

ŠOLSKI CENTER CELJE



Srednja šola za strojništvo, mehatroniko in medije

Raziskovalna naloga

DOZIRANJE MATERIALA ZA SINTRANJE

Avtorji:

Miha KAJBIČ, M-2. c

Žan KRAMŽAR, M-2. c

Luka TOMŠIČ, M-2. c

Mentorja:

Anton OVTAR, dipl. inž.

Stevo ROMANIĆ, dipl. inž.

Mestna občina Celje, Mladi za Celje

Celje 2015

POVZETEK

V današnjem času je čedalje več povpraševanja po zelo natančnih in preciznih izdelkih. Za uresničitev teh zahtev obstaja že veliko najrazličnejših procesov. Eden izmed njih je tudi stiskanje prahu za sintranje, s katerim dosežemo velike natančnosti, hitrosti izdelave, nepotrebno nadaljnjo mehansko obdelavo in navsezadnje tudi zadostno trdnost. Raziskovalni učni projekt predstavlja izboljšavo dozirnega dela že obstoječe naprave za stiskanje sintra. Na področju samega stiskanja sintra poznamo več načinov doziranja materiala za sintranje, zato smo se v tem projektu odločili, da že obstoječi ročni način doziranja nadomestimo z avtomatskim, s čimer bi dosegli boljše posipanje in razporeditev materiala, hkrati pa nam predstavlja hitrejšo, predvsem pa varnejšo stiskanje sintra.

Ključne besede: natančni izdelki, hitrost izdelave, varnost, ročno doziranje, mehansko doziranje.

SUMMARY

In present times, the demand for highly precise products is bigger than ever. A number of ways already exist to accomplish that precision, one of those being sintering, with which we can achieve high accuracy, fast production, efficient hardness and no need for any further mechanical processing. The research project represents the improvement of the sintering machine, by improving the dosing of the sintering material in the process. We know many different ways of dosing, but in our project, we replaced the already existing manual dosing system with an automatic one, which results in better sanding and material layout, all while increasing the speed and safety at which the process can be done.

Key words: precision products, fast production, safety, manual dosing, automatic dosing.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
1.1	PREDSTAVITEV PROBLEMA	1
1.2	HIPOTEZE.....	1
1.3	METODE RAZISKOVANJA.....	2
2	PREDSTAVITEV POTEKA RAZISKOVALNE NALOGE.....	3
2.1	POLŽASTI SISTEM.....	3
2.2	HIDRAVLIČNI SISTEM	4
2.3	PNEVMATSKI SISTEM.....	5
2.3.1	PRIPRAVA STISNJENEGA ZRAKA	5
2.3.2	PNEVMATSKI VALJ	7
2.4	NAČRTOVANJE, IZDELAVA IN IZBIRA KOMPONENT.....	8
2.4.1	ZALOGOVNIK	8
2.4.1.1	NAČRTOVANJE.....	8
2.4.1.2	IZDELAVA.....	8
2.4.2	CEV.....	10
2.4.2.1	NAČRTOVANJE.....	10
2.4.2.2	IZBIRA.....	10
2.4.3	PNEVMATSKI VALJ	12
2.4.3.1	NAČRTOVANJE.....	12
2.4.3.2	IZBIRA.....	12
2.4.4	VENTIL	14
2.4.4.1	NAČRTOVANJE.....	14
2.4.4.2	IZBIRA.....	14
2.4.5	OPTIČNI MEJNI SIGNALNIK.....	16
2.4.5.1	NAČRTOVANJE.....	16
2.4.5.2	IZBIRA.....	16
2.4.6	POSIPALEC.....	17
2.4.6.1	NAČRTOVANJE.....	17
2.4.6.2	IZDELAVA.....	18
2.5	VEZAVA TER PROGRAMIRANJE VENTILA IN SENZORJA.....	19

2.5.1	VEZAVA	19
2.5.2	PROGRAMIRANJE	19
2.5.2.1	SKALIRANJE.....	21
2.6	SESTAVLJEN DOZIRNI SISTEM.....	23
3	PREDSTAVITEV REZULTATOV.....	25
4	ZAKLJUČEK.....	26
5	ZAHVALA.....	27
6	VIRI.....	28
7	IZJAVA.....	29

KAZALO SLIK

Slika 1: Polžnica.....	3
Slika 2: Enosmerni hidravlični valj.....	4
Slika 3: Dvosmerni hidravlični valj	4
Slika 4: Enota za pripravo zraka	6
Slika 5: Enosmerni valj	7
Slika 6: Dvosmerni valj.....	7
Slika 7: Model zalogovnika v programu SolidWorks.....	9
Slika 8: Razgrnjen zalogovnik	9
Slika 9: Narebričena cev	10
Slika 10: Končna izbira cevi	11
Slika 11: Pnevmatški valj DSNU-20-50-PPV-A	12
Slika 12: Model ventila v programu SolidWorks.....	14
Slika 13: Ventil SOV 25 SOS 00	15
Slika 14: Senzor UF55MG3	16
Slika 15: Model posipalca v programu SolidWorks	18
Slika 16: Začetni zaslon HMI.....	20
Slika 17: Izračun senzorja	22
Slika 18: Novo omrežje merilnika	22
Slika 19: Sestavljen dozirni sistem.....	23
Slika 20: Sestavljen dozirni sistem.....	25

1 UVOD

Namen naše raziskovalne naloge je raziskati, predstaviti in tudi realizirati pot, s katero bi bilo možno, z izboljšavo dozirnega dela naprave, najhitreje, ceneje in varneje priti do zelenega izdelka. Težava že obstoječe naprave za stiskanje sintra se pojavlja v nenatančnem doziranju in posipanju prahu za sintranje, za kar se pojavlja več mehanskih in tehničnih rešitev. S primerjanjem raznih sistemov doziranja npr. hidravličnih sistemov, mehanskih sistemov in pnevmatskih sistemov se nam je ravno v slednjem začela kazati morebitna rešitev. Ker je pnevmatski sistem najmanj robusten in primeren za utesnjene prostore, smo sklepali, da bi prav pri tem sistemu dosegli najboljši izkoristek.

1.1 PREDSTAVITEV PROBLEMA

Problem ročnega doziranja se pojavlja v neenakomerni razporeditvi materiala za sintranje. Če razporeditev ni enakomerna, se ta neenakomernost pojavlja tudi pri že stisnjenem izdelku. Tako se pri dokaj majhnem odstopanju posipanja delci, ki nastanejo med stiskanjem, med seboj ne zvarijo. Vse te pomanjkljivosti pripeljejo do tega, da pri toplotni obdelavi oziroma sintranju ne dobimo zadostne gostoto materiala in ustrezne mikrostrukture. Zato smo se v raziskovalni nalogi odločili, da izdelamo sistem doziranja, ki bi vse omenjene pomanjkljivosti odpravil. Poleg tega pa bi se od drugih dozirnih sistemov razlikoval tudi po robustnosti ter zanesljivosti.

