UNIVERSITETI I PRISHTINËS "HASAN PRISHTINA"

Fakulteti i Inxhinierisë Mekanike

Prishtinë

UNIVERSITETI I PRISHTINES "HASAN PRISHTINA"
FAKULTETI I INXHINIERISE MEKANIKE
PRISHTINE
Pranuar me: 21. 11. 2022

Nj. org.	Numër	Shtojca	Vlera
08	2504	—	—

Këshillit të Fakultetit të Inxhinierisë Mekanike

P r i s h t i n ë

Në bazë të vendimit nr. 1110/2-10 të datës 30/08/2021, të Këshillit të Fakultetit të Inxhinierisë Mekanike në Prishtinë është formuar Komisioni në përbërje:

1. **Prof. Dr. Ahmet Shala,** ***kryetar***
2. **Prof. Dr. Arbnor Pajaziti,** ***mentor/anëtar***
3. **Prof. Asoc. Dr. Xhevahir Bajrami,** ***anëtar***

Për vlerësimin e punimit Master me titull: **"ANALIZA DHE STUDIMI I PERFORMANCËS SË ROBOTIT ME 6 SHKALLË TË LIRA TË LËVIZJES"** të kandidatit **Bachelor Lum Rexha.**

Pas kontrollimit të punimit të lartpërmendur Komisioni jep këtë:

R A P O R T

Punim Master me titull: "**ANALIZA DHE STUDIMI I PERFORMANCËS SË ROBOTIT ME 6 SHKALLË TË LIRA TË LËVIZJES**" është punuar në 5 (pesë) kapituj si dhe është paraqitur me figura dhe ilustrime të nevojshme.

Në Abstrakti kandidati ka përshkruar simulimin e robotëve dhe simulimin e sistemeve mekatronike në përgjithësi që është duke u përdorur gjithnjë e më shumë, kjo për arsye se simulimi i sistemeve në softuer ka kosto të ulët dhe gjithashtu rezultatet e simulimeve mund të përdoren në studime dhe mund të përdoren për të bërë analiza të performancës së sistemit, në rastin e këtij punimi të robotit saldues me gjashtë shkallë të lira të lëvizjes.

Në këtë punim është paraqitur modeli i disenjuar i krahut robotik në Solidworks dhe më pas i njëjti model është eksportuar në Simscape. Roboti në Simscape paraqitet si grup i bllok diagrameve të cilat janë të bazuara në robotin real.

Qëllim tjetër i këtij studimi është analiza kinematike e krahut robotik me të gjitha nyjet rrotulluese, ku në detaje është diskutuar dhe shtjelluar kjo analizë. Gjithashtu rezultatet e fituara nga analiza kinematike e krahut robotik, janë përdorur për simulimin e robotit dhe për të fituar pozitat e dëshiruara të efektorit të fundmë. Në analizën kinematike të krahut robotik janë marrë parametra real të krahut robotik në mënyrë që studimi të jetë sa më i mirë.

Në Hyrje përshkruhen zhvillimet e teknologjisë dhe për shkak të rritjes së nevojave të njerëzimit edhe robotët industrial kanë pasur zhvillim të madh, por kjo nuk mjafton të zgjidhen të gjitha problemet në kinematikën e tyre. Prandaj, në këtë punim diplome janë bërë analiza që sa më mirë të kuptohet kinematika e robotëve industrial dhe se si kinematika e këtyre robotëve është bazë në disenjimin dhe projektimin e tyre.

Kapitulli – Modelimi dhe simulimi i robotit manipulator në softuer ka të bëjë me analizën e robotit manipulator i cili ka 6 shkallë të lira të lëvizjes dhe i njëjti pastaj është përdorur për saldim. Të gjitha nyjet e robotit janë nyje rrotulluese të cilat janë përshkruar në detaje. Masa totale e këtij roboti manipulator është 350 kg. Ndërsa masa maksimale që roboti mund ta bartë është 3 kg.

Kapitulli – Analiza kinematike e robotit ka të bëjë me studimin e kinematikës së krahut robotik me gjashtë shkallë të lira të lëvizjes. Ky studim është e ndarë në dy pjesë:

- Kinematika direkte;
- Kinematika inverse.

Kapitulli – Analiza e robotit në softuerin Matlab paraqet studimin e robotit pasi që ai është modeluar paraprakisht. Fillimisht krahu robotik është modeluar në programin Solidworks dhe pastaj i njejti eksportohet në formatin 3D XML në SimScape/Simmechanics.

Simscape/Simmchanic ofron simulimin e modeleve tre dimensionale të cilat përmbajnë shumë trupa apo shumë pjesë. Këto sisteme shumëtrupëshe modelohen duke përdorur blloqet në Simscape. Secili bllok prezanton: nyje, trupa, elemente apo elemente të forcës, dhe pastaj SimMechanics gjeneron dhe zgjidh ekuacionet e lëvizjes për sistemet mekanike.

Kapitulli - Programimi dhe ekzekutimi i detyrave reale të robotit paraqitet mënyra e programimit të robotit për të kryer detyra specifike. Përshkrimi është bërë në mënyrë të detajuar ashtu që edhe të tjerët të jenë në gjendje të replikojnë programe të ngjashme duke ndjekur këtë kapitull hap pas hapi.

Në fund të punimit tek **Përfundimi** janë dhënë rezultatet e fituara nga ky punim i diplomës – niveli Master. Kandidati vjen në konkludim se me simulimin dhe analizën e performancës së robotit mund të përfundojmë se simulimi i robotit dhe i sistemeve mekatronike në përgjithësi është metodë nga e cila mund të nxirren rezultate shumë të sakta për studim. Kjo paraqet një metodë e cila ka kosto të ulët, gjithashtu është një metodë e cila mund të përdoret nga shumë persona në të njëjtën kohë dhe rezultatet e studimit më pas mund të krahasohen dhe të përdoren në ekzekutimin e detyrave reale të krahut robotik.

Punimi përmban edhe **Shtojcën** në të cilën janë shfletuar të gjitha programet të cilat janë shfrytëzuar për realizimin e këtij punimi, e gjithashtu janë paraqitur edhe disa foto të tjera të punimit.

PËRFUNDIM

Në bazë të të dhënave të përshkruara më lartë, Komisioni për Vlerësimin e punimit Master konsideron se punimi është hartuar në nivel të duhur, i pasqyruar me figura, diagrame dhe tabela të nevojshme. Prandaj, Komisioni i propozon Këshillit të Fakultetit të Inxhinierisë Mekanike në Prishtinë, që punimin Master, me titull: "**ANALIZA DHE STUDIMI I PERFORMANCËS SË ROBOTIT ME 6 SHKALLË TË LIRA TË LËVIZJES**", të kandidatit **Bachelor Lum Rexha**, ta aprovojë si punim për Master, dhe ta jepë në diskutim publik.

Prishtinë, Nëntor 2022

Komisioni:

1. Prof. Dr. Ahmet Shala, *kryetar* _____
2. Prof. Dr. Arbnor Pajaziti, *mentor/anëtar* _____
3. Prof. Asoc. Dr. Xhevahir Bajrami, *anëtar* _____

UNIVERSITETI I PRISHTINËS "HASAN PRISHTINA"

FAKULTETI I INXHINIERISË MEKANIKE

DEPARTAMENTI MEKATRONIKË

PUNIM DIPLOME - MASTER

ANALIZA DHE STUDIMI I PERFORMANCËS SË ROBOTIT ME 6 SHKALLË TË LIRA TË LËVIZJES

Studenti:

BSc. Lum Rexha

Mentori:

Prof. Dr. Arbnor Pajaziti

Prishtinë, 2022

UNIVERSITETI I PRISHTINËS "HASAN PRISHTINA"

FAKULTETI I INXHINIERISË MEKANIKE

DEPARTAMENTI MEKATRONIKË

PUNIM DIPLOME MASTER

Tema: "ANALIZA DHE STUDIMI I PERFORMANCËS SË ROBOTIT ME 6 SHKALLË TË LIRA TË LËVIZJES"

Studenti:

BSc. Lum Rexha

Komisioni:

Prof. Dr. Arbnor Pajaziti

FALENDERIME

Në rradhë të parë falënderoj prindërit dhe familjen time. Ju jam shumë mirënjohës për gjithë sakrificat që kanë bërë për mua.

Ndjej nevojën për të falënderuar mentorin tim Prof. Dr. Arbnor Pajaziti për ndihmën e vazhdueshme gjatë studimeve dhe ndihmën gjatë përpilimit të kësaj teme të diplomës.

Lum Rexha

PËRMBAJTJA

LISTA E FIGURAVE 6
LISTA E SHKURTESAVE 8
LISTA E TABELAVE 9
1. ABSTRAKTI 10
2. HYRJE 12
3. MODELIMI DHE SIMULIMI I ROBOTIT MANIPULATOR NË SOFTUER 13
3.1 Përshkrimi i robotit 13
3.2 Pjesët përbërëse të robotit për saldim 16
3.2.1 Baza e robotit manipulator 16
3.2.2 Pjesa që e lidh bazën e robotit me krahun e robotit 17
3.2.3 Pjesa e krahut 18
3.2.4 Pjesa e parakrahut 19
3.2.5 Pjesa e kyçit 20
3.2.6 Pjesa e nyjës së gjashtë 22
3.3 Përshkrimi i pajisjeve përcjellëse për saldim 23
3.3.1 Transformatori për saldim 23
3.3.2 Bombola e gazit inert 24
3.3.3 Njësia kontrolluese e robotit 24
3.3.4 Pulti komandues 29
3.3.5 Pastruesi i kokës së saldimit 30
4 ANALIZA KINEMATIKE E ROBOTIT 32
4.1 Kinematika e robotëve manipulatorë dhe ndarja e saj 32
4.2 Kinematika direkte 33
4.2.1 Notacioni i Denavit-Hartenbergut 33
4.2.2 Kinematika direkte e krahut robotik me 6 shkallë të lira të lëvizjes 34
4.2.3 Implementimi i kinematikës direkte në Matlab 42
5. ANALIZA E ROBOTIT NË SOFTUERIN MATLAB 46
5.1 Eksportimi i modelit 3D të krahut robotik në Simscape 47
5.2 Simulimi i krahut robotik në Simulink 52
6. PROGRAMIMI DHE EKZEKUTIMI I DETYRAVE REALE TË ROBOTIT 56
6.1. Kyçja në ndërfaqen e robotit 56
6.2. Opsionet e HMI-së 57
6.3. Llojet e ndryshme të programeve 58

6.4. Krijimi i një programi të thjeshtë 58
6.5. Mësimi i lëvizjes nga roboti dhe ekzekutimi i detyrës 59
7. PËRFUNDIMI 66
8. SHTOJCA 67
8.1 Softuerët e shfrytëzuar 67
8.2 Shtojca e figurave 67
9. LITERATURA 71

LISTA E FIGURAVE

Fig. 3.1 Krahu robotik i cili është i montuar në Fakultetin e Inxhinierisë Mekanike 13
Fig. 3.2. Pjesët kryesore të robotit 15
Fig. 3.3 Fotografia e bazës së krahut robotik 16
Fig. 3.4 Lidhjet përmes nyjeve rrotulluese J1 dhe J2 17
Fig. 3.5 Lidhja e krahut me pjeset tjera te robotit. 18
Fig. 3.6 Pjesa e parakrahut 19
Fig. 3.7 Pjesa e parakrahut ku shihet nyja J4 20
Fig. 3.8 Pjesa e kyçit dhe nyja J5 21
Fig. 3.9 Kyçi i krahut robotik 21
Fig. 3.10 Pjesa e efektorit të fundëm 22
Fig. 3.11 Transformatori për saldim 23
Fig. 3.12 Bombola e gazit inert 24
Fig. 3.13 Pamja e jashtme e njësisë kontrolluese të robotit për saldim 25
Fig. 3.14 Pamja e brendshme e njësisë kontrolluese 26
Fig. 3.15 Pamja e brendshme e njësisë kontrolluese nga ana tjetër 27
Fig. 3.15 Emërtimi i hyrje/daljeve të kontrollerit 28
Fig. 3.16 Human Machine Interface 29
Fig. 3.17 Pajisja për pastrimin e kokës së robotit. 31
Fig. 4.1. Aplikimi i sistemeve koordinative duke u bazuar në rregullat e Denavit-Hartenberg [5] 34
Fig. 4.2. Gjatësitë në mes të nyjeve rrotulluese 35
Fig. 4.3. Zingjiri kinematik dhe aplikimi i notacionit të Denavit-Hartenbergut për sistemet koordinative 36
Fig. 4.4. Gjenerimi i krahut robotik në Matlab me parametra real 44
Fig. 4.5 Konfigurimi i krahut robotik duke i lëvizur tri nyjet e para të krahut robotik 45
Fig. 4.6. Konfigurimi i krahut robotik duke i lëvizur të gjitha nyjet e krahut robotik 45
Fig. 5.1. Krahu robotik i paraqitur në tri forma: roboti real, roboti SolidWorks dhe roboti në SimScape 46
Fig. 5.2. Instalimi i Simulink në Matlab dhe aktivizimi i plug-in të Solidworks 47
Fig. 5.3. Aktivizimi i Plug-in të Simscape në Solidworks 48
Fig. 5.4 Eksportimi i dokumentit në Simscape/Matlab 48
Fig. 5.5 Krijimi i dokumentave për eksportim në Matlab 49
Fig. 5.6. Thirrja e dokumentit “Scara_FullAssembly_v2111.xml” në Matlab 49
Fig. 5.7 Gjenerimi i sistemit të plotë në Matlab me anë të Simscape 50
Fig. 5.8. Blloqet e krijuara nga Simscape për 3D modelin e robotit 50
Fig. 5.9. Hapja e modelit 3D të krahut robotik në Matlab 51

Fig. 5.10 Skema e blloqeve në Simulink e cila e simulon robotin në pozita të ndryshme 52
Fig. 5.11 Ndryshimi i outputeve të lëvizjes së krahut robotik 53
Fig. 5.12 Lëvizja dhe simulimi i krahut robotik pas ndryshimit të inputeve të robotit 54
Fig. 5.13 Simulimi i krahut robotik që të arrij distancën maksimale 54
Fig. 6.1 HMI 56
Fig. 6.2 Përzgjedhja e programit për saldim 57
Fig. 6.3. Llojet e ndryshme të programeve 58
Fig. 6.4 Caktimi i parametrave për programin e parë 59
Fig. 6.5 Lëvizja e robotit në katër sisteme të ndryshme 60
Fig. 6.6 Butoni i cili e fillon dhe e ndal punën e robotit 61
Fig. 6.7 Lëvizja e efektorit të fundëm (veglës salduese) afër objektit që do ta saldojmë 61
Fig. 6.8 Instruksioni që i mëson robotit pikën e parë të saldimit 62
Fig. 6.9 Instruksionet e nevojshme për saldimin e një tegeli 63
Fig. 6.10 Kthimi i robotit nga manual në automatik 63
Fig. 6.11 Dritarja që i konfirmon robotit se nuk ka asnjë pengesë në zonën punuese 64
Fig. 6.12 Roboti duke salduar 65
Fig. 6.13 Përfundimi i tegelit të salduar 65
Fig. 8.1 Pjesa që i lidh nyjën J1 dhe J2 dhe vendi ku vendoset fija për saldim 67
Fig. 8.2 Pjesa që e lidh pjesën e bazës me pjesën e parakrahut 68
Fig. 8.3 Pajisja me të cilën caktohet trashësia e fijës për saldim 68
Fig. 8.4 Saldime të ndryshme të realizuara nga roboti 69
Fig. 8.5 Saldimi i dy pjesëve metalike nga roboti 69
Fig. 8.6 Roboti duke salduar 70

LISTA E SHKURTESAVE

J	Joint
PLC	Programable Logical Controller
DIR	Direction
AVO	Analog Voltage Output
USB	Universal Serial Bus
HMI	Human Machine Interface
D-H	Denavit-Hartenberg
CAD	Computer Aided Design
XML	Extensible Markup Language

LISTA E TABELAVE

Tab. 3.1 Karakteristikat e robotit dhe karakteristikat e nyjeve të robotit.....12

Tab. 4.1 Parametrat e Denavit Hartenbergut për robotin me 6 shkallë të lira të lëvizjes.....36

1. ABSTRAKTI

Simulimi i robotëve dhe simulimi i sistemeve mekatronike në përgjithësi është duke u përdorur gjithnjë e më shumë, kjo për arsye se simulimi i sistemeve në softuer ka kosto të ulët dhe gjithashtu rezultatet e simulimeve mund të përdoren në studime dhe mund të përdoren për të bërë analiza të performancës së sistemit, në rastin tonë të robotit saldues me gjashtë shkallë të lira të lëvizjes.

Në këtë punim është paraqitur modeli i disenjuar i krahut robotik në Solidworks dhe më pas i njëjti model është eksportuar në Simscape. Roboti në Simscape paraqitet si grup i bllok diagrameve të cilat janë të bazuara në robotin real.

Qëllim tjetër i këtij studimi është analiza kinematike e krahut robotik me të gjitha nyjet rrotulluese, ku më poshtë është diskutuar dhe shtjelluar kjo analizë. Gjithashtu rezultatet e fituara nga analiza kinematike e krahut robotik, janë përdorur për simulimin e robotit dhe për të fituar pozitat e dëshiruara të efektorit të fundmë. Në analizën kinematike të krahut robotik janë marrë parametra real të krahut robotik në mënyrë që studimi të jetë sa më i mirë.

1. ABSTRACT

The simulation of robots and the simulation of mechatronic systems in general is being used more and more, this is because the simulation of systems in software has low cost and also the results of the simulations can be used in studies and can be used to make analyzes of system performance, in our case of the welding robot with six degrees of freedom of movement.

In this paper, the designed model of the robotic arm in Solidworks is presented and then the same model is exported to Simscape. The robot in Simscape is represented as a set of block diagrams which are based on the real robot.

Another goal of this study is the kinematic analysis of the robotic arm with all rotating joints, where this analysis is discussed and elaborated below. Also, the results obtained from the kinematic analysis of the robotic arm were used for the simulation of the robot and to obtain the desired positions of the end effector. In the kinematic analysis of the robotic arm, real parameters of the robotic arm are obtained so that the study is as good as possible.

2. HYRJE

Gjatë viteve të fundit, përdorimi i robotëve industrial mund të shihet se është rritur ndjeshëm dhe me hapa të shpejtë. Kryesisht robotët industrial po përdoren në: saldim, montim të pjesëve, lyerje, bartje të materialeve etj. Me robot manipulator nënkuptojmë një pajisje elektro-mekanike e cila kërkon shkathtësi njerëzore për të kryer detyrat që kërkohen prej tyre.

Me avansimin e teknologjisë, diapazoni i punës së robotëve është rritur duke bërë kështu që punët e rrezikshme dhe të lodhshme të njerëzve të zëvendësohen nga puna e robotëve.

Në mënyrë që detyrat t'i kryejnë në mënyrë sa më të përaftërt me njerëzit dhe për të realizuar një bashkëpunim sa më të sigurt në mes të robotëve dhe njerëzve, robotët e së ardhmes duhet të mendohen se kanë përsosmëri njerëzore në aspektin e strukturës, intelegjencës dhe reagimit. Prandaj një robot i cili i përafrohet këtyre tipareve njerëzore ka sisteme elektrike, mekanike dhe softuerike jashtëzakonisht komplekse. Disenjimi dhe zhvillimi i robotëve të tillë paraqet sfidë në disiplina të shumta shkencore.

Robotët manipulator kryejnë lëvizje nëpër trajektoret e paracaktuara të cilat janë renditje e pikave deri në pozicionin final të efektorit të fundëm. Këta robotë mund të konsiderohen si hallka të lidhur në zingjir, ku lidhja e dy hallkave në nyjë paraqet çiftin kinematik. Këto nyje apo lidhje lejojnë lloje të caktuara të lëvizjeve në mes të trupave të lidhur, lëvizje të cilat janë: rrotulluese dhe translative.

Për shkak të zhvillimit të teknologjisë dhe për shkak të rritjes së nevojave të njerëzimit edhe robotët industrial kanë pasur zhvillim të madh, por kjo nuk mjafton të zgjidhen të gjitha problemet në kinematikën e tyre. Prandaj në këtë punim do të mundohemi që të analizojmë sa më mirë kinematikën e robotëve industrial dhe të kuptojmë se si kinematika e këtyre robotëve është bazë në disenjimin dhe projektimin e tyre.

3. MODELIMI DHE SIMULIMI I ROBOTIT MANIPULATOR NË SOFTUER

3.1 Përshkrimi i robotit

Robotin të cilin do ta analizojmë dhe studiojmë është robot manipulator i cili ka 6 shkallë të lira të lëvizjes dhe i njëjti përdoret për saldim. Të gjitha nyjet e robotit janë nyje rrotulluese të cilat do ti përshkruajmë më poshtë. Masa totale e këtij roboti manipulator është 350 kg. Ndërsa masa maksimale që roboti mund ta bartë është 3 kg.

Tabela më poshtë tregon karakteristikat e robotit, dhe karakteristikat e nyjeve siç janë diapazoni i punës së nyjeve rrotulluese dhe shpejtësia e lëvizjes së këtyre nyjeve.

Fig. 3.1. Krahu robotik i cili është i montuar në Fakultetin e Inxhinierisë Mekanike

Tab. 3.1 Karakteristikat e robotit dhe karakteristikat e nyjeve të robotit.

Emri i robotit		HS-R6-08L
Numri i shkallëve të lirisë		6
Ngasja e motorëve		AC SERVO DRIVE
Diapazoni maksimal i veprimit	J1	±165°
	J2	+135° ~ -75°
	J3	+78° ~ - 76.5
	J4	±360°
	J5	±115°
	J6	±450°
Shpejtësia maksimale e lëvizjes	J1	148° / s
	J2	148° / s
	J3	150° / s
	J4	222° / s
	J5	222° / s
	J6	360° / s
Saktësia e ri-pozicionimit		±0.08 mm
Rrezja maksimale e veprimit		1850 mm
Momentet e rrotullimit te pjesa e kyçit	J4	16.6 N*m
	J5	16.6 N*m
	J6	9.4 N*m

Roboti i cili është marrë për studim ndahet në katër pjesë kryesore të cilat janë: baza, pjesa kryesore e krahut, pjesa e parakrahut dhe pjesa e kyçit. Të gjitha pjesët e lartcekura janë të paraqitur në fig. 3.2 si dhe të gjithat do të ndalemi dhe ti analizojmë një nga një.

