vježbi studentima su potrebne dodatne informacije, objašnjenja i savjeti.

Svrha je laboratorijskih vježbi stjecanje znanja, stoga nastavnik mora biti usmjeren na studente kako bi im taj proces olakšao. Po završetku vježbi nastavnikova je zadaća protumačiti dobivene rezultate. Sustavan pristup izradi laboratorijskih vježbi pridonosi njihovoj uspješnosti, a zadaća je nastavnika da usmjerava studente kako bi stvorio i održao njihovu usredotočenost na radni zadatak.

### **3.2. Obveze studenata**

Kako bi laboratorijsku vježbu odradili u cijelosti i izbjegli pogreške zbog nepotrebnog stresa stvorenog žurbom, studenti su dužni doći na vrijeme. Da bi student mogao pristupiti vježbi, mora se pripremiti, upoznati s programom vježbe i metodama ispitivanja kojima će se koristiti. Ako student nije spreman, smatram da vježbu ne može odraditi kvalitetno i s razumijevanjem. Svojim postupcima izlaže se opasnosti te vrlo lako može uzrokovati kvar na opremi kojom se služi. Studenti u takvim situacijama u prevelikoj mjeri postavljaju pitanja svojim kolegama ili profesoru, prečesto traže pomoć ili savjete pa se samim time narušava radna atmosfera i učinkovitost skupine.

Prije početka vježbe potrebno se upoznati s ispitnom opremom te zadanim i očekivanim veličinama kako bi se mogli prilagoditi mjerni instrumenti i ispravno odabrati mjerna područja rada. Ako student to zanemari, provedbom mjerenja dobiva krive rezultate pa nije u mogućnosti izračunati potrebne vrijednosti ili pak izraditi grafove. Kod korištenja određenih razina strujnih i naponskih veličina zadanih u vježbi također može oštetiti opremu ili uzrokovati kvar.

Prilikom izvođenja vježbi student mora biti koncentriran, promišljati o postupcima koje izvodi te pratiti upute i upozorenja nastavnika. Svaka radnja koju nastavnik ne odobri ili koja nije napisana u uputama za provedbu vježbe neprimjerena je i opasna za opremu i okolinu jer može uzrokovati pojavu grešaka i prekida rada skupine, što pak ima za posljedicu trošenje vremena i dekoncentraciju ostalih studenata. Ako studenti naiđu na problem, trebaju se obratiti nastavniku. Samostalno rješavanje nastalog problema također narušava kvalitetu i sigurnost izvedbe vježbi.

Tijekom trajanja laboratorijskih vježbi studenti su dužni poštovati pravila ponašanja u laboratoriju i biti usredotočeni na zadatak. Svaki student pridonosi učinkovitosti i sigurnosti izrade vježbi, bitna je uključenost svih prisutnih kako bi se mjerenja provodila bez većih problema i zaustavljanja. Može se zaključiti da je bitno da studenti vježbama pristupaju odgovorno, rade u skladu s uputama i danim procedurama s ciljem da steknu znanja i poboljšaju svoje vještine. Baš



kako piše autorica knjige *Plivati laboratorijem i ostati živ: Uzalud vam prostor i oprema i silna dokumentacija ako tu ne rade osposobljeni i motivirani ljudi* [3].

### **3.3. Dokumentacija**

Dokument je informacija i medij na kojem se ta informacija nalazi. Skup dokumenata često se zove dokumentacija [3]. Dokumentacija za laboratorijske vježbe obuhvaća dokument s uvodnim informacijama, sve upute i sheme koje daje nastavnik te sva upozorenja i procedure koje se nalaze u laboratoriju. Drugim riječima, dokumentacijom smatramo sve izvore informacija koje voditelj vježbi i studenti koriste u izradi vježbi, ona je „ljepilo koje povezuje prostor, opremu, metode i ljude“ [3]. Opseg dokumentacije, naravno, ovisi o veličini i vrsti organizacije, složenosti procesa i njihovih odnosa te o osposobljenosti ljudi koji na njoj rade [3].

#### **3.3.1. Dokument s uvodnim informacijama**

Dokument s uvodnim informacijama sadrži informacije koje se odnose na provedbu svih vježbi iz određenog predmeta. Svrha je tog dokumenta dostupnost općih informacija o organizaciji i provedbi vježbi. Na temelju tog dokumenta studenti znaju što se od njih očekuje. U njemu se iznosi koja je svrha samih vježbi i koja se znanja usvajaju nakon završetka vježbi. Nadalje se navode upute za ponašanje u laboratoriju i način rada, a dan je i kratak opis laboratorija, opreme i vrijednosti napona mreže. Opisani su bitni postupci kod provođenja mjerenja kako bi studenti bili sigurni i kako bi se izbjeglo oštećivanje opreme. Poželjno je da dokument sadrži dio u kojem nastavnik iznosi obveze koje je student dužan izvršiti nakon što odradi vježbe i opis načina na koji mora izraditi grafove i izračune s mjerenim veličinama dobivenim na vježbama.

Ovim dokumentom studentu se olakšava početak izvedbe laboratorijskih vježbi, a profesor se davanjem tog dokumenta studentima osigurava da je sve bitno za polaganje predmeta i izradu vježbi studentima bilo unaprijed poznato. Dokument trenutno ne postoji kao dio laboratorijske dokumentacije za provođenje vježbi iz Elektromotornih pogona.

Priložena slika primjer je takvog dokumenta za provedbu vježbi iz Električnih strojeva na Fakultetu elektrotehnike i računarstva u Zagrebu.

## FER, uvodne informacije za laboratorijske vježbe iz Električnih strojeva

Bitni dio nastave električnih strojeva na Fakultetu elektrotehnike i računarstva u Zagrebu u Zavodu za elektrostrojstvo i automatizaciju čine laboratorijske vježbe.

Laboratorijske vježbe se održavaju na odgovarajućim radnim mjestima u laboratorijima za grupe studenata gdje se velika pozornost posvećuje samostalnom radu uz nadzor nastavnika.

Ove upute predviđene su kao pripremni materijal laboratorijskih vježbi ispitivanja električnih strojeva i to prvenstveno u okviru iz predmeta električni strojevi poglavito za predmet Dijagnostika i monitorin strojeva i pogona.

Konceptijski je materijal podijeljen prema vrstama električnih strojeva koji se ispituju u četiri dijela: I transformatori, II istosmjerni strojevi, III asinhroni strojevi, IV sinhroni strojevi, a donekle i prema metodologiji ispitivanja: klasične metode, primjena suvremenijeg instrumentarija, primjena računala u ispitivanju i obradi, automatizirana ispitivanja. Svaki od navedenih dijelova se može koristiti i kao zasebna cjelina pri provođenju vježbi iz određenog područja.

Za svaku pojedinu vježbu daje se cilj i zadatak vježbe, opis problema i metodologije te prijedlog sheme ispitivanja.

Ranije korišteni dijelovi uputa ovog tipa pokazali su se u praksi ispitivanja električnih strojeva dobrim, te se nadamo da će i ovaj materijal korisno poslužiti studentima pri pripremi i provođenju laboratorijskih vježbi ispitivanja električnih strojeva.

### UVOD

#### 1. Svrha laboratorijskih vježbi

Svrha laboratorijskih vježbi je praktično provjeravanje teorijskih saznanja i upoznavanje laboratorijskih metoda rada. Osim toga dobiva se određena samostalnost i samopouzdanje u rukovanju instrumentarijem i ispitivanim objektima - električnim strojevima. Ovo potonje je od velike važnosti ne samo za pravilno shvaćanje svrhe kolegija "Dijagnostika i monitorin strojeva i pogona", nego i kasnije u praksi za rad u ispitnim stanicama.