1.2 HIPOTEZE

Cilj naše raziskovalne naloge je izdelati in nadomestiti ročni sistem doziranja materiala za sintranje. Da cilj dosežemo, pa si moramo postaviti hipoteze. S tem želimo pokazati, da je na področju varnosti, ki je pri dosedanjem sistemu doziranja zanemarljiva, ter hitrosti izdelave, ki nam s finančnega vidika pomeni dodaten priliv, upravičeno nadomestiti ročni sistem doziranja in ugoditi zahtevam uporabnika ali potencialnega kupca. Hkrati pa želimo spoznati delovanje drugih dozirnih sistemov in na podlagi teh izdelati najprimernejšega.

Za nadaljnje raziskovanje smo si zastavili sledeče hipoteze:

- S primerjanjem hidravličnega, pnevmatskega ter polžastega sistema pridemo do najprimernejše rešitve.

- Senzor je v dozirnem sistemu pomemben za določevanje pozicije.
- Z avtomatskim sistemom dobimo enakomerno posipanje.
- Signalni in močnostni del bo mogoče upravljati preko krmilnika.
- Celoten sistem ne bo predrag.

1.3 METODE RAZISKOVANJA

V naši raziskavi smo uporabili dve metodi raziskovanja. Metodo analize, ki temelji na osnovi razčlenitve celote na osnovne sestavne dele, smo uporabili pri razčlenitvi dozirnega sistema na osnovne sestavne dele. S primerjalno metodo smo primerjali različne sisteme doziranja in tako prišli do najprimernejše rešitve.

2 PREDSTAVITEV POTEKA RAZISKOVALNE NALOGE

Glavni namen raziskovalne naloge je bil nadgraditi že obstoječi stroj za izdelavo sintranih izdelkov. Ker je celoten stroj v osnovi dobro dodelan, je bilo na začetku iskanje pomanjkljivosti zelo zahtevno. Vendar pa se je pomanjkljivost pokazala že pri prvem stiskanju sintranega izdelka, in sicer je bila to varnost ob nasipanju prahu v matrico. Pokazalo se je, da bi lahko osebo, ki bi prah ročno nasipala, valj stisnil in tako poškodoval. Pojavlja pa se tudi problem neenakomerne gostote prešanca. To napako lahko deloma pripišemo stiskanju v eno smer, deloma pa je to krivda neenakomernega ročnega posipanja. Zato smo se odločili, da ta dva problema odpravimo. Rešitev smo iskali v raznih mehanskih sistemih in tako izločili tri najprimernejše: hidravlični, pnevmatski in polžasti sistem, ki jih bomo v nadaljevanju tudi opisali.

2.1 POLŽASTI SISTEM

Polžasti sistem je univerzalno transportno sredstvo, ki je namenjen za transport sipkih materialov. Je zelo praktičen, saj potrebuje malo prostora in se ga lahko namesti na vodoravne in pokončne površine, kjer zaradi dobrega tesnjenja omogoča prenašanje prahastih materialov. Prav zaradi te lastnosti se uporablja za transport zdravju škodljivih snovi. Premeri polžnice znašajo od 50 mm do 1600 mm, lahko pa imajo cevasto ali koritasto ohišje. Transport opravlja polžnica (*Slika 1*), ki surovino potiska pred seboj in tako ustvarja linearno gibanje.



Slika 1: Polžnica

Vendar pa se v našem primeru pojavlja ključna pomanjkljivost. Ker smo pri prostoru omejeni, takšen sistem ne pride v poštev zaradi svojih dimenzij in robustnosti. Prav tako v našem

projektu stremimo k temu, da nam dodatnih izravnalnih sistemov oziroma posipalca ne bi bilo potrebno izdelovati, saj bi to moral storiti že dozirni sistem sam.

2.2 HIDRAVLIČNI SISTEM

Pri tem sistemu je bil naš namen s hidravličnim valjem ustvariti sistem, ki bi združeval tako dozirni kot posipni del, saj bi nanj slednjega zlahka pritrdili. Hidravlični valj ustvarja mehansko gibanje in se uporablja v različnih tehničnih panogah. Hidravlične valje delimo na enosmerne (*Slika 2*) in dvosmerne (*Slika 3*). Dvosmerni valj s pomočjo hidravlične tekočine deluje v obe smeri in se od enosmernega valja razlikuje v tem, da tudi v povratno smer deluje z določeno silo in ne kot enosmerni valj, ki se v povratno smer giblje s pomočjo vzmeti oziroma z delovanjem teže. Delovanje hidravličnega valja običajno krmilimo s potnimi ventili. Za doseganje maksimalnih moči valja pa je najpomembnejše, kar moramo upoštevati, vpenjanje valja na konstrukcijo. Pri tem se moramo izogibati delovanju stranskih sil na batnico. Ena izmed prednosti je velika proizvedena sila, ki pa jo je mogoče regulirati.



Slika 2: Enosmerni hidravlični valj



Slika 3: Dvosmerni hidravlični valj

Sistem tega tipa bi bil bolj praktičen od polžastega sistema, vendar pa se pojavljajo druge težave. Poleg tega pa pri našem primeru ne potrebujemo velikih sil. Vnetljivost in lom

komponent sta eni izmed pomanjkljivosti, ki se pojavljata zaradi velikih tlakov pri obratovanju sistema. S tem ne rešimo problema varnosti. Problem je tudi hrupen pogon, ki pri že obstoječi napravi povzroča veliko težav. Pojavljata se tudi občutljivost na temperaturo in umazanijo, ki pa sta pri delu s kovinskimi prahovi neizogibna.

2.3 PNEVMATSKI SISTEM

Ker se je izkazalo, da je hidravlični sistem še najbližje rešitvi, smo se odločili, da idejno zasnovo obdržimo in zamenjamo samo medij, v našem primeru hidravlično olje, ter ga nadomestimo z zrakom. Tako pridobimo neobčutljivost na temperature, saj stisnjen zrak zagotavlja delovanje naprav pri temperaturah od $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ pa do $200\text{ }^{\circ}\text{C}$, vendar le v primeru predhodne obdelave. Prednost zraka je tudi v transportu, saj lahko stisnjen zrak brez večjih padcev tlaka transportiramo na daljše razdalje. Glavni razlog za izbiro tega medija pa je v varnosti in prijaznosti do okolja, saj ga po odvzemu iz ozračja vanj vrnemo nespremenjenega. Stisnjen zrak ni nevaren za nastanek eksplozij, saj je nevnetljiv.

2.3.1 PRIPRAVA STISNJENEGA ZRAKA

Za normalno delovanje pnevmatskih komponent moramo stisnjen zrak ustrezno pripraviti. S sintranimi filtri ga očistimo vseh trdih delcev in tako pripravimo za naslednjo stopnjo, v kateri mu dodamo mazalno olje v obliki *oljne meglice*. Mazanje je za normalno delovanje ključnega pomena. Vse to pa nima nobenega smisla, če zrak pred uporabo ne sušimo. Ta namreč pred stiskanjem vsebuje veliko vlage, ki se po tlačenju lahko začne nabirati po celotnem omrežju in tako poškoduje komponente z nastankom korozije. Za odstranjevanje kondenzata se direktno pred komponente namesti pripravna enota (*Slika 4*), na omrežju pa se namestijo izločevalniki kondenzata, ki morajo biti nameščeni na najnižjo točko omrežja.