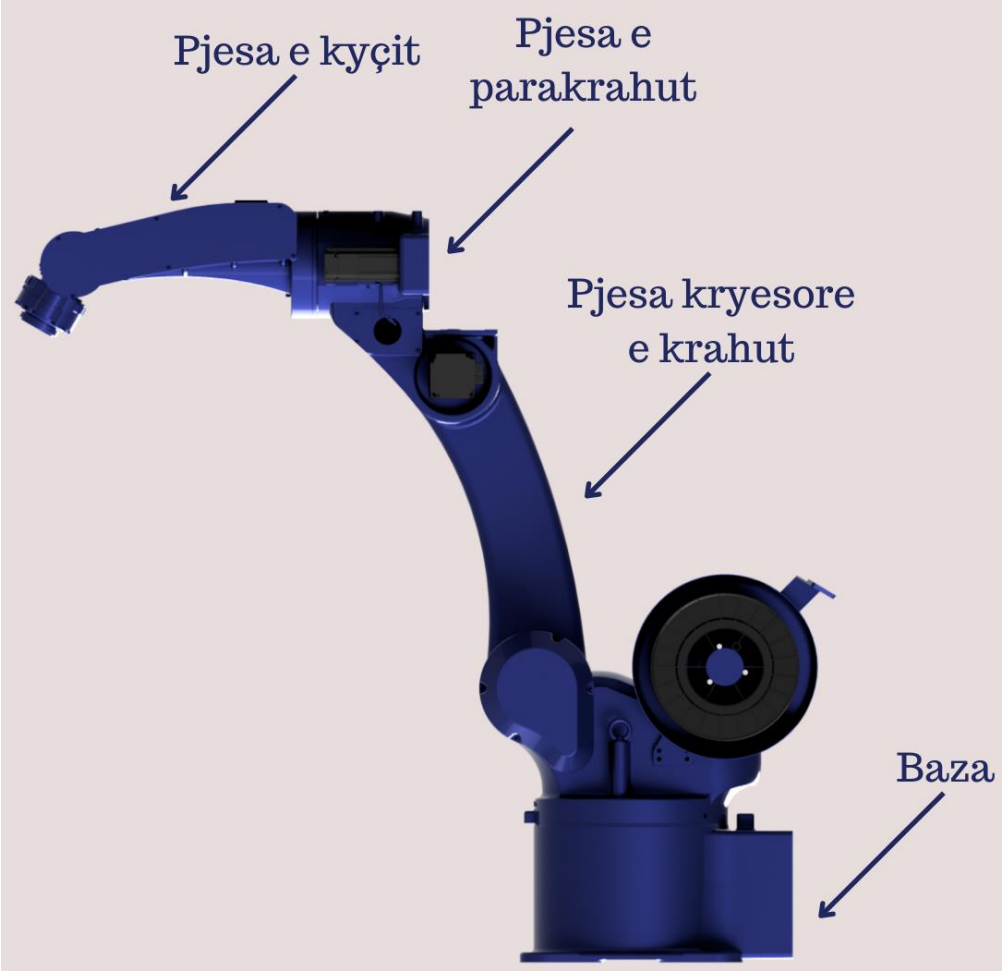

Fig. 3.2. Pjesët kryesore të robotit

3.2Pjesët përbërëse të robotit për saldim

3.2.1 Baza e robotit manipulator

Baza e robotit manipulator është pjesa e parë për të cilën do të ndalemi dhe ta studiojmë. Duke qenë se është pjesa e parë e cila duhet të fiksohet në vendin e punës është pjesë shumë e rëndësishme e robotit manipulator, e cila siguron stabilitet për robotin. Baza e robotit manipulator është e fiksuar me 8 bulona për vendin e punës. Baza e robotit manipulator është e lidhur me anë të një nyje me pjesën tjetër të robotit, kjo nyje quhet nyja J1 (Joint 1). Nyja J1 e ka diapazonin e veprimit ±165°, kurse shpejtësinë maksimale 148° / s.

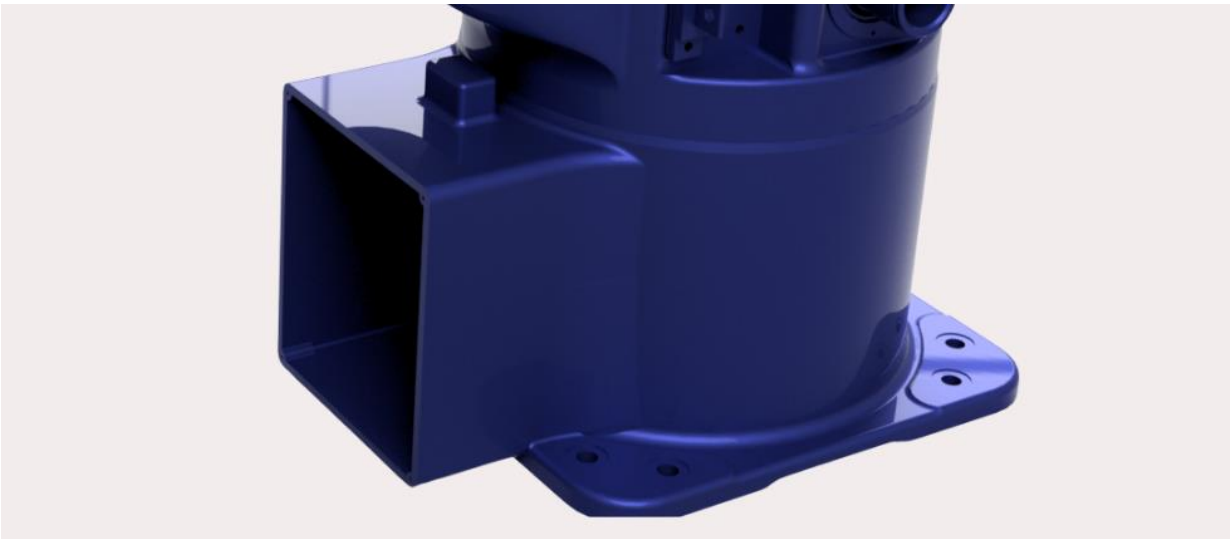

Fig. 3.3. Fotografia e bazës së krahut robotik

Dimensionet e bazës së krahut robotik janë: Gjatësia 40 cm, gjerësia 40 cm dhe lartësia 25 cm.

3.2.2 Pjesa që e lidh bazën e robotit me krahun e robotit

Kjo pjesë e robotit e lidh bazën e robotit manipulator me pjesën e krahut të robotit.

Në këtë pjesë të robotit janë të vendosura dy nyje, të dyja nyjet janë nyje rrotulluese. Nyjën e parë J1 e kemi cekur më lartë kurse nyja tjetër J2 është nyja që e lidh këtë pjesë të robotit me pjesën e krahut. Diapazoni i lëvizjes së nyjës J2 është +135° ~ -75° kurse shpejtësia e lëvizjes është 148° / s. Në këtë pjesë të robotit i kemi dy shkallë të lira të lëvizjes.

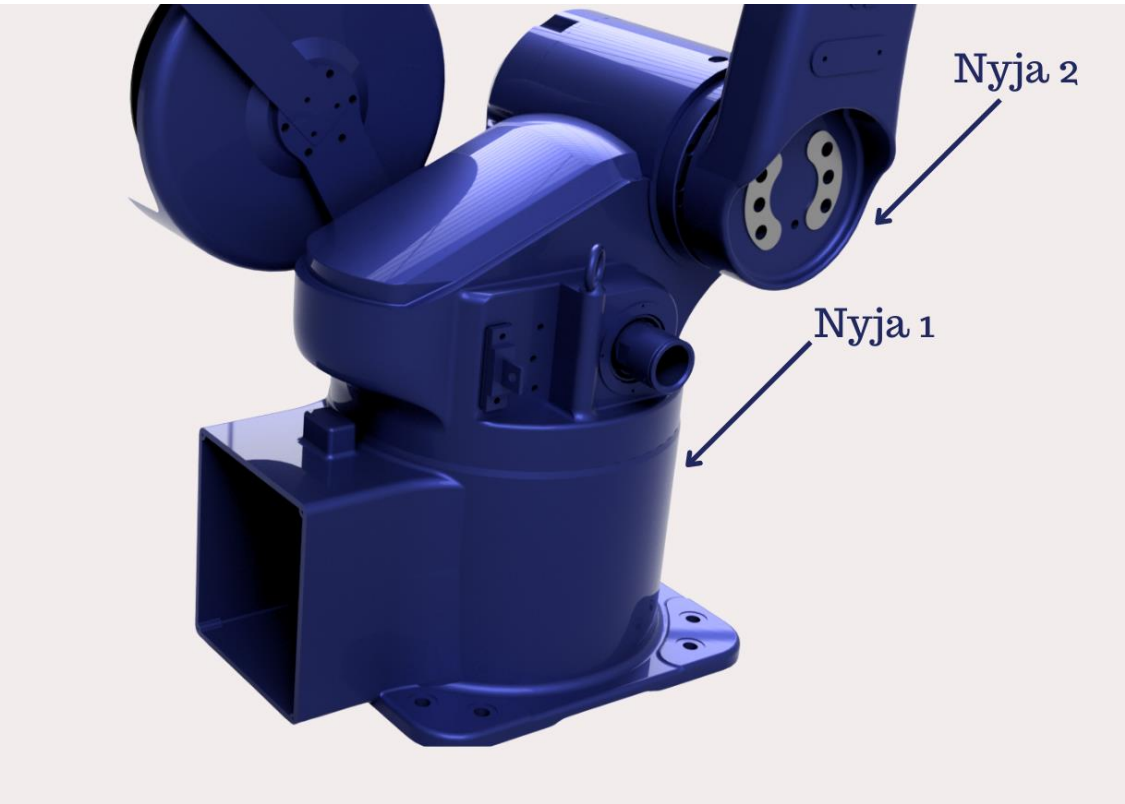

Fig. 3.4. Lidhjet përmes nyjeve rrotulluese J1 dhe J2

Në figurën më lartë janë paraqitur lidhja me anë të nyjeve të pjesës së bazës, pjesës lidhëse dhe të krahut.

3.2.3 Pjesa e krahut

Është pjesa e cila e lidh pjesën lidhëse të bazës me pjesën e parakrahut të robotit.

Në pjesën e krahut kemi të vendosura dy nyje, nyjën paraprake J2 dhe nyjën J3.

Nyja J3 e lidh pjesën e krahut me pjesën e parakrahut. Të dyja nyjet të cilat janë të vendosura në këtë pjesë janë nyje rrotulluese. Diapazoni i lëvizjes së nyjës J3 është +78° ~ - 76.5° kurse shpejtësia maksimale e lëvizjes së nyjës është 150°/s.

Fig. 3.5. Lidhja e krahut me pjesët tjera te robotit.

3.2.4 Pjesa e parakrahut

Parakrahu është një prej pjesëve më komplekse të krahut robotik. Ai bën lidhjen e pjesës së krahut me pjesën e kyçit të krahut robotik, duke qenë se lidh dy pjesë të ndryshme të krahut robotik në të gjenden dy nyje, saktësisht nyja J3 dhe nyja J4. Për nyjën J3 kemi folur më lartë, kurse nyja J4 ka diapazon të lëvizjes ±360° dhe shpejtësi maksimale të lëvizjes 222° / s. Të dyja nyjet e lartcekura lëvizin përmes të motorëve. Pjesa e kyçit ka dy shkallë të lira të lëvizjes.

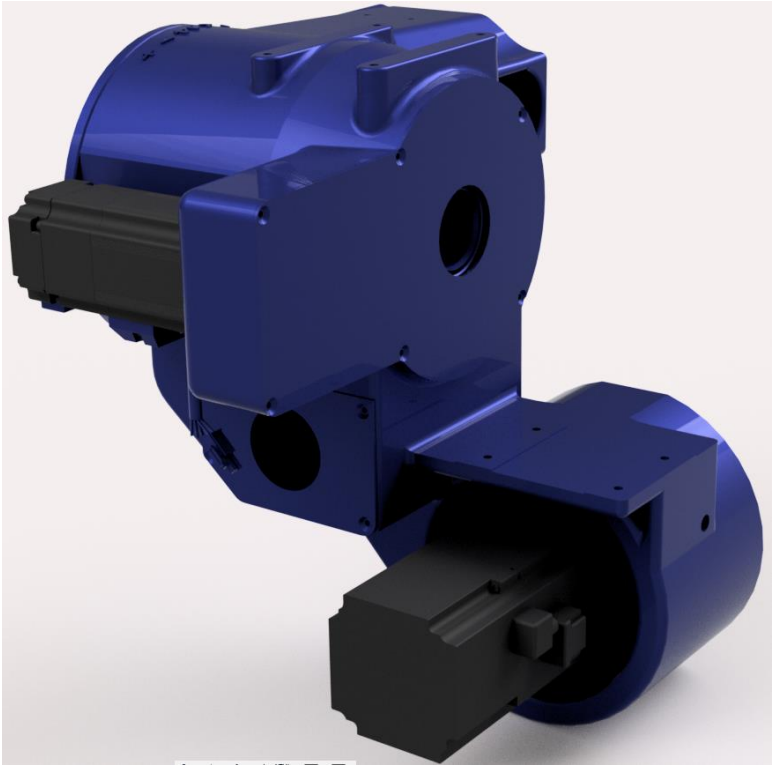

Fig. 3.6. Pjesa e parakrahut

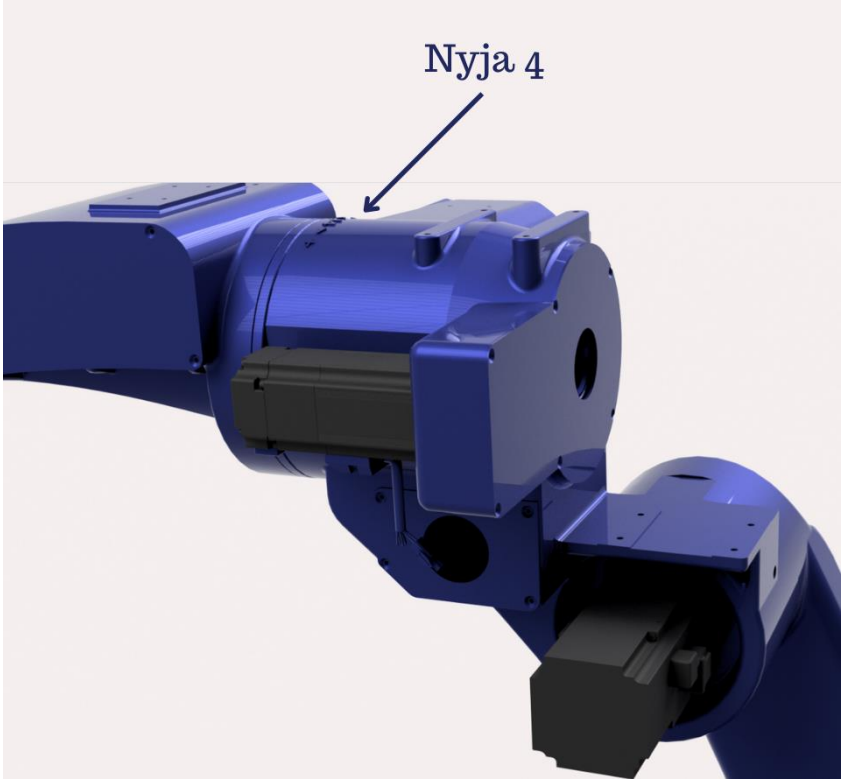

Fig. 3.7. Pjesa e parakrahut ku shihet nyja J4

3.2.5 Pjesa e kyçit

Pjesa e kyçit është pjesa e radhës e robotit manipulator. Në pjesën e kyçit te robotit manipulator kemi dy nyje rrjedhimisht dy shkallë të lira të lëvizjes. Nyja e parë që e lidh pjesën e kyçit me pjesën parakrahut është nyja J4 për të cilën kemi folur më lartë, kurse nyja tjetër që e lidh pjesën e kyçit me pjesën e efektorit të fundëm është nyja J5. Diapazoni maksimal i lëvizjes së nyjës J5 është ±115° dhe shpejtësia maksimale e lëvizjes është 222°/s.

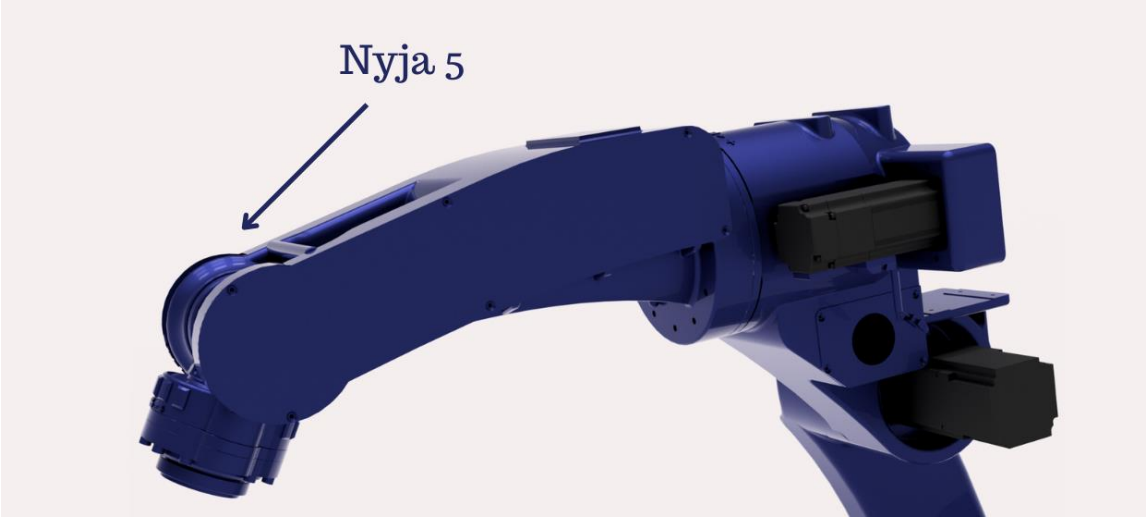

Fig. 3.8. Pjesa e kyçit dhe nyja J5

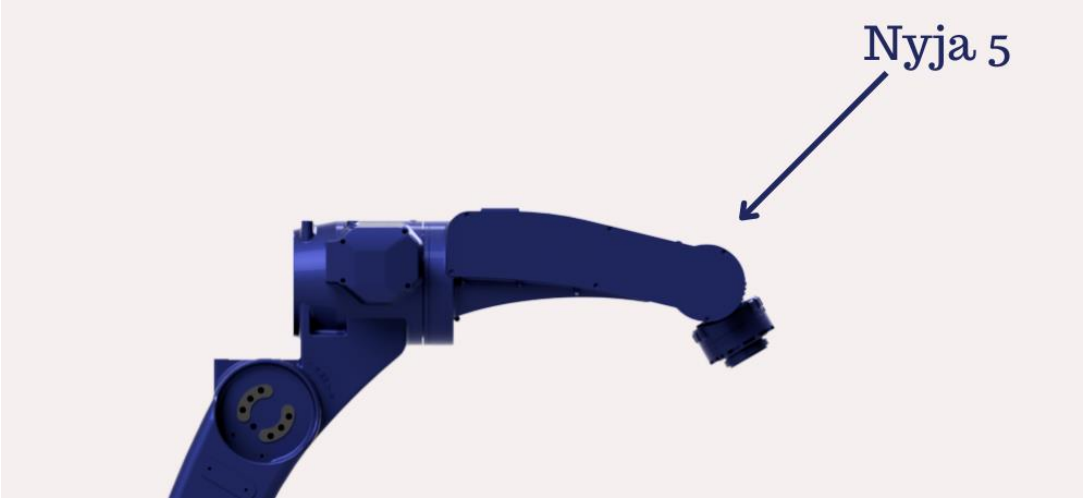

Fig. 3.9. Kyçi i krahut robotik

3.2.6 Pjesa e nyjës së gjashtë

Pjesa e nyjës së gjashtë është pjesa e fundit e krahut robotik. Kjo pjesë me pjesën tjetër të krahut robotik është e lidhur përmes nyjës 5 kurse me efektorin e fundëm është e lidhur me nyjën 6. Në rastin tonë efektori i fundëm është vegla për saldim. Diapazoni maksimal i punës së nyjës së 6-të është ±450° kurse shpejtësia maksimale e lëvizjes është 360°/s.

Fig. 3.10. Pjesa e efektorit të fundëm

3.3 Përshkrimi i pajisjeve përcjellëse për saldim

Në mënyrë që roboti të saldoj, nevojiten edhe disa pajisje të jashtme. Në vijim janë të përshkruara shkurtimisht këto pajisje. Këto pajisje janë pjesë e robotit të cilat mundësojnë saldimin.

3.3.1 Transformatori për saldim

Në mënyrë që ti bashkojmë dy metale së bashku, fillimisht ne duhet ti shkrijmë ato metale dhe pastaj të shtojmë një material të tretë (filler-mbushës) në mes tyre për ti mbushur zbrazëtirat. Puna e transformatorit është konvertimi i tensionit të rrjetit (400 VAC) në tension shumë më të ulët (12 VDC). Transformatori edhe pse ulë tensionin, njëherit rritë intensitetin e rrymës në nivel shumë më të lartë (30+ A). Ky veprim mundëson shkrirjen e telit (ky është materiali i cili i shtohet si mbushës).

Fig. 3.11. Transformatori për saldim

3.3.2 Bombola e gazit inert

Gjatë saldimit, për shkak të temperaturave të larta të cilat nevojiten për saldim vjen deri tek oksidimi i sipërfaqeve kontaktuese dhe gjithashtu mund të ndodhin edhe reaksion tjera të padëshiruara. Për ti evituar këto, gjatë saldimit sipërfaqja e cila saldohet mbulohet me gaz inert. Gazi inert e zëvendëson ajrin dhe kësisoj largon oksigjenin si dhe lagështinë e ajrit.

Fig. 3.12. Bombola e gazit inert

3.3.3 Njësia kontrolluese e robotit

Për ti ngasur motorët e robotit është e nevojshme elektronika kontrolluese. Kjo elektronikë është e vendosur në njësinë e kontrollit. Në vijim janë të paraqitura pamjet e jashtme të kësaj njësie si dhe pajisjet e brendshme të saj së bashku me një përshkrim të shkurtër në lidhje me punën e tyre.

