

# IZRADA POGONA ZA MLJEVENJE MESA POGONJENOG ELEKTROMOTOROM, REGULACIJA I PROMJENA SMJERA BRZINE VRTNJE

---

**Košavić, Erik**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2024**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:429119>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-11-19**



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
Karlovac University of Applied Sciences

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU

STROJARSKI ODJEL

PRIJEDIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ MEHATRONIKE

ERIK KOŠAVIĆ

**IZRADA POGONA ZA MLJEVENJE MESA  
POGONJENOG ELEKTROMOTOROM I  
REGULACIJA I PROMJENA SMJERA BRZINE  
VRTNJE**

ZAVRŠNI RAD

Karlovac, 2024

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU

STROJARSKI ODJEL

PRIJEDIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ MEHATRONIKE

ERIK KOŠAVIĆ

**IZRADA POGONA ZA MLJEVENJE MESA  
POGONJENOG ELEKTROMOTOROM I  
REGULACIJA I PROMJENA SMJERA BRZINE  
VRTNJE**

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Filip Žugčić, mag. ing. el.

Karlovac, 2024



## ZADATAK ZAVRŠNOG / DIPLOMSKOG RADA

Ime i prezime	Erik Košavić		
OIB / JMBG			
Adresa			
Tel. / Mob./e-mail	-		
Matični broj studenta			
JMBAG			
Studij (staviti znak <b>X</b> ispred odgovarajućeg studija)	<input checked="" type="checkbox"/> preddiplomski	<input type="checkbox"/> specijalistički diplomski	
Naziv studija	PREDDIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ MEHATRONIKE		
Godina upisa	2021./2022.		
Datum podnošenja molbe	08.07.2024.		
Vlastoručni potpis studenta/studentice			

Naslov teme na hrvatskom: IZRADA POGONA ZA MLJEVENJE MESA POGONJENOG ELKTROMOTOROM I REGULACIJA I PROMJENA SMJERA BRZINE VRTNJE

Naslov teme na engleskom: DESIGN OF A MEAT GRINDING DRIVE POWERED BY AN ELECTRIC MOTOR AND CONTROL AND CHANGE OF ROTATION SPEED DIRECTION

Opis zadatka:

- Projektiranje i konstrukcija stroja za mljevenje mesa
- Odabir mehaničkih komponenti
- Mjerenje struje
- Promjena smjera vrtnje
- Istraživanje promjene brzine vrtnje
- Testiranje mljevenja mesa

Mentor:

Predsjednik Ispitnog povjerenstva:

## **PREDGOVOR**

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno, koristeći znanja stečena tijekom studija i navedenu literaturu. Zahvaljujem se mentoru Filipu Žugčić mag. ing. el. na stručnoj pomoći, savjetima i strpljenju prilikom izrade ovog rada. Posebno zahvaljujem svojoj obitelji i prijateljima koji su bili moja najveća podrška i motivacija tijekom studiranja.

Karlovac, 2024.

Erik Košavić

## **SAŽETAK**

U ovom završnom radu obrađena je konstrukcija i izrada stroja za mljevenje mesa. Cilj je bio izraditi stroj koji će omogućiti efikasnu obradu mesa, izbjegavajući preopterećenja koja bi mogla dovesti do kvara ili smanjenja performansi stroja. Posebna pažnja posvećena je mogućnosti regulacije i promjene smjera rada stroja, čime se osigurava njegova svestranost i prilagodljivost različitim zahtjevima obrade mesa.

Ključne riječi: konstrukcija, izrada, mljevenje, preopterećenja, regulacija

## **SUMMARY**

In this final thesis, the construction and production of a meat grinding machine were addressed. The aim was to create a machine that would enable efficient meat processing without overloading, which could lead to malfunctions or reduced performance. Special attention was given to the ability to regulate and change the direction of the machine's operation, ensuring its versatility and adaptability to various meat processing requirements.

Key words: construction, fabrication, grinding, overload, regulation

# Sadržaj

PREDGOVOR .....	I
SAŽETAK .....	II
SUMMARY .....	III
POPIS SLIKA .....	VI
1. UVOD .....	1
2. POVIJEST AKTUATORA .....	2
3. PODJELA AKTUATORA S OBZIROM NA GIBANJE .....	3
3.1. Linearni aktuator .....	3
3.2. Rotacijski aktuator .....	3
4. PODJELA S OBZIROM NA VRSTU ULAZNE ENERGIJE .....	5
4.1. Električni aktuator .....	5
4.2. Hidraulički aktuatori .....	6
4.3. Pneumatski aktuator .....	7
4.4. Magnetski aktuatori .....	8
4.5. Mehanički aktuatori .....	9
4.6. Termalni aktuatori .....	10
4.7. Mekani (soft) aktuatori .....	11
4.8. Piezoelektrični aktuator .....	12
5. REMENSKI PRIJENOS .....	13
5.1. Vrste remenskih prijenosa .....	13
5.2. Vrste remena .....	14
5.2.1. Plosnati remen .....	14
5.2.2. Klinasti remen .....	14
5.2.3. Zupčasti remen .....	14
5.3. Remenice .....	15
6. REDUKTOR .....	18



6.1. Pužni reduktor .....	18
6.2. Reduktor za mesoreznicu.....	19
7. MULTIPLIKATOR .....	20
8. IZRADA STROJA .....	21
8.1. Specifikacije motora .....	22
9. ELEKTROMOTOR .....	23
9.1. Podjela elektromotora.....	23
10. KONDENZATOR .....	25
11. GREBENASTA SKLOPKA.....	27
12. PROMJENA SMJERA VRTNJE ELEKTROMOTORA .....	28
12.1. Utvrđivanje glavnog i pomoćnog namotaja.....	28
12.2. Spajanje elektromotora .....	29
13. MOMENTNA KARAKTERISTIKA .....	31
14. REGULIRANJE BRZINE VRTNJE ELEKTROMOTORA .....	33
14.1. Frekventni pretvarač .....	33
14.2. Potenciometar .....	34
15. ZAKLJUČAK.....	36
16. LITERATURA .....	37

## POPIS SLIKA

Slika 1. Linearni aktuator .....	3
[10] <a href="https://www.njuskalo.hr/strojevi-alati-ostalo/linearni-aktuator-reduktor-12v-elektricni-cilindar-150-300-mm-oglas-38728457">https://www.njuskalo.hr/strojevi-alati-ostalo/linearni-aktuator-reduktor-12v-elektricni-cilindar-150-300-mm-oglas-38728457</a>	
Slika 2. Rotacijski aktuator.....	4
[11] <a href="https://www.halooglas.com/masine-alati-oprema/merni-alati-instrumenti-i-uredjaji/belimo-sf24a-s2-rotacijski-aktuator-s-pov-opr/5425642125611">https://www.halooglas.com/masine-alati-oprema/merni-alati-instrumenti-i-uredjaji/belimo-sf24a-s2-rotacijski-aktuator-s-pov-opr/5425642125611</a>	
Slika 3. Električni aktuator .....	6
Slika 4. Zupčasti hidraulični motor sa vanjskim ozubljenjem .....	7
[12] Izvor: <a href="https://hr.wikipedia.org/wiki/Datoteka:Gear_pump.png">https://hr.wikipedia.org/wiki/Datoteka:Gear_pump.png</a>	
Slika 5. Pneumatski dvoradni cilindar .....	8
[13] Izvor: <a href="https://termika.ba/proizvod/pneumatski-cilindar-dnc-63x100-s/">https://termika.ba/proizvod/pneumatski-cilindar-dnc-63x100-s/</a>	
Slika 6. Elektromagnetski ventil .....	9
[14] Izvor: <a href="https://www.inautomatika.hr/elektromagnetski-ventil-ev220b-dn40-g-1-12-nc-nbr/690/product/">https://www.inautomatika.hr/elektromagnetski-ventil-ev220b-dn40-g-1-12-nc-nbr/690/product/</a>	
Slika 7. Mehanički linearni aktuator .....	10
[15] Izvor: <a href="https://cukarin.hr/tag/mehanicki-aktuator/">https://cukarin.hr/tag/mehanicki-aktuator/</a>	
Slika 8. Termalni aktuator .....	11
[16] Izvor: <a href="https://en.wisdom-thermostats.com/introduction">https://en.wisdom-thermostats.com/introduction</a>	
Slika 9. Električno pokretani umjetni mišić.....	12
[17] <a href="https://www.creativemachineslab.com/soft-actuator.html">https://www.creativemachineslab.com/soft-actuator.html</a>	
Slika 10. Piezoelektrični efekt i obrnuti piezoelektrični efekt .....	12
[18] <a href="https://www.rohm.com/electronics-basics/piezo/what-is-piezo">https://www.rohm.com/electronics-basics/piezo/what-is-piezo</a>	
Slika 11. Vrste remenskih prijenosa .....	13
[19] Izvor: <a href="https://edutorij-admin-api.carnet.hr/api/files/2946f0ec-489c-43ac-8dde-ec14e164b9ec/download/2579808/REMENI%20PRIJENOS.pdf?token=eyJpdil6lkJiMVAybUxSaDNicmhPUnlZNMf3aHc9PSIsInZhbHVlIjojNUJsaDFORzM5VXVibnAvVi82RVNGdz09liwibWFjIjojOGRhZGYwZTQ0MGMzN2Q4OGJjZjE1NjZlZDU2MDA2ODY3Zml0NjRjODJ">https://edutorij-admin-api.carnet.hr/api/files/2946f0ec-489c-43ac-8dde-ec14e164b9ec/download/2579808/REMENI%20PRIJENOS.pdf?token=eyJpdil6lkJiMVAybUxSaDNicmhPUnlZNMf3aHc9PSIsInZhbHVlIjojNUJsaDFORzM5VXVibnAvVi82RVNGdz09liwibWFjIjojOGRhZGYwZTQ0MGMzN2Q4OGJjZjE1NjZlZDU2MDA2ODY3Zml0NjRjODJ</a>	

mNmMxZDU1ZTQ1YzNjNTU2NTk5ZjZINCIsInRhZyl6liJ9&signature=b8cd3a666e9c1f56500cb9efa3d72bbae33a9fba9ed2ee65082007c762f4572d