Slika 4: Enota za pripravo zraka

Za dolgotrajno uporabo pnevmatskih komponent je treba zrak sušiti s postopki absorbcije, adsorbcije in sušenja z ohlajanjem. Pri postopku absorbcije zrak potuje skozi plast kemičnega sušilnega sredstva, kjer ga osušimo za 10–15 %. Ko se ta nasiči, jo je potrebno nadomestiti. Adsorbcija je postopek, pri katerem zrak spuščamo skozi snov, imenovano *siliko-gel*, ki na površini zadrži vlago. Ko je ta dovolj nasičena, jo s stisnjenim suhim zrakom regeneriramo. Pri zadnjem postopku, tj. sušenju z ohlajanjem, zrak ohladimo na temperaturo rosišča ter ga še dodatno ohladimo do ca. 2 °C ter mu tako skoraj v celoti odstranimo vlago.

2.3.2 PNEVMATSKI VALJ

Pnevmatski valji so v osnovi podobni hidravličnim. Prav tako poznamo enosmerne (*Slika 5*) ter dvosmerne (*Slika 6*), ki opravljajo delovni in povratni gib. Dvosmerni valji so standardno izdelani do premera 50 mm, v dolžino pa običajno merijo do 2500 mm. Po potrebi so lahko daljši, vendar se takrat začne pojavljati nevarnost uklona in upogiba. Pri enosmernih valjih se ta problem ne pojavlja, saj imajo ti krajše gibe, prav tako pa ne dosežajo tako velikih sil kot dvosmerni valji. Ravno zaradi tega razloga se uporabljajo za manjše hitrosti, kratke gibe in manjše sile.



Slika 5: Enosmerni valj



Slika 6: Dvosmerni valj

2.4 NAČRTOVANJE, IZDELAVA IN IZBIRA KOMPONENT

Pri načrtovanju in izbiri komponent bomo s pomočjo programske opreme za 3D-oblikovanje, SolidWorks, ki nam najbolje prikaže dejansko obliko kasnejšega izdelka, oblikovali zelene komponent pnevmatskega dozirnega sistema. Za določanje standardiziranih komponent, kot so ventili, senzorji in pnevmatski valji, nam bodo za pomoč služili razni katalogi in druga promocijska sredstva. Pri izdelavi nestandardnih komponent se bomo posluževali najrazličnejših metod obdelave kovin. Komponente bodo del nerazstavljivih (varjenje) kot tudi razstavljivih zvez (vijačne zveze).

2.4.1 ZALOGOVNIK

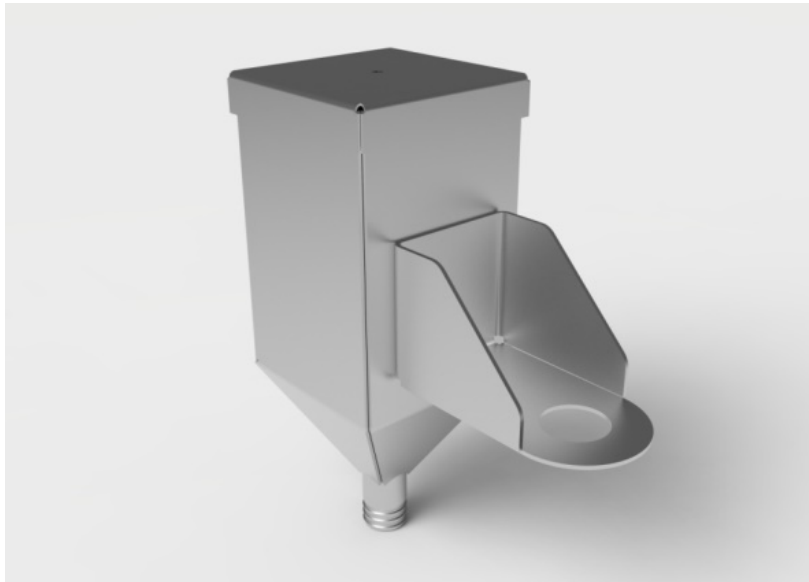
2.4.1.1 NAČRTOVANJE

Kot osnova se v vseh dozirnih sistemih uporablja lijak ali zalogovnik, ki ima funkcijo shranjevanja določene količine materiala, s katerim operiramo. Za nemoteno oskrbo s prahom za sintranje smo se tudi mi odločili, da sistemu za doziranje prahu dodamo ustrezen zalogovnik. Pri njegovem načrtovanju smo morali upoštevati več dejavnikov, ki so vplivali na velikost in zunanjo podobo zalogovnika. Zaradi majhnosti prešanega izdelka so tudi dimenzije zalogovnika temu primerne. Iz prakse je razvidno, da je zalogovnik brez lijaka ali zalogovnik z ravnim dnom zelo nepraktičen, saj za razliko od zalogovnika z lijakom prah ne koncentrira v eno točko. Posledica takšnega zalogovnika je nepotrebno nabiranje prahu poleg odprtine. Zato smo na zalogovnik dodali lijak in tako rešili ta problem. Zaradi omejenosti s prostorom smo zalogovnik namestili na vrh enega od štirih vodil stroja za stiskanje in se s tem izognili dodatnim in nepotrebnim nosilcem. Idejo smo s pomočjo programa SolidWorks tudi teoretično uresničili (*Slika 7*).

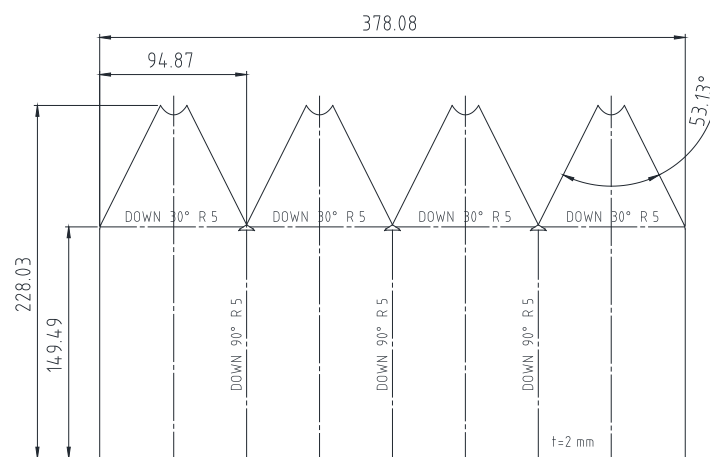
2.4.1.2 IZDELAVA

Ker pri projektni nalogi stremimo tudi k čim enostavnejši izdelavi, smo zalogovnik naredili iz aluminijaste pločevine, s čimer smo prihranili pri teži in odpravili možnost rjavenja. Zalogovnik je tako narejen iz pločevine, debeline 3 mm, in ima dimenzije 250 mm × 100 mm × 100 mm. Na dolžini 150 mm se začne ožiti in se zoži na luknjo s premerom 25 mm. Iz teh dimenzij je razvidno, da je volumen zalogovnika 1,6 l. Na začetku izdelave smo na aluminijasto pločevino najprej narisali razgrnjen zalogovnik ter ga izrezali. Sledilo je

krivljenje pločevine z ročnim krivilnim strojem in varjene s TIG-varilnim strojem, s čimer smo ustvarili nerazstavljivo zvezo. Za pritrnitev zalogovnika na stroj za stiskanje smo iz iste pločevine naredili nosilec z odprtino premera 30 mm in ga s TIG-varjenjem pritrčili. Poleg nosilca smo ločeno naredili tudi pokrov za zalogovnik iz aluminijaste pločevine, debeline 3 mm, in ga kot zalogovnik s pomočjo krivilnega stroja zakrivili.