Fig. 3.13. Pamja e jashtme e njësisë kontrolluese të robotit për saldim

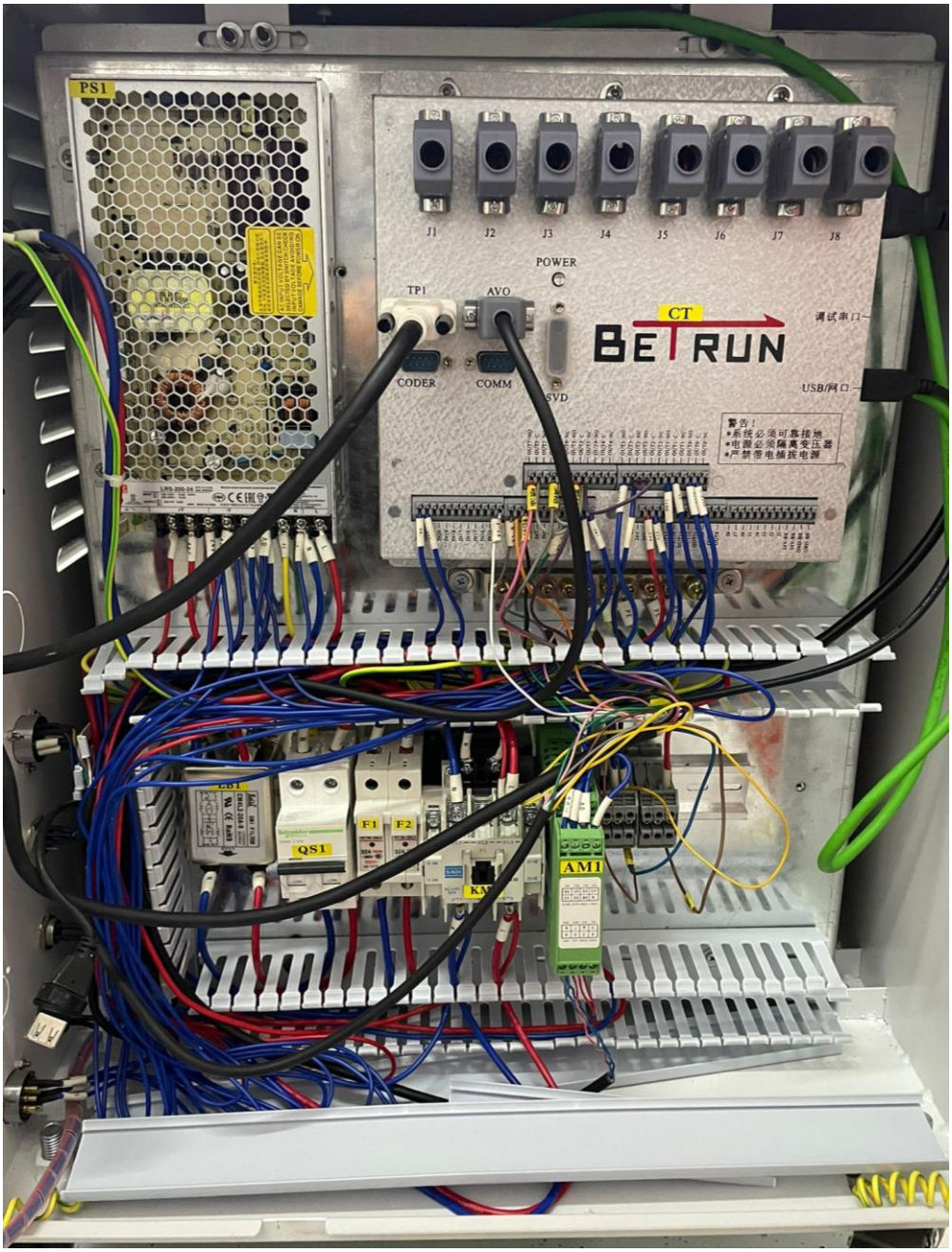

Fig. 3.14. Pamja e brendshme e njësisë kontrolluese

Përshkrimi i pjesëve:

PS1: Furnizuesi i rrymës (power supply)

CT: PLC – Programmable Logical Controler

Ndërsa në pjesën e poshtme të panelit gjenden disa siguresa, rele dhe kontaktorë.

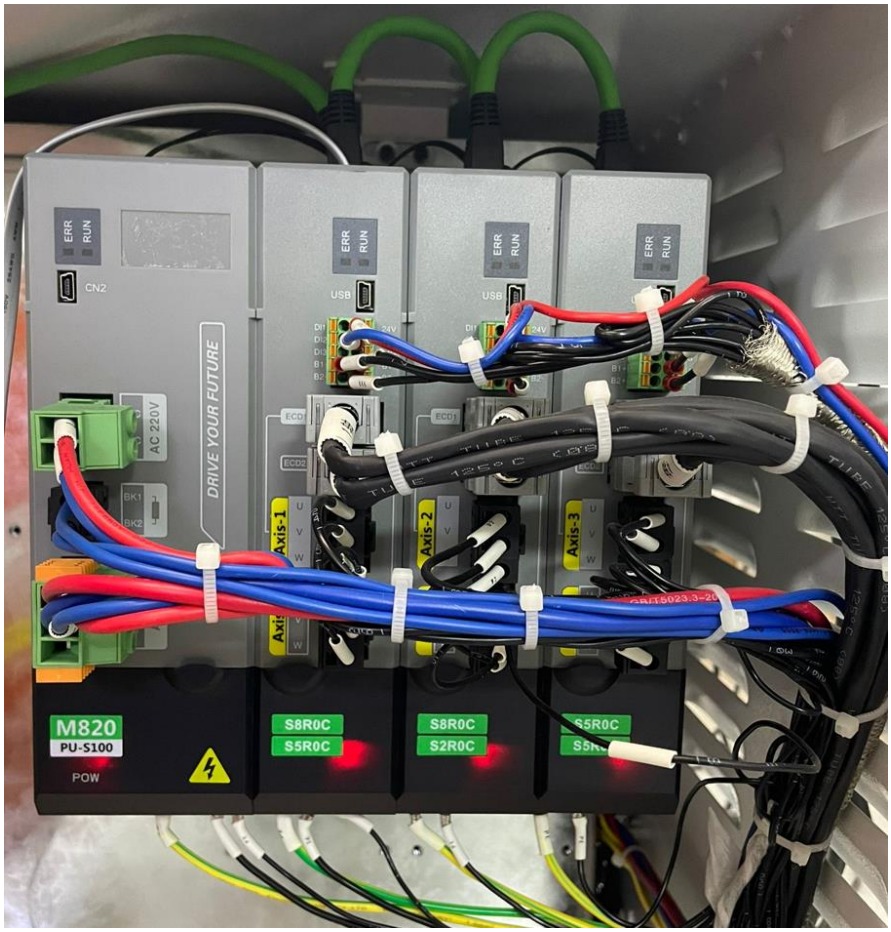

Fig. 3.15. Pamja e brendshme e njësisë kontrolluese nga ana tjetër

Nga ana tjetër e njësisë kontrolluese ndodhen servo-ngasësit. Këta janë përgjegjës për kontrollimin dhe ngasjen e motorëve. Duhet cekur se motorët në fjalë janë servo motorë të cilat gjithashtu kanë edhe enkoder. Kjo i mundëson kontrollim preciz dhe të përsëritur të pozitës.

Enkoderi është një lloj i sensorit i cili bën shndërrimin e lëvizjes në një sinjal elektrik. Ky sinjal më vonë mund të përdoret për të përcaktuar pozitën, shpejtësinë, drejtimin ose mund të numërojë rrotullimet në një motor elektrik.

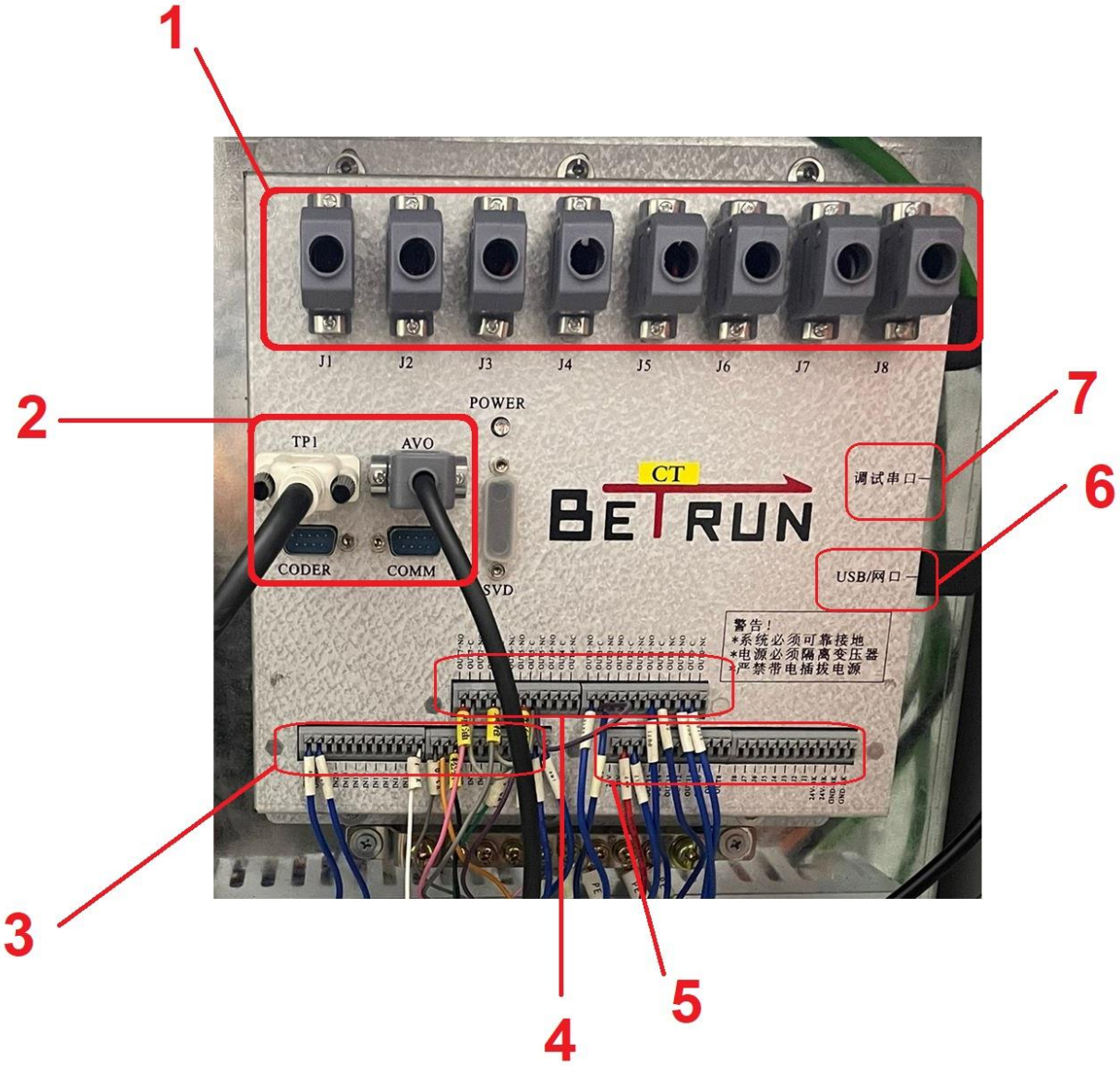

Fig. 3.16. Emërtimi i hyrje/daljeve të kontrollerit

Përshkrimi i hyrje/daljeve të kontrollerit të paraqitur në Fig.3.15:

1. Portet për kontrollim standard të nyjeve duke përdorur STEP/DIR.
2. Këtu mund të shihen dy konektor të tjerë:
    a. TP1 është konektori për komunikim me pajisjet e jashtme.
    b. AVO qëndron për Analog Voltage Output.
3. Portet për hyrje (inputa). Këto porte janë të izoluara optikisht.
4. Daljet e kontrollerit (output). Këto dalje i kontrollojnë reletë e ndryshëm për punë të ndryshme të robotit, si p.sh: Lëshimi me mbyllja e valvulës për ajër/gaz inert.
5. Portet për furnizim dhe për hyrje të sensorëve të sigurisë. Këta sensorë monitorojnë nëse dikush hynë në zonën punese të robotit përgjatë kohës sa roboti është duke operuar.

6. Në anën e djathtë të kontrollerit gjendet dy porte, një për USB dhe një port për Ethernet/RJ45.
    a. Përmes portit të USB-së mund të mbishkruhet programi, të përditësohet, apo edhe të kopjohet.
    b. Përmes portit të Ethernetit, realizohet komunikimi RS485 i cili përdor për të komunikuar me drajverët të cilët ngasin servo motorët.
7. Porti për diagnostifikim.

3.3.4 Pulti komandues

Mënyra kryesore për komandimin e robotit është përmes pultit komandues i cili është i lidhur për njësinë qendrore. Ky pult është thjesht një HMI (Human Machine Interface) përmes së cilit përdoruesi i përcakton robotit detyrat. Përmes kësaj HMI-je është e mundur të bëhet programi i robotit, lëshimi i punës, monitorimi, saldimi, kontrollimi manual, kontrollimi automatik, ndalja emergjente dhe çfarëdo detyre tjetër në lidhje me robotin. Pra, ky pult i jep përdoruesit kontroll të plotë mbi robotin. Në vazhdim është paraqitur pamja e kësaj pajisje.

Fig. 3.17. Human Machine Interface

Përshkrimi i pjesëve të pultit komandues:

1. Çelësi i cili e ndërron mënyrën e operimit të robotit, në manual ose automatik
2. “Start” butoni i cili mundëson fillimin e punës së robotit
3. “Stop butoni i cili mundëson ndaljen e punës gjatë operimit të robotit
4. Lidhja e HMI me kabllo në kutinë e kontrollit, përmes “RS422”
5. “UP” butoni
6. “DOWN” butoni
7. “Return” butoni, i cili mundëson kthimin në operacionin e mëparshëm
8. “Menu” butoni
9. Butonat “-J1” dhe “+J1” të cilët mundësojnë lëvizjen e nyjës J1, edhe butonat tjerë kanë funksion të njëjtë dhe lëvizin nyjet respektive.
10. Butoni i emergjencës, i cili e ndal automatikisht punën e robotit në rast rreziku.

3.3.5 Pastruesi i kokës së saldimit

Gjatë saldimit, koka salduese (që e ka rolin e efektorit të fundmë të robotit) vjen në kontakt me sipërfaqet për saldim. Gjatë punës kjo kokë mbushet me metal të shkrirë dhe kohë pas kohe është e nevojshme pastrimi i saj për këtë arsye roboti gjithashtu vjen me një pajisje të jashtme e cila bën pastrimin e kësaj e koke.
Pajisja në fjalë është paraqitur në vijim.

Fig. 3.18. Pajisja për pastrimin e kokës së robotit.

4 ANALIZA KINEMATIKE E ROBOTIT

4.1 Kinematika e robotëve manipulatorë dhe ndarja e saj

Kinematika është degë e mekanikës, që merret me studimin e lëvizjeve të trupave, por duke mos e përfillur shkaktarin e lëvizjes së trupave dhe forcat që veprojnë në të. Prandaj në këtë kapitull do të ndalemi ta studiojmë kinematikën e krahut robotik me gjashtë shkallë të lira të lëvizjes. Kjo do të jetë e ndarë në dy pjesë:

- Kinematika direkte;
- Kinematika inverze.

Kinematika direkte i referohet përdorimit të një aparati matematik, me anë të të cilit mund ta përshkruajmë lëvizjen e efektorit të fundëm, në raport me sistemin koordinativ të bazës. Këtu do tregojmë një mekanizëm që si hyrje pranon vlerat e variablave të brendshme të nyjeve (këndet e rrotullimeve për nyje rrotulluese apo vlerën e zhvendosjeve për nyjet translatorë) dhe në dalje na jep një përshkrim me anë të matricave transformuese homogjene. Në këto matrica kemi informatat e pozitës dhe të orientimit të efektorit të fundëm, në raport me sistemin koordinativ të bazës. Natyrisht, kjo pasi të jenë përcaktuar lëvizjet që janë si parametra hyrës të manipulatorit [1].

Kinematika inverze trajton problemin e anasjelltë. Me anë të kinematikës inverze do të synojmë të gjejmë vlerat që duhet të kenë nyjet e krahut robotik, ashtu që efektori i fundëm të jetë në një pozicion dhe një orientim të caktuar. Pra, nëse shohim si bllok funksional, atëherë hyrje të bllokut të kinematikës inverze janë pozita dhe orientimi i dëshiruar i efektorit të fundëm të manipulatorit, kurse si dalje do jenë vlerat e këndeve për nyjet që e arrijnë atë pozitë dhe orientim [1].

Pjesë tjetër shumë e rëndësishme e gjenerimit të kinematikës së manipulatorit robotik është ndërlidhja me variablat e brendshme të manipulatorit. Variablat e brendshme të manipulatorit janë këndet e nyjeve rrotulluese ose tek nyjet translatore janë zhvendosjet. Kinematika direkte pranon këto si hyrje në bllokun funksional, kurse në kinematikën inverze këto janë dalje.

4.2 Kinematika direkte

Problemi i kinematikës direkte të robotëve manipulator është problem i cili është studiuar për shumë kohë qëndron në gjenerimin e matricave transformuese homogjene që japin pozitën dhe orientimin e efektorit të fundëm të manipulatorit në raport me sistemin koordinativ të bazës. Kjo problematikë trajtohet duke bërë përshkrimin progresiv duke filluar nga efektori i fundëm në raport me nyjen paraprake dhe vazhdon kështu deri sa të arrihet tek baza e manipulatorit.

Aparati matematik që ofron një trajtim të tillë është *notacioni i Denavit-Hartenbergut*, i cili shfrytëzon matricat transformuese homogjene dhe veprimet themelore të tyre, ashtu që përshkrimi i orientimit dhe pozitës së secilës nyje bëhet në raport me nyjen paraprake.

4.2.1 Notacioni i Denavit-Hartenbergut

Notacioni i Denavit-Hartenbergut (D-H) është një prej mjeteve apo metodave themelore dhe më të përdorura për analizën kinematike të robotëve, dhe paraqet një mënyrë sistematike të përshkrimit të pozitës dhe orientimit të secilës nyje. Ky përcaktim i sistemeve koordinative bazohet në tri rregulla themelore të cilat janë:

- Boshti z_{i-1} përcaktohet përgjatë boshtit të lëvizjes së nyjes i.
- Boshti x_i përcaktohet si $x_i = \pm|z_{i-1} \times z_i|$. Në rastet kur boshtet z_{i-1} dhe z_i janë paralele, atëherë boshti x_i përcaktohet ashtu që të jetë normal me të dyja boshtet z_{i-1} dhe z_i.
- Boshti y_i përcaktohet ashtu që të plotësojë treshen e djathtë (x, y, z).

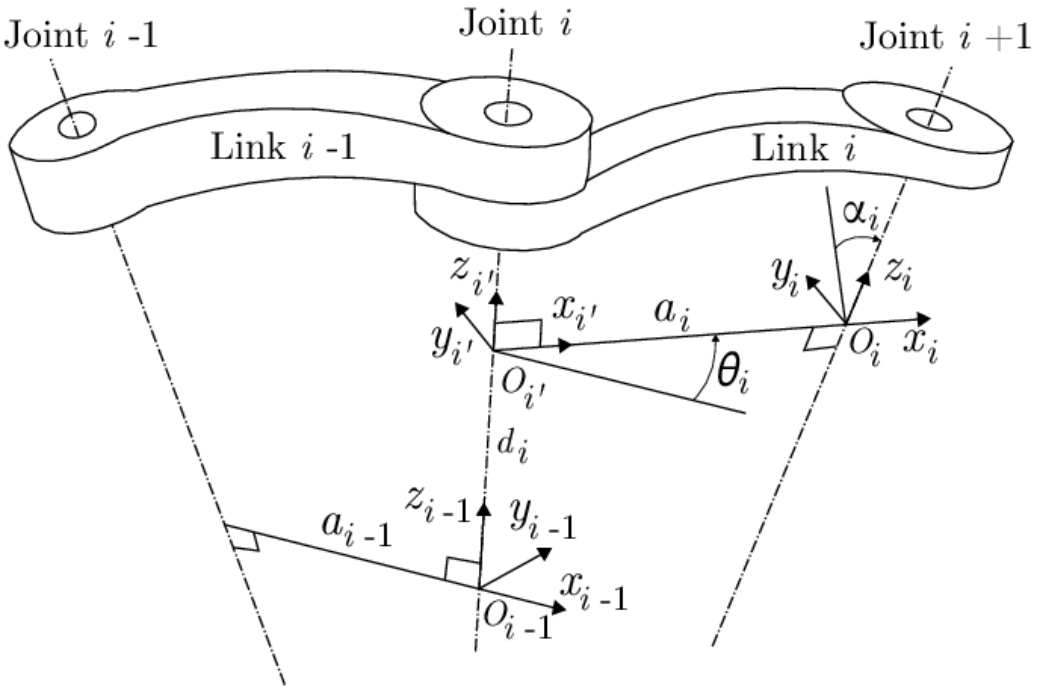

Fig. 4.1. Aplikimi i sistemeve koordinative duke u bazuar në rregullat e Denavit-Hartenberg [5].

4.2.2 Kinematika direkte e krahut robotik me 6 shkallë të lira të lëvizjes

Ashtu siç e cekëm më lartë, problemi i kinematikës direkte është gjenerimi i matricave transformuese homogjene që japin pozitën dhe orientimin e efektorit të fundëm të manipulatorit në raport me sistemin koordinativ të bazës. Hap i parë i kinematikës direkte është të shënojmë gjatësitë se sa janë të larguara nyjet rrotulluese prej njëra tjetrës. Në figurën 3.2 janë paraqitur distancat në mes të nyjeve të robotit manipulator.