Slika 12. Plosnati remenski prijenos ..... 14  
[20] <https://gumiimpex.hr/remenje/>

Slika 13. Zupčasti remenski prijenos ..... 15  
[21] <https://edutorij-admin-api.carnet.hr/api/files/e5703905-074c-4eb2-8a07-68a8a62b1ae6/download/2239824/Prijenosnici%20-%20prijenos%20zup%C4%8Dastim%20remenom.pdf?token=eyJpdil6lIQvSEJNM2l6M2VXeWVjRWRU0rSkR5SHc9PSIsInZhbHVlIjoR0hJUTBkUjVdkpkdy94S2oycmIEQT09liwibWFjIjoimZdINjExNzhINDdhNjk5ZWZhNzAxZmQzMTE0OTU5M2YzNjNhOGY5ODJINzhINGJkZDAyZjdlOWU5OTRkMDRjOSIsInRhZyl6liJ9&signature=4f98769817e6a53802642bd2a729d4cb4da38a068fe55f62fd510ac0f5a4e62e>

Slika 14. Remenski prijenos ..... 15

Slika 15. Mjere remenica ..... 17  
[22] <https://feismo.com/doc-viewer-v2>

Slika 16. Pužni reduktor ..... 18  
[23] <https://ba.angmotor.com/info/why-should-we-choose-worm-gear-reducer-58510423.html>

Slika 17. Reduktor za mesoreznicu ..... 19  
[24] <https://centar-rostilja.hr/reduktor-za-mesoreznicu-br-32-proizvod-754/>

Slika 18. Multiplikator za traktor ..... 20  
[25] <https://www.njuskalo.hr/gospodarska-dijelovi/multiplikator-traktor1-2.5-m-f-s800-oglas-33787519>

Slika 19. Mašina za mljevenje mesa pogonjena elektromotorom ..... 21

Slika 20. Natpisna pločica ..... 22

Slika 21. Kavezni rotor ..... 24  
[26] [https://bs.wikipedia.org/wiki/Rotor\\_%28elektrotehnika%29](https://bs.wikipedia.org/wiki/Rotor_%28elektrotehnika%29)

Slika 22. Klizno kolutni rotor ..... 24  
[27] <https://hr.puntomariner.com/asynchronous-motor-principle-of-operation/>

Slika 23. Vrste kondenzatora.....	25
[28] <a href="https://edutorij-admin-api.carnet.hr/storage/extracted/273363/html/2529_Kapacitet_i_kondenzator.html">https://edutorij-admin-api.carnet.hr/storage/extracted/273363/html/2529_Kapacitet_i_kondenzator.html</a>	
Slika 24. Radni kondenzator.....	26
Slika 25. Grebenasta sklopka.....	27
Slika 26. Shema grebenaste sklopke .....	27
Slika 27. Mjerenje otpora glavnog namotaja.....	28
Slika 28. Mjerenje otpora pomoćnog namotaja.....	29
Slika 29. Shema spoja sa sklopkom za promjenu smjera vrtnje .....	29
[29] <a href="https://www.elteh.net/el-instalacije/motori/spajanje-jednofaznog-motora.html">https://www.elteh.net/el-instalacije/motori/spajanje-jednofaznog-motora.html</a>	
Slika 30 Spajanje elektromotora .....	30
Slika 31 Spajanje elektromotora .....	30
Slika 32. Momentna karakteristika asinkronog motora .....	31
[30] <a href="https://arhiva-2021.loomen.carnet.hr/pluginfile.php/4681684/mod_resource/content/1/Asinkroni%20stroje%20vi2.pdf">https://arhiva-2021.loomen.carnet.hr/pluginfile.php/4681684/mod_resource/content/1/Asinkroni%20stroje vi2.pdf</a>	
Slika 33. Frekventni pretvarač .....	33
[31] <a href="https://www.ventcommerce.hr/proizvod/frekventni-pretvaraci/">https://www.ventcommerce.hr/proizvod/frekventni-pretvaraci/</a>	
Slika 34. Prikaz rada frekventnog pretvarača .....	34
[32] <a href="https://www.plctechnician.com/news-blog/variable-frequency-drives-basics-and-common-applications-vfds">https://www.plctechnician.com/news-blog/variable-frequency-drives-basics-and-common-applications-vfds</a>	
Slika 35. Potenciometar.....	35

# 1. UVOD

Zadatak ovog završnog rada sastoji se u projektiranju i implementaciji stroja za mljevenje mesa, koristeći stečeno znanje tijekom studija. Specifično, fokus će biti na razvoju sustava koji koristi elektromotor kao pogonski element, istražujući njegovo precizno reguliranje i učinkovito upravljanje. Osnovna svrha ovog projekta je smanjenje ljudskog napora tijekom procesa mljevenja mesa, što je u skladu s osnovnim ciljevima motora i kontinuiranim tehnološkim napretkom u području elektromotora. Cilj je stvoriti inovativno rješenje koje će optimizirati proces mljevenja mesa, čime će se postići ne samo poboljšana učinkovitost, već i smanjenje troškova i očuvanje resursa. Ovaj rad detaljno će istražiti karakteristike elektromotora, posebice one povezane s njihovom primjenom u industrijskim procesima mljevenja mesa. Analizirat će se različite metode reguliranja elektromotora, kako bi se postigla optimalna radna učinkovitost stroja. Kroz opsežnu literaturnu analizu i eksperimentalna ispitivanja, ovaj rad će pridonijeti razumijevanju optimalnih tehnoloških rješenja za stroj za mljevenje mesa pogonjen elektromotorom. Cilj je stvoriti sustav koji ne samo da odgovara trenutnim potrebama industrije, već predviđa i buduće zahtjeve, pružajući inovativno rješenje u području automatizacije i poboljšane produktivnosti.

## 2. POVIJEST AKTUATORA

Aktuator u području upravljačke i regulacijske tehnike, mehatronike, robotike i sličnih disciplina predstavlja uređaj koji reagira na upravljački signal kako bi pokretao ili mijenjao položaj određenih dijelova sustava, stvarao gibanje, razvijao silu ili moment koji dijelovi sustava primjenjuju na svoju okolinu. Aktuatori su ključni za dinamičko upravljanje i regulaciju sustava te se koriste u raznim područjima.

U prapovijesti, ljudi su koristili jednostavne mehaničke uređaje, poput poluge i kotača, za obavljanje osnovnih zadataka. Ti primitivni mehanizmi predstavljaju rane oblike aktuatora, omogućavajući pretvaranje ljudske snage u korisni mehanički pokret. S razvojem industrijske revolucije tijekom 18. i 19. stoljeća, nastao je nagli napredak u mehaničkim sustavima. Uobičajeni su postali parni strojevi i hidraulički sustavi, s sofisticiranijim aktuatorima koji omogućavaju preciznije i snažnije pokrete. Parni pogoni, primjerice, koristili su parne cilindre kao aktuatore za pokretanje strojeva. U 20. stoljeću, električni aktuatori postaju ključni s razvojem električnih motora i tehnologija poput piezo-električnih materijala. Oni postaju neizostavni u područjima kao što su industrija, zrakoplovstvo i robotika. Unapređenjem elektronike i kontrolnih sustava tijekom drugog dijela 20. stoljeća, postignuto je preciznije upravljanje aktuatorima. Pojava mikrokontrolera, senzora i sustava za povratnu informaciju značajno je poboljšala učinkovitost i preciznost aktuatorskih sustava. Danas, suvremeni aktuatori integrirani su u širok spektar uređaja, uključujući automobile, industrijske robote, medicinsku opremu i pametnu kućnu tehniku. Koristeći napredne materijale i tehnologije, ovi aktuatori pružaju visoku učinkovitost, brzinu i preciznost u različitim aplikacijama.

### 3. PODJELA AKTUATORA S OBZIROM NA GIBANJE

#### 3.1. Linearni aktuator

Linearni aktuatori su uređaji koji pretvaraju energiju u pravocrtna gibanja, često se koristeći za aplikacije pozicioniranja. Ovi aktuatori obično imaju sposobnost izvođenja funkcija guranja i povlačenja. Važno je napomenuti da linearni aktuatori mogu biti koncipirani i bez potrebe za električnim napajanjem, omogućujući ručno upravljanje pomoću rotirajućeg gumba ili ručnog kotača (npr. kotač za pomicanje uzdužnog prijenosa kod tokarilice). [1]



Slika 1. Linearni aktuator [10]

#### 3.2. Rotacijski aktuator

Rotacijski aktuator pretvara energiju kako bi omogućio rotacijsko gibanje. Najjednostavniji aktuator je čisto mehanički, gdje rotacija proizlazi iz linearnog kretanja u jednom smjeru (npr. kuglasti ventili ili leptir ventili). Pokret proizveden od strane aktuatora može biti ili kontinuirana

rotacija, kao kod električnog motora, ili kretanje prema fiksnoj kutnoj poziciji, kao kod servomotora i korak motora.