#### 2. Ponašanje u laboratoriju

Kod ispitivanja električnih strojeva u ispitnoj stanici mnogi vodovi i spojevi imaju provizorni karakter. To uzimaju u obzir inače strogi propisi o zaštiti na radu time da ne zahtijevaju sve zaštitne mjere propisane za čvrste instalacije u pogonskim prostorijama. Zbog toga je uvijek potrebno pridržavati se uputa voditelja vježbe i pravila o radu u laboratorijima da ne bi došlo do nesretnog slučaja, bilo od električne struje, bilo od rotirajućih dijelova električnih strojeva.

Slika 15. Primjer dokumenta s uvodnim informacijama

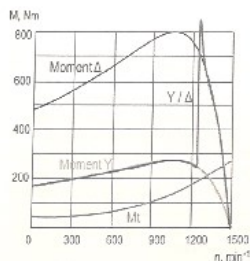
### 3.3.2. Upute za izradu vježbi

Upute za izradu vježbi dostupne su studentima prije vježbe za koju su namijenjene kako bi se studenti mogli pripremiti i proučiti potrebno gradivo. Izrađuje ih nastavnik koji vodi laboratorijske vježbe. Osmišljene su tako da se u uvodu nalazi teorija, grafovi, formule i definicije što uvelike olakšava učenje i ponavljanje gradiva potrebnog za izradu laboratorijske vježbe. U dijelu pod nazivom „Rad na vježbi“ detaljno je opisan postupak izrade vježbe i oprema koja se koristi. Dane su i sheme spoja što omogućuje studentu da prije spajanja razmisli i prouči shemu. Na kraju dokumenta priložene su i fotografije opreme kojom bi se student trebao koristiti tijekom vježbe.

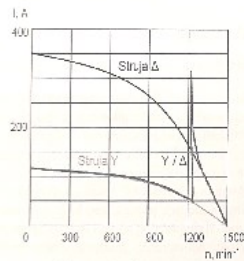
## VJEŽBA 2: Zalet i reverziranje asinkronog kaveznog elektromotora

### Uvod

Prilikom uklopa na električnu mrežu asinkroni elektromotor uzima struju nekoliko puta veću od nazivne. Velika potezna struja uzrokuje propad napona na električnoj mreži što može onemogućiti pravilan zalet i može ometati rad ostalih trošila na mreži. Osim negativnog utjecaja na mrežu, velika potezna struja asinkronog motora izaziva veliko termičko opterećenje namota motora i to naročito kaveza rotora. To je i glavni razlog zbog kojeg je troj zaleta i reverziranja asinkronog motora u nekom vremenskom intervalu ograničen. Potezna struja se može smanjiti na nekoliko načina: korištenjem preklapke zvijezda trokur, korištenjem soft-start uređaja ili pretvarača napona i frekvencije. Spajanjem namota u zvijezdu (Y) potezna struja će se smanjiti tri puta u odnosu na spoj trokur (Δ), no istovremeno će se približno tri puta smanjiti i potezni moment (slike 1 i 2). U nekim slučajevima to može rezultirati nedovoljnim poteznim momentom ako se zalet vrši pod teretom koji zahtjeva veliki moment pri pokretanju (npr. drobilica, mlín, dizalica).



Slika 1. Moment motora



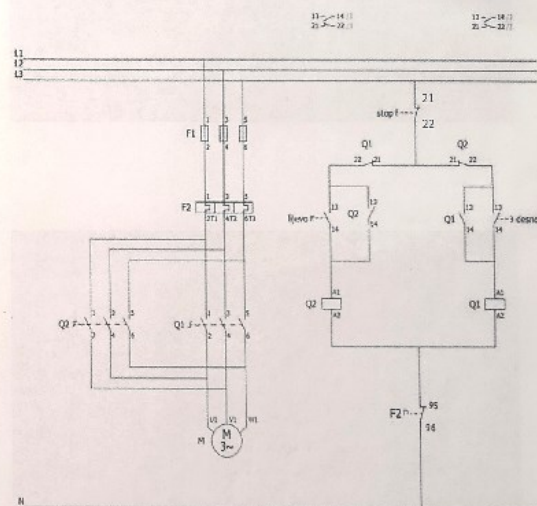
Slika 2. Struja motora

U trenutku isključenja, brzina vrtnje stroja se ne može trenutno smanjiti na nulu jer rotaciju podržava kinetička energija mase koja se vrti, dok kočenje uzrokuje moment tereta radnog stroja koji djeluje na vratilo pogonskog elektromotora. Elektromotorni pogon se to sporije zaustavlja što mu je mehanička vremenska konstanta veća i što mu je moment tereta radnog stroja manji. Na slici 3 prikazani su tipični primjeri ovisnosti momenta tereta o brzini vrtnje  $M_t = f(n)$ , za nekoliko vrsta radnih strojeva. Vrijeme potrebno za zalet motora do nazivne brzine ovisi o karakteristici momenta tereta. U trenutku ponovnog uključivanja motora struja koja će poteći namotom statora ovisi o razlici napona mreže i napona koji inducira preostali glavni tok. Najgori slučaj nastupa kada su ta dva napona u protufazi, što može rezultirati strujom većom od struje kratkog spoja. U praksi je dozvoljena vrijednost udarne struje kod preklapanja 120–140 % struje kratkog spoja motora. Razlog ograničenju su sile koje se javljaju u namotu i koje mogu izazvati mehanička oštećenja izolacije, a u slučajevima višestrukih ponovnih uklapanja motora, dovesti i do proboja izolacije. Vrijeme potrebno za smanjenje glavnog tuka do veličine koja više nije opasna za izazivanje velike udarne struje pri

### 1. ZADATAK: Pokretanje i zalet asinkronog elektromotora

Prena opisu pokusa i začajnoj shemi izvršiti spajanje elektromotornog pogona. Fotografirati gorovi spoj. Na fotografijama u prilogu nacrtati spajanje svih elemenata električne sheme potrebnih za realizaciju zadanog spoja. Objasniti rad spoja.

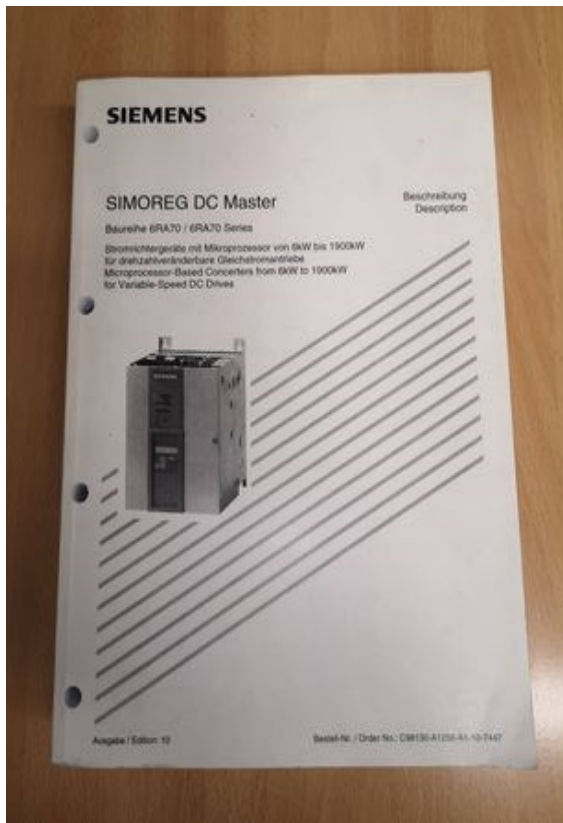
Strujna kljesta osciloskopa spojiti na fazu L1 osigurača F1. Snimati struju elektromotora prilikom zaleta i struju elektromotora nakon zaleta. Očitati struju elektromotora prilikom zaleta i struju elektromotora nakon zaleta. Komunicirati došivene rezultate.



