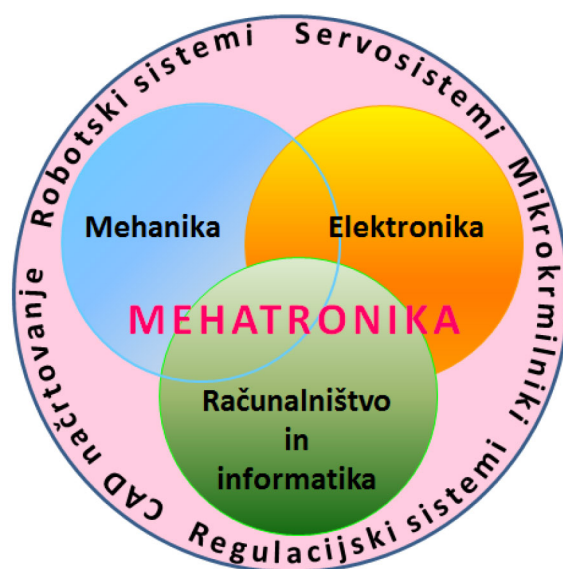


UNIVERZA V MARIBORU
FAKULTETA ZA ELEKTROTEHNIKO, RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKO
FAKULTETA ZA STROJNIŠTVO

15. LETNA KONFERENCA MEHATRONIKE 2026

ZBORNİK POVZETKOV ŠTUDENSKIH PROJEKTOV



Urednika:
Aleš Hace
Uroš Župerl



Univerza v Mariboru

Fakulteta za elektrotehniko,
računalništvo in informatiko

Fakulteta za strojništvo

15. LETNA KONFERENCA MEHATRONIKE 2026

Zbornik povzetkov študentskih projektov

Urednika
Aleš Hace
Uroš Župerl

September 2026

Naslov <i>Title</i>	15. letna konferenca mehatronike 2026 <i>15th Annual Conference of Mechatronics 2026</i>
Podnaslov <i>Subtitle</i>	Zbornik povzetkov študentskih projektov <i>Book of Abstracts, Student Projects</i>
Uredniki <i>Editors</i>	Aleš Hace (Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko) Uroš Župerl (Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo)
Lektoriranje <i>Language editing</i>	Alenka Hren (Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko)
Tehnična urednika <i>Technical editors</i>	Jan Perša (Univerza v Mariboru, Univerzitetna založba) Goran Mundar (Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo)
Oblikovanje ovitka <i>Cover designer</i>	Jan Perša (Univerza v Mariboru, Univerzitetna založba)
Grafika na ovitku <i>Cover graphics</i>	Po vzoru idejne zasnove Uroša Župerla. UM FS in UM FERI (logotip konference), 2017
Grafične priloge <i>Graphics material</i>	Vsi viri so lastni, če ni navedeno drugače. Avtorji prispevkov in Hace, Župerl (urednika), 2026
Konferenca <i>Conference</i>	15. letna konferenca mehatronike 2026
Datum in kraj <i>Date and place</i>	18. junij 2026, Maribor, Slovenija
Organizacijski odbor <i>Organizing committee</i>	Aleš Hace (Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko), Simon Pevec (Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko), Uroš Župerl (Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo), Timi Karner (Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo), Darko Hercog (Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko), Alenka Hren (Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko) in Vito Tič (Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo).
Založnik <i>Published by</i>	Univerzitetna založba Univerze v Mariboru Slomškov trg 15, 2000 Maribor, Slovenija https://press.um.si , zalozba@um.si
Izdajatelj <i>Issued by</i>	Univerza v Mariboru Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko Koroška cesta 46, 2000 Maribor, Slovenija http://www.feri.um.si , feri@um.si
So-izdajatelj <i>Co-issued by</i>	Univerza v Mariboru Fakulteta za strojništvo Smetanova ulica 17, 2000 Maribor, Slovenija https://fs.um.si , fs@um.si

Izdaja
Edition Prva elektronska izdaja

Vrste izdaje
Publication type E-knjiga

Dostopno na
Available at <http://press.um.si/index.php/ump/catalog/book/1158>

Izid
Published Maribor, Slovenija, september 2026



© Univerza v Mariboru, Univerzitetna založba
/ University of Maribor, University of Maribor Press

Besedilo/ Text © avtorji in Hace, Župerl (urednika), 2026

To delo je objavljeno pod licenco Creative Commons Priznanje avtorstva 4.0 Mednarodna. / *This work is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 International License.*

Uporabnikom je dovoljeno tako nekomercialno kot tudi komercialno reproduciranje, distribuiranje, dajanje v najem, javna priobčitev in predelava avtorskega dela, pod pogojem, da navedejo avtorja izvirnega dela.

Vsa gradiva tretjih oseb v tej knjigi so objavljena pod licenco Creative Commons, razen če to ni navedeno drugače. Če želite ponovno uporabiti gradivo tretjih oseb, ki ni zajeto v licenci Creative Commons, boste morali pridobiti dovoljenje neposredno od imetnika avtorskih pravic.

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Katalogni zapis o publikaciji (CIP) pripravili v Narodni in univerzitetni knjižnici v Ljubljani
COBISS.SI-ID 290019331
ISBN 978-961-299-195-1 (PDF)

ISBN 978-961-299-195-1 (pdf)

DOI <https://doi.org/10.18690/um.feri.9.2026>

Cena
Price Brezplačni izvod

Odgovorna oseba založnika
For publisher Prof. dr. Dean Korošak,
rektor Univerze v Mariboru

Citiranje
Attribution Hace, A., Župerl, U. (ur.). (2026). *15. letna konferenca mehatronike 2026: zbornik povzetkov studentskih projektov*. Univerza v Mariboru, Univerzitetna založba. doi: 10.18690/um.feri.9.2026

Kazalo

VS MEHATRONIKA	1
Daljinsko nastavljivo mikrofonsko stojalo – mehanski sklop Žan Ramšak, Matic Dobrotinšek	3
Daljinsko nastavljivo mikrofonsko stojalo – krmilje Sofija Petkova, Matija Slapšak, Jaka Škrubej	5
Vodenje virtualnega procesa regalnega skladišča – PLK program Anže Mesarič, Danej Fluher	7
Vodenje virtualnega procesa regalnega skladišča – OPC UA povezava Aleksander Leon Štukelj, Tim Sokolič, Matic Slabe	9
RobotStudio - simulacija varjenja z ArcWelding PowerPac Tim Filipič, Jurij Kavaš, Luka Kavčič	11
RobotStudio – 3D printing PowerPac Lan Bašič Hranjec, Miha Lukan, Jernej Romih	13
RobotStudio – uporaba SafeMove opcije Domen Emeršič, Urban Hajšek	15
RobotStudio – uporaba MultiMove opcije Rene Kralj, Matej Pušnik, Matjaž Tomic	17
Izdelava univerzalnega prijemala za KUKA KRC4 KR16 robota Lan Bašič Hranjec, Miha Lukan, Jernej Romih	19
Vezava industrijske elektro omare za robotsko celico Matic Dobrotinšek, Urban Hajšek, Matic Slabe	21
Nadgradnja pametne tovarne s HMI vmesnikom Domen Emeršič, Aleksander Leon Štukelj, Matija Slapšak	23
Razvoj in preizkus različnih načinov krmiljenja servo-pnevmatskega regulatorja tlaka Tim Filipič, Jurij Kavaš, Luka Kavčič	25
Uvajanje v frekvenčne in servo pretvornike z uporabo Lenze Teachware kovčka Anže Mesarič	27
Meritev hitrosti tekočega traku s pomočjo razvojne plošče NXP Sofija Petkova, Tim Sokolovič	29

Uporaba sodobne multifunkcijske merilne naprave za diagnostiko hidravličnih in pnevmatičnih sistemov	31
Rene Kralj, Matej Pušnik, Matjaž Tomic	

UN MEHATRONIKA	33
-----------------------	-----------

PCM toplotni hranilnik	35
Blaž Kohne, Izak Martinšek, Žiga Strajnar, Gal Štern, Sergej Trstenjak	

Razvoj avtonomnega mobilnega robota	39
Gregor Glavnik, Luka Kranjc, Enej Pintarič, Aleks Vnuk	

Razvoj IoT merilnika	43
Rok Hudomalj, Andraž Jurančič, David Kos, David Podbojec	

Konstruiranje varilne celice s sodelovalnim robotom ABB GoFa in varilnim aparatom Fronius	45
Vanja Kostič, Nikola Janjič, Žan Prelog, Kai Borovič	

Sestava, programiranje in priprava dokumentacije za skladiščni regalnik	47
Blaž Gril, Blaž Strajnič, Žan Košak, Svit Potočnik	

Povezava, zagon in programiranje servo motorja s pomočjo tehnoloških objektov	49
Rok Vnučec, Andreja Krstič, Jovana Bakalova, Sumea Nurković	

Nadgradnja linearne enote za skeniranje	51
Tin Mustać, Tajra Petrovič, Nejc Počrvina, Miha Podgoršek	

Razvoj programa za samodejno shranjevanje poz pri kinestetičnem Pomikanju GoFa	53
Marsel Novak, Marko Špes, Uroš Uhan	

Industrijska avtomatizacija pnevmatske stiskalnice s krmilnikom Revolution Pi Compact	55
Rok Hošpel, Alen Marton	

Digitalni dvojček v okolju KUKA Sim	57
Jaša Golobič, Davor Kolar	

Zaznavanje poškodb ležajev motorjev s PSoC 6 in UI	59
Jakob Brglez, Gal Dragšič	

Solarno napajano električno vozilo	61
Luka Midoski, Tim Štimulak, Marko Bezjak	

MAG MEHATRONIKA	63
------------------------	-----------

Senzorji raztezkov z uporabo večjedrnih optičnih vlaken	65
Matevž Šavara	

Vzpostavitev sistema za detekcijo/korekcijo poti varjenja med robotom UR10e in sistemom Wenglor	67
Luka Rušnik, Tine Tomšič	
Uporaba krmilnika revolution Pi Compact za računalniški vid in klasifikacijo predmetov s pomočjo CNN	69
Patrik Vrtič, Tim Ferk	
Algoritmi umetne inteligence v časovnem in frekvenčnem prostoru	71
Zoran Uran, Mark Žejn	
Pametni sistem strojnega vida za odkrivanje napak v zvarih (WELD-VISION)	73
Jan Gomboši, Samo Zadravec	
CDF analiza tekmovalnega letala in zastavice	75
Nik Lipovnik, Jan Nipič, Filip Kosi	
Odrpto-zančno in zaprto-zančno krmiljenje asinhronskih elektromotorjev z uporabo frekvenčnikov Nidec commander C200 in Beckhoff Soft-PLC	77
Vukašin Milošević, Anej Vozelj	
Intelligentno generiranje robotskega prijemanja in manipulacija objektov s 3D kamero z uporabo različnih robotskih trajektorij	79
Žiga Blatnik, Klemen Vrentuša	
Nadzor in krmiljenje egalizacijskega bazena v čistilni napravi	81
Jan Kmetec	
Implementacija IR in tlačnih senzorjev na dirkalnik Formula Student	83
Gabrijel Škraba, Žan Habjanič, Andrej Walter	

VS

MEHATRONIKA

DALJINSKO NASTAVLJIVO MIKROFONSKO STOJALO – MEHANSKI SKLOP

ŽAN RAMŠAK, MATIC DOBROTINŠEK

Letnik: 2., Projekt I

doc. dr. **Alenka Hren**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

mag. **Marijan Španer**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko
mentorja

V okviru projektne naloge je zasnovana nadgrajena izvedba stojala za mikrofona z novim pogonskim sistemom in prilagojenimi mehanskimi komponentami. Cilj projekta je bil izboljšati gladkost pomika, zmanjšati hrup delovanja ter zagotoviti ustrezno ergonomijo za uporabnike različnih višin.

V programu SolidWorks sva izdelala 3D-modele vseh ključnih sestavnih delov, med drugim nosilec za mikrofona, nosilec za matico, nov nosilec za motor ter prilagojeno rešitev uležajenja. Posebno pozornost sva namenila pretvorbi krožnega gibanja v linearno, saj je to bistvenega pomena za natančno vertikalno premikanje mikrofona. Opravljeni so bili potrebni preračuni za izbiro ustreznega vretena. Na podlagi analiz je bila izbrana navojna palica s korakom 6,35 mm in heličnim navojem, ki omogoča primerno razmerje med hitrostjo pomika in razvito silo. Za čim bolj gladko in tiho delovanje smo vreteno uparili z matico tehnologije dryspin podjetja igus. Ta rešitev omogoča delovanje brez mazanja, zmanjšuje trenje ter podaljšuje življenjsko dobo sistema, kar je posebej pomembno pri uporabi v zvočno občutljivih okoljih.

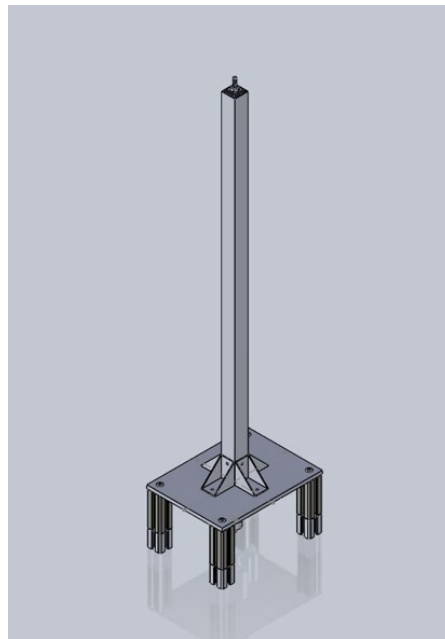
Pomembna nadgradnja sistema je bila zamenjava koračnega motorja z DC servo motorjem, ki omogoča tišje in bolj zvezno delovanje. Ker ima izbrani servo motor manjši navor kot predhodni koračni motor, smo morali prilagoditi prenos moči. To smo izvedli z uporabo dveh zobnikov in jermenskega prenosa, s čimer smo dosegli ustrezno prestavno razmerje ter zagotovili dovolj velik navor za učinkovito delovanje sistema.

Pri zasnovi smo upoštevali tudi ergonomijo uporabe. Na podlagi primerjave nižje in višje osebe smo določili optimalen razpon nastavitve višine mikrofona, ki omogoča udobno uporabo širšemu krogu uporabnikov.

Končna rešitev predstavlja tehnično izboljšano, tišjo in funkcionalno nadgrajeno izvedbo stojala za mikrofona, ki združuje ustrezne mehanske preračune, sodobne materiale ter premišljeno konstrukcijsko zasnovo.



Slika 1: Izdelan prototip stojala za mikrofona
(Vir: lasten)



Slika 2: 3D-model mehanske konstrukcije stojala za mikrofona
(Vir: lasten)

Ključne besede: ergonomija, gladko delovanje, trenje, DC servo motor

DALJINSKO NASTAVLJIVO MIKROFONSKO STOJALO - KRMILJE

SOFIJA PETKOVA, MATIJA SLAPŠAK, JAKA ŠKRUBEJ

Letnik: 2., Projekt I

doc. dr. **Alenka Hren**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

mag. **Marijan Španer**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko
mentorja

V okviru projekta je bilo potrebno izdelati krmilni del daljinsko vodenega stojala, kateremu se lahko na daljavo nastavi višino, prilagojeno govorcu. Sistem mora omogočati povezovanje različnih vrst naprav, zaščito pred nepooblaščenim dostopom, ročno upravljanje mikrofona, premik v referenčno točko ter premik v vnaprej definirane točke. Zaradi teh zahtev smo se odločili, da lokalno spletno stran gostimo na ESP32. Uporabnik se poveže na Wi-Fi omrežje, ki ga gosti mikrokontroler in je zaščiteno z geslom, nato pa preko brskalnika dostopa do naprave z lokalnim IP naslovom. Tako sistem deluje na skoraj vseh napravah brez potrebe po dodatnih aplikacijah. Pri izdelavi spletnega vmesnika smo uporabili HTML za osnovno strukturo in razporeditev elementov, CSS za oblikovanje strani in prilagoditev postavitve elementov pri različnih resolucijah zaslona ter JavaScript za sprejem in pošiljanje podatkov iz gumbov in drugih grafičnih vmesnikov na backend, kjer mikrokontroler sproži nadaljnje funkcije.

Krmilni del programa služi kot vmesnik med spletno stranjo in električnim vezjem. Njegova naloga je generiranje krmilnih signalov za motor, ki spreminja višino mikrofona, pri tem pa bere impulze inkrementalnega dajalnika in jih pretvarja v spremembo višine stojala. Za tekoče premikanje brez nenadnih sunkov in prenihajev je bil implementiran PD regulator, ki omogoča hitro odzivnost brez nezaželenih prenihajev. Ker inkrementalni dajalnik daje le relativno spremembo pozicije motorja, je bilo potrebno izvesti iskanje referenčne pozicije, kar ni bilo izvedeno s klasičnim mehanskim stikalom, temveč z

merjenjem toka motorja, ki je uporabljeno tudi za varnostni izklop v primeru kakšnih mehanskih okvar.

Za krmiljenje se je v programu KiCad izdelalo električno vezje. To je sestavljeno iz krmilnika za motor, ki je H-most, sestavljen iz MOSFET tranzistorjev, ki so krmiljeni preko IR2104 gonilnikov, kar zagotavlja zanesljivo preklapljanje pri višjih tokovih. Ob krmiljenju hitrosti motorja se z inkrementalnim dajalnikom meri sprememba pozicije motorja in meri njegov tok s tokovnim senzorjem LEM HMSR, ki deluje na osnovi Hallovega efekta. To omogoča galvansko ločeno merjenje toka in večjo varnost sistema. Za dodatno zaščito je uporabljena tudi zaščitna dioda, ki ščiti pred napačno polariteto in varovalka, ki ščiti pred preobremenitvijo. Celotno vezje se je ročno sestavilo na razvojni ploščici.

Ključne besede: ESP32, daljinsko upravljanje, mikrofonsko stojalo, H-most in MOSFET krmiljenje, PD regulator in pozicijsko merjenje

VODENJE VIRTUALNEGA PROCESA REGALNEGA SKLADIŠČA – PLK PROGRAM

ANŽE MESARIČ, DANEJ FLUHER

Letnik: 2., Projekt 1

doc. dr. **Alenka Hren**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko računalništvo in informatiko
mentorica

V projektnem delu smo razvili in implementirali krmilni program za avtomatizirano regalno skladišče z uporabo programirljivega logičnega krmilnika Siemens S7-1200. Programiranje je potekalo v razvojnem okolju TIA Portal, kjer smo uporabili lestvični diagram (LAD) in funkcijske bloke (FC) za modularno in pregledno zasnovu sistema.

Osrednji del projekta je bila izdelava programa za regalno skladišče, ki omogoča avtomatsko nalaganje in razkladanje palet na izbrane pozicije. Sistem temelji na koračnem krmiljenju s spremenljivko stanja (State) ter uporabi funkcijskega bloka FC1 za upravljanje dvigala glede na želeno pozicijo in način delovanja. Program omogoča periodično delovanje procesa ter natančno pozicioniranje skladiščnega mehanizma.

Za preverjanje delovanja smo uporabili Machines Simulator (verzije 3), najprej preko fizične povezave s PhidgetInterfaceKit. S tem smo omogočili virtualno simulacijo sistema. V zadnji fazi smo uspešno vzpostavili komunikacijo med PLC-jem in simulatorjem preko PhidgetInterfaceKit, kar predstavlja sodoben pristop k industrijski avtomatizaciji.

Projekt je potrdil pravilno delovanje razvitega sistema ter pokazal pomen modularnega programiranja, strukturiranega naslavljanja in standardizirane komunikacije pri načrtovanju avtomatiziranih industrijskih procesov.

Ključne besede: PLC, Siemens S7-1200, TIA Portal, LAD (Ladder Diagram), funkcijski blok (FC), regalno skladišče, koračno krmiljenje, Machines Simulator, industrija 4.0, avtomatizacija, virtualna simulacija, časovniki in števci, manipulacija bitov, digitalni dvojček.

VODENJE VIRTUALNEGA PROCESA REGALNEGA SKLADIŠČA – OPC UA POVEZAVA

ALEKSANDER LEON ŠTUKELJ, TIM SOKOLIČ, MATIC SLABE

Letnik: 2., Projekt I

doc. dr. **Alenka Hren**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko računalništvo in informatiko
mentorica

Pri predmetu Projekt I smo vzpostavili komunikacijo med krmilnikom Siemens Simatic S7-1200 in virtualnim okoljem Machines Simulator 4 z uporabo standarda OPC UA. Namen naloge je bil prikazati sodoben način izmenjave podatkov med PLC-jem in simulacijo brez klasičnih žičnih vhodno-izhodnih povezav.