Slika 2. Rotacijski aktuator [11]



## **4. PODJELA S OBZIROM NA VRSTU ULAZNE ENERGIJE**

Raznolikost tipova aktuatora proizlazi iz njihovih jedinstvenih karakteristika koje mogu pružiti različite prednosti i izazove u različitim primjenama. Uobičajeno klasificirani prema vrsti ulazne energije koju koriste, aktuatori su ključni u brojnim industrijskim i tehnološkim okruženjima. Odabir odgovarajućeg aktuatora za određenu primjenu ovisi o širokom spektru faktora, uključujući potrebnu snagu, preciznost, brzinu, kao i aspekte instalacije i održavanja. Ova raznolikost i prilagodljivost čine aktuatore ključnim elementom za postizanje učinkovitosti i funkcionalnosti u mnogim sustavima diljem industrijskih sektora.

### **4.1. Električni aktuator**

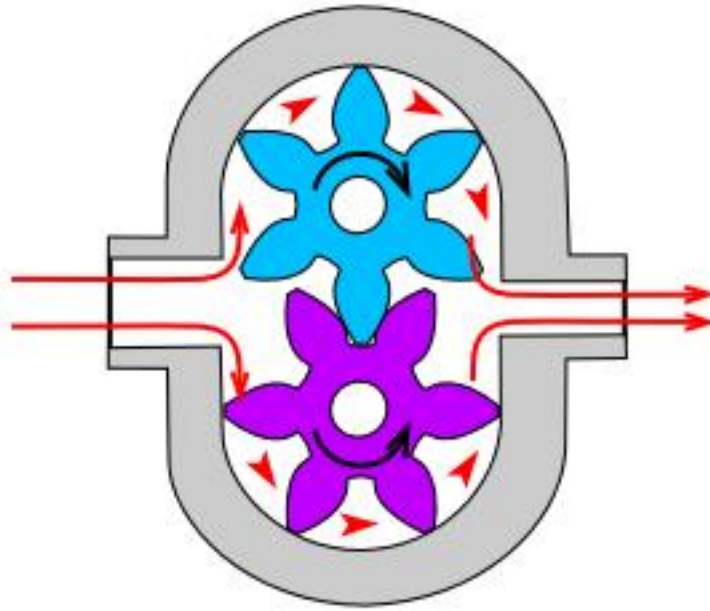
Električni aktuatori predstavljaju ključnu kategoriju aktuatora koja koristi električnu energiju za stvaranje pokreta ili sile. Oni su izrazito fleksibilni i često korišteni u raznolikim aplikacijama, uključujući industrijske, komercijalne, medicinske i kućanske uređaje. Glavna prednost električnih aktuatora leži u njihovoj sposobnosti pružanja visoke preciznosti, kontrole i pouzdanosti u pokretanju mehanizama. Električni aktuatori kao primjeri mogu biti: električni motori, korak motori, servomotori i elektromagnetski aktuatori. Prednosti električni aktuatora su: energetski učinkoviti sustavi, nema curenja fluida, kontrola i instalacija je jednostavna, lagano održavanje i imaju dug vijek trajanja. [2]



Slika 3. Električni aktuator

#### **4.2. Hidraulički aktuatori**

Hidraulički aktuatori se sastoje od cilindra ili hidrauličkog motora koji koristi energiju hidraulike za izvođenje mehaničkih pokreta. Oni mogu osigurati linearna ili rotacijska gibanja, ovisno o konstrukciji. Hidraulički aktuatori koriste nestlačive tekućine, poput hidrauličkih ulja, koja se pumpaju u cilindar kako bi se primijenila snaga na klip. Povećanjem tlaka tekućine unutar cilindra mogu se prilagoditi brzina i sila koja se primjenjuje. Hidraulički aktuatori su jedan od najstarijih tipova aktuatora, koji se i danas široko koriste zbog svoje pouzdanosti i snage. Izrazito se koriste u građevinskoj industriji i nalazimo ih i u kočnicama naših vozila ili sustavima ovjesa. Prednosti ovih aktuatora su: visoka snaga, mala veličina, niska brzina, dug vijek trajanja.



Slika 4. Zupčasti hidraulični motor sa vanjskim ozubljenjem [12]

### 4.3. Pneumatski aktuator

Pneumatski aktuator pretvara komprimirani zrak u linearno ili rotacijsko mehaničko gibanje. U industriji pneumatski aktuatori imaju više različitih naziva kao što su pneumatski cilindri, zračni cilindri i zračni aktuatori; koji su sve jedno te isto. Prednosti pneumatskih aktuatora s obzirom na alternativne pokretače, svode se na pouzdanost i na sigurnosne aspekte. Ne zahtijevaju paljenje i struju zato su ovi aktuatori korišteni u situacijama gdje se izgaranje ne tolerira. Zbog toga što pneumatski aktuator može pohraniti komprimirani zrak i ponovo ga učinkoviti koristiti. Pneumatski aktuatori su izdržljivi i zato smanjuju troškove za održavanje pa imaju dulji vijek trajanja. [3]



Slika 5. Pneumatski dvoradni cilindar [13]

#### 4.4. Magnetski aktuatori

Magnetski aktuatori su ključni elementi u različitim sustavima gdje je potrebna precizna kontrola pokreta ili sile. Ovi aktuatori koriste magnetsku energiju za generiranje pokreta ili sile te se koriste u širokom spektru industrijskih, komercijalnih, medicinskih i konzumerskih sustava. Primjeri uključuju elektromagnetske ventile za kontrolu protoka fluida, elektromagnetske zvučnike u audio sustavima, magnetske aktuatore u medicinskim uređajima poput MRI-a te elektromagnetske aktuatore u raznim elektromehaničkim sustavima kao što su elektromagnetski releji, senzori i brave. Prednosti magnetskih aktuatora uključuju preciznu kontrolu pokreta ili sile, brzu reakciju, nema potrebe za mehaničkim kontaktom (nema habanja) i tihi rad.

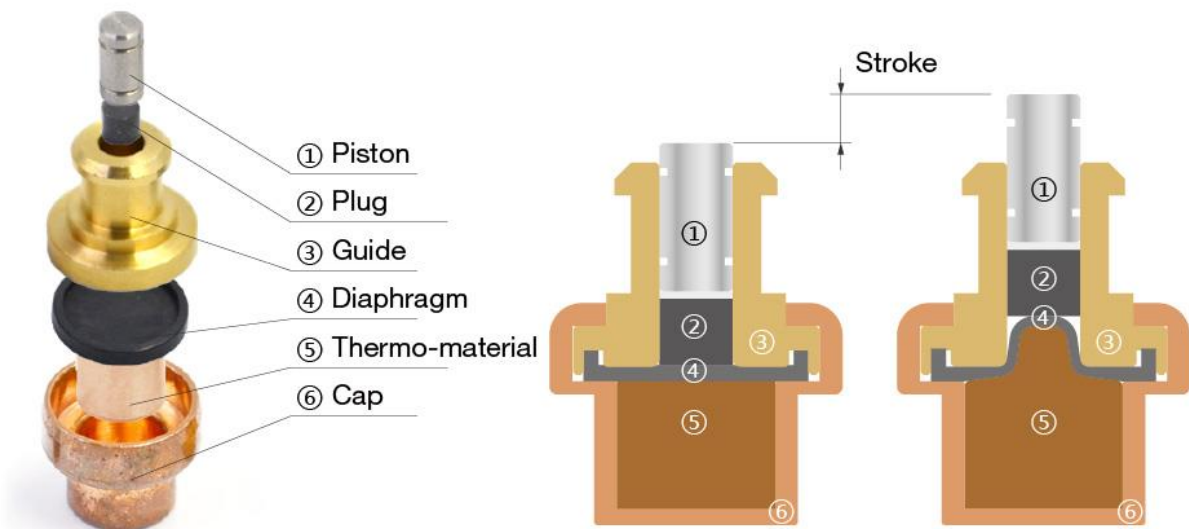


Slika 6. Elektromagnetski ventil [14]

#### **4.5. Mehanički aktuatori**

Mehanički aktuatori su uređaji koji pretvaraju mehaničku energiju u korisni pokret ili silu. Oni se koriste u raznim oblicima, pružajući jednostavno, ali učinkovito rješenje za izvođenje mehaničkih radnji. Koriste se za povećanje momenta ili snage izlaza ili čak za pretvaranje linearnog gibanja u rotacijsko ili obrnuto. Ovi aktuatori obično koriste mehaničke komponente poput poluga, vijaka, kotača ili klipova kako bi generirali pokret ili silu. Prednosti mehaničkih aktuatora uključuju jednostavnu konstrukciju, pouzdanost, te relativno niske troškove održavanja. Međutim, oni obično zahtijevaju mehanički kontakt između komponenata, što može dovesti do habanja i potrebe za redovitim održavanjem. Unatoč tome, mehanički aktuatori i dalje su široko korišteni u mnogim aplikacijama zbog svoje jednostavnosti i pouzdanosti.

