

# Održavanje elektro opreme u pogonu tekstilne tvornice

---

**Prelec, Ivan**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2019**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:644380>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-07**



*Repository / Repozitorij:*

[University North Digital Repository](#)





**Sveučilište  
Sjever**

**Završni rad br. 434/EL/2018**

## **Održavanje elektro opreme u pogonu tekstilne tvornice**

**Ivan Prelec, 0852/336**

Varaždin, siječanj 2019. godine





# Sveučilište Sjever

Odjel za Elektrotehniku

Završni rad br. 434/EL/2018

## Održavanje elektro opreme u pogonu tekstilne tvornice

**Student**

Ivan Prelec, 0852/336

**Mentor**

dr. sc. Dunja Srpak, dipl.ing., predavač

Varaždin, siječanj 2019. godine



# Prijava završnog rada

## Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL	Odjel za elektrotehniku		
PRISTUPNIK	Ivan Prelec	MATIČNI BROJ	0852/336
DATUM	27.08.2018.	KOLEGIJ	Održavanje industrijskih postrojenja
NASLOV RADA	Održavanje elektro opreme u pogonu tekstilne tvornice		
NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU	Maintenance of electrical equipment at the textile factory		
MENTOR	Dunja Srpak	ZVANJE	predavač
ČLANOVI POVJERENSTVA	1. dr. sc. Živko Kondić, izv. prof.		
	2. dr. sc. Dunja Srpak, dipl.ing., predavač		
	3. mr. sc. Ivan Šumiga, viši predavač		
	4. Miroslav Horvatić, dipl.ing., predavač - rezervni član		
	5.		

## Zadatak završnog rada

BROJ 434/EL/2018

OPIS

U završnom radu je potrebno opisati rad postojenja tekstilne tvornice, organizaciju održavanja u pogonu, s naglaskom na održavanje elektro opreme. Na primjeru jednog stroja iz pogona dati kompletan pregled redovitih poslova održavanja, kao i postupaka kod izvanrednih situacija.

U radu je potrebno:

- opisati postrojenje promatranog pogona tekstilne tvornice,
- objasniti postupke redovitog i korektivnog održavanja koji se primjenjuju u promatranom pogonu,
- navesti vrste elektroopreme koja se nalazi u pogonu, a na kojoj se provodi održavanje,
- dati pregled redovitih i korektivnih postupaka u održavanju jednog konkretnog stroja,
- mjerenjem električnih parametara u radu različitih strojeva utvrditi utjecaj eksploatacije na njihova nazivna svojstva,
- komentirati i analizirati dobivene rezultate.

ZADATAK URUČEN

31.08.2018



*[Handwritten signature]*

## **Predgovor**

Zahvaljujem se mentorici dr.sc. Dunji Srpak na strpljivosti, susretljivosti i trudu da nauči, pokaže i objasni te svim profesoricama i profesorima sa Sveučilišta Sjever koji su me pratili kroz obrazovanje. Posebno želim zahvaliti svojoj obitelji i zaručnici koja su mi bili neizmjerne potpora tijekom školovanja.

## Sažetak

U ovom radu opisano je održavanje elektro opreme u tekstilnoj industriji gdje je glavni problem okolina u kojoj se nalazi. U uvodnom dijelu opisan je pogon, vrste kvarova i vrstama održavanja. U 2. poglavlju opisana je proizvodnja i organizacija rada tekstilne industrije. 3. poglavlje sadrži organizaciju održavanja u kojem je navedena glavna smjernica samog održavanja. Vrsta elektro opreme koja se može pronaći u pogonu tekstilne industrije te način njezinog održavanja nalazi se u 4. poglavlju. Primjeri kvarova i način na koji su uklonjeni opisano je u 5. poglavlju. Glavni zadaci rada, primjer održavanja na nekom stroju i mjerenje električnih parametara da se utvrdi eksploatacija dvaju istih strojeva, opisano je u 6. i 7. poglavlju.

## Summary

This paper describes the maintenance of electrical equipment in the textile facility, where the main problem is the environment in which it is located.. The introductory part describes the facility, types of faults and types of maintenance. Chapter 2 describes the production and organization of the textile facility. Chapter 3 contains a maintenance organization that specifies the main guideline of the maintenance itself. The type of electrical equipment that can be found in the textile industry and the manner of its maintenance is found in Chapter 4. Examples of faults and the way they are removed are described in Chapter 5. The main tasks of the work, an example of maintenance on a machine and the measurement of electrical parameters to determine the exploitation of two identical machines are described in chapters 6 and 7.

**Ključne riječi:** tekstilna tvornica, organizacija rada, organizacija održavanja, vrste elektro opreme, način održavanja elektro opreme, primjeri kvara elektro opreme, eksploatacija identičnih strojeva

**Keywords:** textile factory, organization of work, maintenance organization, type of electrical equipment, method of maintenance of electrical equipment, examples of equipment failure, exploitation of identical machines



## **Popis korištenih kratica**

<b>BOP</b>	Basic input panel
<b>LCP</b>	Local control panel
<b>PLC</b>	Programmable Logic Controller
<b>SN</b>	Srednji napon
<b>NN</b>	Niski napon
<b>AC</b>	Alternating current
<b>DC</b>	Direct current
<b>LED</b>	Light Emitting Diode
<b>SCADA</b>	Supervisory Control And Data Acquisition

# Sadržaj

1.	Uvod .....	1
2.	Opis proizvodnje i organizacije rada .....	2
2.1.	Proizvodnja .....	2
2.2.	Organizacija rada .....	3
3.	Organizacija održavanja .....	4
3.1.	Specifičnosti održavanja u tekstilnoj industriji .....	5
4.	Vrste elektro opreme i način održavanja .....	6
4.1.	Transformatori .....	6
4.2.	Sklopni aparati .....	7
4.3.	Frekvencijski pretvarači .....	9
4.4.	Asinkroni motori .....	12
4.5.	Elementi automatskog upravljanja .....	14
4.6.	Ispravljači .....	17
5.	Primjeri kvarova .....	18
5.1.	Primjer kvara sklopnog aparata .....	18
5.2.	Primjer kvara frekvencijskog pretvarača .....	20
5.3.	Primjer kvara asinkronog motora .....	22
6.	Preventivno održavanje Rieter J20 .....	23
7.	Utvrđivanje eksploatacije Trutzschler DK 903 .....	29
7.1.	Mjerenje struje na kardama Trutzschler 903 .....	30
8.	Zaključak .....	33
	Literatura .....	34
	Popis slika .....	35
	Popis tablica .....	36

# 1. Uvod

U današnje doba gdje brzina, preciznost, točnost i efikasnost diktiraju tržištem, primjećuje se da veliki udio troškova industrijskog postrojenja čini samo njegovo održavanje. Svrha svakog uređenog industrijskog postrojenja je održavanjem smanjiti troškove kao što su smanjenje kapaciteta proizvodnje, nekvalitetni proizvod, stajanje dijela pogona zbog kvara te troškovi materijala i pričuvnih dijelova te radnika na održavanju. Održavanje pogona započinje u onom trenutku čim se ono pusti u rad.

Svaki elektromotorni pogon se može podijeliti u 4 osnovne vrste: radni mehanizam koji obavlja neki proces, elektromotor koji daje mehaničku energiju radnom mehanizmu, spojni elementi koji povezuju elektromotor i radni mehanizam i priključni i upravljački elementi preko kojih je elektromotorni pogon priključen na izvor napajanja i preko kojih se pogonom upravlja [1].

Stanje u kojem se pogon ili dio pogona može pronaći je stanje kvara ili stanje smetnje. Kvar se definira kada pogon ili dio pogona ne obavlja svoj predviđeni zadatak, dok se smetnja definira kao obavljanje predviđenog zadatka uz smanjenje efikasnosti. Vrste održavanja se dijele na preventivno i korektivno održavanje. Preventivnim održavanjem se pokušava održati industrijski pogon funkcionalnim tako da se redovnim kontroliranjem provjerava njegova svojstva i rad. Korektivnim održavanjem industrijski pogon se pokušava nakon pretrpljenog kvara ili smetnje vratiti u prvotno, ispravno stanje.

U ovom radu opisuje se proizvodnja tekstilne tvornice gdje je navedeno iz kojih materijala i na koji način dobivamo finalni proizvod te koja su njegova svojstva. Opisana je organizacija rada te način upravljanja tekstilnom firmom. Općenito je opisana organizacija održavanja te su navedeni zahtjevi i problemi. Navedena je organizacija održavanja u tekstilnoj industriji u kojoj su opisani posebni uvjeti koji je glavna vodilja. Navedena je vrsta elektro opreme, te na koji način se provodi njezino održavanje koje je specifično zbog posebnih radnih uvjeta te je potkrijepljeno na primjeru stroja Rieter J20. Mjerenjem električnih parametara pokušava se uočiti razina eksploatiranosti dvaju stroja različitih godišta, broja radnih sati te količinu obrađenog materijala.

## **2. Opis proizvodnje i organizacije rada**

### **2.1. Proizvodnja**

Tehnološki postupak proizvodnje pređe pamučarskog tipa je postupak proizvodnje pređe iz kratkih vlakana, odnosno, preradi vlakana dužine do 60mm.

