

AUTOMATIZACIJA MAŠINE ZA TRANSPORT SALVETA

Milan Dobričić¹ Vukašin Stašević²

milan.dobricic@fin.kg.ac.rs , stasovp@gmail.com

REZIME

Industrijska automatizacija odnosi se na upotrebu upravljačkih sistema za rukovanje različitim vrstama mašina i procesa u više industrija, kako bi se smanjili ljudski naponi i povećala efikasnost. Cilj ovog rada je da, shodno praktičnim problemima, prikaže projektovanje i izradu mašine za automatski transport i odvajanje salveta koja će raditi potpuno automatizovano i time zameniti tim od pet ljudi koji je nekada bio neophodan za taj posao. Da bi taj posao bio uspešno obavljen potrebno je višegodišnje istraživanje i iskustvo na koji način mašina treba da radi, istražiti i izabrati neophodnu opremu i upoznati se sa njenim funkcionisanjem i na kraju zaokružiti čitav proces programiranjem i puštanjem u rad mašine.

Cljučne reči: automatizacija, projektovanje, elektro oprema.

AUTOMATIC NAPKIN TRANSPORT LINE

ABSTRACT

Industrial automatization refers to the use of control systems to operate different types of machines and processes in multiple industries to reduce human effort and increase efficiency. The purpose of this paper, according to practical problems, is to show the design and construction of a machine for automatic transport and separation of napkins that will work fully automatically and replace the team of five people that was once necessary for this work. In order for this job to be successfully done, it takes many years of research and experience on how the machine should work. To finally complete the entire process by programming and putting the machine into operation, it requires research and selection of necessary equipment, as well as becoming familiar with its functioning.

Key words: automatization, design, electrical equipment.

1. UVOD

Svet prihvata mnoštvo digitalnih tehnologija kako bi obezbedio da industrijske lokacije efikasno i nezavisno funkcionišu. Rešenja industrijske automatizacije efikasno smanjuju troškove radne snage i izdatke, povećavaju produktivnost, pružaju kvalitetne proizvode i poboljšavaju doslednost proizvoda. Po nekim definicijama, jedna od osnovnih osobina automatizacije je prodor u područje umnog rada čoveka. Opet u oblasti industrijalizacije, ovo je korak posle mehanizacije.

Automatizacija igra sve značajniju ulogu u globalnoj ekonomiji i svakodnevnom radu. Inženjeri teže da kombinuju automatizovane uređaje sa matematičkim i organizacionim alatkama, kako bi napravili složene sisteme za sve veću oblast primene. Trenutno, kod kompanija koje se bave proizvodnjom, automatizacija proizvodnje je prešla sa povećane proizvodnje i smanjenja troškova na šira pitanja, kao što su povećanje kvaliteta i fleksibilnosti u procesu proizvodnje. Staro fokusiranje na upotrebu industrijske automatizacije, samo da bi se povećala produktivnost i smanjili troškovi, ranije je bilo viđeno kao nepraktično - zato što je takođe bilo neophodno obezbediti kvalifikovanu radnu snagu koja može popravljati mašine i upravljati njima.

Na početku, troškovi automatizacije bili su visoki, dok se kompletno novim procesom zamene stari procesi proizvodnje. Međutim svi novi kontroleri, koji su glavni deo mašine, imaju mogućnost povezivanja na internet, samim tim uglavnom imaju i daljinsko servisiranje i detekciju grešaka. Automatizacija se danas uglavnom primarno primenjuje u svrhe povećanja kvaliteta u toku procesa proizvodnje, u slučajevima kada

¹ Fakultet tehničkih nauka Čačak

² ENP System d. o. o.

značajno može da poboljša kvalitet proizvoda. Na primer, automobilski i kamionski klipovi su nekada ručno ugrađivani u motore. Ovaj proces zamenjen je automatizovanim mašinskim instaliranjem, a nivo greške ručnog instaliranja koji je bio oko 1% smanjio se automatizacijom na zanemarujuću grešku po podacima na 0,00001%. Sve opasne operacije i poslovi koji su zahtevali upotrebu opasnih materija i rad sa metalima, bile su prvi kandidati za automatizaciju.