Slika 16. Primjer uputa za izradu vježbi

### 3.3.3. Upute za održavanje i korištenje opreme

Upute za održavanje i korištenje opreme, tzv. kataloge, često pisane na dvama stranim jezicima, izrađuje proizvođač određene opreme. Namijenjeni su nastavniku ili voditelju vježbi. Olakšavaju kontrolu i održavanje opreme. Sadrže sve informacije, upute za korištenje i sheme uređaja kojem su namijenjene, upozorenja kod rukovanja uređajem i liste parametara i upravljačkih funkcija. Analizirani laboratorij posjeduje takve dokumente u pisanom i elektroničkom obliku.



Slika 17. Upute za održavanje i korištenje

### 3.3.4. Sheme

Sheme spojeva mogu biti priložene kao dio uputa za izradu vježbi ili ih studenti mogu dobiti nakon početka vježbi kao zaseban dokument. Prikazuju način na koji se povezuju uređaji, njihovi dijelovi ili pak dijelovi mreže i postrojenja. Nastavnik ih izrađuje, provjerava i daje studentima te se na temelju njih vrše spajanja opreme. Važno je da je shema čitka i dobro označena, tj. da su korišteni grafički simboli određeni normama. Razvijen je niz nacionalnih normi. Da bi se osigurala ujednačenost na međunarodnoj razini, razvijene su i međunarodne norme u okviru IEC-a [7]. Grafički simbol predstavlja standardni oblik koji zamjenjuje skupinu istovrsnih elemenata [7]. Pored simbola upisuje se oznaka koja označava i identificira pojedini element [7]. Ovaj dokument neophodan je za izradu laboratorijskih vježbi pa je samim time obvezan dio dokumentacije. O njegovoj kvaliteti ovisi brzina rada i točnost studentskih postupaka. Kako bi se dokument očuvao i mogao koristiti u daljnjoj provedbi vježbi, potrebno ga je plastificirati, staviti u prozirni omot ili fascikl.





Slika 18. Plastificirana shema korištena tijekom vježbe

### 3.3.5. Upozorenja

Upozorenja su jasni i kratki natpisi ili znakovi postavljeni na vidljiva mjesta. Predstavljaju elemente vizualne komunikacije čija je svrha davanje nedvosmislene poruke. Poželjno je da su većeg fonta i žarkih boja kako bi bila uočljiva i razumljiva svakome tko uđe u laboratorij. Mogu ukazivati na opasnost, zabranu ili obvezu.

Neophodan znak upozorenja za analizirani je laboratorij upozorenje na visoke vrijednosti napona i struje koje studenti nipošto ne smiju zanemariti jer bi se u suprotnome mogli naći u po život opasnoj situaciji. Nakon određenog broja sati provedenog u raznim laboratorijima Sveučilišta često se događa da su studenti već dobro upoznati s opremom, znaju gdje se što nalazi te kako skratiti neku proceduru. Dolazi do opuštanja te zaboravljanja pravila kao što su oprezno kretanje u laboratoriju, oprezno rukovanje opremom, praćenje procedura uključivanja spoja na napon itd. Studenti bi trebali imati na umu da stotinu puta nešto uspije, stotinu i prvi put dogodi se nesreća [3]. Može se zaključiti da ako laboratorij posjeduje znakove upozorenja, velike su šanse za to da se izbjegne izlaganje sudionika vježbe opasnosti i sama nesreća.

Jedno od upozorenja potrebnih u laboratoriju trebalo bi biti zabrana unošenja hrane i pića te oprezno odlaganje odjeće, torbi i vrećica. Tekućina prolivena po nekom elementu ili remen blizu rotirajućeg dijela pogona ugrožava sigurnost prisutnih studenata i opreme. Ako student smetne s uma neku važnu mjeru opreza, upozorenje na vidljivome mjestu može ga na nju podsjetiti i prekinuti ga u nepoželjnoj aktivnosti. Potrebno je stalno podsjećanje na opasnost – čovjek je prilagodljivo biće, lako se navikne na svoju okolinu i prestane paziti [3].