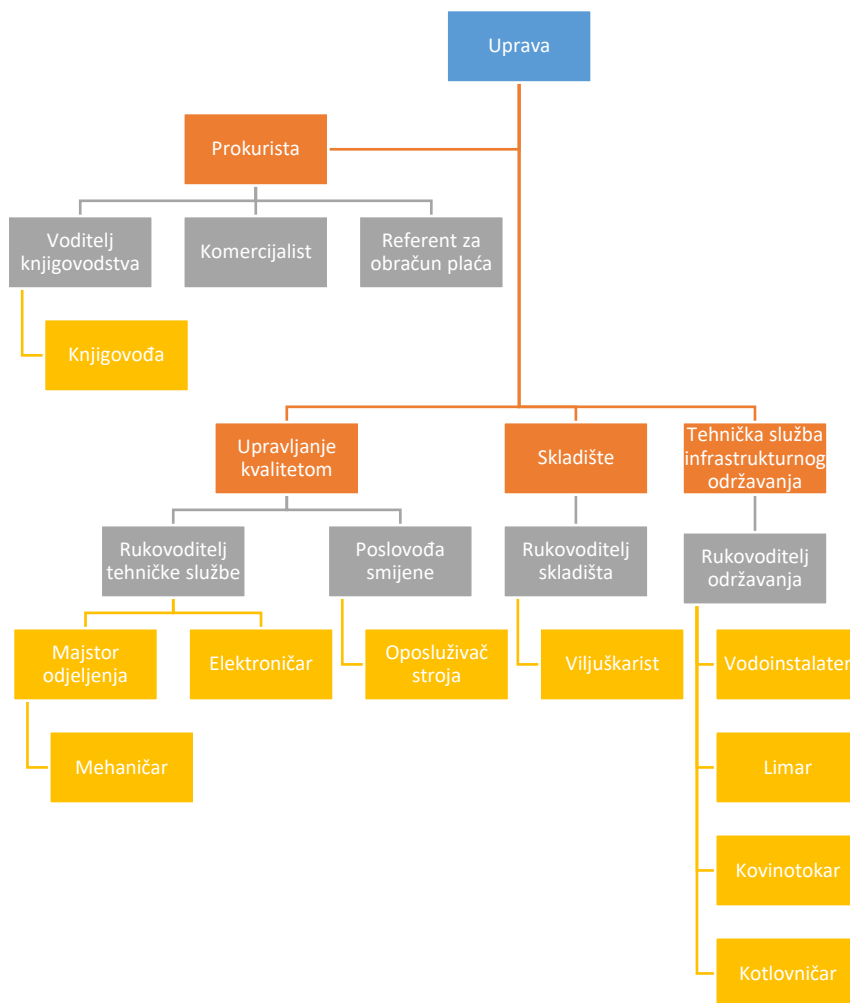
U tekstilnoj industriji najčešće se koriste kemijska vlakna pamučnoga tipa dobivena iz celuloze koja pripadaju tom tipu vlakana budući da su proizvedena sa sličnim fizikalnim svojstvima kao i pamuk. Osnovne vrste dobivene pređe su od viskoznih vlakana, tencel i modalnih vlakana. Osnovna fizikalna svojstva su dužina, finoća, kovrčavost, istezljivost, afinitet prema bojenju.

Pređenje je mehanički tehnološki postupak po kojem se iz ovih vlakana dobiva pređa na taj način da se vlakna miješaju, međusobno dovode u paralelan položaj, ujednačuju po dužini i međusobno uvijaju.

Konačni proizvod u Predionici Klanjec je pređa odnosno proizvoljno dugačka nit dobivena klasičnim postupkom na prstenastim predilicama, pređe dobivene na rotorskim predilicama i pređe dobivene na Air- jet predilicama koja moraju zadovoljavati određena fizikalna svojstva (omjer mase i duljine, čvrstoću, broj uvoja, prekidnu istezljivost, itd.). Ta pređa je u rasponu finoće od 20Nm do 100Nm što znači da je predivo od Nm 20 najgrublje (točnije, 20 metara pređe ima masu 1 gram), a ono oznake Nm 100 je najfinije (100 metara pređe ima masu 1 gram). Pređa je namijenjena za korištenje u pletionama, tkaonama, te za proizvodnju konca.

## 2.2. Organizacija rada

Upravljanje, odnosno kontrola kvalitete radi se u laboratoriju na aparatima predviđenim za provjeru kvalitete ili pramena ili završne pređe. Učestala kontrola kvalitete osnovni je preduvjet za normalno funkcioniranje same tvrtke jer se zbog specifičnog načina proizvodnje kontrola proizvoda može raditi samo u laboratoriju. Rezultati laboratorijskog ispitivanja su pokazatelj kvalitete, ali i ujedno pokazatelj mogućih grešaka na strojevima. Ukoliko dođe do odstupanja kvalitete, tehnolog javlja rukovoditelju tehničke službe gdje se dogodilo to odstupanje i zatim on dalje poduzima potrebne mjere da se odstupanje otkloni. Hijerarhija organizacije rada je opisana slikom 2.1.



Slika 2. 1. Shema organizacije rada

### 3. Organizacija održavanja

Održavanje industrijskog pogona može se podijeliti na: dnevne, tjedne, mjesečne, kvartalne, polugodišnje i godišnje provjere. Održavanje reguliranih industrijskih pogona je kompleksnije jer se u njemu nalazi puno više opreme kao što su frekventni pretvarači te ostali sustavi za upravljanje i regulaciju. Takva elektro oprema zahtjeva specifična znanja i vještine prilikom održavanja. Kod izrade projektnih rješenja, posebno je važno obratiti pozornost na načina održavanja. Važno je pobrinuti se za sigurnost te pouzdanost pogona, te zaštitu opreme i čovjeka. Opremu treba prostorno instalirati na način da joj je pristup čim jednostavniji. Treba imati takav pristup da joj se može pročistiti ventilacijski kanali i filteri, promijeniti ventilatori te drugi dijelovi koje je prema planu održavanja potrebno promijeniti. U izvedbenom projektu se također nalazi i projekt održavanja u kojem se mogu pronaći specifikacija rezervnih dijelova.

Održavanje elektro opreme industrijskog pogona održavaju zaposlenici elektro struke. U većini slučajeva se lakše uoči kvar kada se gleda cjelina pogona nego kao element zasebno. Gledanjem svakog elementa posebno kupuju se i mijenjaju često skupi dijelovi koji su na kraju nepotrebno promijenjeni jer nisu uzrok kvara.

Troškovi životnog vijeka industrijskog pogona se mogu izraziti jednostavnom formulom:

$$T = T_R + T_P + T_E \quad [2]$$

Gdje su:

$T_R$  – troškovi istraživanja i razvoja

$T_P$  – troškovi proizvodnje

$T_E$  – troškovi eksploatacije i održavanja

Iz ove jednostavne formule, lako je zaključiti da troškovi održavanja mogu poprimiti poprilične iznose ukoliko je održavanje loše i nepravilno. Stoga, vrlo je bitno održavanje dobro organizirati.

Svako pojedinačnoj elektro opremi potreban je drugačiji pristup popravka, oprema za održavanje i rezervni dijelovi. Kako bi se na pretvaraču frekvencije dijagnosticirao kvar, potreban je multimeter. Ako se pak želi ući u dubinu problema, spajanjem prijenosnog računala i pretvarača provjeravaju se greške. Ukoliko se u industrijskom pogonu nalazi više istih frekventnih pretvarača, potrebno je u skladištu imati barem jednog novog. Pogotovo ukoliko je vrlo važno da taj dio pogona ne smije imati zastoja. Osnovne dijelove kao što su ventilator ili

baterija za operatorski panel, primjerice Siemensov osnovni operatorski panel (BOP) ili Danfossov lokalni kontrolni panel (LCP), potrebno je imati na zalih.

Multimetar također služi i za održavanje sklopne opreme. Na zalih je važno imati ultra-brze osigurače za zaštitu poluvodičkih komponenti energetske elektronike te sklopnike.

Važno je imati ležajeve i brtve na zalih za sve tipove elektromotora u pogonu. Potreban alat za održavanje elektromotora je multimetar, strujna kliješta, alat za skidanje remenica, alat za skidanje i stavljanje ležajeva te instrument za ispitivanje otpora izolacije. Ukoliko se u pogonu nalazi više elektromotora istog tipa, potrebno je imati barem jednoga za zamjenu.

### **3.1. Specifičnosti održavanja u tekstilnoj industriji**

Glavna vodilja organizacije održavanja u tekstilnoj industriji su njezini specifični uvjeti kao što su povećan iznos temperature okoline koja doseže i do 40°C u ljetnim mjesecima te velika količina prašine koja nastaje od sitnih čestica materijala koji se koristi za preradu. Takvi uvjeti najviše utječu na hlađenje elektro opreme te je važno posebno obratiti pažnju prilikom organizacije održavanja jer će u protivnom doći do smetnje prilikom rada ili čak i do ozbiljnijeg kvara jednog od dijela elektro opreme. Prašina što se nakuplja na filterima sprječava adekvatno hlađenje ventilatora koji služe za hlađenje elektro ormara. Prašina se nakuplja i na rebrima za hlađenje elektromotora i frekventnog pretvarača. Ukoliko se prašina uvuče u unutrašnjost ventilatora za hlađenje, ležajevi će se oštetiti. Posljedica svega toga je skraćenje životnoga vijeka elektro opreme.