Simulacijo industrijskega procesa smo izvajali v programu Machines Simulator, ki je preko OPC UA strežnika komuniciral s krmilnikom S7-1200 prek lokalnega omrežja. Signali senzorjev, položaji regalnega dvigala in transporterjev so se prenašali v PLC kot OPC UA spremenljivke, krmilni ukazi pa so se na enak način pošiljali nazaj v simulator. Regalno skladišče predstavlja avtomatiziran sistem za shranjevanje in vračanje palet. Ko virtualna fotocelica zazna paleto na vhodnem transporterju, PLC prejme signal in izvede zaporedje ukazov za premik regalnega dvigala. Ciljna pozicija je določena s petimi binarnimi izhodi, ukaz za gibanje se sproži s signalom *Stacker Strobe*, zaključek premika pa simulator potrdi s signalom *EndWork*. Tako PLC preko OPC UA vodi celoten proces skladiščenja in razklada. V okolju TIA Portal V14 SP1 smo konfigurirali OPC UA povezavo, definirali in preslikali potrebne spremenljivke ter razvili sekvenčni krmilni algoritem. Posebno pozornost smo namenili pravilni preslikavi signalov in sinhronizaciji med simulatorjem ter krmilnikom. Med testiranjem smo preverili pravilnost komunikacije, odzivnost in stabilnost sistema.

Tekom naloge nam je največ težav povzročala omejena zmogljivost računalnika, ki občasno ni uspel dovolj hitro procesirati željenih ukazov. Končni rezultati so pozitivni, saj smo uspešno izvedli zadano nalogo in pokazali, da OPC UA predstavlja zanesljiv in

fleksibilen način povezovanja med krmilniki in virtualnimi oziroma realnimi industrijskimi procesi. Tak pristop omogoča lažjo razširitev sistema, oddaljen nadzor ter integracijo z drugimi informacijskimi sistemi.

Ključne besede: Siemens Simatic S7-1200, TIA Portal V14, Machines Simulator 4, OPC UA, regalno skladišče, avtomatizacija, virtualni proces

ROBOTSTUDIO - SIMULACIJA VARJENJA Z ARCWELDING POWERPAC

TIM FILIPIČ, JURIJ KAVAŠ, LUKA KAVČIČ

Letnik: 2., Projekt I

doc. dr. **Timi Karner**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

asist. **Rok Belšak**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

mentorja

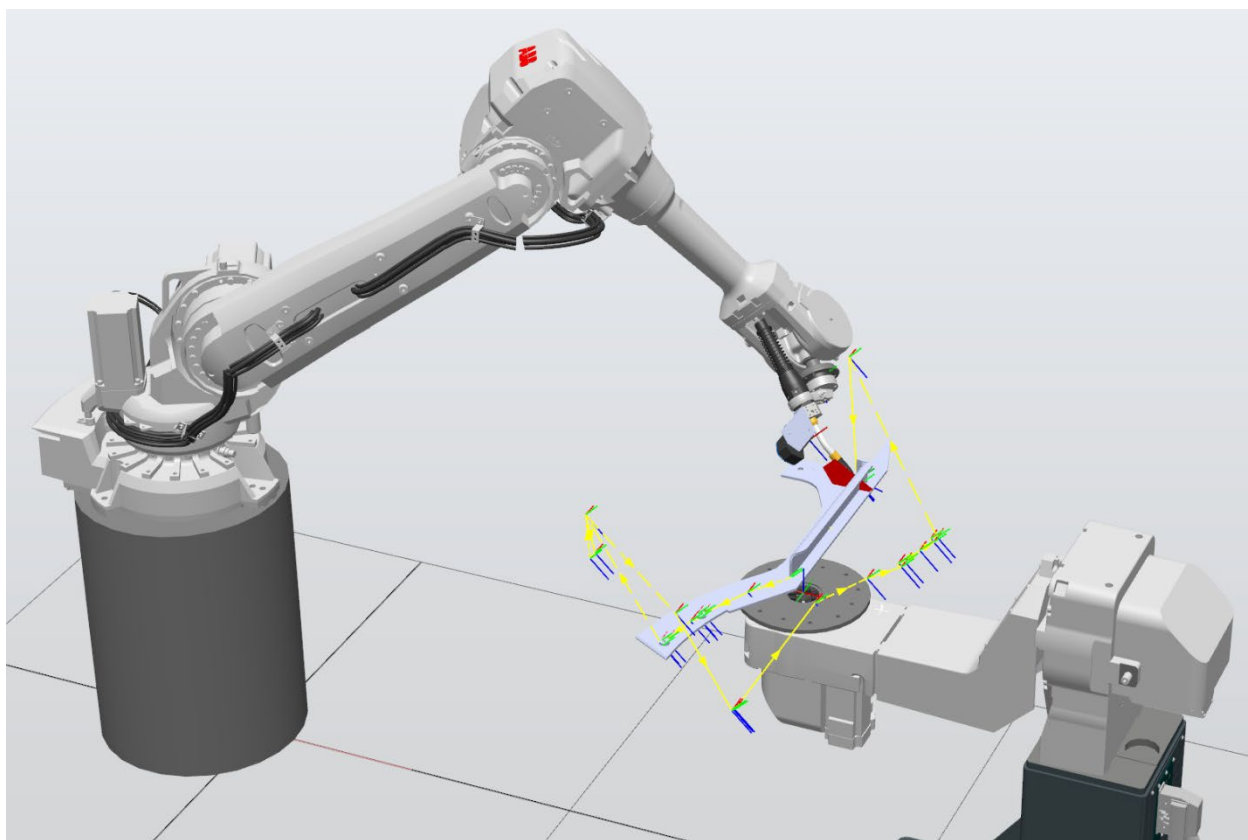
Pri predmetu Projekt I smo z uporabo robota IRB 4600-60 zavarili izdelek v virtualnem okolju s pomočjo programske opreme RobotStudio in dodatnega modula ArcWelding PowerPac. V okviru projekta smo se osredotočili na ključne vidike avtomatiziranega varjenja, kot so izbira ustreznega robota, pravilna nastavitve koordinatnih sistemov, uvoz CAD-modela, programiranje poti gibanja ter testiranje in optimizacija varilnega postopka.

Na začetku smo si ustvarili naše delavno okolje, kjer smo najprej uvozili dvoosno obračalno mizo in robota. Dodali smo še krmilnik OmniCore V250XT, s katerim smo lahko ustvarili virtualni krmilnik. Naš robot je do potankosti moral zavariti CAD izdelek, ki je imel različne linearne in krožne zware. Najpomembnejše je bilo to, da smo pravilno nastavili koordinatni sistem obračalne mize in koordinatni sistem (TCP) varilnega gorilnika. Prav tako je delo za robota lažje in hitrejše, če se dvoosna obračalna miza vrti sproti in robot vari brez prevelikega obračanja samih osi. Pri programiranju robota smo morali določiti začetne in končne točke varjenja, nastaviti primerne hitrosti med varjenjem ter seveda paziti na to, da ne pride do trkov med varilnim gorilnikom in robotom. Na koncu smo vse točke združili v eno t.i. pot in opazili, da je takšno varjenje hitrejše, natančnejše in seveda cenejše kot, če bi to delal človek.

Poleg tega smo s simulacijo v virtualnem okolju lahko že vnaprej preverili morebitne napake v gibanju robota, trke ali neustrezne nastavitve parametrov varjenja, kar bi v realnem okolju pomenilo dodatne stroške in časovne zamike. Uporaba programske

opreme RobotStudio nam je omogočila tudi optimizacijo gibanja poti, s čimer smo zmanjšali nepotrebne premike robota ter skrajšali celoten čas varjenja. Poseben poudarek smo namenili pravilni orientaciji varilnega gorilnika glede na varilni spoj, saj to bistveno vpliva na kakovost zvara.

Projekt nam je dal dober vpogled v delovanje industrijskih robotov in pomen natančnega načrtovanja avtomatiziranih procesov. Spoznali smo, da je uspešno robotsko varjenje rezultat kombinacije pravilne izbire opreme, natančne priprave virtualnega okolja ter skrbnega programiranja in testiranja. Pridobljeno znanje predstavlja dobro osnovo za nadaljnje delo na področju robotike in avtomatizacije proizvodnih procesov ter jasno pokaže prednosti uporabe robotskih sistemov v sodobni industriji.



Slika 1: Varilni robot v RobotStudio

Vir: lasten

Ključne besede: RobotStudio, Powerpac, varjenje

ROBOTSTUDIO – 3D PRINTING POWERPAC

LAN BAŠIĆ HRANJEC, MIHA LUKAN, JERNEJ ROMIH

Letnik: 2., Projekt I

doc. dr. **Timi Karner**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

asist. **Rok Belšak**

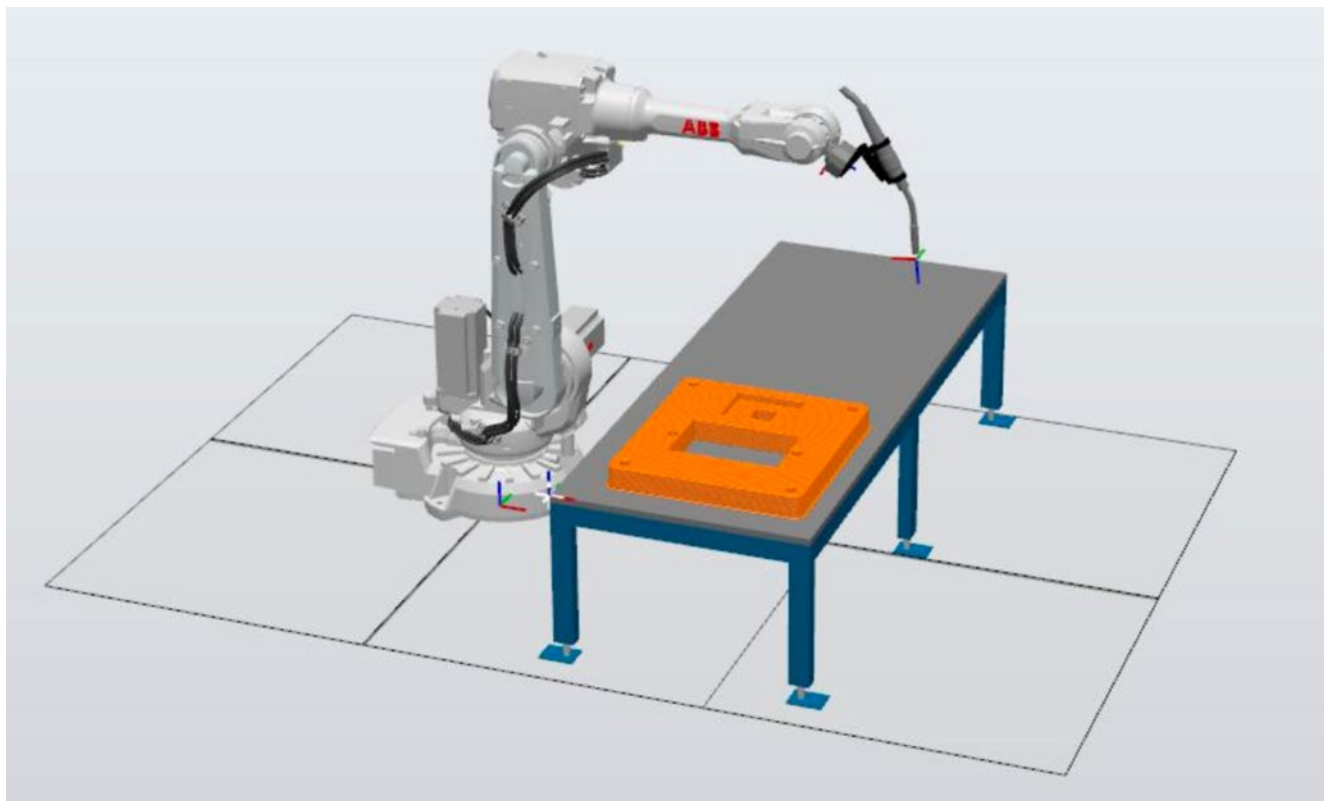
Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

mentorja

Tema projektne naloge je bila izvedba 3D tiska s pomočjo programskega okolja RobotStudio in namenskega dodatka 3DP PowerPac. Osnovni cilj je bil spoznavanje delovanja tega vmesnika in njegovih podsklopov, pri čemer smo se podrobneje posvetili postopku 3D tiskanja s tehnologijo varjenja, kar predstavlja uporabno področje v sodobnem strojništvu.

Pri delu je bila najprej uporabljena programska oprema UltiMaker Cura za generiranje g-kode našega izdelka. V tem programu so bili določeni parametri, kot sta dvo-milimetrška šoba in višina plasti, da bi čim boljše simulirali dejanski postopek varjenja. Ker program RobotStudio sam po sebi ne podpira neposrednega 3D tiska, je bilo treba vanj najprej naložiti namenski dodatek 3DP PowerPac. Za simulacijo je bila izbrana robotska roka IRB 2600 s šestimi osmi in virtualnim krmilnikom Omnicore. V virtualno celico je bilo dodano varilno orodje in delovna miza, na robu katere je bila določena natančna začetna točka, ki služi kot osnova za celoten tisk. V programsko kodo RAPID so bili ročno vpisani posebni ukazi za varjenje, saj sistem ni bil povezan s pravo napravo, te ukaze pa je bilo treba nato povezati z nastavitvami v vmesniku za tiskanje. Po uvozu pripravljene g-kode je program omogočil različne prikaze izdelka, od enostavnega oblaka točk do podrobne vizualizacije končne oblike izdelka. Z uporabo posebnih funkcij je bila preverjena dosegljivost robota v vseh točkah in nastavljena pravilna orientacija varilne glave, da med delom ne bi prišlo do neželenih trkov. Končni program za tiskanje je bil samodejno razdeljen na več manjših podprogramov, kar preprečuje preobremenitev krmilnika med dolgotrajnim izvajanjem operacij.

Projekt je bil uspešno zaključen, saj nam je uspelo izdelati delujoč program za robotski 3D tisk. Čeprav je bilo delo zahtevno zaradi številnih tehničnih težav pri simuliranju in nastavljanju sistema, smo z raziskovanjem pridobili nova in zelo uporabna znanja s področja robotske avtomatizacije. Čeprav celoten proces trenutno poteka le v virtualnem okolju, je postopek zelo podoben delu z realnim robotom, kar predstavlja odlično osnovo za prihodnjo praktično uporabo v industriji.



Slika 1: Naš robot z modelom varilnega orodja in delovne mize v programskem okolju

Vir: lasten

Ključne besede: 3DP PowerPac, 3D tisk, IRB 2600, g-koda, varjenje

ROBOTSTUDIO – UPORABA SAFEMOVE OPCIJE

DOMEN EMERŠIČ, URBAN HAJŠEK

Letnik: 2., Projekt I

doc. dr. **Timi Karner**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

asist. **Rok Belšak**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

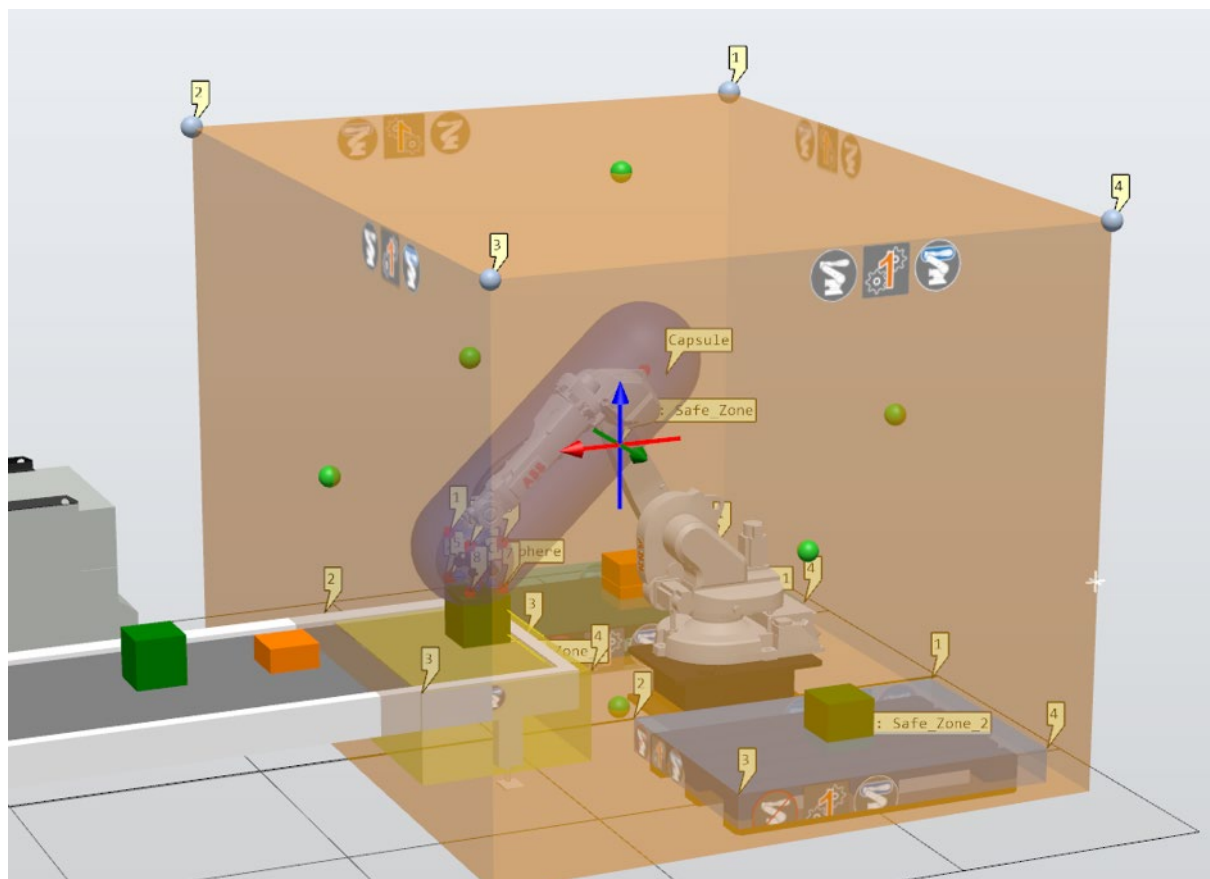
mentorja

Projekt obravnava uporabo programskega okolja RobotStudio in integracijo varnostne funkcije SafeMove pri konfiguraciji industrijskega robota ABB. V začetni fazi smo se osredotočili na spoznavanje osnovnih funkcionalnosti RobotStudia, kot so ustvarjanje delovnega okolja, dodajanje modelov ter simulacija gibanja robota. To nam je omogočilo razumevanje poteka programiranja in pripravo realistične virtualne robotske celice.

V nadaljevanju smo se posvetili varnostnemu modulu SafeMove, ki omogoča napredno nadzorovanje gibanja robota, določanje varnostnih območij ter spremljanje hitrosti in položaja v realnem času. SafeMove predstavlja ključen element pri zagotavljanju varnega delovanja robotiziranih sistemov, saj omogoča natančno omejevanje delovnega prostora in zmanjšuje tveganje za neželene trke ali posege v nevarno območje.

Pri izvedbi projekta smo uporabili robota ABB IRB 1660ID_4_155 (nosilnost 4 kg, doseg 1,55 m) ter programsko različico RobotWare 6.16.01.00. V simulacijskem okolju smo pripravili okolico, dodali orodje ter definirali poti gibanja. Po aktivaciji SafeMove smo konfigurirali varovalna območja, preverili odziv sistema na prekoračitve ter prilagodili parametre za optimalno delovanje.

Projekt nam je omogočil praktičen vpogled v načrtovanje varnih robotskih aplikacij in potrdil, da uporaba SafeMove pomembno prispeva k večji zanesljivosti, varnosti in učinkovitosti v industrijskih procesih.



