



UNIVERZITET U NOVOM SADU
FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA



Filip Milić, MH28/2017

Idejno rešenje manipulatora i izrada prototipa hvataljke za slaganje plastičnih flaša u kutiju

Diplomski rad:
- Osnovne akademske studije -

Novi Sad, 2021



КЉУЧНА ДОКУМЕНТАЦИЈСКА ИНФОРМАЦИЈА


Редни број, РБР :	
Идентификациони број, ИБР :	MX28/2017
Тип документације, ТД :	Монографска документација
Тип записа, ТЗ :	Текстуални штампани материјал
Врста рада, ВР :	Дипломски рад
Аутор, АУ :	Филип Милић
Ментор, МН :	др Драгана Орос
Наслов рада, НР :	Идејно решење манипулатора и израда прототипа хватаљке за слагање пластичних флаша у кутију
Језик публикације, ЈП :	Српски
Језик извода, ЈИ :	Српски
Земља публиковања, ЗП :	Србија
Уже географско подручје, УГП :	АП Војводина
Година, ГО :	2021.
Издавач, ИЗ :	Факултет техничких наука
Место и адреса, МА :	Нови Сад, 21000, Трг Доситеја Обрадовића 6
Физички опис рада, ФО : (поглавља/страна/ цитата/табела/слика/графика/прилога)	10/41/9/2/36/0/1
Научна област, НО :	Мехатроника
Научна дисциплина, НД :	Аутоматизација процеса рада
Предметна одредница/Кључне речи, ПО :	Аутоматизација процеса рада
УДК	
Чува се, ЧУ :	У библиотеци Факултета техничких наука
Важна напомена, ВН :	
Извод, ИЗ :	Пројектовано је идејно решење манипулатора за слагање пластичних флаша у картонску кутију. Пројектован је, израђен и тестиран прототип хватаљке за 5 типова флаша (0.25, 0.33, 0.5, 0.75, 1L) које треба да се слажу у картонску кутију (иста димензија кутије за све типове флаша). Изабрани су актуатори и управљање радом идејног решења манипулатора.
Датум прихватања теме, ДП :	22.10.2021.
Датум одбране, ДО :	28.10.2021.
Чланови комисије, КО :	Председник: др Вуле Рељић, доцент
	Члан: др Срђан Тегелтија, доцент
	Члан, ментор: др Драгана Орос, доцент
	Потпис ментора



UNIVERSITY OF NOVI SAD • FACULTY OF TECHNICAL SCIENCES
21000 NOVI SAD, Trg Dositeja Obradovića 6

KEY WORDS DOCUMENTATION

Accession number, ANO :			
Identification number, INO :	MH28/2017		
Document type, DT :	Monographic publication		
Type of record, TR :	Textual printed material		
Contents code, CC :	Textual printed material		
Author, AU :	Filip Milić		
Mentor, MN :	Dragana Oros, Phd		
Title, TI :	Conceptual design of the manipulator and making of a prototype gripper for stacking plastic bottles in a box		
Language of text, LT :	Serbian		
Language of abstract, LA :	Serbian		
Country of publication, CP :	Serbia		
Locality of publication, LP :	Vojvodina		
Publication year, PY :	2021.		
Publisher, PB :	Faculty of technical sciences		
Publication place, PP :	Novi Sad, 21000, Trg Dositeja Obradovića 6		
Physical description, PD : (chapters/pages/ref./tables/pictures/graphs/appendixes)	10/41/9/2/36/0/1		
Scientific field, SF :	Mechatronics		
Scientific discipline, SD :	Process automation		
Subject/Key words, S/KW :	Process automation		
UC			
Holding data, HD :	In the library of the Faculty of Technical Sciences		
Note, N :			
Abstract, AB :	The conceptual design of the manipulator for stacking plastic bottles in a cardboard box has been designed. A prototype gripper for 5 types of bottles (0.25, 0.33, 0.5, 0.75, 1L) that should be stacked in a cardboard box (same box size for all types of bottles) was designed, made and tested. Actuators and operation control of the manipulator were selected.		
Accepted by the Scientific Board on, ASB :	22.10.2021.		
Defended on, DE :	28.10.2021.		
Defended Board, DB :	President:	dr Vule Reljić, docent	Mentor's sign
	Member:	dr Srđan Tegeltija, docent	
	Member, Mentor:	dr Dragana Oros, docent	

	УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ • ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА 21000 НОВИ САД, Трг Доситеја Обрадовића 6	Број:
	ЗАДАТАК ЗА ЗАВРШНИ (BACHELOR) РАД	Датум:

(Податке уноси предметни наставник – ментор)

Врста студија:	Основне академске студије		
Студијски програм:	Мехатроника		
Руководилац студијског програма:	др Мирко Раковић, ванр.проф.		
Студент:	Филип Милић	Број индекса:	МХ28/2017
Област:	Аутоматизација процеса рада		
Ментор:	доц др Драгана Орос		
<p>НА ОСНОВУ ПОДНЕТЕ ПРИЈАВЕ, ПРИЛОЖЕНЕ ДОКУМЕНТАЦИЈЕ И ОДРЕДБИ СТАТУТА ФАКУЛТЕТА ИЗДАЈЕ СЕ ЗАДАТАК ЗА ЗАВРШНИ (Bachelor) РАД, СА СЛЕДЕЋИМ ЕЛЕМЕНТИМА:</p> <ul style="list-style-type: none"> - проблем - тема рада; - начин решавања проблема и начин практичне провере резултата рада, ако је таква провера неопходна; - литература 			

НАСЛОВ ЗАВРШНОГ (BACHELOR) РАДА:

Идејно решење манипулатора и израда прототипа хватаљке за слагање пластичних флаша у кутију
--

ТЕКСТ ЗАДАТКА:

<ol style="list-style-type: none"> 1. Пројектовати идејно решење манипулатора (3Д модел са изабраним компонентама): 3 осни манипулатор, x i z осе доводе манипулатор у положај, z оса прихвата флаше са покретне траке 1, флаше манипулатор слаже у картонску кутију на покретној траци 2, 2. Испоштовати време циклуса производње, 3. Изабрати сигурносне уређаје, 4. Изабрати актуаторе и управљање за њих, 5. На основу броја улаза и излаза изабрати управљачки контролер, 6. Регулација брзине кретања актуатора, 7. Пројектовати управљачки орман са потребном електроником, 8. 3Д модел и цртежи, саставница производа, шема повезивања компоненти.
--

Руководилац студијског програма:	Ментор рада:
др Мирко Раковић, ванр.проф.	доц др Драгана Орос

Примерак за: ' - Студента; ' - Ментора
--

Sadržaj:

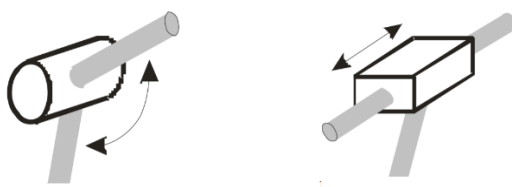
1. Uvod	6
2. Opis problema i kratak prikaz idejnog rešenja.....	9
3. Opis konstrukcije manipulatora	11
4. Sklop za manipulaciju flašama	13
4.1. Horizontalna osa (X osa)	13
4.2. Vertikalna osa (Z osa)	18
4.3. Vertikalna Z1 osa (uređaj za prihvatanje flaša).....	21
5. Upravljački podsistem	24
5.1. Pneumatke komponente podсистema.....	25
5.1.1. Pripremna grupa	25
5.1.2. Elektro-pneumatski razvodni ventili	25
5.2. Električne komponente podсистema	25
5.2.1. Naponska jedinica	25
5.2.2. Upravljački kontroler.....	26
5.2.3. Motor kontroleri	29
5.2.4. Osigurači.....	29
5.2.5. Releji.....	30
5.2.6. Redne stezaljke	30
5.2.7. Tasteri, prekidači i svetlosni indikatori	30
5.2.8. Senzori.....	31
5.3. Energetski lanci	32
6. Pokretne trake	34
6.1. Traka za transport flaša do manipulatora.....	34
6.2. Traka za pozicioniranje kartonske kutije.....	35
7. Tehno-ekonomska analiza i sastavnica proizvoda	36
8. Zaključak.....	39
9. Literatura.....	40
10. Prilog	41

1. Uvod

Uz pojavu konstantnog razvoja tehnologije dolazi do sve većih zahteva za automatizacijom. U današnje vreme se koriste računari za interpretaciju i snimanje podataka, donošenje odluka (upravljanje) i slično. Takve radnje se smatraju automatskim, uključujući i senzore korišćene za izvršavanje istih radnji [1].

U cilju povećanja produktivnosti, fleksibilnosti i kvaliteta proizvoda za industrijsku automatizaciju se koriste industrijski robotski manipulatori, koji su mašine opšte namene. Drugi razlozi za korišćenje industrijskih robota su ušteda troškova i eliminacija opasnih i neprijatnih poslova (neprestalno ponavljanje istih operacija) [2]. Upravljanje kretanjem robota je najbitnija karakteristika za proizvođače robota. Trenutni razvoj je fokusiran na povećanje performansi robota, smanjenje troškova robota, poboljšanje bezbednosti i uvođenje novih funkcionalnosti [3]. Stoga postoji potreba da se kontinuirano poboljšavaju matematički modeli i metode upravljanja kako bi se ispunili konfliktni zahtevi, kao što su povećane performanse robota i smanjene težine, sa manjom mehaničkom krutošću i komplikovanijim režimima vibracija. Jedan od razloga za ovaj razvoj mehaničke strukture robota je smanjenje troškova, ali se takođe dobijaju i druge prednosti, kao što su manji uticaj na životnu sredinu, manja potrošnja energije, poboljšana spretnost i veća sigurnost [4].

Mehanička struktura industrijskog robota se sastoji od segmenata spojenih zglobovima koji mogu biti rotacioni ili linearni (Slika 1). Zadatak mehaničke konstrukcije je da ostvari potrebno kretanje i pozicioniranje hvataljke tokom izvršavanja rada. To podrazumeva da je potrebno da hvataljka u svakoj tački putanje ostvari planiranu poziciju i orijentaciju, kao i odgovarajuću brzinu i ubrzanje. U današnje vreme konstrukciona realizacija zglobova kod industrijskih robota je takva da jedan zglob omogućava samo jedno relativno kretanje segmenata koje povezuje. Jedno kretanje koje zglob dozvoljava (translacija ili rotacija) se, po terminologiji u mehanici, naziva jednim stepenom slobode. Zglob koji omogućava samo jedno relativno kretanje ima jedan stepen slobode i naziva se jednostrukim. Obzirom na to može se reći da se mehanička struktura robota sastoji od više segmenata koji su povezani jednostrukim zglobovima.



Slika 1. Šematski prikaz rotacionog i translatornog (linearnog) zgloba

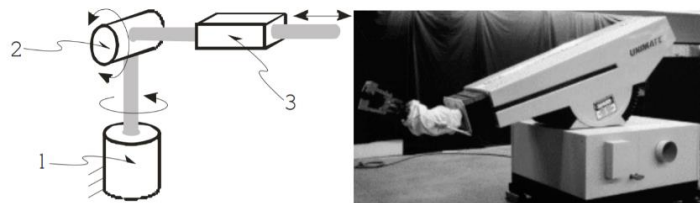
Osnovne mehaničke strukture (konfiguracije) manipulacionih robota se dele na: robote sa antropomorfnom (Slike 2), sfernom (Slike 3), cilindričnom (Slike 4), SCARA (Slike 5) i pravouglom (Dekartovom) konfiguracijom (Slike 6) [5].

Antropomorfne konfiguracije su sačinjene iz više rotacionih zglobova. Osa prvog zgloba je vertikalna, dok su ose drugog i trećeg zgloba međusobno paralelne, horizontalne i upravne na osu prvog zgloba.



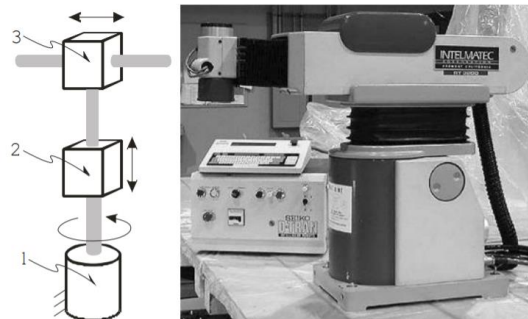
Slika 2. Kinematska šema i fotografija robota antropomorfne konfiguracije

Kod sferne konfiguracije osa prvog zgloba je takođe vertikalna i rotaciona, dok je osa drugog zgloba (rotacionog) horizontalna i upravna na prvi zglob. Treći zglob je translatorni.



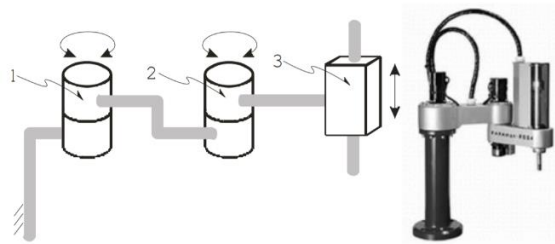
Slika 3. Kinematska šema i fotografija robota sferne (polarne) konfiguracije

Minimalna konfiguracija robota cilindrične konfiguracije se sastoji iz jednog rotacionog i dva translatorna zgloba. Kao kod prethodnih konfiguracija prvi zglob je rotacioni sa vertikalnom osom. Drugi i treći zglobovi su translatorni, gde osa drugog zgloba leži u osi prvog i osa trećeg zgloba je horizontalna i upravna na osu prvog i drugog zgloba.



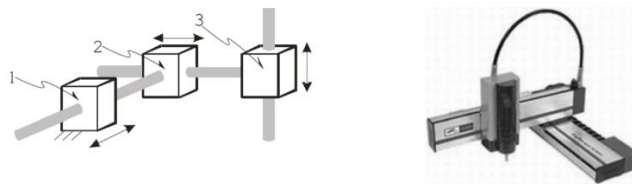
Slika 4. Kinematska šema i fotografija robota cilindrične konfiguracije

Roboti SCARA konfiguracije imaju dva rotaciona i jedan translatorni zglob. Ose zglobova su paralelne i vertikalne. Prva dva zglobova su rotaciona i kruto su spojeni za stubnu osnovu tako da se oba segmenta kreću u horizontalnoj ravni. Na kraju drugog segmenta se nalazi translatorni zglob.



Slika 5. Kinematska šema i fotografija robota SCARA konfiguracije

Minimalnu konfiguraciju ovog robota čine tri translatorsna zgloba čije su ose paralelne osama Dekartovog pravouglog koordinatnog sistema. Odatle potiče i naziv ove konfiguracije.



Slika 6. Kinematska šema i fotografija robota pravougla (Dekartove) konfiguracije

U narednim poglavljima ovog rada diskutovaće se o načinu realizacije i upravljanja konfiguracije koja je najbliža pravougloj (Dekartovoj).

U drugom poglavlju je opisan problem i dat kratak prikaz idejnog rešenja.

Treće poglavlje prikazuje opis konstrukcije, kao i načine obrade i metode spajanja elemenata.

U četvrtom poglavlju je detaljno opisan izbor sistema za manipulaciju kao i svih elemenata koji ga čine.

U petom poglavlju je dat prikaz upravljačkog podсистема sistema za manipulaciju sa njegovim komponentama.

Šesto poglavlje opisuje način rada pokretnih traka u ovom radu i podсистема koji se na njima nalaze.

U sedmom poglavlju je prikazana tehničko-ekonomska analiza sa sastavnicom, dok je u osmom poglavlju dat zaključak celokupnog rada.

U devetom poglavlju je navedena literatura koja se koristila za izradu dokumentacije rada, a u desetom poglavlju je dat prilog električnih i pneumatskih šema ovog manipulatora.