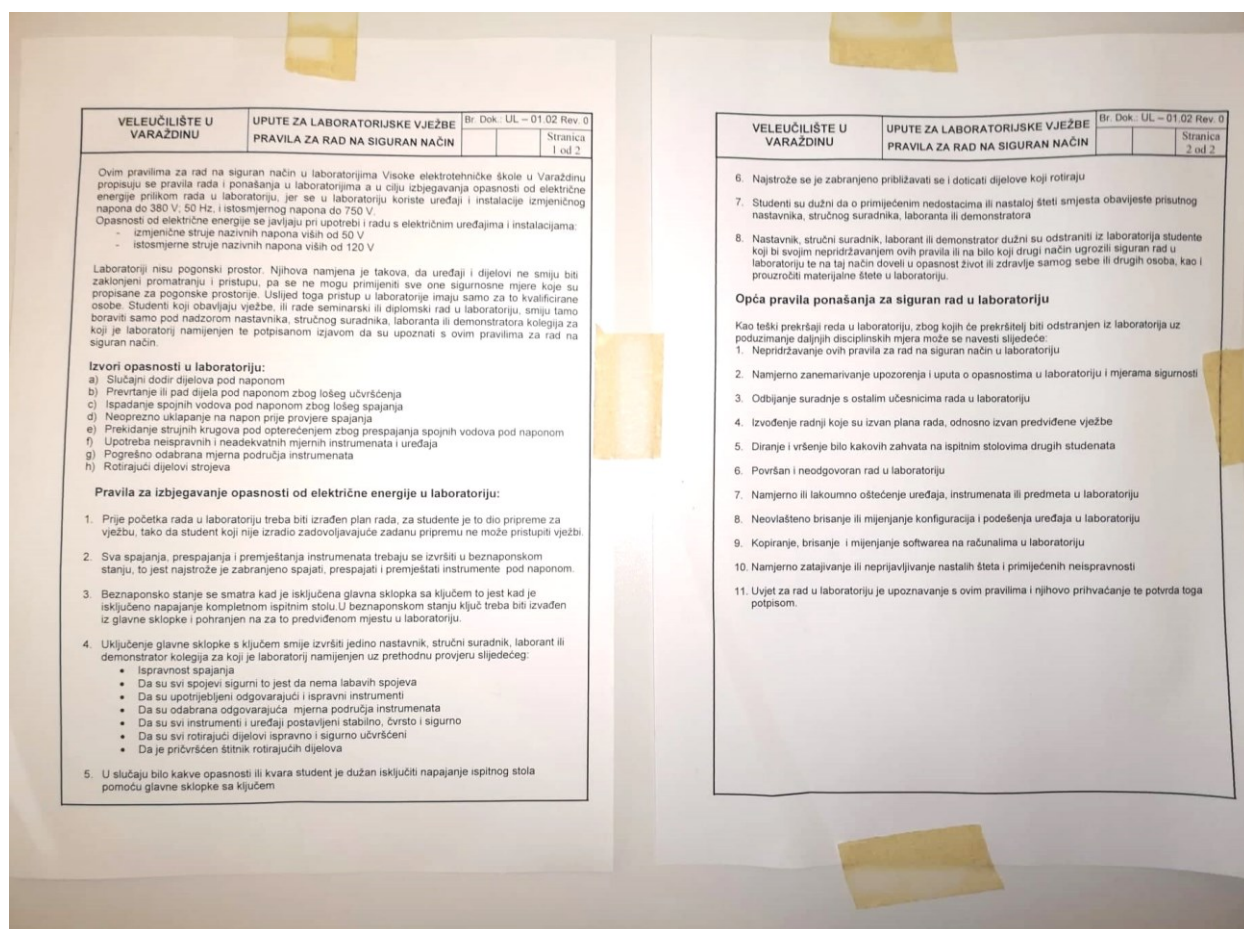
Slika 19. Znakovi upozorenja i zabrane

### 3.3.6. Procedure

Procedure sadrže detaljan opis izvršenja neke aktivnosti kako bi se minimizirala mogućnost pogreške i dovođenja sudionika u opasnost. U njima se iznose informacije o tome na koji se način nešto radi, tko izvodi postupak, a tko je za njega odgovoran, koja je svrha postupka i što se njime postiže. Autorica knjige *Plivati s ISO-om i ostati živ*, Olga Štajdohar-Pađen, procedure uspoređuje sa zakonima neke zemlje. Zakoni moraju biti u skladu s odredbama ustava, a svaki se bavi nekim područjem [6]. S obzirom na vrstu laboratorija u kojem se održavaju vježbe i iznose vrijednosti struje i napona, procedure prvog priključivanja mjernog spoja na napon, procedure ponašanja u slučaju kvara ili nestanka napona te procedure spajanja mjernih spojeva trebale bi biti dobro vidljive. Uzrok nesreće često je upravo nepridržavanje procedure [3]. U želji da se ubrza izvođenje vježbe često se preskoče neki koraci, sudionici vježbi ne pridržavaju se svih propisanih sigurnosnih mjera što povećava rizik od opasnosti. [3]. Analizirani laboratorij za vježbe iz Elektromotornih pogona nema prije navedene procedure.

### 3.3.7. Upute za laboratorijske vježbe / Pravila za rad na siguran način

Ovaj dokument dio je trenutne dokumentacije laboratorija i nalazi se u njegovoj prostoriji. Zalijepljen je na unutarnju stranu ormara svakog od pet radnih stolova. Njime se definira namjena i svrha laboratorija. Sadrži nabrojane izvore opasnosti, pravila za izbjegavanje opasnosti i opća pravila ponašanja za siguran rad. Izrađen je u svrhu upozorenja na opasnost i povećanja sigurnosti za vrijeme provedbe vježbi. Dokument ne sadrži informacije o tome tko ga je napisao, pregledao i odobrio. Također nije vidljiv datum nastanka i valjanosti. Na temelju vidljivog prijašnjeg naziva ustanove u kojoj se laboratorij nalazi, a za koju ovaj dokument vrijedi, može se zaključiti da je dokument potrebno osuvremeniti.



Slika 20. Dokument koji se nalazi u laboratoriju unutar ormara na pet ispitnih stolova

## 4. Izvedba vježbi

U sljedećim odlomcima svaka od četiri laboratorijske vježbe analizirana je zasebno. Uz opis ispitnog stola na kojem se određena vježba izvodi i dokumentacije kojom se studenti koriste navedena su sva pravila i postupci koji se odnose na provedbu vježbe.

### 4.1. Laboratorijska vježba 1

Kako za prvu, tako i za ostale tri prikazane laboratorijske vježbe upute za rad moraju biti dostupne nekoliko dana prije nastave na sustavu za e-učenje *Merlin*. Uz opis postupaka koje su studenti obvezni izvršiti tijekom vježbe, formule i potrebnu teoriju prilaže se i shema spoja te fotografije opreme. Upute za izradu vježbe moraju sadržavati sve što je potrebno kako bi se student kvalitetno pripremio. S obzirom na to da sveučilište nema dokument s uvodnim informacijama za vježbe iz Elektromotornih pogona, prije početka vježbi potrebno je studentima ukazati na svrhu vježbi, upoznati ih s laboratorijem i pravilima koja su dužni poštovati te s načinom rada. Tema je prve vježbe pokretanje i zalet asinkronog elektromotora (prvi dio vježbe) te reverziranje (drugi dio vježbe). Nakon uvodnog ponavljanja gradiva profesor mora provjeriti spremnost studenata kako bi procijenio posjeduju li dovoljno znanja kako bi mogli sigurno rukovati opremom.

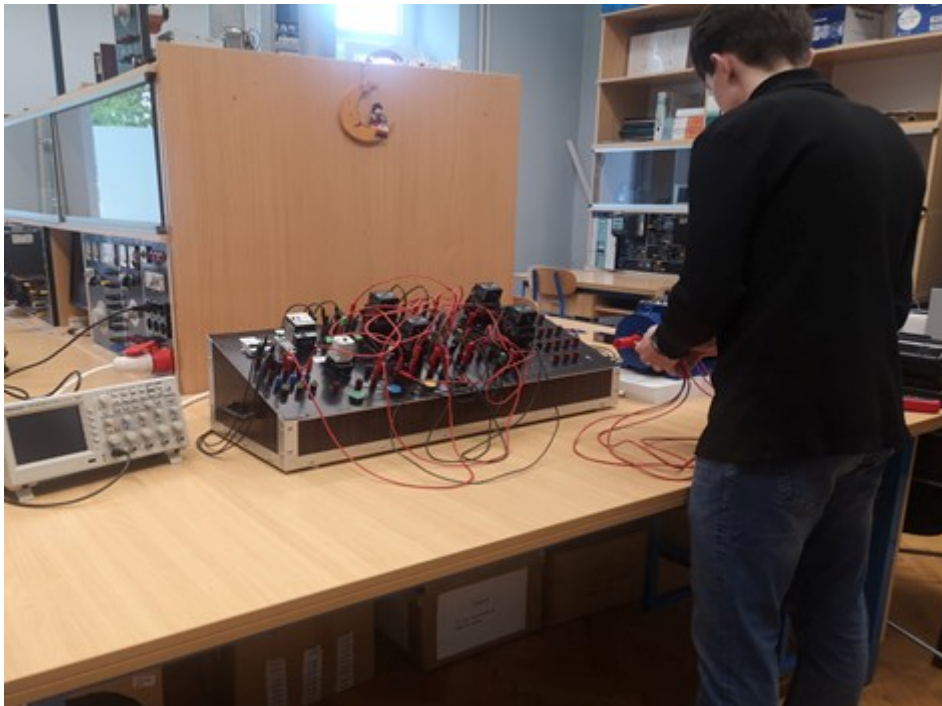
Taj je postupak neophodan kod svake vježbe radi sigurnosti studenata i opreme. Jednako je važno i upoznavanje studenata s radnim zadatkom i opremom kojom se trebaju koristiti tijekom vježbe. S obzirom na to da laboratorij ne sadrži vidljiva upozorenja na mogućnost postizanja visokih vrijednosti napona i struje, profesor mora skrenuti pažnju studenata i na to. Dokument s općim uputama i pravilima za rad nalazi se na pet jednakih stolova, ali ne i na ispitnom stolu.