Slika 1: Vizualizacija varnostnih con robota

Vir: lasten

Ključne besede: RobotStudio, SafeMove; ABB, industrijska robotika, varnost, simulacija

ROBOTSTUDIO – UPORABA MULTIMOVE OPCIJE

RENE KRALJ, MATEJ PUŠNIK, MATJAŽ TOMIC

Letnik: 2., Projekt I

doc. dr. **Timi Karner**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

asist. **Rok Belšak**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

mentorja

V projektu smo v okolju ABB RobotStudio izvedli simulacijo, pri kateri dva industrijska robota hkrati sodelujeta pri postopku nanašanja lepila na 3D model. Pri tem smo uporabili funkcionalnost MultiMove, ki omogoča sinhrono in asinhrono delovanje več robotov v skupnem delovnem prostoru.

V simulaciji sta sodelovala robota IRB 1600 (z orodjem za nanos lepila) in IRB 6700 (ki je držal obdelovanec). Najprej smo ustvarili nov projekt, dodali robota iz ABB knjižnice, uvozili orodje in 3D model ter pravilno konfigurirali virtualni kontroler. Posebej pomembna je bila menjava robotov med TASK_1 in TASK_2, saj bi se v nasprotnem primeru ukazi lahko dodelili napačnemu robotu in sinhronizacija ne bi delovala.

Za natančno sledenje površini smo ustvarili nov koordinatni sistem s funkcijo Snap Edge, nato pa s funkcijo AutoPath generirali pot ob robu modela, po kateri robot nanaša lepilo. Sistem je samodejno ustvaril več kot 300 točk poti, ki jih robot sledi z ukazi MoveL.

Po konfiguraciji MultiMove smo nastavili začetne pozicije, preverili pravilno dodelitev robotov (Workpiece/Tool) in izvedli simulacijo. Robota sta se gibala usklajeno, brez kolizij, ter natančno sledila generirani poti. V zaključku projekta smo ugotovili, da je takšna avtomatizacija ključna za industrijske procese, saj omogoča hitrejša, natančnejša in varnejša izvajanje nalog, ki bi jih en sam robot opravil bistveno počasneje.

Ključne besede: RobotStudio, MultiMove, ABB robotika, sinhrono gibanje, nanos lepila, avtomatizacija

IZDELAVA UNIVERZALNEGA PRIJEMALA ZA KUKA KRC4 KR16 ROBOTA

LAN BAŠIČ HRANJEC, MIHA LUKAN, JERNEJ ROMIH

Letnik: 2., Projekt II

izr. prof. dr. **Aleš Hace**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

doc. dr. **Timi Karner**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

asist. **Rok Belšak**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

mentorji

Tema projektne naloge je bila zasnova, izdelava in testiranje prijemala za industrijskega robota KUKA KR16 s krmilnikom KRC4. Osnovni cilj projekta je bil razviti funkcionalno rešitev, ki omogoča zanesljivo in učinkovito manipulacijo obdelovancev v avtomatiziranem procesu. Pri tem smo se osredotočili na celoten razvojni cikel – od analize zahtev in konceptne zasnove do konstruiranja, izdelave ter končnega preverjanja delovanja sistema.

Pri zasnovi smo izbrali koncept z dvema pnevmatskima prijemaloma, nameščenima pod kotom 180° , kar omogoča hkratno rokovanje z dvema obdelovancema in s tem povečanje produktivnosti sistema. Za pogon prijemal smo uporabili elektropnevmatski sistem z ventili Festo, za zaznavo prisotnosti obdelovancev pa optične senzorje, kar omogoča zanesljivejše in bolj avtomatizirano delovanje. Celotna konstrukcija je bila načrtovana v CAD okolju SolidWorks, kjer smo preverili ustreznost dimenzij, prileganje komponent in izvedljivost rešitve. Posebno pozornost smo namenili zasnovi prijemalnih elementov, ki so bili izdelani s 3D-tiskanjem ter dodatno izboljšani s penasto oblogo za boljši oprijem. Sledila je izdelava in montaža, ki je vključevala mehansko obdelavo nosilnih elementov, varjenje ter sestavo vseh komponent v funkcionalno celoto.

Po zaključku izdelave smo izvedli testiranje sistema, pri katerem smo preverili delovanje prijemal, senzorjev in celotne integracije z robotom. Rezultati so pokazali, da sistem deluje zanesljivo in izpolnjuje zastavljene zahteve.

Projekt je bil uspešno zaključen, saj smo razvili učinkovito in funkcionalno prijemalo za robotski sistem. Poleg tehničnih rezultatov smo pridobili tudi pomembne praktične izkušnje s področij konstruiranja, uporabe CAD orodij ter integracije mehanskih, pnevmatskih in senzorskih komponent v celovit avtomatizirani sistem.

Ključne besede: Yaskawa, DAIHEN, RFID, Visual Studio, TwinCAT, Beckhoff, WIZ110SR, Mitsubishi FX3G, pametna tovarna, Industrija 4.0

VEZAVA INDUSTRIJSKE ELEKTRO OMARE ZA ROBOTSKO CELICO

MATIC DOBROTINŠEK, URBAN HAJŠEK, MATIC SLABE

Letnik: 2., Projekt II

izr. prof. dr. **Aleš Hace**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

doc. dr. **Timi Karner**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

asist. **Rok Belšak**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo
mentorji

Pri predmetu Projekt II smo izvedli predelavo, vezavo in delno zasnovo industrijske elektro omare za robotsko celico. Osnovo projekta je predstavljal delno pripravljen elektro načrt, ki smo ga zaradi funkcionalnosti sistema, postavitve komponent in potrebe po dodatnih elementih ustrezno predelali in dopolnili. Namen projekta je bil spoznati postopke načrtovanja, montaže in povezovanja industrijskih elektro komponent ter pridobiti praktične izkušnje pri izdelavi elektro omar. V začetni fazi projekta smo analizirali obstoječo elektro omaro in določili, katere komponente je smiselno ohraniti ter katere, zaradi sprememb v zasnovi sistema, niso več potrebne. Na podlagi elektro načrta in zahtev robotske celice smo nato določili dodatne komponente, ki jih je bilo potrebno vgraditi. Pred začetkom montaže smo v programu SolidWorks izdelali približen model elektro omare, v katerem smo načrtovali postavitev DIN letev, kabelskih kanalov in posameznih komponent, kar nam je služilo kot vodilo pri izdelavi omare. Pri sami izdelavi smo na osnovno ploščo elektro omare namestili DIN letve, kabelske kanale in vse potrebne elektro komponente, kot so PLC Siemens SIMATIC S7-1500TF, HMI operatorski panel, ET200SP vhodno-izhodni moduli, 24 V napajalnik SITOP, napajalni modul SINAMICS S120 ter zaščitna in varnostna stikala. Po izvedeni montaži smo posamezne elemente povezali v skladu s popravljenim elektro načrtom ter preverili pravilnost vseh električnih povezav. Po zaključeni vezavi smo elektro omaro povezali z zunanjimi napravami v robotski celici ter izvedli preizkuse delovanja sistema. Med projektom smo se seznanili s standardnimi postopki izdelave industrijskih elektro omar, branjem elektro načrtov in

uporabo industrijskih komponent za avtomatizacijo procesov. Projekt je uspešno dosegel zastavljene cilje, saj smo izdelali funkcionalno elektro omara ter pridobili pomembna praktična znanja s področja industrijske avtomatizacije in elektro montaže.

Ključne besede: industrijska elektro omara, robotska celica, industrijska avtomatizacija

NADGRADNJA PAMETNE TOVARNE S HMI VMESNIKOM

DOMEN EMERŠIČ, ALEKSANDER LEON ŠTUKELJ, MATIJA SLAPŠAK

Letnik: 2., Projekt II

izr. prof. dr. **Aleš Hace**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

doc. dr. **Timi Karner**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

asist. **Rok Belšak**

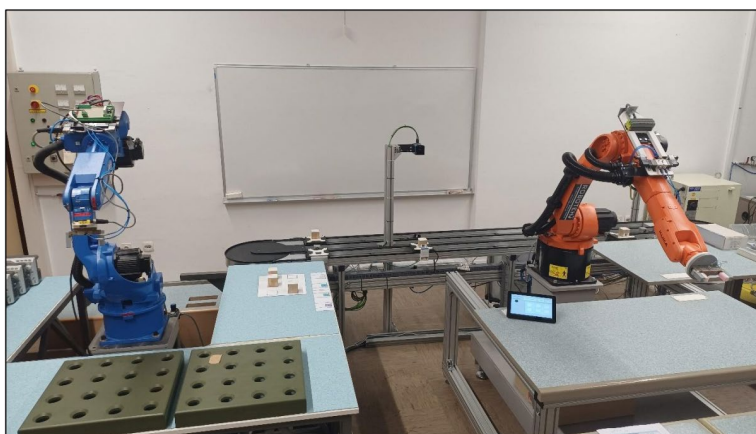
Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo
mentorji

Z razvojem koncepta pametnih tovarn ter spremljajočo digitalizacijo proizvodnih procesov postajajo sodobna orodja za simulacijo, načrtovanje, nadzor in komunikacijo nepogrešljiv del celostnega upravljanja proizvodnih sistemov. V okviru projektne naloge je bila izvedena posodobitev in nadgradnja obstoječega demonstracijskega okolja pametne tovarne. Glavni cilj projekta je bil uspešna integracija industrijskega zaslona na dotik Iiyama ProLite TW1023ASC, ki deluje kot osrednji uporabniški vmesnik (angl. Human–Machine Interface, HMI), ter modernizacija krmilne in komunikacijske infrastrukture na primarnem nivoju vodenja. V skladu s tem so bile obstoječe fizične komunikacijske povezave med posameznimi komponentami nadomeščene z omrežno komunikacijo, ki temelji na komunikacijskem protokolu Ethernet.

Pomemben korak pri posodobitvi strojne opreme je predstavljala zamenjava obstoječega systemskega krmilnika Mitsubishi s sodobnim programirljivim logičnim krmilnikom Siemens S7- 1200. Menjava krmilne platforme je zahtevala rekonstrukcijo krmilne logike, ponovno mapiranje vhodno-izhodnih signalov ter razvoj funkcionalno enakovredne programske rešitve v razvojnem okolju TIA Portal. Industrijski vgrajeni računalnik Beckhoff CX2043, zaradi svoje procesorske zmogljivosti in integrirane programske opreme TwinCAT 3, izvaja funkcije za komunikacijo z dvema bralnikoma črtnih kod in je v specifičnem primeru uporabljen za povezavo zunanjih perifernih enot. Prek namenskega komunikacijskega algoritma, implementiranega v programskem jeziku strukturiran tekst

(angl. Structured Text, ST), omogoča vgrajeni računalnik Beckhoff vzpostavitev TCP/IP povezave s perifernimi napravami ter prek omrežja Ethernet pošilja ključne podatke in ukaze sistemskemu krmilniku. Sistemski krmilnik nato izvaja algoritem vodenja glede upravljanja industrijskih robotov, ki izvajajo manipulacijo izdelkov znotraj proizvodnega procesa ter transportnega tekočega traku Bosch. Integrirani HMI-vmesnik omogoča na zaslonu Iiyama uporabniku sprotno spremljanje delovanja sistema in učinkovitejše zaznavanje napak, kar prispeva k večji preglednosti in uporabnosti celotnega delovnega okolja. Vizualizacija temelji na treh grafičnih modulih. Prvi modul prikazuje kumulativno število kosov na posameznem mestu pobiranja na tekočem traku. Vrednost števec (Števec 1 in Števec 2) se samodejno inkrementira ob vsakem uspešno zaznanem in obdelanem izdelku. Drugi modul predstavlja polji BarCode 1 in BarCode 2, ki dinamično prikazujeta vrednost zadnje prebrane črtnice izdelka ter uporabniku omogočata preverjanje pravilnosti identifikacije izdelkov.

Dodatno je implementiran še grafični prikaz odlagalne mize, ki prikazuje trenutno zasedenost posameznih odlagalnih mest. Na začetku delovnega cikla je prikazana prazna miza s šestimi sivimi odlagalnimi polji. Ko robot na odlagalno mesto odloži prvi identificirani izdelek (npr. kocko z oznako 2), se osveži ustrezno odlagalno mesto s prikazanim izdelkom z dodeljeno identifikacijsko oznako. Vizualizacija nato v realnem času sledi zaporednemu razporejanju izdelkov, dokler niso zapolnjena vsa razpoložljiva odlagalna mesta na mizi. Implementirana funkcija ponastavitve (Reset) omogoča povrnitev sistema v začetno stanje, pri čemer se vrednosti obeh števec ponastavijo, ponastavi pa se tudi grafični prikaz odloženih izdelkov.



Slika 1: Robotska celica z integriranim HMI vmesnikom

Vir: lasten

Ključne besede: pametna tovarna, PLC krmilnik, industrijski vgrajeni računalnik, HMI vmesnik, industrijski robot, tekoči trak

RAZVOJ IN PREIZKUS RAZLIČNIH NAČINOV KRMILJENJA SERVO-PNEVMATSKEGA REGULATORJA TLAKA

TIM FILIPIČ, JURIJ KAVAŠ, LUKA KAVČIČ

Letnik: 2., Projekt II

izr. prof. dr. **Uroš Župerl**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

asist. dr. **Goran Mundar**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

izr. prof. dr. **Aleš Hace**

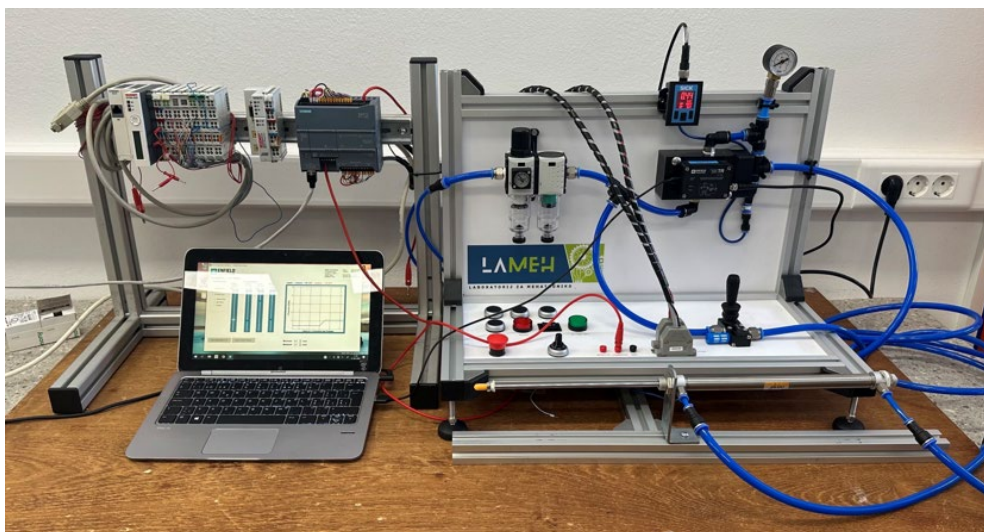
Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko
mentorji

V okviru projekta smo zasnovali in izdelali pnevmatski sistem za demonstracijo in krmiljenje industrijskih procesov. Nadgradili smo nosilno konstrukcijo, na katero smo namestili pnevmatske komponente, krmilne elemente, merilne naprave ter proporcionalni regulator tlaka Enfield TR-010-g10-s. Sistem je bil zasnovan modularno, kar omogoča enostavno nadgradnjo in uporabo pri nadaljnjih projektih.

Posebna pozornost je bila namenjena razvoju različnih načinov krmiljenja sistema. Implementirali smo ročni način delovanja, pri katerem uporabnik neposredno nastavlja tlak v sistemu, avtomatski način za izvajanje vnaprej določenih zaporedij delovanja ter računalniško krmiljenje, ki omogoča nadzor in upravljanje sistema preko zunanje programske opreme. Na ta način smo simulirali principe delovanja sodobnih avtomatiziranih industrijskih procesov.

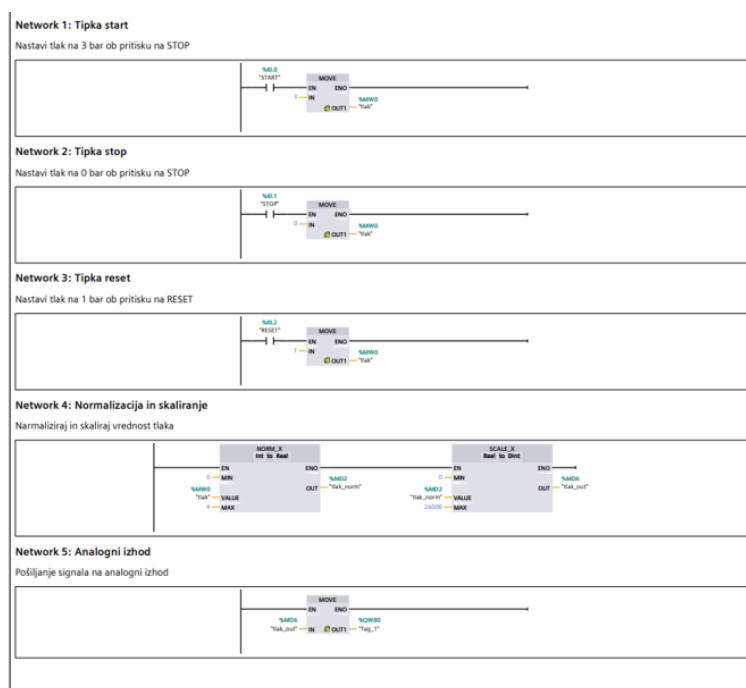
Po izdelavi sistema smo izvedli testiranja delovanja vseh komponent, preverili pravilnost pnevmatskih povezav ter zanesljivost posameznih načinov krmiljenja. Rezultati so pokazali stabilno in zanesljivo delovanje sistema ter uspešno komunikacijo med pnevmatskim delom in računalniškim vmesnikom. Projekt nam je omogočil pridobitev

praktičnih znanj s področja pnevmatike, avtomatizacije, načrtovanja tehničnih sistemov in razvoja krmilnih rešitev za industrijska okolja.



Slika 1: Izdelan elektro-pnevmatski sistem

Vir: lasten



Slika 2: Izdelan krmilni program v programskem orodju TIA Portal

Vir: lasten

Ključne besede: pnevmatika, krmiljenje procesov, industrijska avtomatizacija, pnevmatski sistem

UVAJANJE V FREKVENČNE IN SERVO PRETVORNIKE Z UPORABO LENZE TEACHWARE KOVČKA

ANŽE MESARIČ

Letnik: 2., Projekt II

izr. prof. dr. Uroš Župerl

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

asist. dr. Goran Mundar

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

izr. prof. dr. Aleš Hace

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko
mentorji

V sodobni industrijski avtomatizaciji imajo elektromotorni pogoni ključno vlogo pri zagotavljanju zanesljivega in učinkovitega delovanja proizvodnih procesov. Za natančno regulacijo hitrosti, navora in smeri vrtenja elektromotorjev se pogosto uporabljajo frekvenčni pretvorniki, med katerimi izstopa serija Lenze i550. Ta projektna naloga obravnava uporabo programskih orodij EASY Navigator in EASY Starter za konfiguracijo, parametrizacijo ter diagnostiko pogonskega sklopa, sestavljenega iz frekvenčnega pretvornika, asinhronskega motorja MDEMA-63-42, inkrementalnega dajalnika (encoderja) IG128-24V-HTL ter pomožne diagnostične opreme. V okviru praktičnega dela so bile podrobno analizirane različne krmilne strategije (V/f regulacija v odprti in zaprti zanki, vektorsko vodenje brez senzorja ter servo vodenje) in varnostni vidiki zaščite motorja (I^2t termična zaščita, nadzor prekoračitve hitrosti, navora ter toka). Poseben poudarek je bil namenjen eksperimentalnemu preverjanju petih različnih V/f karakteristik (linearna, kvadratna, večtočkovna, Eco in adaptivna). Z izvedbo meritev napetosti in hitrosti vrtenja pri različnih frekvenčnih korakih je bil potrjen teoretični vpliv posamezne krivulje na obnašanje motorja. Pri frekvenci 5 Hz je motor pri linearni karakteristiki dosegel napetost 27 V in hitrost 81 rpm, medtem ko je pri kvadratni karakteristiki napetost znašala 14 V pri 117 rpm. Pri nazivni frekvenci 50 Hz sta se obe karakteristiki izravnali pri maksimalni napetosti okoli 223 V ter hitrosti blizu 1470 rpm.

Pridobljene ugotovitve dokazujejo, da pravilna izbira parametrov in naprednih funkcij, kot sta kompenzacija zdrsa in dušenje oscilacij, bistveno izboljša stabilnost, dinamiko ter varnost delovanja mehatronskih pogonskih sistemov v industrijskem okolju.