2. AUTOMATIZACIJA

Automatizacijom je pokrenuto i pitanje njenog uticaja na zapošljavanje. Početkom devetnaestog veka se pojavljuje pokret radnika protiv Žakarovih automatizovanih mašina za tkanje. Pokret se zvao ludistički. Ludistički pokret – Engleska, dobio je ime po vođi Nedu Ludu. Luditi su mašine smatrali krivcima za masovnu nezaposlenost koja je nastajala za vreme i nakon prve industrijske revolucije. Masovno su se borili protiv kapitalističkih preduzetnika tako da su od 1811. do 1816. godine, pored uništavanja mašina, rušili fabričke zgrade i podmetali požare. 1812. godine, po nekim podacima, donesen je zakon protiv ludita kojima se njihova dela kažnjavaju smrću, tako da su u nekoliko godina pogubljene čitave grupe radnika. Tokom vremena radnici su shvatili da njihov loš položaj nije zbog mašina već u načinu primene u kapitalističkom društvu.

Neki tvrde da automatizacija vodi većoj stopi zaposlenosti. Jedan autor je izneo sledeći slučaj. Sama pojava automatizacije izazvala je veliki strah. Mislilo se da će zamenjivanje radnika kompjuterizovanim sistemima dovesti do visoke stope nezaposlenosti. U stvari, upravo suprotno se često pokazalo kao tačno, npr. oslobađanje radne snage omogućilo je da više ljudi dobije poslove koji zahtevaju visoke kvalifikacije i koji su bolje plaćeni.

Neki autori gledaju dalje u budućnost. Oni misle suprotno, da je automatizacija na početku i da će se tek prikazati njen pravi uticaj. Sa jedne strane, mnogi poslovi u proizvodnji su nestali u Americi još tokom devedesetih, ali se povećala tražnja IT poslova koji su bolje plaćeni nego manufaktura, a i više visoko obrazovanih. Mnogi tvrde da automatizacija smanjuje vrednost rada kroz njegovo zamenjivanje manje skupim mašinama, ali se i slažu da sveukupni efekat ovoga na radnu snagu u celini ostaje nejasan.

Prema nekim izvorima, stopa smanjenja zapošljavanja u proizvodnji u SAD - u nije veća od svetskog proseka: 11% između 1995. i 2002. godine, a u istom periodu Kina, koja je često bila kritikovana za preuzimanje američkih poslova u proizvodnji, izgubila je 15 miliona svojih poslova u proizvodnji (oko 15% od njenog ukupnog broja) u poređenju sa dva miliona izgubljenih u SAD - u. Ako pričamo o smanjenju radne snage zbog automatizacije, postavlja se pitanje koliko je ljudi radilo kao telefonski operateri, a zamenjeni su automatskim telefonskim centralama. Možda je manje dramatično u oblasti medicine (radiologija, laboratorijske analize), čak i lekari rade sa visoko sofisticiranim robotima koji im omogućavaju da izvode operacije sa preciznošću koju poseduje veoma mali broj lekara.

3. ELEKTRO OPREMA

Kompanija u kojoj sam radio za vreme izrade projekta, „9 Septembar – Tissue Converting“, postoji 40 godina i jedan je od lidera u proizvodnji mašina za preradu papira. Kao takva je u mogućnosti i obavezi da saraduje sa renomiranim proizvođačima elektro komponenti, da bi svojim klijentima obezbedila najkvalitetniju i najpouzdaniju opremu na tržištu. Elektro komponente koje se ugrađuju na mašine su proizvođača „Eaton, Omron, Schneider Electric, Mitsubishi, Allen – Bradley, Festo“ i drugi. Obzirom da je sama mašina izuzetno velika u ovom radu će biti predstavljen jedan njen deo odnosno automatski transport i odvajanje salveta. Elektro opremu koja se koristi u projektu čine zaštitni uređaji, automatski osigurači, motorne zaštite, kontaktori, PLC, servo i koračni motori, frekventni regulatori, DC napajanja, releji kao i ostala oprema.

3.1. Automatski osigurači

Automatski osigurači, kao vid zaštite služe za pravovremeno prekidanje struje preopterećenja i kratkog spoja. Zaštitni elementi se ugrađuju samo na fazne provodnike. U konkretnom projektu smo za zaštitu provodnika i uređaja koristili automatske osigurače kompanije „Eaton“. Korišćeni su jednopolni i trolpolni automatski osigurači sa „C“ karakteristikama serije „PL6-CX/Y“ gde „PL6“ označava da osigurač ispunjava evropske standarde dok „X“ predstavlja amperažu a „Y“ označava broj polova.