Slika 7: Model zalogovnika v programu SolidWorks



Slika 8: Razgrnjen zalogovnik

2.4.2 CEV

2.4.2.1 NAČRTOVANJE

Cev je v našem dozirnem sistemu namenjena povezovanju lijaka zalogovnika s posipalcem. Vendar pa je ključnega pomena čim manjši upor pri presipanju prahu od zalogovnika do posipalca, kar bi dosegli z gladko notranjostjo. Pojavljati pa se začne problem privzdigovanja posipalca, za kar je deloma kriva togost same cevi. Za rešitev te težave smo morali izbrati cev s čim manjšo steno in tako zmanjšati njeno togost. Vendar pa se pojavi možnost prepogiba cevi in s tem zapora nemotene poti prahu do posipalca. Za to težavo vidimo rešitev v cevi s tanko steno, okrog katere je v obliki spirale navita ojačitev. S tem rešimo problem upogibanja, ker pa je cev v notranjosti gladka, se odpravi problem upora pri pretoku prahu. Z rešitvijo problemov smo lahko začeli iskati standardno izvedbo takšne cevi. Tako smo vse potrebne informacije poiskali v katalogih in se odločili za najprimernejšo izvedbo.



Slika 9: Narebričena cev

2.4.2.2 IZBIRA

Kot je bilo predvideno, je morala biti cev za naš sistem tanka, z gladko notranjostjo in dovolj ojačana proti prepogibu. Po pregledu katalogov smo zasledili cev, ki je ustrezala vsem našim kriterijem. Poleg tega nam je njena cena, 4,5 € na tekoči meter, prav tako ustrezala. Kot navaja proizvajalec, je izbrana cev (*Slika 10*) v osnovi narejena iz poliuretana in ima debelino stene 1 mm. Cev je v notranjosti gladka, zunaj pa rahlo nagubana in ojačana s trdo PVC-

spiralo. To preprečuje njen pregib. Vse naštetе lastnosti omogočajo uporabo cevi za transport raznih sipkih materialov in drugih snovi.



Slika 10: Končna izbira cevi

2.4.3 PNEVMATSKI VALJ

2.4.3.1 NAČRTOVANJE

Pnevmatski valj je kot izvršilni element našega sistema ena izmed najpomembnejših komponent. Z linearnim gibanjem pomika posipalca preko matrice in s tem ustvarja enakomerno razporeditev prahu. Kot smo že omenili, je pnevmatski valj linearni motor, ki energijo stisnjenega zraka spreminja v mehansko energijo. V osnovi jih ločimo na dvosmerne in enosmerne. Glede na načrtovan dozirni sistem mora valj opravljati delo v obe smeri (naprej posipanje, nazaj izravnavo). Delovni gib valja mora v našem primeru doseči zadostno razdaljo, da s posipalcem prekrije matrico. V odvisnosti od posipalca je tudi sila, ki jo mora zagotavljati pnevmatski valj. S samo težo posipalca mora pnevmatski valj razvijati večje sile, kar s sabo prinese drugačne dimenzije valja ter posledično tudi neželene stroške. To težavo bomo v nadaljevanju reševali z ustrežno izbiro materiala za posipalec ter na ta način rešili problem s ceno. Rešiti pa moramo tudi težavo, do katere prihaja zaradi hitrosti, ki jo razvije pnevmatski valj. Posledica te hitrosti je poškodba valja ob udaru bata v pokrov valja.



Slika 11: Pnevmatski valj DSNU-20-50-PPV-A

2.4.3.2 IZBIRA

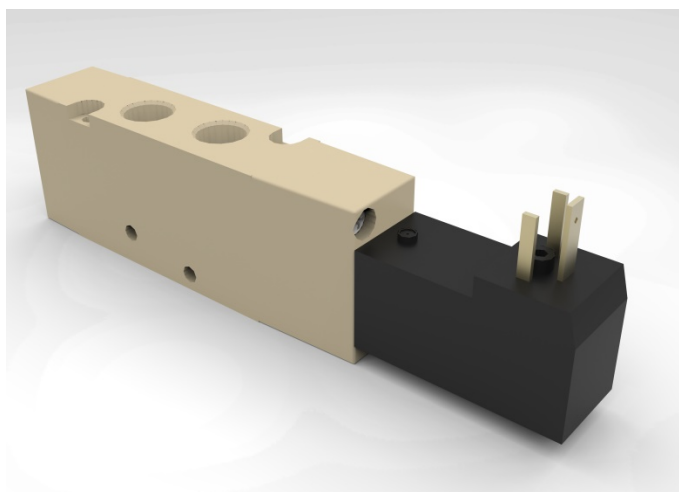
Glede na probleme, ki se pojavljajo, smo pri različnih ponudnikih poiskali ustrezne rešitve. Dolžina od pritrdilnega mesta pnevmatskega valja do matrice je 80 mm, zato smo se odločili za standardno dolžino giba 50 mm, preostalih 30 mm pa smo dosegli s posipalcem. Zaradi potrebne sile v obe smeri smo se odločili za dvosmerni valj s teoretično silo 188,5 N pri 6 bar. S pnevmatičnim dušenjem na obeh koncih valja smo rešili težavo s hitrostjo, ki nam lahko poškoduje valj. Iz vseh potrebnih lastnosti smo izbrali standardni pnevmatski valj proizvajalca

Festo, tip DSNU-20-50-PPV-A (*Slika 12*). Proizvajalec nam v tehničnih podatkih navaja, da je valj v osnovi narejen iz visokolegiranega jekla z aluminijastimi pokrovi. Valj ima premer bata 20 mm ter navoj na batnici M8. Za dovod zraka skrbita fittinga premera 4 mm.

2.4.4 VENTIL

2.4.4.1 NAČRTOVANJE

Za krmiljenje pnevmatskega valja je potrebno v vezavo dodati ustrezen potni ventil. Potni ventili zapirajo, odpirajo in usmerjajo pot stisnjenega zraka. Z različno zgradbo oziroma povezavo med priključki lahko s temi ventili realiziramo različne funkcije. Potne ventile ločimo glede na fizično izvedbo, število priključkov in položajev, način proženja, stanje mirovnega položaja in glede na obstojnost preklopljenega položaja. Fizična izvedba vpliva na več dejavnikov, kot so življenjska doba komponent, preklopna sila in odpornosti na zunanje dejavnike. V tej kategoriji bo naš ventil moral kljubovati prahu in imeti majhno preklopno silo. Zaradi uporabe dvosmernega pnevmatskega valja bo ventil potreboval dva izhodna priključka. S programljivim logičnim krmiljem bo ventil prožil električni signal in se bo po prenehanju delovanja preklopne sile povrnil v osnovni položaj ter s tem povrnil pnevmatski valj v začetno pozicijo.