Celotna parametrizacija, spremljanje signalov in meritve so se izvajale na namenskem učnem pripomočku, ki omogoča simulacijo realnih industrijskih stanj, preobremenitev in simulacijo napak na motorju.



Slika 1: Lenz Teachware kovček

Vir: lasten

Ključne besede: frekvenčni pretvornik, Lenz i550, V/f karakteristika, EASY Starter, zaščita motorja, mehatronski pogoni

MERITEV HITROSTI TEKOČEGA TRAKU S POMOČJO RAZVOJNE PLOŠČE NXP

SOFIJA PETKOVA, TIM SOKOLOVIČ

Letnik: 2., Projekt II

doc. dr. **Suzana Uran**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

doc. dr. **Božidar Bratina**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

doc. dr. **Timi Karner**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo
mentorji

Pri predmetu Projekt II smo obstoječi tekoči trak, ki je bil predhodno zasnovan kot učni pripomoček pri laboratorijskih vajah, nadgradili z merilnim sistemom za merjenje hitrosti vrtenja motorja. Cilj projekta je bil razviti zanesljiv merilni sistem, ki omogoča meritev hitrosti vrtenja motorja v realnem času.

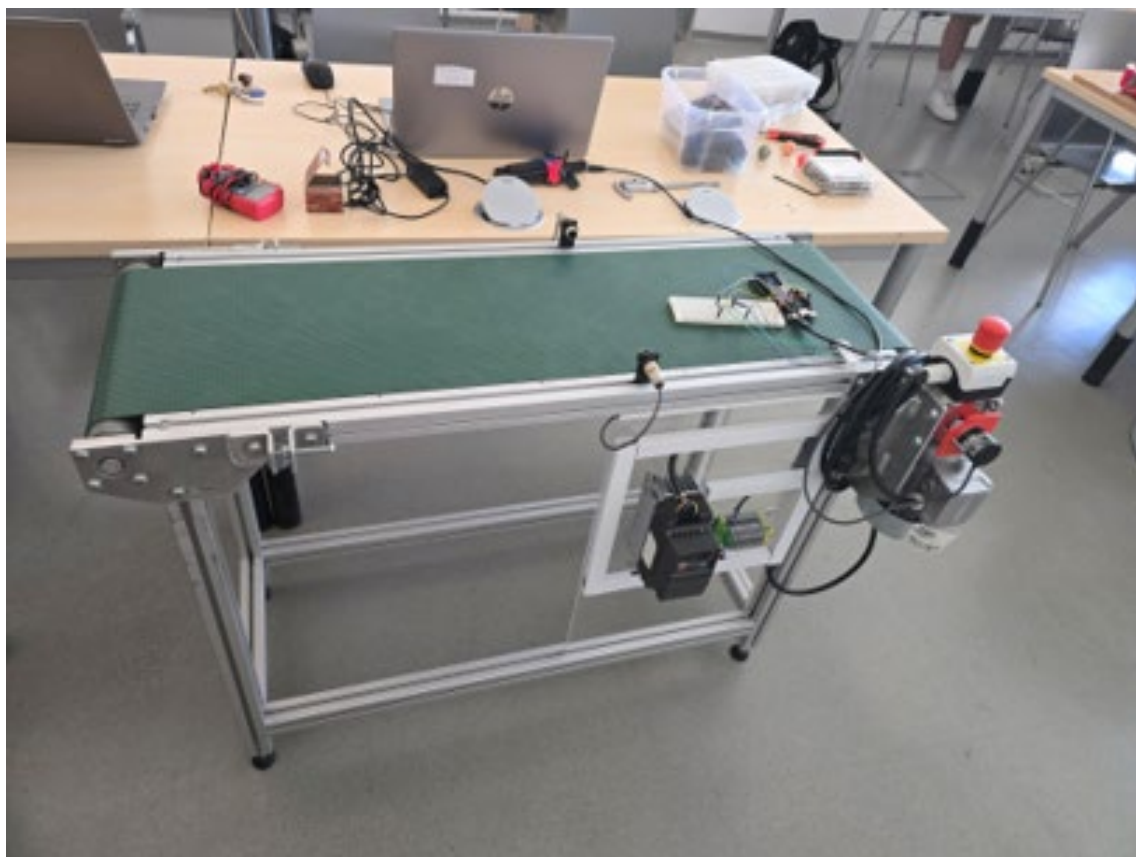
Obstoječi tekoči trak je sestavljen iz aluminijastega ogrodja s profili 40×40 mm, trifaznega asinhronskega motorja Bonfiglioli BN 63A (0,12 kW) in črvičnega gonila. Krmiljenje hitrosti smo nadgradili s frekvenčnim pretvornikom, ki omogoča nastavljanje frekvence pri vodenju trifaznega motorja in s tem krmiljenje hitrosti tekočega traku.

Za merjenje hitrosti vrtenja smo na motorno gred s torzijsko sklopko namestili inkrementalni rotacijski dajalnik OMRON E6B2-C z ločljivostjo 1000 impulzov na obrat. Z upoštevanjem kvadraturega štetja (x4) razvojne ploščice NXP znaša efektivna ločljivost 4000 impulzov na obrat. Izhodni signali dajalnika so tipa NPN (odprt kolektor), vezani z 10 kOhm dvižnimi (ang. pull-up) upori na napajanje.

Na razvojni ploščici NXP smo implementirali programsko kodo, ki vsakih 100 ms prebere vrednost QDC (Quadrature Decoder) modula in iz razlike impulzov izračuna hitrost vrtenja v obratih na sekundo (RPS). Testiranje meritve obratov je potekalo pri različnih nastavljenih frekvencah frekvenčnega pretvornika, izmerjene vrednosti pa so sorazmerno

sledile pričakovanim rezultatom, tudi s primerjavo ročno izmerjenim vrednostim, kar potrjuje pravilno delovanje sistema.

Projekt je pokazal, da je mogoče z enostavnimi in cenovno dostopnimi komponentami vzpostaviti zanesljiv merilni sistem za industrijsko aplikacijo. Sistem predstavlja osnovo za nadaljnjo nadgradnjo za izvedbo regulacije hitrosti s frekvenčnim pretvornikom prek komunikacije Modbus RS-485.



Slika 1: Končna izvedba tekočega traku

Vir: lasten

Ključne besede: tekoči trak, rotacijski dajalnik, OMRON E6B2-C, NXP razvojna ploščica, QDC, merjenje hitrosti, frekvenčni pretvornik, mehatronika

UPORABA SODOBNE MULTIFUNKCIJSKE MERILNE NAPRAVO ZA DIAGNOSTIKO HIDRAVLICNIH IN PNEVMATIČNIH SISTEMOV

PATRIK BOŽIČEK, ROK VRANC

Letnik: 2., Projekt II

izr. prof. dr. Vito Tič

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

doc. dr. Darko Hercog

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

mentorja

Merilni sistem Hydrotechnik MultiSystem 5060 (MS5060) je profesionalni večkanalni merilnik, namenjen diagnostiki hidravličnih in pnevmatskih sistemov. Standardni komplet senzorjev pokriva pogosto merjene veličine, kot so tlak v hidravliki, pretok kapljevine in temperatura. V okviru projektne naloge smo preverili možnost priklopa zunanjih, nestandardnih senzorjev na MS5060 ter izvedli diagnostiko pnevmatskega sistema z zaznavo simuliranega puščanja na cilindru.

Na MS5060 smo uspešno priključili štiri zunanje senzorje: senzor pnevmatskega tlaka Festo Didactic (0–10 bar, izhod 0–10 V), masni merilnik pretoka zraka SMC PFM710C4F (4–20 mA), turbinski merilnik pretoka hidravličnega olja Hydrotechnik D6250 (0–10 V) ter laserski merilnik razdalje OMRON ZX1 (0–10 V, za merjenje pozicije cilindra). Za vsak senzor smo določili pravilno vezavo pin-to-pin in ustrezno nastavili vhodni tip signala na MS5060.

Meritve so bile izvedene na pnevmatski progi z dvosmernim cilindrom in elektropnevmatskimi ventili. Simulirali smo puščanje na liniji do cilindra in analizirali meritve: upad tlaka ob proženju ventila, nenično porabo pretoka zraka v stanju mirovanja ter pozicijo cilindra v mm. Podatke smo izvozili s programsko opremo MultiSystem 5060 in obdelali v Excelu.

Ključne besede: Hydrotechnik MS5060, diagnostika, pnevmatika, hidravlika, zunanji senzorji, OMRON ZX1, SMC PFM710, Festo, pretok, tlak, pozicija cilindra

UN

MEHATRONIKA

PCM TOPLOTNI HRANILNIK

BLAŽ KOHNE, IZAK MARTINŠEK, ŽIGA STRAJNAR, GAL ŠTERN,
SERGEJ TRSTENJAK
Letnik: 2., Projekt 1

doc. dr. **Darko Hercog**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

mag. **Marijan Španer**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko
mentorja

Cilj projekta je bila izdelava prenosne hladilne naprave, ki za svoje delovanje potrebuje zelo malo električne energije. V primerjavi s konvencionalnimi klimatskimi napravami za hlajenje prostorov v toplih poletnih mesecih, bi naša naprava porabila zanemarljivo količino energije. Kot medij za shranjevanje toplote uporabljamo PCM-materiale. Princip delovanja je zelo preprost. Neprestano spremljamo temperaturno razliko med okolico in prostorom. Ko ponoči v toplih poletnih mesecih temperatura pade pod določeno mejo, preusmerimo pretok zraka tako, da ohlaja PCM-material. Ker pa se podnevi temperatura ponovno dvigne, pretok zraka preusmerimo tako, da hladen zrak, ki smo ga pridobili ponoči in ga shranili v PCM-material, s pomočjo ventilatorjev sproščamo v prostor. Na ta način dobimo pasivni hladilni sistem.

PCM (Phase Change Material) oziroma material s fazno spremembo je snov, ki lahko med prehajanjem iz trdnega v tekoče agregatno stanje in obratno absorbira oziroma sprošča velike količine energije. Med tem procesom material ohranja skoraj konstantno temperaturo, zato so takšni materiali zelo primerni za našo izvedbo projekta.

Poznamo več vrst PCM-materialov. Vsaka vrsta ima svoje specifično temperaturno območje uporabe. Za izbiro ustreznega materiala smo uporabili javno dostopne podatke o temperaturah iz preteklega leta. Po analizi podatkov smo ugotovili, da bi bilo najbolj optimalno uporabiti PCM-material s fazno spremembo pri temperaturi 20 °C. Skoraj vsako noč v preteklem letu je temperatura padla pod to vrednost. Le redko se je zgodilo, da se temperatura ni spustila pod 20 °C. Od 92 poletnih dni se temperatura pod izbrano

mejo le petkrat ni spustila. Po izbiri PCM-materiala smo začeli s fizično zasnovo toplotnega hranilnika.

Za navdih smo vzeli izdelek nemškega podjetja Rubitherm »Phase-Cube«. Pri istem podjetju smo naročili tudi PCM-plošče. Med posameznimi ploščami smo predvideli razmik 10 mm, saj je pri tej razdalji omogočen učinkovit pretok zraka. Imeli smo veliko različnih idej in konceptov, kako zagotoviti učinkovit pretok zraka med posameznimi PCM-ploščami v ohišju. Na koncu smo se odločili za izdelavo štiri cevne sistema. Dve cevi sta nameščeni na sprednji strani, dve pa na zadnji strani ohišja. V notranjosti sta nameščena dva servomotorja, ki opravljata krmiljenje pretoka zraka. Na servomotorjih so nameščene lopute, ki lahko odpirajo ali zapirajo posamezne cevi za pretok zraka.

Sistem omogoča tri načine delovanja. V prvem načinu oba servomotorja zapreta prvi dve cevi, kar omogoča pretok zraka med okolico in PCM-ploščami. Ta način je namenjen ohlajevanju PCM-materiala. V drugem načinu je ena loputa zaprta, druga pa odprta, kar omogoča pretok zraka med okolico in prostorom. Ta način je primeren za prezračevanje prostora. V tretjem načinu pa sta obe loputi odprti, s čimer se zapre pretok zraka iz okolice, omogočen je le pretok zraka med prostorom in PCM-ploščami. Ta način uporabljamo za hlajenje prostora, saj zrak kroži skozi PCM-plošče in se pri tem ohlaja. Celotno ohišje je z notranje strani obloženo s Thermodurjem, ki zagotavlja dodatno toplotno izolacijo.

Po zaključku fizične zasnove smo začeli s tiskanim vezjem, ki je bilo načrtovano v programu KiCad. Osrednji del sistema predstavlja mikrokrmilnik XIAO ESP32-S3, ki zbira podatke temperaturnih senzorjev in krmili izvršilne elemente. Sistem vsebuje štiri temperaturne senzorje za spremljanje temperature na različnih mestih, dva servomotorja za regulacijo pretoka zraka in dva ventilatorja za pospeševanje pretoka zraka ter hlajenje. Napajanje zagotavlja napetostni regulator 7805, ki skrbi za stabilno delovanje vseh komponent. Ker temperaturni senzorji oddajajo relativno šibke signale, smo uporabili operacijske ojačevalnike MCP6004. Njihova naloga je povečati amplitudo signalov in jih prilagoditi analogno-digitalnemu pretvorniku mikrokrmilnika. Za vsakim merilnim kanalom se nahaja RC-filter, ki odstranjuje visokofrekvenčne motnje in zagotavlja stabilne meritve, tako dobimo natančne in zanesljive podatke.

Za boljšo uporabniško izkušnjo smo izdelali tudi mobilno aplikacijo, preko katere je mogoče spremljati temperaturne podatke v realnem času z grafom v živo. Izziv trajnega shranjevanja podatkov brez baze podatkov je bil rešen z uporabo datoteke CSV, ki jo strežnik samodejno ustvari ob prvem pisanju. Problem sočasnega pisanja v datoteke je bil

rešen z atomskim dodajanjem vsake vrstice. Komunikacija med spletno stranjo in strežnikom, ki deluje na različnih naslovih, je bila omogočena z vmesno programsko opremo CORS. Zaledni del je napisan v Pythonu z uporabo FastAPI, sprednji del pa uporablja HTML, CSS in JavaScript s knjižnico Chart.js. Za testiranje smo simulirali pogoje za preverjanje delovanja sistema med fazo izdelave prototipa. V končni različici je povezava vzpostavljena preko ESP32, ki se poveže z istim omrežjem in pošilja dejanske podatke temperaturnih senzorjev določenih končnih točk.

Ključne besede: toplotni hranilnik, izvedba, tiskano vezje, mobilna aplikacija

RAZVOJ AVTONOMNEGA MOBILNEGA ROBOTA

GREGOR GLAVNIK, LUKA KRANJC, ENEJ PINTARIČ, ALEKS VNUK,
SERGEJ TRSTENJAK
Letnik: 2., Projekt 1

doc. dr. **Darko Hercog**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

mag. **Marijan Španer**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko
mentorja

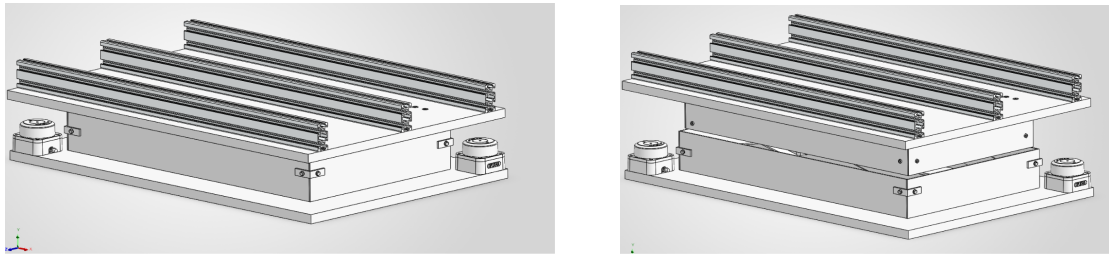
Pri predmetu Projekt 1 smo si za projekt izbrali razvoj avtonomnega robota. V prejšnjih generacijah se je večinoma delalo na konstrukciji, letos pa bolj na programskem delu ter obdelavi podatkov. Poleg tega smo naredili tudi virtualen model dvížnega mehanizma ter tiskanega vezja. Na začetku smo delo razdelili v sklope, in sicer na električni, programski ter mehanski sklop.

Pri električnem sklopu smo načrtovali ter izdelali tiskano vezje, izbrali ustrezne elektronske komponente ter izvedli povezave med posameznimi moduli robota. Pred izdelavo tiskanega vezja smo vezje preizkusili na preizkusni ploščici, kjer smo preverili pravilnost vezave in delovanje sistema. Na tiskano vezje smo vgradili DC-DC pretvornik za stabilno napetost 5 V. Namestili smo tudi dve LED diodi za signalizacijo delovanja ter Zenerjevo diodo za zaščito pred previsoko napetostjo. Dodali smo tudi Phoenix konektorje za povezavo BMS, polnilca, napajanja, motorjev in signalnih vodnikov za komunikacijo RS485, kar omogoča pregledno ožičenje in enostavnejše vzdrževanje. Delovanje sistema JK BMS je mogoče spremljati preko mobilne aplikacije, ki prikazuje napetosti celic, tok, temperaturo, stanje napolnjenosti baterije ter morebitna opozorila. Po izdelavi tiskanega vezja smo izvedli funkcionalne preizkuse in meritve, nato pa vezje vgradili v mobilnega robota. Rezultat projekta je zanesljiv električni sistem, ki zagotavlja stabilno napajanje, učinkovito komunikacijo med moduli ter varno delovanje mobilnega robota.

Pri programskem sklopu sta se v preteklih letih motorja DDSM115 že testirala zunaj ROS2 okolja, letos pa smo sistem integrirali v ROS2. Glavna prednost ROS2 okolja je, da celoten sistem robota razdelimo na manjše module, ki jih imenujemo vozlišča (ang. nodes), ki komunicirajo asinhrono preko tem (ang. topics). Tak pristop olajša razvoj, saj lahko posamezne dele sistema razvijamo in testiramo neodvisno. Velika prednost ROS2 je tudi bogat nabor odprtokodnih paketov, čeprav smo pri nekaterih naleteli na napake in smo morali prilagajati paket našim potrebam. Motorja DDSM115, ki komunicirata po RS485 vodilu, smo uspešno integrirali v ROS2 okolje z obstoječim odprtokodnim paketom. Vzporedno smo vzpostavili delovanje LIDAR senzorjev RPLIDAR C1, ki z laserskim žarkom merijo razdalje do ovir v okolici. Ker konstrukcija robota zahteva dva LIDAR senzorja za celoten kot zaznave, smo ju združili v en skupen laserski sken s odprtokodnim ROS2 paketom. Za vizualizacijo smo namesto standardnega orodja RViz uporabili Foxglove, ki deluje preko brskalnika ali računalniške aplikacije in se poveže z robotom po omrežju, kar je bila za nas bistveno primernejša rešitev, saj RViz zahteva priključen monitor ali oddaljeno namizje. Opis robotske geometrije je bil izveden v obliki datoteke URDF (ang. Universal Robot Description Format), ki opisuje fizično strukturo robota. Za lokalizacijo robota smo implementirali odometrijo na osnovni direktne in inverzne kinematike robota z diferencialnim pogonom, ki temelji na algoritmu ICC (ang. Instantaneous Center of Curvature). Ko smo z odometrijo začeli preizkušati SLAM mapiranje (ang. Simultaneous Localization and Mapping) smo naleteli na pogoške, ki so izvirali iz izračunane odometrije, saj smo za izračun uporabljali le hitrosti koles iz dajalnikov položaja iz motorjev. Občasen zdrs koles je doprinal k velikemu pogošku v določanju orientacije robota v prostoru. Rešitev smo našli v integraciji IMU senzorja WT901C (ang. Inertial Measurement Unit), ki je senzor za merjenje pospeška in kotnih hitrosti, ki komunicira po RS485-modbus vodilu. V izračunu naše odometrije smo vključili relativni kot zasuka okoli Z osi, kar je močno zmanjšalo pogoške pri izračunu. Z upoštevanjem pospeška v X osi smo prav tako lahko zaznali prisotnost zdrsa koles. Izboljšana odometrija nam je omogočala s SLAM algoritmom zanesljivo kartirati celotno FERI avlo.