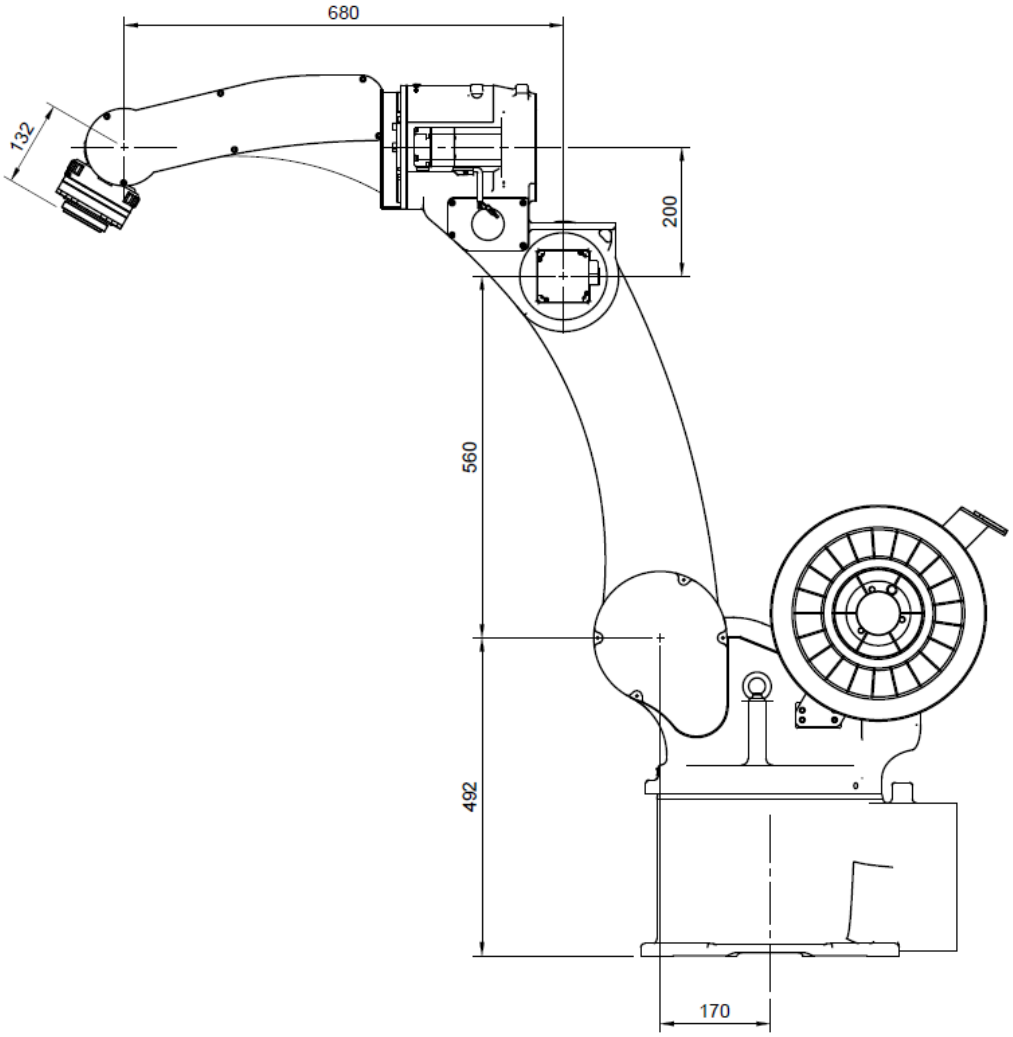

Fig. 4.2. Gjatësitë në mes të nyjeve rrotulluese

Hapi i dytë është aplikimi i sistemeve koordinative sipas notacionit të Denavit-Hartenbergut të cilin e kemi treguar më lartë. Dhe në bazë të atij notacioni kemi fituar sistemet koordinative të secilës nyje si më poshtë.

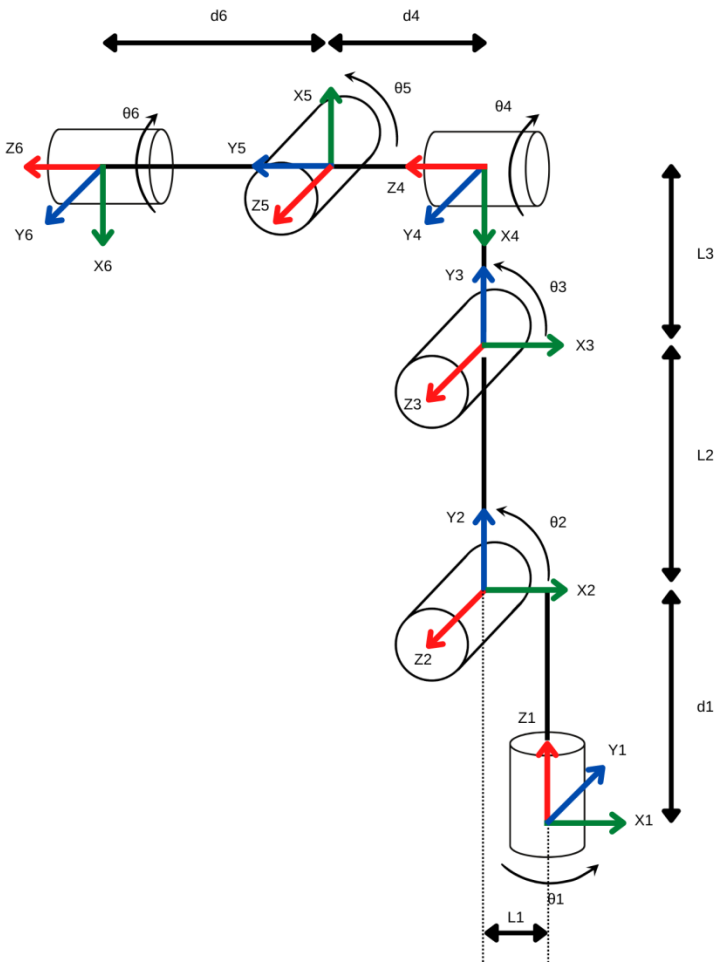

Fig. 4.3. Zingjiri kinematikë dhe aplikimi i notacionit të Denavit-Hartenbergut për sistemet koordinative

Hapi i tretë është përcaktimi i parametrave të Denavit-Hartenbergut për secilën nyje të robotit manipulator dhe formulimi i tabelës me këta parametra. Pas formulimit të kësaj tabele vazhdojmë me formulimin e matricës transformuese homogjene e cila përshkruan raportin në mes të nyjeve të krahut robotik. Parametrat e Denavit-Hartenbergut mund të definohen si në vijim:

θ_i – këndi ndërmjet x_{i-1} dhe x_i për rrotullim ndaj z_{i-1};

d_i – distanca nga origjina e sistemit $i-1$ deri tek x_i përgjatë aksit z_{i-1};

a_i – distanca në mes z_{i-1} dhe z_i përgjatë boshtit x_i;

α_i – këndi ndërmjet z_{i-1} dhe z_i për rrotullim ndaj x_i.

Pas definimit të parametrave duke ndjekur rregullat e shënuara më lartë fitojmë:

Tab. 4.1 Parametrat e Denavit Hartenbergut për robotin me 6 shkallë të lira të lëvizjes

Nyja	a_i	α_i	d_i	θ_i
1	L_1=0.17 m	90	d_1=0.495 m	θ_1
2	L_2=0.56 m	0	0	θ_2
3	L_3=0.2 m	90	0	θ_3
4	0	-90	d_4=0.680 m	θ_4
5	0	90	0	θ_5
6	0	0	d_6=0.130 m	θ_6

Distanca a_i dhe distanca d_i janë parametra reale të krahut robotik.

Matrica e transformimit për një nyje shkruhet:

$$A_i = \begin{bmatrix} \cos\theta_i & -\sin\theta_i\cos\alpha_i & \sin\theta_i\sin\alpha_i & a_i\cos\theta_i \\ \sin\theta_i & \cos\theta_i\cos\alpha_i & -\cos\theta_i\sin\alpha_i & a_i\sin\theta_i \\ 0 & \sin\alpha_i & \cos\alpha_i & d_i \\ 0 & 0 & 0 & i \end{bmatrix}$$

A_1 është matrica transformuese T_1^0:

$$T_1^0 = \begin{bmatrix} \cos\theta_1 & -\sin\theta_1\cos\alpha_1 & \sin\theta_1\sin\alpha_1 & a_1\cos\theta_1 \\ \sin\theta_1 & \cos\theta_1\cos\alpha_1 & -\cos\theta_1\sin\alpha_1 & a_1\sin\theta_1 \\ 0 & \sin\alpha_1 & \cos\alpha_1 & d_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Për α=90, a_1=L_1=0.170 (m) dhe d_1=0.495 (m) ekuacioni për transformimin midis bazës dhe nyjës 1 është si më poshtë:

$$T_1^0 = \begin{bmatrix} \cos\theta_1 & 0 & \sin\theta_1 & 0.170\ \cos\theta_1 \\ \sin\theta_1 & 0 & -\cos\theta_1 & 0.170\ \sin\theta_1 \\ 0 & 1 & 0 & 0.495 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

A_2 është matrica transformuese T_2^1:

$$T_2^1 = \begin{bmatrix} \cos\theta_2 & -\sin\theta_2\cos\alpha_2 & \sin\theta_2\sin\alpha_2 & a_2\cos\theta_2 \\ \sin\theta_2 & \cos\theta_2\cos\alpha_2 & -\cos\theta_2\sin\alpha_2 & a_2\sin\theta_2 \\ 0 & \sin\alpha_2 & \cos\alpha_2 & -d_2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Për α=0, a_1=L_2=0.560 (m) dhe d_1=0 (m) ekuacioni për transformimin midis nyjës 1 dhe nyjës 2 është si më poshtë:

$$T_2^1 = \begin{bmatrix} \cos\theta_2 & -\sin\theta_2 & 0 & 0.560\ \cos\theta_2 \\ \sin\theta_2 & \cos\theta_2 & 0 & 0.560\sin\theta_2 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

A_3 është matrica transformuese T_3^2:

$$T_3^2 = \begin{bmatrix} \cos\theta_3 & -\sin\theta_3\cos\alpha_3 & \sin\theta_3\sin\alpha_3 & a_3\cos\theta_3 \\ \sin\theta_3 & \cos\theta_3\cos\alpha_3 & -\cos\theta_3\sin\alpha_3 & a_3\sin\theta_3 \\ 0 & \sin\alpha_3 & \cos\alpha_3 & d_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Për α_3=90, a_3=L_3=0.200 (m) dhe d_3=0 (m) ekuacioni për transformimin midis nyjës 2 dhe nyjës 3 është si më poshtë:

$$T_3^2 = \begin{bmatrix} \cos\theta_3 & 0 & \sin\theta_3 & 0.2\cos\theta_3 \\ \sin\theta_3 & 0 & -\cos\theta_3 & 0.2\sin\theta_3 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

A_4 është matrica transformuese T_4^3:

$$T_4^3 = \begin{bmatrix} \cos\theta_4 & -\sin\theta_4\cos\alpha_4 & \sin\theta_4\sin\alpha_4 & a_4\cos\theta_4 \\ \sin\theta_4 & \cos\theta_4\cos\alpha_4 & -\cos\theta_4\sin\alpha_4 & a_4\sin\theta_4 \\ 0 & \sin\alpha_4 & \cos\alpha_4 & d_4 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Për α_4= -90, a_4=L_4=0 (m) dhe d_4=0.680 (m) ekuacioni për transformimin midis nyjës 3 dhe nyjës 4 është si më poshtë:

$$T_4^3 = \begin{bmatrix} \cos\theta_4 & 0 & -\sin\theta_4 & 0 \\ \sin\theta_4 & 0 & \cos\theta_4 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0.680 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

A_5 është matrica transformuese T_5^4:

$$T_5^4 = \begin{bmatrix} \cos\theta_5 & -\sin\theta_5\cos\alpha_5 & \sin\theta_5\sin\alpha_5 & a_5\cos\theta_5 \\ \sin\theta_5 & \cos\theta_5\cos\alpha_5 & -\cos\theta_5\sin\alpha_5 & a_5\sin\theta_5 \\ 0 & \sin\alpha_5 & \cos\alpha_5 & d_5 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Për α_5= 90, a_5=L_5=0 (m) dhe d_5=0 (m) ekuacioni për transformimin midis nyjës 4 dhe nyjës 5 është si më poshtë:

$$T_5^4 = \begin{bmatrix} \cos\theta_5 & 0 & \sin\theta_5 & 0 \\ \sin\theta_5 & 0 & -\cos\theta_5 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

A_6 është matrica transformuese T_6^5:

$$T_6^5 = \begin{bmatrix} \cos\theta_6 & -\sin\theta_6\cos\alpha_6 & \sin\theta_6\sin\alpha_6 & a_6\cos\theta_6 \\ \sin\theta_6 & \cos\theta_6\cos\alpha_6 & -\cos\theta_6\sin\alpha_6 & a_6\sin\theta_6 \\ 0 & \sin\alpha_6 & \cos\alpha_6 & d_6 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Për α_6= 0, a_6=L_6=0 (m) dhe d_6=0.130 (m) ekuacioni për transformimin midis nyjës 5 dhe nyjës 6 është si më poshtë:

$$T_6^5 = \begin{bmatrix} \cos\theta_6 & -\sin\theta_6 & 0 & 0 \\ \sin\theta_6 & \cos\theta_6 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0.130 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Për thjeshtësim mund të zëvendësojmë:

$$\theta_1 = u,$$

$$\theta_2 = v,$$

$$\theta_3 = w,$$

$$\theta_4 = a,$$

$$\theta_5 = b,$$

$$\theta_6 = m,$$

Për A_{12} = T_2^0= $T_1^0 \times T_2^1$, zëvendësojmë vlerat e lartëpërmendura në ekuacionet (1) dhe (2):

$$T_2^0 = T_1^0 \times T_2^1 = \begin{bmatrix} \cos(u) & 0 & \sin(u) & 0.170\ \cos(u) \\ \sin(u) & 0 & -\cos(u) & 0.170\sin(u) \\ 0 & 1 & 0 & 0.495 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \cos(v) & -\sin(v) & 0 & 0.560\ \cos(v) \\ \sin(v) & \cos(v) & 0 & 0.560\sin(v) \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Dhe fitojmë:

$$T_2^0 = \begin{bmatrix} \cos(u)\cos(v) & -\cos(u)\sin(v) & \sin(u) & \cos(u)(0.560\cos(v)+0.170) \\ \cos(\mathrm{v})\sin(u) & -\sin(u)\sin(v) & -\cos(u) & \sin(u)(0.560\cos(v)+0.170) \\ \sin(v) & \cos(v) & 0 & 0.560\sin(v)+\ 0.495 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Për $A_{123} = T_3^0 = T_1^0 \times T_2^1 \times T_3^2$:

$$T_3^0 = T_2^0 \times T_3^2 = \begin{bmatrix} \cos(u)\cos(v) & -\cos(u)\sin(v) & \sin(u) & \cos(u)(0.560\cos(v)+0.170) \\ \cos(\mathrm{v})\sin(u) & -\sin(u)\sin(v) & -\cos(u) & (0.560\cos(v)+0.170)\sin(u) \\ \sin(v) & \cos(v) & 0 & 0.560\sin(v)+\ 0.495 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$
$$* \begin{bmatrix} \cos(w) & 0 & \sin(w) & 0.2\ \cos(w) \\ \sin(w) & 0 & -\cos(w) & 0.2\sin(w) \\ 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Gjithashtu zëvendësojmë shprehjet për thjeshtësim:

$h = \cos(u)(0.560\cos(v)+0.170)$

$j = \sin(u)(0.560\cos(v)+0.170)$

$k = 0.560\sin(v)+\ 0.495$

$$T_3^0 = T_2^0 \times T_3^2 = \begin{bmatrix} \cos(u)\cos(v) & -\cos(u)\sin(v) & \sin(u) & h \\ \cos(\mathrm{v})\sin(u) & -\sin(u)\sin(v) & -\cos(u) & j \\ \sin(v) & \cos(v) & 0 & k \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$
$$\times \begin{bmatrix} \cos(w) & 0 & \sin(w) & 0.2\ \cos(w) \\ \sin(w) & 0 & -\cos(w) & 0.2\sin(w) \\ 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Dhe fitojmë:

$$T_3^0 = \begin{bmatrix} \cos(v+w)\cos(u) & \sin(u) & \sin(v+w)\cos(u) & \mathrm{h}+0.2\cos(u)\cos(v+m) \\ \cos(\mathrm{v}+\mathrm{w})\sin(u) & -\cos(u) & \sin(v+w)\sin(u) & j+0.2\cos(v+w)\sin(u) \\ \sin(v+w) & 0 & -\cos(v+w) & k+0.2\sin(v+w) \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Për $A_{456} = T_6^3 = T_4^3 \times T_5^4 \times T_6^5$, fillimisht gjejmë $A_{45} = T_5^3 = T_4^3 \times T_5^4$

$$A_{45}= T_5^3= T_4^3 \times T_5^4=\begin{bmatrix}\cos(a) & 0 & -\sin(a) & 0\\ \sin(a) & 0 & \cos(a) & 0\\ 0 & -1 & 0 & 0.680\\ 0 & 0 & 0 & 1\end{bmatrix}\times\begin{bmatrix}\cos(b) & 0 & \sin(b) & 0\\ \sin(b) & 0 & -\cos(b) & 0\\ 0 & 1 & 0 & 0\\ 0 & 0 & 0 & 1\end{bmatrix}$$

$$A_{45}= T_5^3=\begin{bmatrix}\cos(a)\cos(b) & -\sin(a) & \cos(a)\sin(b) & 0\\ \sin(a)\cos(b) & \cos(a) & \sin(a)\sin(b) & 0\\ -\sin(b) & 0 & \cos(b) & 0.680\\ 0 & 0 & 0 & 1\end{bmatrix}$$

$$A_{456} = T_6^3= T_4^3 \times T_5^4\times T_6^5= T_5^3\times T_6^5=$$

$$=\begin{bmatrix}\cos(a)\cos(b) & -\sin(a) & \cos(a)\sin(b) & 0\\ \sin(a)\cos(b) & \cos(a) & \sin(a)\sin(b) & 0\\ -\sin(b) & 0 & \cos(b) & 0.680\\ 0 & 0 & 0 & 1\end{bmatrix}\times\begin{bmatrix}\cos(m) & -\sin(m) & 0 & 0\\ \sin(m) & \cos(m) & 0 & 0\\ 0 & 0 & 1 & 0.13\\ 0 & 0 & 0 & 1\end{bmatrix}$$

$$T_6^3=\begin{bmatrix}\cos(a)\cos(b)\cos(m)-\sin(a)\sin(m) & -\cos(a)\cos(b)\sin(m)-\sin(a)\cos(m) & \cos(a)\sin(b) & 0.13\cos(a)\sin(b)\\ \cos(b)\cos(m)\sin(a)+\cos(a)\sin(m) & \cos(a)\cos(m)-\sin(a)\cos(b)\sin(m) & \sin(a)\sin(b) & 0.13\sin(a)\sin(b)\\ -\cos(m)\sin(b) & \sin(b)\sin(m) & \cos(b) & 0.13\cos(b)+0.680\\ 0 & 0 & 0 & 1\end{bmatrix}$$

Pasi që janë nxjerrë të gjitha matricat që vendosin raportet mes sistemeve koordinative për nyje, tani e gjenerojmë matricën transformuese që lidhë sistemin koordinativ të efektorit të fundëm në raport me sistemin koordinativ 0. Dhe fitojmë si në vijim:

$$T_6^0=\begin{bmatrix}r_{11} & r_{12} & r_{13} & P_x\\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & P_y\\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & P_z\\ 0 & 0 & 0 & 1\end{bmatrix}$$

Nëse matricën T_6^0 e paraqesim në termin e R_6^0 dhe P_6^0, kemi:

$$T_6^0=\begin{bmatrix}R_6^0 & P_6^0\\ 0 & 1\end{bmatrix}$$

$$P_6^0=\begin{bmatrix}P_x\\ P_y\\ P_z\end{bmatrix}$$

$$T_6^0 = T_1^0\times T_2^1\times T_3^2\times T_4^3\times T_5^4\times T_6^5$$

$$T_6^0=\begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & P_x \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & P_y \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & P_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$T_6^0=\begin{bmatrix} R_6^0 & P_6^0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

4.2.3 Implementimi i kinematikës direkte në Matlab

Për implementimin e kinematikës direkte në softuerin MATLAB është përdorur libraria e posaçme e quajtur "robotics toolbox" e krijuar nga Peter Corke. Përmes softuerit dhe kësaj librarie do të mund të vizualizojmë dhe simulojmë krahun robotik me parametrat real nga tabela e Denavit-Hartenbergut [3].

Më poshtë është treguar kodi i shkruar në Matlab i cili përmban parametrat e Denavit-Hartenbergut [8].

```
% Standard DH
% LumRexha-Robot
clear;
clc;
th_1  = 0; d_1  = 0.495;  a_1  = 0.17;  alp_1  = pi/2;
th(2) = 0; d(2) = 0;      a(2) = 0.56;  alp(2) = 0;
th(3) = 0; d(3) = 0;      a(3) = 0.20;  alp(3) = pi/2;
th(4) = 0; d(4) = 0.68;   a(4) = 0;     alp(4) = -pi/2;
th(5) = 0; d(5) = 0;      a(5) = 0;     alp(5) = pi/2;
th(6) = 0; d(6) = 0.13;   a(6) = 0;     alp(6) = 0;
% DH parameters  th     d    a    alpha  sigma
L1 = Link([th_1, d_1, a_1, alp_1, 0]);
L2 = Link([th(2), d(2), a(2), alp(2), 0]);
L3 = Link([th(3), d(3), a(3), alp(3), 0]);
L4 = Link([th(4), d(4), a(4), alp(4), 0]);
L5 = Link([th(5), d(5), a(5), alp(5), 0]);
L6 = Link([th(6), d(6), a(6), alp(6), 0]);
robot = SerialLink([L1, L2, L3, L4, L5, L6]);
robot.name='LumRexha-robot';
robot.display()
theta = [0, 120, -15, 0, 0, 0]*pi/180;
robot.teach();
robot.plot(theta);
t = robot.fkine(theta)% end effector pose
q = [0 0 0 0 0 0]
robot.fkine(q)
```

Pas ekzekutimit të kodit në Matlab fitojmë:

robot =

LumRexha-robot:: 6 axis, RRRRRR, stdDH, slowRNE

```
+---+-----------+-----------+-----------+-----------+-----------+
| j |    theta |        d |        a |    alpha |   offset |
+---+-----------+-----------+-----------+-----------+-----------+
|  1|       q1|     0.495|      0.17|    1.5708|         0|
|  2|       q2|         0|      0.56|         0|         0|
|  3|       q3|         0|       0.2|    1.5708|         0|
|  4|       q4|      0.68|         0|   -1.5708|         0|
|  5|       q5|         0|         0|    1.5708|         0|
|  6|       q6|      0.13|         0|         0|         0|
+---+-----------+-----------+-----------+-----------+-----------+


t =
  -0.2588        0    0.9659    0.6206
        0       -1        0        0
   0.9659        0    0.2588     1.383
        0        0        0        1

q =

    0    0    0    0    0    0

ans =
        1        0        0     0.93
        0       -1        0        0
        0        0       -1   -0.315
        0        0        0        1
```

Gjithashtu vizualizojmë dhe mund të fitojmë disa pozicione të krahut robotik.