2. Opis problema i kratak prikaz idejnog rešenja

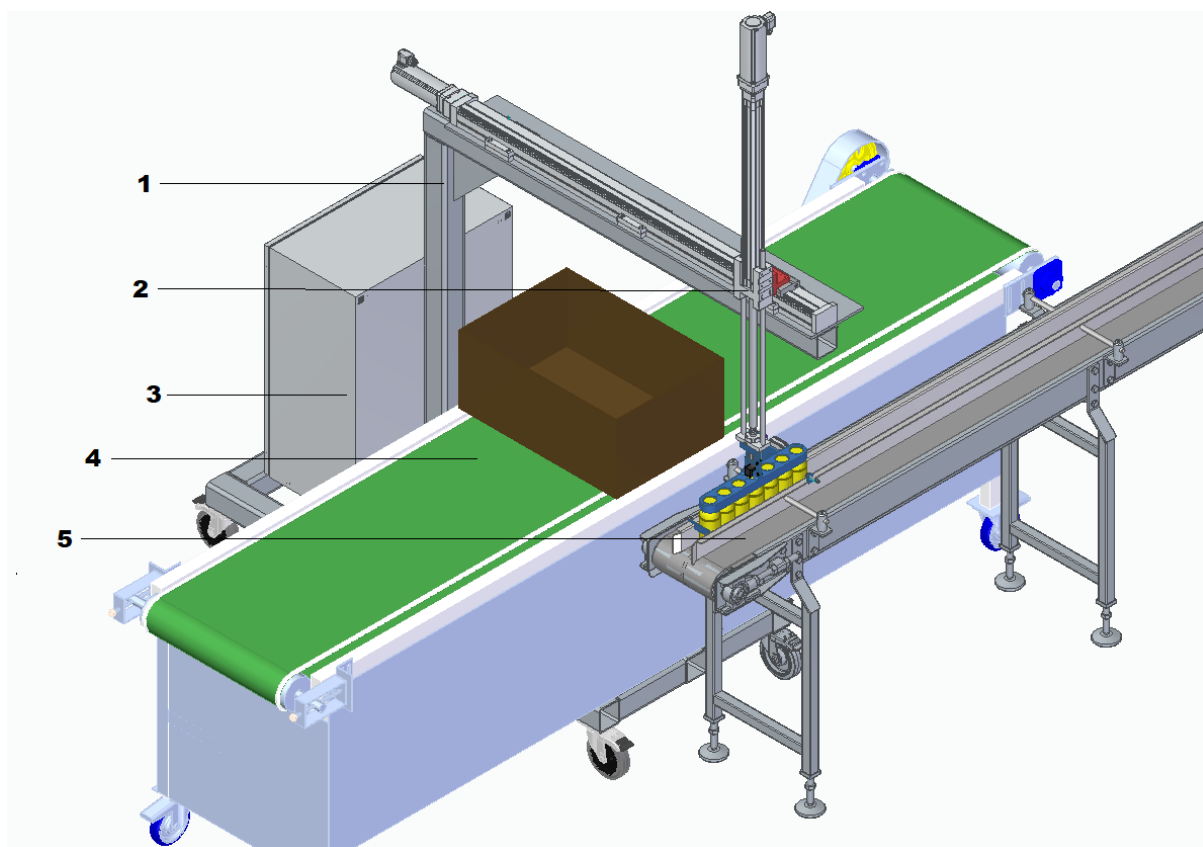
U industriji gde se proizvode PET(polietilen) ambalaže (flaše) u velikim količinama brzina procesa slaganja ambalaža, sa jednog mesta na drugo, igra veliku ulogu. Da bi se slaganje izvršilo na efikasan način često se posmatrani deo procesa automatizuje.

U ovom radu je predstavljen problem koji kao rešenje zahteva projektovanje idejnog rešenja za efikasno slaganje više vrsta ambalaža. Proizvodi kojima treba da se manipuliše u okviru ovog zadatka predstavljaju pet vrsta PET flaša: 0.25 l, 0.33 l, 0.5 l, 0.75 l i 1 l. Svi navedeni tipovi flaša imaju iste dimenzije grlića i prečnika navoja flaše dok se visina flaše povećava u skladu sa povećanjem njene zapremine. Dodatni zahtevi se odnose na mogućnost jednostavnog premeštanja manipulatora i podešavanja parametara u cilju njegove upotrebe u nekom drugom procesu koji zahteva manipulaciju proizvodima uz postavljanje odgovarajuće hvataljke. Ose manipulatora, takođe, treba da imaju mogućnost pozicioniranja u više pozicija radi slaganja flaša u vidu unapred definisanih matrica. Jedan od najvažnijih zahteva pri projektovanju ovakvog sistema predstavlja vreme trajanja ciklusa koje se odnosi na pripremu, postavljanje čepova i etikata na flaše i dovođenje flaša do pozicije za preuzimanje od strane manipulatora. To vreme u ovom slučaju iznosi 12 ciklusa/minuti.

PET flaše u vidu epruveta se formiraju na mašini za brizganje, zatim se duvanjem toplog vazduha unutar flaše, postavljene u kalupu željenog oblika, formiraju flaše određene zapremine. Dalje, na flaše se postavljaju čepovi i etiketiraju se. Gotove flaše se, zatim, putem pokretne trake dopremaju do mesta za preuzimanje radi slaganja i pakovanja u kartonske kutije. Slaganje flaša se vrši u kartonsku kutiju, koja je uvek istih dimenzija (600 mm x 410 mm x 260 mm x 3 mm), potrebnim brojem ciklusa da se kutija ne popuni. Nakon što se kartonska kutija, koja se nalazi na drugoj pokretnoj traci, popuni, traka se pokreće i pomera kutiju u međubafer gde je radnik dalje preuzima radi pakovanja iste, dok se sledeća prazna istom trakom u istom koraku dovodi do mesta za ponovno punjenje.

Na Slici 7 je prikazano idejno rešenje manipulatora za preuzimanje i slaganje plastičnih flaša u kartonske kutije. Radi ostvarenja tražene fleksibilnosti u radu sa pet tipova flaša uz minimalna podešavanja parametara sistema projektovan je, izrađen i testiran prototip hvataljke za manipulaciju navedenim tipovima flaša. Prikazano idejno rešenje se sastoji od: mobilne čelične konstrukcije (1), sistema za manipulaciju (2), upravljačkog podsistema (3), pokretne trake za pozicioniranje kartonske kutije (4) i pokretne trake za dovođenje formiranih flaša (5).

U cilju ostvarenja zahteva vezanih za vreme trajanja ciklusa manipulatora, kao i usklađenosti sa taktom ostalih mašina za formiranje, stavljanje čepova i etiketiranje flaša radi pakovanja, neophodno je omogućiti komunikaciju između manipulatora i upravljanja kretanjem obe pokretne trake prikazane na slici. Na ovaj način manipulator trakama šalje signale za pokretanje i zaustavljanje radi smanjenja vremena čekanja manipulatora ali i radi preciznijeg pozicioniranja kako flaša na traci za preuzimanje, tako i praznih kartonskih kutija u kojima će se vršiti slaganje flaša.



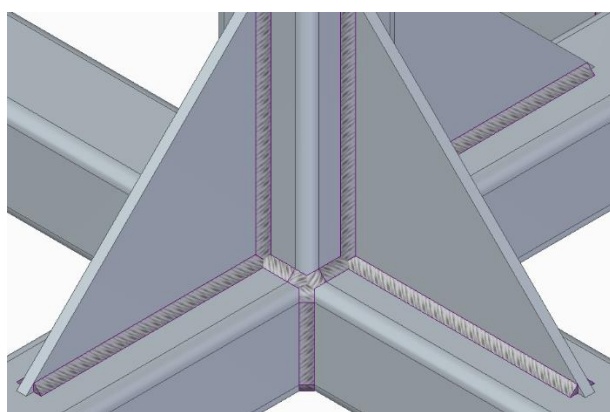
Slika 7. 3D prikaz idejnog rešenja slaganja PET flaša u kartonsku kutiju

3. Opis konstrukcije manipulatora

Noseća konstrukcija manipulatora služi za medijum za montažu svih komponenti neophodnih za ostvarivanje zadatih kretanja radi manipulacije flašama, ali i upravljačkog sistema koji pokreće te komponente. Konstrukcija mora biti mobilna i to je jedan od bitnih zahteva pa su iz tog razloga na donji deo konstrukcije montirani točkovi sa kočnicama koji po potrebi mogu i da se demontiraju. Izabrani točkovi su predviđeni da nose neophodnu masu konstrukcije zajedno sa svim komponentama i njihova nosivost po točku iznosi 150 kg. Kočnice na točkovima onemogućavaju kretanje konstrukcije u toku rada manipulatora, ali ako se ukaže potreba konstrukcija može i stopama da se ankeriše na pod proizvodne hale.

Pri projektovanju konstrukcije se uzima u obzir sistem za manipulaciju sa kojim se vezuje. Masa i dimenzije nisu jedini faktori koji utiču na projektovanje, takođe je potrebno uzeti u obzir moguće vibracije prouzrokovane od strane sistema za manipulaciju pri kretanju. Kako je od krucijalnog značaja obezbediti što veću stabilnost, za izradu ove konstrukcije su izabrane kvadratne čelične šavne cevi dimenzija 80 x 80 mm, koje će biti spojene zavarivanjem. Radi zaštite materijala od korozije koristiće se metoda plastifikacije konstrukcije. Konstrukcija se odmašćuje, prska bojom u prahu koja je naelektrisana i „lepi“ se na čelične cevi, a zatim se boja peče u pećima specijalno projektovanim za tu namenu gde se boja stvrdne i podseća na plastični premaz. Ako je to neophodno radi dodatne zaštite nakon plastifikacije konstrukcija može da se lakira.

Sve veze u konstrukciji su ostvarene međusobnim zavarivanjem elemenata (pun var) po dužini dodirnih površina. Način zavarivanja kod konstrukcije ovog manipulatora je prikazan na Slici 8.



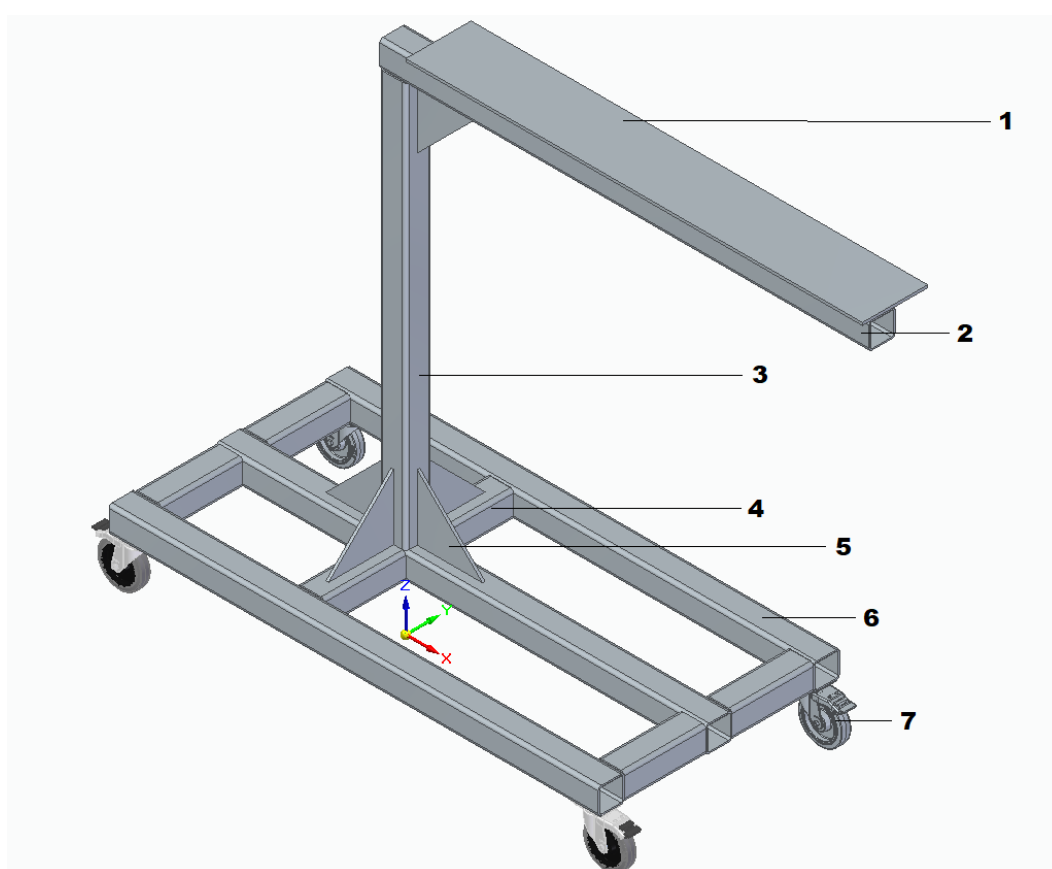
Slika 8. Prikaz zavarenih šavnih cevi i trouglastih ploča

Noseća konstrukcija idejnog rešenja manipulatora za prihvat sa pokretne trake i slaganje flaša u kartonske kutije se sastoji od sledećih delova (Slika 9): ploče za montažu horizontalne X ose manipulatora (oznaka 1), kvadratnih čeličnih cevi 80 mm x 80 mm x 1500 mm x 4 mm (oznaka 2), kvadratnih čeličnih cevi 80 mm x 80 mm x 1240 mm x 4mm (oznaka 3), kvadratnih čeličnih cevi 80 mm x 80 mm x 250 mm x 4 mm (oznaka 4) i kvadratnih čeličnih cevi 80 mm x 80 mm x 1000 mm x 4 mm (oznaka 6), trouglastih čeličnih limova 200 mm x 200 mm x 8 mm (oznaka 5) i nosećih točkova sa kočnicom H75 Ø50mm (oznaka 7).

Na ploču za montažu horizontalne X ose manipulatora postavljen je i lim koji nosi energetski lanac za kablove i pneumatska creva svih osa manipulatora. Ploča, dimenzija 1400 mm x 200 mm x 8 mm, je predviđena da bude od čeličnog lima punim varom povezana sa ostatkom konstrukcije.

Kao što je ranije pomenuto kvadratne čelične cevi koje čine osnovu konstrukcije su zavarene punim varom i dodatno ojačane poprečnim cevima (donji deo konstrukcije). Dodatno ojačanje upotrebom trouglastih čeličnih cevi je zavareno između vertikalne kvadratne cevi konstrukcije i donjeg dela konstrukcije.