Pri mehanskem sklopu je že od začetka obstajala zahteva oziroma ideja nadgradnje funkcionalnosti robota. Do sedaj je ideja temeljila le na robotovem prevozu lažjega tovora do 10 kg. Odločili smo se, da bi lahko to njegovo nalogo nadgradili s sistemom prevzema in oddaje tovora. V letošnjem letu smo se izključno posvetili projektiranju dviznega mehanizma za sprejem in oddajo tovora iz ali na nepomične vilice. Odločiti smo se morali o dejanski izvedbi mehanizma in med nekaj idejami je daleč najbolj izstopala zasnova s škarjastim mehanizmom dviznega sistema. Na podlagi podanih maksimalnih dimenzij

vgradnje, razpoložljivih materialov, aktuatorja ter nekaterih drugih parametrov, smo cel sistem konstruirali v 3D modelirnem programu SOLIDWORKS.



Slika 1: Model sistema

Vir: lasten

Ključne besede: avtonomni robot, ROS2, SLAM, LIDAR, mikroračunalnik, KiCad, tiskano vezje, dvizni mehanizem

RAZVOJ IoT MERILNIKA

ROK HUDOMALJ, ANDRAŽ JURANČIČ, DAVID KOS, DAVID PODBOJEC

Letnik: 2., Projekt 1

doc. dr. **Darko Hercog**

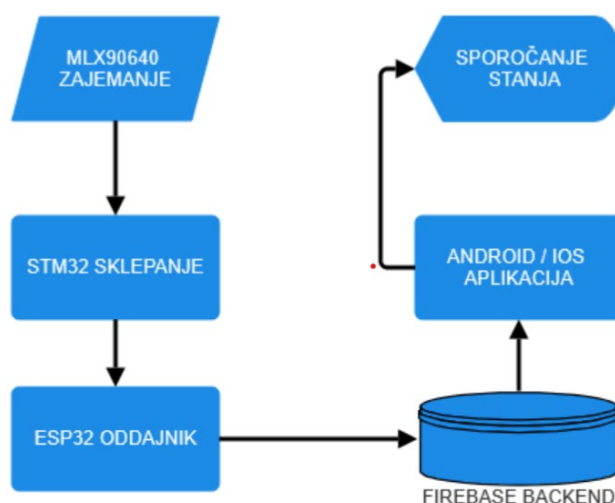
Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

mag. **Marijan Španer**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

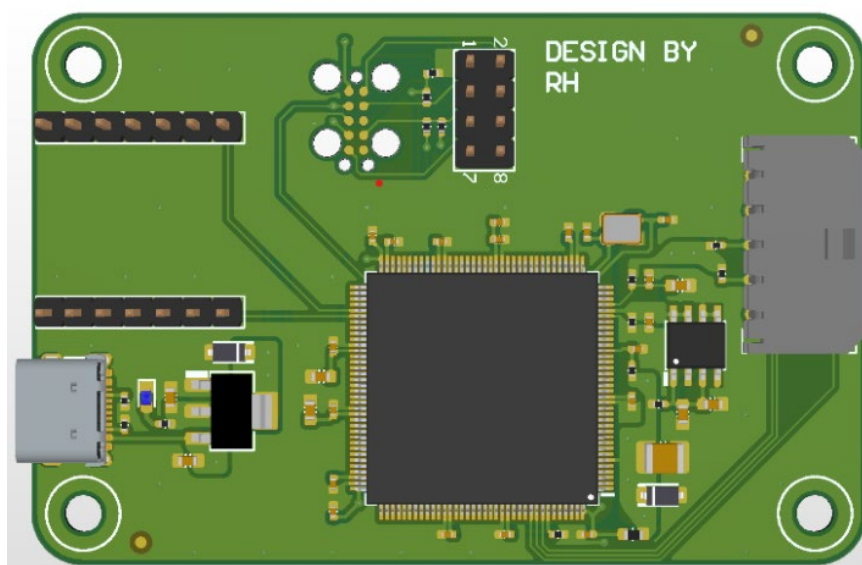
mentorja

Cilj projekta je bil razviti hitrejšo in zanesljivejšo rešitev za prepoznavanje kuhinjskih požarov. Detektorji dima morajo biti zaradi proženja lažnih alarmov nameščeni zunaj kuhinje, kar pomeni, da požar zaznajo komaj, ko je že dokaj razširjen. Ekipa je razvila tiskano vezje, ki koristi ESP32 mikrokontroler za brezžično komunikacijo, ter STM32 kontroler, ki preko IR kamere (MLX90640) in konvolucijske nevronske mreže (TensorFlow lite) zaznava morebitne vžige na kuhalnih površinah. Stanje nevarnosti je zajeto z IR kamero in prepoznano s kompaktno nevronske mrežo na STM32, ki pošlje alarm na ESP32 s spremembo logičnega stanja na priključku. Informacija nato nadaljuje na Firebase podatkovno bazo, ki je povezana z mobilno aplikacijo.



Slika 2: Diagram procesa

Vir: lasten



Slika 2: Tiskano vezje detektorja
Vir: lasten



Slika 3: Zajemanje IR sevanja roke
(Vir: lasten)

Ključne besede: ESP32, STM32, MLX90640, Firebase, detektor požara

KONSTRUIRANJE VARILNE CELICE S SODELOVALNIM ROBOTOM ABB GoFa IN VARILNIM APARATOM FRONIUS

VANJA KOSTIČ, NIKOLA JANJIC, ŽAN PRELOG, KAI BOROVIC

Letnik: 2., Projekt 1

doc. dr. **Timi Karner**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

asist. **Rok Belšak**

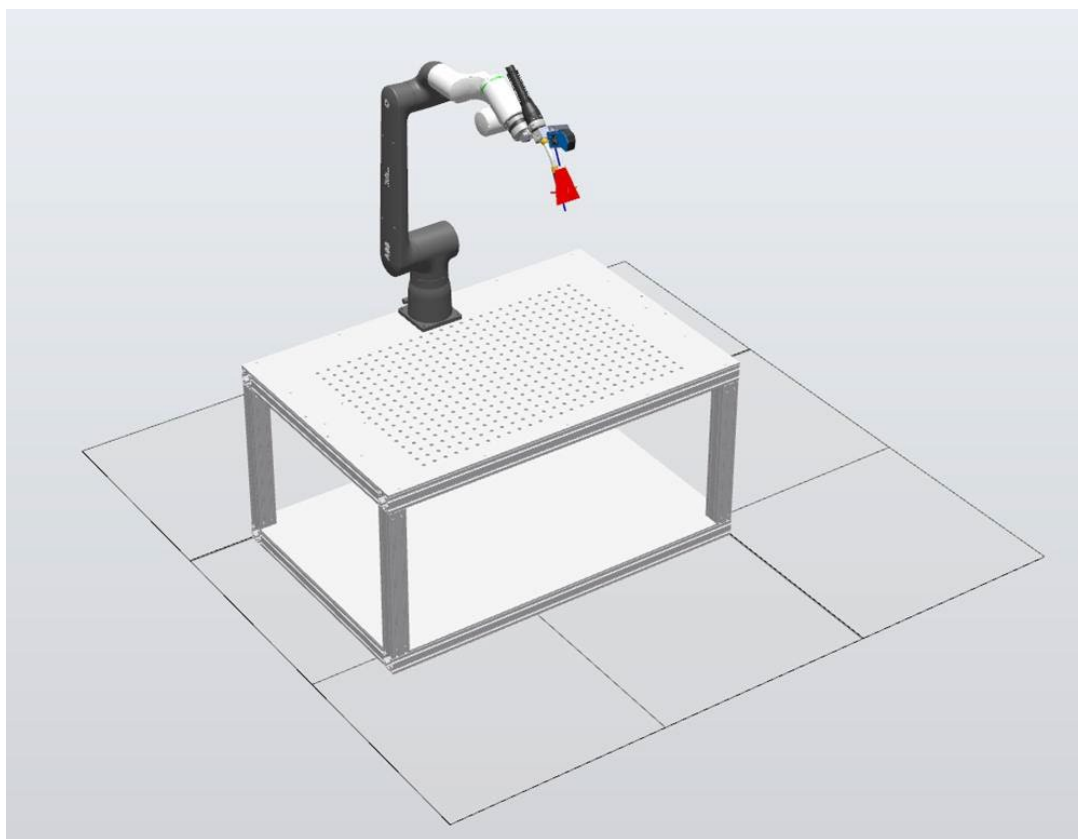
Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

mentorja

V okviru projektne naloge smo načrtovali in konstruirali varilno celico za sodelovalni robot ABB GoFa in varilni aparat Fronius. Delo se je začelo z zasnovo nosilne konstrukcije v programskem okolju SolidWorks. Oblikovana je bila konstrukcija v obliki kvadra iz ustrezno izbranih konstrukcijskih profilov, pri čemer smo posebno pozornost namenili stabilnosti, nosilnosti in možnosti enostavne montaže komponent. Po začetni zasnovi smo izdelali tudi zgornjo ploščo delovne mize ter določili lokacije pritrdilnih odprtín za namestitev posameznih elementov sistema.

Na podlagi pripravljenega modela je bila zgornja plošča izdelana z laserskim razrezom. Profili pa so se izrezali na tračni žagi. Delovno mizo smo nato pritrdili na konstrukcijske profile s pomočjo utornih matic in imbus vijakov. Po zaključeni izdelavi in sestavi konstrukcije smo v program RobotStudio vključili model sodelovalnega robota ABB GoFa ter pripravili virtualno okolje za preverjanje ustreznosti zasnove.

Projekt je študentom omogočil praktično uporabo znanj s področja konstruiranja, 3D-modeliranja in načrtovanja robotskih delovnih celic. Pri delu smo se seznanili s postopkom razvoja od začetne idejne zasnove do priprave konstrukcije za izdelavo in njene vključitve v simulacijsko okolje. Rezultat projekta je funkcionalna zasnova varilne celice, ki predstavlja dobro osnovo za nadaljnji razvoj in integracijo varilnega procesa z uporabo sodelovalnega robota ABB GoFa.



Slika 1: Slika modela v programu RobotStudio

Vir: lasten

Ključne besede: varilna celica, ABB GoFa, RobotStudio, SolidWorks, konstruiranje, robotska avtomatizacija, Fronius

SESTAVA, PROGRAMIRANJE IN PRIPRAVA DOKUMENTACIJE ZA SKLADIŠČNI REGALNIK

BLAŽ GRIL, BLAŽ STRAJNIČ, ŽAN KOŠAK, SVIT POTOČNIK

Letnik: 2., Projekt 1

doc. dr. **Timi Karner**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

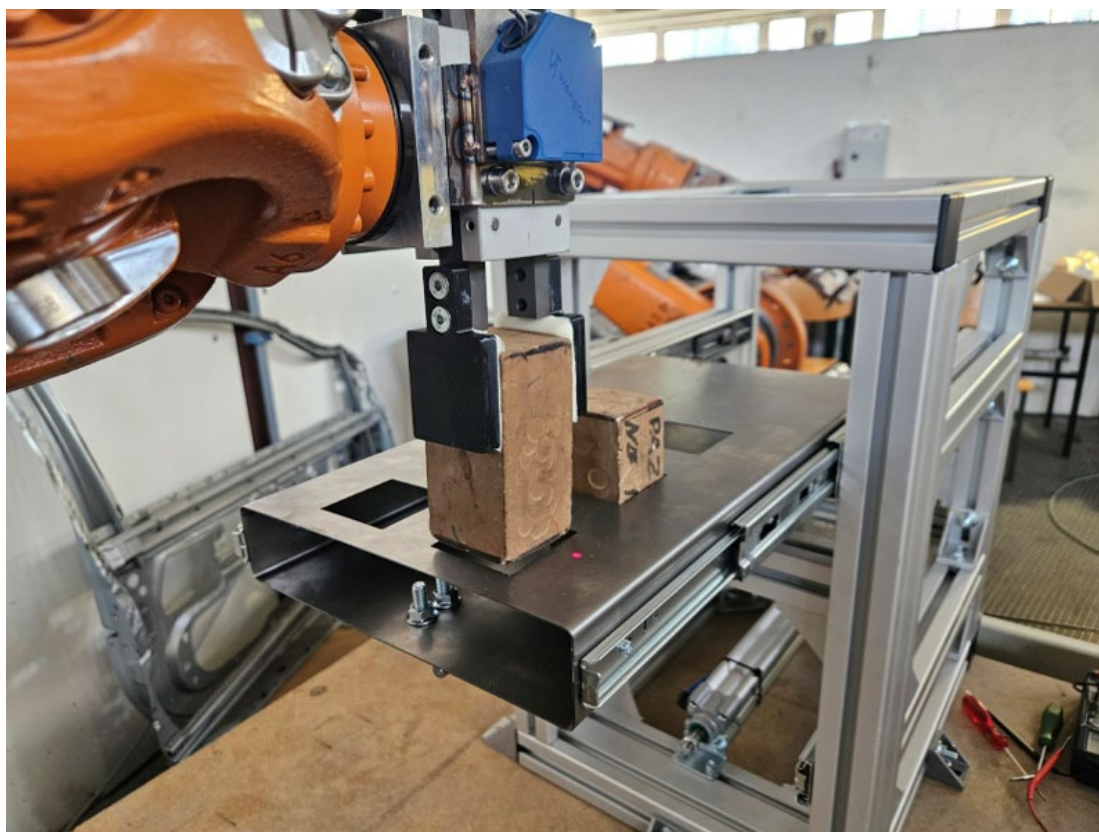
asist. **Rok Belšak**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

mentorja

V okviru predmeta Projekt 1 je bil zasnovan in izdelan avtomatiziran skladiščni regalnik za podajanje pravokotnih polizdelkov robotu. Namen sistema je omogočiti zanesljivo in ponovljivo odpiranje ter zapiranje predalov brez neposrednega posega operaterja. Regalnik je sestavljen iz nosilne konstrukcije iz aluminijastih profilov, dveh izvlečnih predalov, linearnih vodil ter pnevmatskih cilindrov za premikanje predalov.

Za pogon sistema sta bila uporabljena dva dvostransko delujoča pnevmatska cilindra, ki ju krmilita elektromagnetna ventila na ventilskem otoku. Krmiljenje je izvedeno z robotom KUKA KR16-2 in B&R vhodno-izhodno kartico, na katero smo povezali dva izhoda ter štiri vhode. Za nadzor položajev cilindrov so uporabljeni končni Reed senzorji, ki zagotavljajo povratno informacijo o stanju sistema. Izdelana je bila mehanska konstrukcija, izvedena pnevmatska vezava ter pripravljena logika delovanja sistema. Pri sestavljanju je bilo potrebno prilagoditi pritrditev nekaterih komponent zaradi manjših odstopanj med načrtovanimi in dejanskimi dimenzijami. Sistem uspešno zagotavlja zanesljivo delovanje. Zasnova omogoča tudi nadaljnje nadgradnje, kot so dodajanje senzorjev prisotnosti izdelkov, spremljanje zaloge materiala in razširitev števila predalov.



Slika 1: Skladiščni regalnik

Vir: lasten

Ključne besede: avtomatizacija, robotski skladiščni regalnik, pnevmatika

POVEZAVA, ZAGON IN PROGRAMIRANJE SERVO MOTORJA S POMOČJO TEHNOLOŠKIH OBJEKTOV

ROK VNUČEC, ANDREJA KRSTIĆ, JOVANA BAKALOVA, SUMEA NURKOVIĆ

Letnik: 2., Projekt 1

doc. dr. **Timi Karner**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

asist. **Rok Belšak**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

mentorja

V okviru Projekta 1 smo se ukvarjali s krmiljenjem servo osi. Uporabili smo servo pogon Siemens SINAMICS S210, programiranje in zagon pa sta potekala v okolju TIA Portal. Cilj naloge je bil servo os povezati s krmilnikom SIMATIC S7-1500 in vzpostaviti zanesljivo komunikacijo med vsemi deli opreme. Krmiljenje osi je v industriji zelo pogosto, saj brez natančnega premikanja in pozicioniranja avtomatizirana proizvodnja praktično ni mogoča.

Preden smo začeli s programiranjem, smo spoznali opremo: krmilnik PLK, servo pogon, motor in operatorski panel HMI. Sledil je mrežni del. Vzpostavili smo komunikacijo PROFINET, izbrali telegram za izmenjavo podatkov in nastavili tehnološki objekt TO_PositioningAxis, ki skrbi za pozicioniranje, homiranje in nadzor osi. Šele nato smo v program vključili standardne bloke PLCopen za vodenje gibanja (MC_Power, MC_Home, MC_MoveJog, MC_MoveAbsolute, MC_Halt in MC_Reset) in okrog njih zgradili krmilno logiko.

Največ dela smo imeli s sekvenco nastavljanja domačega položaja, z logiko avtomata stanj in s sekvenco pobiranja in odlaganja. Program podpira tri načine delovanja. V ročnem načinu motor premikamo s klikom na gumb, v avtomatskem se sekvenca pobiranja in odlaganja izvaja samodejno in v zanki, v koračnem pa operater potrdi vsak naslednji korak. Parametre, statute in javljanje napak smo izpisali na zaslonih HMI, da je upravljanje preprosto.

Pogon je nastavljen kot rotacijski aktuator v območju 0–360°. Program ga premika med točko A in točko B, ob tem teče avtomatska sekvenca, sproti pa se štejejo opravljeni cikli. Razvoj in preizkušanje sta potekala v simulaciji, v PLCSIM in WinCC Runtime, kar pa smo nato prenesli na realni sistem. Upoštevali smo tudi varnost: ob napaki ali zasilnem izklopu se os takoj ustavi, za ponovni zagon pa je treba sistem ponastaviti in os znova ponastaviti na domači položaj.

Ob delu na projektu smo se veliko naučili. Spoznali smo programiranje krmilnikov PLK, nastavljanje omrežij PROFINET, delo s tehnološkimi objekti in izdelavo zaslonov HMI. Vse to je dobra osnova za zahtevnejše večosne sisteme, s katerimi se inženirji v industriji srečujejo vsak dan.

Ključne besede: Servo motor, TIA Portal, Technology object, Motion control, servo motor, TIA Portal, tehnološki objekt, gibalno krmiljenje (Motion Control), PROFINET

NADGRADNJA LINEARNE ENOTE ZA SKENIRANJE

DOMEN SULCER, FRANC ŠRUMPF

Letnik: 2., Projekt 1

doc. dr. **Timi Karner**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

asist. **Rok Belšak**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

mentorja

Glavni cilj našega projekta je bila nadgradnja funkcionalnost, zanesljivost in prilagodljivost linearne enote ter omogočiti njeno uporabo v zahtevnejših industrijskih procesih. Linearna enota je bila že obstoječ sistem, zgrajen na podlagi Siemens krmilnika in komponent ter programiran v okolju TIA portal.

Sistem smo razširili z distributivnim modulom ET200 in digitalnimi vhodnimi in izhodnimi moduli, kar omogoča uporabo večjega števila senzorjev in aktuatorjev. Poleg tega smo v sistem uvedli funkcijo za avtomatsko določitev referenčne oz. ničelne pozicije z uporabo končnega stikala, t.i. »homing«. Pri programiranju smo naleteli na nekaj težav pri neskladnosti funkcij, ki jih ponuja TIA portal in konstrukcijo našega sistema, zato smo ustvarili svojo »homing« sekvenco. Kot varnostni ukrep smo dodali limite na skrajnih koncih sistema. Ustvarili smo virtualna območja, kjer se hitrost enote programsko nastavi na 20 mm/s, na samih robih pa sta tako imenovani prepovedani območji. Če enota pride v ti dve območji, je v trenutku prestavljena nazaj. Razvili smo tudi virtualni HMI, ki omogoča uporabniku, da s povezanim računalnikom preko preglednega vmesnika krmili linearno enoto z nastavljanjem hitrost, premikanjem enote, sprožitvijo »homing« sekvence, reset itd. Nadgrajeni sistem zagotavlja večjo stopnjo avtomatizacije, natančnejše krmiljenje gibanja in lažjo razširitev ter integracijo dodatnih naprav v prihodnje.

Ključne besede: PLK , TIA portal, avtomatizacija, homing

RAZVOJ PROGRAMA ZA SAMODEJNO SHRANJEVANJE POZ PRI KINESTETIČNEM POMIKANJU GoFa

MARSEL NOVAK, MARKO ŠPES, UROŠ UHAN

Letnik: 3., Projekt: 2/3

doc. dr. **Timi Karner**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

asist. **Rok Belšak**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

izr. prof. dr. **Aleš Hace**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

mentorji

Pri projektu smo se najprej seznanili s programskim okoljem RobotStudio, ki smo ga uporabili za razvoj in realizacijo projekta. Po uspešnih virtualnih preizkusih smo razvito programsko rešitev implementirali na kolaborativnem robotu ABB GoFa CRB 15000. Program deluje na način, da v vsakem ciklu primerja trenutno pozicijo robota s prejšnjo in ob preseganju nastavljenega koraka proži digitalni izhod. S tem smo omogočili samodejno proženje in nadzor nad procesom varjenja ter optimizirali zajem podatkov pri kinestetičnem pomikanju robota. Vzpostavili smo povezavo med varilnim aparatom Fronius in robotom. S pomočjo osnovnih ukazov smo naredili prvi zvar.