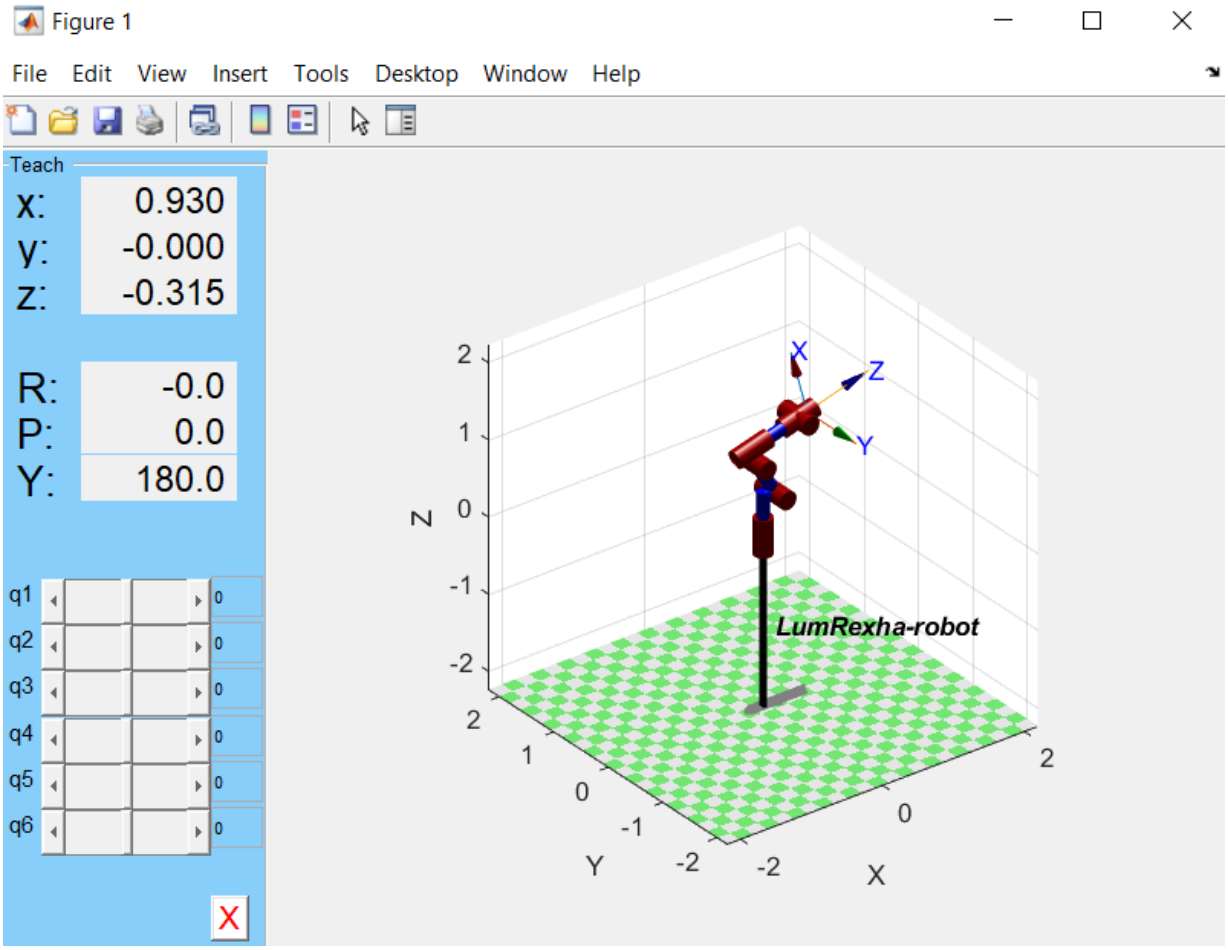

Fig. 4.4. Gjenerimi i krahut robotik në Matlab me parametra real

Përmes lëvizjes së kursorëve q1, q2, q3, q4, q5 dhe q6 mund të lëvizim secilën nyje të krahut robotik duke e simuluar kështu krahun robotik. Konstatojmë se krahu robotik është i llojit RRRRRR, që nënkupton se ka 6 nyje të llojit - rrotulluese.

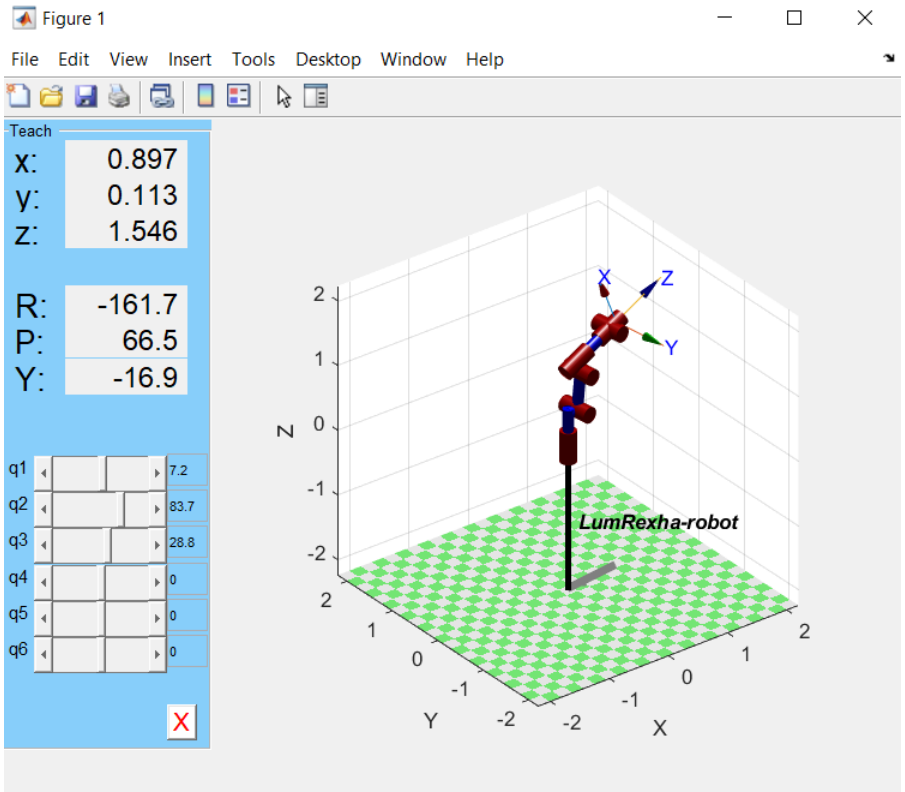

Fig. 4.5. Konfigurimi i krahut robotik duke i lëvizur tri nyjet e para të krahut robotik

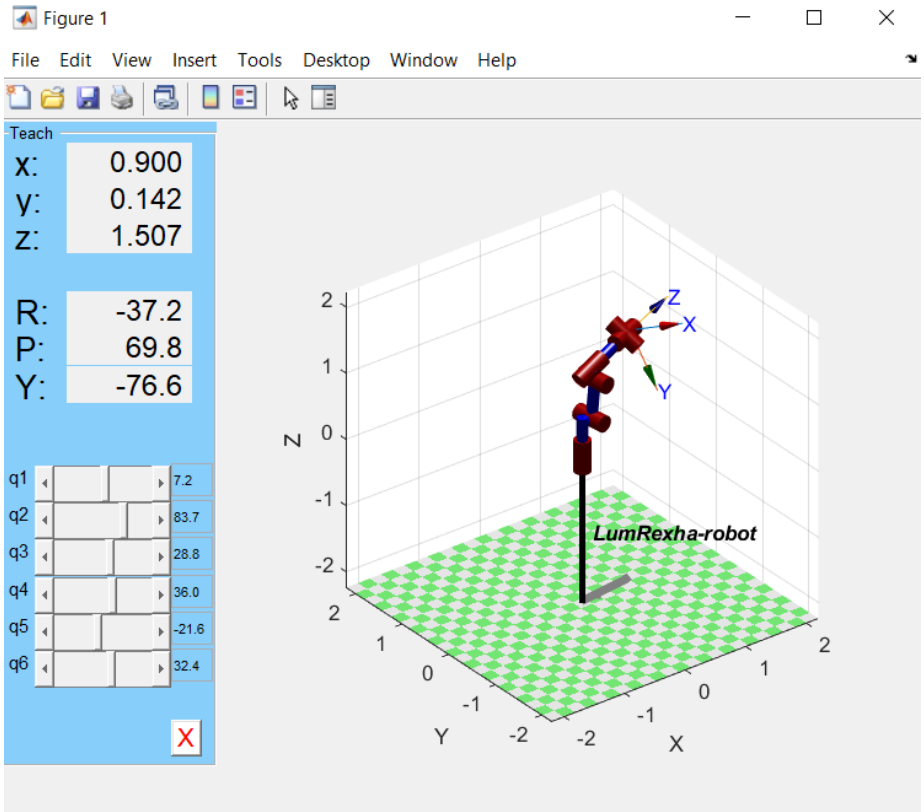

Fig. 4.6. Konfigurimi i krahut robotik duke i lëvizur të gjitha nyjet e krahut robotik

5. ANALIZA E ROBOTIT NË SOFTUERIN MATLAB

Analiza e robotit në softuerin MATLAB bëhet pasi që ai është modeluar paraprakisht. Fillimisht krahu robotik është modeluar në programin Solidworks dhe pastaj ai eksportohet në formatin 3D XML në SimScape/Simmechanics.

Simscape/Simmchanic ofron simulimin e modeleve tre dimensionale të cilat përmbajnë shumë trupa apo shumë pjesë. Këto sisteme shumë trupëshe modelohen duke përdorur blloqet në Simscape. Secili bllok prezanton: nyje, trupa, elemente apo elemente të forcës, dhe pastaj SimMechanics gjeneron dhe zgjidh ekuacionet e lëvizjes për sistemet mekanike.

Objektet tre dimensionale, si në rastin tonë krahu robotik, në softuerët CAD kanë të përfshira: inercinë, masën, kufizimet dhe gjeometrinë tre dimensionale. Këto objekte me të gjitha veçoritë e tyre mund të imporotohen në SimMechanics. Pastaj në bazë të këtyre veçorive objektet mund të simulohen prej softuerëve CAD në SimMechanics.

Në figurën e më poshtme mund të vërejmë robotin manipulator në tri faza:

- Faza e parë - krahu robotik i paraqitur në fazë reale,
- Faza e dytë - krahu robotik i modeluar në Solidworks
- Faza e fundit - krahu robotik i importuar në Simscape.

Fig. 5.1. Krahu robotik i paraqitur në tri forma: roboti real, roboti SolidWorks dhe roboti në SimScape

5.1 Eksportimi i modelit 3D të krahut robotik në Simscape

Për tu realizuar eksportimi i 3D modelit në Simscape duhet përdorur “Plug-ins” të cilat i gjeneron Matlab-i si program dhe ia atribuon programit Solidworks. Aktivizimi i “Plug-ins” realizohet në Matlab me anë të **“install_addon (‘smlink.r2018a.win64.zip’)”** në MatLab dhe rreshtave në vazhdim të cilat mund të merren të gatshme në faqen zyrtare të programit Matlab. Për ilustrim të ktij procesi i referohemi figurës 5.2.

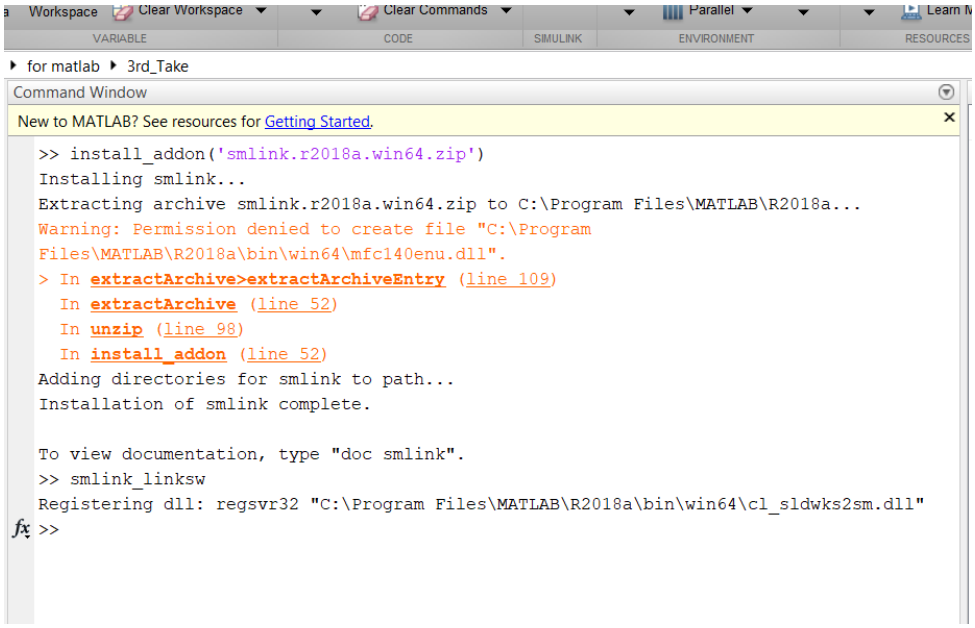

Fig. 5.2. Instalimi i Simulink në Matlab dhe aktivizimi i plug-in të Solidworks

Siç shihet edhe në fig.5.2 në vazhdim kemi përdorur thirrjen “smlink_linksw” e cila mundëson krijimin e regjistrave për plug-in në programin Solidworks.

Pasi që kemi përfunduar punë nga ana e programit Matlab, kthehemi tek dokumenti ku e kemi të ruajtur tërësinë e komponenteve për simulim në Solidworks.

Klikojmë me tastin e majtë në menynë “Preferences” e pastaj klikohet në opsionin “Plug-ins” ku shihet se është shtuar mundësia e selektimit “Simscape Multibody Link”. Ky “Plug-in” mundëson eksportimin e 3D modelit si STEP file i cili pastaj do të thirret nga skripta në Matlab. Dritarja në fjalë është paraqitur në figurën 5.3.

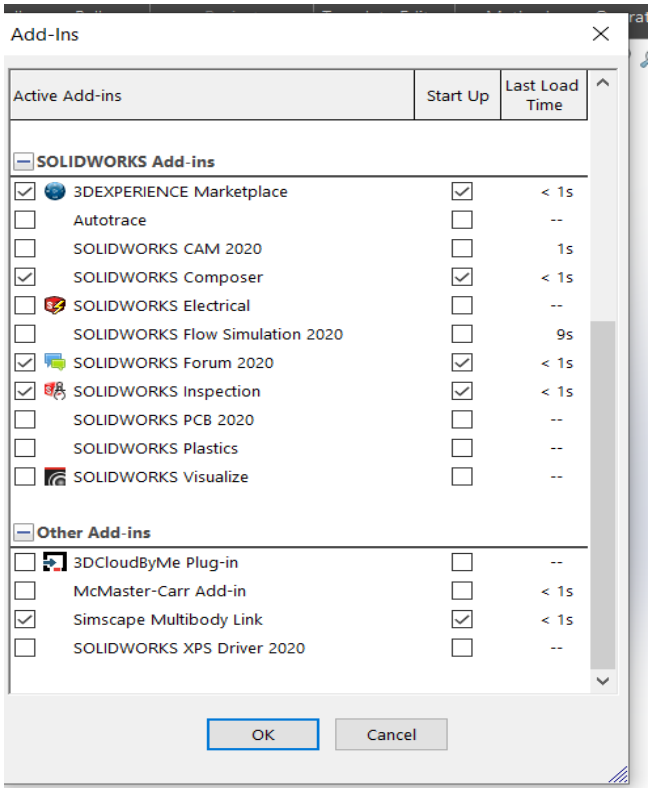

Fig. 5.3. Aktivizimi i Plug-in të Simscape në Solidworks

Për të realizuar eksportimin e dokumentit në Matlab përmes Simscape plugin përdorim menynë "Tools" pastaj "Simscape Multibody Link" e pastaj "Export-Simscape Multibody" si në figurën 5.4.

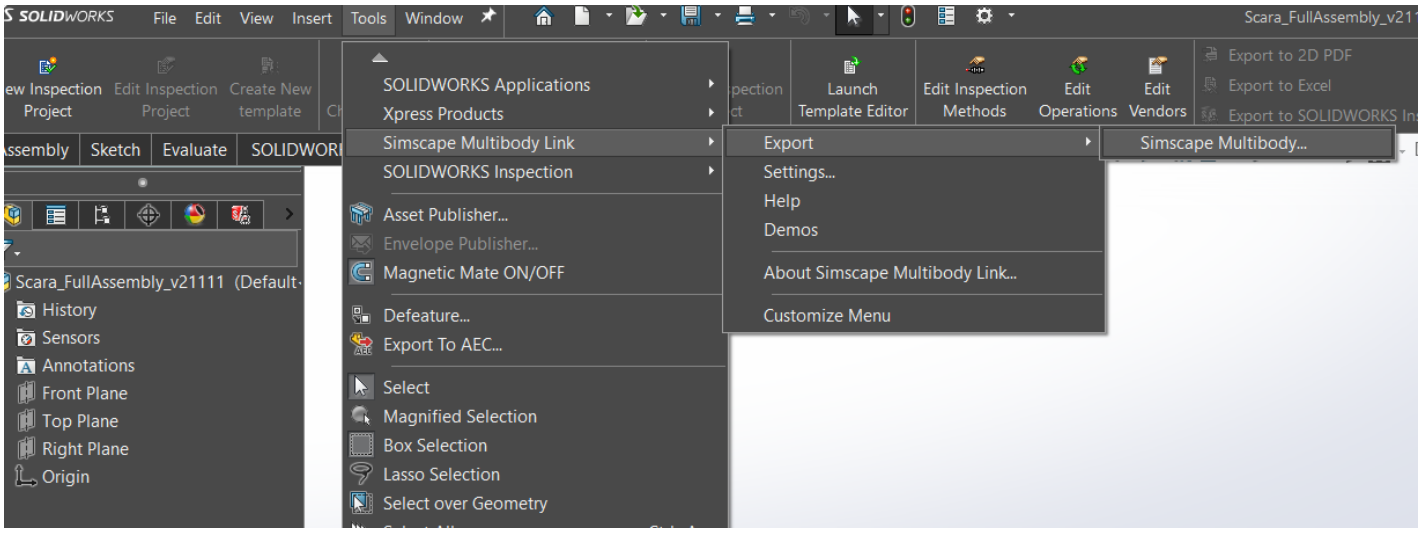

Fig. 5.4. Eksportimi i dokumentit në Simscape/Matlab

Pasi që eksportimi ka përfunduar, është krijuar një dokument i ri ku janë ruajtur dokumentat e pjesëve përbërëse të robotit SCARA në formatin “sldprt” që ka kuptimin e “Solidworks Part” dhe një dokument me format “.XML” e cila shërben për thirrje në Matlab.

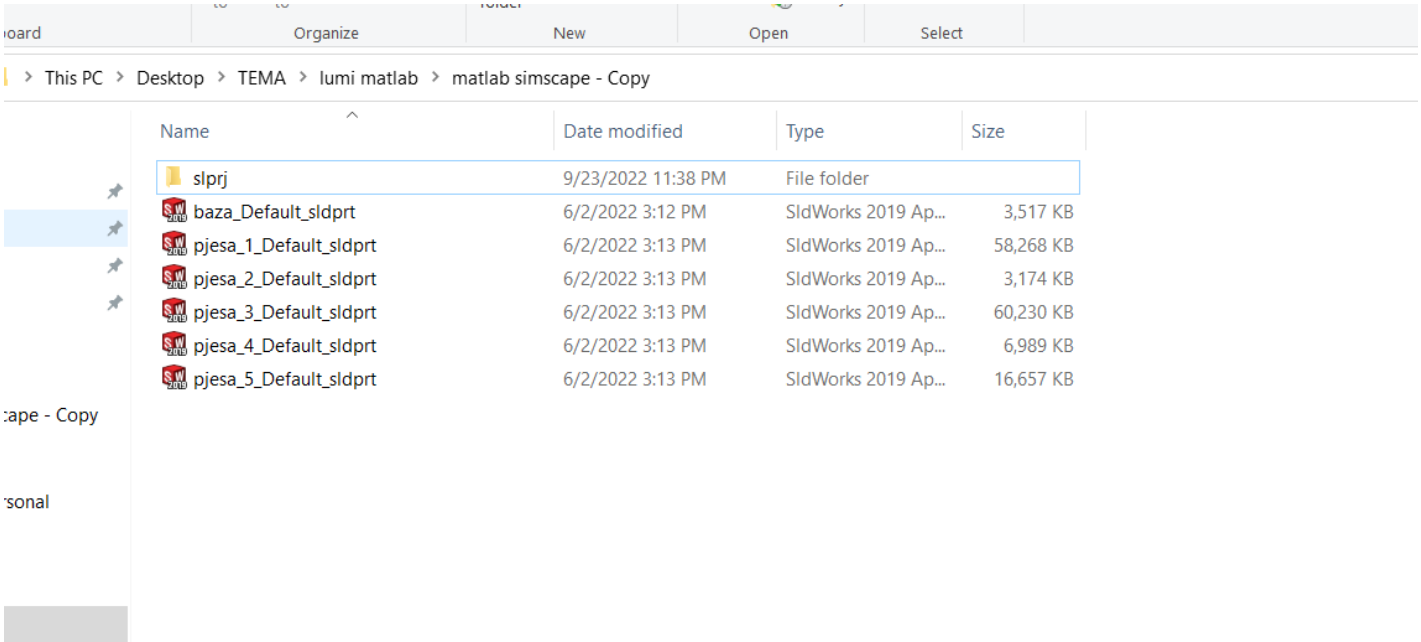

Fig. 5.5. Krijimi i dokumentave për eksportim në Matlab

Pasi që janë ruajtur dokumentet për eksportim në Matlab, tani mund të realizohet thirrja e dokumentit në format “xml” përmes komandës “smimport” siq është paraqitur në figurën 5.6.

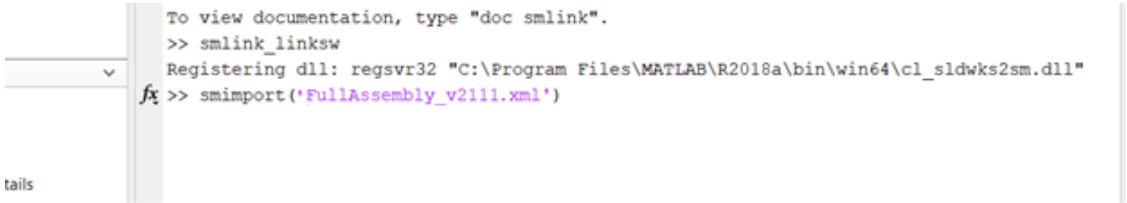

Fig. 5.6. Thirrja e dokumentit “Scara_FullAssembly_v2111.xml” në Matlab

Pasi që realizohet thirrja në Matlab, fillon importimi i dokumentit ku tani programi Matlab gjeneron sistemin e plotë duke inkorporuar modelet 3D të pjesëve, lidhjet e tyre edhe kufizimet e tyre që janë shprehur në Solidworks.