Slika 21. Prikaz radnog mjesta za vježbu 1

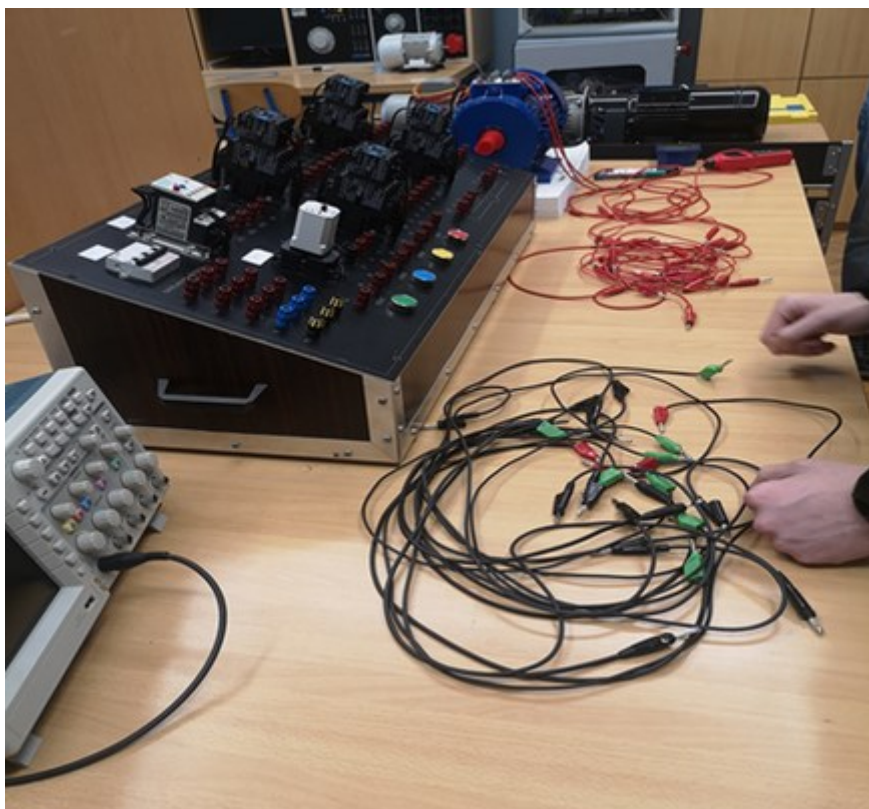


Rad se odvija u paru. Prije svega, u laboratoriju nikad ne bi trebala raditi jedna osoba sama. [3]. Jedan student samo čita shemu, a drugi obavlja spajanje isključivo na temelju pročitano. Ako studenti nisu upoznati s opremom ili pak nisu u stanju razumjeti shemu, narušavaju kvalitetu izvedbe vježbi i oduzimaju vrijeme drugim studentima. Budući da se rad odvija na samo jednom ispitnom mjestu, studenti moraju biti obzirni tako da i ostali kolege iz skupine stignu odraditi vježbu zbog čega bi studenti mogli biti pod pritiskom. Vrlo je važno da svaki student izvršava svoj zadatak i da se ne miješa u postupke kolega i ne pokušava im pomoći. To je jedno od pravila koje se lako smetne s uma. Profesor je zadužen za praćenje rada studenata i upozoravanje studenata kada se ne pridržavaju tog pravila.



*Slika 22. Prikaz načina rada tijekom vježbi*

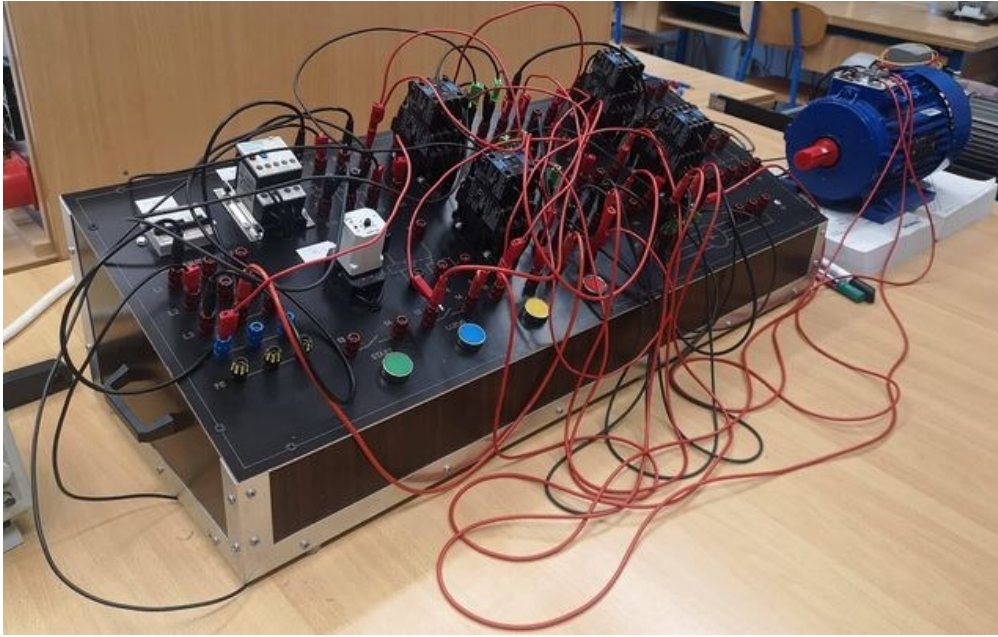
Kako bi se smanjila mogućnost pogreške na radnom stolu, potrebno je pripremiti točan broj žica. Da bi student lakše spojio zadanu shemu, poželjno je energetske dio spojiti jednom, a upravljački drugom bojom. Na taj se način uštedi vrijeme prilikom provjere spoja. Student kod raspoređivanja žica mora imati na umu da su one različite duljine.



*Slika 23. Izgled radnog stola i žica tijekom vježbe*

Na radnom stolu ne smije se nalaziti ništa osim potrebnih mjernih instrumenata, žica, asinkronog elektromotora i osciloskopa. Odlaganje privatnih stvari ili pak hrane i pića na stol utječe na smanjenu preglednost i veličinu manevarskog prostora koji ima osoba koja spaja žice. Ako bi došlo do prolijevanja, u opasnosti bi bio i student i oprema s kojom radi. Zabrana unošenja hrane i pića nije vidljiva nigdje u laboratoriju, no studenti su dužni imati je na umu i ponašati se u skladu s propisima. Kako u laboratoriju u pisanome obliku ne postoji procedura za priključivanje mjernog spoja na napon, već je ta procedura navedena samo kao stavka pod brojem 4 dokumenta koji se nalazi unutar ormara na drugih pet stolova, profesor je dužan naglasiti tko obavlja postupak i na koji način. Nakon spajanja sheme i provjere koju provodi profesor, najprije je potrebno podići osigurače, a tek onda uključiti glavnu sklopku. Kod odspajanja raspored je obrnut. Pravilo je da taj postupak izvršava voditelj vježbi. Kod odspajanja žica studenti su dužni poštovati pravilo da se ne odspaja više žica odjednom, žice se ne smiju vući, već se moraju laganim pokretom, uz držanje za donji dio žice, razdvojiti od spojnog mjesta. Uz takvo rukovanje žice se mogu duže koristiti i ne dolazi do probijanja njihove zaštite.

Kad studenti izvrše spajanje prema danoj shemi, panel za spajanje prepun je žica što uvelike smanjuje preglednost, ali i sigurnost. Žice su pomiješane pa je nemoguće izbjeći neka dodirna mjesta.



*Slika 24. Ožičeni panel*

S obzirom na to da se koristimo žicama s tzv. banana-utikačima, postoji mogućnost slučajnog dodira vodljivog dijela vodiča što dovodi studente u životnu opasnost ako se postigne struja vrijednosti veće od 50 mA. U takvim slučajevima potrebno je korištenje zaštitne opreme, tj. rukavica namijenjenih za zaštitu od dodira opreme pod naponom. Važno je birati što sigurniji način spajanja žica tako da nema nezaštićenih vodljivih dijelova.



*Slika 25. Sigurniji način spajanja*



## 4.2. Laboratorijska vježba 2

Za ovu laboratorijsku vježbu također su bile potrebne kvalitetne upute za rad. Pomnim čitanjem njihova sadržaja studenti se mogu dobro pripremiti i steći potrebna znanja kako bi na siguran način pristupili izradi vježbe.

Tema je druge laboratorijske vježbe pokretanje asinkronog kaveznog elektromotora spojem zvijezda-trokut. Potrebno je pomoću osciloskopa snimiti ponašanje struje jedne faze u zvijezdi i trokutu. Iako je shema dio samih uputa, kako bi čitanje i spajanje bilo lakše, studentima je potrebna i shema spoja kao zaseban dokument.