Preventivno održavanje u tekstilnoj industriji se sastoji na tjedna čišćenja filtera ventilatora komprimiranim zrakom te provjera ispravnosti ventilatora za hlađenje elektro ormara. Ovisno o mjestu instalacije frekventnog pretvarača, postoje mjesečne i godišnje preventivno održavanje. Ukoliko je frekventni pretvarač instaliran na otvorenom (zbog njegovih velikih gabarita), preventivni pregled se obavlja mjesečno i tada se pregledava ispravnost rada njegovog ventilatora te se detaljno ispuhuje. Ukoliko je frekventni pretvarač instaliran u elektro ormar, pregled ispravnosti ventilatora se obavlja mjesečno a detaljno ispuhivanje se obavlja jednom godišnje. Tijekom servisa nekog od stroja detaljno se ispuhuju rebra za hlađenje elektromotora te se provjerava stanje njegovog ventilatora. Na stroju se također ispuhuju frekventni pretvarači te provjerava njihovo hlađenje. Svakih 6 mjeseci termovizijskom kamerom se provjerava sklopna oprema u elektro ormarima kako bi se utvrdila njihova ispravnost te rano otkrivanje kvara bez zaustavljanja pogona.

## 4. Vrste elektro opreme i način održavanja

Postrojenja su sastavljeni iz više dijelova, uređaja, aparata, strojeva i slično [3]. Primjerice, neki elektromotor pogoni ventilator te se on uključuje pomoću grebenaste sklopke, dok nekim drugim elektromotorom koji je dio nekog kompleksnijeg stroja upravlja programmable logic controller (PLC). Održavanje može biti drugačije kod istog tipa elektro opreme. Primjerice, energetska transformator, koji pretvara srednji napon (SN) na niski napon (NN), vizualno se pregledava svaki dan, dok se izolacijski ili zaštitni transformator u pojedinim elektro ormarima vizualno pregledava jednom godišnje kod ispuhivanja samog ormara. Jasno je da je ovaj prvi vrlo bitan jer staje cijela proizvodnja, a kod kvara drugog, eventualno staje jedna od linija proizvodnje. Zato je potrebno razumjeti da se održavanje pojedinoj elektro opremi pristupa drugačije.

### 4.1. Transformatori

Transformatori su uređaji koji vrše pretvorbu s jednog naponskog nivoa na drugi [4]. U Predionici Klanjec se nalaze 3 energetska transformatora, 2 snage 2500kVA vidljivi na slici 4.1. i jedan snage 1000kVA vidljiv na slici 4.2. Služe za pretvorbu SN na NN.



Slika 4.1. Energetski transformator proizvođača ABB jačine 2500kVA



Slika 4.2. Energetski transformator proizvođača Končar jačine 1000kVA

Transformator može služiti i kao zaštita strujnih krugova od istovremena dodira uzemljenog i dijela pod naponom, a oni se nazivaju izolacijski transformatori. Također, upotrebljavaju se i mjerni transformatori čiji se primar spaja na energetska krug, a na sekundar se spaja mjerni ili zaštitni uređaj.



Preventivno održavanje energetskih transformatora sastoji se od dnevnog vizualnog pregleda te zamjenom dijelova prema rasporedu održavanja proizvoda. Vizualnim pregledom se utvrđuje nedostaci kao što su povišena temperatura, curenje ulja, curenje plina, vanjska ili unutarnja fizička oštećenja i onečišćenje hladnjaka. Pažljivim pregledom se dolazi do potrebnih informacija kojim se dijagnosticira kvar ili da se spriječi kvar. Sam transformator je opremljen Buchholzovim relejom te temperaturnom skalom ulja. Buchholzov relej služi za signalizaciju i za davanje komande za isklapanje transformatora te je koristan jer daje uvid u unutarnje stanje transformatora [5]. Buchholzov relej prikazan je na slici 4.3. a temperaturna skala ulja prikazana je na slici 4.4.



*Slika 4.3. Buchholzov relej*



*Slika 4.4. Temperaturna skala ulja*

Svakih 4 godine transformatorsko ulje se reciklira te se provode različita dijagnostička ispitivanja kao što su mjerenje otpora izolacije, ispitivanje kapaciteta i faktora dielektričkih gubitaka izolacije namota, ispitivanje struja magnetiziranja, ispitivanje otpora namota te ostala ispitivanja koju provodi proizvođač.

Mjerni i zaštitni transformatori se vizualno pregledavaju kad se pregledavaju i sklopna oprema u elektro ormarima. U slučaju smetnje ili kvara, zamjenjuje se novim.

## **4.2. Sklopni aparati**

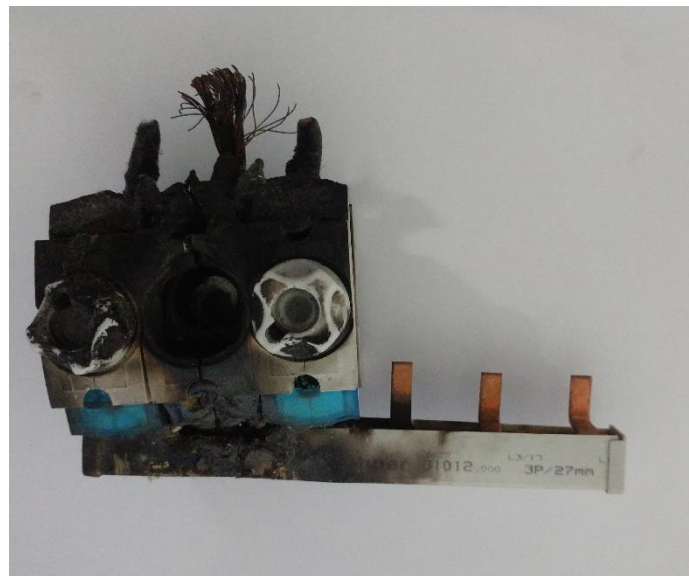
Sklopni aparat je namijenjen uklapanju, vođenju i/ili prekidanju struje u jednom ili više strujnih krugova [6]. Sklopni aparati mogu se dijeliti prema namjeni, prema nazivnom naponu i prema vrsti uklapanju. Sklopni aparati koji se mogu pronaći u Predionici Klanjec su: prekidači, osigurači, termičke zaštite, motorne zaštitne sklopke, releji, sklopnici i upravljački elementi.

Održavanje sklopnih aparata je vrlo jednostavno, pod uvjetom da je poznat njihov rad. Radni vijek im je ograničen brojem uklapanja i isklapanja zbog čega se troše kontakti a taj broj se kreće redom veličine  $10^6$  puta koji je ovisan kojim je načinom upravljani te koja se struja upravlja.

Najčešći uzroci kvarova su vanjski utjecaji na sklopnik. Primjeri najčešćih kvarova na sklopnik su:

- spajanje kontakata zbog većih struja od nazivne
- ne uklapa ili isklapa na upravljački napon,
- uklapa ili isklapa bez upravljačkog napona,
- pregaranje na priključnim mjestima zbog slabe pritegnutosti,
- sklopnik ne vodi struju a uklopljen je

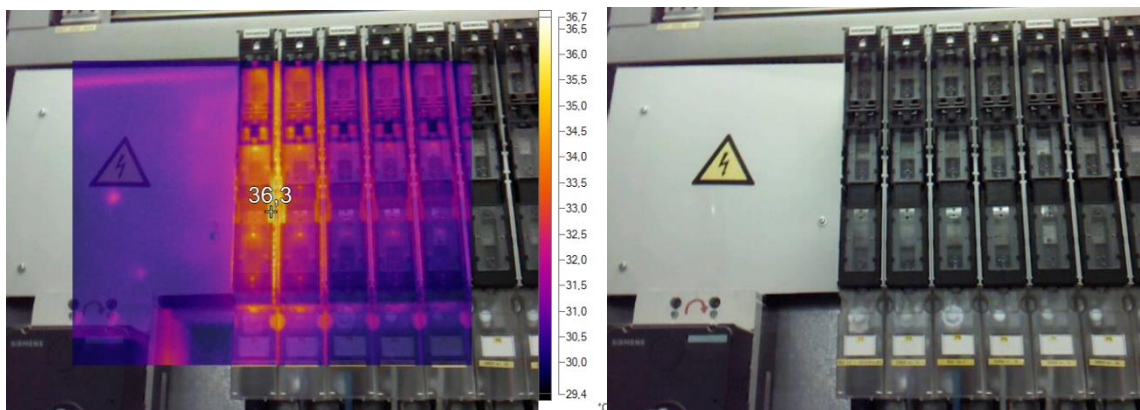
Kod rastalnih osigurača najčešći uzrok kvara su loši spojevi, pogotovo kod cilindričnih osigurača koji se s vremenom otpuste i dolazi do slabog spoja te dolazi do izgaranja nosača i uništenja podnožja kao što je prikazano na slici 4.5.



*Slika 4.5. Uništeno podnožje zbog slabog spoja*

Preventivni pregled sklopnih aparata obavlja se jednom godišnje. Pritom se povjeravaju svi spojevi na priključnim stezaljkama, ispuhavaju se komprimiranim zrakom te se vizualno pregledavaju. Provode se testovi kojim se utvrđuje ispravno obavljanje zadaće opreme. Također se provjeravaju cilindrični rastalni osigurači te se pritežu.

Na slici 4.6. je prikazano preventivni pregled termovizijskom kamerom.



Slika 4.6. Prikaz pregleda termovizijskom kamerom

Termovizijskom kamerom dva puta godišnje se pregledava sklopna oprema u ormarima jer se sa tom metodom može predvidjeti kritična točka. Ona ukazuje na ugrijana mjesta koja se stvara zbog Jouleove topline koja se pojavljuje zbog iznenadnog povećanog otpora na priključnim mjestima.

Ukoliko se neki od sklopnih aparata pokvari, zbog neisplativosti i nesigurnosti se ne reparira, već se zamjenjuje novim.