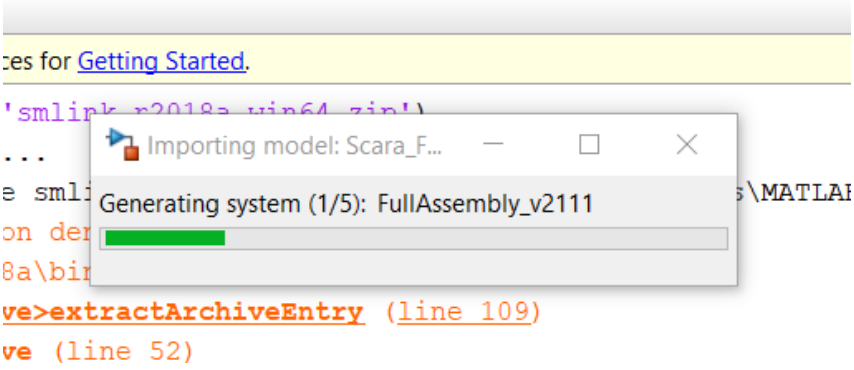

Fig. 5.7. Gjenerimi i sistemit të plotë në Matlab me anë të Simscape

Me përfundimin e gjenerimit të modelit të plotë, shfaqet në dritare të re skema e bloqeve, të cilat janë gjeneruar në mënyrë automatike nga Simscape. Blloqet mund të editohen sipas nevojave tona varësisht se çfarë kërkojmë të marrim parasysh ose për çfarë qëllimi studimi na duhet.

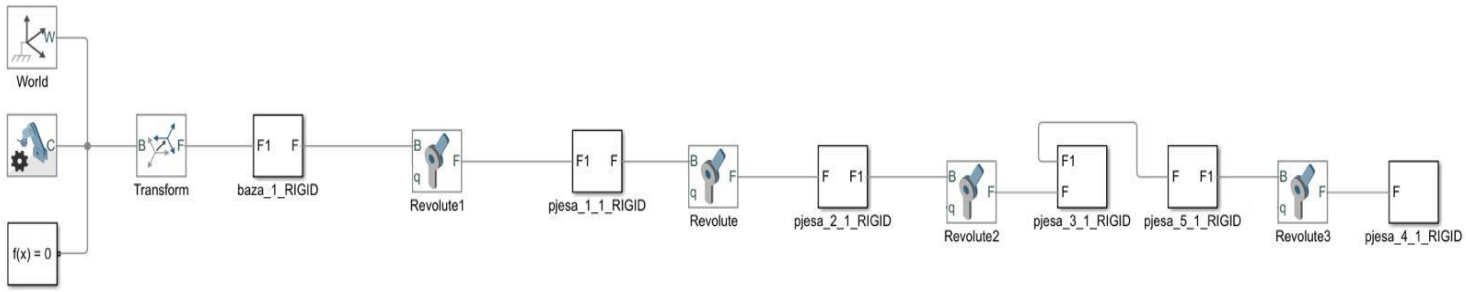

Fig. 5.8. Blloqet e krijuara nga Simscape për 3D modelin e robotit

Në Matlab mund të hapet edhe 3D modeli i robotit SCARA nëse klikojmë në dritaren e Simulink në opsionin "RUN".

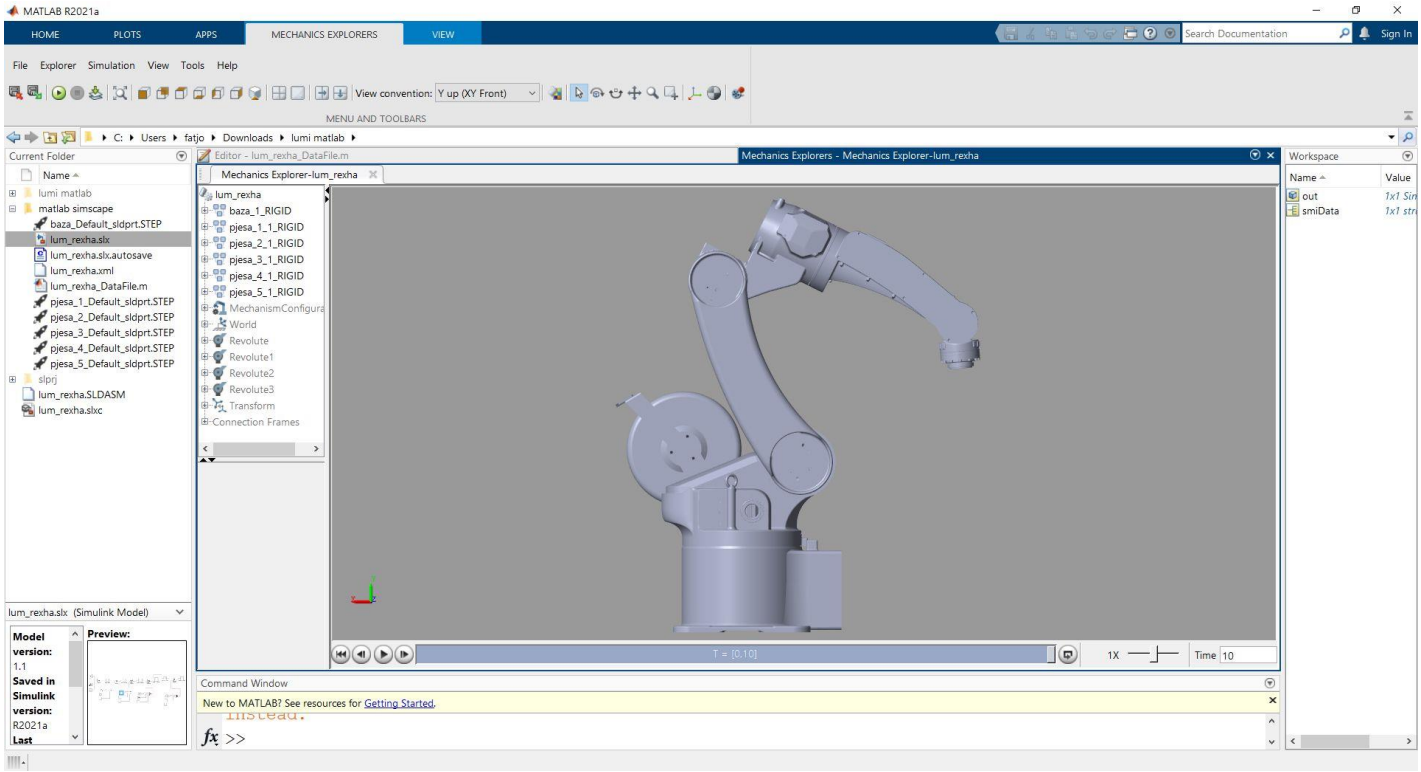

Fig. 5.9. Hapja e modelit 3D të krahut robotik në Matlab

Siç shihet edhe në figurën 5.9 është arritur hapja e modelit 3D të krahut robotik, ku shihet fusha punuese e dizajnimit dhe vendosja në hapsirë e modelit të plotë të robotit në fjalë. Nga ana e majtë shihet lista e pjesëve dhe emërimi i tyre. Ndryshimi i parametrave të lëvizjes apo kufizimeve të pjesëve të robotit mund të bëhet direkt nga “Feature-tree” apo lista e tipareve ose ndryshimi i parametrave mund të bëhet në dritaren e Simulink me ndryshimin e të dhënave dhe kushteve nëpër blloqe.

5.2 Simulimi i krahut robotik në Simulink

Pas eksportimit të modelit që kemi modeluar, nga programi Solidworks në Simulink, kemi vazhduar me simulimin e robotit në të njëjtin program. Kështu kemi arritur të bëjmë që krahun robotik ashtu siç mund ta lëvizim në realitet përmes nyjeve të tij, ashtu edhe ta simulojmë atë në Simulink duke i'a lëvizur nyjet. Në këtë mënyrë ne mund të arrijmë pozita të caktuara të nyjeve apo të efektorit të fundëm pa pasur nevojë që robotin real ta ndezim dhe ta vëjmë në lëvizje.

Vlen të ceket se ekzekutimi i detyrave reale të robotit është bërë dhe është përshkruar detajisht në kapitullin e ardhshëm.

Në figurën e mëposhtme është shfaqur skema e blloqeve e cila na mundëson që ta simulojmë robotin.

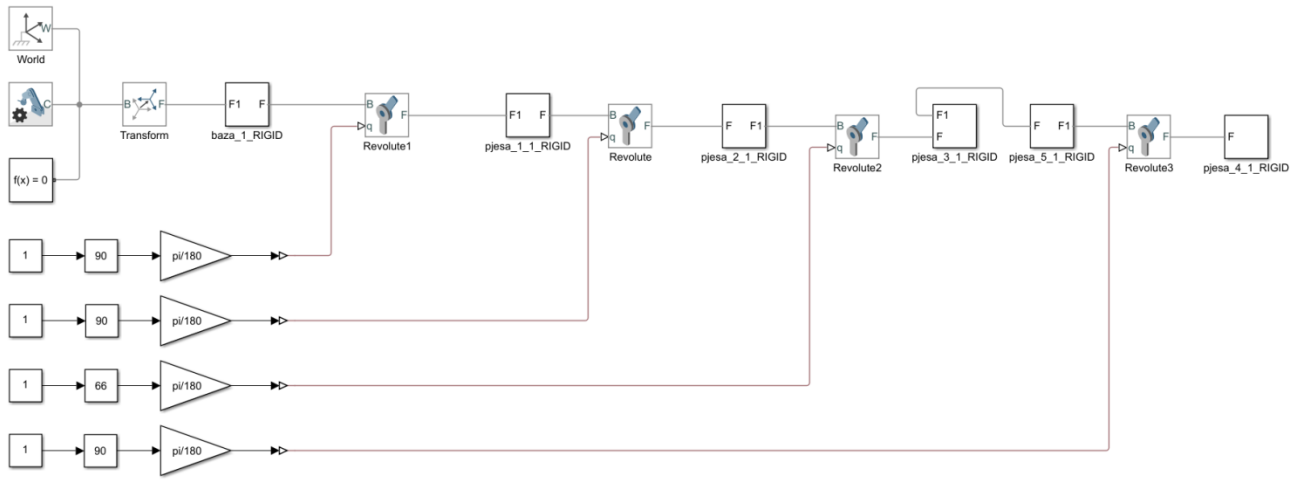

Fig. 5.10. Skema e blloqeve në Simulink e cila e simulon robotin në pozita të ndryshme

Gjithashtu për lëvizjen e robotit në nyjet e tij tek menyja e aktivizimit (*Actuation)* duhet të klikojmë tek Motion apo në shqip Lëvizja dhe e zëvendësojmë nga *Automatically Computed* në *Provided by input*, që do të thotë e lëvizim sipas inputeve të cilat ne i caktojmë në Simulink.

Në fig. 5.11 më poshtë, kemi shfaqur bllok skemën në Simulink, ku robotit i kemi dhënë inpute të ndryshme të nyjeve.

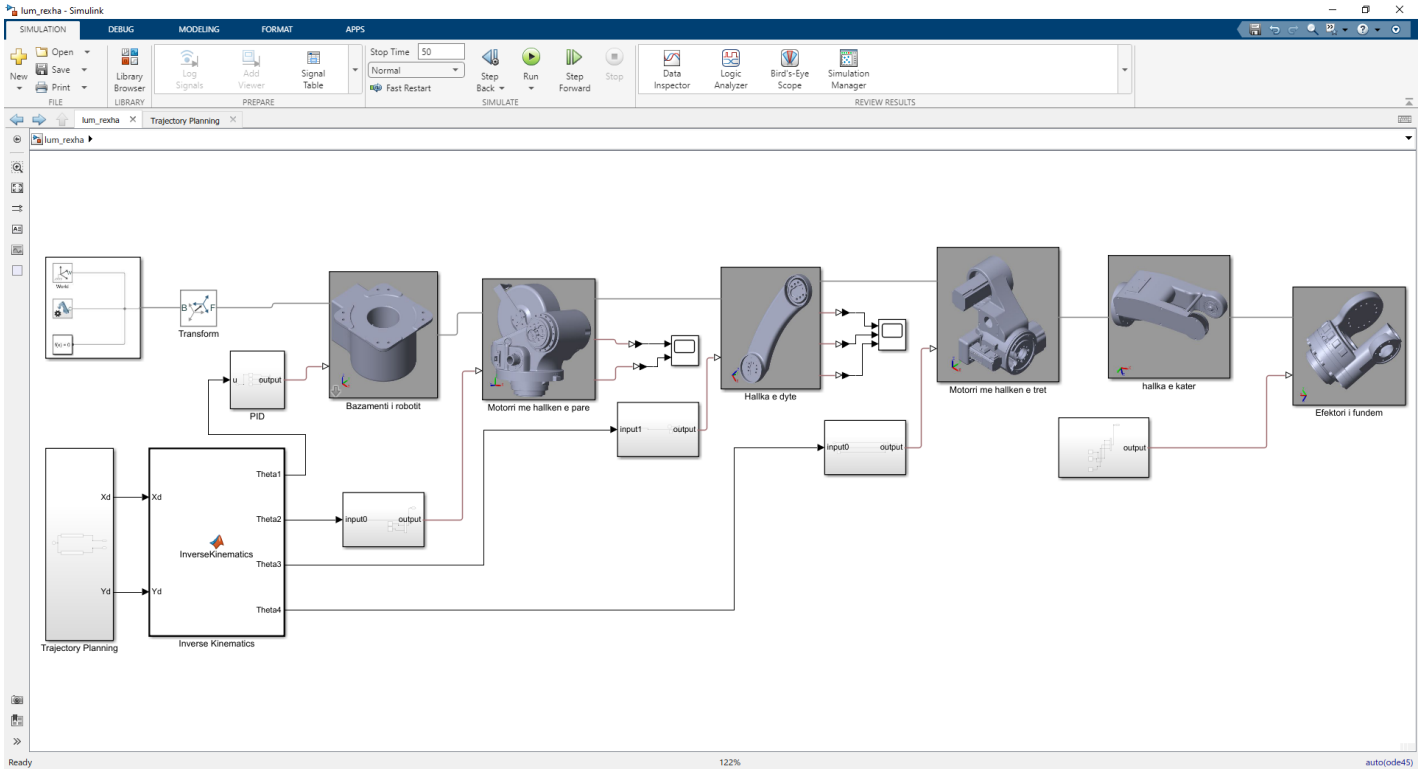

Fig. 5.11. Ndryshimi i outputeve të lëvizjes së krahut robotik

Si pasojë e ndryshimit të inputeve të lëvizjes së krahut robotik edhe roboti ka bërë lëvizje të cilat janë shfaqur në figurat më poshtë Fig. 5.12 dhe Fig. 5.13.

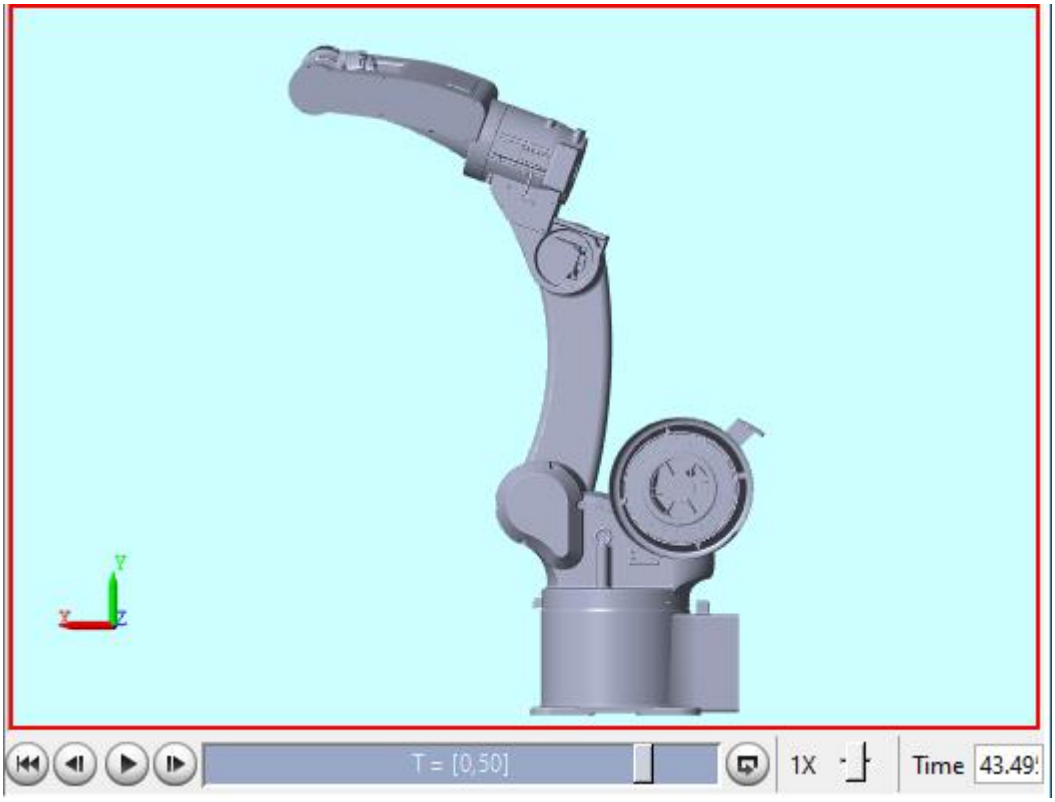

Fig. 5.12. Lëvizja dhe simulimi i krahut robotik pas ndryshimit të inputeve të robotit

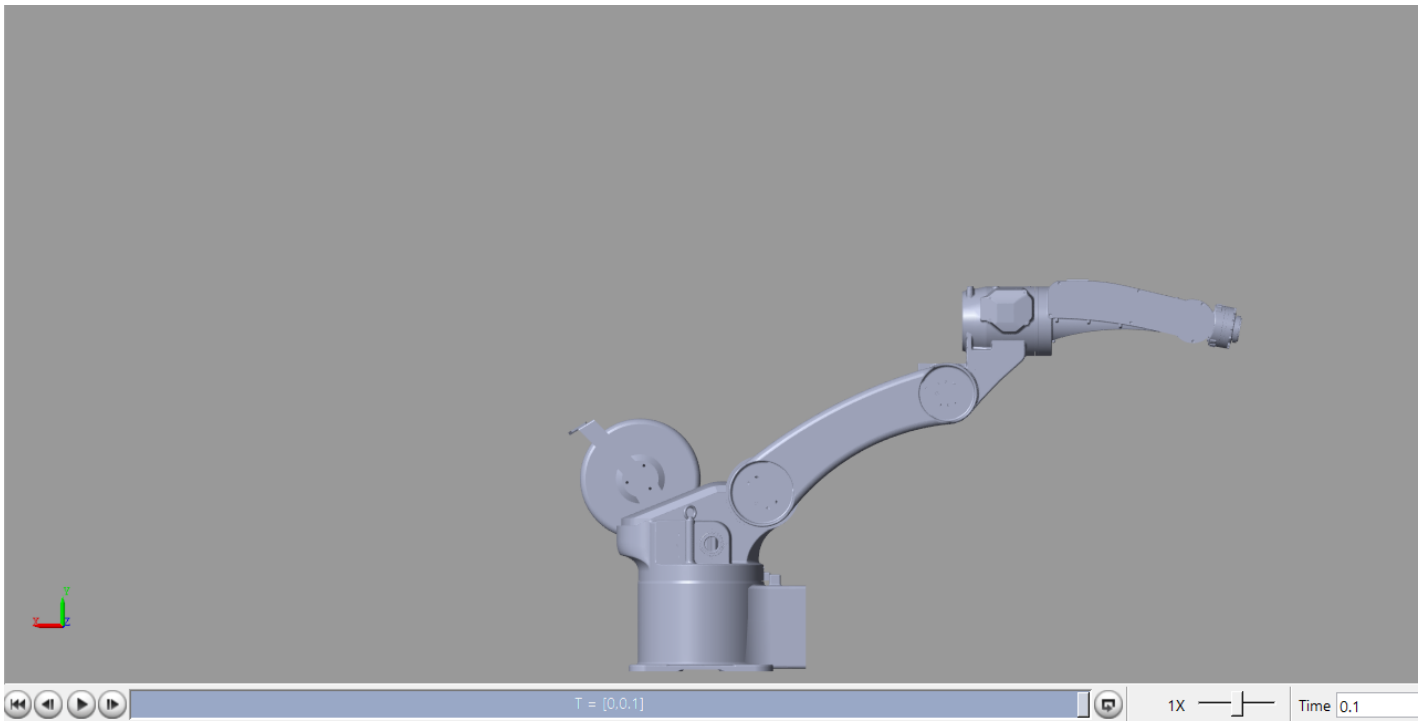

Fig. 5.13. Simulimi i krahut robotik që të arrij distancën maksimale

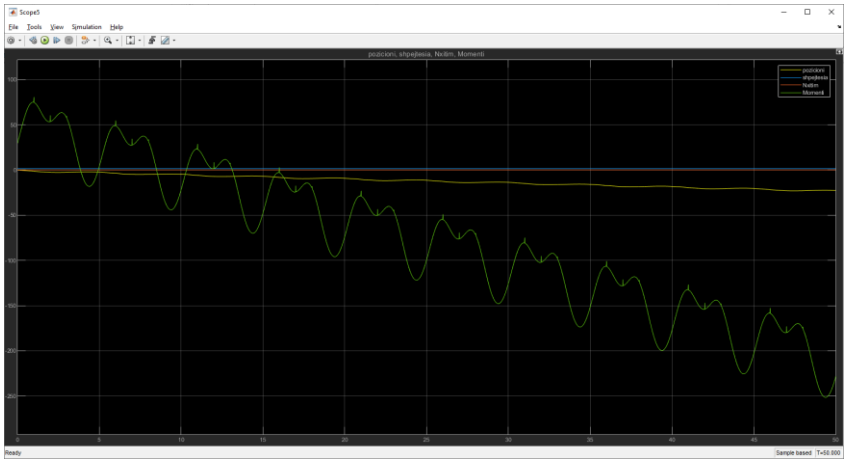

Fig. 5.14. këndet

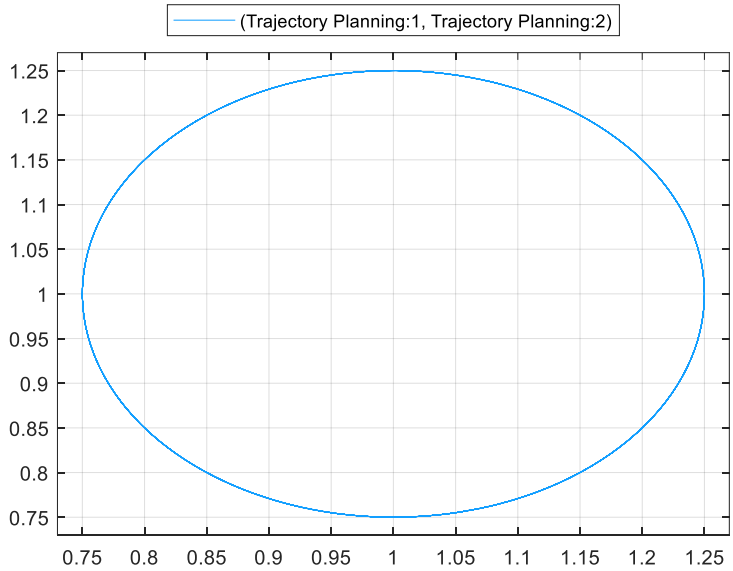

Fig. 5.15. Trajektoret e lëvizjes së efektorit të fundëm

6. PROGRAMIMI DHE EKZEKUTIMI I DETYRAVE REALE TË ROBOTIT

Përgjatë këtij kapitulli do të shtjellohet mënyra e programimit të robotit për të kryer detyra specifike. Përshkrimi do të jetë i detajuar në mënyrë që edhe të tjerët të jenë në gjendje të replikojnë programe të ngjashme duke ndjekur këtë kapitull hap pas hapi.