Ključne besede: RobotStudio, laserski profilni senzor, varilni proces, kinestetično premikanje, vzpostavitev povezave

INDUSTRIJSKA AVTOMATIZACIJA PNEVMATSKE STISKALNICE S KRMILNIKOM REVOLUTION PI COMPACT

ROK HOŠPEL, ALEN MARTON

Letnik: 3., Projekt: 2/3

izr. prof. dr. **Uroš Župerl**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

asist. **Goran Mundar**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

izr. prof. dr. **Aleš Hace**

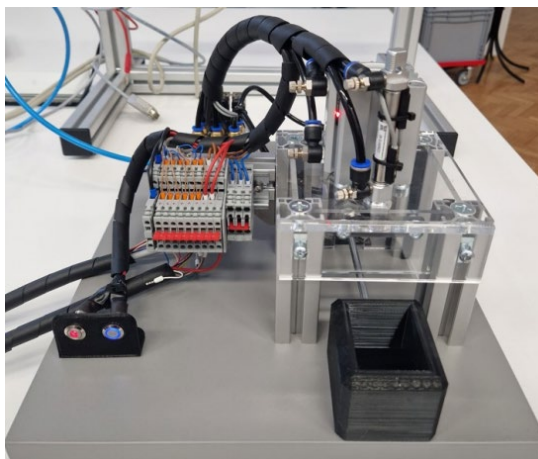
Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko
mentorji

V nalogi smo z uporabo krmilnika Revolution Pi Compact avtomatizirali pnevmatsko stiskalnico in razvili varen sistem za zaporedno krmiljenje treh pnevmatskih cilindrov. Program, napisan v Pythonu, zagotavlja pravilno delovanje na podlagi signalov senzorjev ter omogoča takojšnjo zaustavitev s tipko STOP. Testiranja so potrdila zanesljivo delovanje sistema, katerega prednosti so modularnost, fleksibilnost in možnost nadaljnjih nadgradenj.

V drugem delu projekta smo se osredotočili na razvoj vizualizacije in uporabniškega vmesnika za pnevmatsko stiskalnico, ki deluje na industrijskem krmilniku Revolution Pi Compact. Cilj je bil izdelati pregleden in odziven HMI, ki omogoča nadzor nad delovanjem stiskalnice, prikaz stanj senzorjev ter upravljanje osnovnih funkcij, kot sta START in STOP. Pri izbiri ustreznega orodja za vizualizacijo smo preučili več možnosti in se zaradi fleksibilnosti, odprtega pristopa platforme ter enostavne integracije s Python logiko, odločili za uporabo ogrodja Plotly Dash.

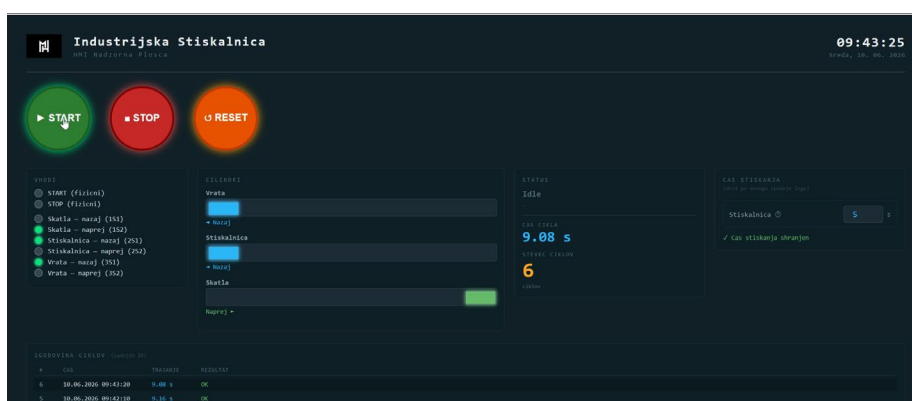
HMI aplikacija deluje v spletnem brskalniku, kar omogoča dostop iz različnih naprav brez dodatne namestitve programske opreme. Zasnovali smo preprost in pregleden vmesnik, ki prikazuje stanje vseh treh pnevmatskih cilindrov, vhodne in izhodne signale ter omogoča upravljanje delovnega cikla. Logika vmesnika je povezana s programom na RevPi, kar zagotavlja takojšen odziv na uporabniške ukaze in sprotno posodabljanje prikazanih podatkov.

Po razvoju vmesnika smo izvedli integracijo in testiranje na realnem modelu stiskalnice. Preverili smo pravilno delovanje START/STOP funkcije, odzivnost HMI-ja, stabilnost komunikacije ter pravilno zaporedje gibov. Testiranje je potrdilo, da sistem deluje stabilno, ponovljivo in brez zakasnitev, kar je ključno za varno delovanje pnevmatskih naprav.



Slika 1: Stiskalnica

Vir: lasten



Slika 2: HMI zaslon

Vir: lasten

Ključne besede: industrijska avtomatizacija, pnevmatska stiskalnica, Revolution Pi Compact, Python, HMI zaslon, Plotly Dash

DIGITALNI DVOJČEK V OKOLJU KUKA SIM

JAJA GOLOBIČ, DAVOR KOLAR

Letnik: 3., Projekt: 2/3

izr. prof. dr. **Aleš Hace**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

asist. **Mitja Golob**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

doc. dr. **Timi Karner**

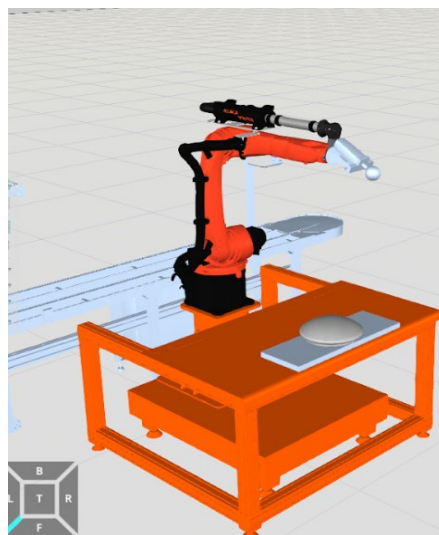
Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

mentorji

Koncept Industrije 4.0 temelji na digitalizaciji proizvodnih procesov ter na povezovanju dejavnosti, podatkov in virov s pomočjo naprednih informacijskih in komunikacijskih tehnologij. Eden ključnih gradnikov tega koncepta je digitalni dvojček, ki predstavlja digitalno reprezentacijo fizičnega sistema oz. procesa. Takšen model omogoča analizo, validacijo in optimizacijo delovanja sistema v virtualnem okolju ter s tem prispeva k učinkovitejšemu načrtovanju in upravljanju proizvodnih procesov. Uporaba digitalnega dvojčka omogoča zgodnje odkrivanje potencialnih napak in pomanjkljivosti v zasnovi proizvodnih sistemov, zmanjšuje tveganja pri implementaciji ter prispeva k znižanju stroškov razvoja, zagona in obratovanja sistema. Poleg tega omogoča preverjanje različnih scenarijev delovanja in optimizacijo procesnih parametrov brez poseganja v dejanski proizvodni proces. Projekt je bil usmerjen v načrtovanje in implementacijo digitalnega dvojčka v programskem okolju KUKA.Sim. Osrednji cilj projekta je bil razvoj simulacijskega modela procesa poliranja z industrijskim robotom KUKA ter preverjanje pravilnosti njegovega delovanja v virtualnem okolju pred dejansko izvedbo na fizičnem sistemu. Za izvedbo robotskih trajektorij po površini obdelovanca je bila ključna implementacija programskega modula KUKA.CNC, ki omogoča neposredno izvajanje NC-programov na realnem ali virtualnem robotskem krmilniku. Pri tem je bil digitalni dvojček sistema vzpostavljen z uporabo virtualnega krmilnika v programskem okolju KUKA.OfficeLite. Za generiranje obdelovalnih poti in pripadajočega NC-programa je bilo uporabljeno programsko okolje RoboDK z dodatnim programskim modulom

RoboDK CAM. Ta je omogočil pripravo različnih obdelovalnih strategij na površini obdelovanca, katerega 3D-model je bil pridobljen z uporabo ročnega 3D-skenerja Shining3D. Ob upoštevanju, da programsko okolje RoboDK pri generiranju robotskih poti upošteva predvsem omejen nabor kinematičnih parametrov robota, simulirani rezultati pa pri tem ne odražajo v celoti dejanskega dinamičnega obnašanja robota, je bilo treba NC-program dodatno ovrednotiti v programskem okolju KUKA.Sim.

Za osnovno konfiguracijo in prenos programskih algoritmov je bilo uporabljeno programsko okolje KUKA.WorkVisual, ki je omogočilo prenos NC-programa na virtualni krmilnik. Po vzpostavitvi povezave med virtualnim krmilnikom in okoljem KUKA.Sim je bila izvedena simulacija NC-obdelave. Po uspešno opravljeni validaciji v virtualnem okolju je bil proces poliranja izveden tudi na realnem industrijskem robotu KUKA. Predstavljeni pristop je omogočil vizualizacijo izvajanja procesa, preverjanje morebitnih kolizij, analizo dosegljivosti ter celovito validacijo načrtovanega robotskega procesa pred njegovo izvedbo na realnem sistemu. V zaključni fazi projekta je bilo izvedeno testiranje vpliva položaja obdelovanca na možnost izvedbe poliranja. Ugotovljeno je bilo tudi, da imata pri tem pomemben vpliv geometrija polirnega orodja in oblika nosilca, na katerega je bilo pritrjeno polirno orodje. V nadaljnjem delu bi bilo smiselno izvesti dodatna testiranja z različnimi polirnimi orodji v kombinaciji z nosilci različnih geometrijskih oblik. Na podlagi pridobljenih rezultatov bi bilo tako mogoče določiti optimalno konfiguracijo robotskega sistema za uspešno izvedbo procesa poliranja.



Slika 1: Realna in virtualna robotska celica procesa poliranja

Vir: lasten

Ključne besede: digitalni dvojček, industrijski robot, poliranje, NC-program

ZAZNAVANJE POŠKODB LEŽAJEV MOTORJEV S PSoC 6 IN UI

JAKOB BRGLEZ, GAL DRAGŠIČ

Letnik: 3., Projekt: 2/3

doc. dr. **Suzana Uran**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

doc. dr. **Božidar Bratina**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

doc. dr. **Timi Karner**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

mentorji

Cilj projekta je bil se seznaniti z zbiranjem in pripravo podatkov za učenje nevronske mreže ter priprava in učenje le-te za zaznavanje poškodovanih ležajev ventilatorjev. Nevronska mreža naj bi bila na koncu naložena na mikrokrmilnik razvojne ploščice PSoC 6 AI Evaluation Kit in bila sposobna ločiti med novim in rabljenim oz. poškodovanim ventilatorjem proizvajalca ebm-papst. Za zbiranje podatkov nam je podjetje NTR inženiring posodilo osem let rabljen ventilator, ki je na Inštitutu za informacijske znanosti Univerze v Mariboru hladil tamkajšnje računalniške sisteme, in povsem nov ventilator, ki čaka na zamenjavo v primeru odpovedi. Podatke smo zbirali s senzorjema na razvojni ploščici, in sicer pospeškometrom BMI270 in MEMS (ang. Micro Electro-Mechanical System) mikrofonom IM72D128V01.

Osrednja naloga projekta je bila poleg zbiranja podatkov priprava vezja za varen priklop na omrežje in zagon ventilatorjev, ki imata trifazni asinhronski pogon s trajno električno močjo največ 2480 W v vezavi trikot in 1570 W v vezavi zvezda, kakor smo ga zvezali mi zaradi zagonskega toka, ki znaša 6,2 A v vezavi zvezda in trikrat več v vezavi trikot. Krmilno vezje sestavlja varovalčno stikalo s 8 A talilnimi vložki, 9 A trifazni kontaktor, 24 V napajalnik in tipki za vklop in izklop. Kontaktor je vezan v samodržno vezavo zaporedno na t.i. TOP (ang. Thermal Overload Protector) bimetalno stikalo v ventilatorju, ki se razklene ob pregretju motorja. Slika 1 prikazuje ventilator s krmilnim vezjem in

trifaznim vtikačem, povezanim s krmilnim vezjem. Na sliki je vidna tudi namestitev ventilatorja, ki je privijačen na dve iverni plošči, ki sta z lesenimi kladami dvignjeni od tal, saj bi se drugače ventilator, kljub svoji teži, večji od 30 kg, dvignil.

Meritve z mikrofonom smo izvajali v programskem okolju DEEPCRAFT Studio, s pospeškometrom in z lastnim programom, razvitim v programskem okolju Eclipse IDE for ModusToolbox, saj DEEPCRAFT Studio ne omogoča dovolj visoke frekvence tipanja (slika 2).

V okviru projekta 3 nam je torej uspelo uspešno opraviti meritve na rabljenem in novem ventilatorju in ob tem izboljševati merilne metode, da so bili podatki vedno bolj reprezentativni. Temu sledi analiza podatkov brez uporabe nevronske mreže z analizo ovojničnega signala ter učenje nevronske mreže v programskem okolju DEEPCRAFT Studio. Za učenje bomo morali podatke ustrezno obdelati z vgrajenimi predprocesorji in jim dodati značilke na ustreznih mestih.



Slika 1: Preizkušán ventilator s krmilnim vezjem za priklop na trifazno omrežje
(Vir: lasten)



Slika 2: Zbiranje podatkov z DEEPCRAFT Studio
(Vir: lasten)

Ključne besede: umetna inteligenca, nevronske mreže, ležaji, mikrokrmilnik, pospeškometer, mikrofón, ventilator

SOLARNO NAPAJANO ELEKTRIČNO VOZILO

LUKA MIDOSKI, TIM ŠTIMULAK, MARKO BEZJAK

Letnik: 3., Projekt: 2/3

doc. dr. **Hercog**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

asist. **Marijan Španer**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

doc. dr. **Timi Karner**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

mentorji

Cilj projekta je nadaljevanje dela iz predmeta Projekt 2, pri čemer želimo vzpostaviti končni algoritem komunikacije med komponentami sistema in krmilnikom ESP32. Sistem mora omogočati prikaz vseh potrebnih podatkov, ki so pomembni za nadzor delovanja prikolice. V okviru projekta smo zasnovali tiskano vezje za uporabniški vmesnik ter določili primeren mehanizem za varno in pravilno pritrditev solarnega panela. S tem želimo doseči zanesljivo povezavo med uporabnikom in prikolico ter zagotoviti varnejšo uporabo med vožnjo.

S krmilnikom ESP32 P4 Pico smo uspešno vzpostavili pravilno komunikacijo za pošiljanje in sprejemanje podatkov prek protokola Modbus z motornim krmilnikom ASI BAC355 in BMS sistemom. To nam omogoča nadzor nad podatki sistema brez uporabe zunanje aplikacije. Uspešno smo pridobili potrebne veličine, kot so napetost baterije, napetosti posameznih celic, tok skozi baterijo, tok motorja, hitrost motorja in število vrtljajev motorja (RPM). Na podlagi teh podatkov smo zasnovali uporabniški vmesnik na zaslonu na dotik, ki vsebuje dva zaslona. Na prvem zaslonu so prikazani osnovni podatki, kot so hitrost, RPM in stanje baterije, na drugem, podrobnejšem zaslonu pa so prikazani napetost baterije, napetosti posameznih celic, tok ter stanje MOSFET-ov, torej ali sta polnjenje in praznjenje omogočena oziroma onemogočena.

V okviru projekta je bila pripravljena tudi zasnova tiskanega vezja za uporabniški vmesnik prikolice. Vezje je bilo načrtovano v programu KiCad, pri čemer so bili določeni potrebni priključki za povezavo zaslona, krmilnika ESP32, BMS sistema, motornega krmilnika ASI ter ostalih vhodnih in izhodnih signalov. Zasnova PCB omogoča bolj pregledno, zanesljivo in kompaktno povezavo vseh komponent uporabniškega vmesnika ter predstavlja osnovo za kasnejšo izdelavo fizičnega vezja.

Pripravljen je bil tudi 3D model pritrdilnega sistema za solarni panel na prikolici. Modeliranje in konstruiranje je bilo izvedeno z namenom izdelave ojačitev ter sponk, ki omogočajo stabilno in zanesljivo pritrditev solarnega panela na konstrukcijo prikolice. Pri zasnovi so bile upoštevane dimenzije panela, nosilne točke ter način montaže na obstoječo konstrukcijo. Pritrdilne sponke so bile zasnovane tako, da jih je mogoče 3D natisniti, hkrati pa omogočajo dodajanje kovinske ploščice, preko katere je pritrditev enostavnejša, trdnjša in mehansko bolj zanesljiva. Takšna rešitev omogoča boljšo porazdelitev obremenitev in zmanjšuje možnost poškodb natisnjenih delov pri pritrdjevanju. Poleg pritrdilnega sistema je bila dogovorjena tudi končna postavitev vseh glavnih komponent v ohišju prikolice. S tem je bila določena osnovna razporeditev elementov, ki omogoča bolj pregleden, funkcionalen in dostopen sistem za nadaljnjo montažo, povezovanje ter vzdrževanje komponent.



Slika 1: Uporabniški vmesnik prikolice

Vir: lasten

Ključne besede: električno kolo, uporabniški vmesnik, mikrokrmilnik, tiskano vezje

MAG

MEHATRONIKA

SENZORJI RAZTEZKOV Z UPORABO VEČJEDRNIH OPTIČNIH VLAKEN

MATEVŽ ŠAVORA

Letnik: 2., Projekt

prof. dr. Denis Donlagić

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

prof. dr. Nenad Gubelj

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

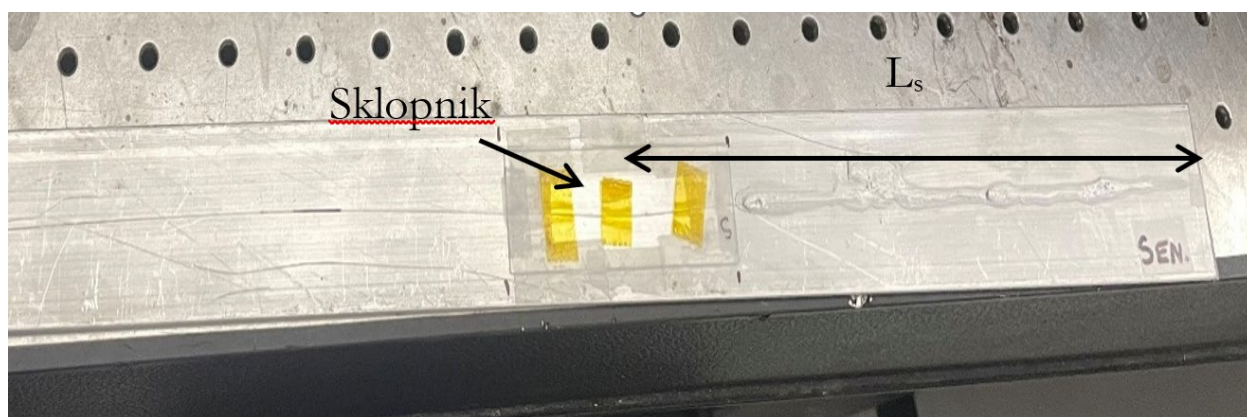
mentorja

V sodobnih tehničnih sistemih je zanesljivo merjenje mehanskih raztezkov ključno. Klasične merilnike, kot so npr. merilni lističi, omejuje občutljivost na elektromagnetne motnje in temperaturne vplive. V projektu je bil izdelan alternativen pristop k merjenju raztezkov z uporabo večjedrnih optičnih vlaken, ki nudijo ustrezno kompenzacijo neželenih zunanjih vplivov. Senzor raztezka, ki je cilj projekta, uporablja pojav interference svetlobe med dvema jedroma vlakna v sklopniku, ki je bil izdelan znotraj vlakna. Do pojava interference pride zaradi spremembe dolžine optične poti ($\Delta OPL = \Delta n \cdot \Delta L$) svetlobe, ki jo povzroči mehanski raztezek površine, na katero je senzor pritrjen. Za ustrezno zaznavo interference se mora optična pot jeder spreminjati različno, kar lahko dosežemo na dva načina. Prvi, bolj raziskan, uporablja različni dolžini jeder (doseženo s podaljšanjem ali krajšanjem enega izmed jeder). Drugi, izdelan v projektu, temelji na različnih lomnih količnikih jeder ($n_1 \neq n_2$), ki sta se v izdelku projekta razlikovala za 1,07 %. V optični progi so zraven predstavljenega dvojedrnega vlakna prisotna tudi povezovalna vlakna SMF 200.