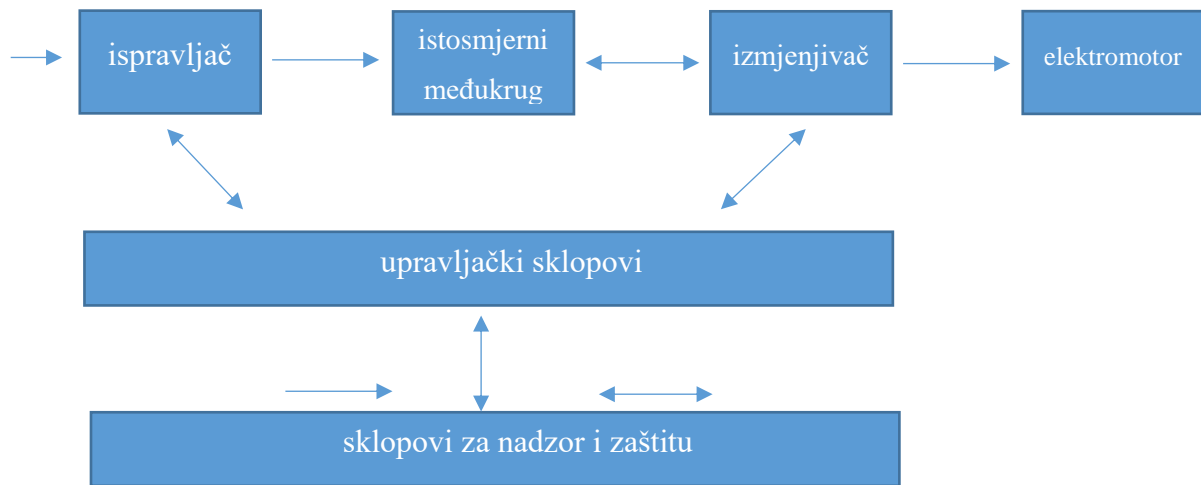
### 4.3. Frekvencijski pretvarači

Frekvencijski pretvarači uz smanjenje potrošnje električne energije i minimalne gubitke upravlja brzinom vrtnje te momentom elektromotora. Danas se mogu pronaći u svim modernim pogonima. Osim vrlo jednostavnog upravljanja elektromotorom uz veliku efikasnost, u sebi imaju ugrađen nadzor i zaštitu za cijeli regulirani elektromotorni pogon.

Frekvencijski pretvarač najčešće je građen od:

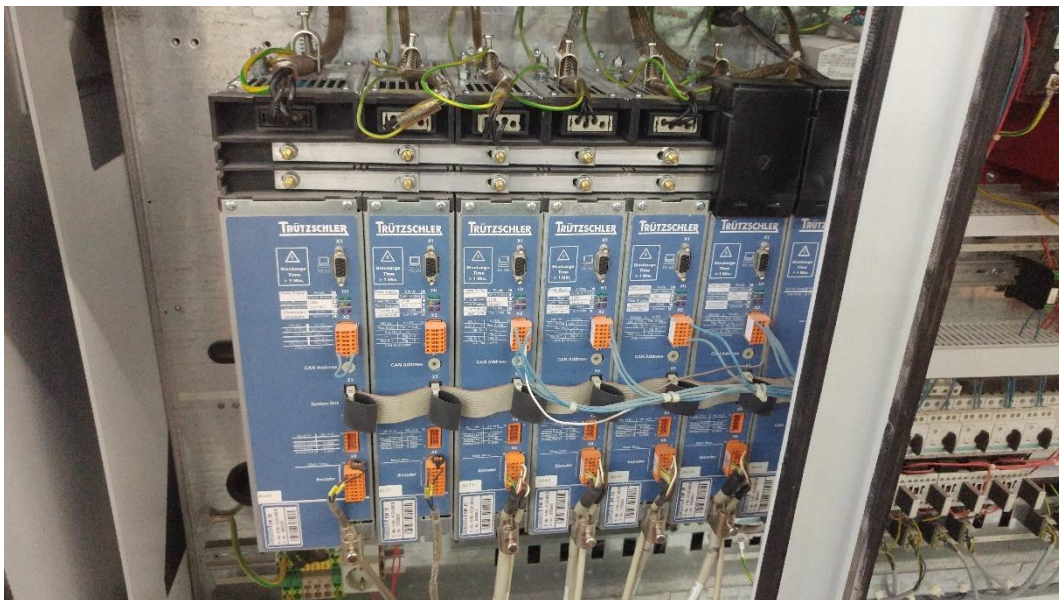
- ispravljača koji ispravlja jednofazni ili trofazni izmjenični napon na istosmjerni napon za istosmjerni međukrug.
- istosmjerni međukrug koji služi za filtriranje i glađenje istosmjernog napona.
- izmjenjivača koji spaja na istosmjerni međukrug sa izlaznim trošilom. Na izlazu je jednofazni ili trofazni izmjenični napon.
- upravljački elektronički sklop koji upravlja učinkim sklopovima frekvencijskog pretvarača[7]

Elementi frekvencijskog pretvarača i njihov međudnos prikazan je na slici 4.7.



Slika 4.7. Shema elementa frekvencijskog pretvarača

U tekstilnoj industriji se najčešće koristi tipski frekvencijski pretvarači. Primjerice, proizvođač Trutzschler koristi svoje frekvencijske pretvarače koji se mogu ugraditi striktno na pojedine strojeve. Ukoliko takav stroj ima više frekvencijskih pretvarača, tada jedan veći frekvencijski pretvarač služi samo za pretvaranje iz izmjenične struje (AC) u istosmjernu (DC), te je spojen preko sabirnica na ostale frekvencijske pretvarače koji zatim filtriraju DC i pretvaraju u AC. Primjer takvog sustava je prikazan na slici 4.8.



Slika 4.8. Prikaz frekvencijskih pretvarača spojenih sabirnicom



Uzimajući u obzir da su frekvencijski pretvarači relativno nova rješenja, za njihovo održavanje su potrebna posebna znanja i vještine te strogo pratiti upute proizvođača o njegovu održavanju. Očekivani radni vijek frekvencijskog pretvarača deklarirana od strane Danfoss proizvođača je minimalno 10. godina [8]. No najveći utjecaj na radni vijek ima njegova okolina.

Preventivno održavanje pretvarača frekvencije svodi se na provjeru stanja njegovog hlađenja. Ovisno o mjestu instalacije frekventnog pretvarača, primjenjuju se mjesečna i godišnja preventivna održavanja. Ukoliko je frekventni pretvarač instaliran na otvorenom (zbog njegovih velikih gabarita), preventivni pregled se obavlja mjesečno i tada se pregledava ispravnost rada njegovog ventilatora te se detaljno ispuhuje. Ukoliko je frekventni pretvarač instaliran u elektro ormar, pregled ispravnosti ventilatora se obavlja mjesečno a detaljno ispuhivanje se obavlja godišnje. Ispuhivanje se radi na način da se napajanje pretvarača isključi, otvore svi zaštitni poklopci kao što je prikazano na slici 4.9. Tada se sa jedne strane ispuhuje



*Slika 4.9. Prikaz frekvencijskih pretvarača u elektro ormaru te skidanje poklopca*

suhi i nenauljeni zrak, a sa druge strane se sa industrijskim usisavačem usisava zrak zbog sprečavanja zaprašivanja ostalih komponenti te vraćanja prašine u pogon kako ne bi onečistio proizvod u bilo kojoj fazi proizvodnje. Ispuhivanje je potrebno pažljivo odraditi u blizini ventilatora jer ukoliko se usmjeri u ventilator, on se počinje okretati većom brzinom od nazivne te stradavaju ležajevi i njegova krila.

Većina proizvođača preporučuje da se ventilator mijenja svakih 6 godina. Zbog okoline u tekstilnoj industriji potrebno je češće mijenjat ventilator. Stanje ventilatora se provjerava kod svakog ispuhivanja te ovisno o stanju on se mijenja. Nepravilno stanje je lako utvrditi. Kada se pokuša pokrenuti ventilator rukom, a ne vrti se, brzo se zaustavi ili buči, potrebna je zamjena. Zamjena se vrši kada se pretvarač isključi iz napajanja.

Ukoliko dođe do kvara na frekventnom pretvaraču, on pokazuje grešku preko statusnih svjetala tj. svjetleće diode (LED) ili preko svog BOP uređaja. Preko njega može prikazati kod greške ili kod naprednijih uređaja, i samu grešku tako da ne treba tražiti u uputama proizvođača. Nije nužno da uređaj pokazuje upozorenje ili alarm za pretvarač, već najčešće pokazuje problem ulaznog napajanja, pokretanja motora, temperature motora i drugih vanjskih utjecaja koje nadzire pretvarač.

Kod dijagnosticanja kvara kod frekvencijskog pretvarača, pažnju treba obratiti i na okolnu elektro opremu koja je povezana sa njim.

#### 4.4. Asinkroni motori

Elektromotor služi za pretvorbu električne energije u mehaničku energiju [2]. U industrijskom pogonu zbog svoje jednostavnosti, robusnosti i niske cijene, najčešće prevladavaju asinkroni motori. Primjer jednog asinkronog motora prikazan je na slici 4.10.



Slika 4.10. Prikaz asinkrona motora od 24,5 kW

Sinkroni motori osim što su skuplji i robusniji, teže ih je održavat.