S obzirom na to da laboratorij posjeduje jedan radni stol potreban za vježbu, ispravnost opreme vrlo je važna. Prije početka vježbi nastavnik mora pomoću kataloga dobivenih od proizvođača provjeriti ispravnost opreme kojom se studenti trebaju koristiti. Nakon uputa koje nastavnik iznosi na samom početku, obvezno je upoznavanje studenata s opremom i nazivnim podacima kako bi znali opremom adekvatno rukovati.



*Slika 26. Radni stol za vježbu 2*

Kao i u prethodnoj vježbi, uviđa se da je pripremljenost i disciplina studenata neophodna. Kako bi svaki par stigao odraditi zadano, nedopustive su velike pogreške i nepripremljenost. Kako bi se panel ožičio prema shemi, koriste se žice s banana-utikačima pa je također moguća opasnost od dodira dijelova pod naponom. Sukladno tome studenti i profesor moraju biti oprezni.

Studenti su se dužni ponašati u skladu s pravilima ponašanja u laboratoriju, na radno mjesto ne smiju odlagati nikakve privatne stvari ili bilo kakve predmete koji bi im mogli smetati kod spajanja žica. Spajanje i odspajanje mora se vršiti na način opisan u prethodnoj vježbi. Tijekom vježbe nastavnik prati rad studenata, provjerava postupaju li u skladu s danim uputama i procedurama.

Nakon završetka vježbe studenti su dužni ostaviti ispitno mjesto točno onako kako su ga zatekli, tj. kako ga je nastavnik pripremio. Ne smije se donositi ili odnositi oprema ili žice, takvi bi postupci narušili kvalitetu izvedbe vježbe sljedećeg para ili skupine.

### **4.3. Laboratorijska vježba 3**

Kod izvođenja ove laboratorijske vježbe studenti se upoznaju s pretvaračem SIMOREG. Rade na upravljanju istosmjernog elektromotora pomoću signala koji se dovode na upravljačke priključke spomenutog pretvarača. S obzirom na to da se radi o prvom kontaktu studenata s takvom opremom, potrebna je maksimalna koncentracija i pomno praćenje uputa.

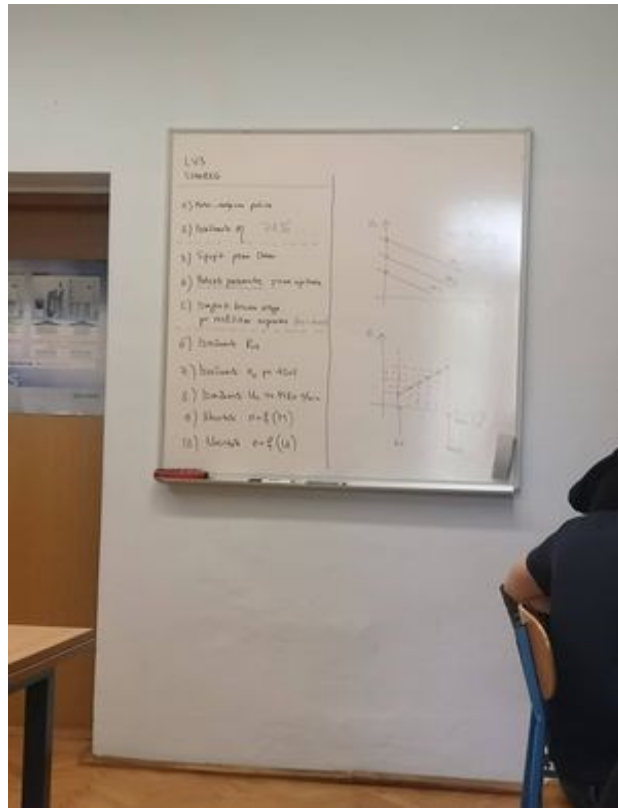
Oprema potrebna za ovu vježbu nalazi se na svakom od pet radnih stolova u laboratoriju. Studenti zbog toga mogu cijelo vrijeme predviđeno za izvođenje vježbe provesti za radnim stolom. Imaju više nego dovoljno vremena za provjere i promišljanje o postupcima koje planiraju učiniti što uvelike utječe na kvalitetu izrade vježbe.

Iako se određena skupina može sastojati od manje studenata nego što je predviđeno kapacitetom laboratorija pa se sukladno tome može dogoditi da ima slobodnih stolova, pravila rada u laboratorijima nalažu da se rad svejedno mora odvijati u paru. Prije termina vježbe profesor je dužan provjeriti opremu na svih pet stolova. Provjera se provodi isključivo prema literaturi danoj od proizvođača uređaja.



*Slika 27. Provjera opreme*

U uputama za izradu ove vježbe studenti se upoznaju s postupcima koje moraju provoditi tijekom vježbe i detaljnim uputama za parametriranje SIMOREG pretvarača. No, prije početka vježbe potrebno je saslušati upute i zadatke koje iznosi profesor. Pokazalo se da ponavljanje gradiva i upoznavanje sa zadatkom uvelike utječe na kvalitetu izvedbe vježbi.



Slika 28. Prikaz uvodnog objašnjenja i uputa

Priprema tablica potrebnih za unos parametara očitanih tijekom mjerenja uvelike bi olakšala rad na vježbi. Unošenje podataka o promjeni brzine vrtnje elektromotora nakon promjene napona okretanjem potenciometra odvijalo bi se brže i točnije. Na potrebnu pripremu tablica i materijala potrebnih za vježbe studentima bi se trebala skrenuti pozornost u Dokumentu s uvodnim informacijama.

Treba obratiti pozornost na oprezno odlaganje privatnih stvari. Istosmjerni elektromotorni pogon nalazi se na podu pokraj stola. Ako bi kod rotacije dio pogona zahvatio remen torbe ili nešto slično, moglo bi doći do ozljeđivanja. Također treba poštovati zabranu unošenja hrane i pića kako bi se izbjegle situacije u kojima bi studenti bili u po život opasnim situacijama. Na radnom mjestu smiju se držati samo materijali potrebni za izradu vježbe.



*Slika 29. Izgled ispitnog stola za vrijeme provedbe vježbe 3*

Shema po kojoj studenti obavljaju spajanje, iako nije zahtjevna, mora se nalaziti na svakom radnom stolu. Tijekom izrade vježbe studenti su dužni poštovati pravila ponašanja prema kolegama i profesoru i oprezno rukovati opremom. Također je važno obratiti pozornost na žice kako bi se izbjeglo nehotimično odspajanje vodiča pod naponom. Profesor mora nadgledati rad studenata kako bi se izbjegle pogreške ili kršenje nekih od pravila i procedura.

#### **4.4. Laboratorijska vježba 4**

Tema je izrade zadnje laboratorijske vježbe parametriranje frekvencijskog pretvarača MICROMASTER 440 i upravljanje asinkronim elektromotorom pomoću tog pretvarača. Svako radno mjesto u laboratoriju opremljeno je za izvođenje vježbe.

Kako bi izrada vježbe bila lakša, a studenti sigurniji, rad se mora odvijati u paru. Dođe li do bilo kakve nezgode, posjekotine, trovanja ili pak požara, eksplozije, važno je utvrditi tko će pomoći, tko će biti priseban i zvati u pomoć [3]. Iako je profesor dužan nadgledati rad studenata, savjetovati studente i upozoravati ih na opasnost, ne može cijelo vrijeme biti prisutan za jednim radnim mjestom.

U uputama za izradu ove vježbe osim uvoda koji studentima skreće pozornost na potrebna znanja iz teorijskog dijela i opreme namijenjene za korištenje, svakako su potrebne detaljne upute za parametriranje frekvencijskog pretvarača. Budući da se studenti nisu imali prilike susresti s takvom opremom prije ove vježbe i nemaju znanja o parametrima koje moraju unositi, može se zaključiti da detaljne upute itekako mogu utjecati na brzinu rada i smanjiti mogućnost pogrešaka.