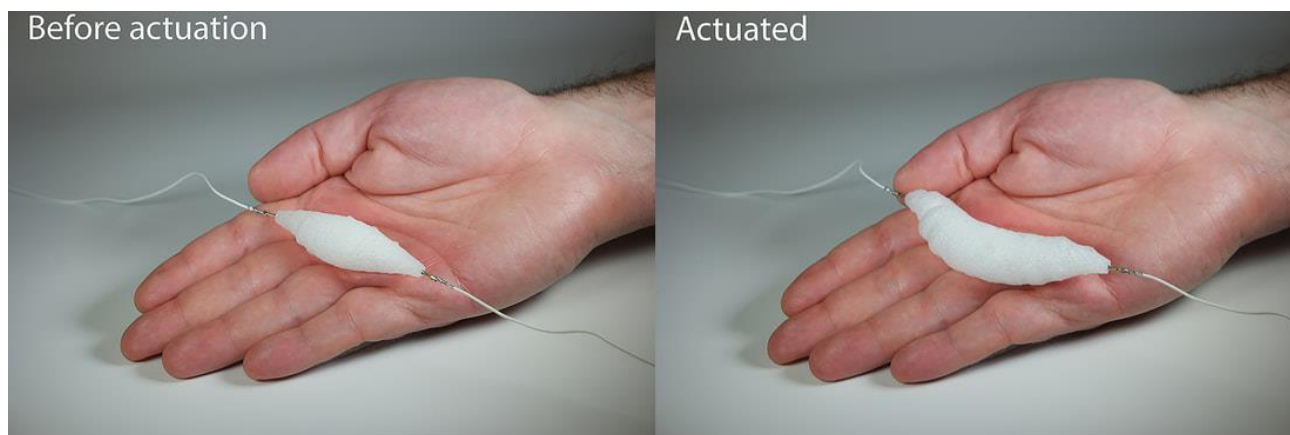




Slika 8. Termalni aktuator [16]

#### 4.7. Mekani (soft) aktuatori

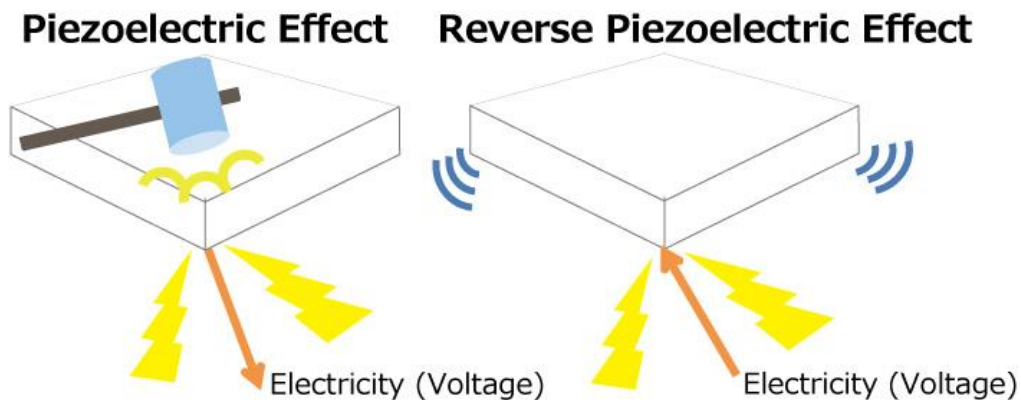
Mekani aktuatori predstavljaju inovativnu vrstu aktuatora koja se koristi u suvremenim tehnološkim sustavima. Za razliku od klasičnih, često tvrdih aktuatora, mekani aktuatori koriste elastične materijale poput gume ili polimera kako bi generirali pokrete ili sile. Njihova fleksibilnost omogućuje preciznije i prilagodljivije pokrete, što ih čini idealnim za upotrebu u područjima poput medicinskih uređaja, robotske asistencije i nosive tehnologije. Ovi aktuatori imaju sposobnost oponašanja prirodnih pokreta ljudskog tijela, pružajući tako veću udobnost i interakciju s korisnicima. [4]



Slika 9. Električno pokretani umjetni mišić [17]

#### 4.8. Piezoelektrični aktuator

Piezoelektrični efekt je pojava kod koje se u slučaju pritiska na piezoelektričnom materijalu pojavljuje razlika potencijala (naziva se pozitivni piezoelektrični učinak), i naprotiv, ako se primijeni napon, proizvest će mehaničko naprezanje (tzv. Inverzni piezoelektrični efekt). Piezoelektrični materijal stvara električna polja usred mehaničke deformacije i obrnuto. Kada se piezoelektrični materijal primijeni u aktuatoru, primjena električnog napona rezultira fizičkim pomakom ili deformacijom materijala, što omogućuje precizne i brze pokrete. Piezoelektrični aktuatori koriste se u raznim aplikacijama poput finih pomičnih uređaja, akustičnih pretvarača, mikropozicioniranja i ultrazvučnih sustava.



Slika 10. Piezoelektrični efekt i obrnuti piezoelektrični efekt [18]

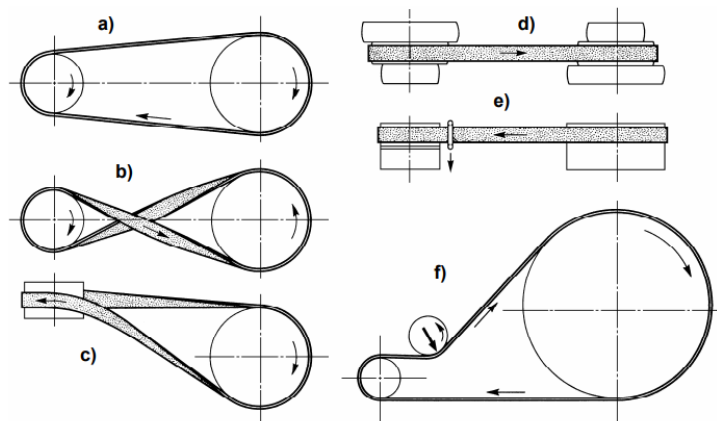


## 5. REMENSKI PRIJENOS

Remenski prenosi omogućavaju prijenos i transformaciju gibanja i okretnog momenta između osovine koje su udaljene jedna od druge. Kada je u pitanju tehnika prijenosa snage ili gibanja, prijenosi se mogu klasificirati prema načinu prijenosa: oni koji prenose snagu trenjem (poput plosnatih i klinastih remenskih prijenosa) i oni koji prenose snagu oblikom (poput zupčastih remenskih prijenosa).

### 5.1. Vrste remenskih prijenosa

- a) Otvoreni remenski prijenos
- b) Križni remenski prijenos
- c) Polukrižni remenski prijenos
- d) Prijenos stupnjevanim remenicama otvoreni ili križni
- e) Prijenos pomoću pogonske i slobodne (jalove) remenice,
- f) Remenski prijenos pomoću zatezne remenice [5]

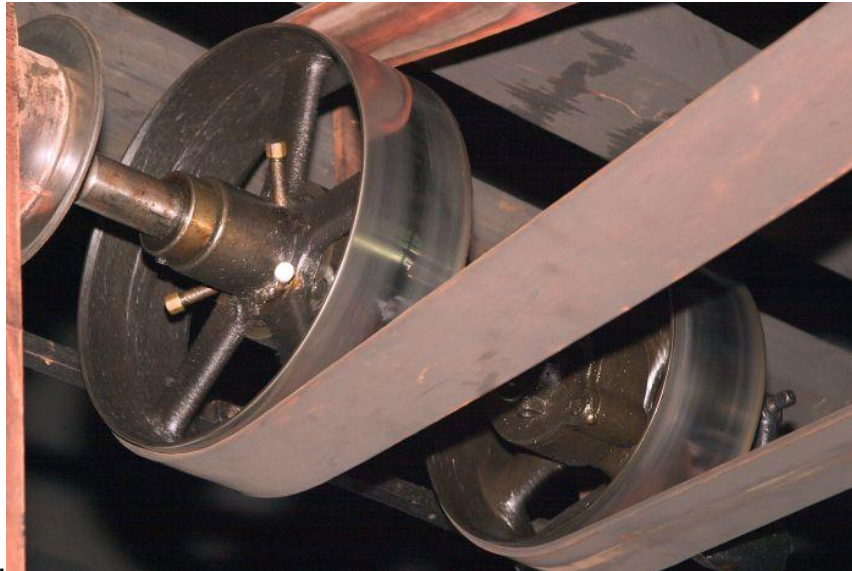


Slika 11. Vrste remenskih prijenosa [19]

## 5.2. Vrste remena

### 5.2.1. Plosnati remen

Plosnati remenski prijenos: U ovom tipu prijenosa, remen je ravna traka koja se obmotava oko zupčanika ili remenica na osovinama. Prijenos snage se obavlja trenjem između površine remena i površine zupčanika/remenice



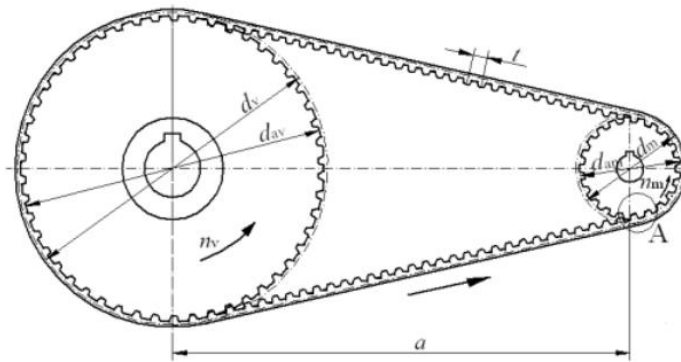
Slika 12. Plosnati remenski prijenos [20]

### 5.2.2. Klinasti remen

Klinasti remenski prijenos: Klinasti remeni imaju klinasti profil, što omogućava bolje prijanjanje i ravnomjerniju raspodjelu opterećenja. Ovi remeni su pogodniji za prijenos većih snaga i često se koriste u teškim industrijskim aplikacijama.

### 5.2.3. Zupčasti remen

Zupčasti remenski prijenos: U zupčastim remenskim prijenosima, remen ima zupčasti profil duž unutrašnje površine koji se točno uklapa u zube na zupčanicima. Ovaj tip prijenosa omogućava točno i precizno prenošenje snage, što je korisno u sustavima koji zahtijevaju sinkronizirano kretanje.