3.2. Servo motori

Servo motori imaju bitnu ulogu u industrijskoj automatizaciji gdje se koriste za precizno pozicioniranje i kontrolu pokreta. Servo motor je rotacioni aktuator ili motor koji omogućava preciznu kontrolu u pogledu ugaonog položaja, ubrzanja i brzine. Servo motor radi na principu PVM (modulisanje širine impulsa), što znači da se njegov ugao rotacije kontroliše trajanjem impulsa primenjenog na njegov kontrolni pin. Servo motor se sastoji od jednosmernog motora koji se kontroliše promenljivim otpornikom (potencijometrom) i nekim zupčanicima. U osnovi, servo motor je servomehanizam zatvorene petlje koji koristi povratnu informaciju o položaju za kontrolu svog kretanja i konačnog položaja.

U ovom projektu koristićemo servo motore naizmjenične struje proizvođača „Omron“. Obzirom da imamo dva servomotora potrebna su nam dva servo drajva za upravljanje tim motorima. Servo motori nose oznake „R88M-G75030H-S2“ dok servo drajvovi imaju oznake „R88D-KN08H-ECT“ i imenovani su kao „Pogon kofica kanal 1“ i „Pogon kofica kanal 2“. Ove komponente se napajaju sa 230V AC dok je deklarirana snaga 750W. Komunikacija između servo drajvera i PLC uređaja se ostvaruje putem „EtherCAT“ mreže. Na isti način se ostvaruje i komunikacija sa ostalim elementima sistema pri čemu svi elementi imaju svoj „Nood“ tj. svoju adresu u mreži.



Slika 1 – Servo drajv „R88D-KN08H-ECT“

3.3. Koračni motori

Razvoj digitalne tehnologije upravljanja doveo je do pojave motora kojima se može neposredno digitalno upravljati bez posredstva složenih digitalno-analognih i analogno-digitalnih pretvarača. Pošto ovi motori ostvaruju diskretne, odnosno koračne mehaničke pomeraje, dobili su naziv koračni motori.

Osnovna karakteristika koračnih motora je koračni način okretanja osovine motora. Jedan obrt osovine motora sastoji se od tačno određenog broja uglovnih koraka koji opet zavise od konstrukcije motora. Pod pojmom koraka podrazumeva se pomeraj pri kome se osovina motora zaokrene za jedan koračni ugao. Koračni motori su u suštini elektromehanički pretvarači energije, koji impulsnu, odnosno koračajnu električnu pobudu pretvaraju u koračni mehanički pomeraj. Pri odgovarajućoj pobudi broj koračnih pomeraja osovine jednak je broju pobudnih impulsa. Svaki impuls pobude pomera osovinu rotora za jedan korak unapred i osovina zauzima veoma precizne položaje koji se uvek mogu ponoviti sa velikom tačnošću.

Danas se koračni motori mogu naći u mnogim upravljačkim sistemima u industriji. S obzirom na svoje konstruktivne osobine: mala inercija rotora i greška pozicioniranja nije kumulativna, ovi motori su naročito pogodni za start-stop kretanja gde se zahteva naglo ubrzanje i kočenje sa zaustavljanjem u tačnom položaju.

U ovom projektu koristićemo koračne motore proizvođača „Festo“. Koračni motor nosi oznaku „EMMS-ST-87-S-SE-G2“ dok drajver nosi oznaku „CMMT-ST-C8-1C-EC-S0“ i imenovan je kao „Pogon kljunića u kanalima 1 i 2“. Opterećenje i logičko napajanje imaju unutrašnju zaštitu od prekomerne struje tako da ne zahtevaju poseban osigurač koji bi štitio uređaj.



Slika 2 – Regulator pogona koračnog motora “CMMT-STC8-1C-EC-S0”