Kod promjene frekvencije, kako bi izazvali promjenu brzine vrtnje elektromotora, studenti moraju obratiti pozornost na rukovanje opremom. Kad se promjena brzine vrtnje i smjera vrši potencijetrom i sklopkama, važno je oprezno rukovati opremom u zadanome smjeru. Kako bi se izbjegle pogreške, profesor može naznačiti zadani smjer. Prilikom promjene frekvencije pomoću operacijskog panela pritisak na tipke ne smije se vršiti noktom ili nekom oštrom površinom.



*Slika 30. Sklopke, potencijetar, pretvarač*

Kao i u prethodnoj vježbi elektromotor se nalazi na podu pokraj radnog stola. Kad se rotirajući dijelovi počnu ubrzavati, mogu zahvatiti stvari koje su odložene u njihovu dometu i ozlijediti nekoga ili pak oštetiti opremu ili sam stroj. Iz tog razloga kretnje tijekom izvedbe vježbe moraju biti pažljive i primjerene uvjetima u kojima se nalazi radno mjesto.



*Slika 31. Izgled ispitnog stola za vrijeme provedbe vježbe 4*

Prije nego studenti počnu s izvedbom vježbe profesorov je zadatak ponoviti potrebno gradivo, pojasniti upute i podsjetiti studente da radnje koje izvode moraju biti sigurne za njih i za opremu kojom se koriste. Kako bi studenti pravilno započeli mjerenje i odredili razmake za zadana mjerenja, moraju biti upoznati s opremom, vrijednostima na nazivnoj pločici motora i naponskim mogućnostima postrojenja. Ta saznanja moraju im probuditi svijest te ih potaknuti na oprez, iako jasni znakovi za opasnost nisu nigdje vidljivi unutar laboratorija.

## 5. Akcijski koraci za poboljšanje izvedbe i sigurnosti vježbi

U ovome dijelu rada iznosim nekoliko prijedloga za održavanje trenutne kvalitete i sigurnosti izvedbe laboratorijskih vježbi i za poboljšanje uvjeta njihova izvođenja. Na kraju se nalazi i sažet tablični prikaz prijedloga za poboljšanje.

Provedba poboljšanja ne smije biti proces koji kad se izvrši, ne treba ponavljati, već ciklus koji se sastoji od postavljanja pitanja i, sukladno odgovorima na njih, poduzimanja daljnjih koraka radi novog napretka i poboljšanja. Važno je pitati se jesmo li zadovoljni, je li rješenje ispunilo sva očekivanja ili su se mogli postići i bolji rezultati te što bi se još moglo poboljšati. Nema tu velike mudrosti, važno je prije svega započeti, a zatim napredovati, polako i uporno [6].

Izradom dokumenta s uvodnim informacijama za vježbe iz Elektromotornih pogona objedinile bi se sve važne informacije koje se odnose na provedbu svih četiriju vježbi. Jednim dokumentom definirala bi se svrha provedbe vježbi, dale bi se osnovne informacije o stanju laboratorija i primjerenom rukovanju opremom. Unaprijed bi se definirale obveze studenata, način pripreme za vježbe i sankcije u slučaju da se studenti ne drže pravila.

Također bi bilo korisno napisati procedure postupaka kod prvog spajanja mjernog spoja na napon i postupaka koji se poduzimaju kod nestanka napona, u slučajevima kada student primijeti kvar na instrumentu ili pak na temelju pripreme i stečenog znanja procijeni da su trenutni signali, zvukovi ili vibracije nepoželjni. Procedure bi trebalo kao zaseban dokument staviti na vidljivo mjesto tako da su dostupne studentima za svakim radnim stolom.

*Upute za laboratorijske vježbe i pravila za siguran rad* postoje. Iako je dokument star i bez odgovarajućih potpisa, sva se pravila mogu primijeniti i danas. Dokument bi trebalo staviti na vidljivo mjesto, izvan ormara, nakon što se naprave neophodne preinake dokumenata. *Upravljanje dokumentacijom sizifovski je posao* [3]. Poželjno je odreći se savršenstva, imati stalno na umu da će dokumentacije uvijek biti i previše i premalo i nikad neće biti sto posto ažurna [6].

Kako bi se lakše kontroliralo svu dokumentaciju i upravljalo se njome, korisno je posjedovati proceduru za upravljanje laboratorijskom dokumentacijom. Prema knjizi *Plivati s ISO-om i ostati živ* dokumentima se mora upravljati na unaprijed utvrđen način i o tome mora postojati pisana procedura. Potrebno je definirati [3]:

- kako se provjerava primjerenost dokumenta i kako se dokumenti odobravaju prije puštanja u uporabu (tko ih izrađuje, tko pregledava, a tko odobrava njihovu uporabu)
- kako i kada se pregledavaju i po potrebi osuvremenjuju
- kako se označavaju izmjene i trenutni status dokumenata
- kako se osigurava dostupnost dokumenata na svim mjestima uporabe
- kako se osigurava njihova trajna čitljivost i brzo prepoznavanje

- kako se označavaju dokumenti vanjskog porijekla i kako se upravlja njihovom raspodjelom (dokumenti vanjskog porijekla su na primjer zakoni, pravilnici, norme, stručna literatura)
- kako se sprečava nehotećna primjena zastarjelih dokumenata
- kako se označavaju dokumenti koji se iz bilo kojeg razloga moraju dalje čuvati.

Na kutiji glavnog ormara nalazi se mali znak za opasnost od visokog napona, no to nije dovoljno upozorenje s obzirom na visoke naponske mogućnosti laboratorija.



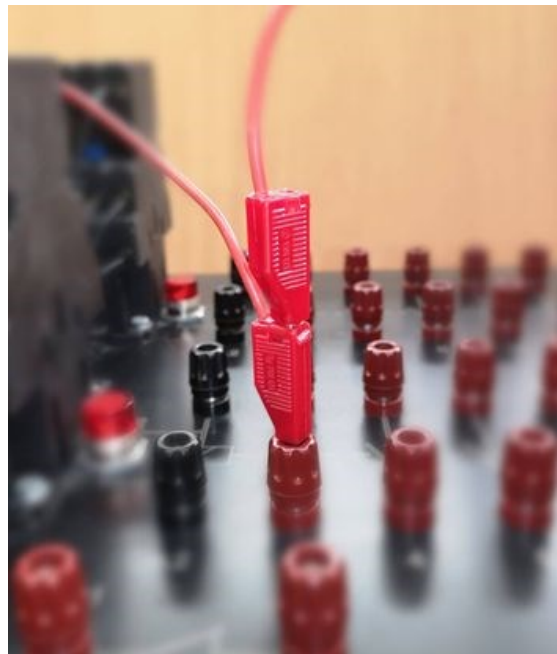
*Slika 32. Glavni ormar*

Znak upozorenja trebao bi se dodati na zid ili vrata laboratorija kako bi bio uočljiviji i kako bi se njime podigla svijest studenata o uvjetima u kojima rade. Bilo bi korisno dodati i znakove koji ukazuju na strogu zabranu unošenja hrane i pića u prostorije laboratorija kako bi se spriječila svaka mogućnost neke od nepromišljenih radnji.



*Slika 33. Prostor na koji je moguće postaviti upozorenja*

Kod spajanja banana-utikača spoj bi se trebao sigurnije izvoditi tako da vodljivi dio, ako je spoj pod naponom, ne bude moguće dotaknuti, tj. tako da se izbjegne bočno spajanje. Moguća je i kupnja većeg broja sigurnosnih banana-utikača kako bi se izbjegla svaka mogućnost dodira.