Slika 13. Zupčasti remenski prijenos [21]

### 5.3. Remenice

Remenice nam služe za prijenos gibanja pomoću remena sa jedne remenice na drugu. Odabrane su klinaste remenice jer se one koriste u sustavima s većim opterećenjima, dok se plosnate remenice koriste u sustavima s manjim opterećenjima i većim brzinama. Klinaste remenice imaju utor u obliku slova "V" u koji se uklapa klinasti remen. Profil remenice i remena osigurava veće trenje i bolji prijenos snage.



Slika 14. Remenski prijenos

Odabiremo:

1. klinasti remen proizvođača DAYCO 10A0600C

Dimenzije:

$$b = 10 \text{ mm}$$

$$h = 8 \text{ mm}$$

$$L_a = 600 \text{ mm}$$

2. Remenica (na motoru)

Dimenzije:

$$b = 10 \text{ mm}$$

$$t = 17 \text{ mm}$$

$$h_w = 13 \text{ mm}$$

$$d_w = 42 \text{ mm}$$

3. Remenica (na reduktoru)

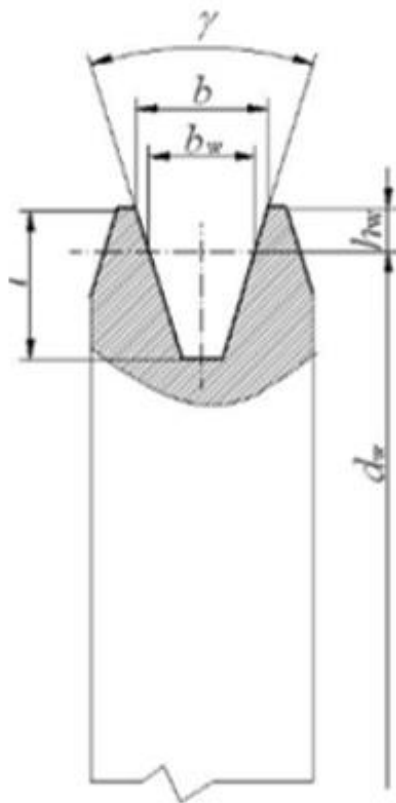
Dimenzije:

$$b = 10 \text{ mm}$$

$$t = 10 \text{ mm}$$

$$h_w = 4 \text{ mm}$$

$$d_w = 54 \text{ mm}$$



- $b$  - gornja širina profila
- $b_w$  - računski širina profila
- $h_w$  - udaljenost neutralnog sloja remena
- $t$  - dubina žlijeba remenice
- $\gamma$  - kut klina remenice ( $32^\circ, 34^\circ, 36^\circ$  ili  $38^\circ$ )
- $d_w$  - računski promjer remenice
- $e_1$  - korak žljebova remenice
- $e_2$  - udaljenost do ruba remenice
- $B$  - širina vijenca remenice
- $z$  - broj žljebova remenice

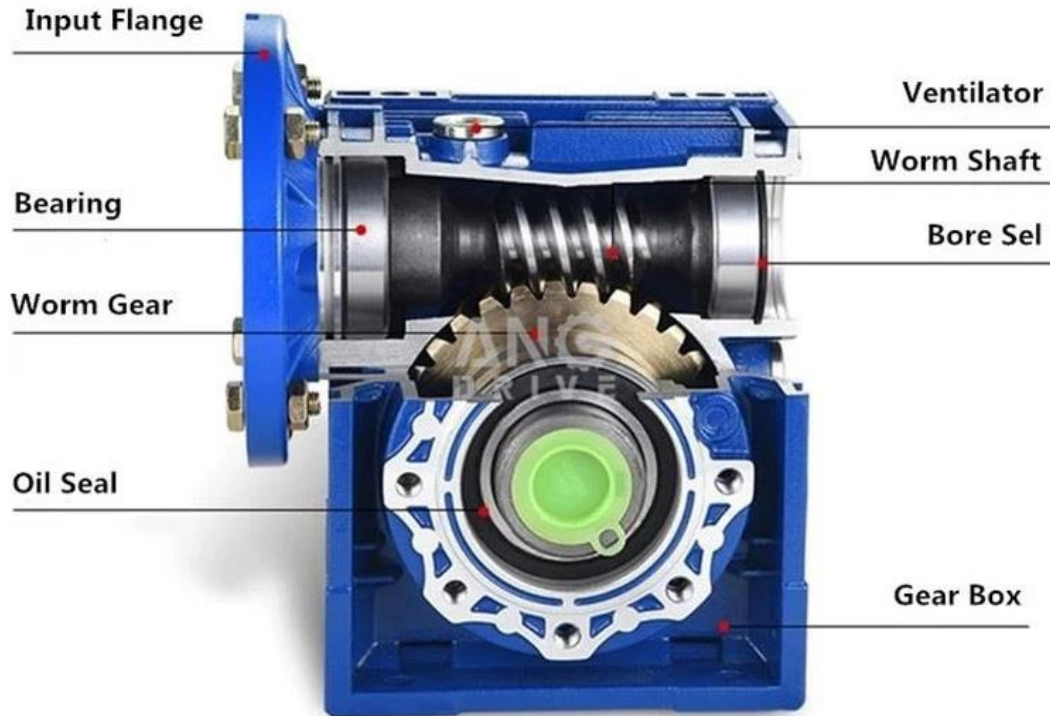
Slika 15. Mjere remenica [22]

## 6. REDUKTOR

Reduktor je uređaj koji se koristi za smanjenje brzine vrtnje pogonskog vratila, radnog vretena i slično, pri čemu se brzina vrtnje pogonskog stroja ili motora ne mijenja. On se ugrađuje između motora i radnog dijela nekog stroja, vozila ili slično, kako bi se brzina vrtnje alata, pogonskih osovina i drugih elemenata prilagodila potrebnom režimu rada.

Reduktori se sastoje od specifičnih dijelova, kao što su zupčanici ili remenje, koji omogućavaju prijenos snage i gibanja. Prijenosni omjer kod reduktora je veći od jedan, što znači da se brzina vrtnje smanjuje u odnosu na brzinu vrtnje ulaznog vratila. Ovaj princip omogućava prilagođavanje brzine vrtnje na način koji odgovara zahtjevima i karakteristikama konkretnog sistema. [6]

### 6.1. Pužni reduktor



Slika 16. Pužni reduktor [23]

Pužni reduktori imaju nekoliko prednosti u odnosu na ostale vrste reduktora. Njihova efikasnost proizlazi iz jedinstvenih karakteristika ovog tipa reduktora:

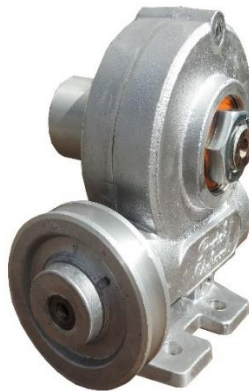
1. Izuzetno veliki odnos smanjenja: Pužni reduktori omogućavaju visok odnos smanjenja brzine uz minimalni napor. To znači da mogu dramatično smanjiti brzinu rotacije izlaznog vratila u odnosu na ulazno vratilo, čime se prilagođavaju potrebama sistema.
2. Pouzdanost i smanjena osjetljivost na kvarove: Pužni reduktori imaju manje pokretnih komponenata u usporedbi sa drugim vrstama reduktora, što smanjuje mogućnost kvarova i održavanje ih čini jednostavnijim.
3. Jednosmjernost: Jedna od karakteristika pužnih reduktora je nemogućnost okretanja smjera snage. Ova svojstva čine ih idealnim za primjene gdje je bitno da se snaga prenosi samo u jednom smjeru. Nije moguće da zupčanik pokrene pužnu osovinu.

## 6.2. Reduktor za mesoreznicu

Reduktor korišten u završnome radu je veličine R32 namijenjen za korištenje mesoreznice R32 pomoću električne bušilice snage min. 300W ili elektromotora snage min. 500W.

Prijenosni omjer je 1:26.

Težina: 1.8 kg



Slika 17. Reduktor za mesoreznicu [24]

## 7. MULTIPLIKATOR

Multiplikator je uređaj koji se koristi za povećanje brzine vrtnje pogonskog vratila, radnog vretena i slično, pri čemu se brzina vrtnje pogonskog stroja ili motora ne mijenja. Pretežno se to ostvaruje zupčanim prijenosom sa stalnim ili promjenljivim prijenosnim omjerom (prijenos, mehanički), pa se multiplikator konstruktivno gotovo jednako izvodi kao i reduktor. Primjenjuje se kod ventilatora, aksijalnih kompresora i drugih strojeva s većim brojem okretaja nego što ga ima pogonski stroj.



Slika 18. Multiplikator za traktor [25]



## 8. IZRADA STROJA

Stroj pogonjen elektromotorom je izrađen unutar dimenzija 30x60 cm i težine 27.5kg. Za izradu stroja korištena je drvena ploča, elektromotor, remenski prijenos, grebenasta sklopka, reduktor i mašina za mljevenje mesa.



Slika 19. Mašina za mljevenje mesa pogonjena elektromotorom

## 8.1. Specifikacije motora

Elektromotor je jednofazni asinkroni motor izrađen od strane tvrtke Sever.



Slika 20. Natpisna pločica

1. **Nazivna snaga:** 0.5 kW
2. **Nazivni napon:** 220 V
3. **Nazivna struja:** 2.2 Ampera (izmjereno strujnim klještima)
4. **Nazivna brzina vrtnje:** 1300 RPM
5. **Tip motora:** jednofazni
6. **Nazivna frekvencija:** 50 Hz
7. **Nazivni faktor snage:**  $\cos \varphi 0.9$

## 9. ELEKTROMOTOR

Elektromotor je uređaj koji pretvara električnu energiju u mehaničku energiju. Kada električna struja prođe kroz namotaje ili provodnike u motoru, stvara se magnetsko polje koje uzrokuje okretni moment na rotoru motora, što rezultira vrtnjom.