3.4. Frekventni regulatori

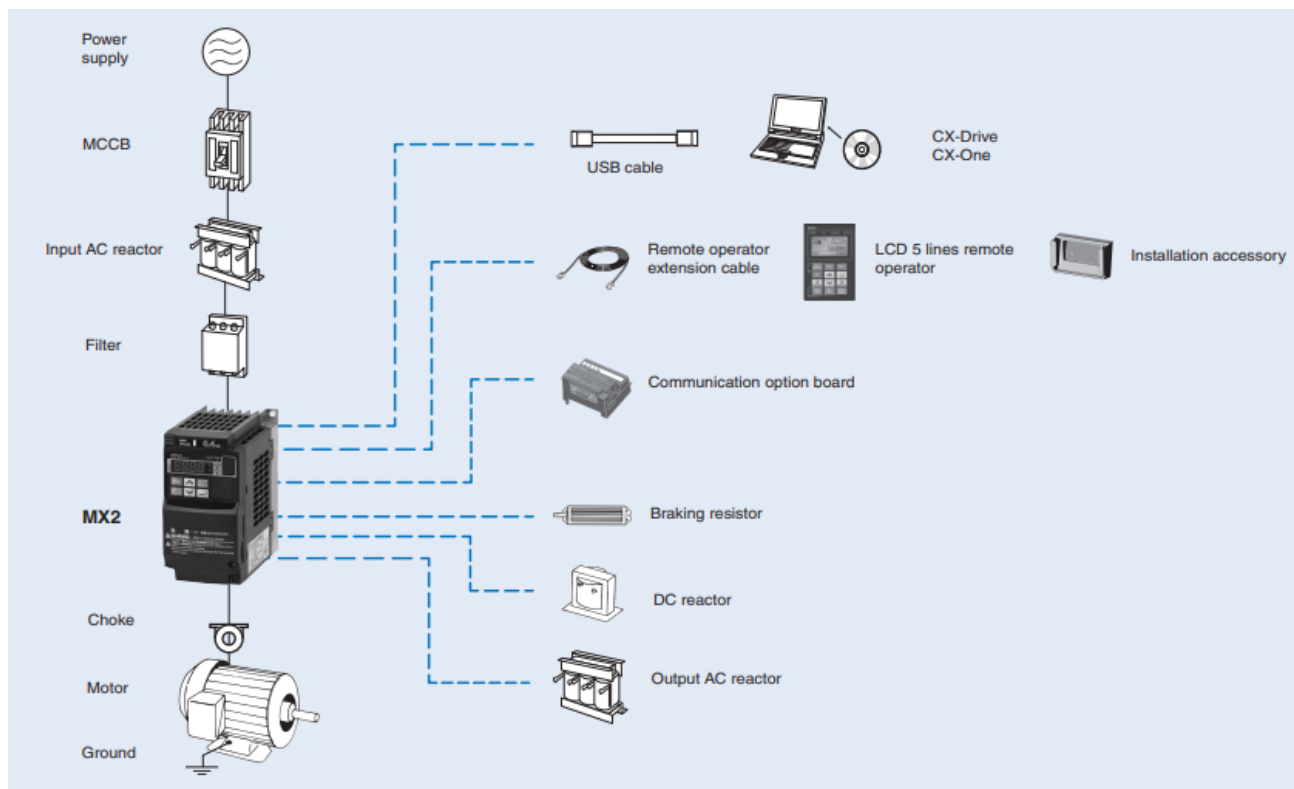
Statički frekventni pretvarači su elektronski uređaji koji omogućavaju upravljanje brzinom trofaznih motora pretvarajući mrežni napon i frekvenciju, koji su fiksne vrednosti, u promenljive veličine. Dok su principi ostajali isti mnogo toga se promenilo od pojave prvog frekventnog pretvarača. Zbog sve većeg učešća automatike u industriji postoji konstantna potreba za automatskim upravljanjem, a neprekidno povećanje brzine proizvodnje i bolje metode za poboljšanje stepena korisnosti pogona su razvijani sve vreme.

Elektromotori su danas važan i standardan industrijski proizvod. Ovi motori su projektovani da rade sa konstantnom brzinom i tokom prethodnih godina radilo se na optimizaciji kontrole njihove brzine. Sve dok se nisu pojavili frekventni pretvarači nije bilo moguće u potpunosti upravljati brzinom trofaznog AC motora. Većina frekventnih pretvarača koji se danas koriste u industriji za regulaciju i upravljanje brzinom trofaznih motora su pravljani na osnovu dva principa:

- frekventni pretvarači bez međukola,
- frekventni pretvarači sa promenljivim ili konstantnim međukolom.

Frekventni pretvarači bez međukola su nešto jeftiniji od invertora sa međukolom, ali imaju tu manu da poseduju lošiju redukciju viših harmonika. Frekventni pretvarači sa međukolom imaju strujno ili naponsko međukolo i oni se nazivaju strujni i naponski invertori.