*Slika 34. Nesigurniji i sigurniji način rada*

Već je napomenuto da je svrha laboratorijskih vježbi osposobljavanje studenata. Sukladno tome, i oni bi trebali pridonijeti povećanju kvalitete izvedbe vježbi. Dogovorno bi se trebalo

pronaći nekoliko studenata koji bi obavljati posao demonstratora. Oni bi izdvojili nekoliko sati kako bi odradili vježbu s nastavnikom prije ostalih kolega. Trebali bi se dobro upoznati s opremom, detaljno proučiti svaki korak iz *Uputa za izradu vježbi* i zapamtiti sva pravila koja se odnose na provedbu vježbi. Tijekom vježbi pomagali bi studentima otkloniti nedoumice i moguće nejasnoće, davali im savjete i ukazivali na pravila koja studenti moraju poštovati. Samim time olakšali bi posao i nastavniku koji mora nadgledati rad cijele skupine. Prednost je ovakvog načina rada u tome da bi i sami demonstratori stekli kvalitetna znanja i spoznaje kojima bi utjecali na brži i učinkovitiji rad studenata te bi podigli razinu kvalitete izvedbe laboratorijskih vježbi.

U sljedećoj tablici pobrojani su svi prijedlozi za povećanje kvalitete i sigurnosti izvedbe laboratorijskih vježbi.

Redni br.	Akcijski koraci za poboljšanje kvalitete vježbi	izrađuje	koristi
1.	Izrada <i>Dokumenta s uvodnim informacijama</i> za provedbu svih vježbi	nastavnik	studenti
2.	Izrada procedure prvog spajanja mjernog spoja na napon	nastavnik	studenti
3.	Izrada procedure postupaka u slučaju nestanka napona, pojave kvara ili sumnje na neispravnost	nastavnik	studenti
4.	Izrada procedure za upravljanje laboratorijskom dokumentacijom	nastavnik	nastavnik
5.	Osuvremenjivanje dokumenta s uputama i pravilima koji se trenutno nalazi u ormaru pet radnih stolova unutar laboratorija	nastavnik	studenti
6.	Premještanje dokumenta s uputama i pravilima izvan ormara radnih stolova na vidljivije mjesto	nastavnik	studenti
7.	Kod korištenja banana-utikača izvoditi sigurniji spoj: prikazan na slici 25. u poglavlju 4.1.	studenti	studenti
8.	Prijava studenata za demonstriranje na laboratorijskim vježbama	studenti	studenti

*Tablica 1. Akcijski koraci za poboljšanje kvalitete vježbi*

## 6. Zaključak

Laboratorijske vježbe imaju veliku i neospornu važnost u stjecanju znanja i sposobnosti iz Elektromotornih pogona. Iz razgovora s kolegicama i kolegama koji rade u struci može se zaključiti da znanja stečena na vježbama utječu na radnu sposobnost studenata nakon završetka obrazovanja.

Tijekom izrade vježbi najvažnije je posvetiti pozornost sigurnosti. Vježbe moraju biti osmišljene tako da rizik od ozljeđivanja i dovođenja studenata u opasnost bude minimalan, a stečeno znanje maksimalno. Kvaliteta izvedbe vježbi utječe na sam cilj: stjecanje znanja i osposobljavanje studenata za daljnji rad. Kako bi vježbe bile kvalitetno i sigurno izvedene, i studenti i profesor moraju biti aktivno uključeni u rad.

Laboratorij mora posjedovati svu potrebnu dokumentaciju. Upozorenja moraju biti postavljena na vidljiva mjesta tako da odmah s ulaza u laboratorij ukazuju na moguću opasnost zbog visokog napona i zabrane određenih ponašanja. Dokumenti koji se odnose na provođenje vježbi olakšavaju rad i minimiziraju mogućnost pogreške. *Upute za rad* i *Dokument s uvodnim informacijama* moraju biti pravovremeno dostupni, dok se svi ostali potrebni dokumenti i sheme moraju stalno nalaziti u prostorijama laboratorija.

Nastavnik koji provodi vježbe dužan je brinuti o stanju i ispravnosti korištene opreme, nadzirati rad studenata, dati uvodna objašnjenja i nakon završetka tumačiti dobivene rezultate. Vrlo je važna i uključenost te motiviranost samih studenata jer upravo su oni ti radi kojih opisani laboratorij postoji i radi kojih se održavaju vježbe. Dužni su slijediti sva pravila, na vježbe dolaziti spremni i voljni raditi prema danim uputama.

Prostora za napredak uvijek ima, važno je neprekidno razmišljati o novim akcijskim koracima koji će poboljšati izvedbu vježbi, uvjete rada u laboratoriju i sigurnost tijekom boravka u njemu.

## 7. Literatura

- [1] <https://asq.org/quality-resources/quality-assurance-vs-control>, dostupno 29.07.2022.
- [2] <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9000:ed-3:v1:en:term:3.2.8>, dostupno 30.07.2022.
- [3] Olga Štajdohar-Pađen: Plivati laboratorijem i ostati živ, Zagreb, 2020.
- [4] <https://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=17641>, dostupno 30.07.2022.
- [5] ISO/IEC 17025:2017 General requirements for the competence of testing and calibration laboratories
- [6] Olga Štajdohar-Pađen: Plivati s ISO-om i ostati živ, Zagreb, 2009.
- [7] [http://lab425.fesb.hr/igraf/Frames/fP1\\_11.htm](http://lab425.fesb.hr/igraf/Frames/fP1_11.htm), dostupno 12.08.2022.



## Popis slika

Slika 1. Ulaz u prostoriju laboratorija .....	12
Slika 2. Izgled prostorije laboratorija .....	13
Slika 3. Uskladištena dokumentacija.....	14
Slika 4. Ispitni stol.....	15
Slika 5. Glavna sklopka i osigurači .....	15
Slika 6. Pretvarač SIMOREG.....	16
Slika 7. Istosmjerni elektromotor .....	16
Slika 8. Postolje s motorima .....	17
Slika 9. Frekvencijski pretvarač .....	17
Slika 10. Asinkroni elektromotor .....	18
Slika 11. Osciloskop sa strujnim škarama .....	18
Slika 12. Izgled radnog stola .....	19
Slika 13. Izgled dijela laboratorija.....	19
Slika 14. Studentski završni radovi .....	20
Slika 15. Primjer dokumenta s uvodnim informacijama .....	25
Slika 16. Primjer uputa za izradu vježbi.....	26
Slika 17. Upute za održavanje i korištenje .....	27
Slika 18. Plastificirana shema korištena tijekom vježbe .....	28
Slika 19. Znakovi upozorenja i zabrane .....	29
Slika 20. Dokument koji se nalazi u laboratoriju .....	30
Slika 21. Prikaz radnog mjesta za vježbu 1 .....	31
Slika 22. Prikaz načina rada tijekom vježbi .....	32
Slika 23. Izgled radnog stola i žica tijekom vježbe .....	33
Slika 24. Ožičeni panel.....	34
Slika 25. Sigurniji način spajanja .....	34
Slika 26. Radni stol za vježbu 2 .....	35
Slika 27. Provjera opreme .....	37
Slika 28. Prikaz uvodnog objašnjenja i uputa.....	38
Slika 29. Izgled ispitnog stola za vrijeme provedbe vježbe 3 .....	39
Slika 30. Sklopke, potencijometar, pretvarač .....	40
Slika 31. Izgled ispitnog stola za vrijeme provedbe vježbe 4 .....	41
Slika 32. Glavni ormar.....	43
Slika 33. Prostor na koji je moguće postaviti upozorenja .....	44

Slika 34. Nesigurniji i sigurniji način rada .....44

## **Popis tablica**

Tablica 1. Akcijski koraci za poboljšanje kvalitete vježbi .....	45
--	----