Ukoliko je motor pravilno instaliran i dobro zaštićen, može raditi godinama. No ipak treba pratiti upute proizvođača na koji način pristupiti preventivnom održavanju i na što obratiti pozornost. Proizvođač preporučuje da održavanje prilagodimo uvjetima u kojim motor radi. Ukoliko radi u okolini gdje je moguće da prašina zatvori ventilacijske otvore na ventilatorskoj

kapi ili ispuni prostor između rebara za hlađenje, iste treba ispuhati komprimiranim zrakom ili ukloniti četkom [9]. Ukoliko je motor na otvorenom, takav pregled se vrši jednom mjesečno, a ukoliko se nalazi u elektro ormaru stroja, pregled se vrši kod svakog servisnog intervala stroja ili jednom godišnje.

Jednom godišnje se provjerava, na prethodno zaustavljenom stroju:

- temelji motora koji ne smiju biti ispucani ili imati neka oštećenja,
- vijci moraju biti zategnuti,
- motor mora biti poravnat u odnosu na element na koji se prenosi snaga, inače se javljaju naprezanja na osovini motora,
- provjeravaju se vodovi i izolacijski materijali koji ne smiju imati oštećenja,
- ukoliko se može i nije drugačije propisano, podmazuju se ležajevi.

Jednom godišnje se provjerava, kada stroj radi:

- provjera električnih karakteristika,
- provjera zagrijavanja motora,
- provjera buke i vibracija motora [9]



*Slika 4.11. Curenje masti iz 30 kW asinkronog elektromotora zbog povišene temperature*

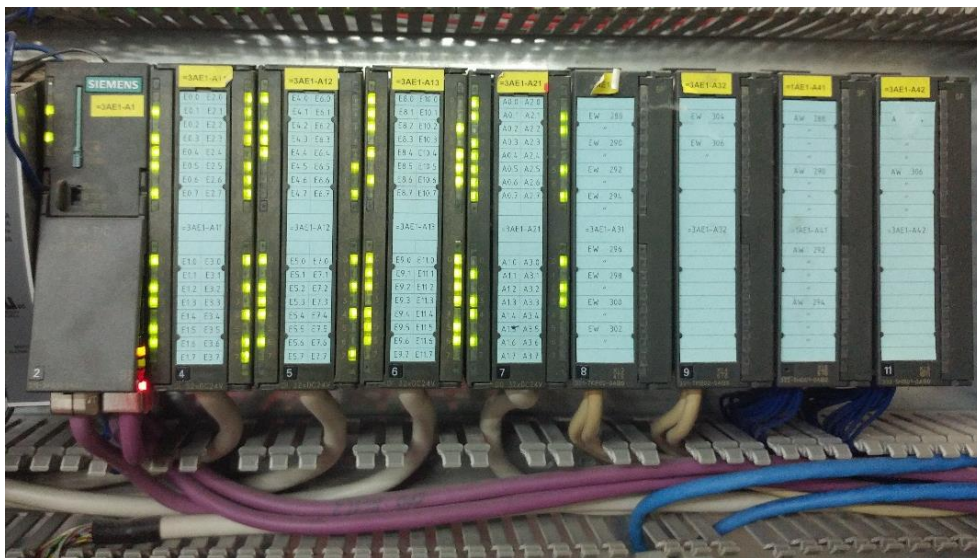
Jedna od bitnijih provjera koja štiti osoblje i samu imovinu je provjera izolacije motora. Najčešći kvar elektromotora je dotrajalost ležajeva. Uzrok tome je najčešće povišena temperatura okoliša zbog koje mast u ležajevima mijenja svojstva kao što je prikazano na slici 4.11.

Zamjena ležajeva se vrši otvaranjem motora te specijalnim alatom, bez upotrebe sile i udaraca, stari ležaj izvadi van, te nakon što se dobro očisti benzinom, specijalnim alatom stavlja novi koji preporučuje proizvođač. Kod svakog otvaranja motora, obavezno se mijenjaju brtve.

Kvar elektromotora se može dijagnosticirati termovizijom, strujnim kliještama ili multimeterom.

## 4.5. Elementi automatskog upravljanja

Elementi automatskog upravljanja se mogu podijeliti na ulazne, izlazne te upravljačke elemente. Ulazni elementi služe za davanje informacija upravljačkim uređajima. Ulazni elementi mogu biti tipkala, sklopke, senzori i prekidači koji se dijele na različite izvedbe. Izlazni elementi služe za izvršavanje naredbi upravljačkih elemenata. Najčešći izlazni elementi su releji, sklopnici, solenoidni i razvodni ventili koji se također mogu podijeliti na različite izvedbe. Upravljački elementi su najčešće PLC uređaji koji služe za upravljanjem od najjednostavnijeg do najsloženijeg proizvodnog procesa. Na slici 4.12. je primjer Siemensovog PLC-a.



Slika 4.12. PLC Siemens S7 - 200

PLC zbog svoje dostupnosti i pouzdanosti zamjenjuju relejne sklopove. Kod svake pogreške, promjene ili dodavanja novih komponenti, kod relejnih sklopova moraju se prespajati žice pa kod puno ulaza ili izlaza vrlo lako može doći do pogrešaka. Dok kod PLC uređaja, sve promjene se događaju u programu te se vrlo lako može testirati i predvidjeti mjesto konflikata. Još jedna velika prednost PLC-a je njegova modularnost. Ukoliko dođe do kvara kod jednog od modula, on se vrlo lako zamjeni, ne treba cijeli uređaj mijenjat. PLC uređaje možemo podijeliti ugrubo u 4 kategorije: mikro (32 I/O), mali (do 256 I/O), srednji (do 1024 I/O) i veliki (preko 1024 I/O) [10].

Iako je PLC robustan, konstruiran za lako održavanje te mu ne smeta rad i u najtežim uvjetima, treba obratiti pozornost na upute proizvođača. Kao i svakoj elektroničkoj opremi, tako i kod PLC uređaja, povišena temperatura okoline skraćuje životni vijek. Zato je važno za nesmetan rad omogućiti pravilno hlađenje[10]. Jednom mjesečno ispuhuje se elektro ormar,



ispuhuje se filteri ventilatora na elektro ormarima te se provjerava rad ventilatora. Ispuhuje se te čisti četkom sam PLC uređaj. Jednom godišnje provjeravaju se spojevi žica i uzemljenja izoliranih kablova jer zbog vibracija mogu popustiti te se može dogoditi da PLC uređaj dobiva netočne ili uopće ne dobiva informacije. Zbog toga može doći do smetnje ili većeg kvara na ostalim dijelovima stroja.

Ulaznim i izlaznim elementima vijek rada je uvjetovan brojem uklopa i isklopa. Kod ulaznih elementa kada se usporede krajni prekidač, koji se fizički aktivira, i induktivni senzor, koji se aktivira nailaskom metalnog predmeta, jasno je da fizički aktiviran senzor ima kraći vijek trajanja, jer sile fizičkog uklapanja djeluju na njega. No koristi se zato jer njegov relativno kratki vijek opravdava njegova cijena. Odabir senzora vrši se prema njegovoj namjeni a smetnje kod održavanja možemo predvidjeti iz njegovih nedostataka prikazanih u tablici 4.1.

Tablica 4.13. Namjena senzora te prednosti i mane [10]

<b>Senzor</b>	<b>Prednosti</b>	<b>Nedostaci</b>	<b>Namjena</b>
<b>Krajni prekidač</b>	-mogućnost vođenja većih struja -niska cijena -robusnost	- potreban fizički kontakt -spor odaziv	- blokiranje - detekcija krajnjeg područja
<b>Induktivni</b>	-otporan na grublju okolinu - dugi životni vijek -laka instalacija	- ograničena udaljenost detekcije	- detekcija metalnih predmeta - različiti alatni i industrijski strojevi
<b>Kapacitivni</b>	-detekcija kroz neke spremnike - detekcija svih vrsta materijala	- osjetljiv na ekstremne promjene okoline	- detekcija razine - detekcija različitih vrsta materijala
<b>Optički</b>	- detekcija svih vrsta materijala - dugi životni vijek - duža udaljenost detekcije - brz odaziv	- leće podložne onečišćenju - osjetljivost na boju i refleksivnost područja koji se detektira - složenost	- detekcija udaljenih predmeta - rukovanje materijalom

Izlaznim elementima životni vijek također ovisi o broju ukapčanja i iskapčanja. Primjer izlaznih elementa prikazano je na slici 4.13. Preventivno održavanje ulaznih i izlaznih elemenata svodi se na pregled kablova od fizičkih oštećenja, pregled oštećenja nosača elemenata, pregled zračnosti ili smještaj senzora, pregled mogućnosti budućih oštećenja senzora kod pokretnih dijelova te čišćenje elementa komprimiranim zrakom.