### 9.1. Podjela elektromotora

Elektromotore dijelimo

#### 1. Prema principu rada:

Asinkroni motori: Ključna karakteristika je razlika između brzine vrtnje rotora i brzine okretanja statorskog polja, nazvana klizanje. Rotor kasni za statorskim poljem.

Sinkroni motori: Održavaju konstantnu brzinu vrtnje, koja je sinkronizirana s frekvencijom napajanja. Ovi motori se ističu po svojoj sposobnosti održavanja stabilne brzine bez obzira na promjene u opterećenju ili uvjetima rada.

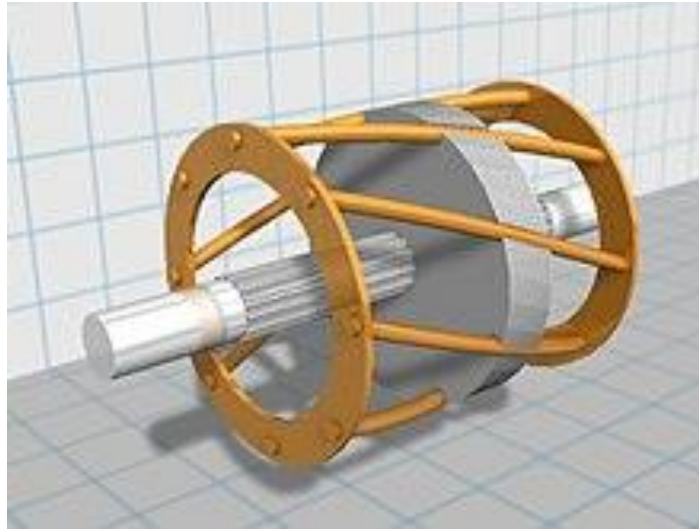
#### 2. Prema broju faza:

Jednofazni motori: Koriste se kad je dostupna samo jedna faza napajanja. Često su prisutni u kućanskim aparatima i manjim industrijskim uređajima.

Trofazni motori: Ovi motori koriste tri faze napajanja i koriste se u raznim industrijskim aplikacijama zbog svoje visoke snage i efikasnosti.

#### 3. Prema vrsti rotora:

Kavezni rotor: Ovi motori imaju rotor sa kavezom od vodiča koji su kratko spojeni na krajeve rotora (prstene) i tako čine višefazni rotorski namot. To ih čini efikasnim i pouzdanim. Jeftini su, pa se često koriste u industriji.



Slika 21. Kavezni rotor [26]

Klizno kolutni rotor: Ovi motori imaju rotor sa namotanim vodičima koji omogućavaju kontrolu brzine i okretnog momenta. Kliznokolutni motor sadrži na svom rotoru raspoređen višefazni namot, obično trofazni. Počeci namota obično su spojeni u zvijezdu, dok su krajevi povezani s kliznim kolutima. Preko spoja kliznih koluta i četkica, moguće je dodati dodatni otpor u seriju sa svakom fazom rotora. Manje se koriste u industriji od kaveznih.



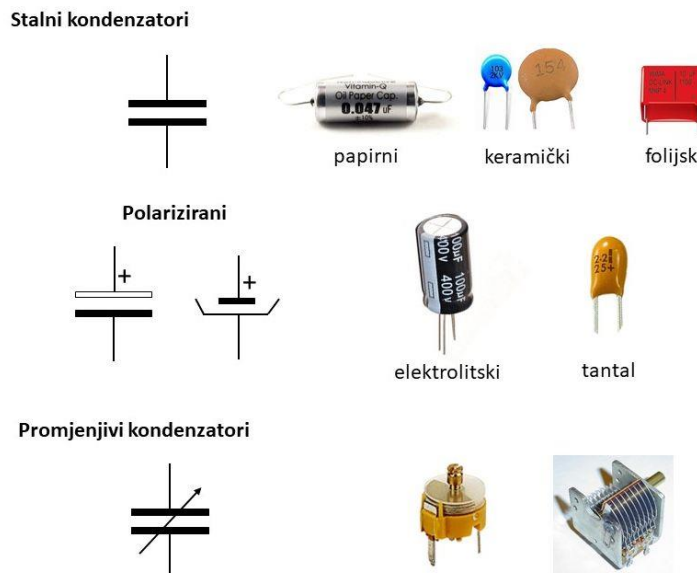
Slika 22. Klizno kolutni rotor [27]

Odabrani elektromotor u završnome radu je jednofazni asinkroni kavezni motor.

## 10. KONDENZATOR

Električni kondenzator je komponenta električnog strujnog kruga koja ima osnovno svojstvo skladištenja energije u obliku električnog naboja. Ovo se postiže primjenom električnog napona između dviju vodljivih ploha, poznatih kao elektrode ili kondenzatorske ploče, koje su međusobno odvojene nevodljivim slojem, poznatim kao izolator.[7] Ovo osnovno svojstvo koje kondenzator ima naziva se električni kapacitet koji se mjeri u faradima (F). Kondenzatori imaju široku primjenu u električnim i elektroničkim uređajima poput filtera, oscilatora, napajanja, audio uređaja, komunikacijske opreme te u mnogim drugim elektroničkim sklopovima. Kod upotrebe elektromotora mogu se koristiti startni i radni kondenzator ili radni kondenzator.

Startni kondenzatori se koriste za pokretanje elektromotora koji imaju poteškoća u pokretanju ili zahtijevaju dodatni impuls snage pri pokretanju. Oni imaju veći kapacitet od radnih kondenzatora i obično se isključuju iz strujnog kruga nakon što se motor pokrene. Startni kondenzatori mogu biti elektrolitski, tantalni ili drugi tipovi kondenzatora visokog kapaciteta. [8]



Slika 23. Vrste kondenzatora [28]

Radni kondenzatori se koriste za poboljšanje performansi elektromotora tijekom rada. Njihova uloga je stvaranje faznog pomaka kako bi motor održao svoj radni okretni moment. Radni kondenzatori imaju manji kapacitet jer su namijenjeni održavanju performansi motora tokom normalnog rada i dizajnirani su da ostanu uključeni tokom cijelog vremena rada motora. Radni kondenzatori mogu biti elektrolitski, polipropilenski ili drugi tipovi kondenzatora koji imaju kapacitet prilagođen potrebama motora.

Na elektromotoru korištenom u završnome radu koristi se radni kondenzator električnog kapaciteta  $16\mu\text{F}$  i napona  $380\text{V}$ .



Slika 24. Radni kondenzator

Izvor: Autor

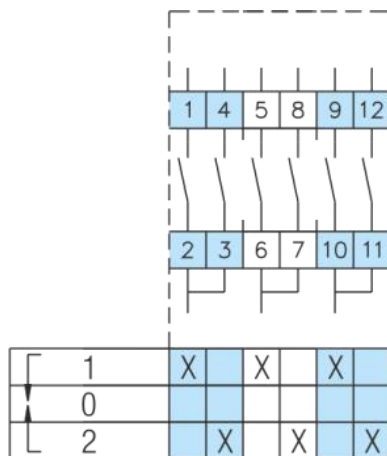
## 11. GREBENASTA SKLOPKA

Grebenasta sklopka (1-0-2) je tip prekidača koji ima pokretni dio s zubima, koji se naziva greben, i fiksni dio s kontaktima koji se mogu otvoriti ili zatvoriti kada se greben pomakne. Pomicanjem grebena, kontakti se aktiviraju ili deaktiviraju, omogućujući kontrolu protoka električne struje kroz krug.



Slika 25. Grebenasta sklopka

Shema spoja prikazuje na koji način prekidač funkcioniра, u kojemu položaju prekidač spaja kontakte i koji utori su kratko spojeni.

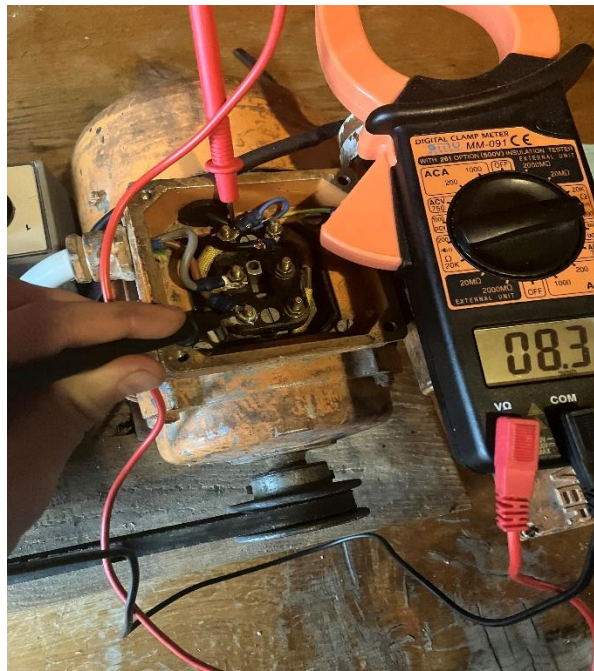


Slika 26. Shema grebenaste sklopke

## 12. PROMJENA SMJERA VRTNJE ELEKTROMOTORA

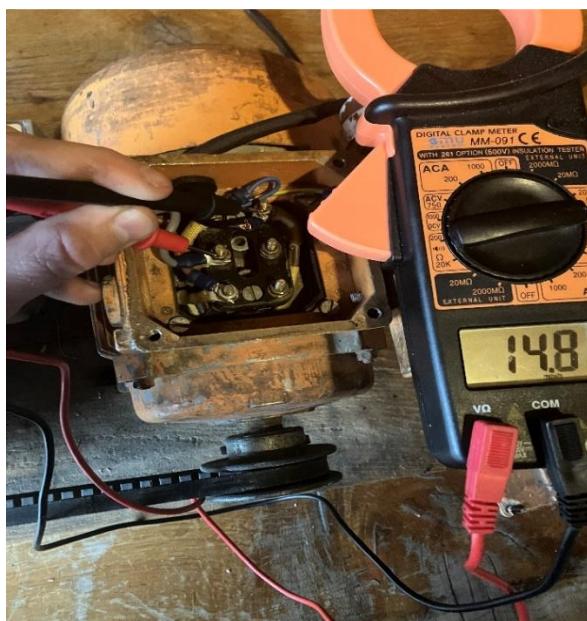
### 12.1. Utvrđivanje glavnog i pomoćnog namotaja