U ovom projektu za pogon trakica koristimo motor snage 0.18 kW za koji nam je potreban frekventni regulator snage 0.2 kW. Frekventni regulator je proizvođača „Yaskawa“, serije GA500 i nosi oznaku „CIPR-GA50CB002ABAA“. U projektu je imenovan kao „Pogon trakica“.



Slika 3 – Prikaz konfiguracije sistema frekventnog regulatora

3.5. PLC (Programmable Logic Controller)

PLC (Programmable Logic Controller) odnosno “Programabilni Logički kontroler” je elektronski uređaj koji se koristi za kontrolu i automatizaciju različitih industrijskih procesa i sistema. PLC je centralni deo u industrijskoj automatizaciji i koristi se za izvođenje logičkih operacija, kontrolu ulaznih i izlaznih uređaja i nadzor nad radom različitih mašina i sistema. Ključne karakteristike PLC uređaja su:

- Programabilnost: PLC se može programirati da izvršava specifične zadatke i operacije. Programiranje se obično vrši pomoću specijalizovanih softverskih alata i jezika za programiranje.
- Logičke operacije: PLC izvršava logičke operacije kao što su AND, OR, NOT i druge kako bi se donele odluke na osnovu ulaznih signala. Ove logičke operacije omogućavaju PLC-u da reagije na promene u okolini i preduzme odgovarajuće akcije.
- Ulazni i izlazni signali: PLC prima ulazne signale od senzora, prekidača i drugih uređaja te šalje odgovarajuće izlazne signale ka motorima, ventilima, indikatorima i drugim uređajima.
- Brza reakcija: PLC brzo reaguje na promene u okolini i donosi odluke u realnom vremenu što je ključno za kontrolu mašina i procesa u industrijskim okruženjima.
- Sekvenciranje: PLC može izvršavati sekvenciranje operacija te po određenom redosledu izvršavati niz operacija.
- Fleksibilnost: PLC sistem je fleksibilan i može se reprogramirati kako bi se prilagodio novim zahtevima i promenama u procesu.
- Pouzdanost i izdržljivost: PLC uređaji su izrađeni tako da budu veoma izdržljivi i pouzdani što ih čini pogodnim za industrijske okoline gdje su izloženi raznim vremenskim uslovima, vibracijama i drugim ekstremnim faktorima.

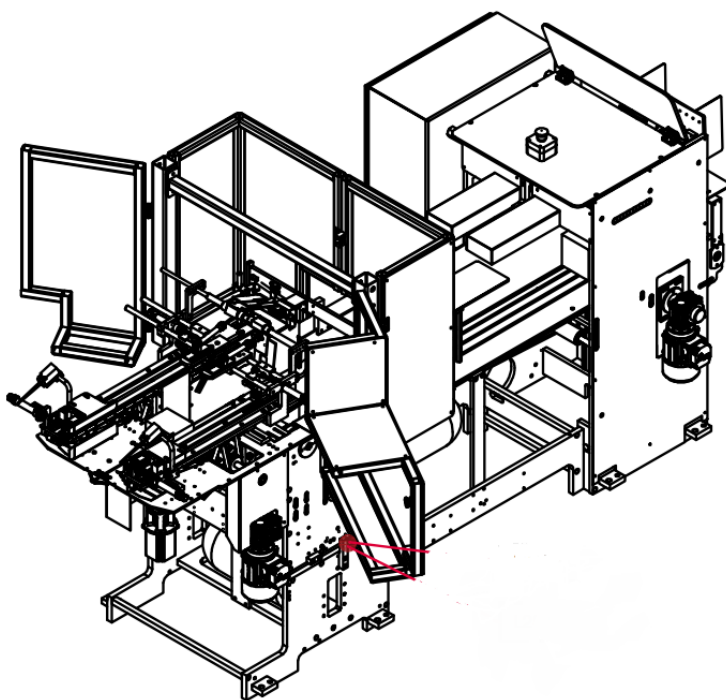
Nakon detaljne analize projekta i utvrđivanja svih relevantnih parametara izabran je adekvatan PLC koji će biti “mozak” čitavog sistema i mašine. PLC uređaj koji koristimo u projektu je proizvođača “Omron” a nosi oznaku “NJ301-1200”. Ovaj model zadovoljava potrebe projekta po broju sinhronih i virtuelnih osa kao i po broju digitalnih ulaza i izlaza i svih ostalih parametara.



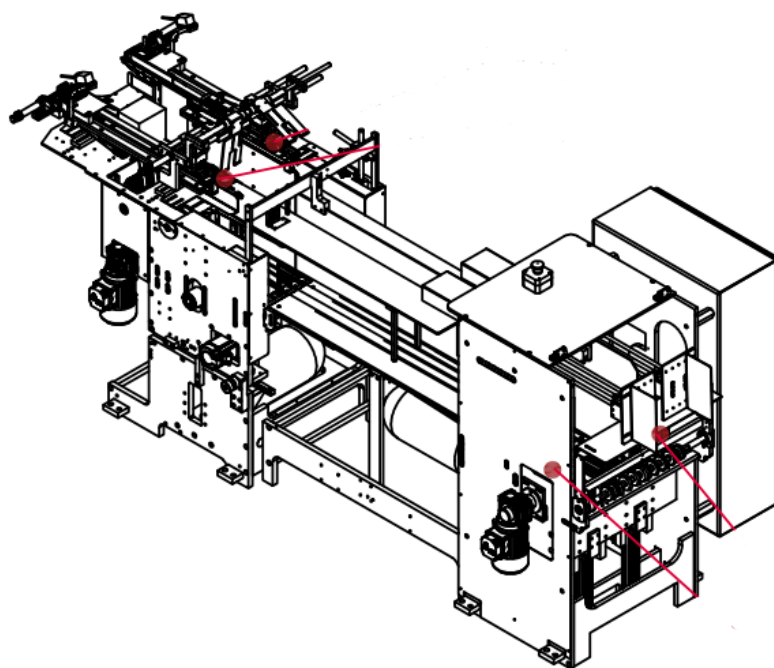
Slika 4 – PLC Omron NJ301-J1200

4. TEHNIČKI PRIKAZ TRANSPORTA

U sklopu ovog poglavlja prikazan je tehnički crtež transporta salveta.



Slika 5 – Izgled transporta salveta sa zaštitnom ogradom



Slika 6 – Izgled transporta salveta bez zaštitne ograde

5. ZAKLJUČAK

Početak projekta je obeležila ozbiljna i detaljna analiza zahteva klijenta, analiza stanja tržišta i izrada plana i termina za realizaciju projekta. Inženjeri zaposleni u sektoru Istraživanje i razvoj pristupaju izradi projektne dokumentacije na osnovu koje će mašina biti napravljena. Nakon provere ispravnosti i testiranja ugrađene opreme mašina se pušta u rad, vrše se fina podešavanja i nakon svih provera konstatuje se da je mašina spremna za isporuku kupcu. Kvalitet i pouzdanost proizvedene mašine omogućava višegodišnju eksploataciju mašine, učvršćuje poziciju firme na svetskom tržištu i obezbeđuje nove klijente. Oni koji rade na stvaranju mašine ne vide granice, a to znači da će sve više truda biti uloženo u njeno napredovanje. Jedno je sigurno, za kvalitet i kvantitet industrije je svakako zaslužna industrijska automatizacija.

6. LITERATURA

- [1] Automatika, Časopis Industrija (2023): <https://www.industrija.rs/vesti/clanak/automatizacija>
- [2] Milivoje R. Sekulić, *Osnovi teorije automatskog upravljanja* (1975)
- [3] Stojanović D. *Koračni motori – studija konstruktivnih i funkcionalnih karakteristika* (1995)
- [4] Stevan Stankovski, *Komponente tehnoloških sistema* (1794)
- [5] Mladen Popović, *Senzori i merenja* (2004)
- [6] <https://mojaradionica.com/kako-radi-automatski-osigurac/>
- [7] <https://www.festo.com/rs/sr/a/8084005/?q=cMMT-ST-C8-1C-EC-S0%7E%3AfestoSOrderScored>
- [8] <https://www.engineersgarage.com/stepper-motor-basics-types-and-working/>
- [9] <https://www.automatika.rs/baza-znanja/teorija-upravljanja/frekventni-regulatori.html>
- [10] https://assets.omron.eu/downloads/latest/datasheet/en/p140_nj-series_ddatasheet_en.pdf?v=1
- [11] https://www.bretzel-gmbh.de/assets/files/dokumente/freq/ga500/GA500%20Data%20sheet_r2.pdf
- [12] <https://industrial.omron.eu/en/products/R88D-KN08H-ECT>