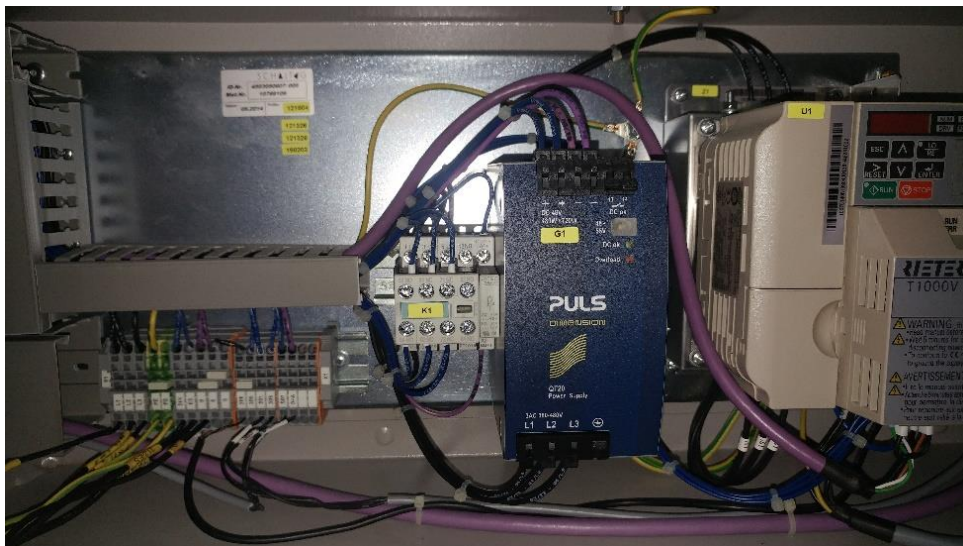
*Slika 4.13. Prikaz releja*

Ukoliko je stroj kompleksan te se na njemu nalazi više motora i više frekvencijskih pretvarača a sa svima njima upravlja PLC koji kaže greške i upozorenja preko računalnog sustava za nadzor, mjerenje i upravljanje (SCADA) ukoliko koji frekventni ne radi, obavezno je potrebno istražiti ostalu elektro opremu kojom upravlja PLC. Dijagnostika PLC uređaja itekako pomaže kod otkrivanja uzroka kvara, naravno, ovisno o složenosti programa. Vrlo lako se može izolirati kvar bilo na ulazni ili izlazni element ili na modul PLC uređaja jednostavnim mjerenjem napona na stezaljkama.

## 4.6. Ispravljači

Ispravljači su uređaji koji transformiraju izmjeničnu električnu energiju u istosmjernu i služe za napajanje elektroničkih elemenata kojima je za njihov rad potreban istosmjern napon. Primjer jednog 48V ispravljača od 700W prikazan je na slici 4.14. Neki od najčešćih elektroničkih elemenata su PLC-uređaji, releji, sklopnici, signalne lampe i servo motori. Služe i za punjenje UPS baterija koja pojedinim strojevima u slučaju nestanka napona služi za spremanje postavka i trenutnog stanja stroja.

Pojedini proizvođači predviđaju radni vijek do 297.000h na temperaturi od 25°C, dok kod temperature od 40°C, broj padne na 105.000h [11]. Vidljivo je da se vijek rapidno smanjuje porastom temperature, pa je zato bitno omogućit dobro hlađenje ispravljaču.



Slika 4.14. Prikaz 48V napajanja od 700W

Preventivno održavanje sastoji se od mjesečnog čišćenja elektro ormara ,koji nije pod naponom, komprimiranim zrakom, čišćenje filtera ventilatora elektro ormara te provjera ventilatora. Vizualno se provjerava ispravljač te se ispuhuje komprimiranim zrakom. Jednom godišnje se provjeravaju priključne stezaljke. Ukoliko se uređaj nalazi unutar stroja, vizualni pregled, ispuhivanje i pregled stezaljki se izvodi unutar servisnog intervala ili pak jednom godišnje. Instrumentom za mjerenje napona provjerava se izlazna vrijednost te se uspoređuje sa nazivnim naponom.

## 5. Primjeri kvarova

U tekstilnoj industriji svakodnevni kvarovi su neizbježni. Kvarovi se mogu dogoditi na bilo kojem djelu elektro opreme, najčešće su mehanička oštećenja senzora te oštećenja kablova ili zbog periodičkog čišćenja stroja ili zbog pokretnih dijelova stroja. Vremenski odnos dijagnoze i uklanjanja kvara se može raspodijeliti postotkom i to 90% na dijagnozu i 10% na otklon kvara kod elektronskog kvara te 60% posto na dijagnozu te 40% na otklon električnog kvara [3].

### 5.1. Primjer kvara sklopnog aparata

Nakon poziva mehaničara koji javlja da je izvan pogona filterska stanica, provjerava se upravljački ormar, prikazan na slici 5.1. Na upravljačkom ormaru je samo generalna greška preko koje se ne može dijagnosticirati kvar.



*Slika 5.1. Upravljački ormar filtera*

Nakon resetiranja greške, ručno se uključuju različiti elementi filtera. Naizgled sve funkcionira normalno, no kad se prebaci na automatski način rada, stanica se i dalje isključivala iz pogona. Nakon resetiranja, ponovno se na automatskom režimu uključuje filter te se prati uključivanje, budući da automatski način selektivno pali elemente. Uočava se isključenje jednog od motora ventilatora (prikazan na slici 5.2.) koji služi za cirkulaciju zraka odmah po uključanju, te tako onemogućava daljnji slijed paljenja. Nakon pomne vizualne inspekcije motora, mjerenja napona i struje, ustanovljeno je da je kvar na upravljačkom dijelu stanice.





Slika 5.2. Motor ventilatora za cirkulaciju zraka

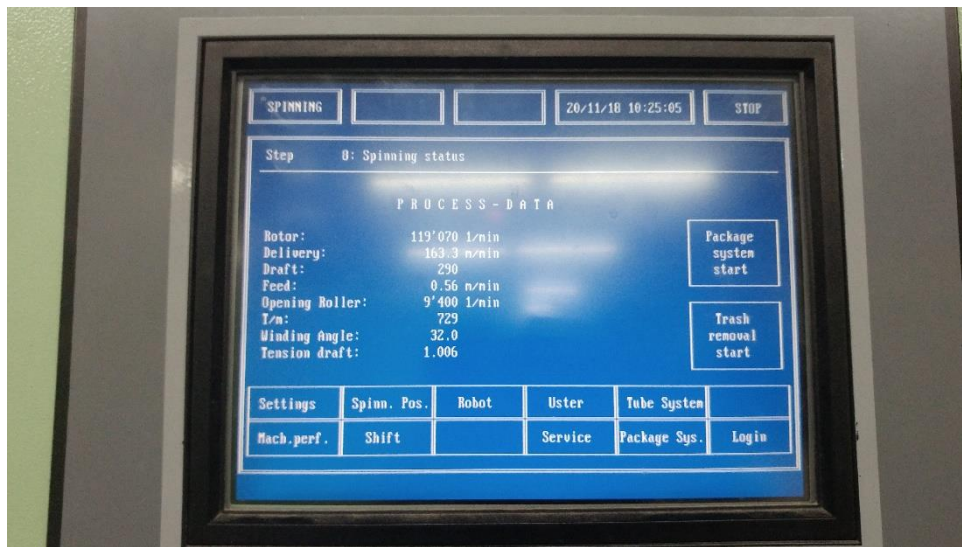


Slika 5.3. Relej termičke zaštite

Prateći elektro shemu, povjerava se napon na sklopovlju u elektro ormaru, i ustanovljeno je da se pokvario relej termičke zaštite elektromotora prikazan na slici 5.3. Iako je na svojim LED statusnim lampama pokazivao da je sve u redu, aktivirao je kontakte za termičku zaštitu.

## 5.2. Primjer kvara frekvencijskog pretvarača

Pozivom mehaničara zaduženog za održavanje OE predilica dobiva se izvještaj kako se jedna od OE predilica isključuje iz pogona bez prikaza greške. Nakon restarta, ponovno je uključena i primjećuje se kako jedan od enkodera motora zaduženog za pogon remena uvijanja, prikazuje netočne podatke. Slika 5.4. pokazuje računalo stroja koji prikazuje sve informacije.



Slika 5.4. Prikaz stanja stroja na kojem smo zapazili netočne informacije

Nakon promjene enkodera, podaci su i dalje bili netočni te se stroj i dalje zaustavljao. Pretvarači koji se nalaze na stroju je prikazano na slici 5.5.

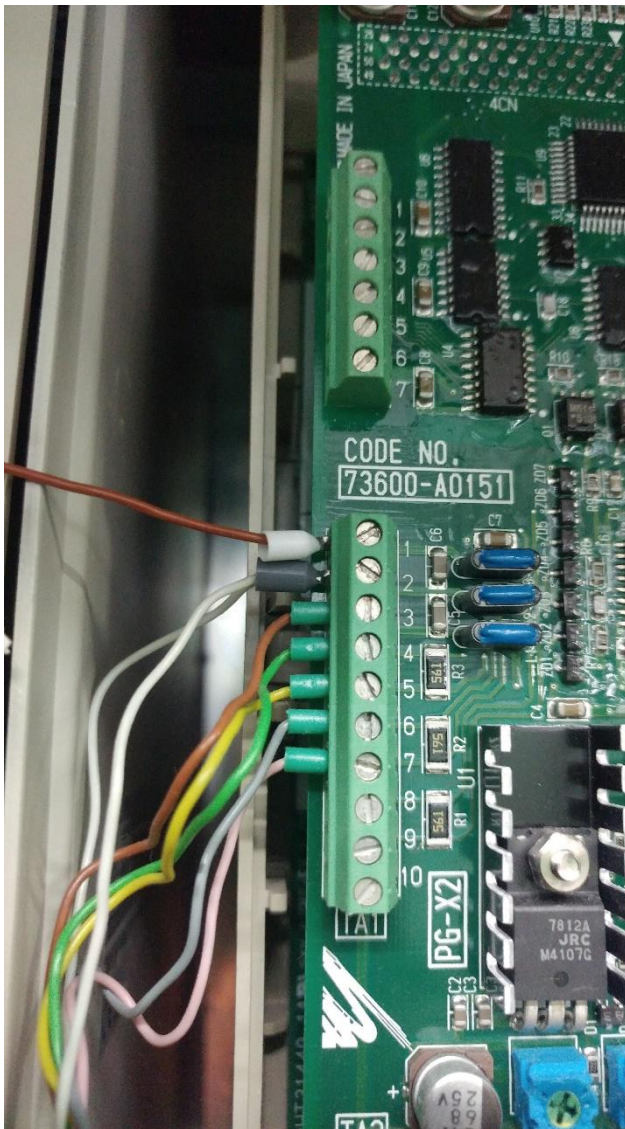


Slika 5.5. Frekvencijski pretvarači OE Rieter



Zamjenjuje se frekventijski pretvarač Rieter od 7,5kw, misleći da vjerojatno on nije davao dobar izlazni napon, no kvar i nakon toga nije riješen. No, kod promjene, ostavljen je stari upravljački modul, prikazan na slici 5.6., jer nije bilo rezerve na skladištu, te se iz tog razloga isključuje identični stroj kako bi ustvrdili da li je do upravljačkog modula.