Kako bi utvrdili o kojem namotaju je riječ mjernim univerzalnim instrumentom multimetrom smo mjerili otpor na pločici (klembertu) između namotaja kako bi utvrdili o kojem namotaju je riječ. Glavni namotaj ima manju otpornost koja iznosi  $8.3 \Omega$  dok pomoćni namotaj ima veću otpornost koja iznosi  $14.8 \Omega$ .



Slika 27. Mjerenje otpora glavnog namotaja

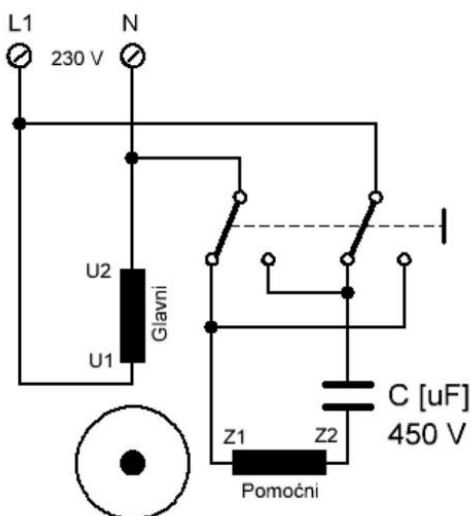




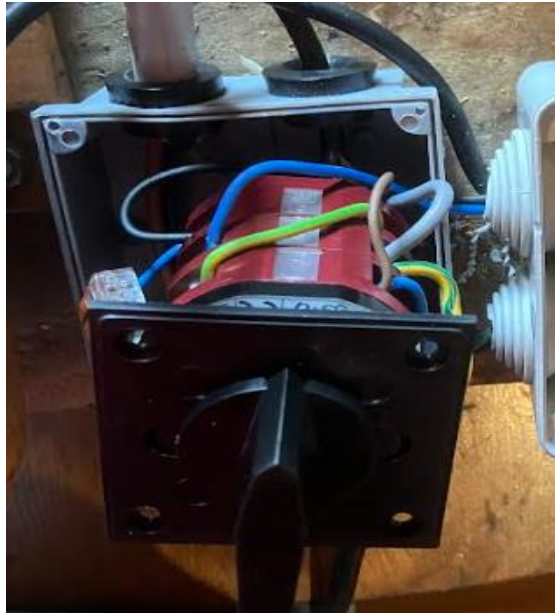
Slika 28. Mjerenje otpora pomoćnog namotaja

## 12.2. Spajanje elektromotora

Rotacija jednofaznog elektromotora postiže se dovodom faznog napona na jednu stranu pomoćnog namotaja za određeni smjer. Kada se fazni napon preusmjeri pomoću grebenaste sklopke na drugu stranu pomoćnog namotaja, smjer rotacije elektromotora se mijenja.



Slika 29. Shema spoja sa sklopkom za promjenu smjera vrtnje [29]



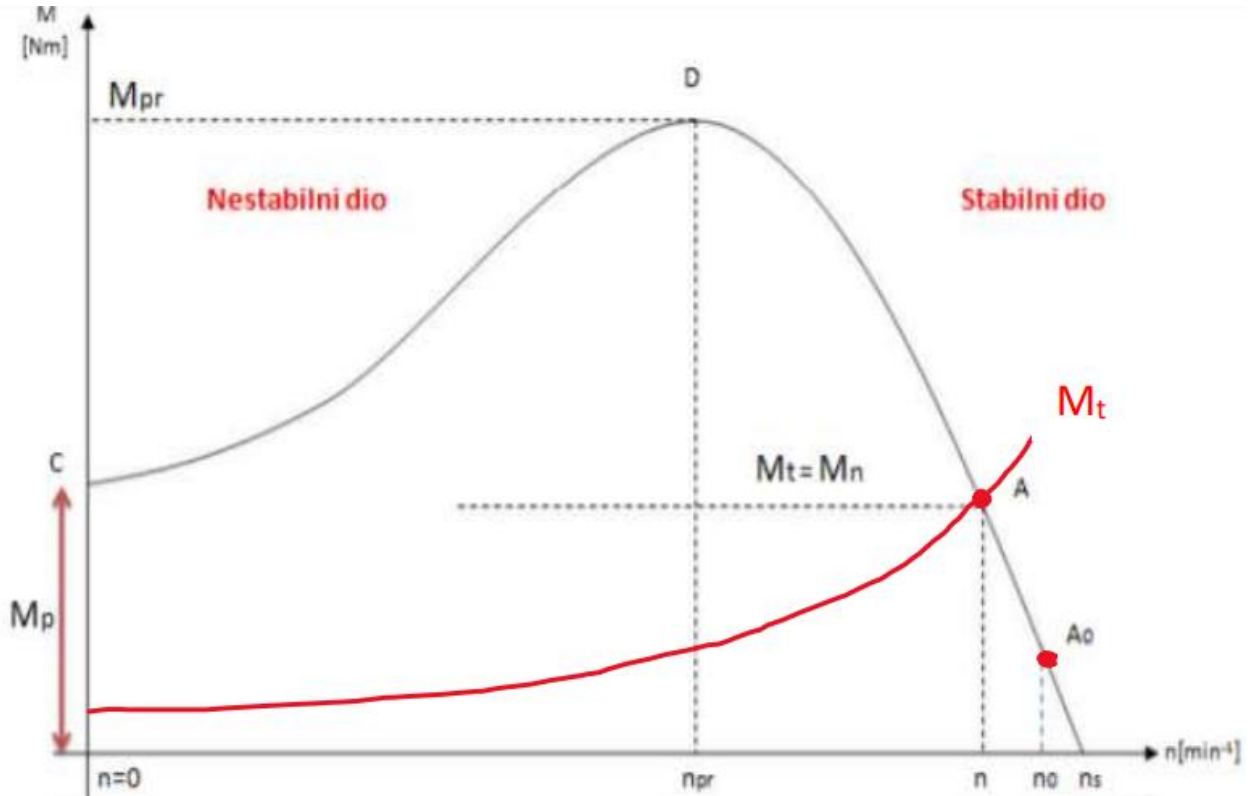
Slika 30. Spajanje elektromotora



Slika 31. Spajanje elektromotora

### 13. MOMENTNA KARAKTERISTIKA

Moment asinkronog motora ovisi o struji u rotoru, klizanju (razlici u brzini između rotora i okretnog magnetskog polja statora), obliku rotora te svojstvima materijala od kojih je izrađen. Također, moguće ga je kontrolirati promjenom napona ili frekvencije napajanja.



Slika 32. Momentna karakteristika asinkronog motora [30]

Slika prikazuje razvoj momenta vrtnje u različitim pogonskim stanjima. Početna točka je trenutak pokretanja asinkronog motora, kada je klizanje  $s = 1$  i brzina vrtnje  $n = 0$ . Tada motor razvija potezni moment  $M_p$ , koji omogućava samopokretanje u trenutku priključenja na mrežu. Kako se motor pokreće, brzina mu počinje rasti, dok klizanje opada. Ovo rezultira povećanjem momenta vrtnje sve do točke  $D$ , gdje motor postiže maksimalni moment vrtnje, nazvan prekretni moment. Nakon postizanja prekretnog momenta, asinkroni motori uvijek

rade u području brzina većih od prekretno, što je stabilno područje rada. Zatim motor prelazi u radnu točku A, gdje je brzina konstantna i jednaka nazivnoj brzini motora. U toj točki, moment tereta  $M_t$  jednak je nazivnom momentu  $M_n$ , dok je moment ubrzanja  $M_u$  nula. Nakon toga, motor prelazi u točku praznog hoda, gdje brzina raste iznad nazivne, a moment tereta je manji od nazivnog i jednak nuli, dok moment ubrzanja raste.

$M_p$  ili potezni moment - predstavlja moment koji se razvija u trenutku uključenja motora i mora biti veći od momenta tereta ( $M_t$ ).

$M_{pr}$  - označava prekretni moment, što je maksimalni moment koji motor može postići.

$n_{pr}$  - označava prekretnu brzinu, što označava brzinu do koje karakteristika motora je nestabilna.