Slika 12: Model ventila v programu SolidWorks

2.4.4.2 IZBIRA

Kot smo že omenili, mora biti ventil odporen proti prahu in imeti majhno preklopno silo. Te karakteristike izpolnjuje drsni ventil. Naslednja zahteva je bila, da mora imeti ventil dva izhodna priključka; v ta namen se uporablja ventil 5/2 (5 možnih priključkov in 2 stanji). Ventil bomo posredno z elektromagnetom prožili preko programljivega logičnega krmilja. Za vrnitev ventila v prvotni položaj bo poskrbela mehanska vzmet. Zaradi te lastnosti se ventil

imenuje monostabilen. Končno poimenovanje zelenega ventila je 5/2 potni ventil, monostabilen, posredno elektromagnetno prožen. S tem poimenovanjem smo začeli iskanje po ponudbi raznih proizvajalce in se odločili za vodilno znamko na italijanskem tržišču Metal Work ter izbrali ventil SOV 25 SOS 00 (*Slika 14*). Ventil preklaplja z elektromagnetom, ki je pod delovno napetostjo 24 V, in tako ustreza vsem pogojem, ki smo si jih zastavili.



Slika 13: Ventil SOV 25 SOS 00

2.4.5 OPTIČNI MEJNI SIGNALNIK

2.4.5.1 NAČRTOVANJE

Na začetku raziskovalne naloge smo si zadali cilj, da uporabniku prikažemo trenutno pozicijo posipalca. Za določevanje pozicije obstaja več načinov, kot so merjenje z merilnimi letvami, s kamero in z optičnimi mejnimi signalniki. Slednji so se nam zdeli najprimernejši, saj so merilne letve v našem primeru zelo nepraktične, ker jih je skoraj nemogoče pritrditi na naš sistem. Merjenje s kamero pa je zelo komplicirano in tudi cenovno neugodno. Z optičnim senzorjem smo se izognili vsem težavam. Optični senzor v osnovi deluje na svetlobo, odbito od določenega predmeta ali odbojnega telesa. Svetloba, ki jo oddaja oddajnik, je lahko vidna ali nevidna. Prejemnik in oddajnik sta lahko v enem ohišju ali pa ločena. Za oddajanje svetlobe poskrbi navadna LED-dioda, za sprejemanje signala pa fotodioda ali fototranzistor. Za naše potrebe je zadostoval senzor z merilnim območjem do 250 mm in z analognim izhodom. Pritrdili smo ga vzporedno s pnevmatskim valjem in tako poskrbeli za največjo natančnost.



Slika 14: Senzor UF55MG3

2.4.5.2 IZBIRA

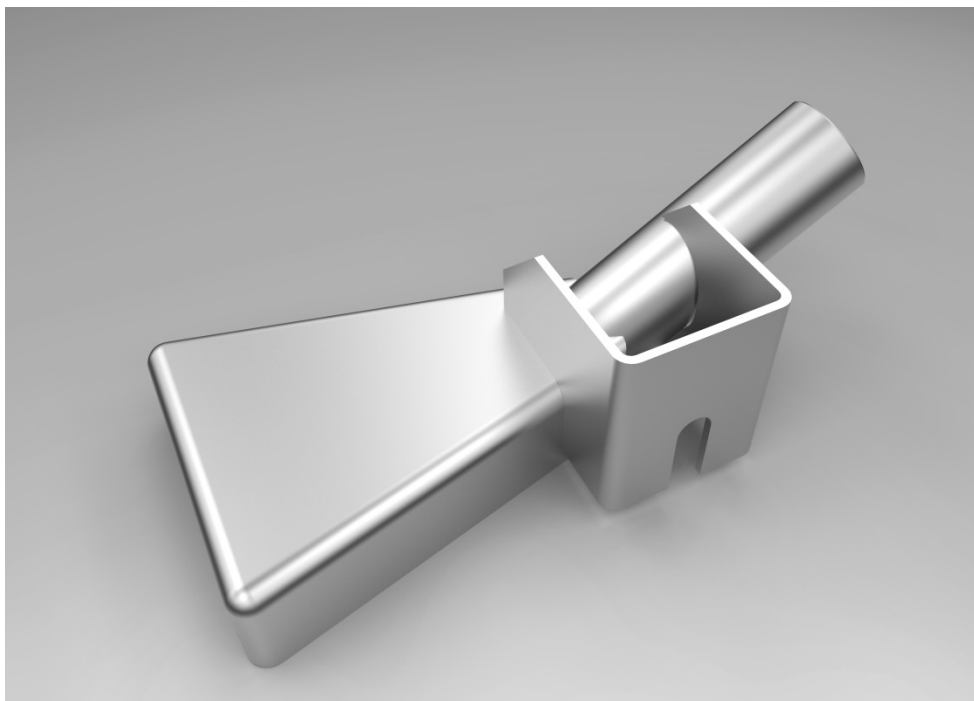
Glede na zanesljivost in dolgoletne izkušnje proizvajalca Wenglor se je izbira analogno refleksnega senzorja izkazala kot zelo dobra. Izbran senzor tipa UF55MG3 (Slika 14) se uporablja za aplikacije, ki zahtevajo analogno merjenje med senzorjem in predmetom. Senzor na izhodu daje analogne vrednosti. Te vrednosti predstavljajo napetosti od 0 do 10 V. Izhodna

napetost je odvisna od svetlosti merjenega predmeta, saj svetlejši predmeti bolje oddajajo svetlobo kot temnejši. Senzor deluje na napetosti med 20 V in 30 V. Zaradi morebitnih nadaljnjih nadgradenj senzor nima merilnega območja do 250 mm, kot smo predvideli, ampak 500 mm, od česar je 50 mm namenjenih alarmu. Tako je dejansko merilno območje 450 mm.

2.4.6 POSIPALEC

2.4.6.1 NAČRTOVANJE

Za doseganje avtomatskega posipanja prahu za sintranje je poleg ventila, pnevmatskega valja in zalogovnika potreben tudi posipalec (*Slika 15*). Z njim dosežemo enakomerno posipanje in razporeditev prahu v matrico. S tem dosežemo enakomernejšo gostoto stisnjencea ter primerljivo trdoto z drugimi litimi kovinami. Takšne rezultate pa ne dosežemo brez ustreznih karakteristik posipalca. V našem primeru smo prostorsko omejeni zaradi orodja za stiskanje. Iz tega razloga smo morali prilagoditi dimenzije posipalca. Prostorska omejenost pa ne vpliva samo na dimenzije, temveč tudi na priključitev cevi, po kateri bomo dovajali prah za sintranje. Namesto idealne izvedbe, pri kateri bi bila cev pritrjena pravokotno na orodje, smo to morali rešiti z drugačno pritrditvijo. Za ustrezno delovanje posipalca smo nanj pritrdili pnevmatski valj. Ker ima le-ta samo 50 mm delovnega giba, smo s posipalcem dosegli ostalih 30 mm, ki so potrebni, da posipalec prekrije matrico. Rešiti pa smo morali tudi težavo s težo in obliko posipalca. Njegova oblika je pomembna z vidika pomikanja prahu proti matrici. Težavo z težo pa smo odpravila z ustrezno izbiro materiala, iz katerega je narejen.