Optični senzor raztezka temelji na kvalitetno ustvarjenem sklopniku znotraj dvojedrnega vlakna, ki ga ustvarimo z natančnim postopkom nadzorovanega vlečenja vlakna. Skozi postopek izdelave sklopnika je bila spremljana optična moč v progi, postopek izdelave pa je bil končan, ko je optična moč v opazovanem jedru padla na približno 50 %, kar pomeni, da je bilo preostalih 50 % moči prenesenih v drugo jedro. Po izdelavi je bilo dvojedrno vlakno pravokotno odrezano na razdalji $L_s = 20$ cm, kar je predstavljalo dolžino

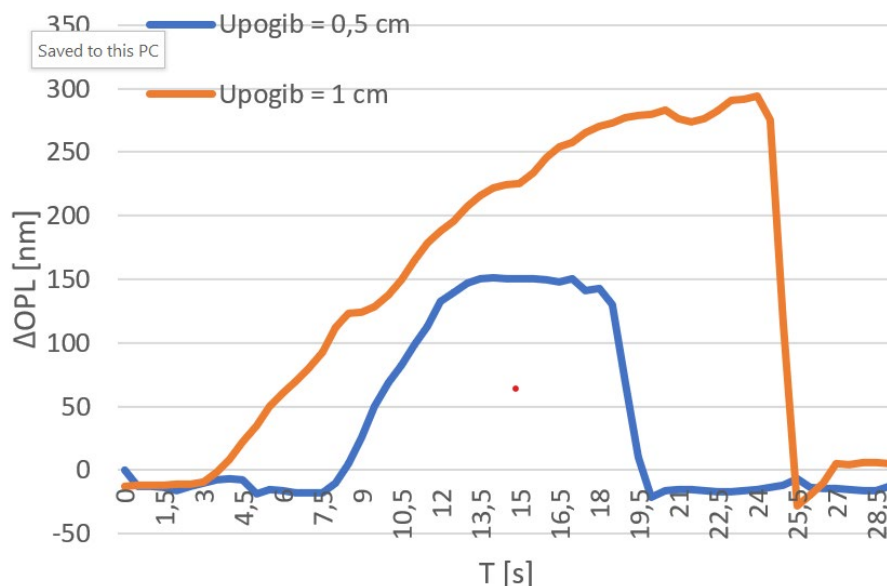
senzorskega dela vlakna (Slika 1). Senzor je bil pritrjen na aluminijski nosilec, pri čemer sta morali biti jedri ustrezno poravnani s površino za pravilen prenos raztezka.

Delovanje senzorja je prikazano z meritvijo dveh upogibov nosilca. Z uporabo interogatorja je bila izmerjena sprememba dolžine optične poti, ki je za upogib 1 cm znašala približno 300 nm, za upogib 0,5 cm pa približno 150 nm (slika 2). Iz tega lahko po enačbi za ΔOPL izračunamo, da je pri prvem upogibu znašal raztezek površine približno $28,04 \mu\text{m}$, za drugi upogib pa približno $14,02 \mu\text{m}$.



Slika 1: Senzor na upogljivem kovinskem nosilcu

Vir: lasten



Slika 2: Vpliv upogiba nosilca na ΔOPL

Vir: lasten

Ključne besede: večjedrna optična vlakna, optični senzorji raztezka, merjenje upogiba

VZPOSTAVITEV SISTEMA ZA DETEKCIJO/KOREKCIJO POTI VARJENJA MED ROBOTOM UR10E IN SISTEMOM WENGLOR

LUKA RUŠNIK, TINE TOMŠIČ

Letnik: 2., Projekt

doc. dr. **Timi Karner**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

asist. **Rok Belšak**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

izr. prof. dr. **Aleš Hace**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko
mentorji

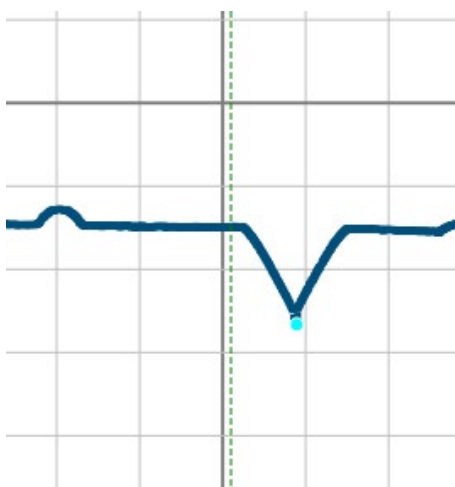
Projektna naloga obravnava vzpostavitev sistema za detekcijo zvarne linije in korekcijo poti varjenja z uporabo 2D laserskega senzorja. Namen projekta je bil razviti merilno-krmilni sistem, ki omogoča zaznavanje odstopanj zvarne linije in sprotno prilagajanje poti varjenja, s čimer se izboljša kakovost zvara ter zmanjša vpliv deformacij in tolerančnih odstopanj varjencev.

Sistem je temeljil na laserskem linijskem senzorju Wenglor MLZL171, ki omogoča zajem 2D profila površine. Senzor je bil povezan s kontrolerjem Wenglor MVCV001, kjer je potekala obdelava zajetih podatkov iz senzorja, prepoznavanje zvarov in nastavitve parametrov v programu UniVision3. Za nadaljno uporabo in krmiljenje linearne enote, je bila detekcija V-zvara, saj omogoča zanesljivo določanje sredine zvara.

Namesto industrijskega robota je bila za simulacijo premika varilne glave uporabljena linearna enota, krmiljena s Siemens PLC in programirana v okolju TIA Portal. Med kontrolerjem in PLC-jem je bila vzpostavljena TCP komunikacija, preko katere PLC v realnem času prejema merilne podatke o položaju točke sredine zvara.

Posebna pozornost je bila namenjena kalibraciji in mehanski poravnavi sistema. Senzor je bil poravnan nad sredino zvara z uporabo linearne enote, s čimer je bila določena referenčna ničelna lega. Takšna poravnava zagotavlja, da izmerjeni odmik predstavlja dejansko odstopanje zvarne linije in ne napake montaže ali orientacije senzorja.

Vzpostavljeni sistem omogoča zaznavanje položaja zvara v realnem času ter predstavlja osnovo za aktivno korekcijo poti varjenja na sistemu z robotom. Takšna rešitev je posebej pomembna pri avtomatiziranem varjenju, kjer lahko zaradi toplotnih deformacij, toleranc ali nepravilnega vpetja pride do odstopanj položaja varjenja. Integracija 2D laserskega senzorja, sistema za zaznavo zvarov in industrijskega krmilnika predstavlja sodoben pristop k izboljšanju kakovosti, zanesljivosti in ponovljivosti varilnih procesov.



Slika 1: Lociranje lokalnega minimuma kot središča zvara

Vir: lasten

Ključne besede: laserski profilni senzor, zaznavanje zvarov, PLC, merilni sistem

UPORABA KRMILNIKA REVOLUTION PI COMPACT ZA RAČUNALNIŠKI VID IN KLASIFIKACIJO PREDMETOV S POMOČJO CNN

PATRIK VIRTIC, TIM FERK

Letnik: 2., Projekt

izr. prof. dr. Uroš Župerl

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

asist. dr. Goran Mundar

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

izr. prof. dr. Aleš Hace

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

mentorji

Projekt obravnava uporabo krmilnika Revolution Pi Compact kot platforme za izvajanje nalog računalniškega vida in klasifikacije predmetov z uporabo konvolucijske nevronske mreže (CNN).

Glavni cilj projekta je razvoj sistema, ki omogoča samodejno prepoznavanje specifičnih industrijskih elementov kot so vijak, matica, podložka, medeninast vložek in v primeru, če ni nič od naštetega, sistem javi neprepoznaven objekt. Sistem temelji na zajemu slik s kamero, njihovi obdelavi in razvrščanje v ustrezne kategorije.

Učenje modela ni potekalo neposredno na napravi Revolution Pi Compact, saj ta zaradi omejenih strojnih virov ni primeren za proces treniranja. Namesto tega je bilo učenje izvedeno na zmogljivejšem računalniku, kjer se model nauči značilnosti posameznih predmetov na podlagi množice slik. Po zaključenem učenju, je bil model optimiziran in prenesen na krmilnik, kjer se uporablja izključno za inferenco.

Programska implementacija je bila izvedena v programskem jeziku Python, pri čemer so bile uporabljene knjižnice za strojno učenje in obdelavo slik. Potrebna je bila optimizacija modela in zmanjšanje kompleksnosti za delovanje na napravi zaradi omejene zmogljivosti strojne opreme. Rezultat projekta je delujoč prototip sistema, ki omogoča zanesljivo in učinkovito klasifikacijo izbranih predmetov v industrijskem okolju.



Slika 1: Revolution Pi Compact

Vir: lasten

Ključne besede: CNN, krmilnik, računalniški vid, optimizacija, Python, globoko učenje, inferenca

ALGORITMI UMETNE INTELIGENCE V ČASOVNEM IN FREKVENČNEM PROSTORU

ZORAN URAN, MARK ŽEJN

Letnik: 2., Projekt

doc. dr. **Božidar Bratina**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

asist. dr. **Dušan Fister**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

doc. dr. **Timi Karner**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

mentorji

Projekt algoritmi umetne inteligence v časovnem in frekvenčnem prostoru se je delil na dva dela. V prvem delu smo se posvetili ocenjevanju napolnjenosti (SOC – state of charge) in zdravju (SOH – state of health) litij-ionskih baterij z metodami strojnega učenja. Specifično smo z metodami strojnega učenja določali parametre (upornosti, kapacitivnosti ...) v nadomestnem vezju (angl. equivalent circuit model) litij-ionske baterije, ki je v našem primeru zaobjemal dve zaporedno vezani litij-ionski bateriji. Zaradi obsežnosti raziskovanega področja smo se omejili le na izgradnjo potrebnih programskih orodij in na ovrednotenje treh različnih metod strojnega učenja pri določanju parametrov baterije v nadomestnem vezju. Specifično smo ovrednotili učinkovitost genetskega algoritma, algoritma roja delcev in algoritma diferencialne evolucije.

V drugem delu projekta smo se posvetili analizi zvočnih signalov in večkratnih zvokov. Izvedli smo analizo glasbenih instrumentov, z namenom prepoznavanja in ločevanja več hkratnih tonov, ter analizirali zvok cerkvenih zvonov, posamezno in v skupinah do tri. Sledila je analiza več sočasnih zvokov avtomobilov s ciljem razviti model za klasifikacijo vrst avtomobilov. Na koncu smo zasnovali več govorni sistem za samodejno prepoznavanje govora, ki omogoča obdelavo govora več oseb hkrati.

Ključne besede: klasifikacijski in regresijski algoritmi, stanje napolnjenosti, stanje zdravja, Litij-ionske baterije, nadomestno vezje litij-ionske baterije, zvok, nevronska mreža, analiza v frekvenčnem prostoru

PAMETNI SISTEM STROJNEGA VIDA ZA ODKRIVANJE NAPAK V ZVARIH (WELD-VISION)

JAN GOMBOŠI, SAMO ZADRAVEC

Letnik: 2., Projekt

izr. prof. dr. **Simon Klančnik**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

prof. dr. **Riko Šafarič**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

mentorja

Cilj projekta je bil razviti in ovrednotiti pametni sistem strojnega vida za avtomatizirano zaznavanje površinskih napak v zvarih, z osredotočenostjo na poroznost. Namen sistema je zagotoviti hitro, objektivno in ponovljivo ocenjevanje kakovosti zvarov ter s tem zmanjšati odvisnost od subjektivnih ročnih pregledov v industrijskem okolju.

Razvit sistem temelji na industrijski monokromatski kameri in prilagojeni razpršeni LED osvetlitvi, ki omogoča zanesljiv zajem slik zvarov ob zmanjšanem vplivu bleščanja na kovinskih površinah. Z zajemnim sistemom je bilo pridobljenih približno 2000 slik zvarov, ki vključujejo tako brezhibne kot porozne primere. Površinske napake so bile ročno označene, s čimer je bila vzpostavljena učna in testna podatkovna baza.

Na podlagi pripravljenih podatkov sta bila razvita in primerjalno ovrednotena dva pristopa zaznavanja objektov: enostopenjski model YOLO in dvostopenjski model Faster R-CNN. Modela sta bila trenirana in testirana v programskem okolju Python. Njuna učinkovitost je bila ocenjena na ločenem testnem naboru z uporabo standardnih metrik, kot so natančnost, priklic in povprečna natančnost (mAP).

CDF ANALIZA TEKMOVALNEGA LETALA IN ZASTAVICE

NIK LIPOVNIK, JAN NIPič, FILIP KOSI

Letnik: 2., Projekt

prof. dr. **Riko Šafarič**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

asist. dr. **Dušan Fister**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

izr. prof. dr. **Simon Klančnik**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

mentorji

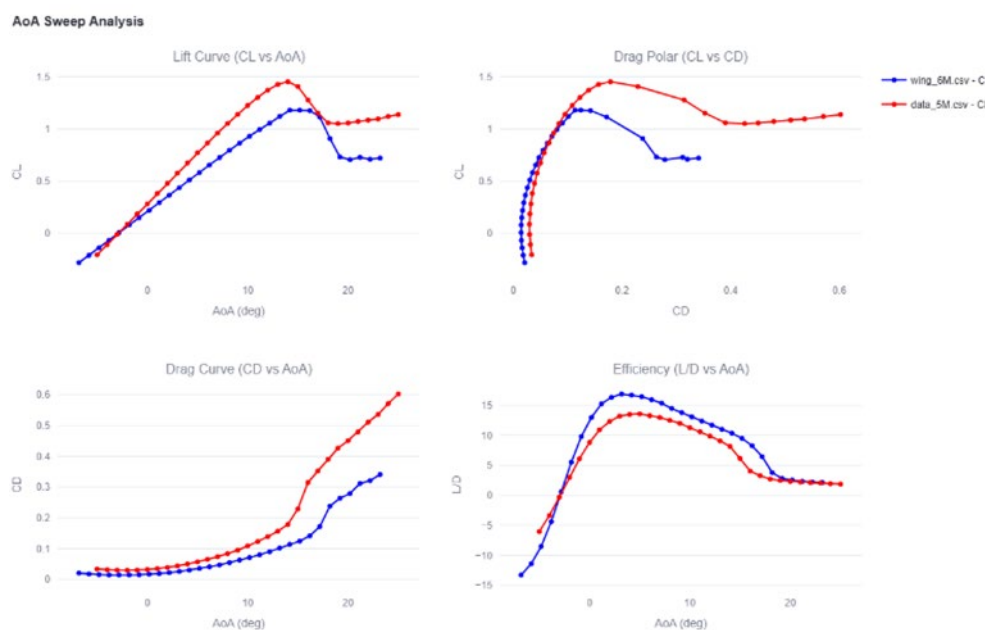
Namen raziskave je bil določiti aerodinamične karakteristike konfiguracije, oceniti stabilnost ter preveriti zanesljivost CFD pristopa pri napovedi vzgona, upora in pojava porušitve toka. V začetni fazi načrtovanja je bila uporabljena programska oprema XFLR5, ki temelji na potencialni teoriji toka. Z njeno pomočjo so bile dimenzionirani nosilne in repne površine, izbran je bil profil NACA 2310, določeni so bili ključni geometrijski parametri krila ter preverjena statična in dinamična stabilnost konfiguracije. Analize so pokazale ustrezno vzdolžno stabilnost ter maksimalno razmerje vzgon/upor v območju križarjenja, kar potrjuje primernost izbrane geometrije za tekmovalne zahteve. Zaradi omejitev potencialne teorije, ki ne zajema viskoznih in tridimenzionalnih interferenčnih pojavov, je bila izvedena dodatna CFD analiza.

Numerične simulacije so temeljile na RANS pristopu z uporabo turbulentnega modela $k-\omega$ SST. Posebna pozornost je bila namenjena pripravi geometrije, kakovosti mreže ter razrešitvi mejne plasti. Izvedena je bila študija neodvisnosti rezultatov od gostote mreže z uporabo treh različnih diskretizacij, kar je omogočilo oceno numerične napake in preverjanje konvergence rešitev. Rezultati kažejo, da sta koeficienta vzgona in upora v območju pritrjenega toka dobro konvergirana, pri čemer vzgon izkazuje bolj stabilno in asimptotično konvergenco kot upor. Maksimalni koeficient vzgona je bil dosežen pri približno 14° vpadnega kota, kar predstavlja začetek porušitve toka.

Analiza vpliva Reynoldsovega števila je pokazala, da sta pri višjih vrednostih tako vzgon kot upor praktično neodvisna od nadaljnjega povečevanja Reynoldsovega števila, kar potrjuje ustreznost izbranih obratovalnih pogojev. V območju po porušitvi toka rezultati postanejo občutljivi na gostoto mreže in kažejo značilnosti nestacionarnega toka, zato jih je v okviru stacionarnega RANS modela mogoče interpretirati predvsem kvalitativno.

Za avtomatizacijo CFD simulacij je bil razvit namenski uporabniški vmesnik, ki omogoča generiranje simulacijskih skript, avtomatsko transformacijo robnih pogojev pri različnih vpadnih kotih, ekstrakcijo rezultatov ter analizo konvergence. Takšen pristop zagotavlja ponovljivost, zmanjšuje možnost napak in omogoča učinkovito izvajanje večjega števila simulacij.

Skupno rezultati potrjujejo, da uporabljena metodologija omogoča zanesljivo napoved aerodinamičnih lastnosti v predporušitvenem območju ter predstavlja ustrezno osnovo za nadaljnjo optimizacijo in razvoj tekmovalne letalske konfiguracije.



Slika 1: Analiza vpliva vpadnega kota na vzgon (levo zgoraj), upor (levo spodaj), razmerje vzgon - upor (desno zgoraj) in učinkovitost (desno spodaj), za izolirano krilo (modre) ter celotno letalo (rdeče)
Vir: lasten

Ključne besede: CFD, Ansys Fluent, XFRL5, aerodinamika, simulacije

ODPRTO-ZANČNO IN ZAPRTO-ZANČNO KRMILJENJE ASINHRONSKIH ELEKTROMOTORJEV Z UPORABO FREKVENČNIKOV NIDEC COMMANDER C200 IN BECKHOFF SOFT-PLC

VUKAŠIN MILOŠEVIĆ, ANEJ VOZELJ

Letnik: 2., Projekt

izr. prof. dr. **Vito Tič**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

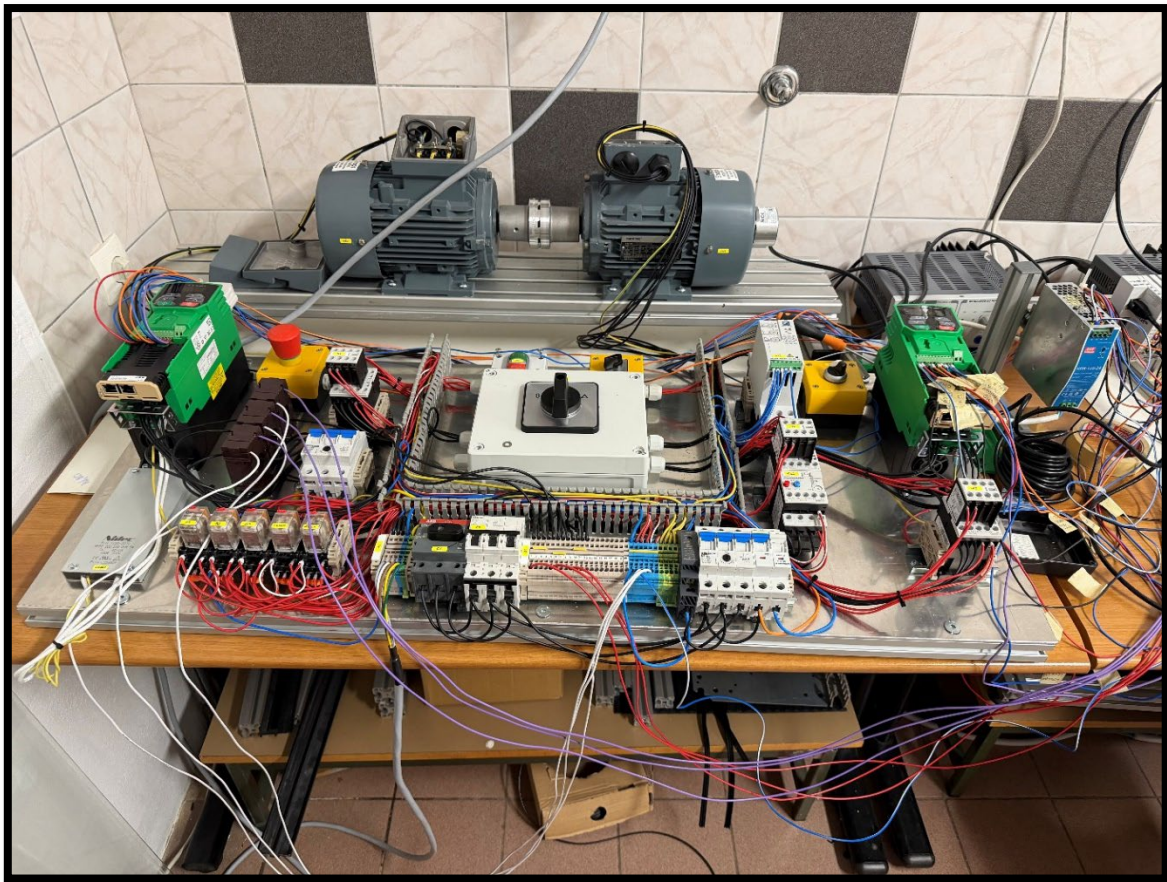
prof. dr. **Riko Šafarič**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko
mentorja

V okviru projekta smo obravnavali krmiljenje dveh trifaznih asinhronskih elektromotorjev z uporabo frekvenčnih pretvornikov Nidec Commander C200 in Beckhoff Soft-PLC sistema s programskim orodjem TwinCAT. Namen naloge je bil vzpostaviti sistem za odprto-zančno in zaprto-zančno regulacijo hitrosti motorja.