**RADNA TOČKA:**  $M_t = M_n$ ,  $M_u=0$  treba biti u stabilnom dijelu!

## 14. REGULIRANJE BRZINE VRTNJE ELEKTROMOTORA

### 14.1. Frekventni pretvarač

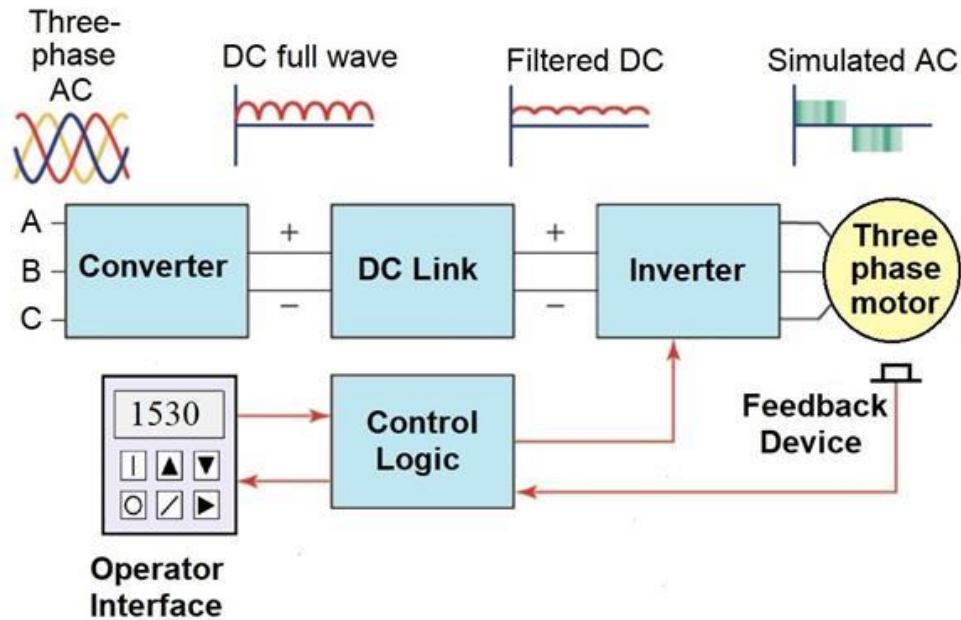
Frekventni pretvarač je najučinkovitiji način kojim možemo promijeniti brzinu vrtnje elektromotora. Mogu se koristiti za upravljanje, zaštitu, nadzor, dijagnostiku, regulaciju elektromotornih pogona i procesnih veličina. Frekventni pretvarač možemo koristiti i pomoću PLC – a. PLC obično šalje naredbe frekventnom pretvaraču putem digitalnih ili analognih signala kako bi kontrolirao brzinu ili smjer vrtnje motora povezanog s pretvaračem.

Frekventni pretvarač je uređaj za kontrolu električne energije koji koristi učinak uključivanja i isključivanja poluvodičkih energetske uređaja kako bi promijenili struji frekvenciju. Sastoji se od: ispravljača (koji pretvara izmjeničnu struju u istosmjernu), filtera, izmjenjivača (koji pretvara istosmjernu struju u izmjeničnu). Regulacija brzine elektromotora se omogućava promjenom frekvencije u statoru. [9]



Slika 33. Frekventni pretvarač [31]

Frekvencijski pretvarač funkcionira tako što je na ulazu izmjenični napon i frekvencija, te ih pretvara u istosmjerni napon korištenjem ispravljačkog mosta. Zatim koristi kondenzatore i induktore kako bi filtrirao istosmjerni napon, uklanjajući šumove i nepravilnosti signala kako bi signal bio što stabilniji. Nakon toga, pretvara istosmjerni napon natrag u izmjenični pomoću inverterskog sklopa i šalje ga motoru na željenoj frekvenciji, omogućavajući kontrolu brzine vrtnje motora.

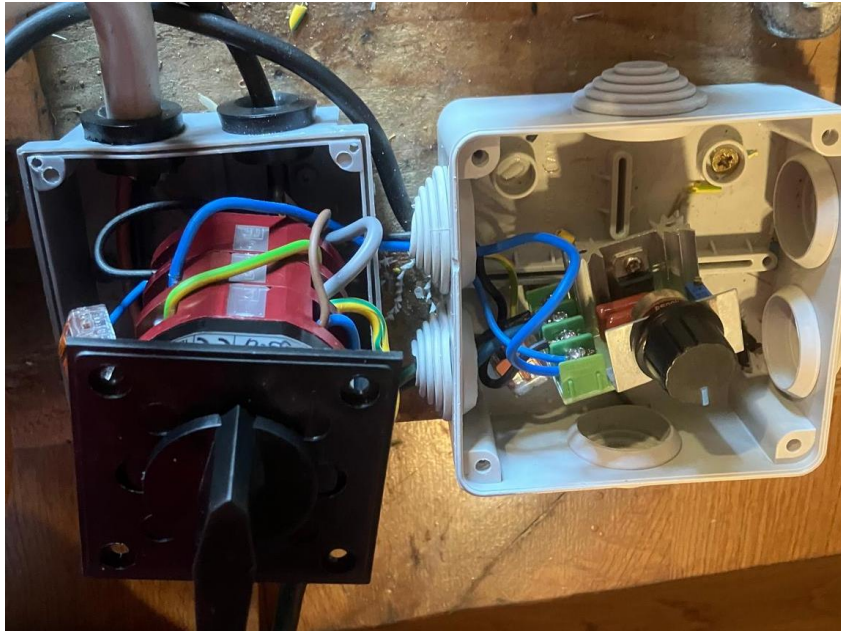


Slika 34. Prikaz rada frekventnog pretvarača [32]

## 14.2. Potencijometar

Potencijometar je elektronička komponenta koja regulira otpor u električnom krugu. Sastoji se od vodiča ili otporničke trake povezane na tri terminala. Pomicanjem klizača duž trake mijenja se dužina puta struje kroz potencijometar, što mijenja ukupni otpor između terminala. Često se koristi za kontrolu svjetline, jačine zvuka ili kao promjenjivi otpornik u elektroničkim sklopovima.

Mijenjanje brzine vrtnje izvedeno je promjenom napona i struje korištenjem potencijometra (SCR 2000W 220V), ali pokušaj nije uspio već se samo promijenila snaga i moment elektromotora. Brzina vrtnje je ostala nepromijenjena zbog toga što nije mijenjana frekvencija.



Slika 35. Potenciometar

## 15. ZAKLJUČAK

U ovom završnom radu uspješno je projektiran i implementiran stroj za mljevenje mesa koji koristi elektromotor kao pogonski element. Kroz istraživanje i eksperimentalna ispitivanja, utvrđeno je da je najefikasnija metoda za regulaciju brzine jednofaznog asinkronog motora upotreba frekventnog pretvarača. Ovaj pristup omogućuje precizno upravljanje i optimizaciju radne učinkovitosti stroja, smanjujući pritom ljudski napor i povećavajući produktivnost. Nadalje, uspješno je implementirana i promjena smjera rada stroja pomoću grebenaste sklopke, što dodatno doprinosi svestranosti i prilagodljivosti sustava. Kroz detaljnu analizu karakteristika elektromotora i različitih metoda njihove regulacije, postignut je cilj stvaranja sustava koji optimizira proces mljevenja mesa, smanjuje troškove i poboljšava ukupnu učinkovitost.



## 16. LITERATURA

- [1] Different Types of Actuators. (2021). Pristupljeno 05.04.2024. *Components101*.
- [2] *Electric actuators*. (2024.). Pristupljeno 05.04.2024. from Van Halteren Technologies:  
[https://vanhalteren.com/products/electric-actuators?gad\\_source=1&gclid=Cj0KCQjwwMqvBhCtARIsAIXsZpYDcRNb0fdcnEj5x7o63wJqGL30lfO6UbhQmP8Ag7VF3ygLeGSWWhsaAr5qEALw\\_wcB](https://vanhalteren.com/products/electric-actuators?gad_source=1&gclid=Cj0KCQjwwMqvBhCtARIsAIXsZpYDcRNb0fdcnEj5x7o63wJqGL30lfO6UbhQmP8Ag7VF3ygLeGSWWhsaAr5qEALw_wcB)
- [3] what is a pneumatic actuator. (2022. 08. 01). Pristupljeno 05.04.2024. from Wuxi Xinming: <https://hr.xmvalveactuator.com/info/what-is-a-pneumatic-actuator-73817895.html>
- [4] Aslan Miriyev, K. S. (2017. 09. 19). *Soft Actuator*. Pristupljeno 10.05.2024. from CREATIVE MACHINES LAB COLUMBIA UNIVERSITY:  
<https://www.creativemachineslab.com/soft-actuator.html>
- [5] Remenski prijenos. (n.d.). Pristupljeno 05.05.2024. from UniZD:  
[http://www.unizd.hr/Portals/1/nastmat/S\\_Elementi/REMENSKI%20PRIJENOS%20Read-Only.pdf](http://www.unizd.hr/Portals/1/nastmat/S_Elementi/REMENSKI%20PRIJENOS%20Read-Only.pdf)
- [6] Reduktor. (2013.-2014.). In *Hrvatska enciklopedija*. Leksikografski zavod Miroslav Krleža. Pristupljeno 05.10.2024. from <https://www.enciklopedija.hr/clanak/reduktor>
- [7] Električni kondenzator. (2013.-2014.). In *Hrvatska enciklopedija*. Leksikografski zavod Miroslav Krleža. Pristupljeno 05.15.2024., from <https://enciklopedija.hr/clanak/elektricni-kondenzator>
- [8] Što je kondenzator i kojih 7 vrsta postoje? (2023. 07. 22). *Dir.hr*. Pristupljeno 05.05.2024. from <https://dir.hr/sto-je-kondenzator-i-kojih-7-vrsta-postoje/>
- [9] *Frekvencijski pretvarači*. (2010., 04. 24). Pristupljeno 25.05.2024. from Automatika i procesi d.o.o.: <https://www.aip.com.hr/cesta-pitanja/4/>