6.1. Kyçja në ndërfaqen e robotit

Në mënyrë që të parandalohen kyçjet e paautorizuara, ndërfaqja është e mbrojtur me një fjalëkalim. Emri i përdoruesit dhe fjalëkalimi bazë të cilët vijnë me robotin janë *admin, admin.*

Fig. 6.1. HMI

6.2. Opsionet e HMI-së

Pasi që të kyçemi në HMI, na shfaqen disa opsione të ndryshme. Për të krijuar një program të thjeshtë fillimisht duhet të shkojmë tek menyja *Motion.* Pas klikimit të kësaj menyje na shfaqen disa nën-meny të ndryshme, ku përmes tyre mund të kryejmë funksione të ndryshme, si p.sh. përmes nën-menysë *Coordinate system* mund të caktohet një sistem i ri koordinativ për robotin duke u bazuar në tavolinën e punës apo vendin ku do kryhet saldimi. Menyja *Zone setting* përdoret për të caktuar zona ta ndryshme. Zona mund të jenë në rastin më të thjeshtë zona të ndaluara, ku roboti nuk mund të lëvizë apo lëvizja e robotit në atë pjesë do të shtyej deri tek dëmtimi i robotit apo i vetë detalit makinerik i cili është nën përpunim. *Program managment* përdoret për të edituar programet ekzistuese, pra, programet të cilat janë shkruar paraprakisht. *Program create* është menyja e cila përdoret për të krijuar një program të ri. Kjo është menyja të cilën do ta shfrytëzojmë në vijim.

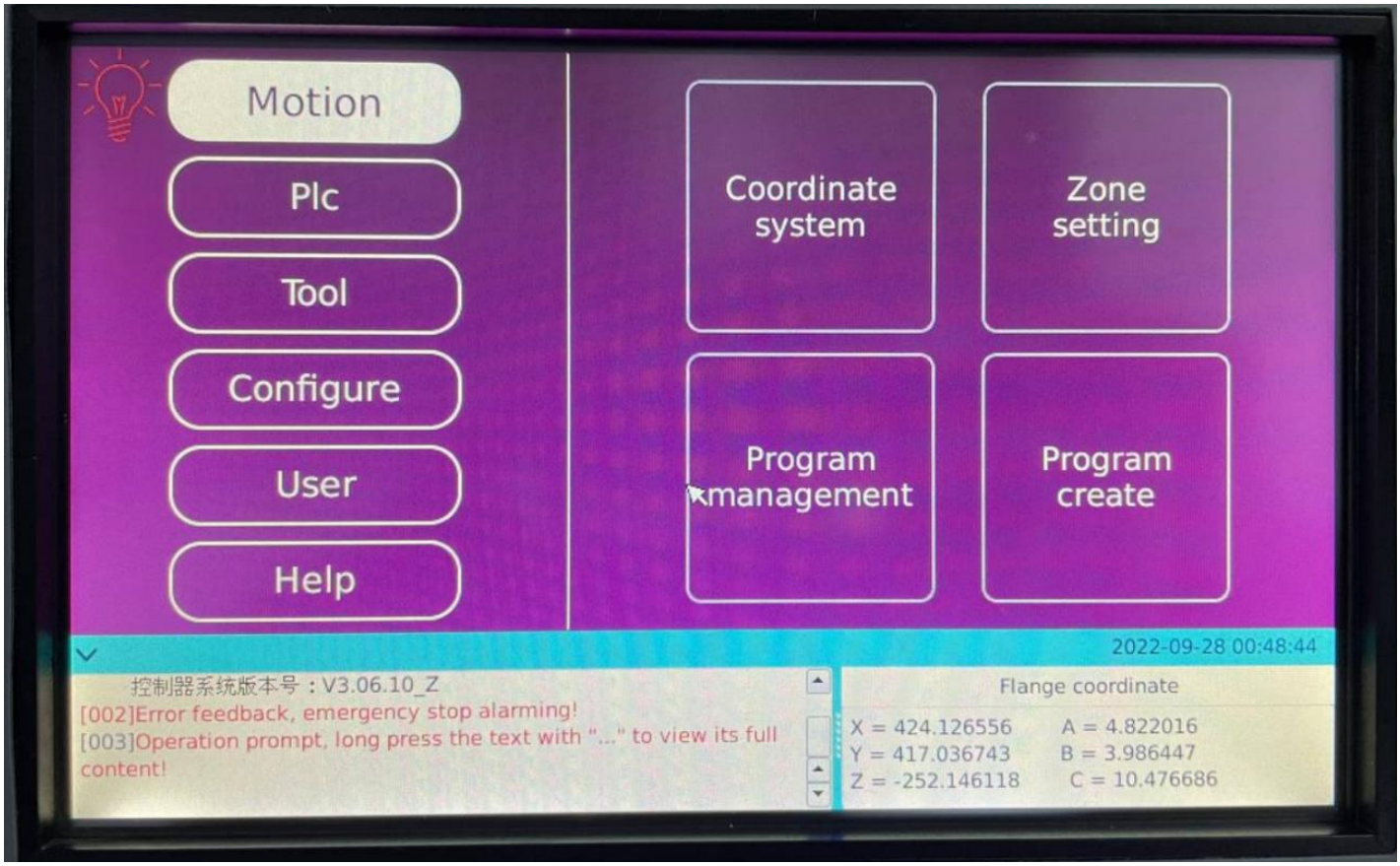

Fig. 6.2. Përzgjedhja e programit për saldim

6.3. Llojet e ndryshme të programeve

Në momentin kur të zgjedhim opsionin *Program create*, brenda tij shfaqen disa meny të reja, ku secila prej tyre paraqitet me funksione unike për programim të robotit. Menyja e interesit është *Basic program* apo thënë ndryshe një *program i thjeshtë.*

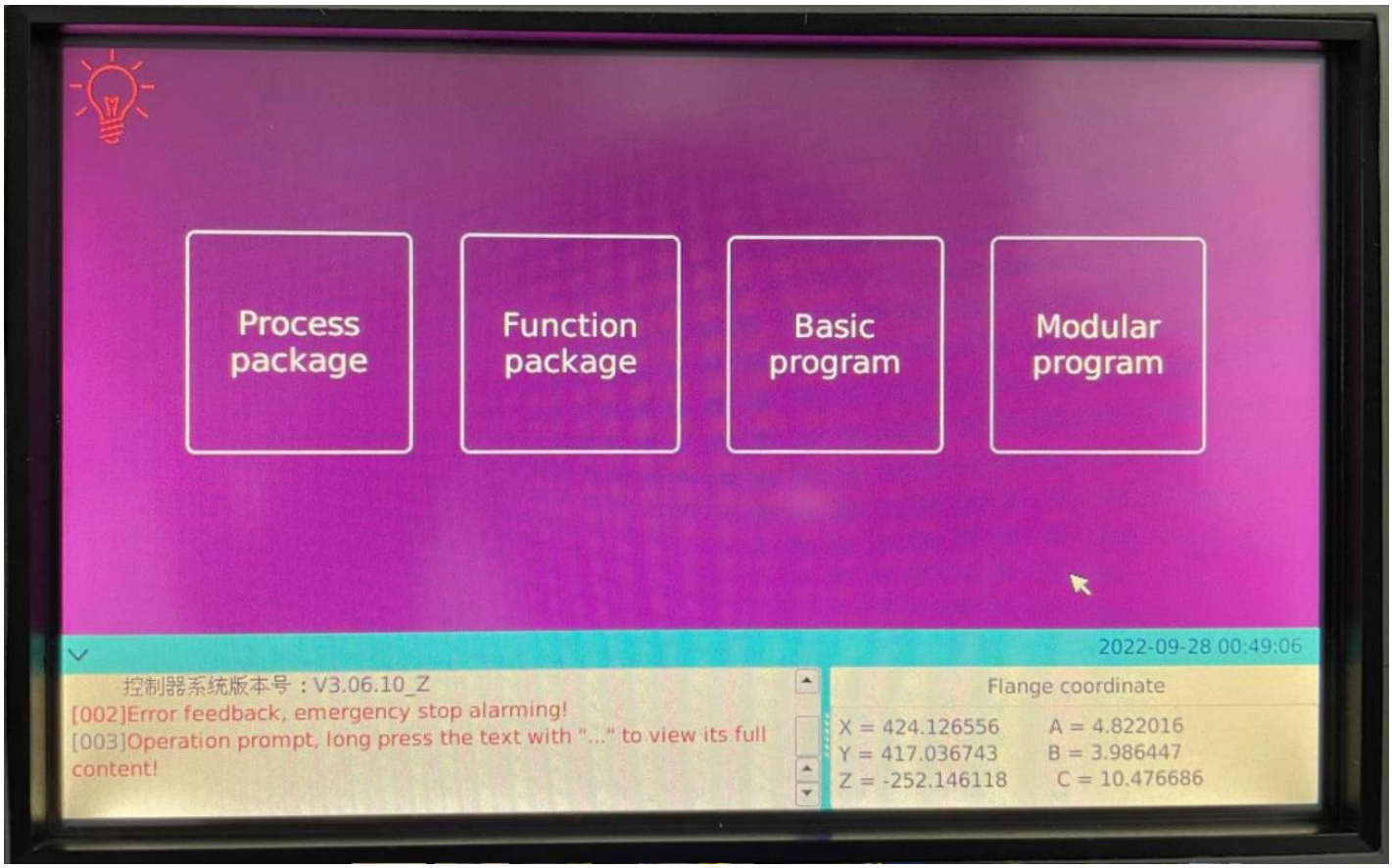

Fig. 6.3. Llojet e ndryshme të programeve

6.4. Krijimi i një programi të thjeshtë

Pas zgjedhjes së menysë *Basic program*, do hapet dritarja e shfaqur në figurën në vijim.

Në dritaren e hapur tani ka një numër të ri të opsioneve. Tek *name* vendosim emrin e programit. Emri i programit rekomandohet të jetë sa më përshkrues për punën të cilën e kryen.

Tek *Movement type* zgjedhim llojin e lëvizjes të cilën dëshirojmë që roboti ta realizojë p.sh ("Joint Movement" lëvizja e secilës nyje veç e veç).

Tek *Run to point* i tregojmë robotit se në cilën pikë duhet të shkojë.

Tek *Task type* i tregojmë robotit llojin e lëvizjes që duhet të bëjë.

Dhe tek *Speed* e caktojmë shpejtësinë e lëvizjes së robotit gjatë kryerjes së detyrës.

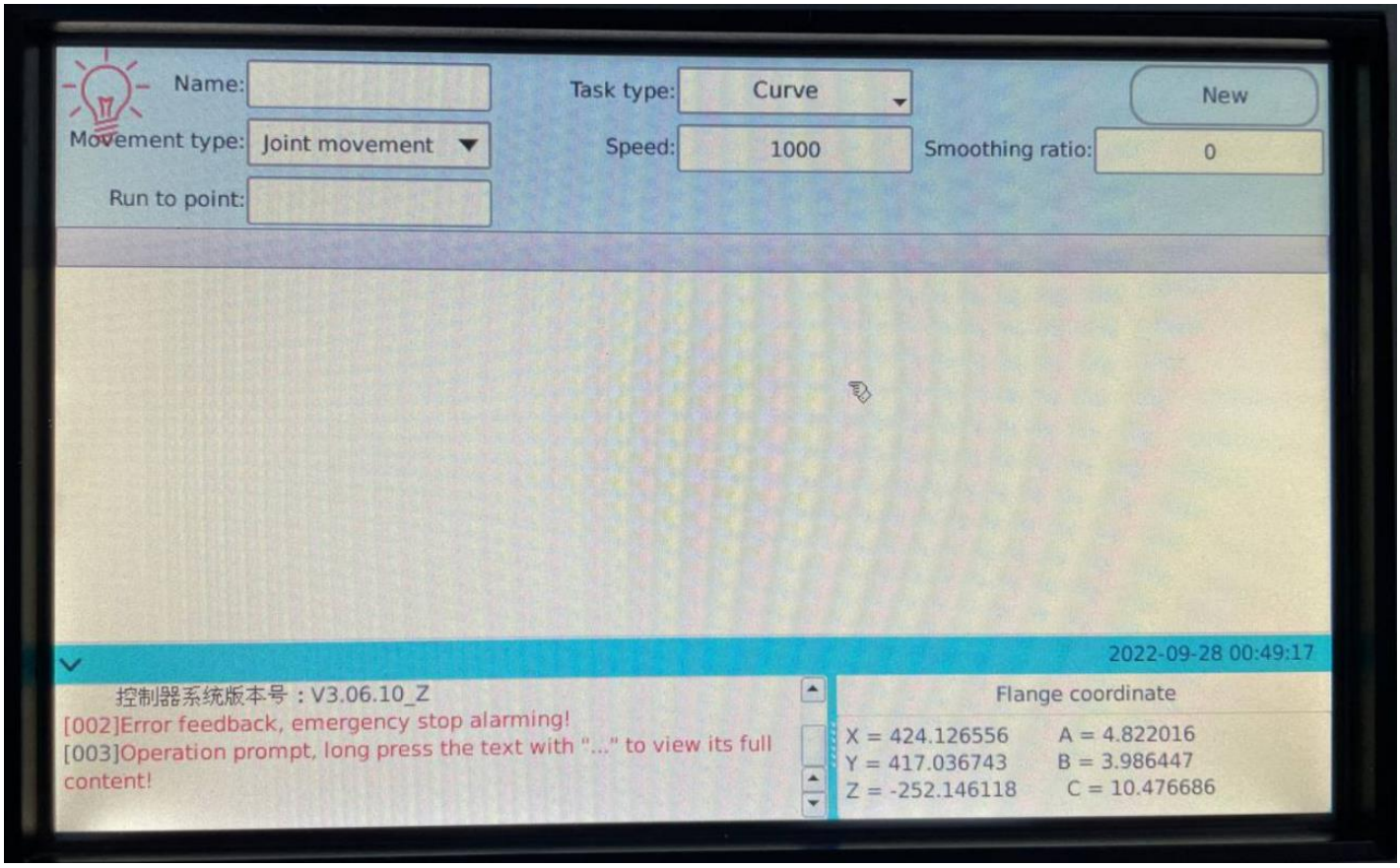

Fig. 6.4. Caktimi i parametrave për programin e parë

6.5. Mësimi i lëvizjes nga roboti dhe ekzekutimi i detyrës

Hapi i parë për krijimin e një programi të ri është që të caktojmë parametrat dhe pikën e parë ku do të shkoj roboti. Poashtu e caktojmë edhe shpejtësinë me të cilën do ta mësojmë robotin që ta kryej detyrën e parë dhe mënyrën se si do ta bëj lëvizjen.

Lëvizja e robotit mund të bëhet në katër mënyra të cilat janë:

Joint movement – Lëvizja e nyjeve në mënyrë të pavarur nga njëra tjetra.

Basic coordinate system – Lëvizja e robotit duke përdorur sistemin koordinativ global.

User coordinate system – Lëvizja e robotit duke përdorur një sistem koordinativ të caktuar nga operatori.

Tool coordinate – Lëvizja e robotit duke u bazuar në efektorin e fundëm.

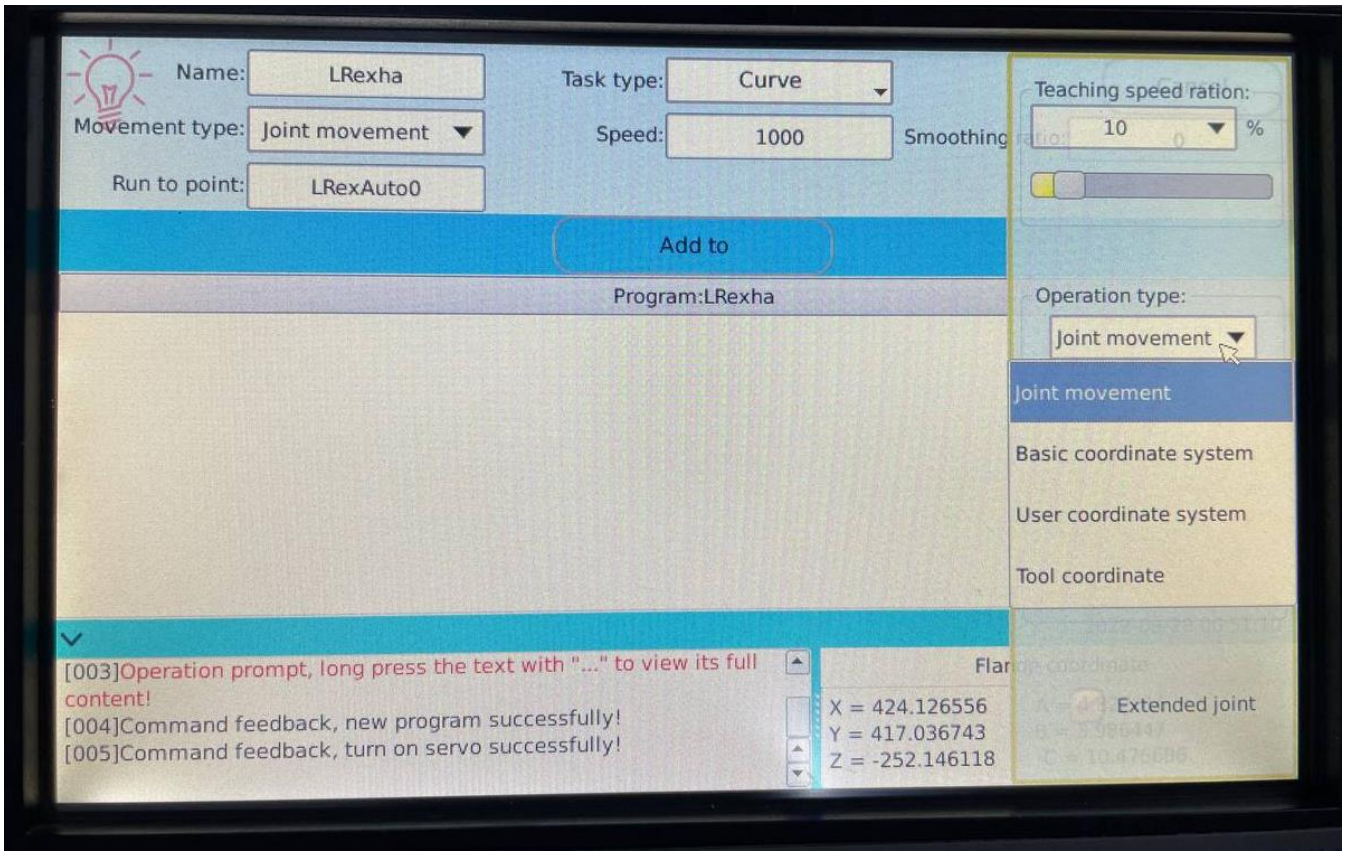

Fig. 6.5. Lëvizja e robotit në katër sisteme të ndryshme

Në mënyrë që operatori të operoj në mënyrë të sigurt, ai duhet të mbaj të shtypur njërin nga butonat anash që gjenden në HMI, ku gjatë mësimit të lëvizjeve mund ti ndal ato me njërin nga butonat.

Fig. 6.6. Butoni i cili e fillon dhe e ndal punën e robotit

Hapi i dytë për caktimin e detyrës së robotit është që të lëvizim efektorin e fundëm afër objektit të cilit dëshirojmë ta saldojmë, duke përdorur njërin nga katër sistemet e lartëpërmendura. Gjatë caktimit të detyrës së parë kemi përdorur opsionin *Basic coordinate system.*

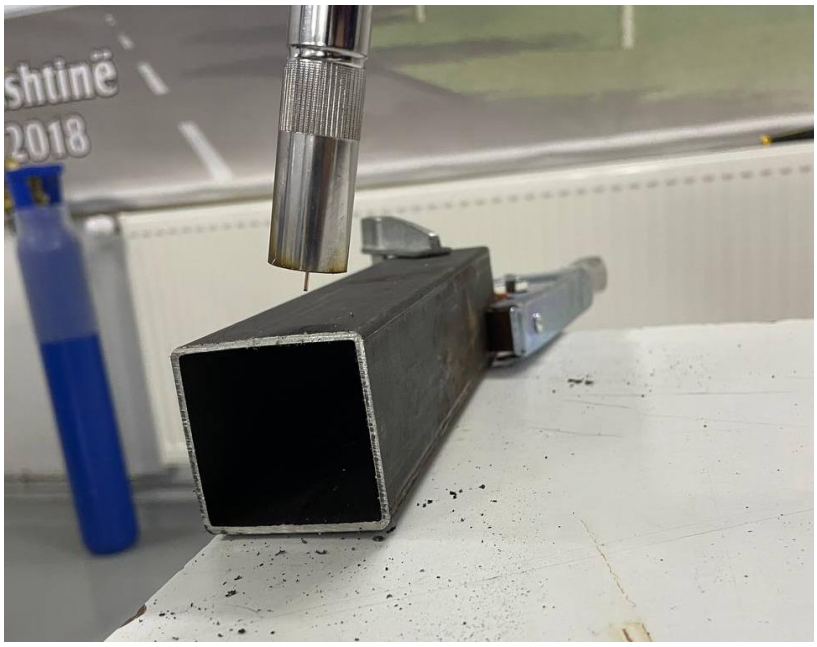

Fig. 6.7. Lëvizja e efektorit të fundëm (veglës salduese) afër objektit që do ta saldojmë

Gjatë hapit të tretë, polin negativ duhet ta vendosim në pjesën e metalit që dëshirojmë ta saldojmë, ndërsa poli pozitiv është i fiksuar për efektorin e fundëm të robotit.

Më pas vazhdojmë dhe i tregojmë robotit që të kryejë lëvizjen e parë, dhe me opsionin *Process instruction* më pas *Begin welding* i tregojmë se duhet të filloj saldimin.