Najprej smo povezali frekvenčnika, inkrementalni dajalnik ter tokovnike z Beckhoff Soft-PLC. S tem smo omogočili zajem merilnih signalov, krmiljenje frekvenčnih pretvornikov ter komunikacijo med posameznimi komponentami sistema. Nato smo pripravili program za krmiljenje motorjev. Sistem je omogočal upravljanje motorjev preko uporabniškega vmesnika (HMI), spremljanje parametrov delovanja ter izvajanje različnih režimov krmiljenja. V odprto-zančnem načinu smo hitrost motorja določali z nastavitvijo moči v odstotkih, pri čemer se je hitrost izračunavala na podlagi frekvence napajanja brez povratne informacije o dejanskem stanju sistema.

V nadaljevanju smo implementirali zaprto-zančno regulacijo hitrosti z uporabo inkrementalnega dajalnika, ki je meril dejansko vrtilno hitrost motorja. Na podlagi merjene hitrosti smo v krmilniku izvedli PID regulacijo, ki je omogočala bolj natančno in stabilno delovanje sistema, predvsem ob spremembah obremenitve. Drugi asinhronski motor je bil uporabljen kot zaviralni oziroma obremenitveni element, kar je omogočilo analizo odziva sistema na motnje. Rezultati so pokazali, da zaprto-zančna regulacija zagotavlja bistveno boljšo natančnost in stabilnost hitrosti v primerjavi z odprto-zančnim krmiljenjem.



Slika 1: Sistem za krmiljenje asinhronskih motorjev

Vir: lasten

Ključne besede: asinhronski elektromotor, PLC, frekvenčnik, krmiljenje, regulacija

INTELIGENTNO GENERIRANJE ROBOTSKEGA PRIJEMANJA IN MANIPULACIJA OBJEKTOV S 3D KAMERO Z UPORABO RAZLIČNIH ROBOTSKIH TRAJEKTORIJ

ŽIGA BLATNIK, KLEMEN VRENTUŠA

Letnik: 2., Projekt

izr. prof. dr. **Aleš Hace**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

asit. dr. **Rok Pahič**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

doc dr. **Timi Karner**

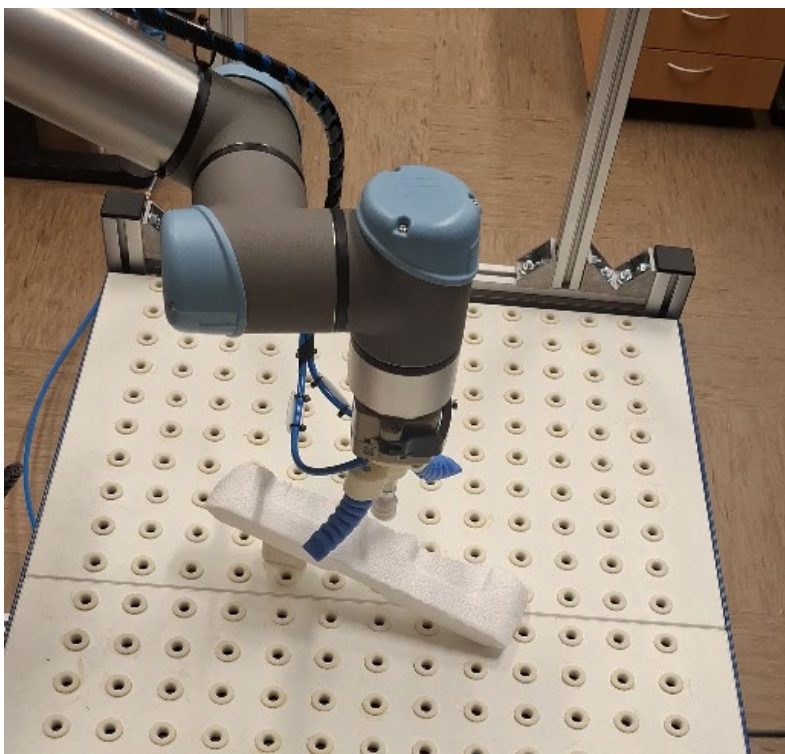
Univerza v Mariboru, Fakulteta strojništvo

mentorji

V okviru projekta smo vzpostavili programsko okolje na operacijskem sistemu Ubuntu z uporabo ROS2, Open3D ter Moveit orodij. Cilj projekta je bil generiranje robotskih trajektorij s pomočjo 3D kamere, z možnostjo uporabe, kot je na primer nanos lepila na objekt ali kakšna strojna obdelava slikanega predmeta. S pomočjo PhoXi kamere smo zajeli oblak točk, jih obdelali s posameznimi programi ter generirali ustrezne trajektorije za pomik robota. Najprej smo testirali zajemanje točke iz stare kamere, nato pa smo integrirali novo PhoXi kamero, ki nam je omogočila bolj natančno generiranje robov iz oblaka točk slikanega objekta.

Razviti algoritmi omogočajo, da iz pridobljene slike 3D kamere filtriramo okolico, natančno zaznamo robove objektov, razvrščanje in glajenje točk ter pretvorbo teh podatkov v zvezne in uporabne robotske poti. Delovanje sistema je bilo najprej testirano v simulacijskem okolju z uporabo MoveIt v programih RViz, UR simulator. Za pričetek dela na realnem robotu smo morali najprej narediti kalibracijo kamere na robotu. Rezultat

projekta je delujoč sistem, ki omogoča natančno vodenje robota po robovih različnih objektov.



Slika 1: Vodenje robota

Vir: lasten

Ključne besede: ROS2, oblak točk, PhoXi kamera, Moveit, UR simulator, obdelava točk

NADZOR IN KRMILJENJE EGALIZACIJSKEGA BAZENA V ČISTILNI NAPRAVI

JAN KMETEC

izr. prof. dr. **Uroš Župerl**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

Marko Munda

Modan d.o.o

izr. prof. dr. **Aleš Hace**

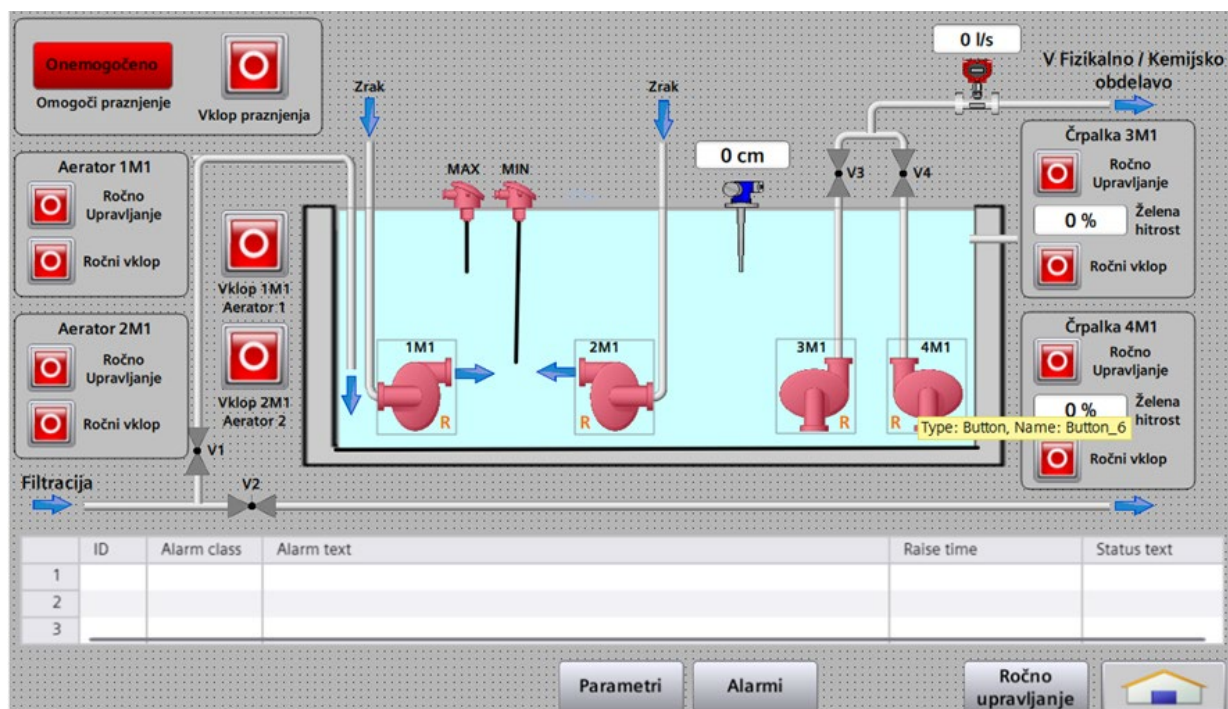
Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

mentorji

Za projekt egalizacije sem se odločil, ker ta predstavlja kritično točko v tehnološkem procesu čiščenja odpadnih voda, kjer sta zanesljivost in stabilna avtomatizacija ključnega pomena. Osrednji cilj naloge je bil zasnovati in implementirati krmilni sistem z uporabo programskega okolja TIA Portal. Ta platforma omogoča celovito konfiguracijo PLC-krmilnika in HMI vmesnika ter vzpostavitev natančnega nadzora nad celotnim procesom.

Vsebina projekta se osredotoča na avtomatizacijo vodenja reaktivnih aeratorjev in potopnih črpalk, ob hkratnem spremljanju ključnih procesnih parametrov, kot sta nivo bazena in pretok medija. Celotno upravljanje je integrirano v pregleden grafični vmesnik (HMI), ki uporabniku omogoča varen zagon, ustavitev ter takojšnjo diagnostiko naprav in alarmnih stanj.

Med izvedbo sem premagoval različne tehnične izzive, predvsem pri snovanju kompleksne krmilne logike in zagotavljanju brezhibne komunikacije med komponentami sistema. S sistematičnim testiranjem in analizo delovanja sem dosegel polno funkcionalnost krmilnega sistema. Projekt mi je prinesel dragocene praktične izkušnje na področju industrijske avtomatizacije in poglobljen vpogled v delovanje sodobnih čistilnih naprav.



Slika 1: Vizualizacija egalizacijskega bazena

Vir: lasten

Ključne besede: egalizacija, industrijska avtomatizacija, Tia Portal, HMI

IMPLEMENTACIJA IR IN TLAČNIH SENZORJEV NA DIRKALNIK FORMULA STUDENT

GABRIJEL ŠKRABA, ŽAN HABJANIČ, ANDREJ WALTER

Letnik: 2., Projekt

prof. dr. **Darko Lovrec**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

izr. prof. dr. **Vito Tič**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

doc. dr. **Mitja Truntič**

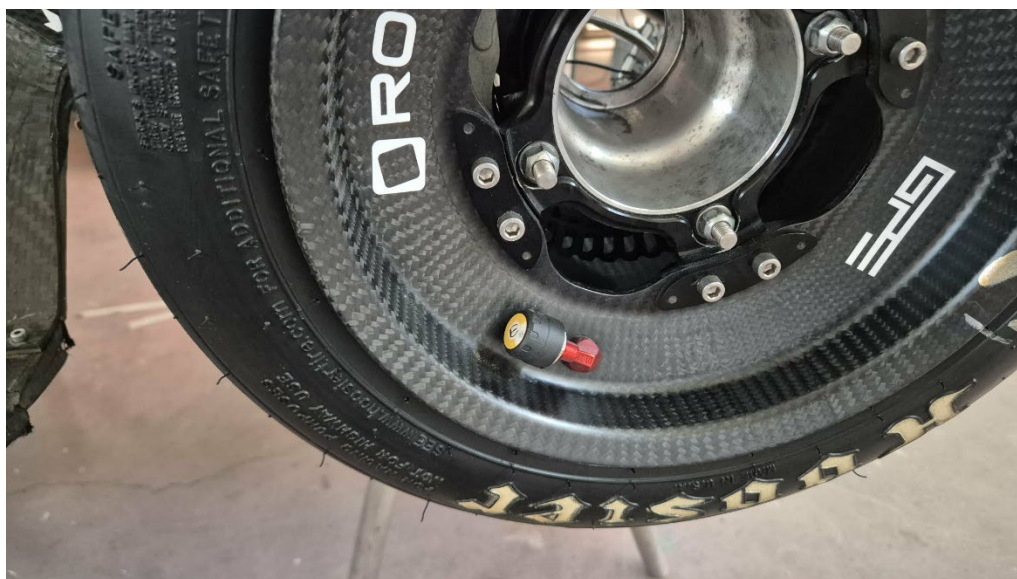
Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

mentorji

Cilj tega projekta je bila implementacija infrardečih in tlačnih senzorjev na pnevmatike Formule Student. Na vozilu so pnevmatike edina stična točka med vozilom in podlago, in tako igrajo ključno vlogo pri vsakem moto športu. Želja tako je, da je temperatura (in tlak) pnevmatike znotraj optimalne temperature tekalne površine pnevmatike. Za izvedbo smo uporabili IR senzor proizvajalca Omron, model D6T-8L-09H. Ta ima resolucijo merjenja 1×8 pixlov, v temperaturnem območju od 5°C do 200°C . Senzor potrebuje 5 V napajanje. ESP8266 in STM32F302CBT sta bila uporabljena kot centralni enoti za zajem podatkov preko I²C vodila s senzorja. V programskem delu je bil implementiran postopek inicializacije senzorja, branja podatkov in njihove pretvorbe v temperaturne vrednosti. Te podatke smo nato grafično prikazi na računalniku.

Izbrani tlačni senzorji delujejo preko Bluetooth komunikacije. Namestili smo jih na ventile posameznih pnevmatik na dirkalniku. S senzorji smo se povezali z mobilnim telefonom, kjer smo v mobilni aplikaciji pridobili podatke s tlačnih senzorjev.

Tekom te projektne naloge smo čedalje bolj razumeli povezavo temperature pnevmatike in tlaka v njej. Namreč vsaka pnevmatika se med vožnjo segreva, in tako se nekoliko povečuje tlak v pnevmatiki. Ker želimo na formuli imeti optimalen oprijem pnevmatike in podlage, sta oba parametra ključna, kako se bo formula odrezala na vijugasti stezi na progi.



Slika 1: Dirkalnik Formula Student s tlačnim senzorjem

Vir: lasten

Ključne besede: dirkalnik, temperaturni senzor, tlačni senzor, Formula Student

15. LETNA KONFERENCA MEHATRONIKE 2026: ZBORNİK POVZETKOV ŠTUDENTSKIH PROJEKTOV

ALEŠ HACE,¹ UROŠ ŽUPERL² (UR.)

¹ Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, Maribor, Slovenija
ales.hace@um.si

² Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo, Maribor, Slovenija
uros.zuperl@um.si

Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko (FERI) in Fakulteta za strojništvo (FS) Univerze v Mariboru (UM) sta edini v Sloveniji, ki izvajata kakovostne samostojne študijske programe Mehatronike na dodiplomski univerzitetni in visokošolski strokovni 1. stopnji ter na podiplomski magistrski 2. stopnji študija. Diplomirani inženir Mehatronike je v domači industriji, še bolj pa v naši sosesčini, izredno in vedno bolj iskan profil, strokovnjaki na tem področju pa sodelujejo v proizvodnji in razvoju najsodobnejših mehatronskih izdelkov. Študijski programi Mehatronike na Univerzi v Mariboru se odlikujejo s projektno orientiranim načinom izobraževanja, kjer študenti delajo v skupinah na različnih praktičnih mehatronskih problemih. Rezultate svojega projektne dela predstavijo študenti javno konec zimskega semestra in konec študijskega leta na Letni konferenci Mehatronike. Tako so letos na konferenci predstavili (organizirani v dveh delih 19. 2. 2026 in 18. 6. 2026) 37 projektov, od tega 15 projektov študenti visokošolskega strokovnega programa, 12 projektov študenti univerzitetnega dodiplomskega študijskega programa in 10 projektov študenti podiplomskega magistrskega študijskega programa. Povzetke teh projektov smo zbrali v pričujoči zbornik, kjer so predstavljene osnovne informacije, več podrobnosti pa so ekipe študentov predstavile na javni konferenci. Vsi projekti so zanimivi, zato vas v imenu organizatorjev FERI in FS vabimo, da se udeležite tudi naslednje Letne konference Mehatronike!

DOI

[https://doi.org/
10.18690/um.feri.9.2026](https://doi.org/10.18690/um.feri.9.2026)

ISBN

978-961-299-195-1

Ključne besede:

mehatronika,
robotika,
avtomatika,
industrija,
študentski projekti

DOI
[https://doi.org/
10.18690/um.feri.9.2026](https://doi.org/10.18690/um.feri.9.2026)

ISBN
978-961-299-195-1

Keywords:
mechatronics,
robotics,
automatization,
industry,
student projects

15TH ANNUAL CONFERENCE OF MECHATRONICS 2026: BOOK OF ABSTRACTS, STUDENT PROJECTS

ALEŠ HACE,¹ UROŠ ŽUPERL² (EDS.)

¹ University of Maribor, Faculty of Electrical Engineering and Computer Science, Maribor, Slovenia

ales.hace@um.si

² University of Maribor, Faculty of Mechanical Engineering, Maribor, Slovenia
uros.zuperl@um.si

Faculty of Electrical Engineering and Computer Science (FERI) and Faculty of Mechanical Engineering (FS) of University of Maribor (UM) are the only ones in Slovenia to conduct quality independent study programmes of Mechatronics at the undergraduate academic, higher professional and at the postgraduate master level. The study programs of Mechatronics at the University of Maribor are distinguished by the project-oriented method of education, where students work in groups on various practical mechatronic problems. The results of their project work are presented at the end of the study semesters at the Mechatronics Annual Conference. Thus, this year, our students at the conference organized (in two parts on February 19 and on June 18, 2026) represent a total of 37 projects. 15 projects were represented by students of a professional study programme, 12 projects by students of an academic undergraduate study program, and 10 projects by students of the postgraduate master study programme. Summaries of these projects have been gathered in the present Proceedings where basic information is shown. More details you can find out at the conference. All the projects are interesting and therefore we invite you on behalf of the FERI and FS organizers to take part in next year's Annual Mechatronic Conference!



Univerza v Mariboru

Fakulteta za elektrotehniko,
računalništvo in informatiko

Fakulteta za strojništvo



15. letna konferenca mehatronike 2026
Maribor, 18. junij 2026