Nakon zamjene upravljačkog modula frekventijskog pretvarača, na koji se osim upravljačkog kabela spaja i enkoder (prikazan na slici 5.7.), kvar je uklonjen.



Slika 5.6. Upravljački modul frekventijskog pretvarača



Slika 5.7. Enkoder na osovini elektromotora

### 5.3. Primjer kvara asinkronog motora

Pozivom mehaničara zaduženog za održavanje OE predilica dobiva se izvještaj kako na jednoj od OE predilica motor snage 15kW, koji služi za pokretanje rotora, buči te se ne mogu dostići željeni okretaji. Motor je prikazan na slici 5.8.



*Slika 5.8. Asinkroni motor snage 15 kW u radu*

Nakon otvaranja motora, primijećeno je kako je mast iz ležaja iscurila (prikazano na slici 5.9.), te je zaključeno da je zbog toga ležaj stradao. Curenje masti je potaknula velika toplina okoline, jer se to dogodilo u ljetnim mjesecima. Elektro ormar u kojem se motor nalazio nije imao adekvatno hlađenje, te kako je ventilator uzimao topli zrak okoliša, dodatno je zagrijavao elektro ormar. Zamijenjen je prednji i stražnji ležaj preporučeni od strane proizvođača te sve brtve.



*Slika 5.9. Otvoreni motor sa razlivenom mašću po unutrašnjosti*



## 6. Preventivno održavanje Rieter J20

Rieter J20, prikazana na slici 6.1., je predilica koja se zasniva na air-jet tehnologiji pređenja. Air-jet pređenje je jedno od novijih rešenja pređenja a glavna prednost nad ostalim tehnologijama je u povećanju brzine i fleksibilnosti proizvodnje [12].



*Slika 6.1 Air-jet Rieter J20*

Isporučkom stroja, isporučene su upute za upotrebu, lista rezervnih dijelova, elektro sheme te raspored održavanja. Raspored održavanja sadrži upute kako održavati stroj te koje mjere poduzeti na kojem broju sati rada. Iako se radi o tvrtki koja isključivo proizvodi strojeve za tekstilnu industriju te bi im uvjeti u kojem strojevi rade trebali biti poznati, u uputama se ne navode neke bitne preventivne mjere za koje je iskustvo pokazalo bitnim za dulji vijek stroja i njegovih dijelova. Jedina preporuka proizvođača je da svakih 2000h, frekvencijski pretvarač usisava, svakih 16.000h promjene UPS baterije i svakih 32.000 sati promjeni frekvencijski pretvarač [13].

Iskustvo je pokazalo da se svakih 4000 sati radi preventivno održavanje. Elektro ormar, prikazan na slici 6.2., ispuhuje se suhim zrakom na način da sa jedne strane ormara se ispuhuje, a sa druge strane usisava. Vizualno se pregledava cijeli ormar u slučaju bilo kakvog oštećenja na elektro opremi koju sačinjava sklopni aparati, elementi automatskog upravljanja, ispravljači i frekvencijski pretvarači. Pregledavaju se svi kabeli i uzemljenja te se stežu priključna mjesta u slučaju popuštanja radi vibracija.



Slika 6.2 Elektro ormar stroja J20

U elektro ormaru se također nalazi i 48 V ispravljač koji se također ispuhuje. Prikazan je na slici 6.3. Osim ispuhivanja, ispravljač se vizualno pregledava, pregledavaju se spojevi i uzemljenja te se mjeri izlazni napon.



Slika 6.3. 48V ispravljač



Elektro ormar sa frekvencijskim pretvaračem snage 45 kW, prikazan na slici 6.4., također se ispuhuje na isti način, s time da se dodatno ispuhuje i sam frekvencijski pretvarač. Vizualno se provjerava te se provjeravaju spojevi i uzemljenja. Na BOP-u se provjerava lista upozorenja i grešaka te ukoliko postoje, pokušava se ukloniti po naputku proizvođača frekvencijskog pretvarača.



*Slika 6.4. Elektro ormar sa frekvencijskim pretvaračem*

Računalo stroja, prikazan na slici 6.5., također se ispuhuje jer sadrži procesor koji se grije. Provjeravaju se spojevi i uzemljenja. Budući da računalo na plastičnom okviru, pregledavaju se skrivena oštećenja okvira, jer u slučaju oštećenja, može doći do loma ekrana.



*Slika 6.5. Računalo sa prednje i stražnje strane*

Stroj sadrži 4 robota, od kojih je jedan prikazan na slici 6.6., koja su neovisna od glavnog računala. Na robotima se otvara Elektro ormar te se i on ispuhuje te se provjerava vizualno



*Slika 6.6 Robot*



elektro oprema. Provjeravaju se spojevi i uzemljenja na kabelima od sklopnih aparate te upravljačkih elementa te se učvršćuju priključna mjesta. Robot sadrži i ispravljač koji se ispuhuje, vizualno se pregledava, pregledavaju se spojevi i uzemljenja te se mjeri izlazni napon.

Roboti dobivaju napon, tlak i signale preko energetskih lanaca, prikazan na slici 6.7. Zbog prašine koja se vrlo brzo nakuplja, postoji mogućnost oštećivanja karika, pa tako i kablova. Zato se kanali po kojim lanci putuju usisavaju i vizualno pregledavaju sami lanci.



*Slika 6.7. Kanali po kojim putuju energetski lanci*

Otvaraju se poklopci ispod stroja te se usisava unutrašnjost, prikazana na slici 6.8. Provjeravaju se i oštećenja signalnih i energetskih kablova za napajanje sekcija. Oštećenja najčešće nastaju zbog vibracija.



*Slika 6.8. Unutrašnjost stroja*

Motori se provjeravaju tijekom rada. Najvažniji dio je provjera uzemljenja, jer je stroj sastavljen od više dijelova, te ukoliko dođe do strujnog udara, da zaštita može proraditi. Bitnija provjera je provjera prekidača u slučaju nužde, prikazano na slici 6.9., koja mora pravovaljano djelovati u slučaju pritiska.



*Slika 6.9. Stop u slučaju nužde*

Ovakvo preventivno održavanje omogućava dugotrajan kvalitetan nesmetan rad stroja uz zaštitu osoblja i imovine.

## 7. Utvrđivanje eksploatacije Trutzschler DK 903

Trutzschler DK 903, prikazan na slici 7.1., je stroj koji služi za grebenanje. U tom postupku se u velikom rotirajućem bubnju na kojem su veoma sitne iglice, vlakna materijala dovode se paralelno, jednolično se raspoređivaju i izravnavaju se kako bi dobili pramen.

Kao u svakoj industriji, i u tekstilnoj industriji tehnologija se razvija vrlo brzo, pa tako je teško pronaći stroj koji je potpuno isti, pa makar bili isti tip. Razlog tomu je zbog toga što je proizvođač pronašao bolje rješenje ili je izabrao najekonomičnije rješenje.

Starenjem stroja neminovno je, no preventivnim održavanjem mogu se ublažiti znakovi eksploatacije. Potrošnja energije se povećava starenjem zbog mehaničkih i električnih gubitaka.



*Slika 7.1 Trutzschler 903*



## 7.1. Mjerenje struje na kardama Trutzschler 903

Zadatak je izvršen mjerenjem struje na kardama koji su bili u radu. Karde su radile na istim postavkama, na istoj brzini te imaju istu elektro opremu. Prva karda je proizvedena 2000. g., a druga karda 2001.g. Karda iz 2000. g. mjerenjem pokazuje struju od 19.3A, prikazano na slici 7.2. Karda iz 2001. g. mjerenjem struje pokazuje najviše 19.6A, prikazano na slici 7.3.

$$I_1 = 19,3 \text{ A}$$

$$I_2 = 19,6 \text{ A}$$



Slika 7.2. Mjerenje na kardi iz 2000.g.



Slika 7.3. Mjerenje na kardi iz 2001. g.

$$I_{\Delta} = I_2 - I_1 = 19,6 - 19,3 = 0,3A$$

gdje je:

$I_{\Delta}$  - razlika izmjerenih struja [A]

$I_2$  – izmjerena struja mlađeg stroja [A]

$I_1$  – izmjerena struja starijeg stroja [A]



Razlika između dviju struja je neznatna i iznosi 0,3A. No zanimljiva je činjenica da stroj koji je godinu dana mlađi, ima veću struju. Broj radnih sati se također neznatno razlikuje, 134.627h starijeg stroja, prema 132.862h mlađeg. No ono što se bitno razlikuje je broj kilograma obrađene robe. Stariji stroj je obradio 814t materijala, dok je noviji stroj obradio 2254t robe.