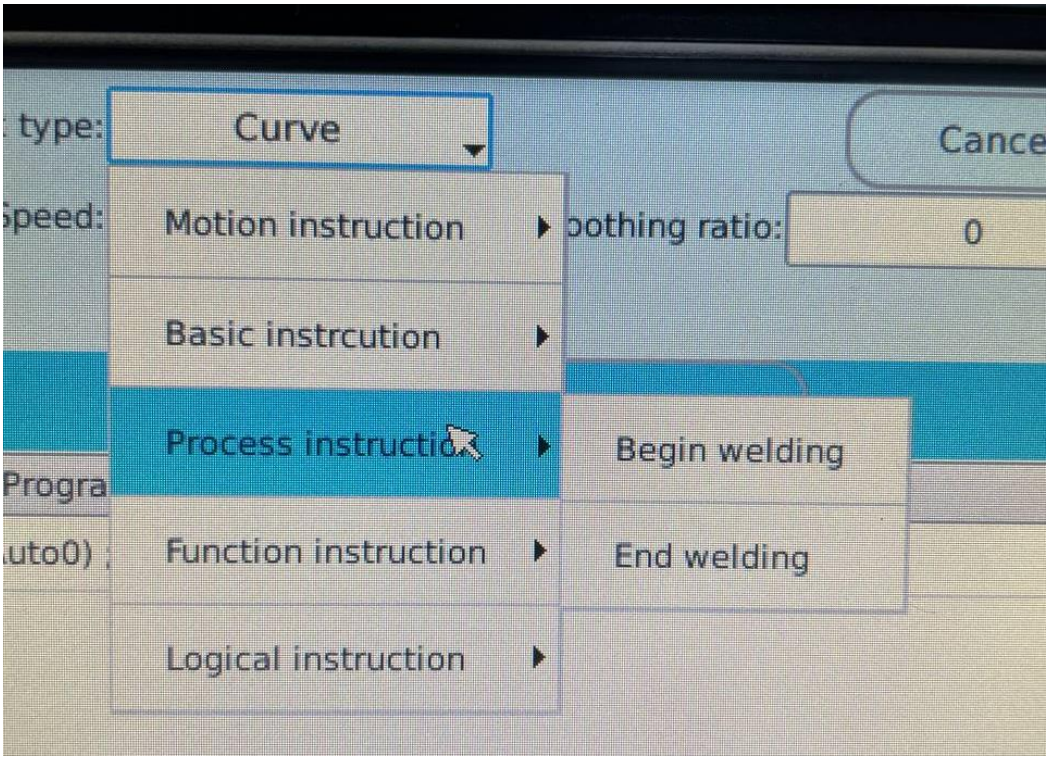

Fig. 6.8. Instruksioni që i mëson robotit pikën e parë të saldimit

Më poshtë, në fig. 6.9, janë treguar instruksionet tjera për krijimin e një tegeli të saldimit, ku për secilën lëvizje do të tregojmë se si e kemi programuar.

Në pikën e parë i kemi dhënë instruksione robotit që të lëvizë tek pjesa te e cila do të saldoj.

Në pikën e dytë i kemi dhënë instruksione që saldimi të filloj.

Në pikën e tretë i kemi dhënë instruksione që duke salduar të lëvizë në një pikë të caktuar, me shpejtësi të reduktuar siç shihet (Speed=50) në mënyrë që saldimi të dal sa më i mirë.

Në pikën e katërt i kemi dhënë instruksione që saldimi të ndaloj *END_WELD.*

Në pikën e pestë i kemi dhënë instruksione që efektori i fundëm i robotit të largohet prej zonës punuese ku ka salduar.

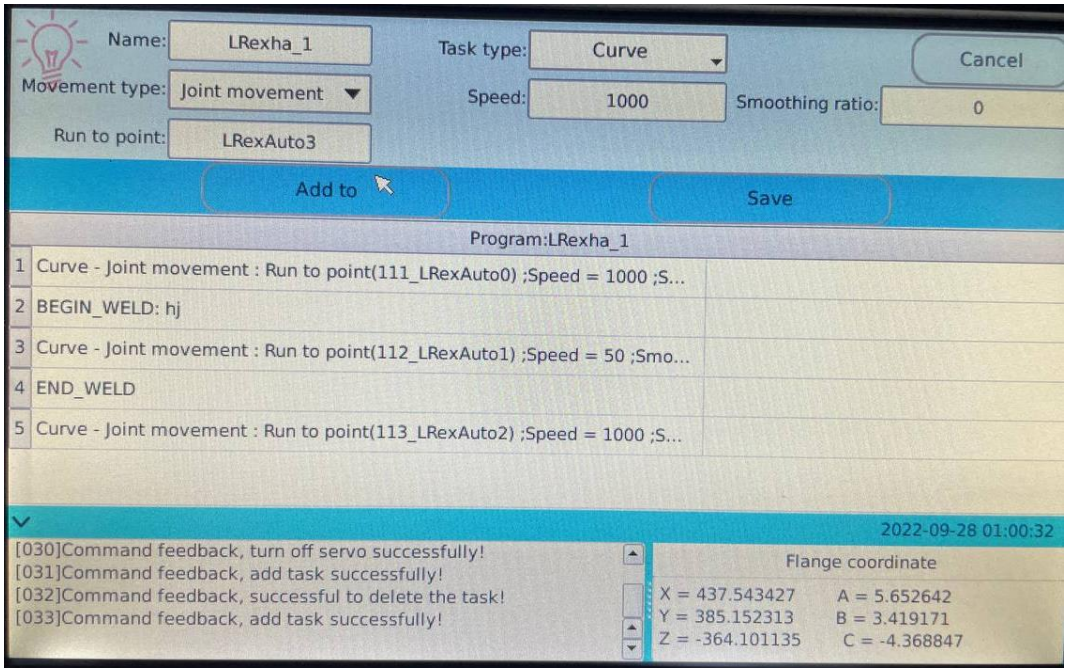

Fig. 6.9. Instruksionet e nevojshme për saldimin e një tegeli

Pasi që në mënyrë manuale i kemi dhënë robotit të gjitha instruksionet e nevojshme për saldimin e tegelit, HMI-në e robotit e kthejmë në automatik, në mënyrë që roboti automatikisht t'i ripërsërisë instruksionet e dhëna.

Fig. 6.10. Kthimi i robotit nga manual në automatik

Para fillimit të ekzekutimit të detyrave që e kemi programuar robotin siç shihet edhe në Fig. 6.11, në HMI-në e robotit duhet t'ia konfirmojmë robotit se në zonën punuese të tij nuk ka asnjë njeri apo pengesë tjetër. Kjo bëhet për shkak të masave të sigurisë në punë.

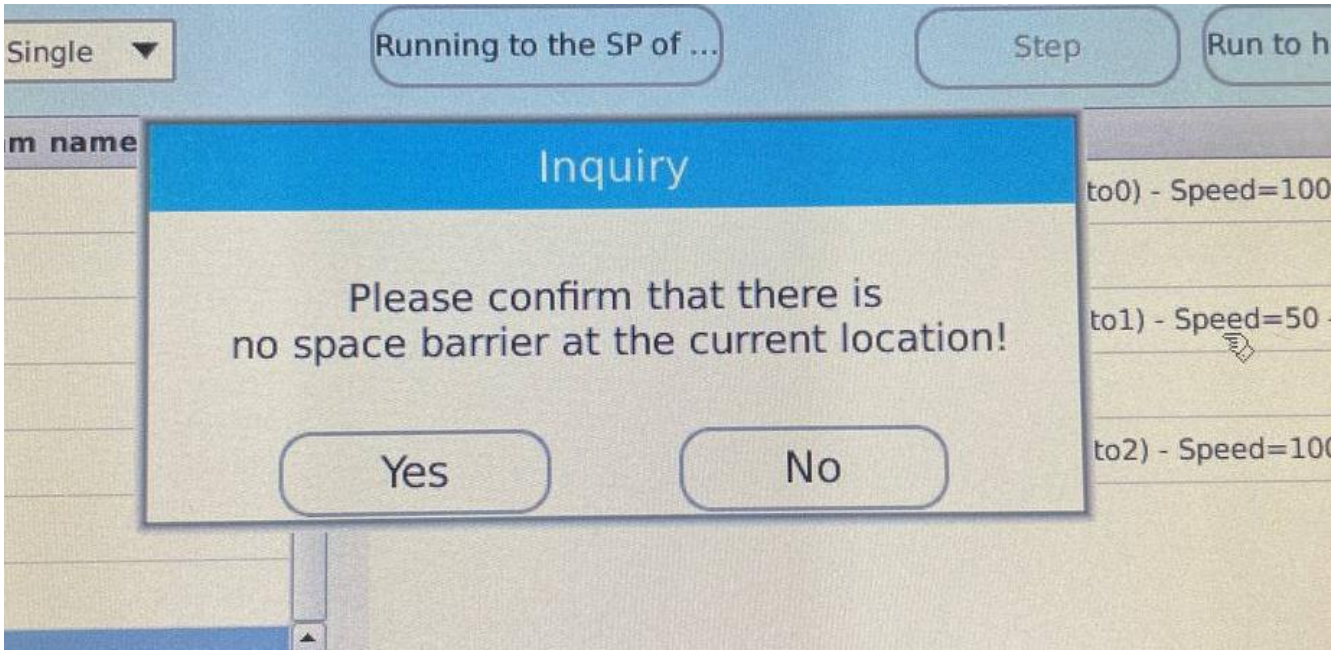

Fig. 6.11. Dritarja që i konfirmon robotit se nuk ka asnjë pengesë në zonën punuese

Gjithashtu nëse eventualisht përballemi me situata të rrezikshme, operatori mund ta ndaloj punën e robotit prej tre butonave të emergjencës. Në Fig. 6.12 është paraqitur momenti i fillimit të saldimit.

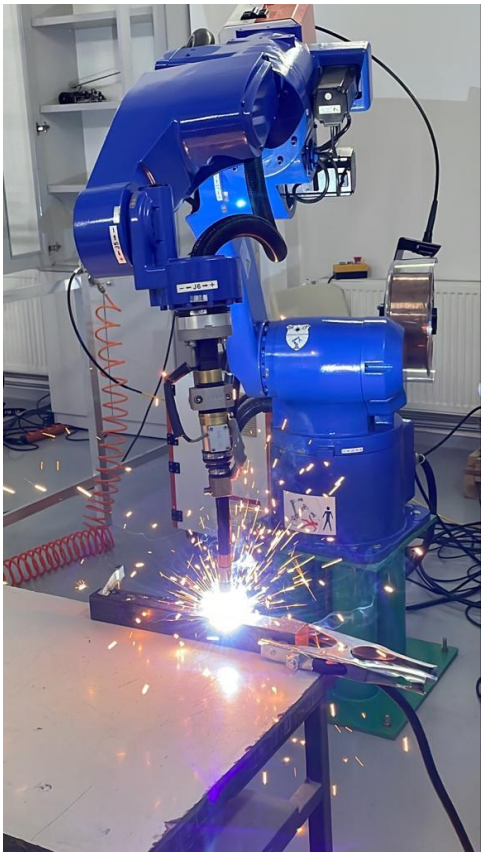

Fig. 6.12. Roboti duke salduar

Në fotografinë më poshtë është treguar rezultati përfundimtar i saldimit të tegelit.

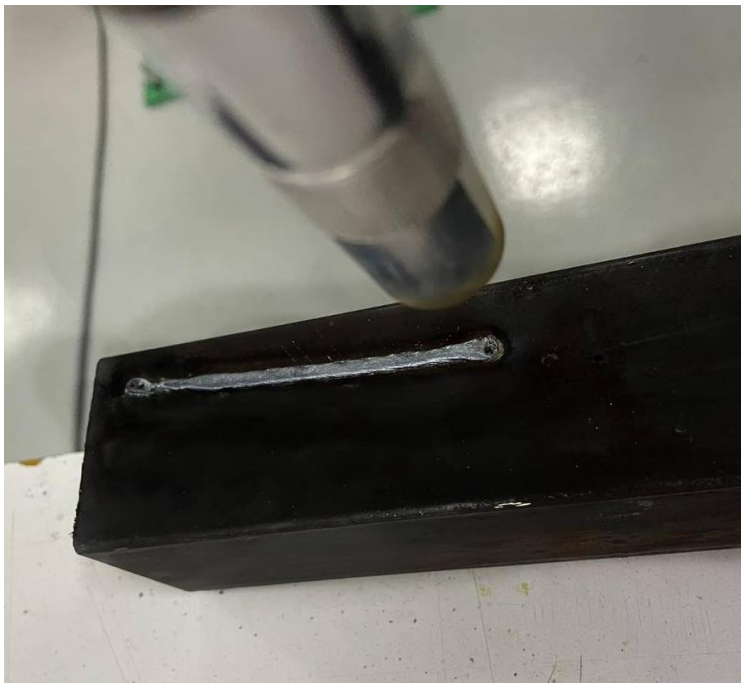

Fig. 6.13. Përfundimi i tegelit të salduar

7. PËRFUNDIMI

Gjatë punimit të këtij hulumtimi jam përballur me sfida të ndryshme, të cilat me njohuritë e fituara nga studimet dhe me hulumtimin që kam bërë kam arritur t'i tejkaloj me sukses. Gjithashtu kam pasur rastin që të pajisem me njohuri që nuk i kam pasur më herët. Ky punim i diplomës ka të ngërthyer simulimet, analizën dhe ekzekutimin e detyrave reale të krahut robotik për procesin e saldimit.

Fillimisht përmes simulimit të krahut robotik në Matlab dhe Simscape kam arritur të kuptoj shumë më mirë punën e robotit, si dhe rrugët që roboti duhet të ndjekë që ta lëvizë efektorin e fundëm në pozitat e dëshiruara. Kurse me simulimin e robotit kam pasur mundësi që të arrij pozita të ndryshme të nyjeve rrotulluese të krahut robotik pa pasur nevojë që të ekzekutoj këto detyra tek roboti real.

Gjatë analizës kinematike të robotit, rezultatet të cilat i kam fituar, të njëjtat i kam përdorur për gjenerimin e modelit të krahut robotik, të cilit më vonë i janë caktuar vlerat e këndeve për secilën nyje, në mënyrë që të arrijmë pozicione të ndryshmë të nyjeve të krahut robotik. Përmes tabelave është bërë analiza e nyjeve të krahut robotik, ku për secilën nyje janë nxjerrë specifikat teknike siç janë: diapazoni maksimal i lëvizjes, saktësia e pozicionimit të nyjes, shpejtësia e lëvizjes etj.

Gjatë ekzekutimit të detyrave reale të robotit siç është treguar edhe në kapitujt më lartë, është mundësuar që të arrihen lëvizje dhe pozita të njëjta si ato që i kemi simuluar në softuerët që janë përdorur. Po ashtu është mundësuar saldimi i detaleve makinerike me precizitet të lartë, duke caktuar shpejtësinë e lëvizjes së nyjeve, pozitat e lëvizjeve të nyjeve, duke shkruar programe të veçanta për saldimin e detaleve.

Kështu që me simulimin dhe analizën e performancës së robotit mund të përfundojmë se simulimi i robotit dhe i sistemeve mekatronike në përgjithësi është metodë nga e cila mund të nxirren rezultate shumë të sakta për studim. Kjo paraqet një metodë e cila ka kosto të lirë, gjithashtu është një metodë e cila mund të përdoret nga shumë persona në të njëjtën kohë dhe rezultatet e studimit më pas mund të krahasohen dhe të përdoren në ekzekutimin e detyrave reale të krahut robotik.

Simulimet e krahut robotik të cilat janë pjesë e këtij studimi mund të përdoren për punë akademike dhe për punë praktike dhe na japin një këndvështrim më të mirë sa i përket kuptimit të kinematikës dhe analizës së përformancës së këtij roboti manipulator me gjashtë shkallë të lira të lëvizjes.

8. SHTOJCA

Tek shtojca janë cekur të gjitha programet të cilat janë shfrytëzuar për realizimin e këtij punimi, e gjithashtu janë paraqitur edhe disa foto të tjera të punimit.

8.1 Softuerët e shfrytëzuar

Një numër softuerësh janë shfrytëzuar përgjatë punimit. Këta janë listuar në vazhdim sipas funksionalitetit të tyre. Për modelimin e robotit është përdorur programi Solidworks ndërsa për simulimin e robotit është shfrytëzuar programi Matlab.

8.2 Shtojca e figurave

Fig. 8.1 Pjesa që i lidh nyjën J1 dhe J2 dhe vendi ku vendoset fija për saldim

Fig. 8.2 Pjesa që e lidh pjesën e bazës me pjesën e parakrahut

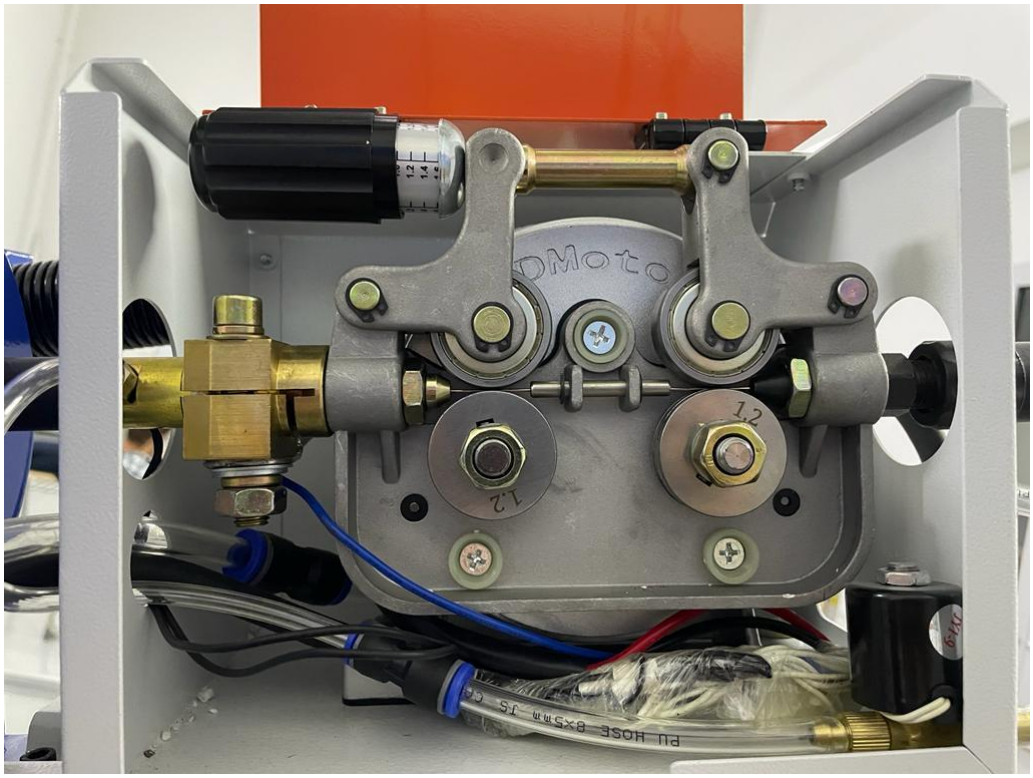

Fig. 8.3 Pajisja me të cilën caktohet trashësia e fijes për saldim

Fig. 8.4 Saldime të ndryshme të realizuara nga roboti

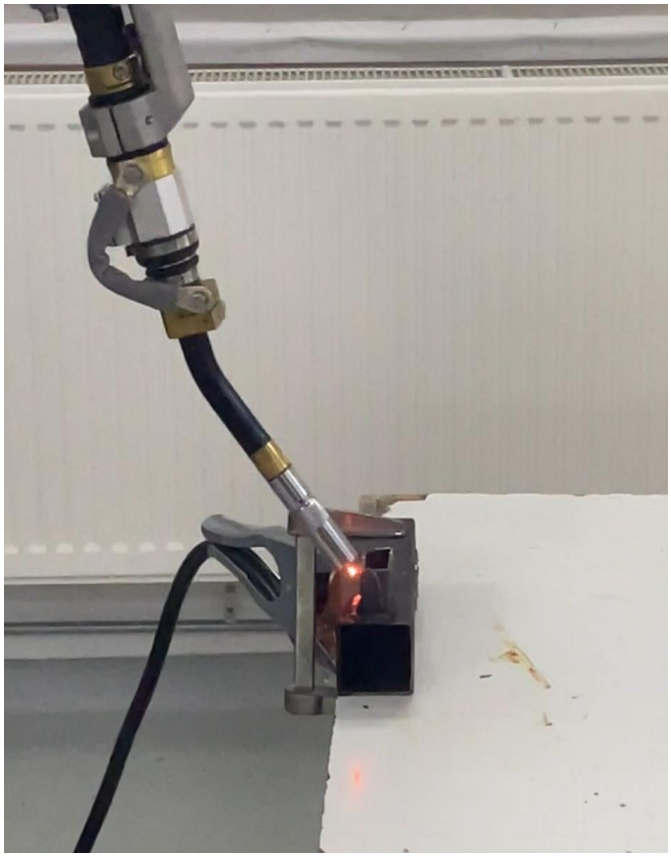

Fig. 8.5 Saldimi i dy pjesëve metalike nga roboti

Fig. 8.6 Roboti duke salduar

9. LITERATURA

[1] Pajaziti A., & Berisha R. (2021). *Rregullimi inxhinerik i pajisjeve dhe robotët industrial.* (Universiteti i Prishtinës, Prishtinë).

[2] Asif, S., & Webb, P. (2021). *Kinematics analysis of 6-DoF articulated robot with spherical wrist*. (School of Aerospace, Transport and Manufacturing, Cranfield University, Bedford MK43 0AL, Cranfield, UK).

[3] Corke, P. I. (1996). *A robotics toolbox for MATLAB*. IEEE Robotics & Automation Magazine, 3(1), 24-32.

[4] Bajrami, X., Pajaziti, A., Likaj, R., Shala, A., Berisha, R., & Bruqi, M. (2021). *Control theory application for swing up and stabilisation of rotating inverted pendulum*. Symmetry, 13(8), 1491.

[5] Huynh, H. N., Riviere-Lorphevre, E., & Verlinden, O. (2018, June). *Multibody modelling of a flexible 6-axis robot dedicated to robotic machining*. In the 5th joint international conference on multibody system Dynamics (pp. 1-18).

[6] https://www.mathworks.com/products/simscape.html

[7] https://www.mathworks.com/help/robotics/ug/pick-and-place-using-rrt-for-manipulators.html

[8] https://petercorke.com/toolboxes/robotics-toolbox/

UNIVERSITETI I PRISHTINËS
“HASAN PRISHTINA”
FAKULTETI I INXHINIERISË MEKANIKE

DEKLARATA ETIKE

Unë, **Lum Rexha** me numër te regjistrimit (indeksit) **150805200011** deklaroj se,

punimi i diplomës me titull:

“Analiza dhe studimi i performancës së robotit me 6 shkallë të lira të lëvizjes”

- paraqet rezultatet e punës sime shkencore hulumtuese,
- punimi i diplomës në tërësi apo pjesërisht nuk është paraqitur në ndonjë program akademik në Fakultete tjera apo Universitete,
- rezultatet e prezantuara në punimin e diplomës janë të besueshme dhe janë të specifikuara në mënyrën e duhur, dhe nuk i kam shkelur të drejtat autoriale.

Vendi, data	Emri dhe Mbiemri, nënshkrimi
Prishtinë, 2.11.2022	Lum Rexha