Slika 15: Model posipalca v programu SolidWorks

2.4.6.2 IZDELAVA

Na začetku izdelave smo morali določiti obliko posipalca in s tem rešiti težavo s pomikanjem prahu proti matrici. Ker nam pravokotna oblika tega ni omogočala, smo se odločili za obliko enakokrakega trikotnika. Dimenzija, ki ostane med orodjem in ploščo s pestičem, ki ga potiska hidravlični valj v najnižjem položaju, nam je služila za nadaljnje določanje dimenzij posipalca. Med orodjem in ploščo s pestičem, ki nas je omejevala pri dimenzioniranju, je 70 mm, zato smo se odločili, da bo posipalec visok 50 mm. Za pritrditev cevi nanj je poskrbela aluminijasta cev s premerom 25 mm, ki bo nameščena pot kotom 30° . Posipalec je v osnovi izdelan iz aluminijaste pločevine, s katero smo rešili problem teže. Pločevina je debeline 2 mm, pri čemer sta stranici posipalca dolgi 100 mm, osnovna stranica pa 80 mm. Za dodatnih 30 mm, ki so potrebni za prekrivanje matrice, smo poskrbeli z nosilcem, na katerega je pritrjen pnevmatski valj.

2.5 VEZAVA TER PROGRAMIRANJE VENTILA IN SENZORJA

2.5.1 VEZAVA

Po namestitvi senzorja poleg pnevmatskega valja smo pričeli z njegovo priključitvijo. Za priključitev senzorja v elektro omaro služi kabel s štirimi žilami. Vsaka žila ima svojo barvo, ki pomenijo naslednje:

- rjava – 24 V (+)
- modra – 0 V (-)
- črna – digitalen izhod (alarm)
- bela – analogni izhod 0 ... 10 V

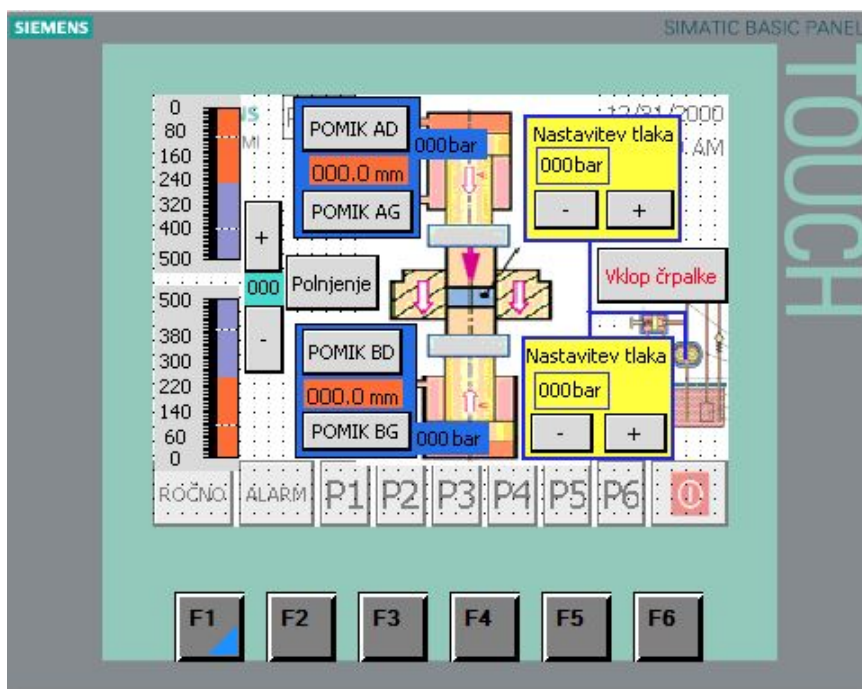
Prav tako smo priključili tuljavo potnega ventila. Za priključitev je poskrbel kabel z dvema žilama, pri katerem so barve pomenile naslednje:

- rjava – 24 V (+)
- modra – 0 V (-)

Po napeljavi kabla v elektro omaro smo senzor priključili na napetostni sponki 24 V in 0 V. Analogni izhod smo vezali na krmilnik Siemens SIMATIC S7-1200, in sicer na dodatno kartico Siemens 6ES7234-4HE30-0XB0 SM 1234 in s tem omogočili analogno krmiljenje. Kartica ima 4 analogne vhode za nadzor ter 2 analogna izhoda za krmiljenje napetosti od 0 do 10 V. Tuljavo ventila smo z rjavo žilo priključili na digitalni izhod 5 na krmilniku, z modro žilo pa na 0 V.

2.5.2 PROGRAMIRANJE

S priključitvijo komponent smo prišli do zadnjega koraka, tj. programiranja s programom TIA Portal. Z njim zmodeliramo nastavitve krmilne komponente SIMATIC S7-1200 6AV6651-7DA01 v programsko okolje PLC in nastavitve TOUCH operacijskega sistema HMI KTP600 v programsko okolje HMI. pomočjo lokalnega omrežja in računalnika vzpostavimo povezave komponent med programskim okoljem PLC in okoljem HMI. S končano vzpostavitvijo strojne opreme smo začeli s samim programom. Oblikovali smo panel za nadzor procesa stiskanja v programskem okolju HMI in dodali na zaslon (*Slika 16*) še številsko okno za prikazovanje razdalje ter tipko za proženje tuljave ventila.



Slika 16: Začetni zaslon HMI

Iz okolja HMI smo prešli v okolje PLC, da lahko prikazovalnik in tipko povežemo s samim programom. Zato smo v tabelo vseh spremenljivk vpisali še merilnik in mu določili naslov (address).

	Name	Tag table	Data type	Address	Retain	Visible..	Acces...	Commei
15	Regulacija_valjev_rocno_avtomat	Default tag table	Bool	%M0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
16	Regulacija_valja_B(pv)	Default tag table	Int	%QW98	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
17	Tlaka_valja_A(pr)	Default tag table	Int	%MW23	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
18	Tlaka_valja_B(pr)	Default tag table	Int	%MW25	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
19	Senzor_valja_A	Default tag table	Int	%IW64	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
20	Senzor_valja_B	Default tag table	Int	%IW66	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
21	Regulacija_valja_B(t)	Default tag table	Int	%MW27	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
22	Merilnik_razdalje_B	Default tag table	Int	%IW96	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
23	Merilnik_razdalje_A	Default tag table	Int	%IW98	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
24	Merilno_obmocje_B	Default tag table	Int	%MW3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
25	Merilno_obmocje_A	Default tag table	Int	%MW5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
26	Prikaz_razdalje_valja_B	Default tag table	Int	%MW9	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
27	Prikaz_razdalje_valja_A	Default tag table	Int	%MW17	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
28	Polnjenje_vklop	Default tag table	Bool	%Q0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
29	Polnjenje_stikalo	Default tag table	Bool	%M0.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
30	Razdalja_polnjenja	Default tag table	Int	%MW29	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
31	Merilnik_polnjenja	Default tag table	Int	%IW100	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
32	Nastavitev_polnjenja	Default tag table	Int	%MW19	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
33	RS_celica_polnjenja	Default tag table	Bool	%M1.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
34	Stikalo_rocno_avtomat	Default tag table	Bool	%M1.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
35	<Add new>					<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Stikalo za polnjenje