Snaga električne energije strojeva se dobiva iz sljedeće jednadžbe.

$$P = \sqrt{3} * U * I * \cos \varphi$$

gdje je:

P - snaga električne energije [W]

U - linijski napon trofazne mreže [V]

I – izmjerena linijska struja stroja [A]

$\cos \varphi$  – faktor snage

Kada se izračunaju snage, dobivaju se smo sljedeći iznosi:

$$I_1 = 19,3 \text{ A}$$

$$P_1 = \sqrt{3} * U * I_1 * \cos \varphi = \sqrt{3} * 400 * 19,3 * 0.95 = 12702W$$

gdje je:

$P_1$  - snaga potrebne električne energije starijeg stroja [W]

U – napon trofazne mreže [V]

$I_1$  – izmjerena struja starijeg stroja [A]

$\cos \varphi$  – faktor snage

$$I_2 = 19,6 \text{ A}$$

$$P_2 = \sqrt{3} * U * I_2 * \cos \varphi = \sqrt{3} * 400 * 19,6 * 0.95 = 12900W$$

gdje je:

$P_2$  - snaga potrebne električne energije starijeg stroja [W]

U - napon trofazne mreže [V]

$I_2$  – izmjerena struja novijeg stroja [A]

$\cos \varphi$  – faktor snage

Očigledno je stariji stroj korisniji, a postotak korisnosti dobivamo sljedećom formulom:

$$\eta = \frac{P_2 - P_1}{P_2} = \frac{12900 - 12702}{12900} = 0.015 = 1.5\%$$

gdje je:

$\eta$  – korisnost starijeg stroja nad novim

Vidljivo je da je manje eksploatirani stroj treba 1.5% manje snage, što je zbilja neznatno, pogotovo kada uzmemo u obzir broj obrađenih kilograma materijala.

## 8. Zaključak

Provođenje održavanja većinom se temelji na dosadašnjem iskustvu te se razlikuje od industrije do industrije, prilagođava se proizvodnji, tržištu, vrsti kvara, okolini. Glavni zadatak održavanja je održati elektro opremu u nesmetanom radu uz minimalni broj zastoja.

Ponekad, proizvođači ne navedu sve potrebne mjere u održavanja u uputama. Zato je potrebno poznavat rad elektro opreme, te rad stroja ukoliko je na njega ugrađena kako bi se pravovremeno uočio kvar ili smetnja. Često su upute na stranom jeziku, te radnik mora biti upućen u terminologiju tekstilne industrije, jer većinom u elektro shemama, elektro oprema je opisana sa radnjom kojom radi.

Sigurnost osoblja je također jedna od bitnijih ciljeva preventivnog održavanja elektro opreme. Nikad se ne koriste dijelovi koji nisu propisani od strane proizvođača te se koristi oprema koja ne proizvodi iskrenja te električne lukove jer zbog prašine može doći do požara. Također kod samog održavanja, uvijek se poduzimaju svi koraci kako bi se spriječilo samo uključenje stroja ili uključenje od neovlaštene osobe, te sprječavanja dodira visokog napona.

Preventivnim održavanjem omogućavamo elektro opremi dugovječan rad uz neznatne pokazatelje eksploatiranosti kao što možemo vidjeti u pokusu. Stroj koji je obradio otprilike 1400t više materijala, pokazuje zanemarivo malu eksploatiranost za razliku od drugog.

Kvarovi i smetnje su česti, i najčešće su nastali zbog nepravilnog rukovanja osoblja i zbog okoline. Kako bi se kvar ili smetnja uklonila u čim kraćem roku, na skladištu mora biti rezervna oprema. Kako bi se izbjegli dodatni troškovi, temeljito se prati stanje na skladištu te se pravovremeno naručuje potrebna elektro oprema. Količina potrebne elektro opreme se prosuđuje temeljom iskustva. Na pojedinoj elektro opremi, ako je ekonomski opravdano, vrši se reparacija te se oprema vraća u prvobitno stanje. Ukoliko je toliko oštećena da se ne može vratiti u prvobitno stanje, ona se zamjenjuje adekvatnom elektro opremom.

U Varaždinu, 30.01.2019.

Ivan Prelec

---

## Literatura

- [1] D. Srpak: Predavanja iz Elektromotornih pogona, moodle stranice Sveučilišta Sjever, <https://moodle.vz.unin.hr/moodle/course/view.php?id=105>, pristup 11.01.2019.
- [2] Kondić, Samardžić, Maglić, Čikić: „Pouzdanost industrijskih postrojenja“, SFSB, Slavonski Brod, 2012.
- [3] Ž. Kondić, D. Srpak: Predavanja iz Održavanja industrijskih postrojenja, moodle stranice Sveučilišta Sjever, <https://moodle.vz.unin.hr/moodle/course/view.php?id=150>, pristup 11.01.2019.
- [4] B. Tomičić: Predavanja iz Električnih strojeva, Sveučilište Sjever, 2018.
- [5] Pribor za transformatore, [http://www.koncar-nsp.hr/docs/koncar-nspHR/documents/66/2\\_1/Original.pdf](http://www.koncar-nsp.hr/docs/koncar-nspHR/documents/66/2_1/Original.pdf), pristup 11.01.2019
- [6] D. Kuča: „Sklopni aparati“, Sveučilište Sjever, 2018.
- [7] Danfoss: „Najvažnije o frekvencijskim pretvaračima“, Graphis, Zagreb, 2009
- [8] Danfossova paleta proizvoda, [http://files.danfoss.com/download/Drives/DKDDPB202A302\\_FC200\\_SG.pdf](http://files.danfoss.com/download/Drives/DKDDPB202A302_FC200_SG.pdf), pristup 11.01.2019.
- [9] Upute za uporabu i održavanje niskonaponskih asinkronih kaveznih elektromotoraz atvorene izvedbe, <http://www.koncar-mes.hr/wp-content/uploads/2017/06/upute-iec-niskonaponski-asinkroni-kavezni-elektromotori-zatvorene-izvedbe.pdf>, pristup 11.01.2019.
- [10] D. Srpak: Predavanja iz Automatizacije strojeva i uređaja, moodle stranice Sveučilišta Sjever, <https://moodle.vz.unin.hr/moodle/course/view.php?id=203>, pristup 11.01.2019
- [11] Upute za korištenje ispravljača Puls QT20.241, <http://www.pulspower.com/fileadmin/Dateien/pdf/qt20e241.pdf>, pristup 11.01.2019
- [12] Objašnjenje o air-je tehnologiji, <https://www.textileschool.com/455/air-jet-spinning/>, pristup 11.01.2019
- [13] Korisničke upute za Rieter J20

## Popis slika

Slika 2.1. Shema organizacije rada.....	3
Slika 4.1. Energetski transformator proizvođača ABB jačine 2500kVA.....	6
Slika 4.2. Energetski transformator proizvođača Končar jačine 1000kVA.....	6
Slika 4.3. Buchholzov relej.....	7
Slika 4.4. Temperaturna skala ulja.....	7
Slika 4.5. Uništeno podnožje zbog slabog spoja.....	8
Slika 4.6. Prikaz pregleda termovizijskom kamerom.....	9
Slika 4.7. Shema elementa frekvencijskog pretvarača.....	10
Slika 4.8. Prikaz frekvencijskih pretvarača spojenih sabirnicom.....	10
Slika 4.9. Prikaz frekvencijskih pretvarača u elektro ormaru te skidanje poklopca.....	11
Slika 4.10. Prikaz asinkrona motora od 24,5 kW.....	12
Slika 4.11. Curenje masti iz 30 kW asinkronog elektromotora zbog povišene temperature... 13	13
Slika 4.12. PLC Siemens S7 - 200.....	14
Slika 4.13. Prikaz releja.....	16
Slika 4.14. Prikaz 48V napajanja od 700W.....	17
Slika 5.1. Upravljački ormar filtera.....	18
Slika 5.2. Motor ventilatora za cirkulaciju zraka.....	19
Slika 5.3. Releji termičke zaštite.....	19
Slika 5.4. Prikaz stanja stroja na kojem smo zapazili netočne informacije.....	20
Slika 5.5. Frekvencijski pretvarači OE Rieter.....	20
Slika 5.6. Upravljački modul frekvencijskog pretvarača.....	21
Slika 5.7. Enkoder na osovini elektromotora.....	21
Slika 5.8. Asinkroni motor snage 15 kW u radu.....	22
Slika 5.9. Otvoreni motor sa razlivenom mašću po unutrašnjosti.....	22
Slika 6.1. Air-jet Rieter J20.....	23
Slika 6.2. Elektro ormar stroja J20.....	24
Slika 6.3. 48V ispravljač.....	24
Slika 6.4. Elektro ormar sa frekvencijskim pretvaračem.....	25
Slika 6.5. Računalo sa prednje i stražnje strane.....	26
Slika 6.6. Robot.....	26
Slika 6.7. Kanali po kojem putuju energetski lanci.....	27
Slika 6.8. Kanali po kojem putuju energetski lanci.....	27
Slika 6.9. Stop u slučaju nužde.....	28
Slika 7.1. Trutzschler 903.....	29
Slika 7.2. Mjerenje na kardi iz 2000.g.....	30
Slika 7.3. Mjerenje na kardi iz 2001. g.....	30

## **Popis tablica**

Tablica 4.1. Namjena senzora te prednosti i mane.....24.



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, IVAN PRELEC (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom ODRAŽAVANJE ELEKTROSTATIČKE ULOGE TEKSTILNE TEORIJE (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:  
(upisati ime i prezime)

Ivan Prelec  
(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, IVAN PRELEC (ime i prezime) neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom ODRAŽAVANJE ELEKTROSTATIČKE ULOGE TEKSTILNE TEORIJE (upisati naslov) čiji sam autor/ica.

Student/ica:  
(upisati ime i prezime)

Ivan Prelec  
(vlastoručni potpis)