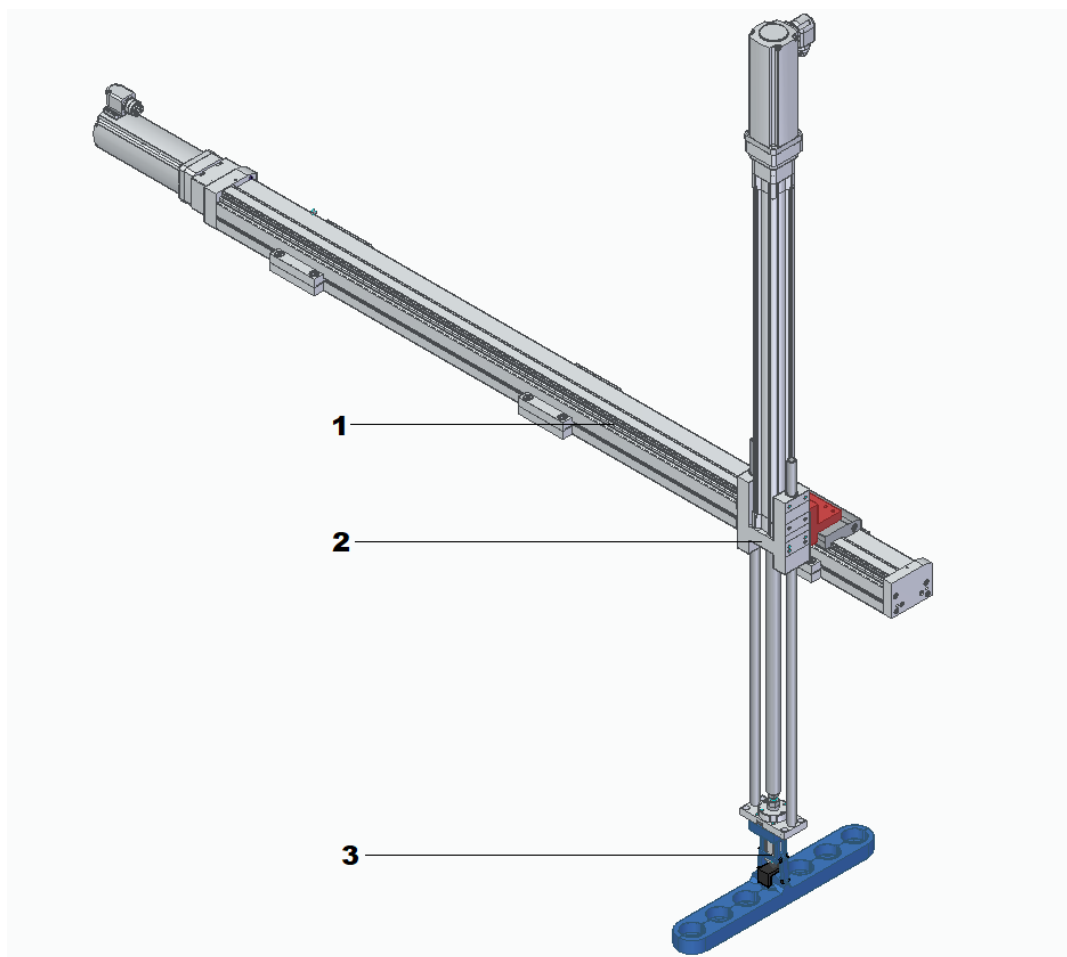
Masa cele konstrukcije, sa sistemom za manipulaciju i upravljačkim podsystemom je porcenjena do 261.8kg. Uzimajući to u obzir odabrana su 4 noseća točka, MX150TPAHSBK od proizvođača *RODA SA*.



Slika 9. Prikaz noseće konstrukcije manipulatora za slaganje PET flaša

4. Sklop za manipulaciju flašama

Sklop za manipulaciju flašama se sastoji od: horizontalne ose (X ose), vertikalne ose (Z ose) i dodatne vertikalne ose (Z1 ose) koja pokreće hvataljku manipulatora. Na Slici 10 je prikazan sklop za manipulaciju gde se vidi da Z1 osa predstavlja mehanizam hvataljke i nju nosi i pomera vertikalno Z osa (oznaka 1), dok X osa (oznaka 2) nosi obe (Z i Z1) ose i omogućava njihovo horizontalno kretanje.



Slika 10. Sklop za manipulaciju flašama: X osa, Z osa i Z1 osa

4.1. Horizontalna osa (X osa)

Horizontalna X osa manipulatora o kom je reč u ovom radu predstavlja najdužu osu jer omogućava kretanje između tačaka na kojima uređaj za hvatanje treba da preuzme flaše sa jedne pokretne trake i prenese i na drugu gde se vrši slaganje u kartonske kutije. Pri izboru tipa ove ose i njenog upravljanja uzeti su u obzir sledeći zahtevi: broj položaja koje ova osa treba da ostvari pri manipulaciji definisanim asortimanom flaša, koliko treba da iznosi rastojanje između krajnjih pozicija na koje osa treba da se pozicionira (efektivna dužina pozicioniranja), masa koju ova osa treba da pokreće i vreme trajanja najdužeg ciklusa (vreme dovođenja ove ose iz pozicije A do pozicije B, pri čemu je tačka A sredina pokretne trake koja dovodi flaše za slaganje a tačka B najdalja pozicija u kartonskoj kutiji na koju treba ostaviti flaše).

Broj položaja na horizontalnoj osi zavisi od tipa odnosno dimenzija flaše koja je u proizvodnji u tom trenutku. U Tabeli 1 je dat prikaz dimenzija svih flaša koje ovaj manipulator treba da preuzima na traci i slaže u kartonsku kutiju.

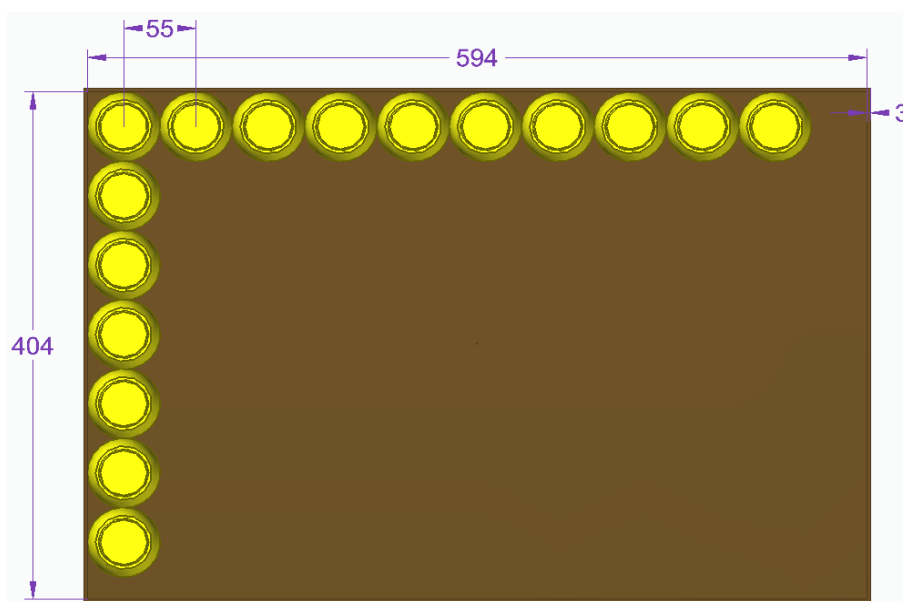
Flaša [L]	Prečnik \varnothing [mm]
0.25	55
0.33	57
0.5	65
0.75	74
1	80

Tabela 1. Prikaz tipova i dimenzija flaša

Da bi izračunali maksimalan potreban broj položaja na horizontalnoj osi koristi se formula:

$$M_p = 1 + L_{ku}/R_{Amin} + h$$

gde je: M_p – maksimalan broj položaja, 1 – položaj u kom je povorka trenutne flaše, L_{ku} – unutrašnja dužina kutije, R_{Amin} – prečnik flaše najmanje zapremine i h – položaj za homing manipulatora. Količnik od deljenja L_{ku} sa R_{Amin} predstavlja maksimalan mogući broj flaša jednog tipa koji može, po dužini, da stane u kutiju i uvek se zaokružuje na prvi manji ceo broj. Primer slaganja jednog tipa flaša u kartonsku kutiju je prikazan na Slici 11.



Slika 11 Prikaz kapaciteta kutije za ambalažu od 0.25L

Efektivna dužina potrebna za pozicioniranje ostalih osa sistema (Z i Z1 osa) duž X ose je određena formulom:

$$X_{ef} = X_0 + X_{t1} + X_2 + X_{t2}$$

gde je X_{ef} – efektivna dužina ose, X_0 – odstojanje homing koordinate od prve pokretne trake, X_{t1} – širina prve pokretne trake (za preuzimanje flaša), X_2 – odstojanje između prve i druge pokretne trake, X_{t2} – širina druge pokretne trake (za slaganje u kutije).

Masa koja se prenosi na horizontalnoj osi je predstavljena formulom:

$$m_{Xuk} = m_Z + m_h + m_{Amax}$$

gde je m_{Xuk} – ukupna masa opterećenja, m_Z – masa vertikalne ose, m_h – masa mehanizma za hvatanje i m_{Amax} – ukupna masa flaša u mehanizmu za hvatanje iz ambalaže najveće zapremine.

Pri određivanju vremena trajanja jednog ciklusa za posmatran sistem potrebno je ispratiti vreme potrebno za proizvodnju i transport flaša do kraja pokretne trake za preuzivanje odnosno koliko iznosi vreme između dolaska dve susedne plastična flaša na kraj pokretne trake za preuzimanje od strane manipulatora, da ne bi došlo do nagomilavanja flaša na kraju trake.

U skladu sa gore pomenutim zahtevima pri izboru tipa horizontalne X ose manipulatora razmatrana su dva tipa aktuacije: pneumatska i elektro aktuacija X ose (hidraulična je odmah odbačena zbog poštovanja HACCP standarda). Pri analizi potrebnih parametara zaključeno je da pneumatska osa može da ispuni sve zahteve, ali da bi se ostvario zahtev koji se odnosi na pozicioniranje u više tačaka neophodno je koristiti proporcionalnu pneumatiku sa odgovarajućim upravljanjem. Ovo bi moglo da funkcioniše kada ne bi morali da projektujemo manipulator za asortiman flaša pri čemu bi se za svaki tip flaše morale da menjaju sve osim krajnjih pozicija što bi zahtevalo implementaciju više različitih upravljačkih programa za PLC za svaki tip flaše. Ovo ne samo da komplikuje već i poskupljuje sistem. Takođe, proporcionalna pneumatika podrazumeva zadovoljenje zahteva za tačno definisanim kvalitetom vazduha pod pritiskom u cilju rada komponenti bez otkaza, što takođe poskupljuje sistem. Iz svih ovih razloga odlučeno je da se za kretanje horizontalne X ose koristi osa sa električnim pogonom. Postoji mali broj proizvođača čije ose sa ovim tipom pogona mogu da zadovolje zahteve vezane za masu, brzinu i preciznost pozicioniranja pa je odlučeno da se za ovaj manipulator koristi oprema proizvođača *Festo* jer prema dokumentaciji ispunjava sve zahteve.

Kao pomoć pri izboru horizontalne X ose korišćen je softver za inženjering firme *Festo* koji omogućava i simulaciju rada izabranih komponenti kao i prikaz te simulacije u vidu grafika na osnovu zadatih parametara. Za početak se u razmatranje uzimaju linearno vođene ose sa navojnim i kaišnim prenosom koje pokreće neki tip elektromotora. Definisanjem određenih parametara u softveru za inženjering, kao što su: efektivna dužina hoda 1000 mm, masa opterećenja 18 kg i vreme trajanja jednog ciklusa 4 s. Ove vrednosti su dobijene upotrebom formula na način prikazan u tekstu gore. Potrebne su brze promene položaja što zahteva veliku snagu i brzinu, a da preciznost bude velika. Iz tog razloga dalje kroz softver se filtriraju sva rešenja koja nemaju mogućnost rada na trofaznom AC naponu i čiji pogoni su koračni tipovi motora. Nakon definisanja svih ovih parametara dobijen je spisak pogodnih rešenja za horizontalnu X osu manipulatora prikazan na Slici 12. U sredini sa leve strane slike se može videti da tih rešenja prema zadatim parametrima ima čak 184. Gore, u sredini slike je dat prikaz trenutno selektovanih komponenti sistema, dok se gore desno nalazi spisak zahtevanih parametara zadatih u prethodnim prozorima softvera za inženjering. U donjem delu slike se nalazi spisak komponenti odnosno konfiguracija koje čine: osa, motor (sa ili bez reduktora) i motor kontroler. Kao parametri za poređenje konfiguracija se koriste opterećenje: ose, vođice

ose, motora, motor kontrolera (prikazano u procentima), ali i maksimalno vreme kretanja ose od početka do kraja hoda za svaku konfiguraciju. Postoji mogućnost poređenja parametara dve konfiguracije i izrada simulacije radi dobijanja željenih rezultata i izbora pogodnije ose za dati sistem.


Application
System parameters
Selection filter
Guide
Motion profile
Results
Details
Bill of materials
Project Data


Results


Result No. 106
☒ = Add (Compare products)

Gear transmission ratio:
Gear efficiency ist taken into account by calculation.

Selected drive

Axis

EGC-80-1000-B5-20P-S
-KF-0H-MR-GK
Axial kit:
EAMM-A-548-60P-G2

Motor

EMMT-AS-60-L-HS-Rx
No gear

Controller

CMMT-AS-C5-11A-P3-PN-
Power section
400 VAC (Three-phase)

Overview about performance data

	Required (max., Motion profile)
Effective stroke	1000 mm
Repetition accuracy	+/- 0.1 mm
Moving mass	12 kg
Horizontal 0°	0 N
Additional external force (Axial force)	
Travel time + Dwell time	2.558 s
Dwell time	0.4 s

184 Results (Optimum sizes of the axes)

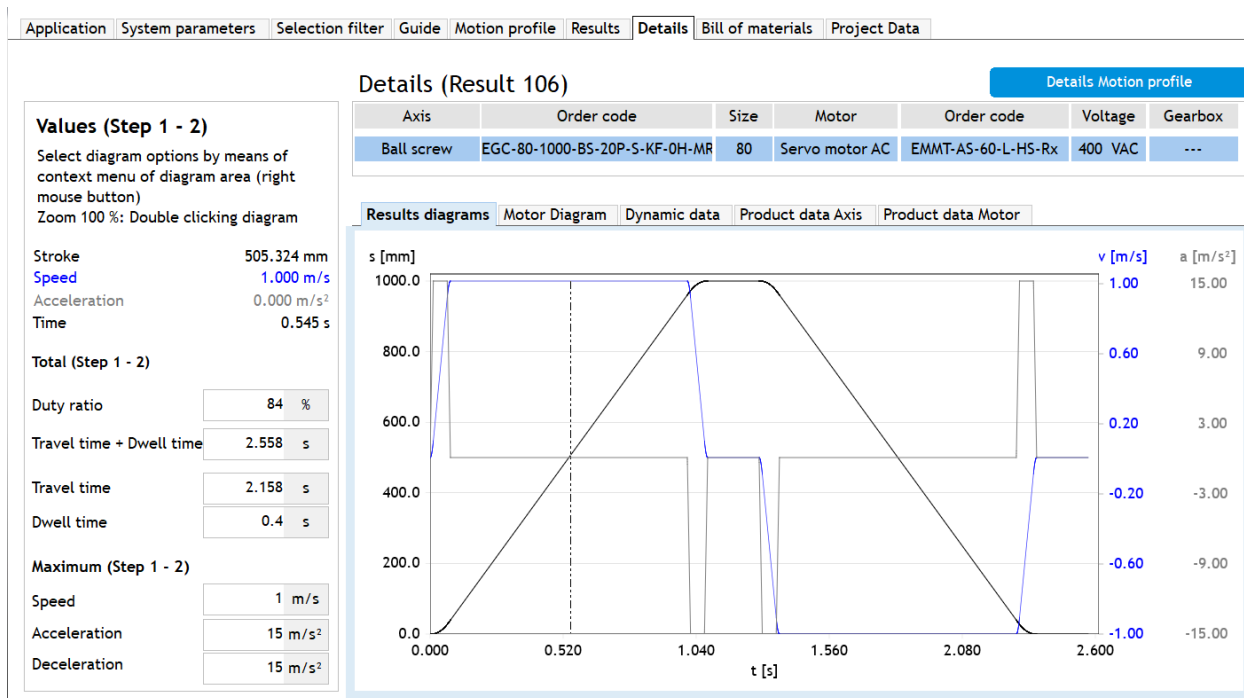
Compare products (1)
Result filter

Detailed motion profile: Cycle time (Travel time + Dwell time): Maximum 4 s

	No.	Axis	Size	Guide	Motor	Motor Size	Gears	Axis	Guide	Motor	Controller	Travel time
<input type="checkbox"/>	101	Ball screw, Spindle su	80	Ball bearing	Servo AC (E	60-M-HS	---	29 %	24 %	49 %	31 %	2.161
<input checked="" type="checkbox"/>	106	Ball screw, Spindle su	80	Ball bearing	Servo AC (E	60-L-HS	---	29 %	24 %	41 %	30 %	2.158
<input type="checkbox"/>	134	Ball screw, Spindle su	80	Ball bearing	Servo AC (E	60-S-HS	3:1	29 %	22 %	63 %	62 %	3.600
<input type="checkbox"/>	140	Ball screw, Spindle su	80	Ball bearing	Servo AC (E	60-M-HS	3:1	29 %	22 %	52 %	52 %	3.600
<input type="checkbox"/>	142	Ball screw, Spindle su	80	Ball bearing	Servo AC (E	60-S-HS	3:1	29 %	22 %	62 %	43 %	3.600
<input type="checkbox"/>	73	Ball screw (EGC)	120	Ball bearing	Servo AC (E	80-H-HS	---	14 %	8 %	65 %	65 %	1.925
<input type="checkbox"/>	80	Ball screw (EGC)	120	Ball bearing	Servo AC (E	80-H-HS	---	14 %	8 %	42 %	37 %	1.925

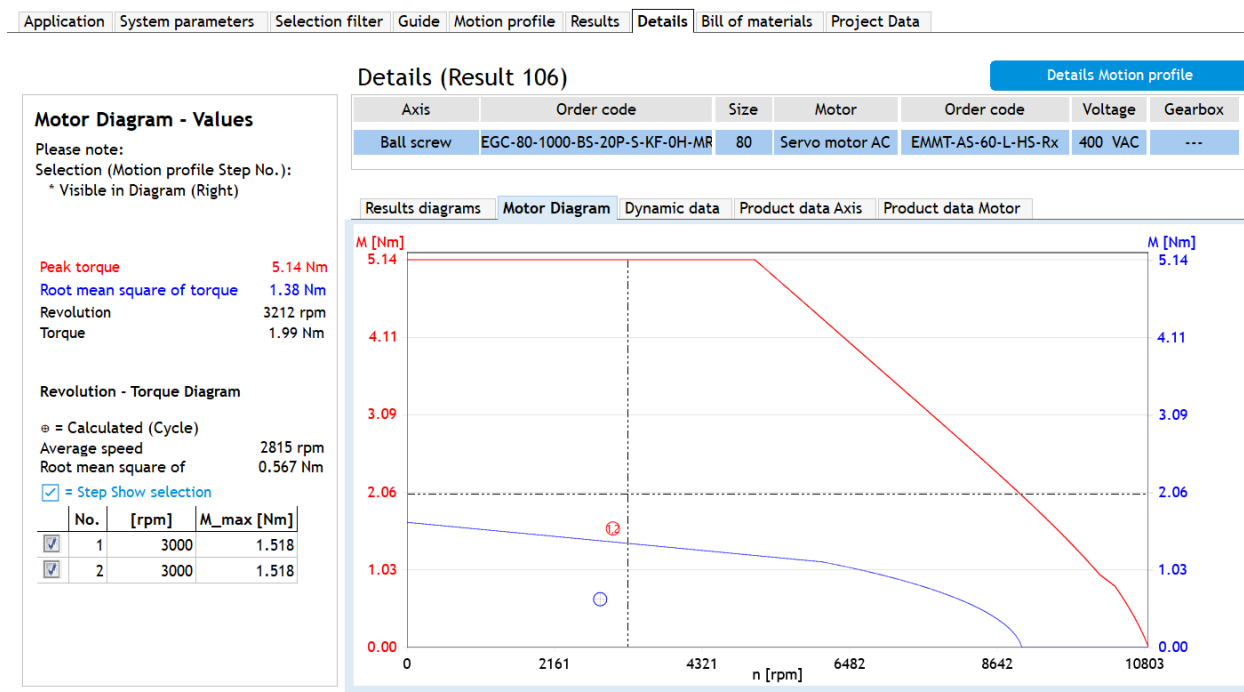
Slika 12. Spisak rešenja koja odgovaraju unetim parametrima za horizontalnu X osu manipulatora

Za dalju simulaciju rada komponenti sklopa osa, motor i motor kontroler izabrana je osa sa navojnim vretenom, servo AC elektromotor i odgovarajući kontroler za upravljanje radom tog motora (Slika 13). Na levoj strani ove slike prikazani su parametri izabrane konfiguracije: hod ose brzina, ubrzanje, usporenje idr. Na desnoj strani slike je prikazan grafik i odnos veličina: brzina/vreme i pređeni put/vreme.



Slika 13. Prikaz simulacije rada izabranog rešenja za horizontalnu X osu manipulatora

Rezultati simulacije su prikazani na Slici 14. Simulacija je pokazala da je izabrana konfiguracija: osa sa navojnim vretenom EGC-80-1000, servo AC motor EMMT-AS-60 i motor kontroler CMMT-AS-C5-11A, pogodna za datu aplikaciju i da može da ispuni željene zahteve.



Slika 14. Prikaz dijagrama karakteristika aktuatora tokom rada

4.2. Vertikalna osa (Z osa)

Vertikalna Z osa manipulatora o kom je reč u ovom radu omogućava pozicioniranje mehanizma hvataljke na odgovarajuću visinu u zavisnosti od tipa ambalaže na pokretnoj traci. Kao za prethodno analiziranu osu pri izboru važe isti zahtevi: broj položaja koje je potrebno ostvariti, efektivna dužina hoda potrebna za pozicioniranje mehanizma hvataljke duž ose, masa koju osa treba da nosi i vreme trajanja jednog ciklusa. Ovde je takođe važno napomenuti da se pneumatski i hidraulični pogoni ne razmatraju iz istog razloga kao i kod izbora X ose manipulatora, što nam ostavlja izbor nekog od elektro pogona.

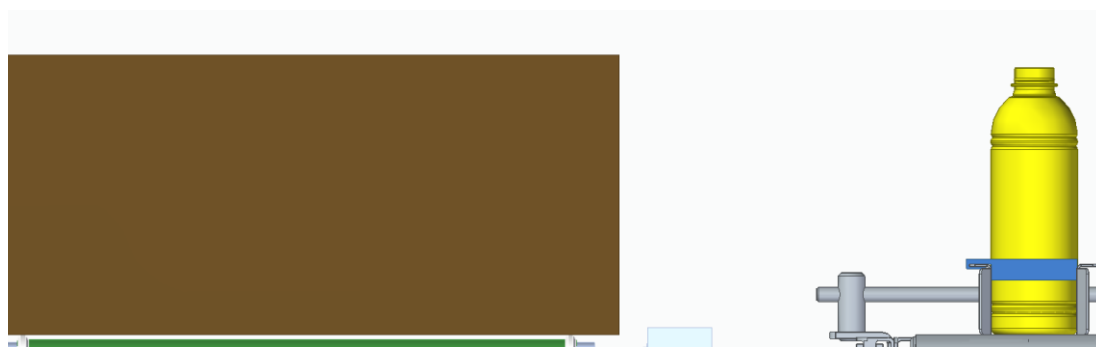
Broj potrebnih položaja na vertikalnoj Z osi za posmatran sistem zavisi od toga za koliko flaša različitih tipova odnosno visina će se manipulator koristiti. U Tabeli 2 su prikazane visine svih flaša koje ovaj manipulator treba da slaže u kartonsku kutiju.

Ambalaža [L]	Visina H [mm]
0.25	142
0.33	167
0.5	191
0.75	223
1	250

Tabela 2. Prikaz tipova flaša i njihovih visina

Bez obzira na tip flaše koji se slaže maksimalni broj položaja na vertikalnoj osi će uvek biti tri, ali samu poziciju tih tačaka na osi će određivati tip flaše.

Na Slici 15. je dat prikaz na kojem se jasno vidi da dno kutije i flaše (1L) leže u istoj ravni, što predstavlja jednu od pozicija vertikalne Z ose. Drugu predstavlja visina na koju je potrebno podići flaše da bi se žflaša mogla prenetu i u što manje koraka ciklusa spustiti u kartonsku kutiju (uhvati, podigni, prenesi, spusti i otpusti flaše). Treća pozicija predstavlja homing poziciju manipulatora.



Slika 15. Prikaz pozicija kutije i flaše (1L) pre procesa slaganja

Efektivna dužina hoda potrebna za pozicioniranje hvataljke duž vertikalne Z ose je određena formulom:

$$Z_{ef} = H_{Amax} + H_{Amin} + |H_k - H_{Amax}|$$

gde je: Z_{ef} – efektivna dužina hoda, H_{Amax} – visina flaše najveće zapremine, H_{Amin} – visina flaše najmanje zapremine i H_k – visina kutije.

Masa koja se prenosi duž vertikalne Z ose je predstavljena formulom:

$$m_{Zuk} = m_h + m_{Amax}$$

gde je: m_{Zuk} – ukupna masa opterećenja na, m_h – masa mehanizma za hvatanje i m_{Amax} – ukupna masa flaša (najveće zapremine) u mehanizmu za hvatanje.

Pri određivanju vremena trajanja jednog ciklusa, kao i kod horizontalne X ose, potrebno je proceniti odgovarajuće vreme između dolaska dve susedne flaše da ne bi došlo do nagomilavanja flaša na kraju trake. Ovo vreme će biti uzeto isto kao i kod horizontalne X ose.


Pri izboru vertikalne Z ose takođe je korišćen Festo softver za inženjering. Pri izboru ose se vrši definisanje određenih ulaznih parametara (efektivna dužina hoda 500 mm, masa opterećenja 3 kg i vreme trajanja jednog ciklusa 4 s) čije su vrednosti određene upotrebom formula datim u prethodnim pasusima ovog podpoglavlja. Za vertikalnu Z osu su takođe potrebne brze promene položaja pa se filtriraju isti tipovi rešenja kao za prethodnu osu. Unosi se dodatan uslov da aktuatori koji se razmatraju u programu imaju ugrađenu kočnicu. Ovo se radi kao zaštitna mera od nepoželjnog pada klizača prilikom prekida napajanja aktuatoru ose. Nakon definisanja svih ovih parametara dobijen je spisak pogodnih rešenja prikazan na Slici 16.


Application
System parameters
Selection filter
Guide
Motion profile
Results
Details
Bill of materials
Project Data


Results

Result No. 22
☒ Add (Compare products)
Please ensure that the following dynamic values the dimensioning is based on do not exceed the limit values of your equipment
Speed: 0.603 m/s
Acceleration: 15 m/s²
Deceleration: 15 m/s²
Moment of inertia ratio: 1.545
Guide Load for continuous

Selected drive

Axis

ESBF-B5-32-500-10P
Axial kit:
EAMM-A-D32-60P

Motor

EMMT-A5-60-L-HS-RxB
No gear

Controller

CMMT-A5-C5-11A-P3-PN-
Power section
400 VAC (Three-phase)

Overview about performance data

	Required (max., Motion profile)
Effective stroke	500 mm
Repetition accuracy	+/- 0.1 mm
Moving mass	3 kg
Vertical 270 °	
Additional external force (Axial force)	0 N
Travel time + Dwell time	2.16 s
Dwell time	0.4 s

189 Results (Optimum sizes of the axes)
Compare products (1) Result filter

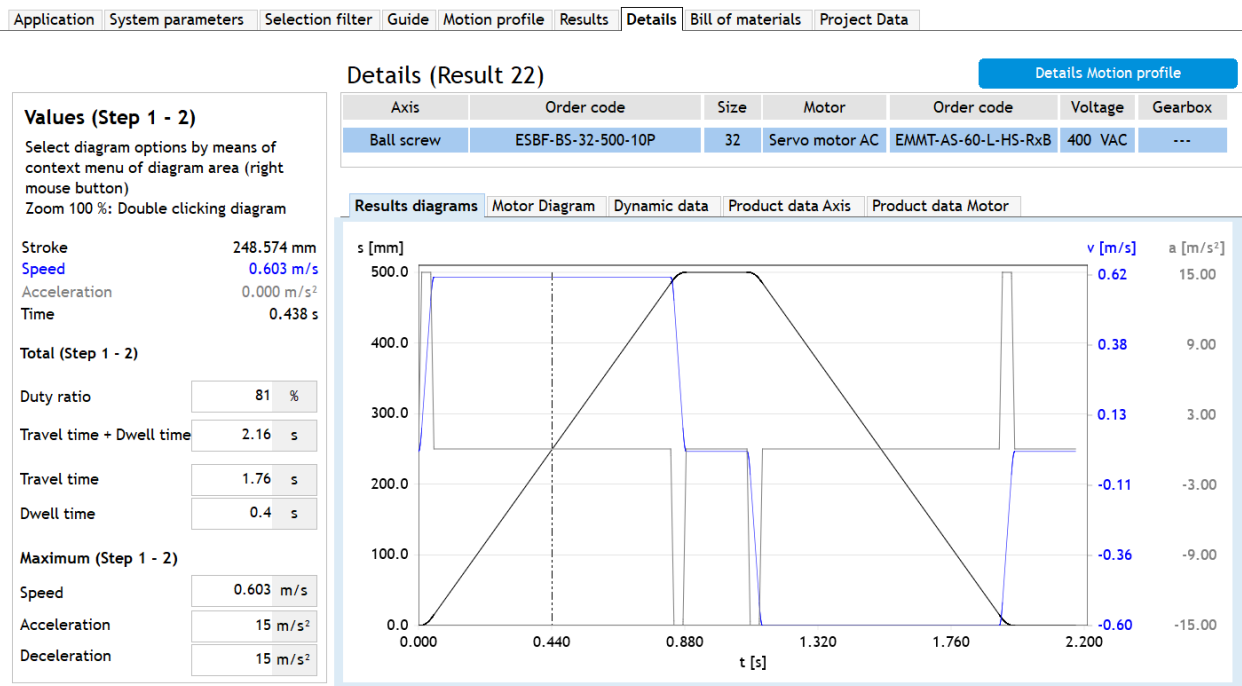
Detailed motion profile: Cycle time (Travel time + Dwell time): Maximum 4 s

	No.	Axis	Size	Guide	Motor	Motor Size	Gears	Axis	Guide	Motor	Controller	Travel time
<input type="checkbox"/>	13	Ball screw (ESBF)	32	Ball bearing, f	Servo AC (f	60-M-HS	---	8 %	6 %	18 %	12 %	3.444
<input type="checkbox"/>	8	Ball screw (ESBF)	32	Ball bearing, f	Servo AC (f	60-M-HS	---	8 %	6 %	19 %	19 %	3.444
<input type="checkbox"/>	11	Ball screw (ESBF)	32	Ball bearing, f	Servo AC (f	60-L-HS	---	8 %	6 %	20 %	20 %	3.444
<input checked="" type="checkbox"/>	22	Ball screw (ESBF)	32	Ball bearing, f	Servo AC (f	60-L-HS	---	13 %	7 %	22 %	19 %	1.760
<input type="checkbox"/>	4	Ball screw (ESBF)	32	Ball bearing, f	Servo AC (f	60-M-HS	---	8 %	6 %	25 %	25 %	3.444
<input type="checkbox"/>	17	Ball screw (ESBF)	32	Ball bearing, f	Servo AC (f	60-M-HS	---	13 %	7 %	25 %	19 %	1.760
<input type="checkbox"/>	39	Ball screw (ESBF)	40	Ball bearing, f	Servo AC (f	60-L-HS	---	6 %	5 %	28 %	17 %	2.667

Slika 16. Spisak rešenja za vertikalnu Z osu koja odgovaraju unetim parametrima

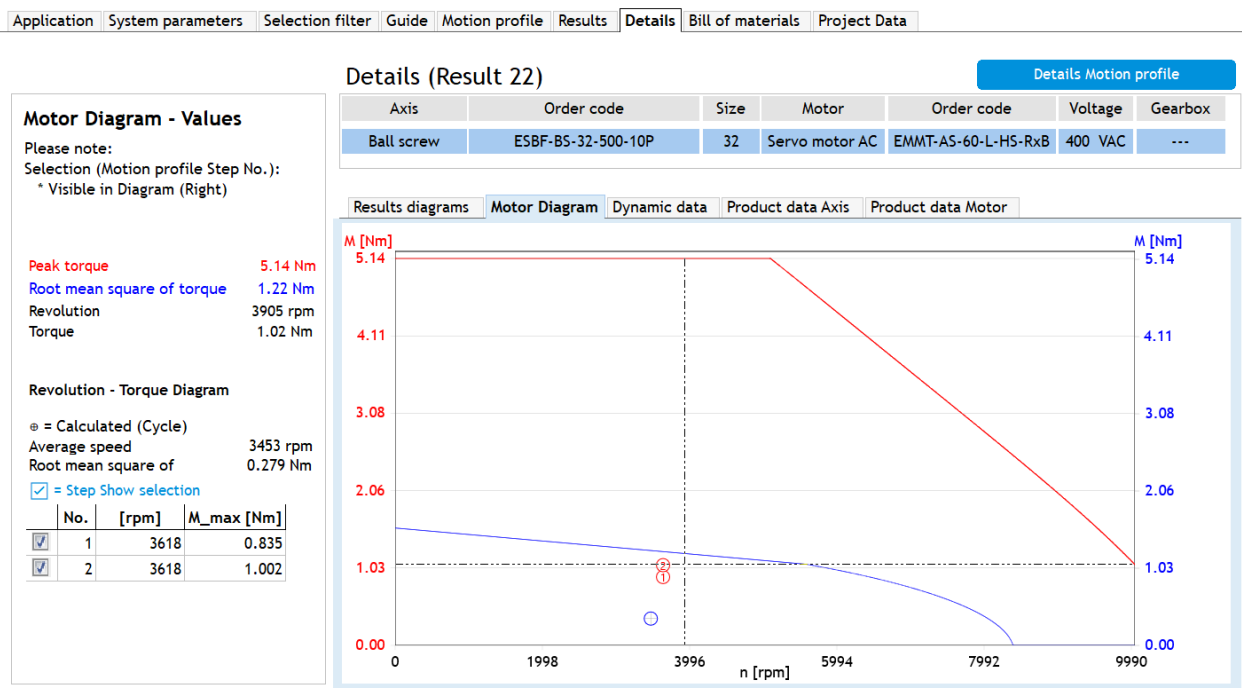
U ovom slučaju se sa Slike 16 može videti da postoji 189 konfiguracije ose, motora i motor kontrolera koja odgovaraju zadatim parametrima. Da bi ostvario zadatu brzinu kretanja odnosno vreme ciklusa, kod velikog dela konfiguracija sa spiska dolazi do preopterećenja u radu motora ili motor kontrolera što može da dovede do skraćenja životnog veka komponenti i pojave otkaza. Iz tog razloga je važno obratiti pažnju na procenite koji se odnose na opterećenje komponenti, a koji su prikazani na slici.

Za dalju simulaciju rada komponenti sklopa osa, motor i motor kontroler izabrana je osa sa navojnim vretenom, servo AC elektromotor i odgovarajući kontroler za upravljanje radom tog motora (Slika 17).



Slika 17. Prikaz simulacije rada izabrane konfiguracije za vertikalnu Z osu manipulatora

Rezultati simulacije su prikazani na Slici 18. Simulacija je pokazala da je izabrana konfiguracija: osa sa navojnim vretenom ESBF-BS-32-500, servo AC motor EMMT-AS-60 i motor kontroler CMMT-AS-C5-11A , pogodna za datu aplikaciju i da može da ispuni željene zahteve.

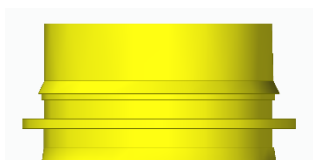


Slika 18. Prikaz dijagrama karakteristika izabranog aktuatora tokom rada

4.3. Vertikalna Z1 osa (uređaj za prihvatanje flaša)

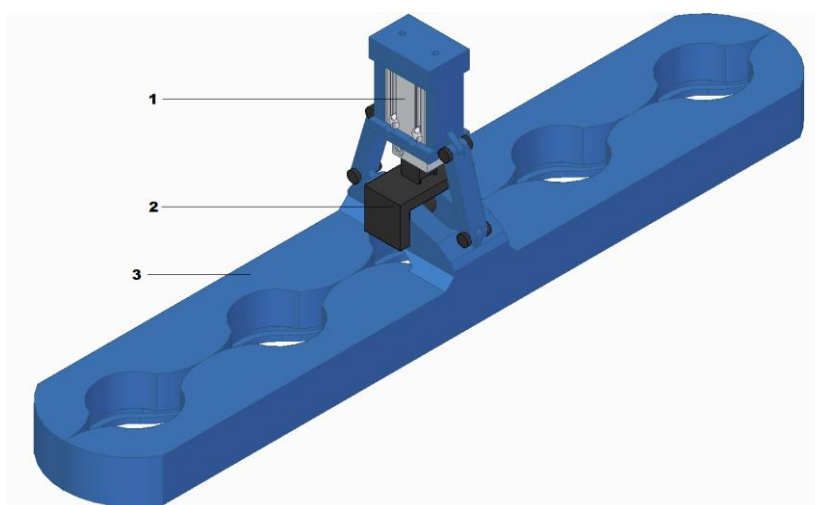
Vertikalna Z1 osa predstavlja uređaj za prihvatanje flaša koji ima zadatak da, nakon istovremenog preuzimanja većeg broja flaša sa pokretne trake, drži te flaše u željenom položaju u toku njihove manipulacije do kartonske kutije na drugoj pokretnoj traci, gde treba da ih otpusti. Pošto je izgled proizvoda koji se hvataju specifičan ne postoji hvataljka koja bi mogla da se kupi kao gotovo rešenje već je bilo potrebno projektovati istu. U početku su bile razmatrane dve varijante: vakuum hvataljka i mehanička hvataljka sa nekim tipom pogona. Rešenje sa vakuumom nije izabrano zbog toga što flaše na pokretnoj traci mogu da budu smaknute po osi i do 1 cm. Pozicioniranje vakuum sisaljki u centar čepa svih flaša bi bio veoma težak zadatak i vrlo verovatno bi u svakom ciklusu hvatanja barem jedna flaša ostala na traci. Na taj način ne bi moglo da se ostvari zadato vreme slaganja flaša odnosno da se isprati takt mašina koje rade pre manipulatora. Iz svih navedenih razloga odlučeno je da se pristupi projektovanju mehaničke hvataljke sa nekim tipom pogona.

Obzirom na to da je grlić sa navojem specifičnog oblika razmatrano je hvatanje flaša baš u tom delu (Slika 19). Iako postoji više tipova flaša koje manipulator mora da prihvata ono što je karakteristično za sve te tipove flaša je da su dimenzije grlića i navoj identični kod svih njih.



Slika 19. Izgled grlića sa navojem kod svih tipova flaša za slaganje

Ako se pogleda grlić sa navojem bilo kojeg tipa flaše jasno se vidi prsten prečnika 43 mm i debljine 1.5 mm, koji se nalazi između navoja i tela flaše. Izgled i dimenzije ovog prstena su omogućili da se pri projektovanju hvataljke razmatra bočno hvatanje i to baš na tom delu flaše. Taj prsten bi predstavljao „osigurač“ koji drži flašu u željenom položaju pri manipulaciji. Uređaj za hvatanje (Slika 20) koji treba da zadovolji sve zahteve zadate pri projektovanju se sastoji iz tri dela: aktuator (oznaka 1), mehanizam za pokretanje hvataljke (oznaka 2) i hvataljke (oznaka 3).



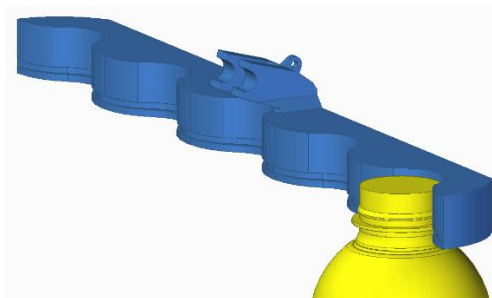
Slika 20. Prikaz mehanizma za hvatanje flaša od 1L

Prilikom projektovanja ovog rešenja potrebno je uzeti u obzir na to da se vrši slaganje 5 tipova flaša različitih zapremine, ali istih dimenzija grlića. Dodatan ifaktor koji utiče na projektovanje je što sve flaše prolaze kroz proizvodnu liniju na kojoj se vrši postavljanje čepova koji se ne zavrću. Količina flaša koja može da se preuzme odjednom, sa pokretne trake, je ograničena tipom flaše i dimenzijama kutije, što se može odrediti formulom:

$$M_f = B_{ku}/R_A$$

gde je: M_f – maksimalan broj flaša koji mogući za izuzimanje, B_{ku} – unutrašnja širina kutije i R_A – prečnik tipa flaše koja je trenutno na pokretnoj traci. Količnik se zaokružuje na prvi manji ceo broj.

Na osnovu zahteva za manipulacijom više flaša istovremeno, kao i zbog svega navedenog u prethodnim pasusima ovog poglavlja konstruisan je prototip hvataljke za manipulaciju flašama radi testiranja njenog rada sa različitim tipovima flaša (Slika 21). Takođe, ovaj prototip je testiran i u situacijama gde su flaše pomerene iz ose u dozvoljenim granicama, kao i u slučaju ako nisu baš zbijene na pokretnoj traci. Hvataljka je izrađena od plastike i dimenzionisana tako da može da prihvati određen broj flaša u zavisnosti od tipa flaše. Iste je visine kao grlić, a dimenzije rupa su iste kao poluprečnik čepa koji se stavlja na flaše. Rastojanje između rupa zavisi od tipa flaše koja treba da se slaže. Za osiguranje od pomeranja flaša unutar hvataljke u toku manipulacije, u nju je celom dužinom urezan žleb čija je namena da prsten grlića legne u njega, kao što se vidi sa slike.



Slika 21. Izgled elementa za prihvatanje flaša od 1L

Potreban broj položaja za hvataljku je dva: hvatanje i otpuštanje, čime se za pogon bira pneumatki aktuator. Prilikom biranja pneumatki aktuatora (cilindar) uzimaju se u obzir sledeći zahtevi: cilindar mora da izdrži dejstvo tereta PET ambalaže i elemenata (na koje deluje gravitacija) koji vrše prihvatanje, potrebno je da se izvlačenje i uvlačenje cilindra izvrši određenom brzinom da ne bi došlo do nagmilavanja ambalaže.

Koršćenjem softvera za inženjering firme *Festo* odabrano je željeno rešenje. Pri izboru se prolazi kroz definisanje nekoliko parametara. Potrebno je izabrati tip cilindra, gde je od ponuđenih izabran cilindar dovsmerenog dejstva sa intergisanim magnetima na klip, što omogućava ugradnju reed senzora za detekciju pozicije. Nakon toga definišu se parametri koji se odnose na: vreme ciklusa rada, zatim radni pritisak, dužinu hoda kao i masu radnog predmeta koju cilindar treba da pokreće. Za pokretanje delova koristiće se radni pritisak od 4 bara. Masa koju treba da pokreće je manja od 2 kg (ovde je uračunata masa mehanizma za pokretanje hvataljke, masa hvataljke i masa plastične ambalaže najveće zapremine). Vreme

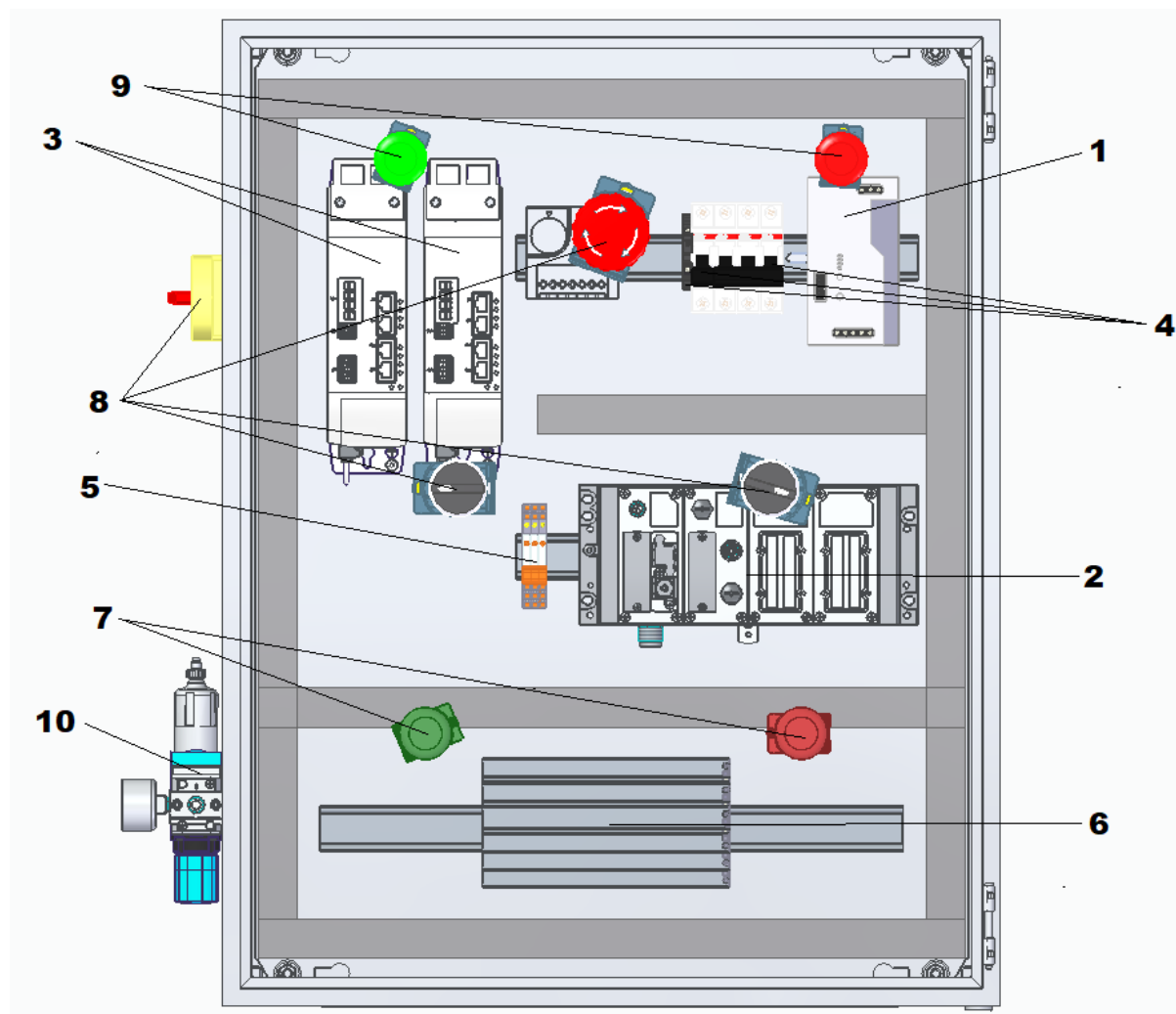
ciklusa je izabrano da bude 0.6 sekundi, a potreban hod 5 mm. Od dodatnih parametara je izabrano osiguranje od zakretanja klipnjače. Nakon definisanja svih ovih parametara dobijen je spisak pogodnih cilindara od kojih je izabran DPDM-10-5-S-PA tip cilindra za koji je dalja urađena simulacija putem istog softvera. Simulacija je pokazala da je izabran tip cilindra pogodan za datu aplikaciju i da može da ispuni željene zahteve.

Pošto u ovom slučaju manipulator treba da radi sa asortimanom flaša za svaki tip flaše bi se menjala hvataljka. Ovo je uzeto u obzir pri projektovanju hvataljke i mehanizma za pokretanje hvataljke pa je u tom smislu montaža vrlo jednostavna, materijal od kojeg je napravljena jeftin i lagan (plastika), a sistem je vrlo pouzdan. Hvataljka i mehanizam za pokretanje hvataljke su za potrebe realizacije ovog prototipa izrađene od ABS plastike metodom 3D štampe.

5. Upravljački podsistem

Sistem za manipulaciju je projektovan za dva režima rada: ručni i automatski. Upravljački deo sistema za manipulaciju čini upravljački ormar sa pneumatskim i električnim komponentama (Slika 22).

Prilikom projektovanja upravljačkog ormara vodilo se računa da stanu sve potrebne komponente u njega, ali i da ostane još dodatnog prostora radi mogućnosti dodavanja komponenata sistemu. Za projektovani sistem za manipulaciju odabran je upravljački ormar firme *Rittal* visine 800 mm, širine 600 mm i dubine 400mm model sa stepenom zaštite ormara IP66 i otpornosti na udarce IK10 sa težinom od 40kg.



Slika 22. Prikaz projektovanog upravljačkog ormara sa komponentama

Električne komponente koje se mogu videti na slici su: naponska jedinica od 24VDC (1), upravljački kontroler (2), motor kontroleri (3), osigurači (4), releji (5), redne stezaljke (6), tasteri (7), prekidači (8) i svetlosni idikatori (9). Dodatne električne komponente koje se nalaze van upravljačkog ormara su senzori.

Od pneumatskih komponenti koje čine upravljački podsistem se koriste: pripremna grupa (10) i razvodni ventili (elektro-pneumatska komponenta).

5.1. Pneumatke komponente podsistema

5.1.1. Pripremna grupa

Za neometan sistema potrebno je odabrati odgovarajuću pripremnu grupu u zavisnosti od potrebnog protoka i kvaliteta fluida (vazduha pod pritiskom). Za način aktiviranja pripreme grupe odabran je manualni način. Pripremna grupa treba da se sastoji od: ON/OFF ventila i regulatora pritiska sa manometrom. Na osnovu navedenih parametara izabrana je modularna pripremna grupa (Slika 23) kompanije *Festo* LFR-1/4-DB-7-MINI-KB.



Slika 23. Primer modularne pripreme grupe

5.1.2. Elektro-pneumatski razvodni ventili

Odabir elektro pneumatskih razvodnih ventila se zasniva na izabranim pneumatskim cilindrima, odnosno prema potrebnom protoku komponenti sistema. U ovom sistemu postoje dva pneumatska cilindra različitih karakteristika (uređaj za prihvatanje flaša i separator na pokretnoj traci).

Pneumatski cilindar dvosmernog dejstva je korišćen za upravljanje hvataljkom, o čijem načinu biranja je diskutovano detaljno u prethodnom poglavlju. Potreban razvodni ventil za ovaj tip cilindra je bistabilan 5/2 elektro-pneumatski razvodni ventil sa eksternim napajanjem solenoida i pneumatskim pojačanjem. Primenom istog softvera za inženjering kao idealno rešenje je odabran VUVG-L10-B52-T-M5-1P3.

Za separator se bira pneumatski cilindar jednosmernog dejstva, detaljniji opis o načinu biranja je dat u okviru opisa pokretne trake za ambalaže. Potreban razvodni ventil za ovaj tip cilindra je monostabilan 3/2 elektro-pneumatski razvodni ventil sa eksternim napajanje solenoida. Primenom istog softvera kao ranije, kao idealno rešenje je odabran MFH-3-M5.

5.2. Električne komponente podsistema

5.2.1. Naponska jedinica

Za neometan rad svih upravljačkih komponenti sistema potrebno je napajanje. Generalno u ovakvim automatizovanim sistemima električni uređaji rade na naponu od 24 V DC. Za izbor odgovarajućeg napajanja sistema potrebno je izračunati ukupnu potrošnju struje svih komponenti koje se napajaju pomoću tog izvora napajanja.

Električne komponente koje se napajaju sa 24 V DC su:

- Upravljački kontroler CPX koji za sve module koristi maksimalnu struju od 500 mA,
- Motor kontoleri sa maksimalnom potrebnom zajedničkom strujom od 10 A
- Solenoidi u razvodnim ventilima koji zajedno koriste maksimalnu struju od 900 mA

- Reed senzori tipa SMT koji zajedno koriste maksimalnu struju od 300 mA
- Ultrazvučni senzori koji zajedno koriste maksimalnu struju od 80 mA
- Induktivni senzori koji zajedno koriste maksimalnu struju od 80 mA
- Releji koji zajedno koriste maksimalnu struju od 30 mA

Da bi se izračunala potrebna snaga koristi se formula:

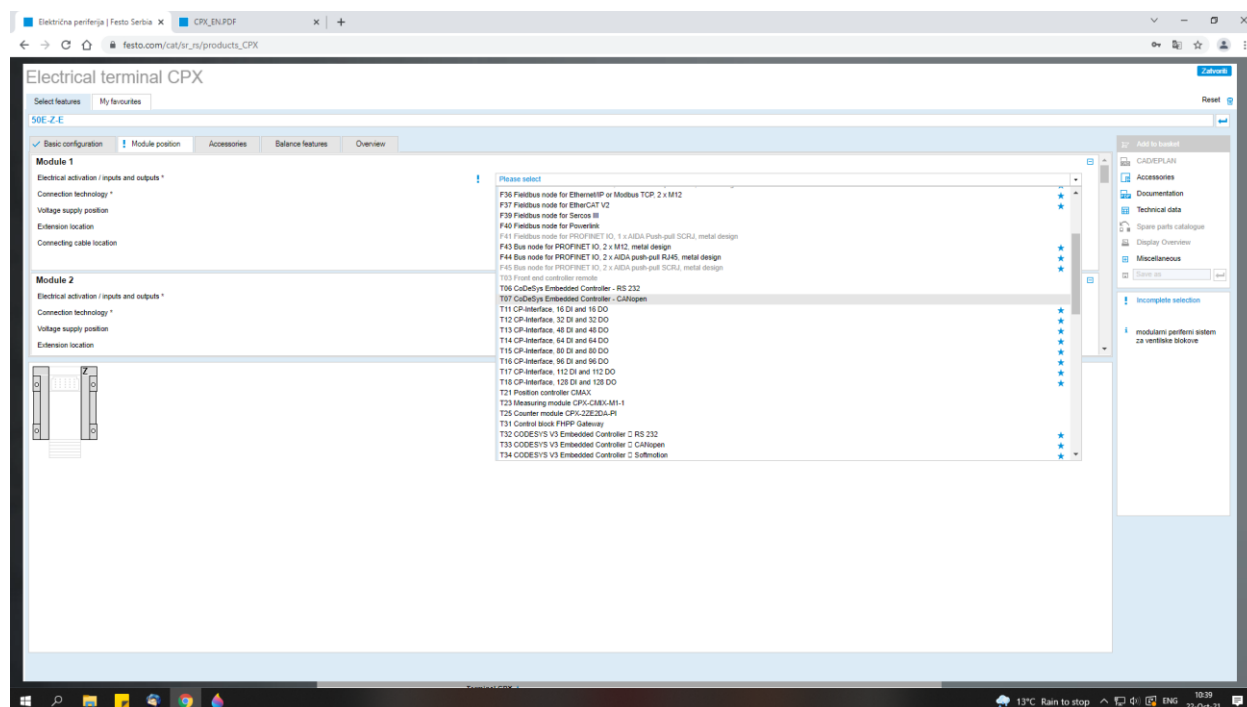
$$P = I \cdot U$$

gde je: P – snaga, I – struja i U – napon. Zbir maksimalne potrebne struje je 11.89 A što znači da je potrebno napajanje maksimalne snage od 285.36 W. Obzirom na to da se napajanja dimenzionišu na određenu snagu, bira se napajanje prvo veće od izračunatog. Na osnovu ovih parametara izabrano je napajnja proizvođača *Phoenix Contact* QUINT4-PS-1AC-24DC-20 tipa, sa 480 W snage odnosno strujom od 20 A.

5.2.2. Upravljački kontroler

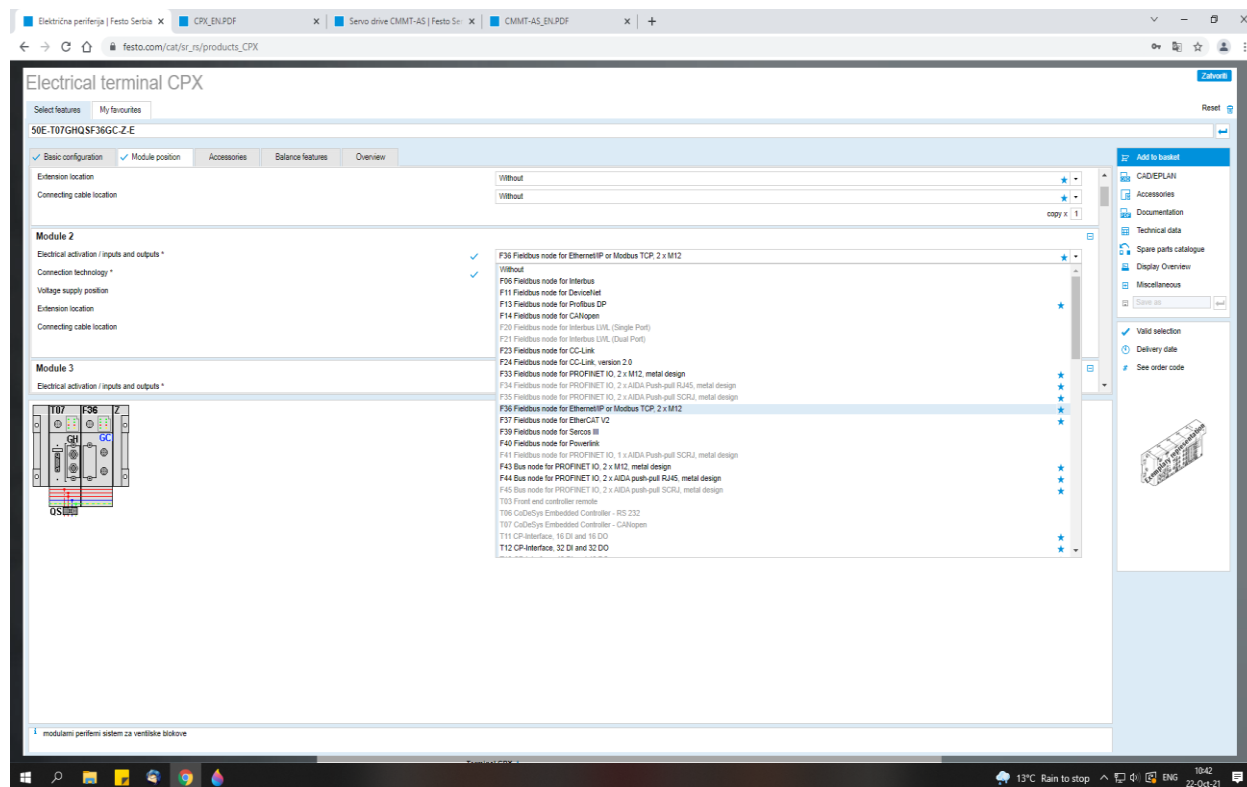
Nakon izbora svih preostalih komponenti potrebnih za funkcionisanje sistema za manipulaciju i slaganje flaša u kutiju potrebno je prebrojati ulazne i izlazne uređaje za upravljanje radom sistema. Ukupan broj ulaznih signala je 18, a izlaznih signala je 5. Obzirom na to da za upravljanje pogonom horizontalne X ose i vertikalne ose Z ose se koriste motor kontroleri sa EtherNet/IP (EP) protokolom komunikacije potrebno je izabrati upravljački kontroler koji sadrži isti protokol.

Korišćen je softver za inženjering firme *Festo* za izbor ove komponente sistema, a način izbora je prikazan na Slikama 24 - 27. Prvo je odlučeno da će upravljački kontroler biti tipa CPX odnosno modularnog tipa u cilju mogućeg izbora odgovarajućeg broja ulaza/izlaza, procesorskog i komunikacionog modula kontrolera.



Slika 24. Izbor procesorskog modula CPX kontrolera

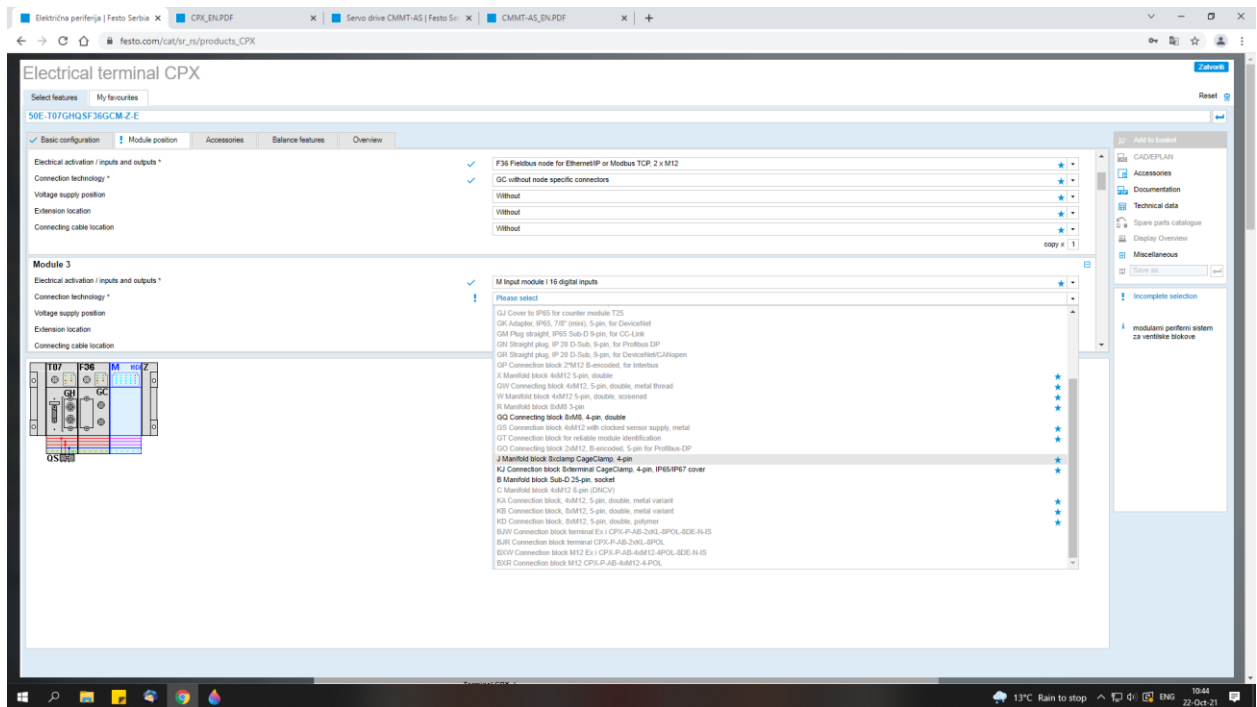
Pocesorski modul uređaja je prvi koji se bira. U ovom slučaju izabran je modul sa oznakom T07 koji predstavlja CodeSys Embedded Controller sa CANOpen komunikacionim protokolom (Slika 24). Ovaj modul podrazumeva da se CPX kontroler programira upotrebom CodeSys softvera. Dodatno je izabran komunikacioni modul Fieldbus node for EtherNet/IP što odgovara priključku i protokolu CMMT motor kontrolera (Slika 25).



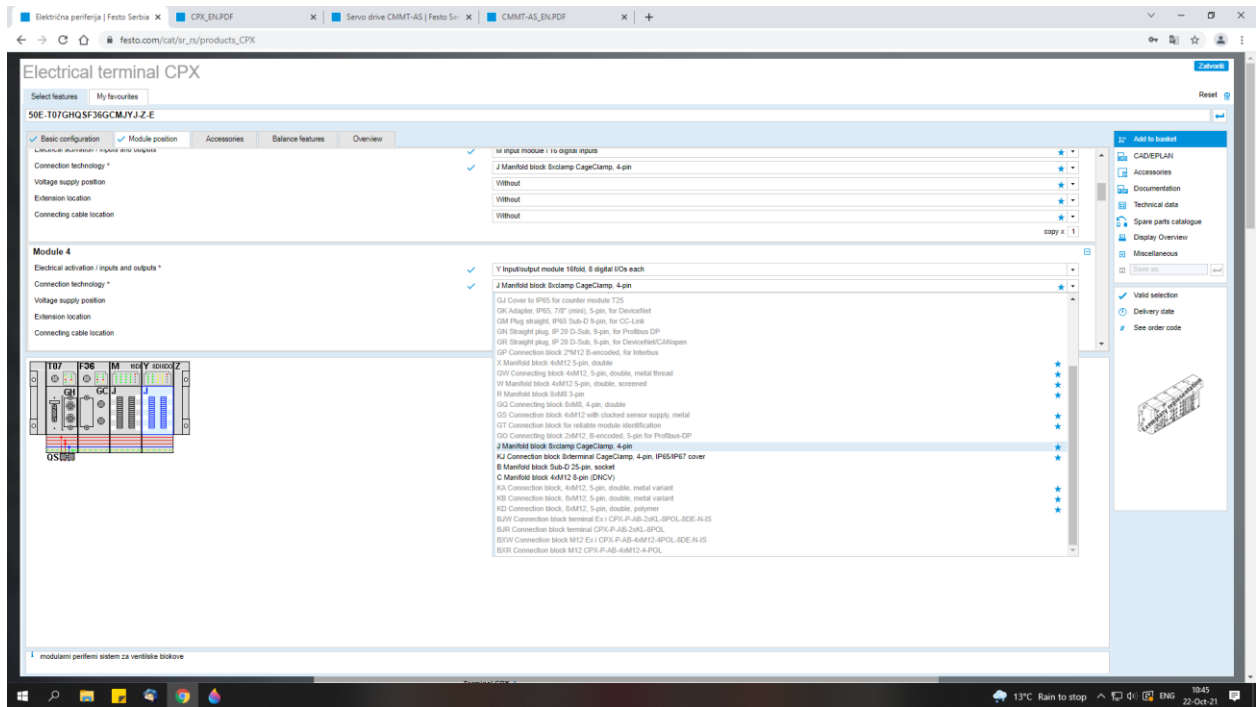
Slika 25. Izbor komunikacionog modula CPX kontrolera

Nakon izbora komunikacionog modula biraju se moduli potrebni za broj ulaznih i izlaznih digitalnih signala. Maksimala broj digitalnih priključaka (ulaznih ili izlaznih) je 16 po modulu. Obzirom na to da je za posmatrani sistem potrebno 18 ulaza i 5 izlaza naredna dva modula kontrolera su izabrana sa:

- 16 digitalni ulaza (Slika 26) i
- 8 digitalnih ulaza i 8 digitalnih izlaza (Slika 27).



Slika 26. Izbor input modula CPX kontrolera



Slika 27. Izbor input/output modula CPX kontrolera

Potrebno je napomenuti da je uvek poželjno izabrati kontroler sa više ulaza i izlaza nego što je potrebno, u slučaju da jednog dana bude potrebno povezivanje dodatnih komponenti na postojeću mašinu. Izabran je model CPX-a 50E-T07GHQSF36GCMJYJ-Z-E i ovim je završena konfiguracija upravljačkog kontrolera za sistem manipulacije i slaganja ambalaža u kutiju.

5.2.3. Motor kontroleri

U prethodnom poglavlju je spomenuto da će se koristiti CMMT-AS-C5-11A-P3-EI-S1 (Slika 28) za pogon horizontalne X ose i vertikalne Z ose. Kao rešenje za upravljanje radom izabranih servo AC motora softver za konfiguraciju je ponudio CMMT-AS kontrolere.

Napajanje za odabrane kontrolere je 24VDC i potrebna nominalna struja oko 5A (oznaka C5). Namijenjeni su za trofazne aktuator sa napajanjem od 400VAC (oznaka 11A-P3). Izabrani protokol komunikacije sa upravljačkim kontrolerom CPX je EtherNet/IP (oznaka EI). Standardna sigurnosna funkcija (oznaka S1).



Slika 28. Prikaz motor kontrolera CMMT-AS- C5-11A-P3-EI-S1

5.2.4. Osigurači

Osigurači predstavljaju vid zaštite električnih vodova i komponenti od struja koje prevazilaze njihovu nominalnu vrednost. Mesta na kojima se postavljaju osigurači u sistemu:

- Na početku vodova ka ostatku upravljačkog podсистема, konkretno osigurač tipa B20 A (Slika 29),
- Na vod koji se grana ka svim ostalim električnim komponentama napajanim sa 24 V DC, osigurač tipa A25 A i
- Na pozitivan vod koji dovodi napajanje CPX kontroleru osigurač tipa A1 A.

Osigurači B20 A, A25 A i A1 A su trofazni automatski, jednofazni automatski i staklenog tipa respektivno. Svi osigurači su predviđeni za montažu na DIN šinu.



Slika 29. Prikaz trofaznog automatskog osigurača

5.2.5. Releji

Releji su električne komponente koje se koriste za indirektno upravljanje nekim drugim komponentama. U posmatranom sistemu upravljački kontroler relejima aktivira elektromagnete na razvodnim ventilima. Obzirom na to da zahtevi nisu naročito veliki za releje biraju se od proizvođača *Phoenix Contact* model PLC-RPT- 24DC/ 1/MS/ACT sa radnim naponom elektromagneta od 24 V DC, dok njegovi kontakti su predviđeni za napon od 24 V DC sa strujom od 2A (Slika 30).



Slika 30. Prikaz izabranog tipa releja tipa PLC-RPT- 24DC/ 1/MS/ACT

5.2.6. Redne stezaljke

Redne stezaljke se koriste za uredno povezivanje vodova u upravljačkom ormaru, konkretno svaka konekcija izmedju elektronskih komponenti se vrši preko njih. Najpre se dovodi AC na napajanje upravljačkog ormara pa se odatle sve dalje raspoređuje. Izabrane su jednopolne i trolejne redne stezaljke sa poprečnim presekom od 5 mm², gde se kablovi pričvrćuju vijčano. Montiranje se vrši na DIN šinu.

5.2.7. Tasteri, prekidači i svetlosni indikatori

Tasteri START i STOP, prekidači glavni grebenasti i TOTALSTOP predstavljaju elemente sa ulaznim tipom signala. Oni se vezuju na ulazne priključke CPX kontrolera, dok su svetlosni indikatori elementi sa izlaznim tipom signala i vezuju se na izlazne priključke kontrolera. Na Slici 31 su prikazani tipovi tasetra, prekidača i svetlosnih indikatora.



Slika 31. Prikaz tastera, prekidača i signalne lampe

Tasteri START i STOP su izabrani da budu sa normalno otvorenim kontaktima. Ovo podrazumeva da napajanje ne prolazi kroz kontakte tastera dok nisu aktivirani. Na osnovu signala koji šalju tasteri kontroler generiše odgovarajući signal na svojim digitalnim izlazima. Ovi tasteri se postavljaju na vrata ormara.

Taster START je predviđen za pokretanje sistema i to u dva režima rada: ručni ili automatski. U slučaju da je izabran ručni režim rada nakon aktiviranja tastera START i ako ostali ulazni signali ispunjavaju uslove definisane u programu kontrolera sistem za manipulaciju započinje

izvršavanje jednog ciklusa rada. Ovaj režim se isključivo koristi za testiranje rada sistema pri prvoj aktivaciji ili prvom puštanju nakon hardverskih i softverskih izmena. U slučaju da je izabran automatski režim rada i da je pritisnut taster START nakon toga pokreće se trajni režim rada sistema. Ovaj režim se zaustavlja u slučaju pojave jednog od signala zaustavljanja (pritsak tastera STOP, TOTAL STOP ili nedostatak signala od senzora).

Taster STOP je predviđen za zaustavljanje rada sistema nakon završenog trenutnog ciklusa rada. U ručnom režimu rada ovaj taster nema smisla s obzirom na to da ručni režim svakako traje samo jedan ciklus. Ovaj taster je namenjen za zaustavljanje automatskog režima rada. Zaustavljanje se vrši nakon završetka trenutnog ciklusa, odnosno kada se svi elementi sistema nakon aktiviranja tastera STOP vrate u početne položaje.

Glavni prekidač sistema predstavlja grebenasti prekidač (400 V AC, 40 A) koji ima dva položaja ON i OFF. Njegova uloga je prekid faza koje dolaze u upravljački orman. Na taj način prekida i napajanje u celom upravljačkom ormanu. Ovaj prekidač je se postavlja na bočnu stranu upravljačkog ormana.

Prekidač TOTAL STOP predstavlja prekidač za hitne slučajeve koji se postavlja uvek na vidljivom mestu sa lakim pristupom u slučaju potrebe. Može se postaviti na upravljački orman ili na samoj mašini. Uvek je u obliku crvene pečurke ispod koje se nalazi žuta podloga. Ovaj prekidač je uvek normalno zatvoren, što znači da se prekid napona koji prolazi kroz njega dešava u trenutku aktivacije prekidača. Nakon aktivacije ovog prekidača pokreće se podprogram u kontroleru u funkciji TOTAL STOP, što znači da se sistem mora odmah zaustaviti, ali u bezbednom položaju. Bezbedan položaj za ovaj manipulator predstavlja uvlačenje svih cilindara u početni položaj i podizanje vertikalne Z ose do najviše tačke.

Svetlosni indikatori imaju funkciju prikazivanja trenutnog stanja ili nekih promena u sistemu. Odabrana su dva svetlosna indikatora koja su postavljena na vrata upravljačkog ormana. Prvi indikator je zelene boje čija aktivacija signalizuje da je upravljački orman pod naponom. Drugi indikator je crvene boje čija aktivacija signalizuje da je došlo do greške u sistemu.

5.2.8. Senzori

Senzori imaju široku primenu u svakom sistemu, prvenstveno, jer njima se dobija povratna informacija o posmatranoj fizičkoj veličini na osnovu koje je moguće bolje i tačnije upravljanje sistema. Za posmatran sistem korišćeni su induktivni senzori za detekciju položaja klizača na osama, reed senzori za detekciju pozicije klipnjače i ultrazvučni senzori za detekciju prisustva ambalaže i kutije.

Za informaciju položaja flaša i kartonske kutije se biraju ultrazvučni senzori proizvođača *Schneider* tipa M18-Sn05m-No-M12 (Slika 32). Ovi senzori su najbolje rešenje za detekciju PET plastičnih ambalaža zbog toga što su u pitanju providne plastične flaše. Moguće je koristiti i optičke senzore, ali zbog osvetljenja okoline moguć je nastanak problema za njihovu upotrebu. Da bi se korigovali optički senzori morali bi biti specijalnog tipa koji je višestruko skuplji od ultrazvučnog senzora. Uzeti su u obzir i kapacitivni senzori, ali zbog različitih tipova flaša i veoma kratkog dometa senzora došlo bi do problema prilikom njihove upotrebe. Odabrano je korišćenje ultrazvučnog senzora zbog navedenih problema i zbog potrebe za promenom dometa senzora usled promene tipa flaša.



Slika 32. Prikaz izabranog tipa ultrazvučnog senzora

Senzori koji se koriste za detekciju krajnjih položaja klizača na osama su odabrani korišćenjem softvera za inženjering firme *Festo*. Nakon biranja horizontalne X ose i vertikalne Z ose moguće je birati određene dodatke za svaku od osa. Tip senzora za detekciju položaja klizača je jedan od mogućih dodataka, a od ponuđenih su odabrani induktivni senzori tipa SIEN-M8B-PO-S-L (Slika 33) za horizontalnu X osu i vertikalnu Z osu. Potrebno je uzeti u obzir da je jedan par senzora montiran na međusobno odstojanju jednakom efektivnoj dužini hoda klizača ose i da je drugi par na međusobnom odstojanju dužim od efektivnog hoda klizača iste ose. Ovo se vrši za prevenciju izlaska klizača iz ospega rada koji je definisan za njega. Obzirom na to potrebno je izabrati po 4 induktivna senzora za svaku osu.



Slika 33. Prikaz izabranog tipa induktivnog senzora

Položaj klipnjače cilindra (krajnje uvučen ili izvučen) se detektuje primenom reed magnetnih senzora. Ovaj tip senzora se montira spolja na kućište pneumatskog cilindra na dve krajnje pozicije. Oni detektuju poziciju klipnjače tako što se na klipu cilindra nalazi magnet koji kada se nađe ispod reed senzora zatvara kontakte istog i šalje signal 1 na ulazni priključak upravljačkog kontrolera. Odabrani reed senzori su od firme *Festo*, tipa SMT-10M-PS-24V-E-0,3-L-M8D (Slika 34).



Slika 34. Prikaz izabranog tipa reed senzora

5.3. Energetski lanci

U sistemu o kom je reč u ovom radu postoje određene komponente koje za vreme rada konstantno menjaju položaj pa pri njihovom pomeranju dolazi i do pomeranja njihovih napojnih kablova kao što su kablovi za upravljačke vodove i creva za vazduh pod pritiskom. Da bi se sprečilo stvaranje čvorova i pucanja kablova i pneumatskih creva koriste se energetski lanci (Slika 35).



Slika 35. Prikaz energetskog lanca za zaštitu creva i kablova

Energetski lanac se sastoji iz više zglobova, gde broj zglobova zavisi od toga koliki je put koji lanac treba da pređe. Svaki zglob je pravougaonog preseka sa šupljinom unutra, koja omogućava provlačenje kablova i creva kroz unutrašnjost lanca. Nisu ni spolja zatvoreni, čime je omogućeno da se proverí ispravnost kablova i pneumatskih creva koja prolaze kroz lanac i po potrebi zamene.

Obzirom na to da se sredina u kojoj funkcioniše sistem za manipulaciju nije agresivna bira se korišćenje običnih PP (polipropilen) plastičnih energetskih lanaca.

6. Pokretne trake

Pokretne trake predstavljaju posebne podsisteme i čine deo sistema koji se projektuje u ovom radu. Opis njihovog položaja u odnosu na manipulator i načina rada je neophodan za razumevanje izbora nekih od komponenti manipulatora (izbor hodova osa) kao i izgleda prototipa projektovane hvataljke.