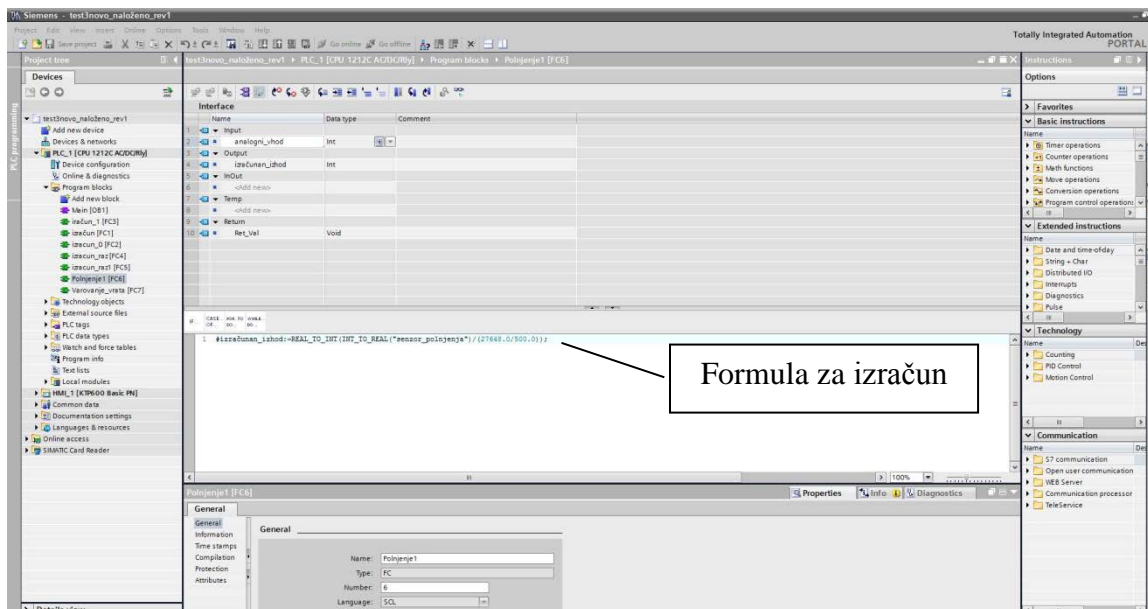
Senzor

2.5.2.1 SKALIRANJE

V okolju PLC smo sprogramirali nadzor in krmiljenje komponent sistema. Za merjenje razdalje posipalca smo morali oblikovati programski blok, v katerem smo pretvorili dobljeni signal merilnika (od 0 do 10 V) v mersko vrednost, ki se prikazuje na panelu v milimetrih. Za preračun oz. izračun smo potrebovali nov blok, ki se imenuje funkcijski blok (Function Block). V njem označimo vhodne in izhodne spremenljivke ter napišemo formulo za preračun (*Slika 17*).

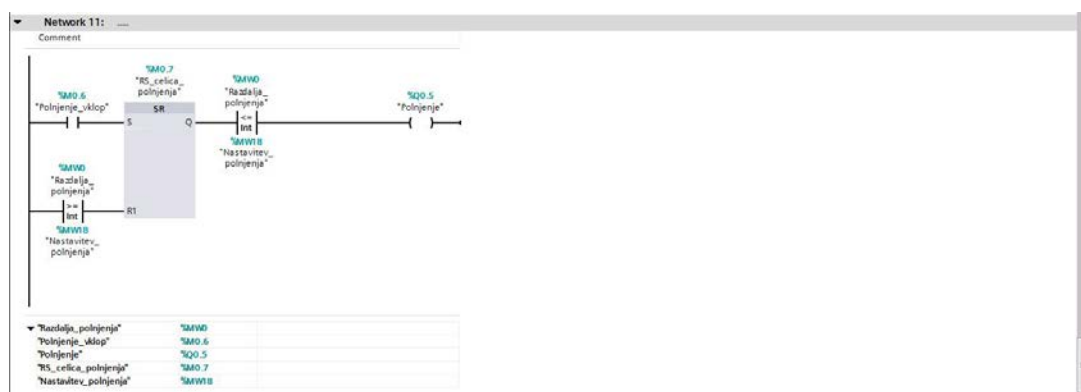
```
#izračunan_izhod:=REAL_TO_INT(INT_TO_REAL("senzor_polnjenja)/(27648.0/500.0));
```

Ta izračun nam pove, da želeno vrednost dobimo tako, da pretvorimo realne podatke, v našem primeru napetost v številke oz. v bite, razumljive PLC-ju.



Slika 17: Izračun senzorna

Ko smo končali izračun, smo se lotili povezave izračuna z merilnikom razdalje in prikazovanjem na zaslonu HMI. Ustvarili smo novo omrežje (Network).