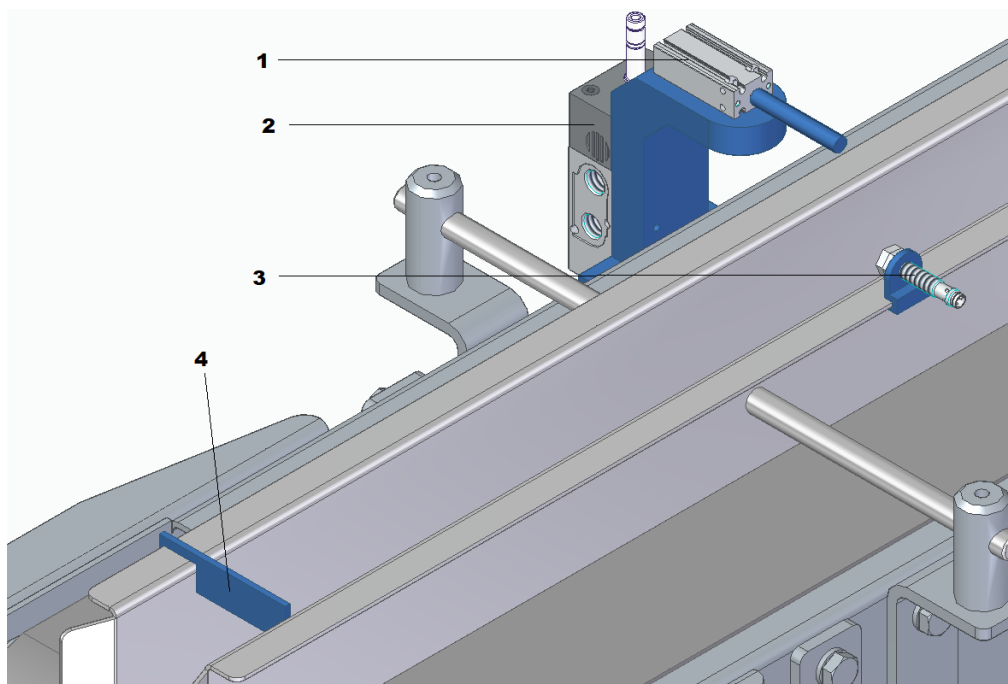
Svaka od pokretnih traka je pogonjena svojim trofaznim AC aktuatorom, a upravljanje aktuatorima vrše frekventni regulatori (po jedan za svaki aktuator). Povezivanjem digitalnih ulaznih signala frekventnih regulatora sa PLC-om moguće je vršiti upravljanje pokretanjem i zaustavljanjem rada trake. Ovaj način upravljanja je karakterističan za rad sa trofaznim aktuatorima, gde nagla promena brzine vremenom može doprineti neželjenim i nepredviđenim posledicama (otkaz aktuatora).

6.1. Traka za transport flaša do manipulatora

Pokretna traka pripada drugom sistemu, gde se upravljanje vrši autonomno i podešavanjem brzine rada motora ne upravlja upravljački sistem ovog manipulatora. Suština pokretne trake je da transportuje flaše niz proizvodnu liniju, od mašine za proizvodnju PET flaša, kroz mašinu za postavljanje čepova i mašinu za etiketiranje do kraja pokretne trake respektivno. Traka je opremljena sa dva zida određene visine, čije je međusobno odstrojanje podesivo. Ovo omogućava konstantnu kontrolu položaja flaša na pokretnoj traci. Takođe, sama traka je izrađena od anti-statik materijala čime je eliminisan problem nagomilavanja statičnog naelektrisanja na spoljnim površinama flaša.

Na trenutno posmatranoj traci potrebno je izvršiti separaciju određene količine flaša od ostalih i ovaj proces se vrši upotrebom podsistema za separaciju. Količina flaša za separaciju zavisi od tipa flaše koja je u tom trenutku na pokretnoj traci, što direktno ima veze i sa tipom uređaja za prihvatanje na manipulatoru. Komponente koji čine podsistem za separaciju su (Slika 36):

- Pneumatski cilindar jednosmernog dejstva DPDM-10-15-S-PA (oznaka 1) koji vrši separaciju izvlačenjem klipnjače. Odabir ovog aktuatora (cilindra) je izvršen korišćenjem softvera za inženjering od firme *Festo*, na način koji je detaljno opisan pri biranju pogona uređaja za prihvatanje.
- Elektro-pneumatski monostabilan razvodni ventil 3/2 tipa MFH-3-M5 (oznaka 2) koji služi za upravljanje pneumatiskim cilindrom. Ova komponenta je odabrana korišćenjem istog softvera za inženjering firme *Festo*.
- Ultrazvučni senzor proizvođača *Schneider* tipa M18-Sn05m-No-M12 (oznaka 3) koji detektuje prisustvo poslednje flaše u nizu za izuzimanje i slaganje. Čiji razlog odabira je detaljno opisan u prethodnom poglavlju.
- Plastična pregrada (oznaka 4), dimenzija adaptiranih međusobnom odstojanju zidova pokretne trake. Njena funkcija je sprečavanje ispadanja flaša nakon dostizanja kraja trake.



Slika 36. 3D prikaz podsistema za proces separacije na pokretnoj traci

6.2. Traka za pozicioniranje kartonske kutije

Za razliku od prethodno posmatrane, pokretna traka za pozicioniranje kartonske kutije je regulisana upravljačkim kontrolerom iz sistema diskutovanog u ovom radu.

Kutija se doprema ručno na pokretnu traku koja radi konstantno. Zaustavljanje trake se vrši u slučaju da je kutija na potrebnom mestu ili pri pojavi signala za zaustavljanje. Za detekciju kutije je odabran ultrazvučni senzor firme *Schneider* tipa M18-Sn05m-No-M12, koji nakon detekcije šalje signal 1 na jedan od digitalnih ulaza upravljačkog kontrolera. Nakon čega se zaustavlja pokretna traka. Kada je završen proces slaganja dolazi do ponovne aktivacije pogona pokretne trake, do detekcije naredne kutije.

7. Tehno-ekonomska analiza i sastavnica proizvoda

U Tabeli 3 je dat spisak komponenti, njihov opis, oznaka količina koja je potrebna za realizaciju ovog zadatka kao i njihova jedinična cena.

R.b.	Naziv komponente	Oznaka komponente	Opis komponente	Kol.	Cena eur/kom
ORMAN					
1.	QUINT4-PS-1AC-24DC-20	PS	Naponska jedinica 24V DC/20 A	1	550
2.	50E-T07GHQSF36GC MJYJ-Z-E	CPX	Upravljački konroler	1	1190.7
3.	Tropolni osigurač	F1	Osigurač automatski B 20A	1	8
4.	Jednopolni osigurač	F2	Osigurač automatski A 25A	1	1
5.	OS10-1.0A	F3	Osigurač stakleni A 1A	1	1
6.	T5B-1-8200/E	QS1	Glavni prekidač (grebenasti) dvopoložajni 40A	1	67
7.	XB5AS8444	QS2	Pečurkasti taster, TOTAL STOP	1	4
8.	A22NN	QS3	Normalno otvoren taster	1	2.5
9.	A22NN	QS4	Normalno otvoren taster	2	2.5
10.	T0-1-8200/IVS	QS5	Grebenasti prekidač dvopoložajni	1	7
11.	T0-1-8200/IVS	QS6	Grebenasti prekidač dvopoložajni	1	7
12.	AD22B-22DS	H1, H2	Svetlosni indikatori	2	0.5
13.	CMMT-AS-C5-11A-P3-EI-S1	MC1,MC2	Motor kontroleri	2	1127
14.	SK 3110.000	Termostat	Termostat	1	22
15.	SK 3240.600	M3	Ventilator (1~) sa filterom	2	400
16.	PLC-RPT- 24DC/1/MS/ACT	R1, R2, R3	Releji	3	10
17.	UT6	X1	Redne stezaljke jednopolne	20	1.5
18.	ST2.5-3L	X1	Redne stezaljke trojne	17	3
19.	ST4	Kućiste za stakleni osigurač	Kućiste za stakleni osigurač	1	3
20.	LFR-1/4-DB-7-MINI-KB	OZ	Pripremna grupa, ručni način aktiviranja	1	187
21.	AX 1376.000	Upravljački orman	Upravljački orman visina 750 mm, širina 600 mm, dubina 350 mm	1	198
22.	Povezivanje ormara, ostalih komponenti, montaža komponenti (inženjer/sat) 6 dana x 8 sati x 20€/sat				960
23.	Softver (inženjer/sat) 5 dana x 10 sati x 15€/sat				750

HORIZONTALNA OSA					
1.	EGC-80-1000-BS-20P-S-KF-0H-MR-GK	Osa sa električnim upravljanjem	Osa sa električnim upravljanjem	1	2533
2.	EMMT-AS-60-L-HS-Rx	M1	Aktuator 3~	1	707
3.	SIEN-M8B-PO-S-L	B1, B2, B3, B4	Induktivni senzor 24 V DC	4	55.8
4.	EAMM-A-D32-60P	Spojnicu aktuatora i električne ose	Spojnicu aktuatora i električne ose	1	273
5.	NEBM-M23G15-EH-2.5-Q10N-R3LEG14	Kabl za komunikaciju motor kontrolera i aktuatora	Kabl za komunikaciju motor kontrolera i aktuatora	1	138
6.	NEBU-M12W5-K-5-LE3	Kabl za komunikaciju senzora i upravljačkog kontrolera	Kabl za komunikaciju senzora i upravljačkog kontrolera	4	7.2
7.	Energetski lanac	Energetski lanac	Energetski lanac 2m dužine, profil 35 mm x 100 mm	1	54.7
8.	MUE-70/80	Stope za montažu	Stope za montažu	6	27.7
VERTIKALNA OSA					
1.	ESBF-BS-32-500-10P	Osa sa električnim upravljanjem	Osa sa električnim upravljanjem	1	942
2.	EAGF-V2-KF-32-500	Linearna vođica za osu	Linearna vođica za osu	1	1203
3.	EMMT-AS-60-L-HS-Rx	M2	Aktuator 3~	1	707
4.	SIEN-M8B-PO-S-L	B5, B6, B7, B8	Induktivni senzor 24 V DC	4	55.8
5.	EAMM-A-S48-60P-G2	Spojnicu aktuatora i električne ose	Spojnicu aktuatora i električne ose	1	256
6.	NEBM-M23G15-EH-5-Q10N-R3LEG14	Kabl za komunikaciju motor kontrolera i aktuatora	Kabl za komunikaciju motor kontrolera i aktuatora	1	276
7.	NEBU-M8W3-K-5-LE3	Kabl za komunikaciju senzora i upravljačkog kontrolera	Kabl za komunikaciju senzora i upravljačkog kontrolera	4	14.4
8.	Energetski lanac	Energetski lanac	Energetski lanac 1m dužine, profil 10 mm x 20 mm	1	12.3
UREĐAJ ZA PRIHVATANJE FLAŠA					
1.	DPDM-10-5-S-PA	A1	Pneumatski cilindar (aktuator) dvosmernog dejstva	1	55
2.	VUVG-L10-B52-T-M5-1P3	1V1	Elektro-pneumatski razvodni ventil	1	81

3.	SMT-10M-PS-24V-E-0,3-L-M8D	B11, B12	Reed magnetni senzori položaja 24V	2	25
POKRETNE TRAKE					
1.	DPDM-10-15-S-PA	A2	Pneumatski cilindar (aktuator) jednosmernog dejstva	1	75
2.	MFH-3-M5	1V2	Elektro-pneumatski razvodni ventil	1	21
3.	SMT-10M-PS-24V-E-0,3-L-M8D	B13	Reed magnetni senzori položaja 24 V DC	1	25
4.	M18-Sn05m-No-M12	B9, B10	Ultrazvučni senzori 24 V DC	2	160
KONSTRUKCIJA, VEZNI DELOVI I HVATALJKA					
1.	Izrada svih veznih delova i hvataljke				20
2.	Izrada konstrukcije od nerđajućeg čelika				1200

Tabela 3 . Tabela cena svih komponenti

Ukupna cena projektovanog idejnog rešenja manipulatora za slaganje pet tipova flaša i izrade prototipa hvataljke iznosi približno $\Sigma=17.574,20$ eur.

8. Zaključak

U ovom radu je projektovano idejno rešenje automatizovanog sistema za manipulaciju PET flašama i izrada prototipa uređaja za prihvatanje flaša. Osnovni zadatak ovog sistema je mogućnost brzog i efikasnog izvršavanja procesa slaganja pet različitih tipova flaša u kartonsku kutiju. U ovom radu akcenat se stavlja na uređaj za prihvatanje flaša, koji je namenski projektovan i izrađen je njegov prototip. Ovo je bilo neophodno obzirom na uslove koji su postavljeni u zadatku.

U okviru ovog rada pored detaljnog opisa sistema i njegovog upravljanja nalaze se: 3D model okruženja definisanog u zadatku i celokupnog sistema za manipulaciju sa nosećom konstrukcijom i sistemom za upravljanje kao i sastavnica svih proizvoda koji su upotrebljeni prilikom projektovanja sistema.

Upravljački deo sistema za manipulaciju je realizovan na jednostavan način sa što manjim brojem komponenti, bez kompromisa funkcionalnosti i efikasnosti. Upravljanje se vrši putem upravljačkog kontrolera CPX, senzora i izvršnih organa. Noseća konstrukcija sistema je mobilna sa ciljem izvršenja transporta sistema, po potrebi, u drugo okruženje sličnih zahteva. Tokom projektovanja težilo se ka tome da svi elementi (konstrukcija, pogoni, ose, hvataljka itd) sistema budu pristupačni i lako zamenljivi, za slučaj njihove zamene, dodavanja novih komponenti itd.

Prilikom izbora osa, pneumatskih i električnih komponenti sistema uzet je u razmatranje samo jedan proizvođač. U daljoj analizi trebalo bi izvršiti detaljnije ispitivanje ponuda drugih proizvođača u cilju nalaženja rešenja koje bi bilo ekonomski isplativije, a da pritom sistem za manipulaciju zadrži svoju funkcionalnost.

Sistem za manipulaciju je projektovan na osnovu zahteva definisanih zadatkom, kao što je ranije rečeno. Obzirom načina na koji je projektovano ovo rešenje je primenljivo za zadatke u sličnim okruženjima. Mogućnost osa da izvrši pozicioniranje klizača u bilo koju tačku duž svog efektivnog hoda čini sistem fleksibilnijim. Međutim, faktor koji utiče na fleksibilnost sistema je takođe i njegovo ograničenje. Obzirom na to da obe ose imaju svoj efektivan hod klizača one su ograničene tim istim hodom i rešenje je neprimenljivo za određene zadatke. Zadržavanjem koncepta sistema moguće je nadoknaditi nedostatak sistema, ali potrebno je izvršiti ponovni izbor osa.

9. Literatura

- [1] Jorgen Frohm, Veronica Lindstrom, Mats Winroth, Johan Stahre: Levels of automation in manufacturing, *Ergonomia – International Journal of Ergonomics and Human Factors*, Vol.30, Issue 3, 2008
- [2] Joseph Duffy, Halsted Press, John Wiley: *Analysis of Mechanisms and Robot Manipulators*, 1980., ISBN 0-470-27002-0
- [3] Vukman Čović, Mihailo Lazarević: *Mehanika robota*, Mašinski fakultet Beograd, 2008
- [4] Moberg, Stig: *Modeling and control of flexible manipulators*, Doctoral thesis, Linkoping University, Institut of Technology, 2010
- [5] Branislav Borovac, [et al.]: *Industrijska robotika*, Univerzitet u Novom sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2017

SPISAK KORIŠĆENIH INTERNET IZVORA:

- [6] <https://www.festo.com>
- [7] <https://www.rittal.com/com-en/>
- [8] <https://www.schneider-electric-dms.com/>
- [9] <https://www.phoenixcontact.com/online/portal/pc?1dmy&urile=wcm:path:/pcen/web/home>

10. Prilog

TEHNIČKA DOKUMENTACIJA MANIPULATORA ZA SLAGANJE FLAŠA - ELEKTRIČNE I PNEUMATSKE ŠEME -