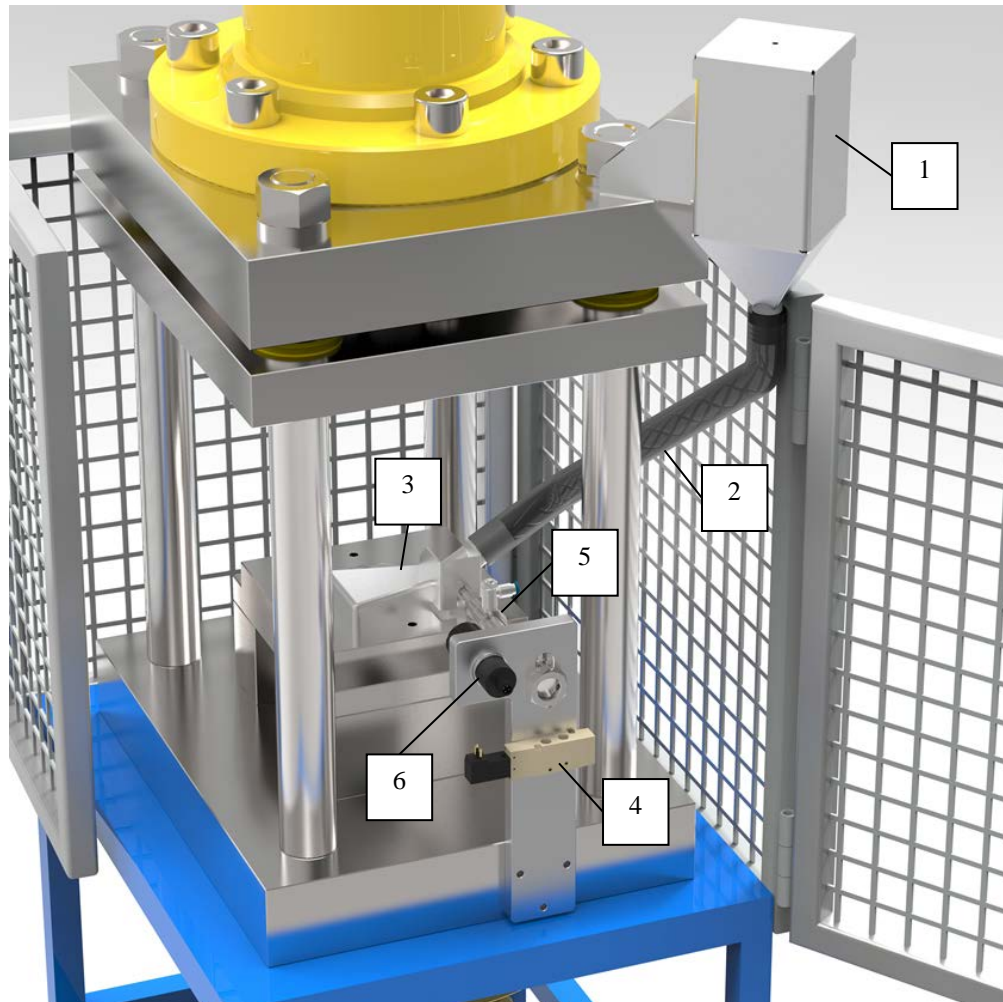


Slika 18: Novo omrežje merilnika

S končanjem programiranja je zadnji korak pred nalaganjem na krmilnik kontrola programa, ki smo ga napisali. Ta možnost se izvede tako, da na PLC- in HMI-okolju pritisnemo Compile

ali kontrolo programa, ki lahko najde spregledane napake. Po odpravi napak smo programski paket naložili na krmilnik in na nadzorni panel.

2.6 SESTAVLJEN DOZIRNI SISTEM



Slika 19: Sestavljen dozirni sistem

- 1 Zalogovnik
- 2 Cev
- 3 Posipalec
- 4 Ventil 5/2
- 5 Pnevmatški valj
- 6 Optični mejni signalnik

Z nasutjem prahu v zalogovnik (Št. 1), s prostornino 1,6 l, se začne proces doziranja. Prah se po cevi z gladko notranjostjo (Št. 2) usipa do posipalca (Št. 3), s čimer se lahko začne nov korak. Pnevmatiski valj (Št. 5) preklopi ventil (Št. 4), prožen z elektronskim signalom, zaradi česar posipalec preide nad odprtino s spodnjim pestičem ter nasuje prah in ga izravna. Mejni signalnik (Št. 6) nam pozicionira posipalec in ob poziciji med orodjem onemogoči zagon obeh valjev za stiskanje.

3 PREDSTAVITEV REZULTATOV

S pomočjo zastavljenih hipotez in raziskovalnih metod nam je raziskavo uspelo pripeljati do konca. Kljub mnogim zapletom in težavam pri programiranju ter izdelavi posipalca smo uspeli raziskati in določiti najprimernejši sistem. S pnevmatskim sistemom za doziranje dobimo enakomernejšo posipanje in s tem enakomernejšo gostoto izdelka. Izboljšana je tudi hitrost in s tem večji dobiček. Povečala se je varnost, saj je sedaj celoten sistem avtomatiziran. Cena takšnega sistema ni previsoka, izstopa samo optični mejni signalnik, ki zajema skoraj polovico celotne cene. S hitrejšim delovanjem pridobimo na času, kar prinese dodaten finančni priliv. V ozadju pa se že pripravlja nova opcija posipalca in s tem nove vizije.



Slika 20: Sestavljen dozirni sistem

4 ZAKLJUČEK

V svetu se pojavlja vse večja potreba po natančnih izdelkih, ki jih dosegamo s postopkom stiskanja in nato sintranja. Za doseganje takšnih rezultatov pa je potreben ustrezen sistem za dovajanje prahu. Z željo po novih izzivih smo zasnovali sistem za doziranje prahu za sintranje, ki temelji na primerjanju z drugimi dozirnimi sistemi. Z zastavljenimi cilji in hipotezami nam je načrtovani sistem uspelo tudi realizirati. Zadane cilje in hipoteze smo, kljub velikim težavam v programiranju, uspešno uresničili. Uspelo nam je rešiti težavo z varnostjo in vse komponente spraviti v cenovni okvir, ki smo si ga zadali.

5 ZAHVALA

Zahvaljujemo se učiteljema Antonu Ovtarju in Stevu Romaniću za načrtovanje, konstruiranje in izdelavo strojnih elementov.

Zahvalili bi se radi tudi naši učiteljici ge. Brigiti Renner, ker je skrbno prebrala in lektorirala našo raziskovalno nalogo.

6 VIRI

1. FRIŠČIĆ, F. *Dvigala in prenašala*. 1. natis. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije. 2004.
2. FESTO. [online]. [citirano 3. 3. 2015]. Dostopno na naslovu: http://www.festo.com/cms/sl_si/index.htm
3. HARB, R. *Krmilna tehnika*. 4. natis. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije. 2011.
4. LESKOVAR, P. *Gradiva*. Ponatis. Ljubljana: Univerzitetna založba. 1974.
5. *Mehatronika*. 1. izd. Ljubljana: Pasadena. 2009.
6. METAL Work. [online]. [citirano 1. 3. 2014]. Dostopno na naslovu: <http://www.metalwork.it/eng/index.html#>
7. ŽALAR, Z. *Elektrotehnika v mehatroniki*. 1. natis. Ljubljana: UTVA. 2014.
8. WENGLOR. [online]. [citirano 9. 3. 2015]. Dostopno na naslovu: <https://www.wenglor.com/>

7 IZJAVA

Mentorja: **Anton OVTAR in Stevo ROMANIČ** v skladu z 2. in 17. členom Pravilnika raziskovalne dejavnosti »Mladi za Celje« Mestne občine Celje, zagotavljava, da je v raziskovalni nalogi z naslovom **DOZIRANJE MATERIALA ZA SINTRANJE**, katere avtorji so: **Miha KAJBIČ, Žan KRAMŽAR, Luka TOMŠIČ**.

- besedilo v tiskani in elektronski obliki istovetno, pri raziskovanju uporabljeno gradivo navedeno v seznamu uporabljene literature,
- da je za objavo fotografij v nalogi pridobljeno avtorjevo (-ičino) dovoljenje in je hranjeno v šolskem arhivu,
- da sme Osrednja knjižnica Celje objaviti raziskovalno nalogo v polnem besedilu na knjižničnih portalih z navedbo, da je raziskovalna naloga nastala v okviru projekta Mladi za Celje,
- da je raziskovalno nalogo dovoljeno uporabiti za izobraževalne in raziskovalne namene s povzemanjem misli, idej, konceptov oziroma besedil iz naloge ob upoštevanju avtorstva in korektnem citiranju,
- da smo seznanjeni z razpisni pogoji projekta Mladi za Celje

Celje, 12.03.2015

žig šole

Podpis mentorja:

Podpis odgovorne osebe: