

Univerza v Ljubljani  
Fakulteta za elektrotehniko

Aleš Belič

# **Gradniki v sistemih in tehnologiji vodenja**

**Praktikum za univerzitetni in visokošolski strokovni študijski program**

Ljubljana 26. oktober 2011

## Predgovor

Praktikum pri predmetih Gradniki v sistemih vodenja na Univerzitem študijskem programu in Gradniki v tehnologiji vodenja na visokošolskem strokovnem študijskem programu je nastal kot plod mojih izkušenj pri vodenju laboratorijskih vaj pri tem predmetu ter s pomembnimi prispevki prof. dr. Riharda Karbe, prof. dr. Juša Kocijana, doc. dr. Maje Atanasijević-Kunc in dr. Janka Petrovčiča, ki že dolga leta pomembno sooblikujejo praktični vidik tega predmeta. Na vsebino in obliko praktikuma pa so vplivali tudi vsi ostali sodelavci Laboratorija za modeliranje, simulacijo in vodenje ter Laboratorija za avtomatizacijo in informatizacijo procesov. Tako širok spekter vplivov je razumljiv, saj gre za enega osnovnih predmetov avtomatike. Zahvala gre tudi Jani Mršnik, univ. dipl. obl., ki je izdelala grafično opremo knjige.

Časovna omejenost pri izvajanju laboratorijskih vaj je velikokrat razlog, da študenti pridejo v laboratorij, opravijo zadane naloge in odidejo, ne da bi razmislili o vsebinah, ki jih prinaša s seboj informacija skrita v izmerjenih vrednostih. Šele praktično izobraževanje ali diploma potem prisilita študenta k razmišljanju in razumevanju posameznih podatkov. Dejstvo je, da človek začne največkrat razmišljati šele takrat, ko je v to prisiljen. Praktikum, ki je pred vami, naj bi to “prisilo” ustvaril na čim bolj zanimiv način in s tem dopolnil teoretično znanje, ki ga študentje pri tem predmetu pridobijo.

Ljubljana, 2011

Aleš Belič

# Kazalo

<b>1</b>	<b>Uvod</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Splošna navodila za delo z napravami</b>	<b>9</b>
2.1	Oprema TecQuipment . . . . .	9
2.2	Oprema FESTO . . . . .	10
2.3	Polindustrijska modelna naprava . . . . .	11
<b>3</b>	<b>Merilniki nivoja</b>	<b>13</b>
3.1	Karakteristika kapacitivnega merilnika . . . . .	14
3.1.1	Potek meritve . . . . .	14
3.1.2	Rezultati . . . . .	16
3.2	Karakteristika tlačnega merilnika . . . . .	17
3.2.1	Potek meritve . . . . .	17
3.2.2	Rezultati . . . . .	19
3.3	Karakteristika optičnega binarnega merilnika . . . . .	20
3.3.1	Potek meritve . . . . .	20
3.3.2	Rezultati . . . . .	21
3.4	Karakteristika binarnega prevodnostnega merilnika . . . . .	22
3.4.1	Potek meritve . . . . .	22
3.4.2	Rezultati . . . . .	23
3.5	Karakteristika komparatorja . . . . .	24
3.5.1	Potek meritve . . . . .	24
3.5.2	Rezultati . . . . .	25
3.6	Naloge . . . . .	26
3.7	Navodila za reševanje nalog . . . . .	27
3.7.1	Regulacija nivoja s kapacitivnim merilnikom . . . . .	27
3.7.2	Regulacija nivoja s prevodnostnim merilnikom . . . . .	28
3.7.3	Regulacija nivoja z optičnim merilnikom . . . . .	29
<b>4</b>	<b>Merilniki hitrosti vrtenja</b>	<b>31</b>
4.1	Karakteristika enosmernega tahogeneratorja . . . . .	32
4.1.1	Potek meritev . . . . .	32
4.1.2	Rezultati . . . . .	34
4.2	Karakteristika izmeničnega tahogeneratorja . . . . .	35
4.2.1	Potek meritev . . . . .	35
4.2.2	Rezultati . . . . .	37

4.3	Karakteristika optičnega merilnika s presvetlitveno tehniko . . . . .	40
4.3.1	Potek meritev . . . . .	40
4.3.2	Rezultati . . . . .	42
4.4	Karakteristika optičnega merilnika z odbojno tehniko . . . . .	43
4.4.1	Potek meritev . . . . .	43
4.4.2	Rezultati . . . . .	45
4.5	Karakteristika impulznega indukcijskega tahogeneratorja . . . . .	46
4.5.1	Potek meritev . . . . .	46
4.5.2	Rezultati . . . . .	47
4.6	Naloge . . . . .	48
<b>5</b>	<b>Merilniki sile in tlaka</b>	<b>49</b>
5.1	Karakteristika merilnika sile z uporovnimi lističi . . . . .	51
5.1.1	Potek meritve . . . . .	51
5.1.2	Rezultati . . . . .	53
5.2	Karakteristika merilnika sile s piezo kristalom . . . . .	54
5.2.1	Potek meritve . . . . .	54
5.2.2	Rezultati . . . . .	55
5.3	Karakteristika zveznega piezo merilnika tlaka . . . . .	56
5.3.1	Potek meritve . . . . .	56
5.3.2	Rezultati . . . . .	58
5.4	Karakteristika mehanskega binarnega merilnika tlaka . . . . .	60
5.4.1	Potek meritve . . . . .	60
5.4.2	Rezultati . . . . .	62
5.5	Naloge . . . . .	63
5.6	Navodila za reševanje nalog . . . . .	64
5.6.1	Merjenje sile mezinca . . . . .	64
5.6.2	Alarm zaradi prenizkega tlaka . . . . .	65
<b>6</b>	<b>Merilniki razdalje</b>	<b>67</b>
6.1	Karakteristike induktivnega merilnika . . . . .	68
6.1.1	Karakteristika merilnika za merjenje razdalj do jeklene ploščice . . . . .	68
6.1.2	Karakteristika merilnika za merjenje razdalj do različnih predmetov . . . . .	73
6.1.3	Karakteristika merilnika za merjenje površine jeklenih predmetov . . . . .	76
6.1.4	Karakteristika merilnika za merjenje sile . . . . .	78
6.1.5	Karakteristika merilnika za merjenje ekscentričnosti diska . . . . .	80
6.2	Karakteristike razpršilnega optičnega merilnika . . . . .	82
6.2.1	Karakteristika merilnika za merjenje razdalje do različnih ravnih površin . . . . .	82
6.2.2	Karakteristika merilnika za merjenje debeline . . . . .	85
6.3	Karakteristika linearnega potenciometra . . . . .	87
6.3.1	Potek meritve . . . . .	87
6.4	Naloge . . . . .	89
6.5	Navodila za reševanje nalog . . . . .	90
6.5.1	Merjenje sile mezinca . . . . .	90
6.5.2	Merjenje ekscentričnosti diska . . . . .	91
6.5.3	Merjenje debeline predmetov . . . . .	93

<b>7</b>	<b>Merilniki bližine</b>	<b>95</b>
7.1	Karakteristiki induktivnih merilnikov . . . . .	97
7.1.1	Potek meritev . . . . .	97
7.1.2	Rezultati . . . . .	98
7.2	Karakteristika kapacitivnega merilnika . . . . .	99
7.2.1	Potek meritev . . . . .	99
7.2.2	Rezultati . . . . .	100
7.3	Karakteristike optičnih merilnikov . . . . .	101
7.3.1	Presvetlitveni merilnik . . . . .	101
7.3.2	Razpršilna merilnika . . . . .	104
7.4	Naloge . . . . .	106
7.5	Navodila za reševanje nalog . . . . .	107
7.5.1	Merjenje hitrosti vrtenja diska . . . . .	107
7.5.2	Merjenje translatorne hitrosti . . . . .	110
<b>8</b>	<b>Izvršni sistemi</b>	<b>113</b>
8.1	Merjenje karakteristike črpalke . . . . .	114
8.2	Merjenje karakteristike ventilov . . . . .	116
8.2.1	Merjenje karakteristike ventila V11 . . . . .	116
8.2.2	Merjenje karakteristike ventila V12 . . . . .	118
8.3	Naloge . . . . .	120



# 1

## Uvod

Poznavanje sistemov, ki sestavljajo regulacijske zanke v avtomatiki in robotiki, je nujno za uspešno avtomatizacijo industrijskih procesov, saj njihove lastnosti fizično omejujejo možne rešitve problemov. Najbolj omejujoči sistemi regulacijskih zank so večinoma merilniki in izvršni členi, zato je praktikum pri predmetih Gradniki sistemov vodenja in Gradniki v tehnologiji vodenja predvsem namenjen spoznavanju njihovih karakteristik. Delo v laboratoriju je namenjeno spoznavanju statičnih karakteristik elementov in se problematike dinamičnih karakteristik sistema dotika le posredno. Bolj podrobne opise principov merjenj in delovanja merilnikov lahko najdete v [1], praktične napotke pa v [2, 3]. Snov praktikuma je razdeljena na šest vaj, ki jih morajo študenti opraviti, da se jim priznajo opravljene laboratorijske vaje. Prva vaja je namenjena spoznavanju delovanja merilnikov nivoja. Druga vaja obravnava delovanje merilnikov hitrosti vrtenja. V tretji vaji se boste spoznali z načini delovanja merilnikov sile in tlaka. četrta vaja je namenjena obravnavi merilnikov razdalje. Peta vaja pa spoznavanju merilnikov bližine. šesta vaja obravnava delovanje pnevmatskih ventilov in električnih črpalk, kot izvršnih sistemov. Vse vaje so sestavljene tako, da je potrebno izmeriti različne karakteristike posameznih merilnikov ali izvršnih členov, nato pa z njihovo uporabo rešiti nek praktični problem. S tem se študenti spoznajo s praktičnim pomenom karakteristik pri njihovem delu. Praktično delo poteka na industrijskih sistemih proizvajalcev Festo [4, 5, 6], Endress+Hauser [7, 8, 9, 10], Ebara [11], Mitsubishi [12] in Samson [13] ter na laboratorijski opremi proizvajalca TecQuipment [14, 15].





## 2

# Splošna navodila za delo z napravami

Pri izvajanju vseh meritev se je potrebno držati naslednjih napotkov za pravilno ravnanje z napravami, da ne bi prihajalo do merilnih napak in do poškodb na napravah in ljudeh:

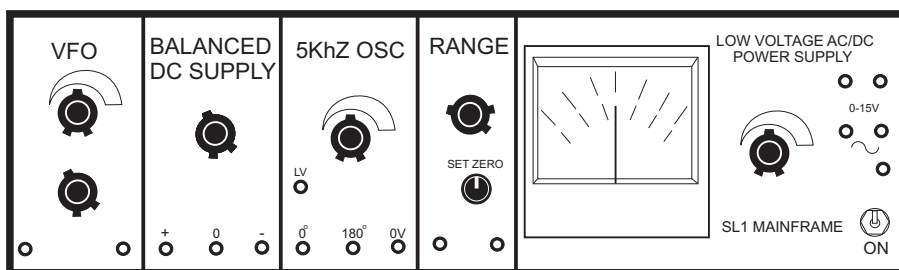
- Vse sheme moramo vedno vezati pri izklopljenih napravah!
- Žice priklapljamo in odklapljamo tako, da jih držimo za vtikač in ne za žico, ker se v nasprotnem primeru lahko žica pretrga. Vtikačev v vtičnicah ne obračajte okoli svoje osi, ker tudi to lahko pretrga žico.
- Za vezavo shem uporabljajte žice toplih barv za pozitivne enosmerne vodnike in žice hladnih barv za ničelne vodnike.
- Ko priklapljate pnevmatsko shemo na tlačni vod je potrebno sponko na gibljivi cevi trdno držati, sicer lahko pride do lahkih telesnih poškodb.
- Pri povezovanju pnevmatskih shem pazite na to, da cevke močno porinete v ležišča, ker v nasprotnem primeru stiki ne tesnijo in so meritve lahko napačne.

Poleg splošnih napotkov, pa imajo naprave različnih proizvajalcev še svoje pogoje, ki morajo biti izpolnjeni za pravilno rokovanje z njimi.

### 2.1 Oprema TecEquipment

Osnovni sistem SL1 (slika 2.1) sestavljajo naslednji podsistemi:

- frekvenčni generator,
- uravnoteženi enosmerni vir,
- oscilator frekvence 5 kHz,
- voltmeter,
- nizkonapetostni vir.



Slika 2.1: Shematski prikaz sistema SL1.

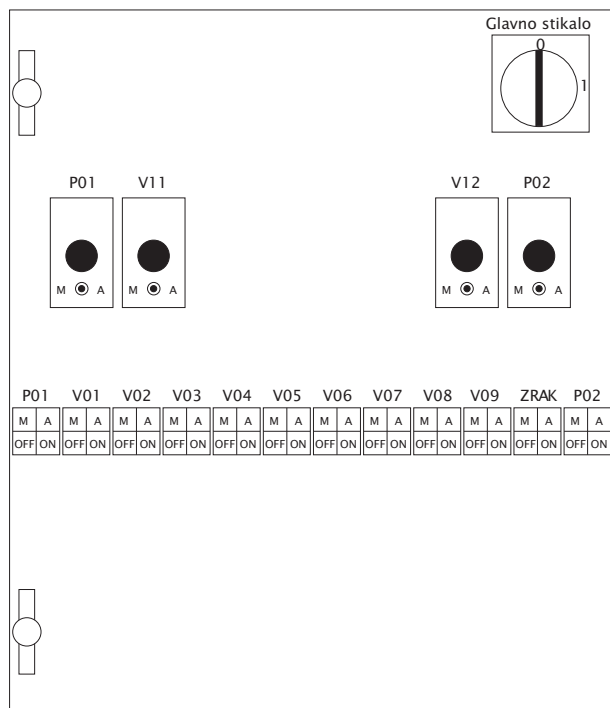
Na osnovni sistem SL1 na vrhu priključujemo modulne naprave, ki vsebujejo sistem za prikaz delovanja različnih merilnikov za določeno veličino, v odprtino spodaj pa nameščamo module, ki jih potrebujejo posamezni merilniki za svoje delovanje. Pred vsakim priklopom naprave je potrebno vse vire sistema nastaviti na minimum. Nato nastavite za meritev predpisano območje voltmetra ter sponki voltmetra kratko zvežite. Napravo vklopite in z gumbom SET ZERO na sistemu SL1 nastavite ničelni odklon voltmetra. Nastavitve voltmetra nato ne smete več spreminjati! Napravo spet izklopite in zvežite shemo za meritev. Nastavitev voltmetra je potrebno preveriti po vsaki spremembi območja voltmetra! Module, ki potrebujejo napajanje, priključimo v katerokoli DIN vtičnico na sistemu SL1. Potenciometre modulov zavrtimo do konca v levo, da ne bi ob vklopu sistema prišlo do zabijanja kazalca voltmetra.

## 2.2 Oprema FESTO

Preden zvežete shemo je potrebno na delovno mesto prinesiti aluminijasto podlago, na katero se pritrjujejo elementi. Ker je podlaga težka, bodite previdni pri ravnanju z njo, da ne pride do telesnih poškodb in poškodb na opremi. Vsi elementi opreme FESTO imajo priključke obarvane tako, da olajšajo povezovanje elementov med seboj. Rdeča barva označuje napajanje +24V, modra barva pa ničelni vodnik. Na napajalniku je s črno barvo označena ozemljitev. Na senzorjih, so signalni izhodi označeni s črno in belo barvo. Ker je potrebna za priklop in izklop vtikačev senzorjev na vezalni plošči razmeroma velika sila, tu še posebno velja splošna opomba o prijemih za vezavo žic! Elemente pritrjujemo na podlago na dva načina. Merilniki in elementi, katerih pozicija na plošči se med delom ne sme spreminjati, se pritrjujejo z vijaki. Pritrdimo jih tako, da vijak najprej odvijemo tako daleč, da je matica v utoru osnovne plošče, kamor element pritrjujemo, prosto gibljiva. Nato vijak privijemo dokler matica ne prime. Če smo vijak privili do konca, element pa je še vedno možno premakniti, postopek ponovimo tako, da vijak tokrat še bolj odvijemo kot prvič. Elementi, ki ne potrebujejo stalne lege pa imajo plastična podnožja, ki sedejo v utore plošče. Najprej vsa podnožja zasukamo tako, da sedejo v utor, nato pa vsaj enega izmed njih zasukamo, da element pritrldimo. Paziti je potrebno tudi na ustrezno razporeditev elementov na osnovni plošči, ki naj upošteva dolžino povezovalnih žic, dolžino pnevmatskih cevk in dostopnost elementov, ki jih je potrebno med meritvijo premikati ali nastavljati. Električne sheme povezav pri posameznih meritvah karakteristik in nalog ne vsebujejo napajalnikov, vendar je potrebno vsako od teh shem priklopiti na napajalnik glede na prej omenjeno barvno shemo.

## 2.3 Polindustrijska modelna naprava

Pri merjenjih na polindustrijski modelni napravi so vse potrebne povezave že izvedene. Napravo vodimo s pomočjo tipk, stikal in potenciometrov, ki se nahajajo na priključni omarici (glej sliko 2.2). Pri zagonu naprave je potrebno najprej priključiti glavno stikalo in nato s



Slika 2.2: Priključna omarica polindustrijske modelne naprave.

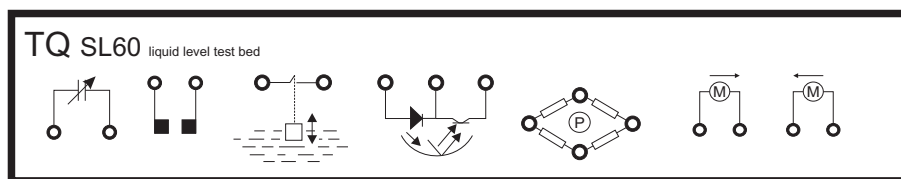
pritisikom na tipko ON v sklopu tipk ZRAK priklopiti stisnjen zrak na pogone ventilov. Potrebno je preveriti, če so vsa stikala pod potenciometri za nastavljanje odprtosti ventilov in hitrosti črpalk postavljena v ročni način delovanja (M). Vsi preklopni ventili so že ob vklopu naprave zaprti in jih pustimo v takem stanju. Nato moramo zagotoviti, da so vsi ročni ventili odprti. Pri nastavljanju hitrosti vrtenja črpalk opazujemo frekvenco vrtenja na frekvenčnem pretvorniku, ki se nahaja znotraj priključne omarice, nastavljamo pa ga s potenciometrom na zunanji strani pokrova omarice in ne na frekvenčnem pretvorniku! Črpalke pa vklopimo s pritiskom na tipko ON v sklopu tipk P01 ali P02, odvisno od tega, katero črpalko hočemo pognati.



### 3

## Merilniki nivoja

Meritve z merilniki nivoja bodo potekale na učni opremi proizvajalca TecQuipment, na sistemu SL1 z modulno napravo za namene merjenja nivoja SL60 (slika 3.1). Naprava za merjenje nivoja SL60 je opremljena: s kapacitivnim merilnikom, s tlačnim merilnikom, z optičnim merilnikom, s plovcem in s prevodnostnim merilnikom. Za prečrpavanje vode skrbita dve črpalki, ki črpata vsaka v svoj rezervoar. Za merilnike nivoja bo najprej potrebno izmeriti njihove karakteristike, nato pa s pomočjo karakteristik napovedati delovanje sistema in napoved preveriti z meritvijo.



Slika 3.1: Naprava za merjenje nivoja SL60. Na napravi so priključki za merilnike od leve proti desni nameščeni takole: kapacitivni merilnik, prevodnostni merilnik, plovec, optični merilnik in tlačni merilnik. Na desni strani pa sta priklopa za napajanje črpalk. Puščica nad simbolom motorja kaže v kateri rezervoar črpa črpalka.

### 3.1 Karakteristika kapacitivnega merilnika

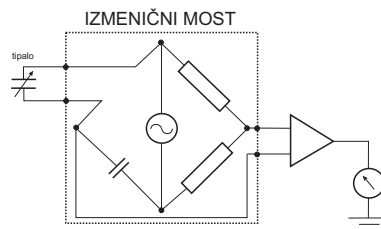
Oprema za izvedbo meritve:

- osnovni sistem SL1,
- naprava za merjenje nivoja SL60,
- modul SL115.

Območje voltmetra na SL1: 1000 mV.

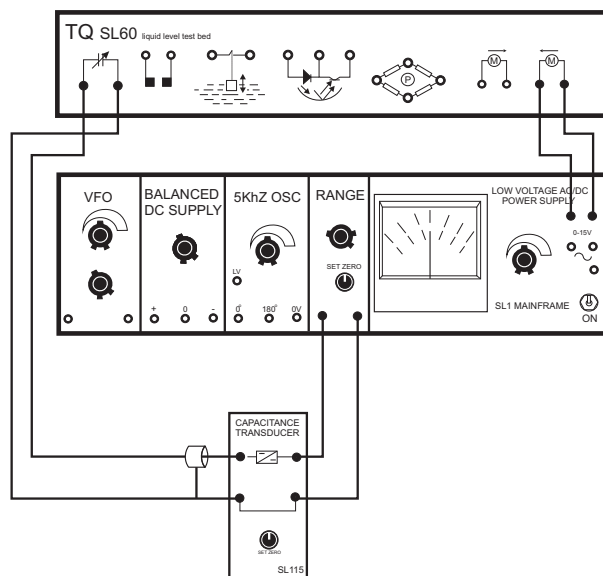
#### 3.1.1 Potek meritve

Princip meritve je razviden s slike 3.2. Najprej pripravite sistem SL1 za delo, nato pa je



Slika 3.2: Električna shema merjenja s kapacitivnim merilnikom.

potrebno elemente med seboj povezati tako, kot je prikazano na sliki 3.3. Levi rezervoar



Slika 3.3: Vezalna shema merjenja nivoja s kapacitivnim merilnikom.

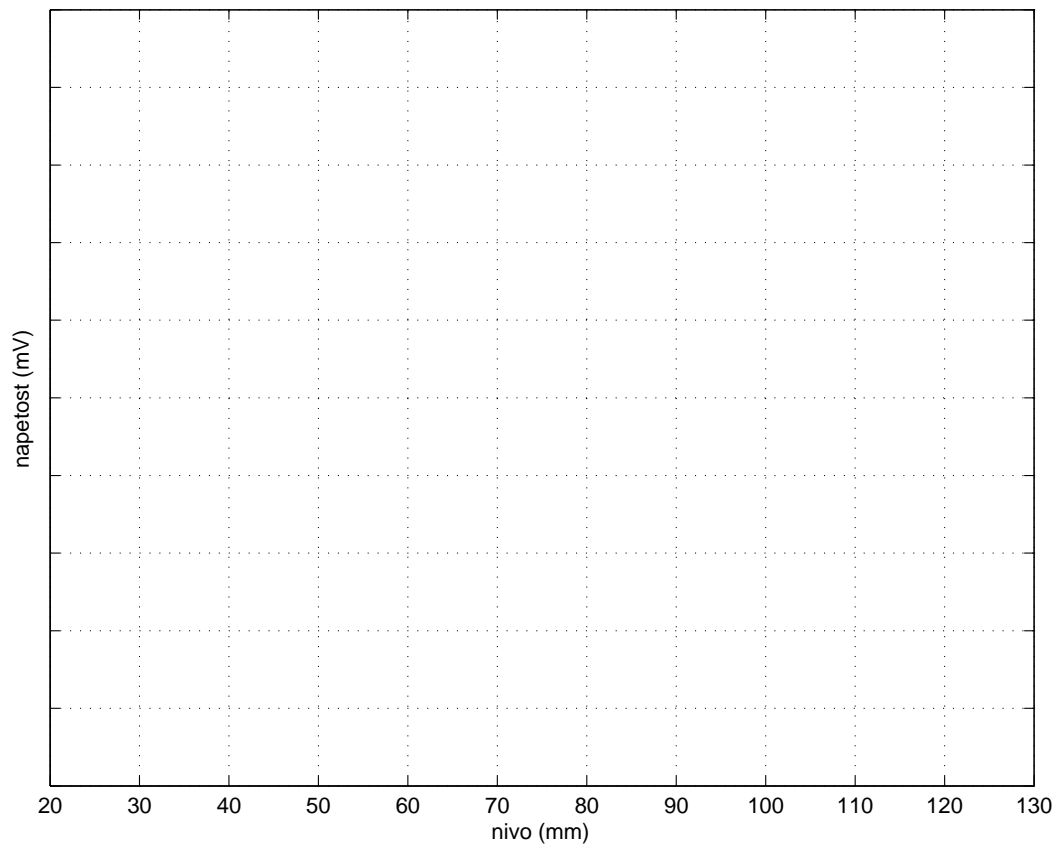
izpraznite do višine 20 mm. To napravite tako, da pretaknete žici, ki povezujeta enosmerni vir na SL1 z motorjem črpalke na SL60, ki črpa v levi rezervoar, na sosednja priključka, ki napajata črpalke za polnjenje desnega rezervoarja in prečrpate vodo v desni rezervoar. Potenciometer SET ZERO na modulu SL115 vrtimo toliko časa v desno, da dobimo na voltmetru

odklon v pozitivno smer, nato pa ga obračamo v nasprotni smeri, da dosežemo ničelni odklon. V naslednjem koraku nastavite hitrost črpalke, ki polni levi rezervoar na tako vrednost, da boste lahko odčitavali napetost na voltmetru ob podanih vrednostih nivoja (tabela 3.1) (gumb za nastavljanje napetosti napajalnika na SL1 na pozicijo nekje med 10. in 11. uro) in začnite z meritvami. Rezultate vpišite v tabelo 3.1 ter narišite karakteristiko na sliko 3.4.

## 3.1.2 Rezultati

nivo tekočine (mm)	napetost (mV)
20	
30	
40	
50	
60	
70	
80	
90	
100	
110	
120	
130	

Tabela 3.1: Meritve nivoja s kapacitivnim merilnikom.



Slika 3.4: Karakteristika kapacitivnega merilnika.



## 3.2 Karakteristika tlačnega merilnika

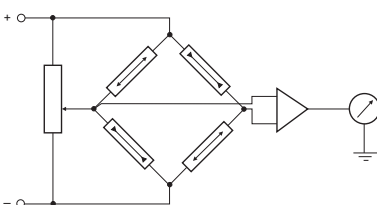
Oprema za izvedbo meritve:

- osnovni sistem SL1,
- naprava za merjenje nivoja SL60,
- modul SL103,
- modul SL105.

Območje voltmetra na SL1: 1000 mV.

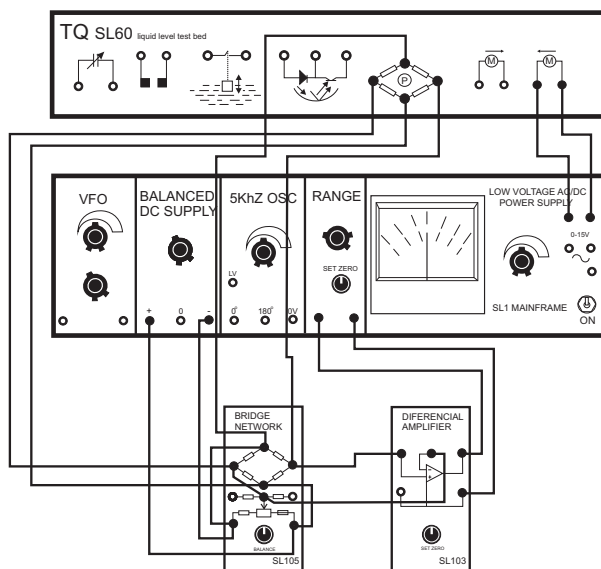
### 3.2.1 Potek meritve

Princip meritve lahko vidite na sliki 3.5. Za merjenje karakteristike tlačnega tipala boste



Slika 3.5: Električna shema merjenja s tlačnim merilnikom.

morali elemente med seboj povezati tako, kot je prikazano na sliki 3.6. Najprej pripravite



Slika 3.6: Vezalna shema merjenja nivoja s tlačnim merilnikom.

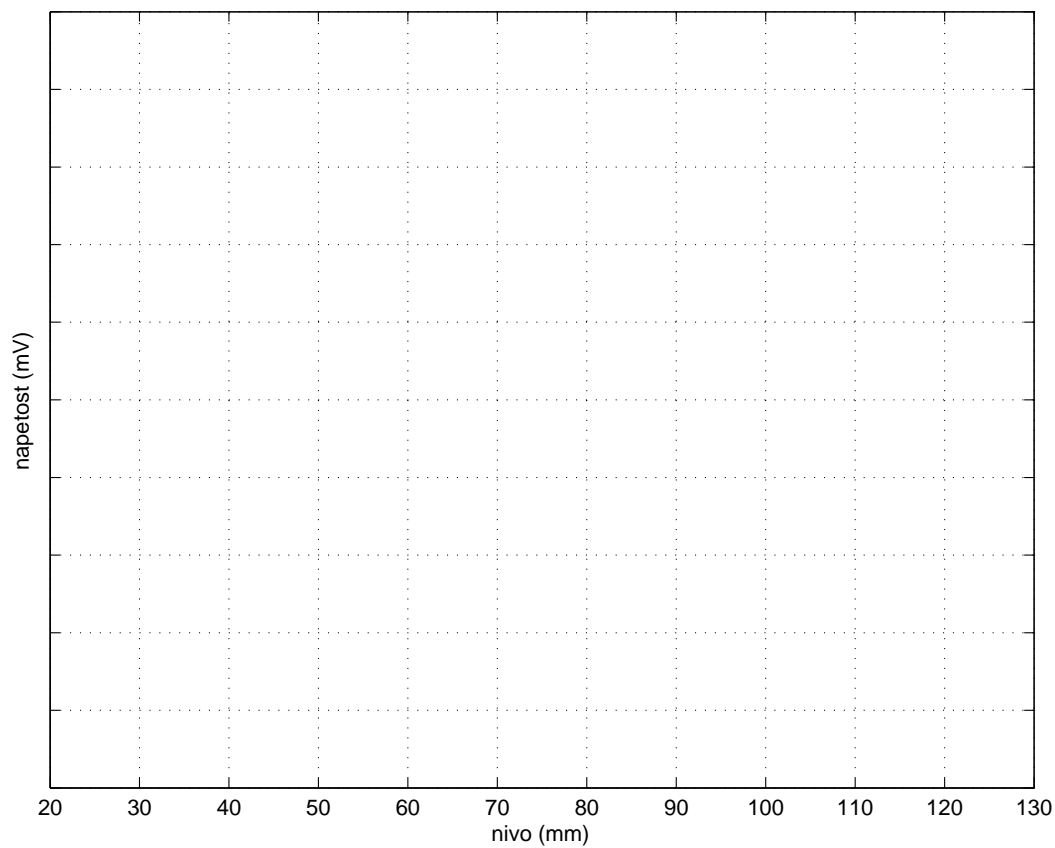
sistem SL1 za delo. Na voltmeter nato priključite samo modul SL103, njegov vhod pa kratko sklenite. Z gumbom SET ZERO na modulu SL103 nastavite diferencialni ojačevalnik tako, da voltmeter nima odklona. Sedaj lahko zvežete še preostanek sheme na sliki 3.6 in nastavite

napetost na napajalniku (balanced DC supply) na 5 V. Levi rezervoar izpraznite do višine 20 mm. Z gumbom BALANCE na SL105 nastavite izhod merilnika tako, da voltmeter nima odklona. Nato nastavite hitrost črpalke, ki polni levi rezervoar na tako vrednost, da boste lahko odčitavali napetost na voltmetru ob podanih vrednostih nivoja (gumb za nastavljanje napetosti napajalnika (low voltage power supply) na SL1 na pozicijo nekje med 10. in 11. uro) in začnite z meritvami. Rezultate vpišite v tabelo 3.2 ter narišite karakteristiko na sliko 3.7.

## 3.2.2 Rezultati

nivo tekočine (mm)	napetost (mV)
20	
30	
40	
50	
60	
70	
80	
90	
100	
110	
120	
130	

Tabela 3.2: Meritve nivoja s tlačnim merilnikom.



Slika 3.7: Karakteristika tlačnega merilnika.

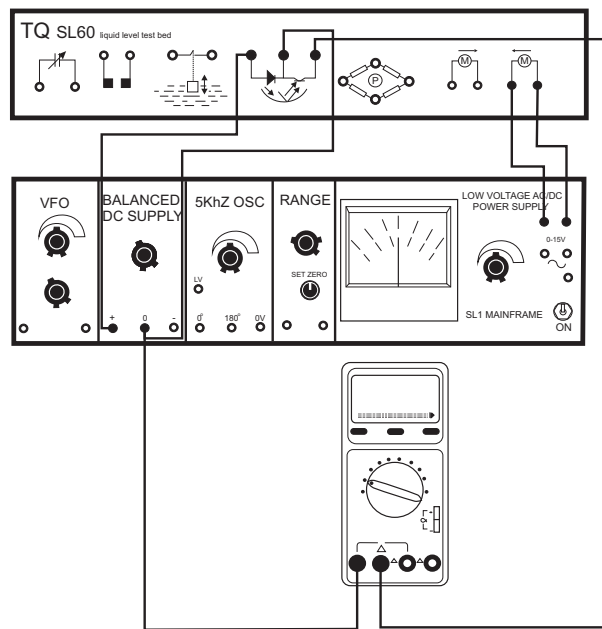
### 3.3 Karakteristika optičnega binarnega merilnika

Oprema za izvedbo meritve:

- osnovni sistem SL1,
- naprava za merjenje nivoja SL60,
- univerzalni merilnik električnih veličin.

#### 3.3.1 Potek meritve

Optični binarni merilnik na napravi SL60 na izhodu loči le med stanjema, ko je potopljen v vodo in ko je izven vode. Najprej pripravite sistem SL1 za delo. Za merjenje karakteristike optičnega tipala boste morali elemente med seboj povezati tako, kot prikazuje slika 3.8. Napetost na napajalniku (balanced DC supply) nastavite na 8 V, kar preverite z digitalnim



Slika 3.8: Vežalna shema merjenja nivoja z optičnim merilnikom.

voltmetrom. Levi rezervoar izpraznite do višine 60 mm, nato pa optični merilnik nivoja nastavite približno 10 mm nad nivo vode in začnite s polnjenjem rezervoarja. Hitrost črpalke, ki polni levi rezervoar nastavite na tako vrednost, da boste lahko odčitali nivo H, pri katerem se nivo izhodnega signala merilnika spremeni (gumb za nastavljanje napetosti napajalnika (low voltage power supply) na SL1 na pozicijo nekje med 10. in 11. uro) in začnite z meritvami. Signal izhoda merilnika merite z digitalnim voltmetrom, ker vgrajeni voltmeter nima dovolj velikega območja. Ko signal na izhodu merilnika preklopi, zamenjate smer črpanja in spet odčitate nivo H pri katerem se izhod iz merilnika spremeni. Rezultate vpišite v tabelo 3.3.

**3.3.2 Rezultati**

H (mm) preklopa pri dvigovanju nivoja	U (V) pred preklopom	U (V) po preklopu
H (mm) preklopa pri spuščanju nivoja	U (V) pred preklopom	U (V) po preklopu

Tabela 3.3: Meritve nivoja z optičnim merilnikom.

### 3.4 Karakteristika binarnega prevodnostnega merilnika

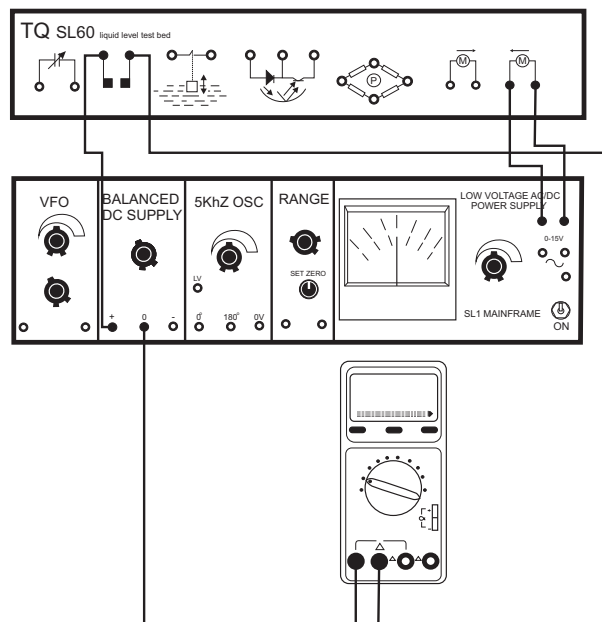
Oprema za izvedbo meritev:

- osnovni sistem SL1,
- naprava za merjenje nivoja SL60,
- univerzalni merilnik električnih veličin.

Binarni prevodnostni merilnik na napravi SL60 je narejen tako, da z njim lahko zaznamo le nivoje nad ali pod nastavljeno vrednostjo.

#### 3.4.1 Potek meritve

Pripravite sistem SL1 za delo, nato pa zvežite shemo, kot je prikazano na sliki 3.9. Nastavite



Slika 3.9: Vežalna shema merjenja nivoja s prevodnostnim merilnikom.

napetost na napajalniku (balanced DC supply) na 5 V (izmerite z digitalnim voltmetrom). Nivo vode v levem rezervoarju nastavite tako, da bo nivo vode nekoliko pod prevodnostnim merilnikom in začnite počasi črpati vodo (gumb za nastavljanje napetosti napajalnika (low voltage power supply) na SL1 na pozicijo nekje med 10. in 11. uro) v levi rezervoar. Izhod merilnika merite z digitalnim voltmetrom, ker ima vgrajeni voltmeter premajhno območje. Opazujte pri katerem nivoju vode H signal iz prevodnostnega merilnika preklopi in kakšno vrednost ima pred in po preklopu. Po preklopu signala obrnite smer črpanja vode, ter zopet odčitajte nivo in vrednosti preklopa. Rezultate vpišite v tabelo 3.4.

**3.4.2 Rezultati**

H (mm) preklopa pri dvigovanju nivoja	U (V) pred preklopom	U (V) po preklopu
H (mm) preklopa pri spuščanju nivoja	U (V) pred preklopom	U (V) po preklopu

Tabela 3.4: Meritve nivoja s prevodnostnim merilnikom.

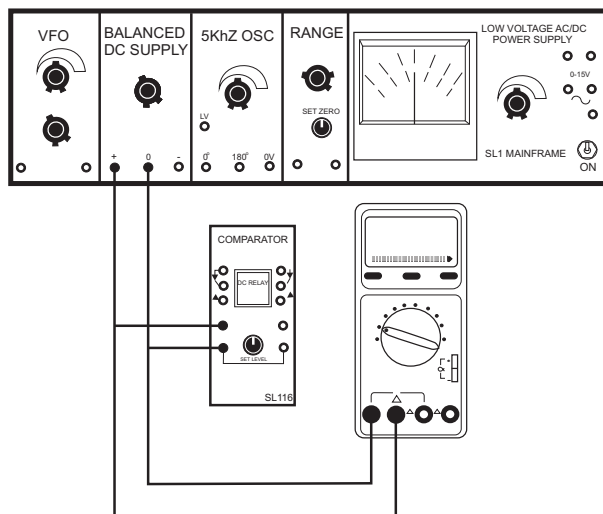
### 3.5 Karakteristika komparatorja

Oprema za izvedbo meritev:

- osnovni sistem SL1,
- modul SL116,
- univerzalni merilnik električnih veličin.

#### 3.5.1 Potek meritve

Pripravite sistem SL1 za delo, nato pa zvežite shemo tako, kot je prikazano na sliki 3.10. Z napajalnikom (balanced DC supply) spreminjamo napetost na vhodu modula SL116 od



Slika 3.10: Vežalna shema merjenja karakteristike komparatorja.

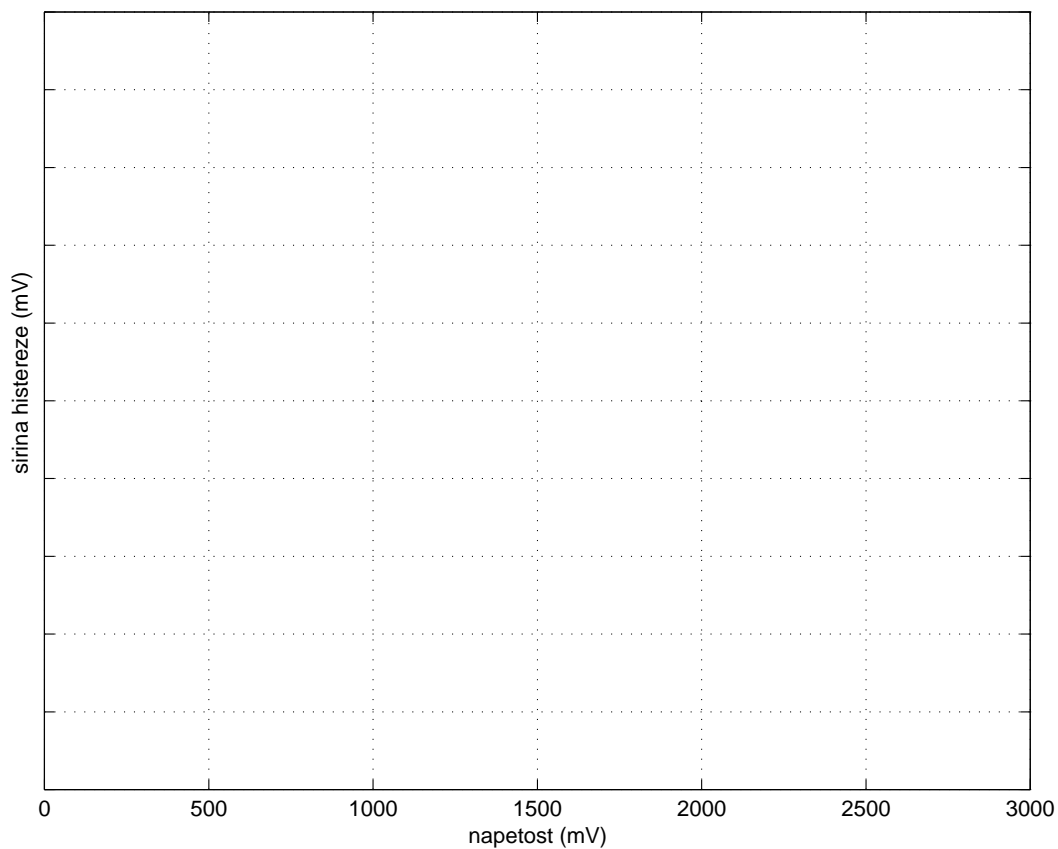
10 mV do 3000 mV, kot je napisano v tabeli 3.5 in jo izmerite z digitalnim voltmetrom, ker ima vgrajeni voltmeter premajhno območje. Za vsako izbrano napetost napajalnika s potenciometrom SET LEVEL na modulu SL116 nastavite tako vrednost, da se rele vklopi (rdeči indikator). Nato zmanjšajte napetost napajalnika, da rele izklopi in vrednost napetosti napajalnika, pri kateri je rele izklopil vpišite v tabelo 3.5. Karakteristiko narišite na sliko 3.11.



## 3.5.2 Rezultati

napetost vklopa (mV)	napetost izklopa (mV)	širina histereze (mV)
10		
50		
100		
500		
1000		
1500		
2000		
2500		
3000		

Tabela 3.5: Meritve karakteristike komparatorja.



Slika 3.11: Karakteristika komparatorja.

### 3.6 Naloge

1. V kakšnem območju vrednosti bi se nahajal nivo tekočine, če bi ga merili s kapacitivnim merilnikom nivoja in regulirali s komparatorjem?

izračunana maksimalna vrednost (mm)	
izračunana minimalna vrednost (mm)	
izmerjena maksimalna vrednost (mm)	
izmerjena minimalna vrednost (mm)	

2. Kakšno bi bilo območje, če bi namesto kapacitivnega merilnika uporabili prevodnostni merilnik?

izračunana maksimalna vrednost (mm)	
izračunana minimalna vrednost (mm)	
izmerjena maksimalna vrednost (mm)	
izmerjena minimalna vrednost (mm)	

3. Kakšno bi bilo območje, če bi namesto tlačnega merilnika uporabili optični merilnik?

izračunana maksimalna vrednost (mm)	
izračunana minimalna vrednost (mm)	
izmerjena maksimalna vrednost (mm)	
izmerjena minimalna vrednost (mm)	

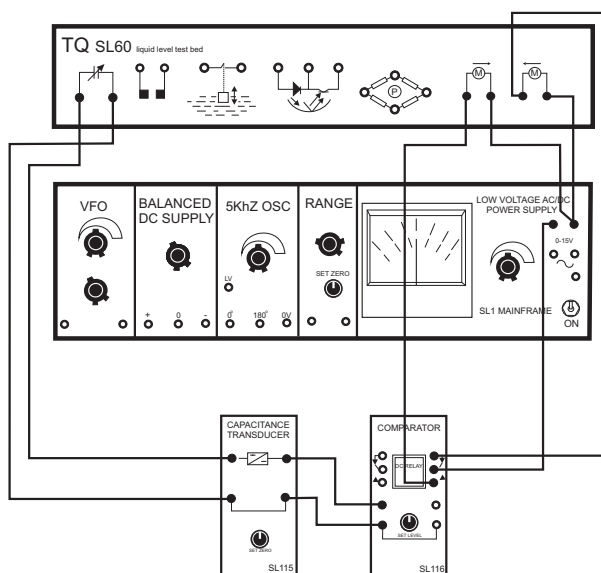
## 3.7 Navodila za reševanje nalog

### 3.7.1 Regulacija nivoja s kapacitivnim merilnikom

Oprema za izvedbo naloge:

- osnovni sistem SL1,
- naprava za merjenje nivoja SL60,
- modul SL115,
- modul SL116.

Sistem zvežite po shemi 3.12 in nastavite preklop komparatorja s potenciometrom SET LEVEL na modulu SL116 na 60 mm in izmerite histerezo nivoja v ustaljenem stanju.



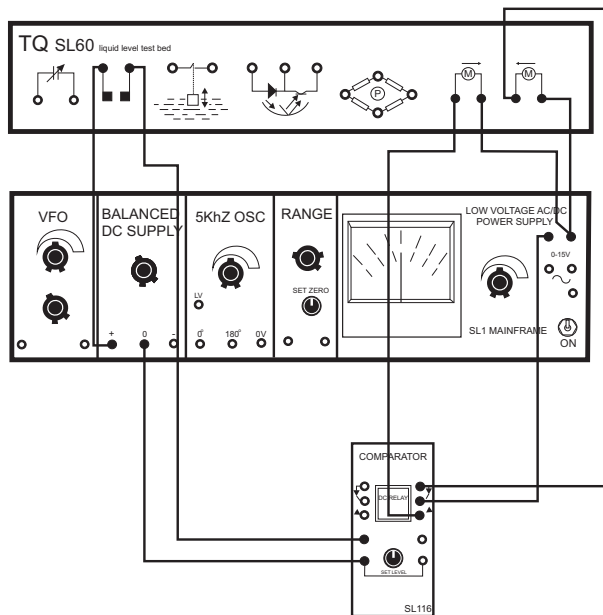
Slika 3.12: Vežalna shema regulacije nivoja s kapacitivnim merilnikom.

### 3.7.2 Regulacija nivoja s prevodnostnim merilnikom

Oprema za izvedbo naloge:

- osnovni sistem SL1,
- naprava za merjenje nivoja SL60,
- modul SL116.

Sistem zvežite po shemi 3.13 in zavrtite potenciometer na modulu SL116 do konca v desno ter izmerite histerezo nivoja v ustaljenem stanju.



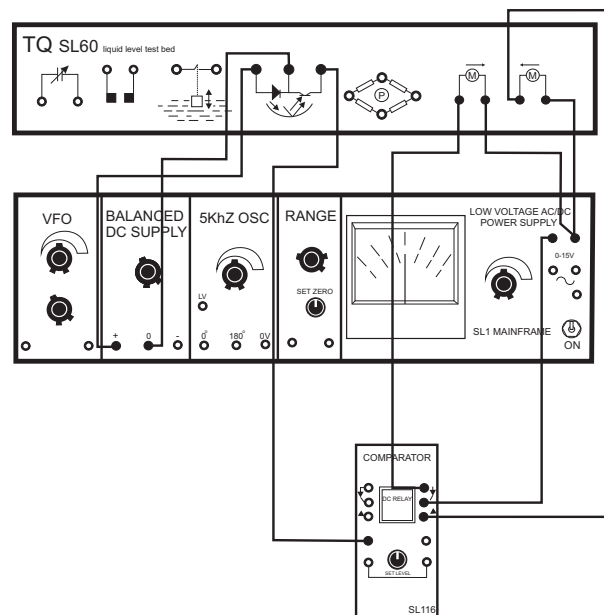
Slika 3.13: Vežalna shema regulacije nivoja s prevodnostnim merilnikom.

### 3.7.3 Regulacija nivoja z optičnim merilnikom

Oprema za izvedbo naloge:

- osnovni sistem SL1,
- naprava za merjenje nivoja SL60,
- modul SL116.

Sistem zvežite po shemi 3.14, zavrtite potenciometer SET LEVEL na modulu SL116 do konca v desno, nivo vode v levem rezervoarju nastavite na 60 mm, nastavite optični merilnik približno 10 mm nad nivo vode in izmerite histerezo nivoja v ustaljenem stanju.



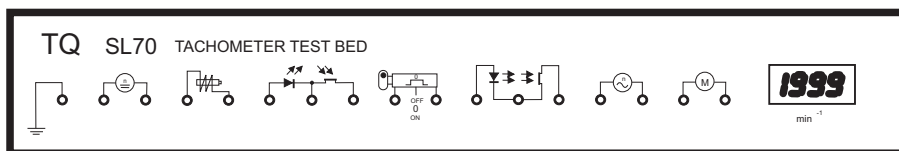
Slika 3.14: Vežalna shema regulacije nivoja z optičnim merilnikom.



# 4

## Merilniki hitrosti vrtenja

Meritve z merilniki nivoja bodo potekale na učni opremi proizvajalca TecQuipment, na sistemu SL1 z modulno napravo za namene merjenja hitrosti vrtenja SL70 (slika 4.1). Naprava je sestavljena iz vrtljive osi, ki jo poganja enosmerni motor in je opremljena: z enosmernim tahogeneratorjem, z izmeničnim tahogeneratorjem, z optičnim merilnikom s presvetlitveno tehniko, z optičnim merilnikom z odbojno tehniko, s stroboskopskim merilnikom in z impulznim indukcijskim tahogeneratorjem. Na vajah se boste spoznali z vsemi merilniki razen s stroboskopskim, ki zaradi slabe konstrukcije ne daje prave slike sposobnosti tovrstnih merilnikov. Obrate osi lahko opazujete na LCD zaslonu, ki se nahaja na napravi.



Slika 4.1: Naprava za merjenje hitrosti SL70. Na napravi so priključki od leve proti desni nameščeni takole: ozemljitev, enosmerni tahogenerator, impulzni indukcijski tahogenerator, optični merilnik z odbojno tehniko, stroboskopski merilnik, optični merilnik s presvetlitveno tehniko, izmenični tahogenerator, napajanje motorja za vrtenje osi. Na skrajni desni je nameščen LCD prikazovalnik obratov osi.

## 4.1 Karakteristika enosmernega tahogeneratorja

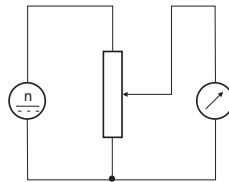
Izmeriti je potrebno karakteristiko enosmernega tahogeneratorja. Oprema za izvedbo meritev:

- osnovni sistem SL1,
- naprava za merjenje hitrosti vrtenja SL70,
- modul SL105.

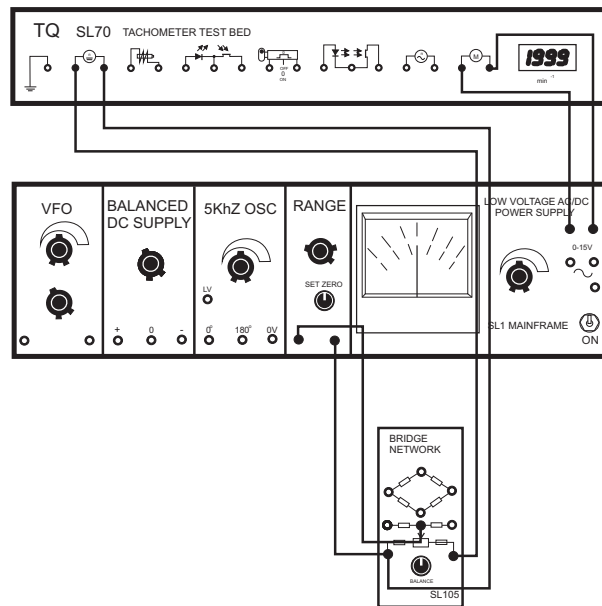
Območje voltmetra na SL1: 100 mV.

### 4.1.1 Potek meritev

Princip meritve lahko vidite na sliki 4.2. Najprej pripravite sistem SL1 za delo, nato pa zvežite shemo kot je prikazano na sliki 4.3. S potenciometrom nastavite napetost enosmer-



Slika 4.2: Shema principa meritve z enosmernim tahogeneratorjem.



Slika 4.3: Shema vezave za merjenje z enosmernim tahogeneratorjem.

nega vira sistema SL1 tako, da se bo gred naprave vrtela s hitrostjo 1999 obr/min. Hitrost vrtenja gredi opazujete na LCD zaslonu naprave SL70. Nato z gumbom BALANCE modula SL105 nastavimo odklon voltmetra na 100 mV. S tem ste kalibrirali izhod enosmernega tahogeneratorja in lahko začnete z meritvami. S spreminjanjem napetosti na napetostnem viru

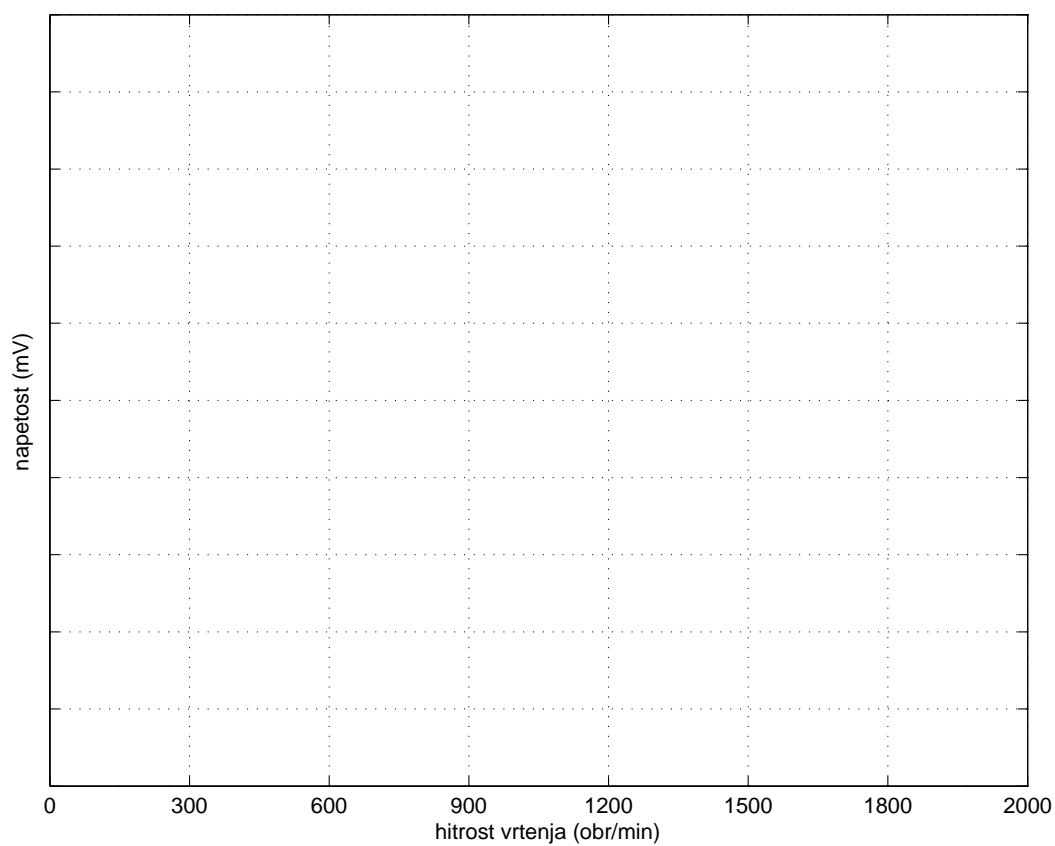


sistema SL1 nastavite zelene obrate merjene osi, ki jih odčitata na LCD zaslonu naprave SL70, in izmerite napetostni izhod enosmernega tahogeneratorja. Rezultate vpišite v tabelo 4.1 in narišite karakteristiko na sliko 4.4.

## 4.1.2 Rezultati

hitrost vrtenja (obr/min)	izhod merilnika (V)
0	
300	
600	
900	
1200	
1500	
1800	
1999	

Tabela 4.1: Meritve karakteristike enosmernega tahogeneratorja.



Slika 4.4: Karakteristika enosmernega tahogeneratorja.

## 4.2 Karakteristika izmeničnega tahogeneratorja

Izmeriti je potrebno napetostno in frekvenčno karakteristiko izmeničnega tahogeneratorja. Oprema za izvedbo meritev:

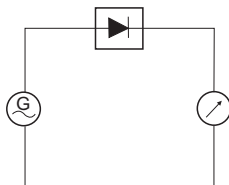
- osnovni sistem SL1,
- naprava za merjenje hitrosti vrtenja SL70,
- modul SL123.

Območje voltmetra na SL1: 1000 mV.

### 4.2.1 Potek meritev

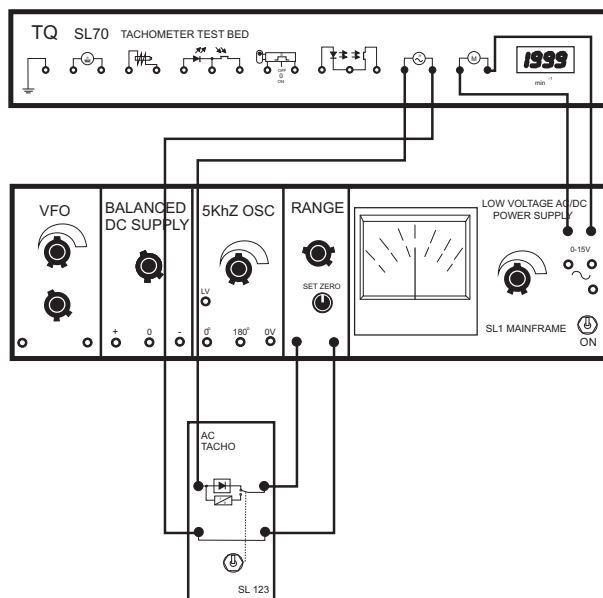
#### Napetostna karakteristika

Princip meritve lahko vidite na sliki 4.5. Najprej pripravite sistem SL1 za delo, nato pa zvežite



Slika 4.5: Shema principa meritve z izmeničnim tahogeneratorjem (napetost).

shemo kot je prikazano na sliki 4.6. Preklopnik na modulu SL123 preklopite v gornji položaj



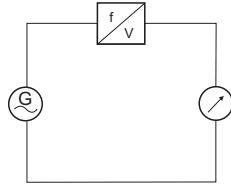
Slika 4.6: Shema vezave za merjenje z izmeničnim tahogeneratorjem (napetost).

in s tem dobimo kot izhod usmerjeno inducirano napetost tahogeneratorja. S spreminjanjem

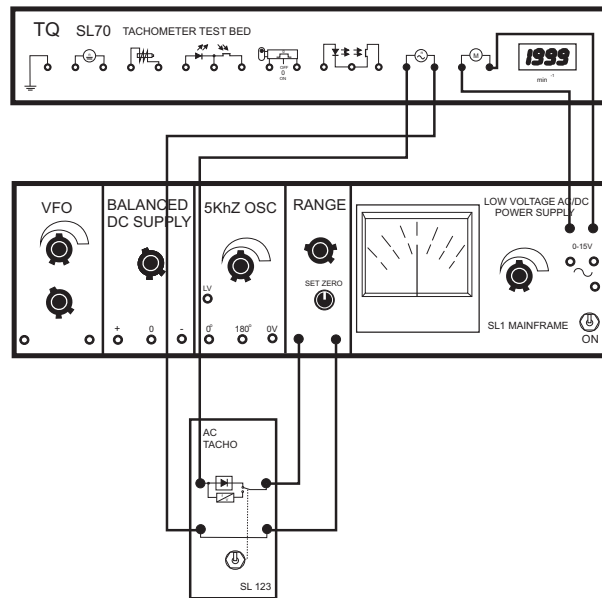
napetosti na napetostnem viru sistema SL1 nastavite zelene obrate merjene osi, ki jih odčitate na LCD zaslonu naprave SL70, in izmerite izhod tahogeneratorja. Rezultate vpišite v tabelo 4.2 in narišite karakteristiko na sliko 4.9.

### Frekvenčna karakteristika

Princip meritve lahko vidite na sliki 4.7. Najprej pripravite sistem SL1 za delo, nato pa zvežite shemo kot je prikazano na sliki 4.8. Preklopnik na modulu SL123 preklopimo v spo-



Slika 4.7: Shema principa meritve z izmeničnim tahogeneratorjem (frekvenca).



Slika 4.8: Shema vezave za merjenje z izmeničnim tahogeneratorjem (frekvenca).

dnji položaj in s tem dobimo na izhodu enosmerno napetost, ki je proporcionalna frekvenci inducirane napetosti tahogeneratorja. S spreminjanjem napetosti na napetostnem viru sistema SL1 nastavite zelene obrate osi, ki jih odčitate na LCD zaslonu naprave SL70, in izmerite izhod tahogeneratorja. Rezultate vpišite v tabelo 4.3 in narišite karakteristiko na sliko 4.10.

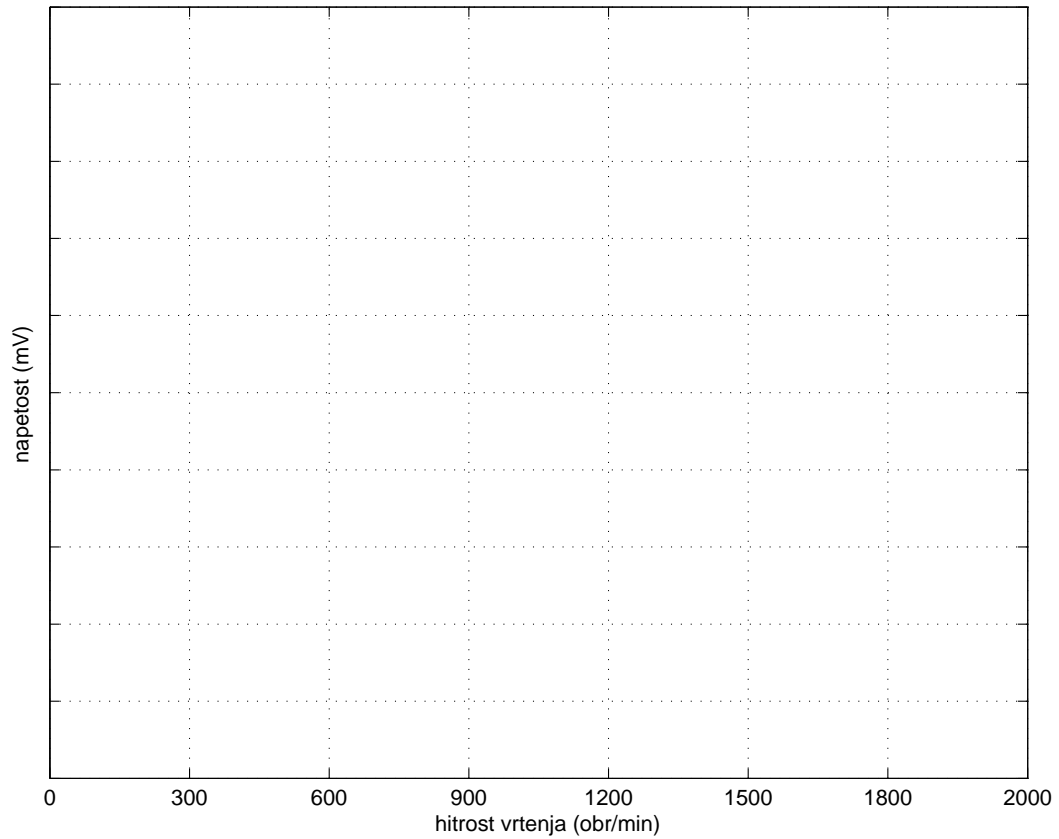
**4.2.2 Rezultati**

hitrost vrtenja (obr/min)	izhod merilnika (V)
0	
200	
400	
600	
800	
1000	
1200	
1400	
1600	

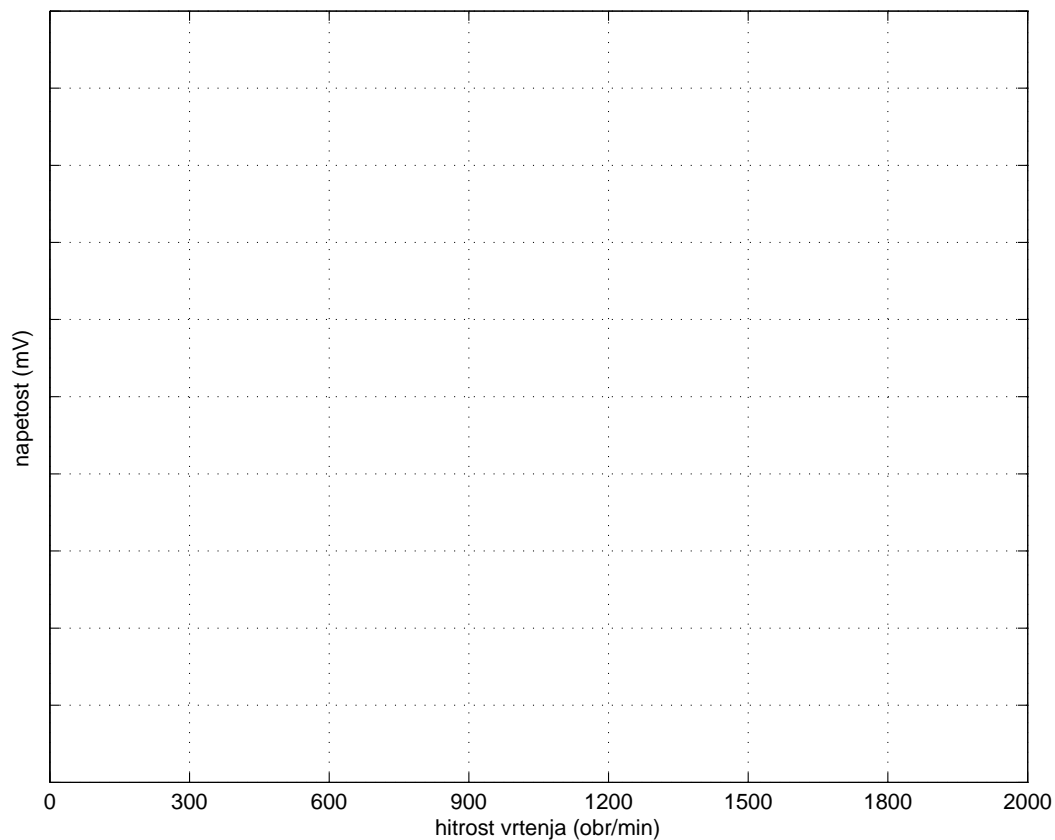
Tabela 4.2: Meritve karakteristike izmeničnega tahogeneratorja (napetost).

hitrost vrtenja (obr/min)	izhod merilnika (V)
0	
300	
600	
900	
1200	
1500	
1800	
1999	

Tabela 4.3: Meritve karakteristike izmeničnega tahogeneratorja (frekvenca).



Slika 4.9: Karakteristika izmeničnega tahogeneratorja (napetost).



Slika 4.10: Karakteristika izmeničnega tahogeneratorja (frekvenca).

### 4.3 Karakteristika optičnega merilnika s presvetlitveno tehniko

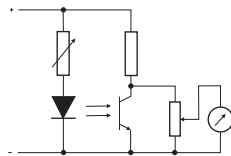
Oprema za izvedbo meritev:

- osnovni sistem SL1,
- naprava za merjenje hitrosti vrtenja SL70,
- modul SL105,
- modul SL123.

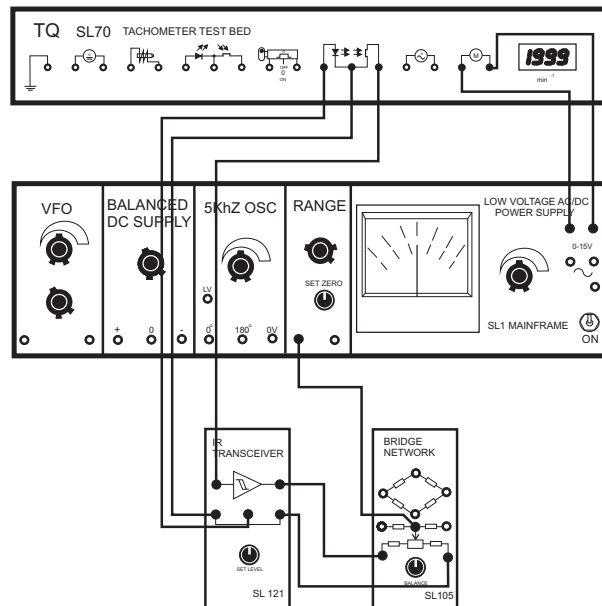
Območje voltmetra na SL1: 100 mV.

#### 4.3.1 Potek meritev

Princip meritve lahko vidite na sliki 4.11. Najprej pripravite sistem SL1 za delo, nato pa zvežite shemo kot je prikazano na sliki 4.12. S potenciometrom nastavite napetost enosmer-



Slika 4.11: Shema principa meritve z optičnim presvetlitvenim merilnikom.



Slika 4.12: Shema vezave za merjenje z optičnim presvetlitvenim merilnikom.

nega vira sistema SL1 tako, da se bo gred naprave vrtela s hitrostjo 1999 obr/min. Hitrost vrtenja gredi opazujete na LCD zaslonu naprave SL70. Nato z gumbom BALANCE modula



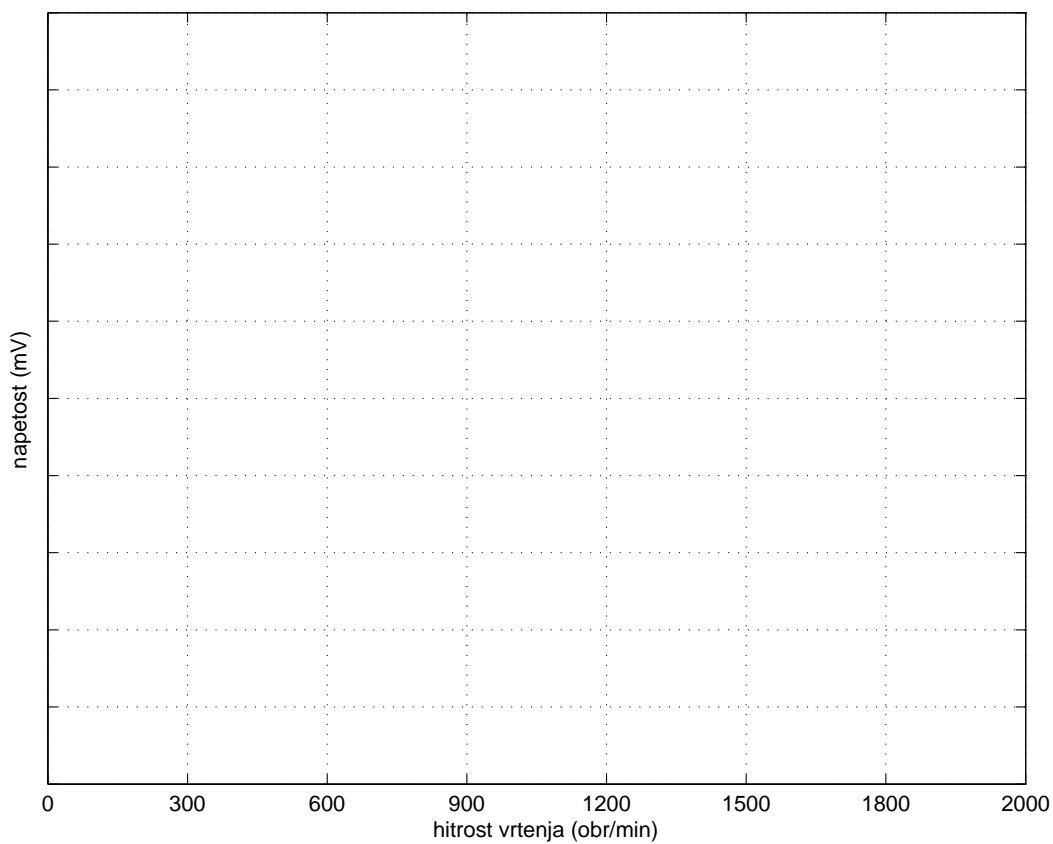
#### 4.3. KARAKTERISTIKA OPTIČNEGA MERILNIKA S PRESVETLITVENO TEHNIKO41

SL105 nastavite odklon voltmetra na 100 mV. Potenciometer SET LEVEL na modulu SL121 na odklon voltmetra nima vpliva. S tem ste kalibrirali izhod presvetlitvenega optičnega merilnika in lahko začnete z meritvami. S spreminjanjem napetosti na napetostnem viru sistema SL1 nastavite zelene obrate osi, ki jih odčitata na LCD zaslonu naprave SL70, in izmerite napetostni izhod merilnika. Rezultate vpišite v tabelo 4.4 in narišite karakteristiko na sliko 4.13.

### 4.3.2 Rezultati

hitrost vrtenja (obr/min)	izhod merilnika (V)
0	
300	
600	
900	
1200	
1500	
1800	
1999	

Tabela 4.4: Meritve karakteristike optičnega presvetlitvenega merilnika.



Slika 4.13: Karakteristika optičnega presvetlitvenega merilnika.

## 4.4 Karakteristika optičnega merilnika z odbojno tehniko

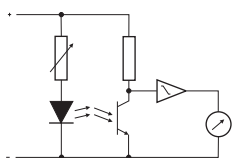
Oprema za izvedbo meritev:

- osnovni sistem SL1,
- naprava za merjenje hitrosti vrtenja SL70,
- modul SL121.

Območje voltmetra na SL1: 1000 mV.

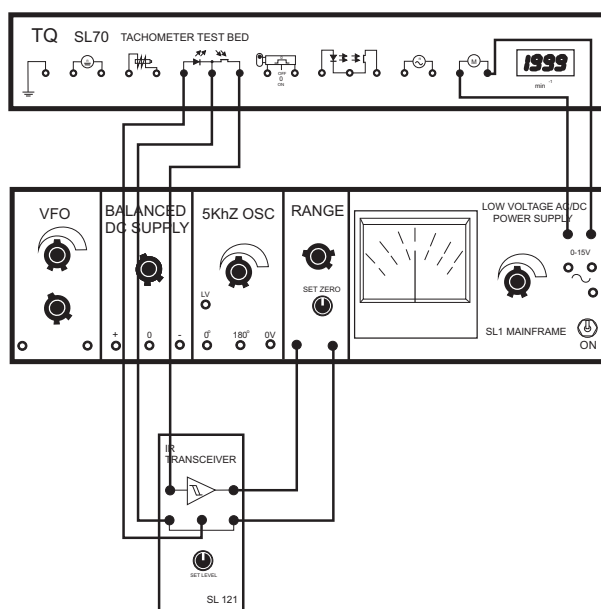
### 4.4.1 Potek meritev

Princip meritve lahko vidite na sliki 4.14. Pripravite sistem SL1 za delo, nato pa zvežite



Slika 4.14: Shema principa meritve z optičnim odbojnim merilnikom.

shemo kot je prikazano na sliki 4.15. Najprej s potenciometrom nastavite napetost enosmer-



Slika 4.15: Shema vezave za merjenje z optičnim odbojnim merilnikom.

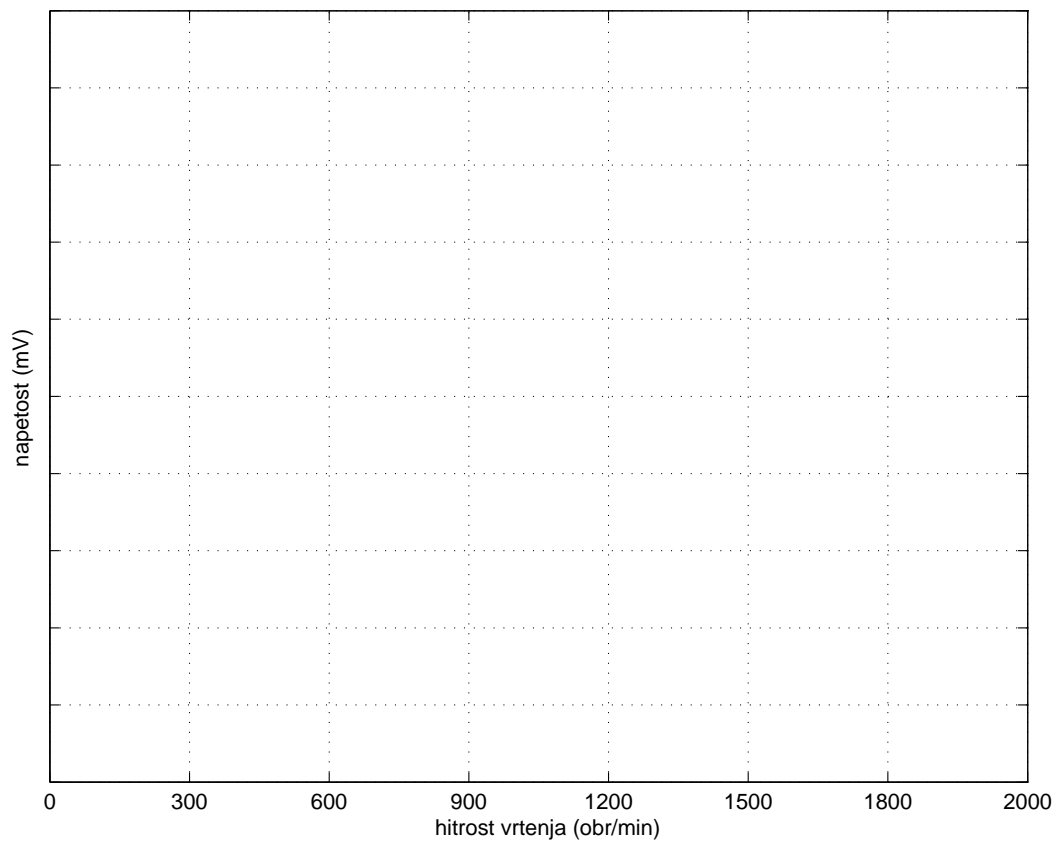
nega vira sistema SL1 tako, da se bo gred naprave vrtela s hitrostjo 1999 obr/min. Hitrost vrtenja gredi opazujete na LCD zaslonu naprave SL70. Nato z gumbom SET LEVEL modula SL121 nastavimo odklon voltmetra na maksimalni možni odklon. S tem ste kalibrirali izhod presvetlitvenega optičnega merilnika in lahko začnete z meritvami. S spreminjanjem napetosti na napetostnem viru sistema SL1 nastavite zelene obrate osi, ki jih odčitete na LCD

zaslonu naprave SL70, in izmerite napetostni izhod merilnika. Rezultate vpišite v tabelo 4.5 in narišite karakteristiko na sliko 4.16.

## 4.4.2 Rezultati

hitrost vrtenja (obr/min)	izhod merilnika (V)
0	
300	
600	
900	
1200	
1500	
1800	
1999	

Tabela 4.5: Meritve karakteristike optičnega odbojnega merilnika.



Slika 4.16: Karakteristika optičnega odbojnega merilnika.

## 4.5 Karakteristika impulznega indukcijskega tahogeneratorja

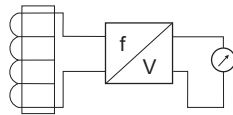
Oprema za izvedbo meritev:

- osnovni sistem SL1,
- naprava za merjenje hitrosti vrtenja SL70,
- modul SL123.

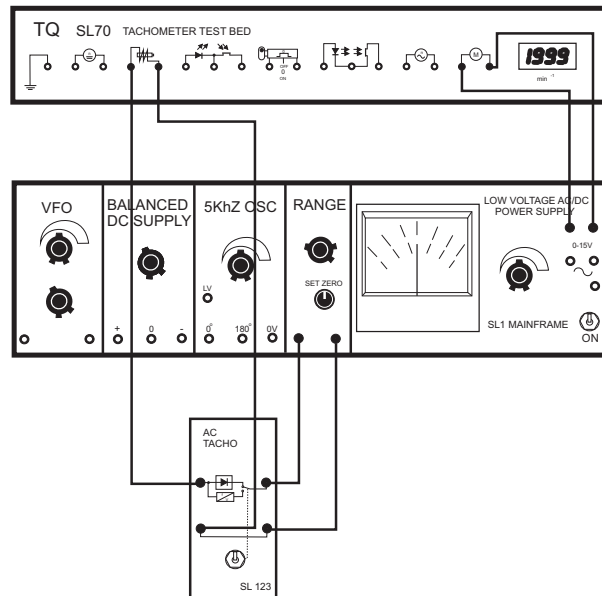
Območje voltmetra na SL1: 300 mV.

### 4.5.1 Potek meritev

Princip meritve lahko vidite na sliki 4.17. Najprej pripravite sistem SL1 za delo, nato pa zvežite shemo kot je prikazano na sliki 4.18. Preklopnik na modulu SL123 preklopimo v



Slika 4.17: Shema principa meritve z impulznim indukcijskim tahogeneratorjem.



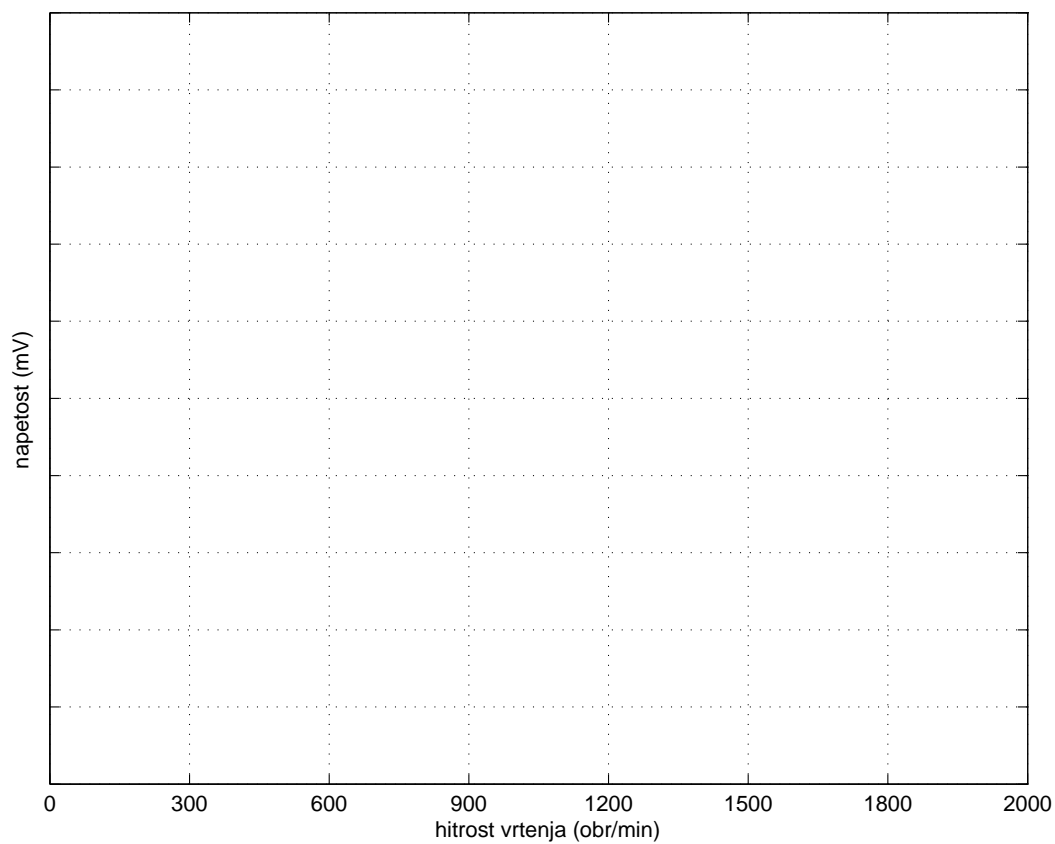
Slika 4.18: Shema vezave za merjenje z impulznim indukcijskim tahogeneratorjem.

spodnji položaj. Tako je sistem pripravljen za merjenje. S spreminjanjem napetosti na nape-  
tostnem viru sistema SL1 nastavite zelene obrate osi, ki jih odčitate na LCD zaslonu naprave  
SL70, in izmerite napetostni izhod merilnika. Rezultate vpišite v tabelo 4.6 in narišite karak-  
teristiko na sliko 4.19.

## 4.5.2 Rezultati

hitrost vrtenja (obr/min)	izhod merilnika (V)
0	
300	
600	
900	
1200	
1500	
1800	
1999	

Tabela 4.6: Meritve karakteristike impulznega indukcijskega tahogeneratorja.



Slika 4.19: Karakteristika impulznega indukcijskega tahogeneratorja.

## 4.6 Naloge

1. Kakšna je občutljivost sistema pri merjenju hitrosti:

- z enosmernim tahogeneratorjem,

občutljivost (mV/obr/s)

- z izmeničnim tahogeneratorjem,

občutljivost (mV/obr/s)

- s presvetlitvenim optičnim merilnikom,

občutljivost (mV/obr/s)

- z odbojnim optičnim merilnikom,

občutljivost (mV/obr/s)

- z impulznim indukcijskim tahogeneratorjem?

občutljivost (mV/obr/s)



# 5

## Merilniki sile in tlaka

Meritve z merilniki sile in tlaka bodo potekale na učni opremi proizvajalca FESTO, na sistemu FP1130, ki vsebuje:

- osnovno ploščo za pritrditev elementov,
- 151503 - napajalnik 24V,
- 034080 - priključitveno ploščo za binarne senzorje,
- 014595 - priključitveno ploščo za zvezne senzorje,
- 150538 - preklopnik signalov za priključitveno ploščo 014595,
- 150563 - mostično vezje z ojačevalnikom,
- 034009 - set malih uteži,
- 150543 - set velikih uteži,
- 115608, 107635 - kovinska profila,
- 011758 - pripravno skupino za stisnjen zrak,
- 150578 - pnevmatski cilinder,
- 150557 - zračni rezervoar,
- 150555 - tlačni razdelilnik,
- 011422 - ročni pnevmatski ventil,
- 011700 - enosmerni regulacijski ventil,
- 035651 - tlačne priključitvene cevi,
- 032188 - elektro-pnevmatsko stikalo,
- 150554 - mehanski binarni tlačni merilnik,
- 150565 - binarni merilnik diferencialnega tlaka,

- 150556 - zvezni tlačni piezo merilnik 0-10V, 0-20mA,
- 150558 - zvezni tlačni piezo merilnik 1-5V, 4-20mA,
- 150542 - merilnik sile z uporovnimi lističi,
- 150541 - merilnik sile s piezo kristalom.

Najprej je potrebno izmeriti karakteristike senzorjev in nato s pomočjo karakteristik teoretično rešiti naloge in rezultate preveriti z meritvami na sistemu FP1130.

## 5.1 Karakteristika merilnika sile z uporovnimi lističi

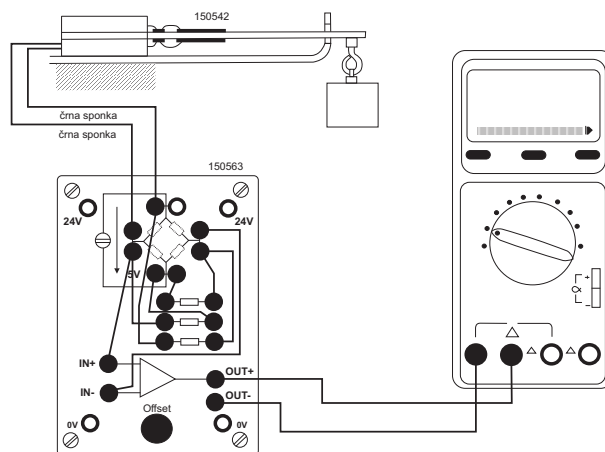
Oprema za izvedbo naloge:

- osnovna plošča za pritrditev elementov,
- 151503 - napajalnik 24V,
- 150563 - mostično vezje z ojačevalnikom,
- 034009 - set malih uteži,
- 150542 - merilnik sile z uporovnimi lističi,
- Univerzalni merilnik električnih veličin.

Območje voltmetra: 2V.

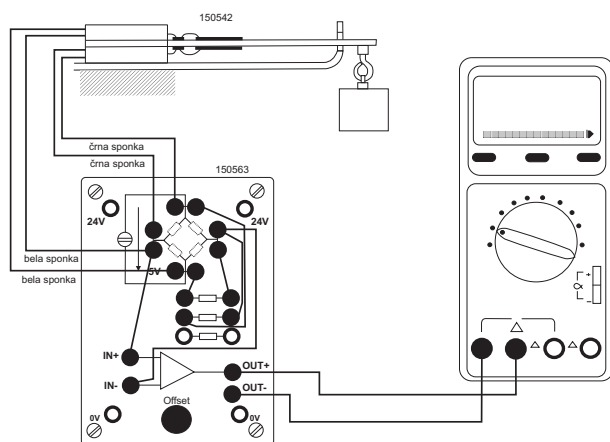
### 5.1.1 Potek meritve

Najprej zvežite shemo kot je prikazana na sliki 5.1 in jo priklopite na napajalnik. Merilnik



Slika 5.1: Shema merjenja z merilnikom sile z uporovnimi lističi s pomočjo četrtinskega Wheatstonovega mostiča.

sile 150542 pritrdite na osnovno ploščo tako, da boste nanj lahko obešali uteži. Nato vklopite napajalnik in počakajte 5 min, da se operacijski ojačevalnik ogreje na delovno temperaturo. S tem zmanjšamo lezenje ojačevalnika. S potenciometrom na mostičnem vezju 150563 nastavimo ničelni izhod vezja, ko na merilniku ni uteži in začnemo z meritvami. Izmerite napetostne izhode vezja pri različnih kombinacijah uteži na merilniku in jih vpišite v tabelo 5.1, karakteristiko merilnika pa narišite na sliko 5.3. Nato zvežite še shemo, ki je prikazana na sliki 5.2. Ponovite postopek kalibracije mostičnega vezja. Izmerite napetostne izhode vezja pri različnih utežeh na merilniku in jih vpišite v tabelo 5.1, karakteristiko merilnika pa narišite na sliko 5.3.

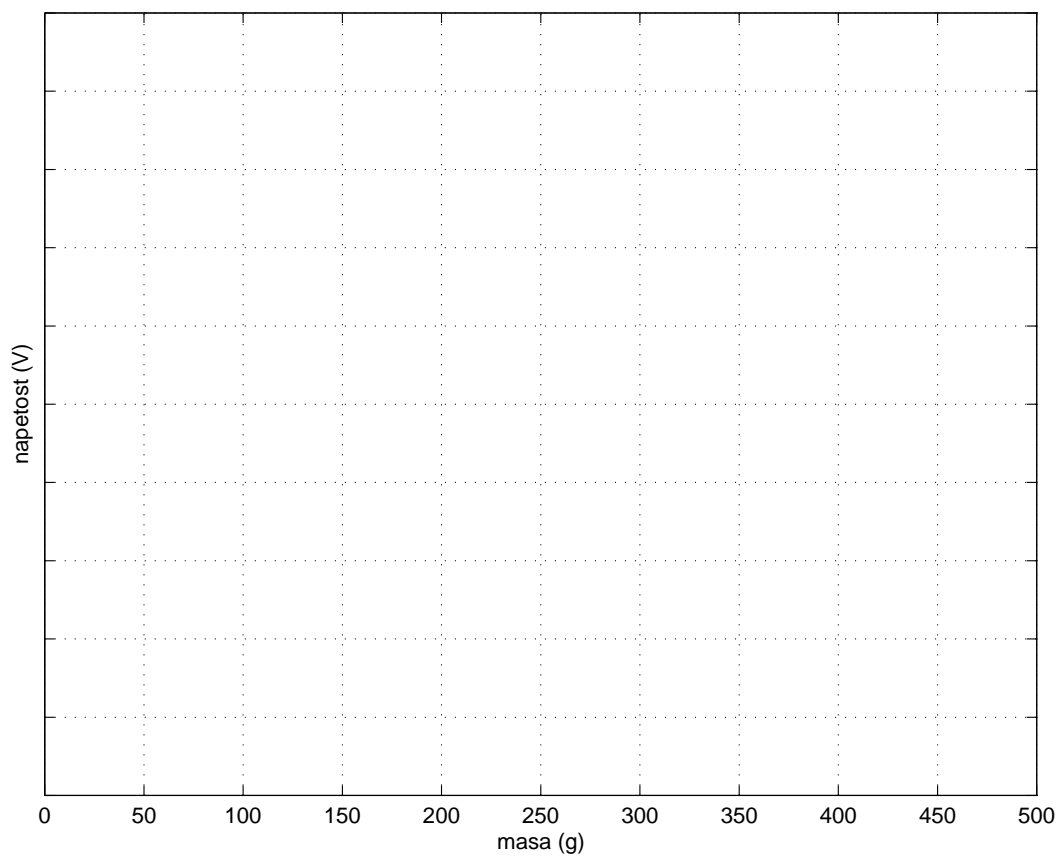


Slika 5.2: Shema merjenja z merilnikom sile z uporavnimi lističi s pomočjo polovičnega Wheatstonovega mostiča.

## 5.1.2 Rezultati

masa (g)	sila (N)	izhod (V) (1/4 mostič)	izhod (V) (1/2 mostič)
20			
50			
100			
150			
200			
250			
300			
350			
500			

Tabela 5.1: Meritve sile z merilnikom z uporovnimi lističi vezanimi v četrtinski in polovični Wheatstonov mostič.



Slika 5.3: Karakteristiki merilnika sile z uporovnimi lističi vezanimi v četrtinski in polovični Wheatstonov mostič.

## 5.2 Karakteristika merilnika sile s piezo kristalom

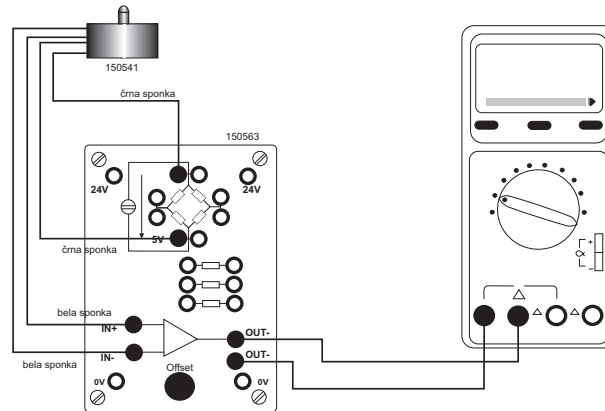
Oprema za izvedbo naloge:

- osnovna plošča za pritrnitev elementov,
- 151503 - napajalnik 24V,
- 150563 - mostično vezje z ojačevalnikom,
- 150543 - set velikih uteži,
- 150541 - merilnik sile s piezo kristalom,
- univerzalni merilnik električnih veličin.

Območje voltmetra: 2V. Obremenitev merilnika ne sme preseči 200N!

### 5.2.1 Potek meritve

Najprej zvežite shemo kot je prikazana na sliki 5.4 in jo priklopite na napajalnik. Nato



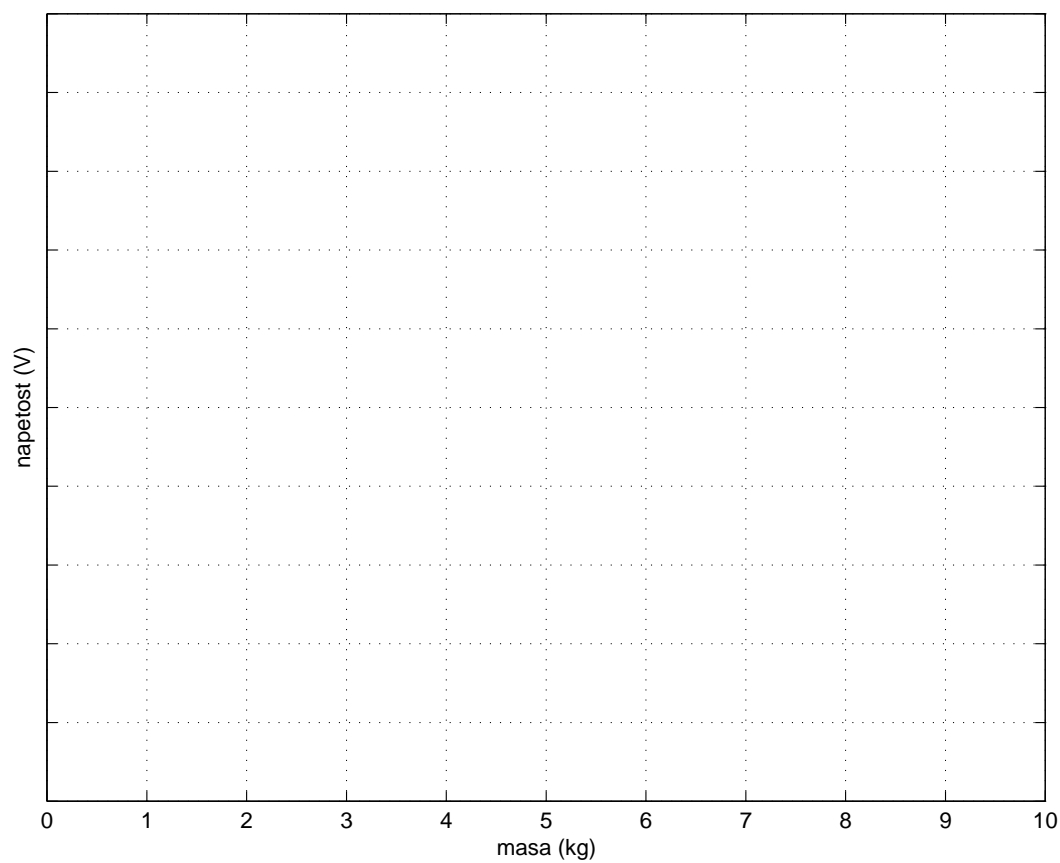
Slika 5.4: Shema merjenja z merilnikom sile s piezo kristalom.

vklopite napajalnik in počakajte 5 min, da se operacijski ojačevalnik ogreje na delovno temperaturo. S tem zmanjšamo lezenje ojačevalnika. S potenciometrom na mostičnem vezju 150563 nastavimo ničelni izhod vezja, ko na merilniku ni uteži in začnemo z meritvami. Izmerite napetostne izhode vezja pri različnem številu kilogramskih uteži na merilniku in jih vpišite v tabelo 5.2, karakteristiko merilnika pa narišite na sliko 5.5.

## 5.2.2 Rezultati

masa (kg)	sila (N)	izhod (V)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

Tabela 5.2: Meritve sile z merilnikom s piezo kristalom.



Slika 5.5: Karakteristika merilnika sile s piezo kristalom.

### 5.3 Karakteristika zveznega piezo merilnika tlaka

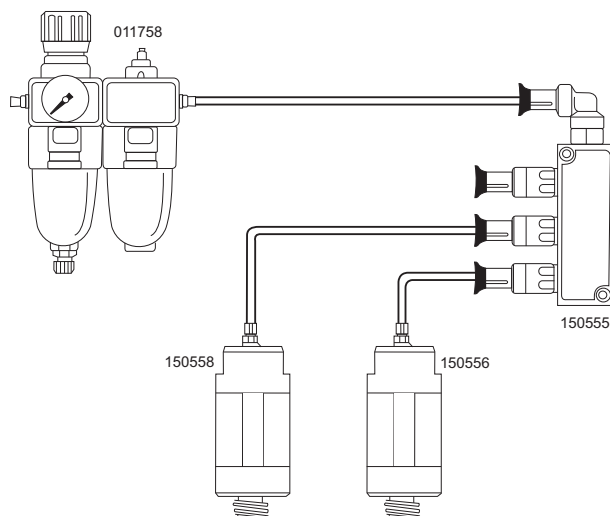
Oprema za izvedbo naloge:

- osnovna plošča za pritrditev elementov,
- 151503 - napajalnik 24V,
- 011758 - pripravna skupina za stisnjen zrak,
- 014595 - priključitvena plošča za zvezne senzorje,
- 150538 - preklopnik signalov za priključitveno ploščo 014595,
- 150555 - tlačni razdelilnik,
- 150556 - zvezni tlačni piezo merilnik 0-10V, 0-20mA,
- 150558 - zvezni tlačni piezo merilnik 1-5V, 4-20mA,
- 2 univerzalna merilnika električnih veličin.

Območje voltmetra: 20V, območje ampermetra: 20mA.

#### 5.3.1 Potek meritve

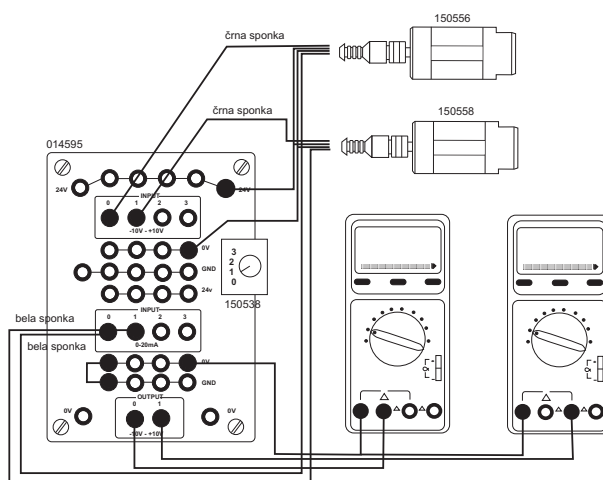
Najprej zvežite pnevmatsko shemo kot je prikazano na sliki 5.6 in pripravno skupino povežite na tlačni vod v laboratoriju. Nato pa zvežite še električno shemo, ki je prikazana na sliki



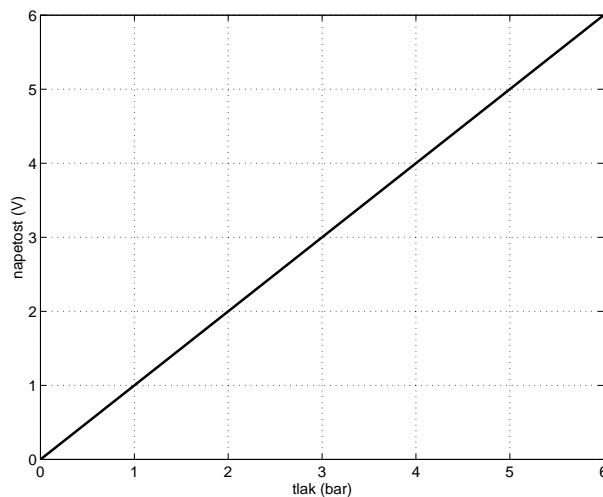
Slika 5.6: Shema priključitve tlačnih vodov za merjenje karakteristike zveznega tlačnega merilnika.

5.7 in jo zvežite na napajalnik. Nastavite preklopnik signalov (150538) na 0 oz. v skrajno spodnjo lego. S tem na voltmetru in ampermetru dobimo izhod merilnika tlaka 150556, ki ima funkcijo referenčnega merilnika tlaka. Vse meritve tlaka izvajamo s pomočjo tega merilnika in ne z manometrom na razdelilni skupini! S pomočjo ventila na pripravni skupini





Slika 5.7: Shema priključitve električnih vodov za merjenje karakteristike zveznega tlačnega merilnika.



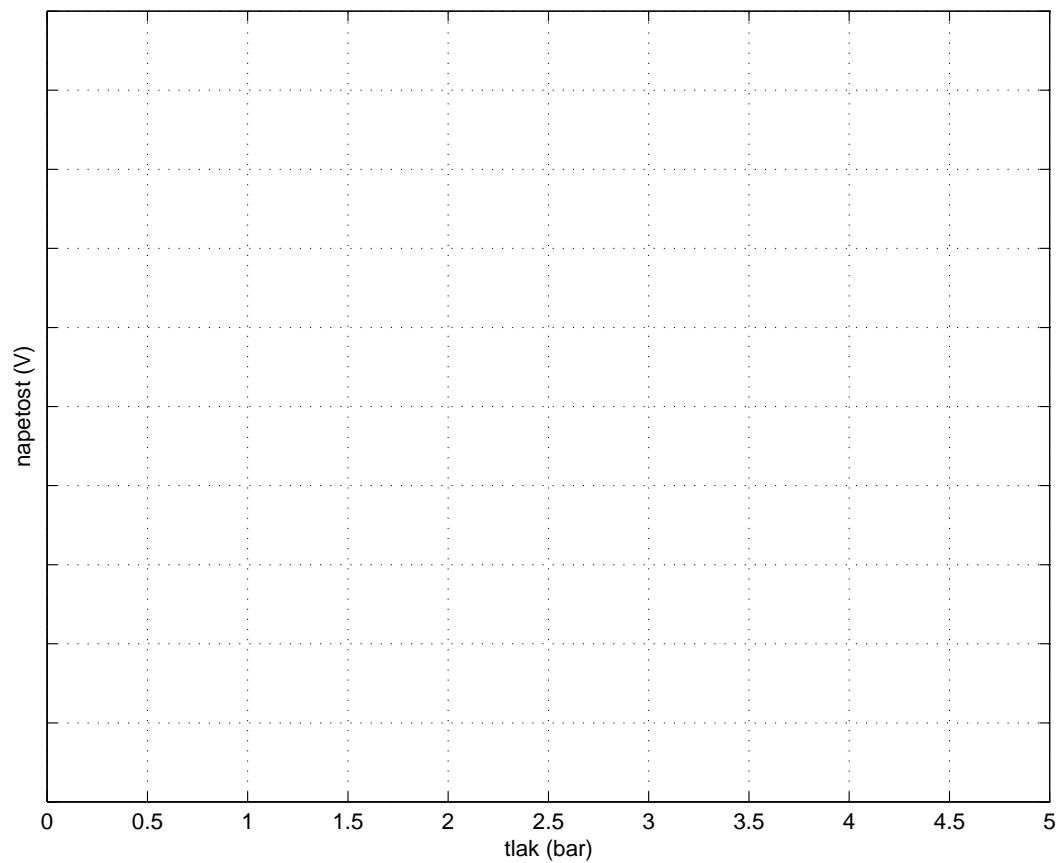
Slika 5.8: Karakteristika referenčnega merilnika tlaka.

(011758) nastavite želeni tlak. Vrednost tlaka odčitajte na voltmetru, pri tem pa upoštevajte karakteristiko referenčnega merilnika tlaka (150556), ki je prikazana na sliki 5.8. Preklopite preklopnik signalov na lego 1 oz. za eno lego v desno. S tem na voltmetru in ampermetru dobimo izhod merilnika tlaka 150558, katerega karakteristiko merimo. Ta postopek ponovimo za vse vrednosti tlaka, ki so definirane v tabeli 5.3. Rezultate vpišite v tabelo, karakteristiki merilnika pa narišite na sliki 5.9 in 5.10.

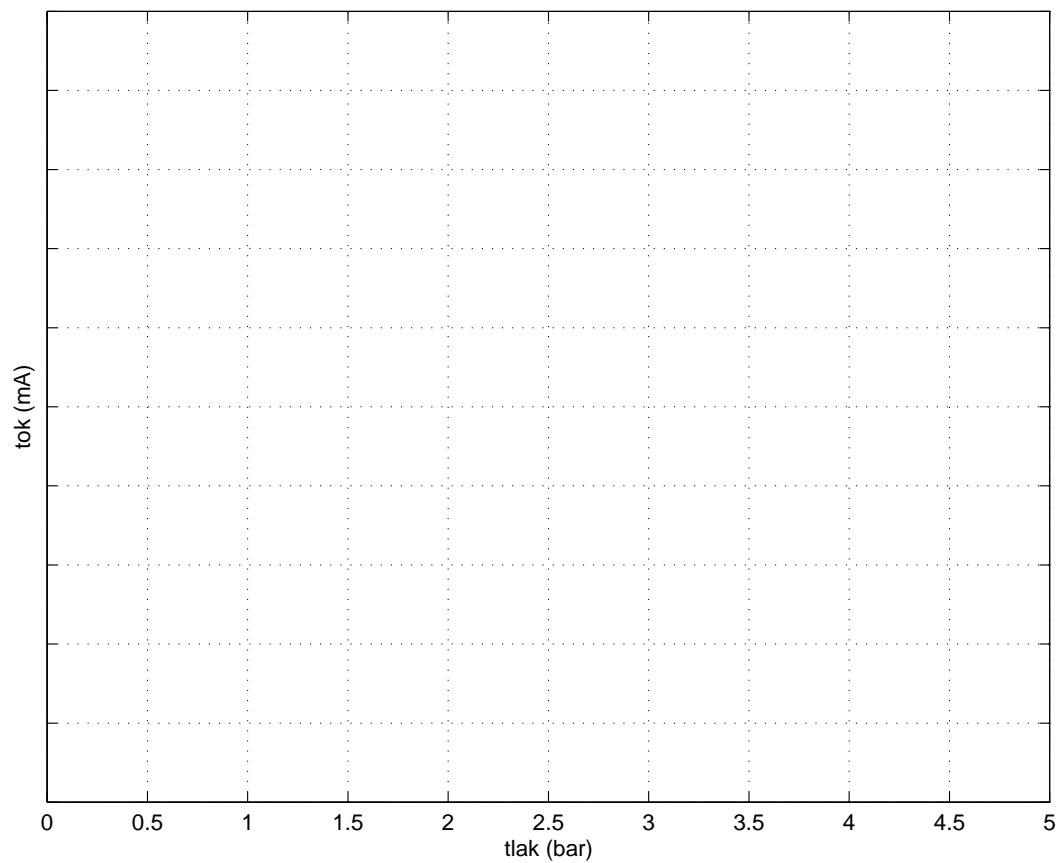
### 5.3.2 Rezultati

tlak (bar)	izhod (V)	izhod (mA)
0		
0.5		
1		
1.5		
2		
2.5		
3		
3.5		
4		
4.5		
5		

Tabela 5.3: Meritve tlaka z zveznim piezo merilnikom.



Slika 5.9: Karakteristika zveznega piezo merilnika tlaka (napetost).



Slika 5.10: Karakteristika zveznega piezo merilnika tlaka (tok).

## 5.4 Karakteristika mehanskega binarnega merilnika tlaka

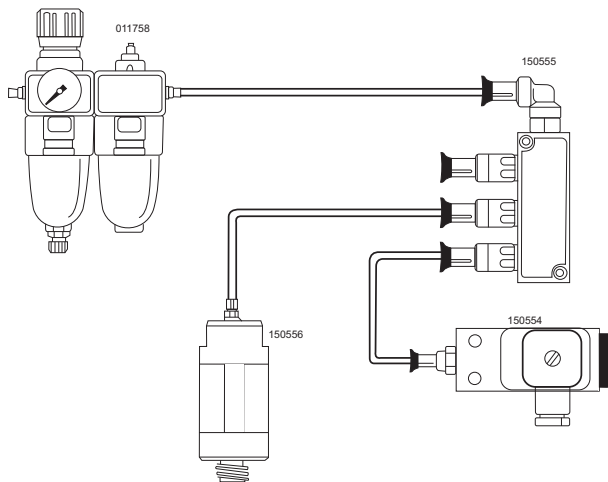
Oprema za izvedbo naloge:

- osnovna plošča za pritrnitev elementov,
- 151503 - napajalnik 24V,
- 011758 - pripravna skupina za stisnjen zrak,
- 014595 - priključitvena plošča za zvezne senzorje,
- 034080 - priključitvena plošča za binarne senzorje,
- 150538 - preklopnik signalov za priključitveno ploščo 014595,
- 150555 - tlačni razdelilnik,
- 150556 - zvezni tlačni piezo merilnik 0-10V, 0-20mA,
- 150554 - mehanski binarni tlačni merilnik,
- univerzalni merilnik električnih veličin.

Območje voltmetra: 20V.

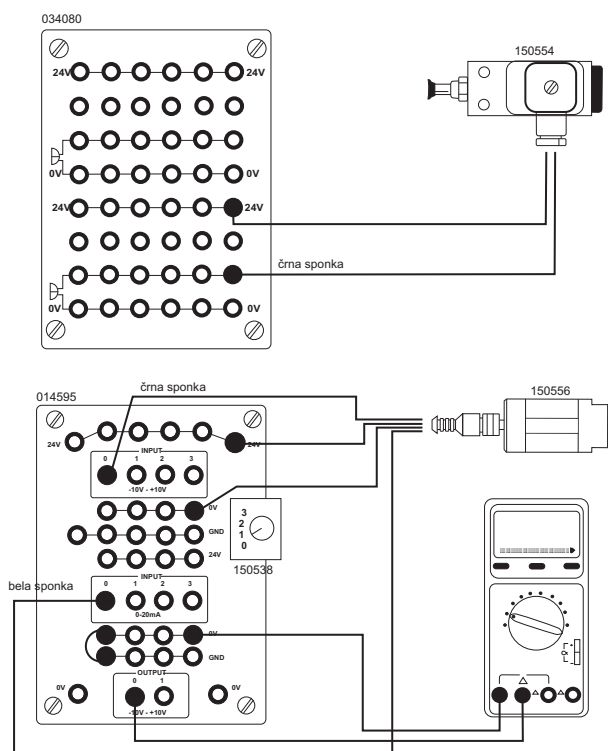
### 5.4.1 Potek meritve

Najprej zvežite pnevmatsko shemo kot je prikazano na sliki 5.11 in pripravno skupino priključite na tlačni vod v laboratoriju. Nato pa zvežite še električno shemo, ki je prikazana na sliki



Slika 5.11: Shema priključitve tlačnih vodov za merjenje karakteristike binarnega tlačnega merilnika.

5.12 in jo zvežite na napajalnik. Nastavite preklopnik signalov (150538) na 0 oz. v skrajno spodnjo lego. S tem na voltmetru dobimo izhod merilnika tlaka 150556, ki ima funkcijo referenčnega merilnika tlaka. Karakteristika merilnika 150556 je prikazana na sliki 5.8. Vse meritve tlaka izvajamo s pomočjo tega merilnika in ne z manometrom na razdelilni skupini!



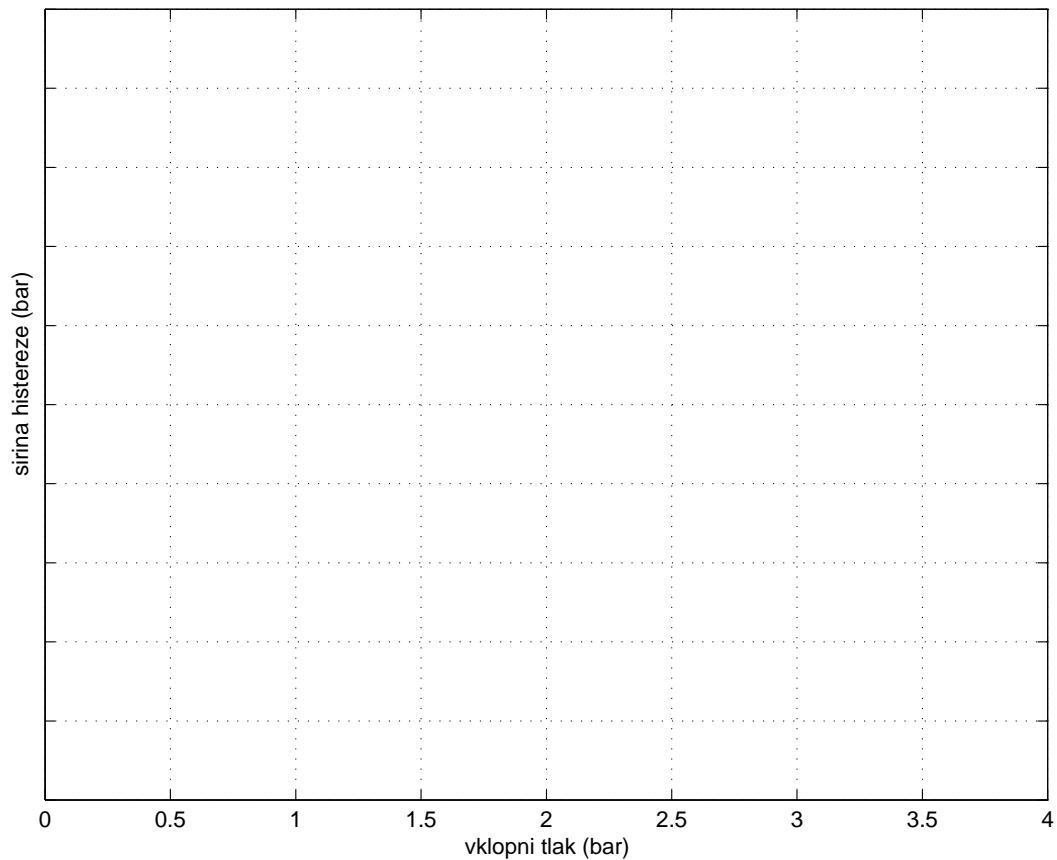
Slika 5.12: Shema priključitve električnih vodov za merjenje karakteristike binarnega tlačnega merilnika.

Nastavite tlak v sistemu z vrtenjem ventila pripravne skupine (011758) na 1 bar nato pa z vijakom na binarnem merilniku tlaka (150554) poiščemo točko, ko se izhod senzorja preklopi na visoko vrednost (zaslišimo piskanje in lučka na priključitveni plošči 034080 sveti). Sedaj z vijakom pripravne skupine spuščajte stisnjeni zrak v sistem. Ko pade vrednost izhodnega signala binarnega tipala zopet na nizko vrednost (piskanje preneha, lučka ugasne) odčitajte tlak na merilniku 150556 ter ga zapišite v tabelo 5.4. Postopek ponovite za vse tlake navedene v tabeli. Karakteristiko merilnika narišite na sliko 5.13.

### 5.4.2 Rezultati

vklopni tlak (bar)	izklopni tlak (bar)	širina histereze (bar)
1		
2		
3		
4		

Tabela 5.4: Meritve tlaka z mehanskim binarnim merilnikom.



Slika 5.13: Karakteristika binarnega mehanskega merilnika tlaka.

## 5.5 Naloge

1. Izmerite silo, ki jo lahko generirate z mezincom. Izberite enega izmed obeh merilnikov sile in svoj izbor utemeljite.

izbrani merilnik	sila mezinca (N)

Utemeljitev:

2. Pri kakšnem tlaku v rezervoarju pričakujete, da se bo prižgal alarm, če za detekcijo minimalnega tlaka uporabite binarni senzor tlaka, ki ima preklopno točko nastavljeno na 2,5 bar, po postopku, kot je opisan pri merjenju karakteristike tega merilnika? Odgovor podajte s pomočjo izmerjene karakteristike binarnega tlačnega senzorja in ga preverite v praksi.

izračunana vrednost vklopa alarma (bar)	
izmerjena vrednost vklopa alarma (bar)	

## 5.6 Navodila za reševanje nalog

### 5.6.1 Merjenje sile mezinca

Za merjenje sile mezinca uporabite vezalno shemo, ki ste jo uporabili za merjenje karakteristike izbranega merilnika. Izbor merilnika naj temelji na območju in občutljivosti merilnika, ki sta potrebni za zanesljivo določitev sile mezinca. Upoštevajte tudi vidik priročnosti meritve.

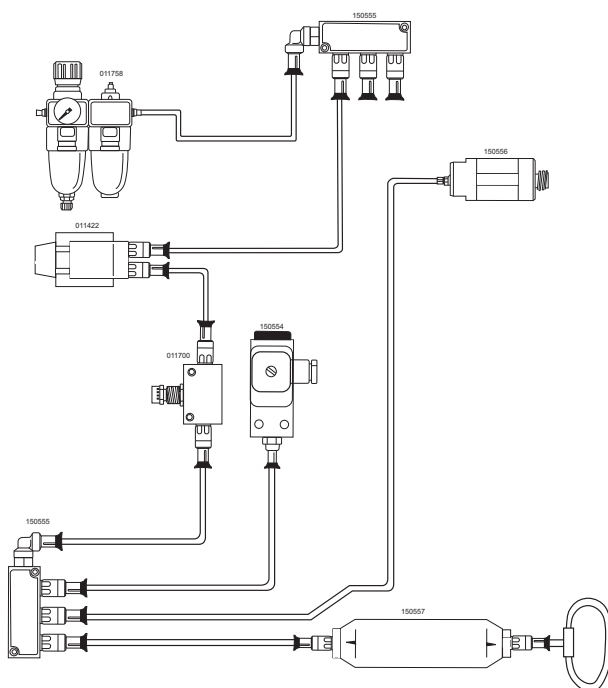


### 5.6.2 Alarm zaradi prenizkega tlaka

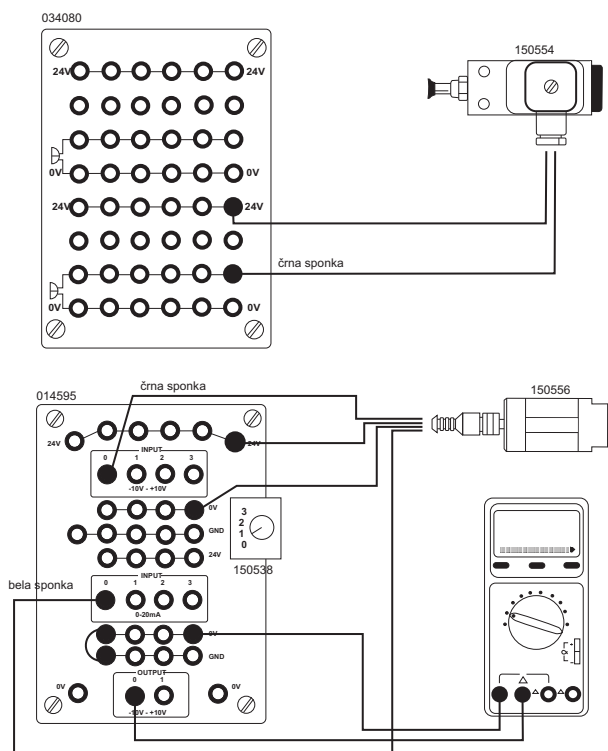
Oprema za izvedbo naloge:

- osnovna plošča za pritrditev elementov,
- 151503 - napajalnik 24V,
- 011758 - pripravna skupina za stisnjen zrak,
- 014595 - priključitvena plošča za zvezne senzorje,
- 034080 - priključitvena plošča za binarne senzorje,
- 150538 - preklopnik signalov za priključitveno ploščo 014595,
- 150555 - tlačni razdelilnik,
- 011700 - enosmerni regulacijski ventil,
- 150557 - zračni rezervoar,
- 011422 - ročni pnevmatski ventil,
- 150556 - zvezni tlačni piezo merilnik 0-10V, 0-20mA,
- 150554 - mehanski binarni tlačni merilnik,
- univerzalni merilnik električnih veličin.

Najprej zvežite pnevmatsko shemo kot je prikazano na sliki 5.14 in pripravno skupino priklopite na tlačni vod v laboratoriju. Nato pa zvežite še električno shemo, ki je prikazana na sliki 5.15 in jo priklopite na napajalnik. Nastavite preklopnik signalov na 0 oz. v skrajno spodnjo lego. S tem na voltmetru dobimo izhod merilnika tlaka 150556, ki ima funkcijo referenčnega merilnika tlaka. Vse meritve tlaka izvajamo s pomočjo tega merilnika in ne z manometrom na pripravni skupini! Karakteristika merilnika 150556 je prikazana na sliki 5.8. Nastavite tlak v sistemu z vrtenjem ventila pripravne skupine (011758) na 2.5 bar, pri tem pa tiščite tipko ročnega ventila (011422), da bo celotni sistem napolnjen z zrakom. Nato pa z vijakom na binarnem merilniku tlaka (150554) poiščemo točko, ko se izhod senzorja preklopi na visoko vrednost (zaslišimo piskanje in lučka na priključitveni plošči 034080 sveti). Sedaj zamenjajte črno sponko merilnika 150554, ki je priključena na priključitveno ploščo 034080 z belo sponko. Tako boste slišali piskanje, ko bo merilnik izklopil. Nastavite tlak z ventilom na pripravni skupini na 4 bare in spustite tipko ročnega ventila (011422). Če tlak v sistemu ne začne padati, vijak na enosmernem regulacijskem ventilu toliko odvijemo, da začne tlak počasi padati. Ko zaslišimo pisk in lučka na priključni plošči zasveti, odčitamo tlak.



Slika 5.14: Shema priključitve tlačnih vodov za preverjanje delovanja alarmiranja zaradi prenizkega tlaka.



Slika 5.15: Shema priključitve električnih vodov za preverjanje delovanja alarmiranja zaradi prenizkega tlaka.

# 6

## Merilniki razdalje

Meritve z merilniki razdalje bodo potekale na učni opremi proizvajalca FESTO, na sistemu FP1120, ki vsebuje:

- osnovno ploščo za pritrditev elementov,
- 151503 - napajalnik 24V,
- 034083 - kovček testnih objektov,
- 036279 - trak pločevine 32x1,5x209,
- 034070 - odbojno ploščo za ultrazvočni merilnik,
- 034094 - položajni drsnik,
- 150539 - motor z diskom,
- 150537 - krmilnik motorja,
- 014595 - priključitveno ploščo za zvezne senzorje,
- 150538 - preklopnik signalov za priključitveno ploščo 014595,
- 034009 - set malih uteži,
- 115615, 115616, 109383 - kovinske profile,
- 080824 - vodilo za paralelni premik s pogonskim vretenom,
- 030331 - končna magnetna stikala za vodilo 080824,
- 150532 - zvezni induktivni merilnik razdalje,
- 150533 - zvezni razpršilni optični merilnik,
- 150534 - linearni potenciometer,
- 150535 - ultrazvočni zvezni merilnik,
- 150536 - linearni inkrementalni kapacitivni merilnik,

Najprej je potrebno izmeriti karakteristike senzorjev in nato s pomočjo karakteristik teoretično rešiti naloge in rezultate preveriti z meritvami na sistemu FP1120.

## 6.1 Karakteristike induktivnega merilnika

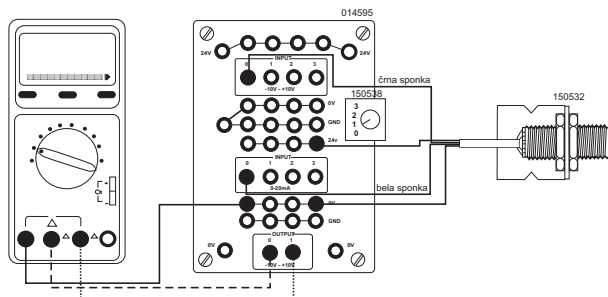
Tovrstni merilniki se poleg merjenja razdalje uporabljajo tudi kot sekundarni merilniki za merjenje različnih veličin. Uporovni lističi se npr. uporabljajo za merjenje sil, navorov in tlakov. Tudi induktivni merilnik je možno uporabiti za različne namene, pri tem pa gre za merjenje vpliva materialov na elektromagnetno polje merilnika. Ker pa se elektromagnetno polje razprostira v tridimenzionalnem prostoru, je potrebno upoštevati vpliv pozicije in orientacije merjenega predmeta na elektromagnetno polje v vseh treh dimenzijah prostora, če hočemo točno določiti razdaljo predmeta od merilnika. V nasprotnem primeru moramo paziti, da se merjeni predmet giblje po enaki trajektoriji in z enako orientacijo v prostoru skozi elektromagnetno polje merilnika kot pri umerjanju merilnika, sicer bodo meritve napačne.

Oprema za merjenje karakteristik induktivnega merilnika:

- osnovna plošča za pritrditev elementov,
- 151503 - napajalnik 24V,
- 014595 - priključitvena plošča za zvezne senzorcje,
- 150538 - preklopnik signalov za priključitveno ploščo 014595,
- 150532 - zvezni induktivni merilnik razdalje,
- univerzalni merilnik električnih veličin.

Območje voltmetra: 20 V, območje ampermetra: 200 mA.

Za vse meritve z induktivnim merilnikom, je električna shema enaka in je prikazana na sliki 6.1. Na sliki pomeni črtkana črta povezavo na univerzalni merilnik kadar merimo napetost, pikčasta črta pa povezavo kadar merimo tok.



Slika 6.1: Shema za merjenje z induktivnim merilnikom razdalje.

### 6.1.1 Karakteristika merilnika za merjenje razdalj do jeklene ploščice

Dodatna oprema:

- 034094 - položajni drsnik,
- 034083 - kovček s testnimi objekti.

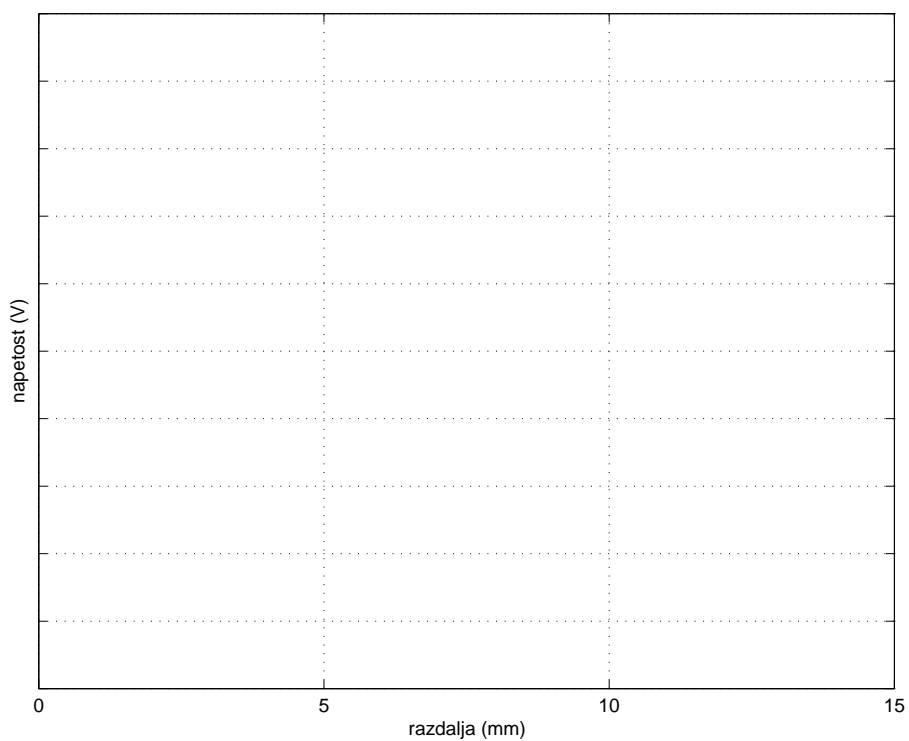
**Potek meritve**

Najprej zvežite shemo, ki je prikazana na sliki 6.1 in priklopite sistem na napajalnik. Preklopnik signalov 150538 preklopite v skrajni spodnji položaj oz. na pozicijo 0. Pritrdite induktivni merilnik 150532 in položajni drsnik 34094 tako, da boste z drsnikom lahko primikali in odmikali testne objekte v smeri osi induktivnega merilnika. Pri tem pazite, da boste merilnik namestili v položaj, v katerem ne bo zaznaval prijemala drsnika! Vzemite testni objekt št. 3 iz kovčka in ga pritrdite na drsnik ter ga primaknite k senzorju, da se ga dotakne. Preverite, če je kot prijemala nastavljen tako, da merjena ploščica na celi površini naleže na površino merilnika. Drsnik naj v takem položaju kaže odklon 0. Eno izmed nogic s katerimi je pritrjen na osnovno ploščo zasukamo, da se podnožje drsnika napram merilniku ne more več premakniti in začnemo z meritvami. Meritve izvajamo tako, da merilno ploščico približujemo ali oddaljujemo od merilnika, ne menjamo pa smeri premikanja dokler smo v območju, ki ga merilnik zaznava. Izmerite tako napetostno kot tokovno karakteristiko merilnika in za obe postopek ponovite šestkrat, da ugotovite ponovljivost. Polovico ponovitev izvedite z odmikanjem od merilnika, polovico pa s primikanjem, da ovrednotite histerezo merilnika. Rezultate vpišite v tabeli 6.1 in 6.2, karakteristiki pa narišite na sliki 6.2 in 6.3.

## Rezultati

razdalja (mm)	$U_1$ (V)	$U_2$ (V)	$U_3$ (V)	$U_4$ (V)	$U_5$ (V)	$U_6$ (V)	$\bar{U}$ (V)
0							
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							

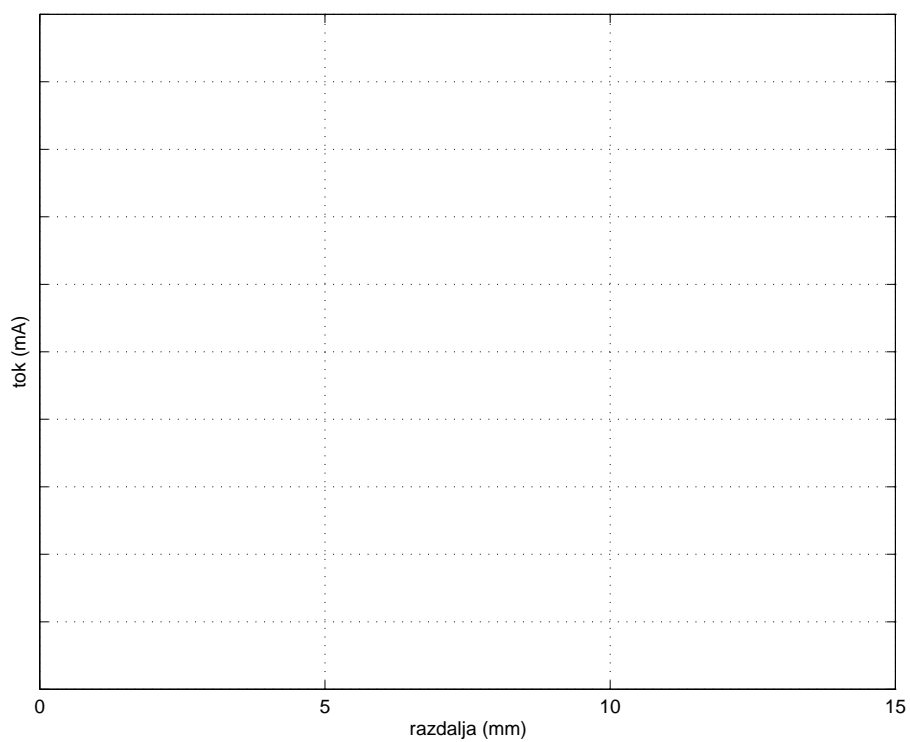
Tabela 6.1: Meritve karakteristike induktivnega merilnika razdalje do jeklene ploščice (napetost).



Slika 6.2: Karakteristika induktivnega merilnika razdalje do jeklene ploščice (napetost).

razdalja (mm)	$I_1$ (mA)	$I_2$ (mA)	$I_3$ (mA)	$I_4$ (mA)	$I_5$ (mA)	$I_6$ (mA)	$\bar{I}$ (mA)
0							
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							

Tabela 6.2: Meritve karakteristike induktivnega merilnika razdalje do jeklene ploščice (tok).



Slika 6.3: Karakteristika induktivnega merilnika razdalje do jeklene ploščice (tok).



### 6.1.2 Karakteristika merilnika za merjenje razdalj do različnih predmetov

Dodatna oprema:

- 034094 - položajni drsnik,
- 034083 - kovček s testnimi objekti.

#### **Potek meritve**

Električna shema in nastavitvev položajnega drsnika ostaneta enaki kot pri prejšnjih meritvah (slika 6.1), le testni objekti so drugi. Merili boste samo tokovno karakteristiko merilnika. Iz kovčka s testnimi objekti vzemite ploščice s števkami: 4 (nerjaveče jeklo), 5 (aluminij), 6 (medenina) in 7 (baker). Za vsako od teh ploščic izvedite meritve dvakrat in izračunajte povprečje. Rezultate vpisujte v tabele od 6.3 do 6.6 in karakteristike narišite na sliko 6.4.

**Rezultati**

razdalja (mm)	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0
1. serija meritev (I(mA))										
2. serija meritev (I(mA))										
povprečje meritev (I(mA))										

Tabela 6.3: Meritve karakteristike induktivnega merilnika razdalje do nerjaveče jeklene ploščice.

razdalja (mm)	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0
1. serija meritev (I(mA))										
2. serija meritev (I(mA))										
povprečje meritev (I(mA))										

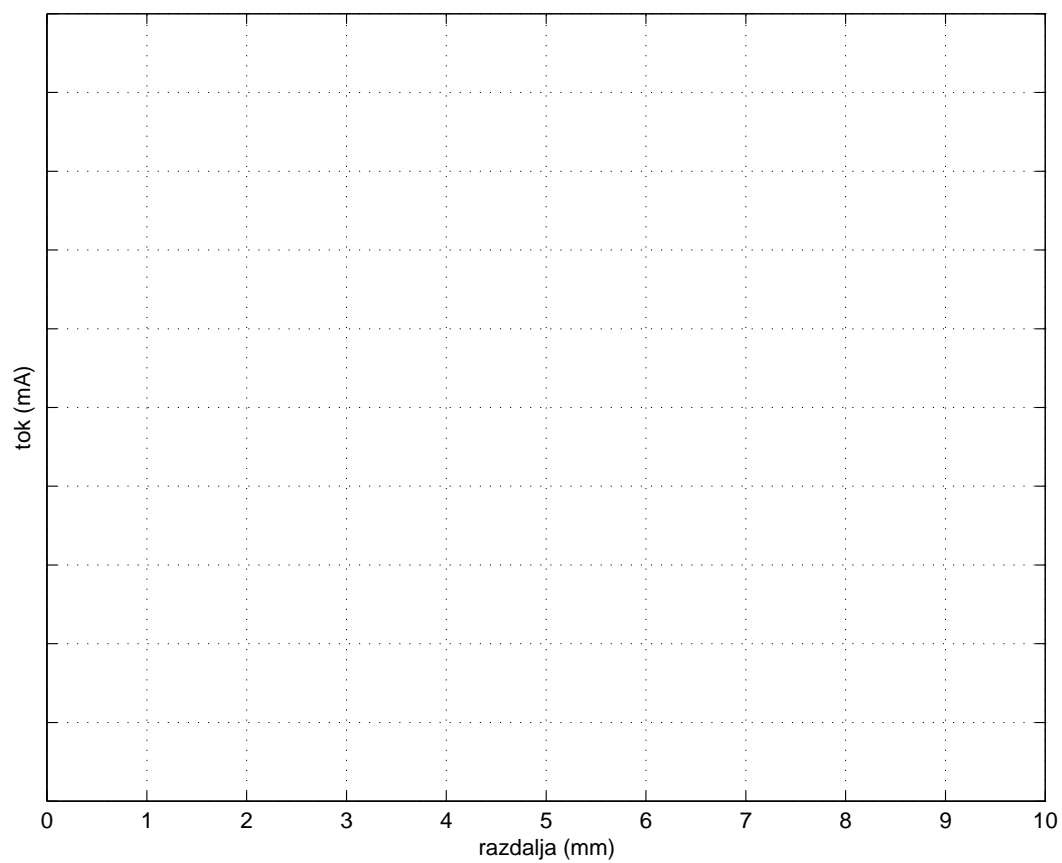
Tabela 6.4: Meritve karakteristike induktivnega merilnika razdalje do aluminijaste ploščice.

razdalja (mm)	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0
1. serija meritev (I(mA))										
2. serija meritev (I(mA))										
povprečje meritev (I(mA))										

Tabela 6.5: Meritve karakteristike induktivnega merilnika razdalje do medeninaste ploščice.

razdalja (mm)	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0
1. serija meritev (I(mA))										
2. serija meritev (I(mA))										
povprečje meritev (I(mA))										

Tabela 6.6: Meritve karakteristike induktivnega merilnika razdalje do bakrene ploščice.



Slika 6.4: Karakteristike induktivnega merilnika razdalje za različne materiale.

### 6.1.3 Karakteristika merilnika za merjenje površine jeklenih predmetov

Dodatna oprema:

- 034094 - položajni drsnik,
- 034083 - kovček s testnimi objekti.

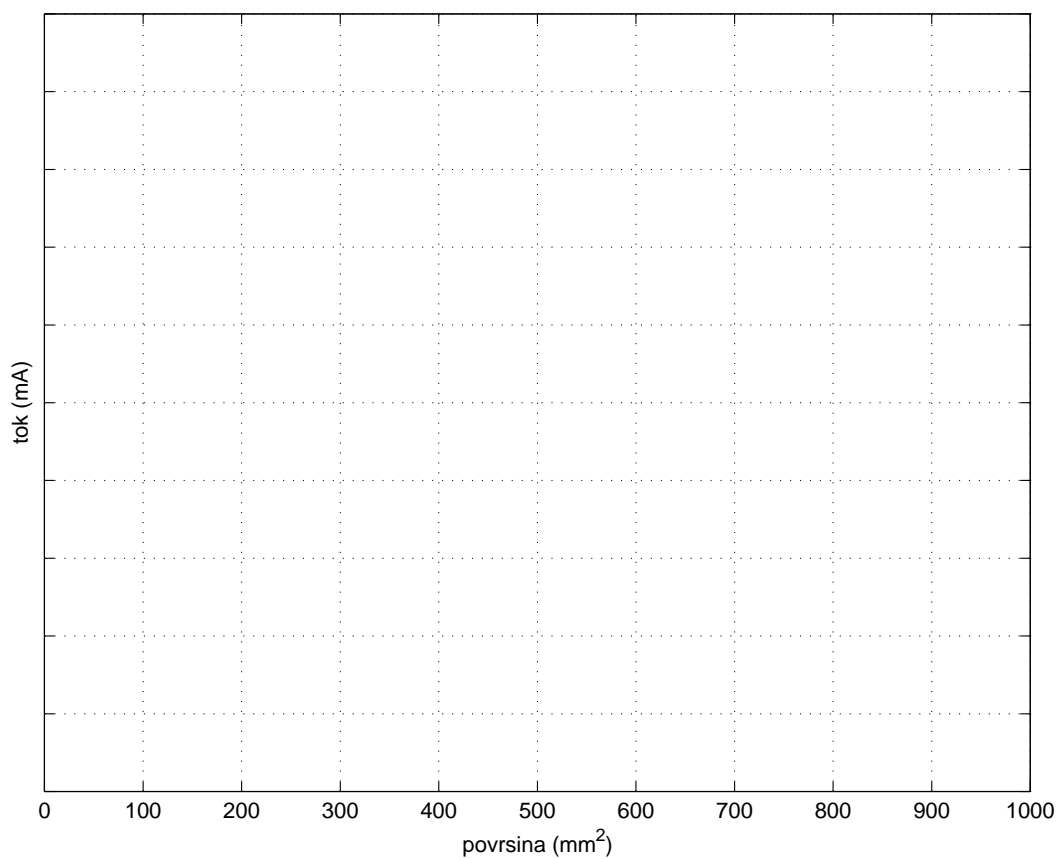
#### **Potek meritve**

Električna shema in nastavitvev položajnega drsnika ostaneta enaki kot pri prejšnjih meritvah (slika 6.1), le testni objekti so drugi. Merili boste samo tokovno karakteristiko merilnika. Iz kovčka s testnimi objekti vzemite ploščice s številkami od 11 do 16. To so plastične ploščice s prilepljenimi jeklenimi vložki s površinami od 30 mm x 30 mm do 5 mm x 5 mm. Odmaknite vsako ploščico za 3 mm od merilnika in izmerite izhodni tok merilnika. Za vsako testno ploščico izvedite meritev trikrat in izračunajte povprečje. Rezultate vpišite v tabelo 6.7, karakteristike pa narišite na sliko 6.5. Pri meritvah pazite, da se bodo sredine jeklenih ploščic nahajale v osi merilnika!

## Rezultati

površina (mm <sup>2</sup> )	$I_1$ (mA)	$I_2$ (mA)	$I_3$ (mA)	$\bar{I}$ (mA)
25 (št 16)				
100 (št 15)				
225 (št 14)				
400 (št 13)				
625 (št 12)				
900 (št 11)				

Tabela 6.7: Meritve karakteristik induktivnega merilnika razdalje za merjenje površin jeklenih ploščic.



Slika 6.5: Karakteristike induktivnega merilnika razdalje za merjenje površin jeklenih ploščic.

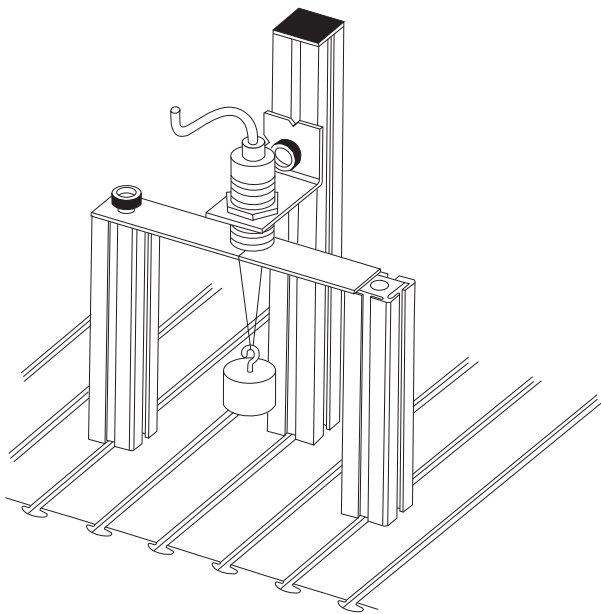
### 6.1.4 Karakteristika merilnika za merjenje sile

Dodatna oprema:

- 034009 - set malih uteži,
- 036279 - trak pločevine 32x1,5x209,
- 115615, 115616, 109383 - kovinski profili.

#### Potek meritve

Električna shema ostane enaka kot pri prejšnjih meritvah (slika 6.1), spremeni pa se postavitev merilnika. Iz aluminijastih profilov in jeklenega traku sestavite konstrukcijo, kot je prikazana na sliki 6.6 in nastavite merilnik približno 2 mm nad kovinski trak. Trak je na eni



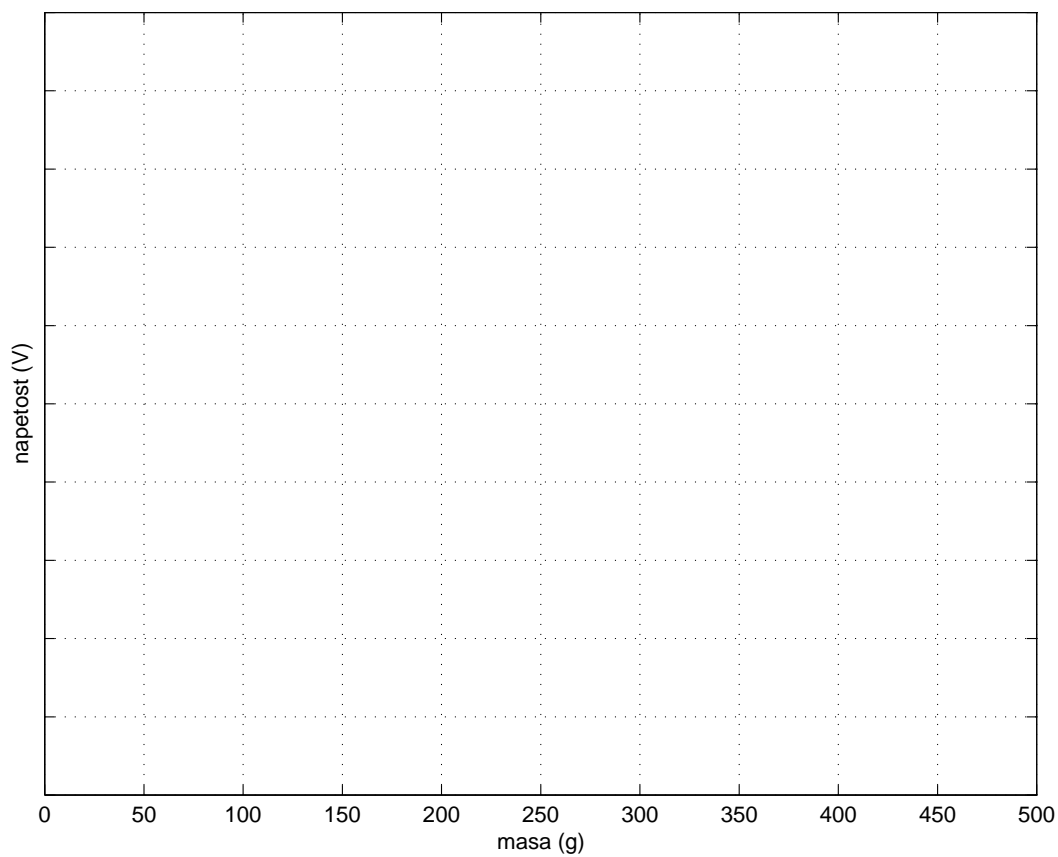
Slika 6.6: Konstrukcija za merjenje sile z induktivnim merilnikom razdalje.

strani pritrjen z vijakom, na drugi strani pa z aluminijastim profilom samo podprt. Bolj kot bo podpora traku na njegovem robu, bolj se bo kovinski trak pod silo teže uteži upogibal. Na kovinski trak nato obešajte različne kombinacije uteži in izhodni tok merilnika vpišite v tabelo 6.8, karakteristike pa narišite na sliko 6.7.

## Rezultati

masa (g)	sila (N)	izhod (mA)
20		
50		
100		
150		
200		
250		
300		
350		
500		

Tabela 6.8: Meritve sile z induktivnim merilnikom razdalje.



Slika 6.7: Karakteristika merilnika sile z induktivnim merilnikom razdalje.

### 6.1.5 Karakteristika merilnika za merjenje ekscentričnosti diska

Dodatna oprema:

- 034094 - položajni drsnik,
- 150539 - motor z diskom.

#### **Potek meritve**

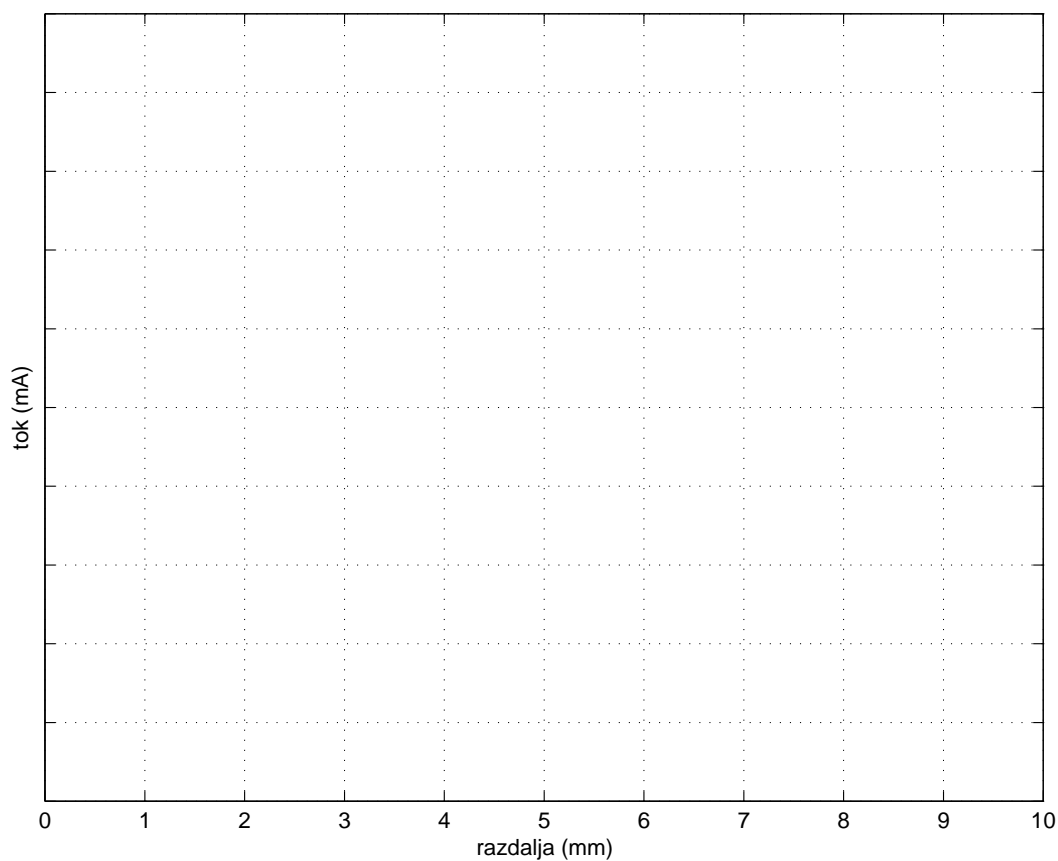
Električna shema ostane enaka kot pri prejšnjih meritvah (slika 6.1), disk, ki je pritrjen na motorju, pa skupaj z motorjem pritrдите na položajni drsnik. Izmeriti morate bočno in čelno karakteristiko induktivnega merilnika za disk. Izhodni tok merilnika vpišite v tabelo 6.9, karakteristiko pa narišite na sliko 6.8.



## Rezultati

razdalja (mm)	izhod (mA) (bočno)	izhod (mA) (čelno)
0.0		
1.0		
2.0		
3.0		
4.0		
5.0		
6.0		
7.0		
8.0		
9.0		

Tabela 6.9: Meritve ekscentričnosti diska z induktivnim merilnikom razdalje.



Slika 6.8: Karakteristika merilnika ekscentričnosti diska z induktivnim merilnikom razdalje.

## 6.2 Karakteristike razpršilnega optičnega merilnika

Tudi razpršilni optični merilnik je možno uporabiti za različne namene, pri čemer izkoriščamo vplive površine in oblike objektov na odboj svetlobnega žarka merilnika. Ker se svetloba širi v tridimenzionalnem prostoru, je potrebno upoštevati vpliv pozicije in orientacije merjenega predmeta na odboj svetlobe, če hočemo točno določiti razdaljo predmeta od merilnika. V nasprotnem primeru pa moramo paziti, da se merjeni predmet giblje po enaki trajektoriji in z enako orientacijo v prostoru skozi žarek merilnika kot pri umerjanju merilnika, sicer bodo meritve napačne.

Oprema za merjenje karakteristik razpršilnega optičnega merilnika:

- osnovna plošča za pritrditev elementov,
- 151503 - napajalnik 24V,
- 014595 - priključitvena plošča za zvezne senzorje,
- 150538 - preklopnik signalov za priključitveno ploščo 014595,
- 150533 - zvezni razpršilni optični merilnik,
- 034083 - kovček s testnimi objekti,
- 034094 - položajni drsnik.
- univerzalni merilnik električnih veličin.

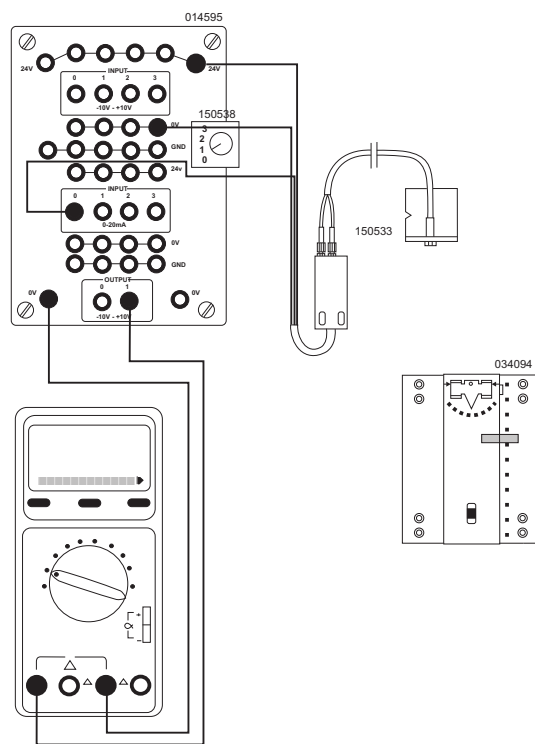
Območje ampermetra: 20 mA.

Za vse meritve z razpršilnim optičnim merilnikom je električna shema enaka in je prikazana na sliki 6.9.

### 6.2.1 Karakteristika merilnika za merjenje razdalje do različnih ravnih površin

#### Potek meritve

Zvežite električno shemo kot je prikazano na sliki 6.9. Iz kovčka vzemite testne površine, ki so v tem primeru: kodak siva kartica (št. 17), prozorna plastika (št. 18), rdeča plastika (št. 19) in črna plastika (št. 21). Podobno kot pri induktivnem merilniku nastavimo ničelno lego položajnega drsnika (na skali drsnika nastavimo odmik 0), nato pa celotni drsnik primaknemo tako blizu optičnega merilnika, da se testna plošča dotakne optičnega izhoda merilnika. Na koncu pa eno izmed nogic drsnika zasukamo tako, da se podnožje drsnika ne more več premikati. Izmerite izhodni tok merilnika za različne razdalje med merilnikom in predmetom za vse testne predmete. Izhodni tok merilnika vpišite v tabelo 6.10, karakteristike pa narišite na sliko 6.10.

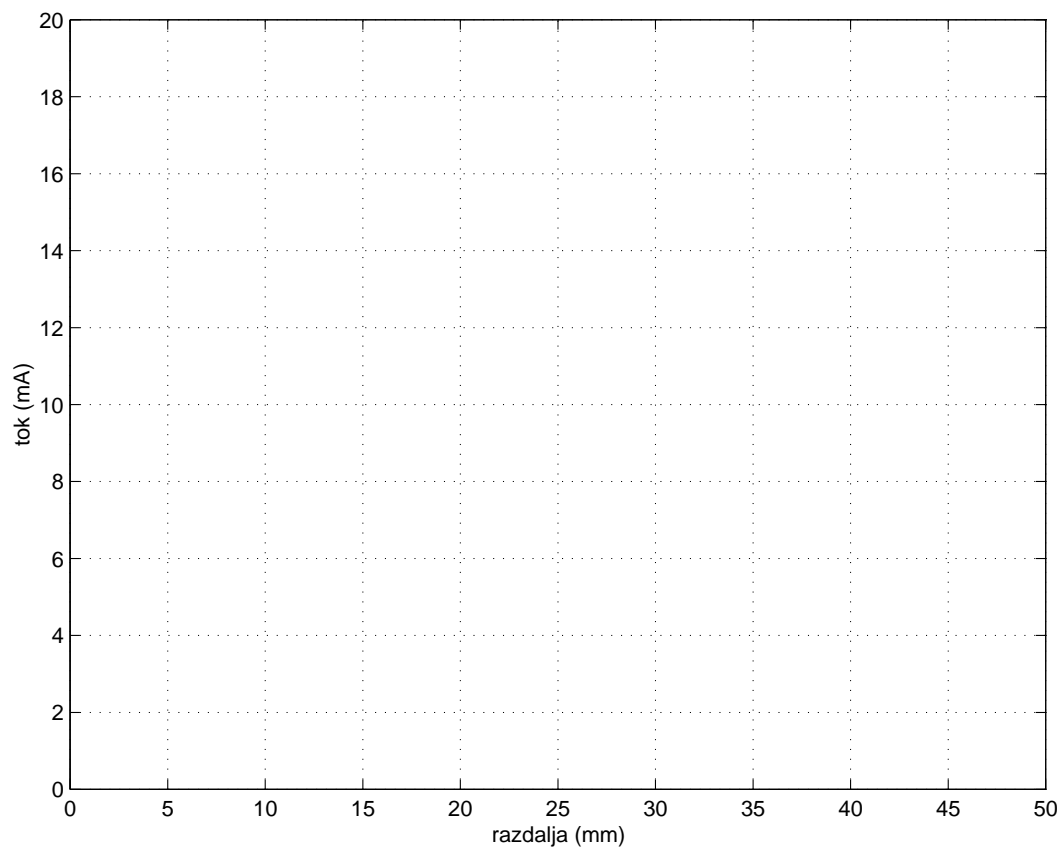


Slika 6.9: Shema za merjenje z razpršilnim optičnim merilnikom razdalje.

## Rezultati

razdalja (mm)	št.17 I(mA)	št.18 I(mA)	št.19 I(mA)	št.21 I(mA)
0.0				
5.0				
10.0				
15.0				
20.0				
25.0				
30.0				
35.0				
40.0				
45.0				
50.0				

Tabela 6.10: Meritve oddaljenosti od različnih površin z razpršilnim optičnim merilnikom razdalje.



Slika 6.10: Karakteristike meritev oddaljenosti od različnih površin z razpršilnim optičnim merilnikom razdalje.

### 6.2.2 Karakteristika merilnika za merjenje debeline

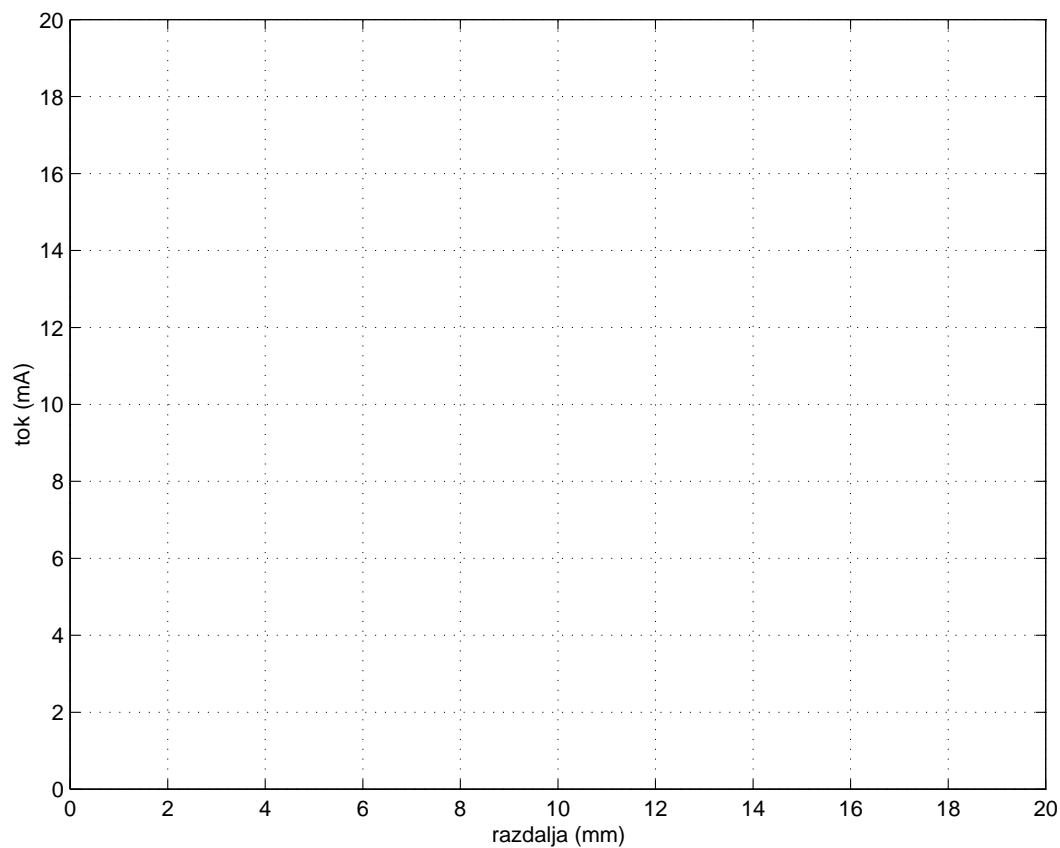
#### Potek meritve

Zvežite električno shemo kot je prikazano na sliki 6.9. Iz kovčka vzemite testno ploščico številka 23. Nastavimo ničelno lego položajnega drsnika (na skali drsnika nastavimo odmik 0). Nato pa celotni drsnik primaknemo tako blizu optičnega merilnika, da se testna plošča dotakne optičnega izhoda merilnika pri čemer eno izmed nogic drsnika zasukamo tako, da se podnožje drsnika ne more več premikati. Izmerite izhodni tok merilnika za različne razdalje med merilnikom in testnim predmetom. Izhodni tok merilnika vpišite v tabelo 6.11, karakteristiko pa narišite na sliki 6.11.

## Rezultati

razdalja (mm)	izhodni tok (mA)	razdalja (mm)	izhodni tok (mA)
0.0		11.0	
1.0		12.0	
2.0		13.0	
3.0		14.0	
4.0		15.0	
5.0		16.0	
6.0		17.0	
7.0		18.0	
8.0		19.0	
9.0		20.0	
10.0		21.0	

Tabela 6.11: Karakteristika meritev debeline z razpršilnim optičnim merilnikom razdalje.



Slika 6.11: Meritve debeline z razpršilnim optičnim merilnikom razdalje.

## 6.3 Karakteristika linearnega potenciometra

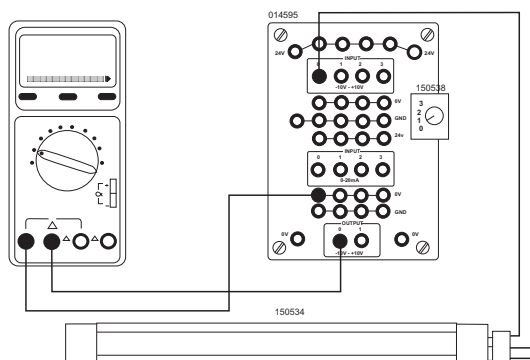
Oprema za merjenje:

- osnovna plošča za pritrditev elementov,
- 151503 - napajalnik 24V,
- 014595 - priključitvena plošča za zvezne senzorje,
- 150538 - preklopnik signalov za priključitveno ploščo 014595,
- 080824 - vodilo za paralelni premik s pogonskim vretenom,
- 150534 - linearni potenciometer,
- 150536 - linearni inkrementalni kapacitivni merilnik,
- univerzalni merilnik električnih veličin.

Območje voltmetra: 20 V.

### 6.3.1 Potek meritve

Najprej postavite na osnovno ploščo sistem, ki vsebuje vodilo za paralelni premik s pogonskim vretenom, linearni potenciometer in linearni inkrementalni kapacitivni merilnik. Zvežite shemo na sliki 6.12 ter sistem priključite na napajalnik. Ročno obračajte vreteno sistema



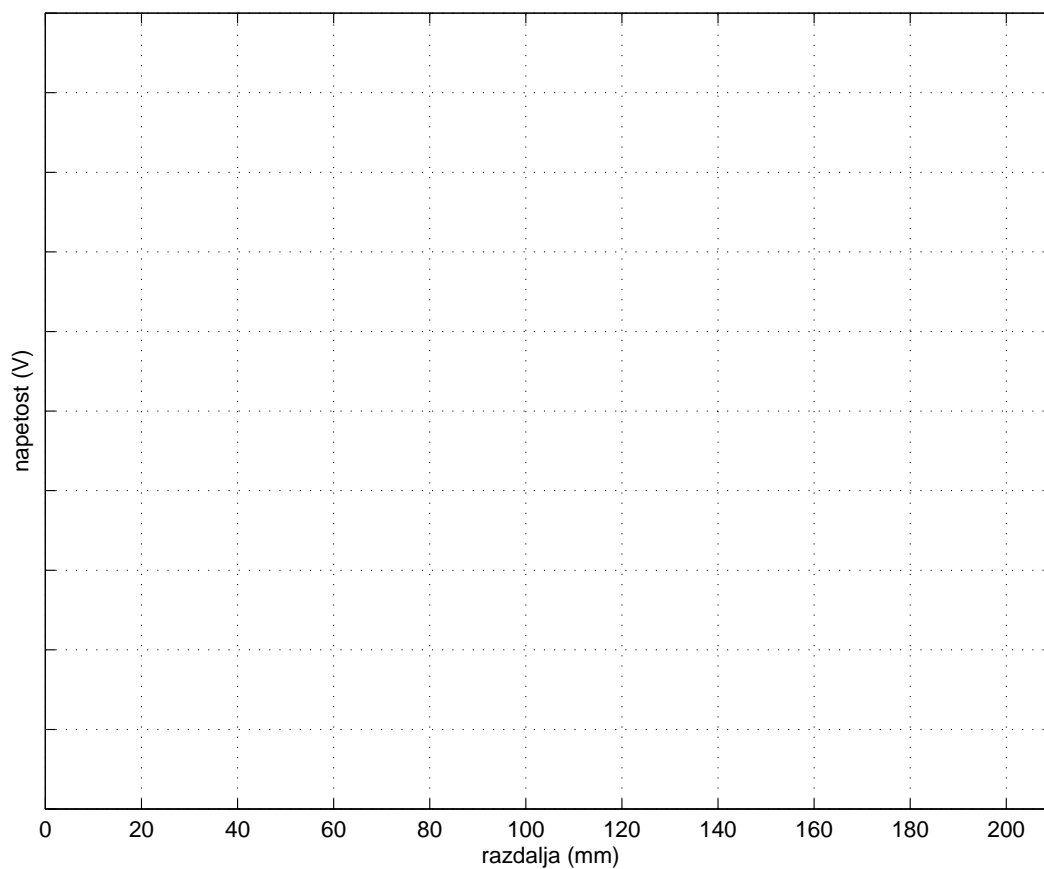
Slika 6.12: Shema za merjenje z linearnim potenciometrom.

toliko časa, da pride merilna miza v skrajni levi položaj, nato pa vklopite inkrementalni merilnik, ki se nahaja na vodilu za paralelni premik (080824) in ga nastavite na 0 mm. To je referenčni merilnik razdalje. Z ročnim obračanjem vretena spreminjajte oddaljenost od začetne točke in odčitajte napetosti na izhodu potenciometra. Pri tem naj bo preklopnik signalov 150538 stalno na poziciji 0 oz. v skrajnem spodnjem položaju. Izhodno napetost merilnika vpišite v tabelo 6.12, karakteristiko pa narišite na sliko 6.13.

## Rezultati

razdalja (mm)	izhodna napetost (V)	razdalja (mm)	izhodna napetost (V)
0.0		110.0	
10.0		120.0	
20.0		130.0	
30.0		140.0	
40.0		150.0	
50.0		160.0	
60.0		170.0	
70.0		180.0	
80.0		190.0	
90.0		200.0	
100.0		210.0	

Tabela 6.12: Meritve razdalje s potenciometrom.



Slika 6.13: Karakteristika merilnika razdalje s potenciometrom.



## 6.4 Naloge

1. Izmerite silo, ki jo lahko generirate z mezincom na merilniku sile, ki ste ga izvedli s pomočjo induktivnega merilnika razdalje.

silna mezinca (N)

2. Izmerite osno in radialno ekscentričnost diska z induktivnim merilnikom razdalje.

osna ekscentričnost (mm)	radialna ekscentričnost (mm)

3. Z razpršilnim optičnim merilnikom izmerite debeline različnih testnih ploščic in rezultate preverite s kljunastim merilom.

številka objekta	debelina (mm) (optični merilnik)	debelina (mm) (kljunasto merilo)
23		
24		
25		
26		
27		

## 6.5 Navodila za reševanje nalog

### 6.5.1 Merjenje sile mezinca

Oprema za izvedbo naloge:

- osnovna plošča za pritrditev elementov,
- 151503 - napajalnik 24V,
- 014595 - priključitvena plošča za zvezne senzorje,
- 150538 - preklopnik signalov za priključitveno ploščo 014595,
- 036279 - trak pločevine 32x1,5x209,
- 115615, 115616, 109383 - kovinski profili.
- 150532 - zvezni induktivni merilnik razdalje,
- univerzalni merilnik električnih veličin.

Območje ampermetra: 200 mA.

Zvežite shemo, kot je narisano na sliki 6.1 ter postavite mehansko konstrukcijo na sliki 6.6. Pri tem pazite, da bo oddaljenost merilnika od jeklene plošče, ki jo sila upogiba, enaka kot pri merjenju karakteristike tega merilnika sile, ki ste jo že izmerili. Namesto uteži dajte skozi zanko mezinca, pri tem pa roko naslonite na podlago in z mezincom potegneta. Z izmerjeno karakteristiko določite silo, s katero ste delovali na jekleno ploščo.

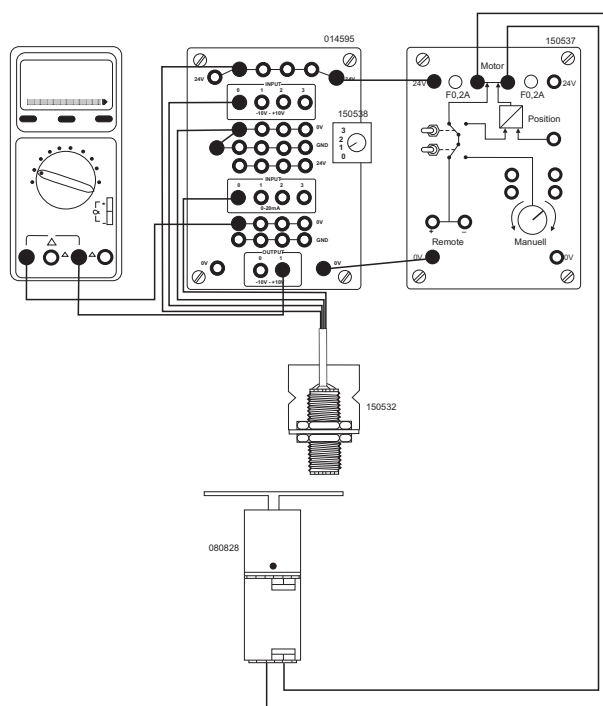
### 6.5.2 Merjenje ekscentričnosti diska

Oprema za izvedbo naloge:

- osnovna plošča za pritrnitev elementov,
- 151503 - napajalnik 24V,
- 014595 - priključitvena plošča za zvezne senzorje,
- 150538 - preklopnik signalov za priključitveno ploščo 014595,
- 080828 - motor z diskom,
- 150537 - krmilnik motorja,
- 150532 - zvezni induktivni merilnik razdalje,
- univerzalni merilnik električnih veličin.

Območje ampermetra: 200 mA.

Zvežite električno shemo na sliki 6.14. Motor z diskom (080828) pritrdimo na podlago in



Slika 6.14: Električna shema za merjenje ekscentričnosti diska.

nasproti namestimo merilnik tako, da bo disk oddaljen od merilnika toliko, da boste merili v linearnem področju karakteristike merilnika. Prav tako pazite, da bo os merilnika postavljena vzporedno z osjo diska. Pri tem naj bo pozicija merilnika glede na rob diska čim bolj podobna poziciji, ki ste jo imeli pri merjenju karakteristike, sicer bodo rezultati napačni. Nato počasi zavrtite disk z motorčkom. To storite tako, da gornji preklopnik na krmilniku

motorja (150537) preklopite v levi položaj, spodnjega pa v desni položaj in s potenciometrom MANUELL nastavite hitrost. Na ampermetru opazujte izhodni tok in odčitajte minimalno in maksimalno vrednost. Ker je odčitavanje precej težavno, ponovimo ta korak trikrat in iz povprečja določimo osno ekscentričnost. Za radialno ekscentričnost pa moramo merilnik prestaviti pravokotno na os diska in ga približati robu diska do take razdalje, da bomo zopet v linearnem območju karakteristike. Položaj merilnika in diska naj bo čim bolj podoben položaju v katerem ste merili karakteristiko, sicer bodo rezultati napačni. Nastavite počasno vrtenje diska in ponovite postopek odčitavanja toka kot je opisan zgoraj ter določite radialno ekscentričnost.

### 6.5.3 Merjenje debeline predmetov

Oprema za izvedbo naloge:

- osnovna plošča za pritrditev elementov,
- 151503 - napajalnik 24V,
- 014595 - priključitvena plošča za zvezne senzorje,
- 150538 - preklopnik signalov za priključitveno ploščo 014595,
- 150533 - zvezni razpršilni optični merilnik,
- 034083 - kovček s testnimi objekti,
- univerzalni merilnik električnih veličin,
- kljunasto merilo.

Območje ampermetra: 200 mA.

Zvežite shemo kot ste jo uporabljali za merjenje karakteristike razpršilnega optičnega merilnika za merjenje debeline (slika 6.9). Iz kovčka s testnimi objekti vzemite ploščice s števkami od 23 do 27. Iz karakteristike na sliki 6.11 določite linearno področje merilnika. Podnožje položajnega drsnika nastavite tako, da kaže položajni drsnik odmik 0, kadar je hrbtna stran testnih objektov naslonjena na merilnik in ga v takem položaju pritrdite na delovno površino. Nato odmaknite položajni drsnik z merjenim objektom do vrednosti, ki leži v linearnem območju karakteristike in odčitajte vrednost toka. Nato obrnete merjeni objekt in nastavite drsnik na isto vrednost, pri kateri ste odčitali prejšnjo vrednost toka. Tudi novo vrednost toka odčitamo. Razlika obeh tokov daje informacijo o debelini materiala, ki je nalepljen na nosilno ploščico. Debeline vseh nalepljenih materialov izmerite tudi s kljunastim merilom in primerjajte rezultate. Zelo pomembno je, da je kot merjenega objekta proti žarku merilnika ves čas meritev enak in je tudi enak kotu, ki ste ga imeli pri merjenju karakteristike!



# 7

## Merilniki bližine

Meritve z merilniki bližine bodo potekale na učni opremi proizvajalca FESTO, na sistemu za merjenje bližine FP1110, ki vsebuje:

- osnovno ploščo za pritrditev elementov,
- kljunasto merilo,
- 151503 - napajalnik 24V,
- 035697 - ravnilo,
- 034080 - priključitveno ploščo za binarne senzorje,
- 034095 - števec,
- 034083 - kovček testnih objektov,
- 034094 - položajni drsnik,
- 150509 - magnetni merilnik 1,
- 150510 - magnetni merilnik 2,
- 150507 - induktivni merilnik M12,
- 150508 - induktivni merilnik M18,
- 150517 - kapacitivni merilnik,
- 150513 - presvetlitveni optični merilnik (oddajnik),
- 150514 - presvetlitveni optični merilnik (sprejemnik),
- 150512 - razpršilni optični merilnik,
- 150518 - razpršilni optični merilnik,
- 150515 - retro reflektivni optični merilnik,
- 150504 - odbojno telo,

- 034096 - motor z diskom,
- 150516 - presvetlitveni optični merilnik,
- 150511 - ultrazvočni merilnik,
- 150505 - držalo za optični kabel za merilnik 150516,
- optični kabel za merilnik 150516,
- 150506 - držalo za optični kabel za merilnik 150518,
- optični kabel za merilnik 150518.

Najprej je potrebno izmeriti karakteristike senzorjev, nato pa s pomočjo karakteristik teoretično rešiti naloge in rezultate preveriti z meritvami na sistemu FP1110.



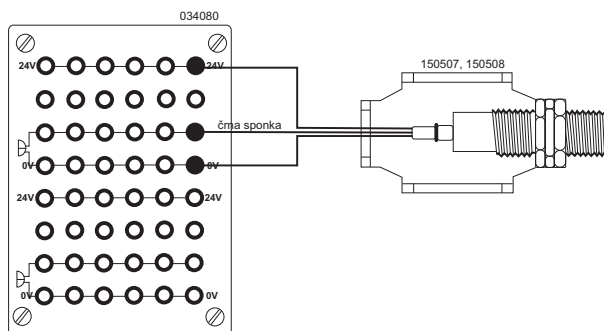
## 7.1 Karakteristiki induktivnih merilnikov

Oprema za merjenje:

- osnovna plošča za pritrditev elementov,
- 151503 - napajalnik 24V,
- 034080 - priključitvena plošča za binarne senzorje,
- 034094 - položajni drsnik,
- 034083 - kovček testnih objektov,
- 150507 - induktivni merilnik M12,
- 150508 - induktivni merilnik M18.

### 7.1.1 Potek meritev

Najprej uporabite induktivni merilnik M12 (150507), zvežite shemo, ki je prikazana na sliki 7.1 in jo priklopite na napajalnik. Na osnovno ploščo postavite položajni drsnik in ga pritrdite



Slika 7.1: Električna shema za merjenje z induktivnim merilnikom bližine.

nasproti merilnika. Vzemite ploščico št. 3 (jeklo) iz kovčka testnih objektov in jo pritrdite na položajni drsnik. Drsnik skupaj s podnožjem približajte merilniku tako, da se testni objekt nasloni na merilnik. Nato nastavite drsnik, da bo pri tem kazal odmik 0 mm (premikate podnožje, testni objekt pa ostaja naslonjen na merilnik). Eno od nogic drsnika zasukajte, tako da se podnožje ne more več premikati. Sedaj lahko začnete z meritvijo. Testni objekt z drsnikom odmikate od merilnika in ko lučka na priključitveni plošči ugasne ter piskanje preneha odčitajte oddaljenost. Testni objekt še malo odmaknite, nato pa ga začnete primikati k merilniku. Ko se lučka na priključitveni plošči spet prižge (piskanje) odčitamo oddaljenost od merilnika. Pri tem pazite, da bo testni objekt pravokoten na os merilnika. Postopek meritve ponovite še za objekte št 4 (nerjaveče jeklo), 5 (aluminij), 6 (medenina), 7 (baker), 8 (karton), 9 (rebrasta guma) in 10 (prozorna plastika). Rezultate vpišite v tabelo 7.1. Nato vzemite namesto M12 induktivni merilnik M18 (150508) ter ponovite meritve za vse testne materiale. Rezultate vpišite v tabelo 7.1.

## 7.1.2 Rezultati

merilnik 150507	točka vklopa (mm)	točka izklopa (mm)	histereza (mm)
jeklo			
nerjaveče jeklo			
aluminij			
medenina			
baker			
karton			
rebrasta guma			
prozorna plastika			
merilnik 150508	točka vklopa (mm)	točka izklopa (mm)	histereza (mm)
jeklo			
nerjaveče jeklo			
aluminij			
medenina			
baker			
karton			
rebrasta guma			
prozorna plastika			

Tabela 7.1: Meritve karakteristike induktivnih merilnikov bližine M12 in M18.

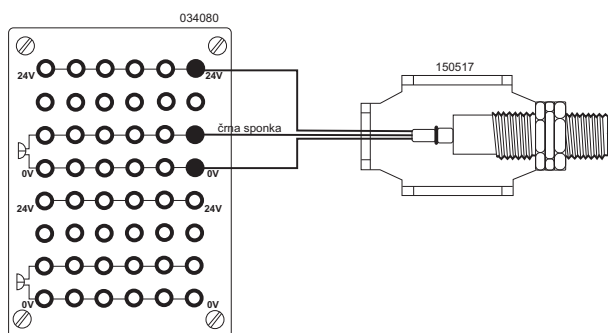
## 7.2 Karakteristika kapacitivnega merilnika

Oprema za merjenje:

- osnovna plošča za pritrnitev elementov,
- 151503 - napajalnik 24V,
- 034080 - priključitvena plošča za binarne senzorje,
- 034094 - položajni drsnik,
- 150517 - kapacitivni merilnik,
- 034083 - kovček testnih objektov.

### 7.2.1 Potek meritev

Zvežite shemo, ki je prikazana na sliki 7.2 in jo priklopite na napajalnik. Na osnovno ploščo



Slika 7.2: Električna shema za merjenje s kapacitivnim merilnikom bližine.

postavite položajni drsnik in nasproti pritrnite merilnik. Vzemite ploščico št. 3 (jeklo) iz kovčka testnih objektov in jo pritrnite na položajni drsnik. Drsnik skupaj s podnožjem približate merilniku tako, da se testni objekt nasloni na merilnik. Nato nastavite drsnik tako, da bo pri tem kazal odmik 0 mm (premikate podnožje, testni objekt pa ostaja naslonjen na merilnik). Eno od nogic drsnika zasukajte, tako da se podnožje ne more več premikati. Sedaj lahko začnete z meritvijo. Testni objekt z drsnikom odmikate od merilnika dokler lučka na priključitveni plošči ne ugasne (piskanje preneha) in odčitajte oddaljenost. Testni objekt še malo odmaknite, nato pa ga začnete primikati k merilniku. Ko se lučka na priključitveni plošči spet prižge (piskanje) odčitamo oddaljenost od merilnika. Pri tem pazite, da bo površina testnega objekta pravokotna na os merilnika. Postopek meritve ponovite še za objekte št 4 (nerjaveče jeklo), 5 (aluminij), 6 (medenina), 7 (baker), 8 (karton), 9 (rebrasta guma) in 10 (prozorna plastika). Rezultate vpišite v tabelo 7.2.

**7.2.2 Rezultati**

material	točka vklopa (mm)	točka izklopa (mm)	histereza (mm)
jeklo			
nerjaveče jeklo			
aluminij			
medenina			
baker			
karton			
rebrasta guma			
prozorna plastika			

Tabela 7.2: Meritve karakteristike kapacitivnega merilnika bližine.

## 7.3 Karakteristike optičnih merilnikov

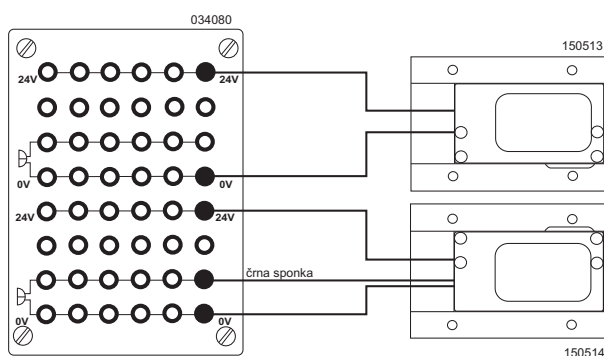
### 7.3.1 Presvetlitveni merilnik

Oprema za merjenje:

- osnovna plošča za pritrnitev elementov,
- 151503 - napajalnik 24V,
- 034080 - priključitvena plošča za binarne senzorje,
- 150513 - presvetlitveni optični merilnik (oddajnik),
- 150514 - presvetlitveni optični merilnik (sprejemnik),
- 035697 - ravnilo,
- 034083 - kovček testnih objektov.

#### Potek meritev za zaznavanje različnih materialov

Zvežite shemo, ki je prikazana na sliki 7.3 ter pritrnite oddajnik (150513) in sprejemnik



Slika 7.3: Električna shema za merjenje z optičnim presvetlitvenim merilnikom.

(150514) drug nasproti drugemu približno 40 cm narazen na osnovno ploščo. Iz kovčka vzemite naslednje testne materiale: 17 (kodak siva kartica), 18 (prozorna plastika), 19 (rdeča plastika), 20 (modra plastika), 21 (črna plastika), 22 (bel karton). Vsakega izmed teh materialov postavite med oddajnik in sprejemnik tako, da bo površina objekta čim bolj pravokotna na žarek in preverite, ali merilnik testno ploščico zazna (lučka na priključitveni plošči sveti in sliši se piskanje). Rezultate vpišite v tabelo 7.3.

**Rezultati**

material	zaznavanje
kodak siva kartica	
prozorna plastika	
rdeča plastika	
modra plastika	
črna plastika	
bel karton	

Tabela 7.3: Zmožnost zaznavanja optičnega presvetlitvenega merilnika bližine.

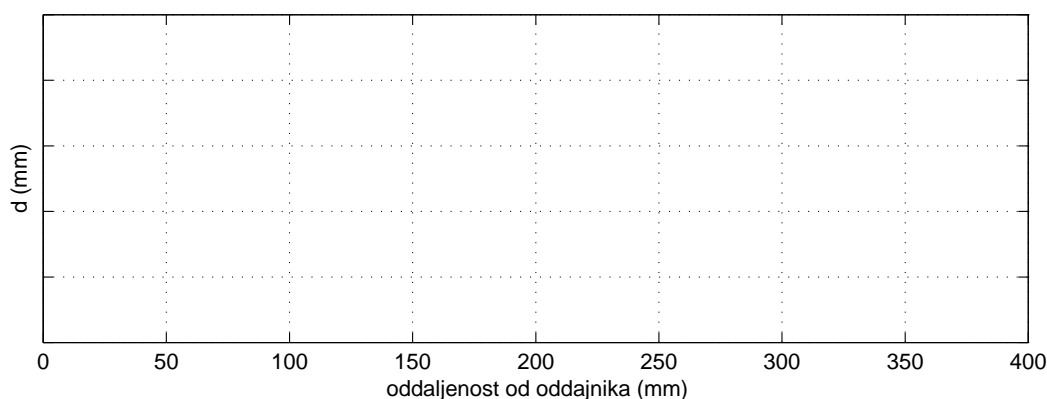
### Potek meritev za določitev območja odziva

Celotna postavitve ostane enaka kot pri določanju zaznave različnih materialov (slika 7.3). Med oddajnik in sprejemnik položite papir in ga pritrdite, da se med meritvijo ne bo premikal. Čez papir pritrdite ravnilo (035697) v prvi prosti utor poleg obeh merilnikov. Na papir narišite črto, kjer ravnilo prekrije papir. Tako dobite osnovno črto, ki je vzporedna žarku merilnika in od katere boste merili oddaljenost  $d$  točke vklopa in točke izklopa. Nato razdelite papir med oddajnikom in sprejemnikom na odseke po 5 cm in po mejah odsekov narišite črte, ki so pravokotne na žarek merilnika (vzdolž teh črt boste premikali testni objekt) in odstranite ravnilo, da vas ne bo oviralo pri meritvi. Na mejo prvega odseka nato postavite kodak sivo kartico (objekt št. 17 iz kovčka testnih objektov) tako, da jo merilnik ne zazna in jo premikajte od osnovne črte proti žarku merilnika. Ko dobite signal, da je bila kartica zaznana, označite na listu papirja položaj sprednjega roba kartice (glede na smer gibanja kartice). Nato kartico premikajte v isti smeri naprej toliko časa, dokler signal zaznave ne ugasne. Na listu papirja označite pozicijo zadnjega roba kartice (glede na smer gibanja kartice). Med točko vklopa in točko izklopa je območje, v katerem merilnik zaznava predmete. Ta postopek ponovimo na vsaki meji sektorja. Rezultate vpišite v tabelo 7.4, območje pa narišite na sliko 7.4.

### Rezultati

oddaljenost od oddajnika (mm)	točka vklopa $d$ (mm)	točka izklopa $d$ (mm)
0		
50		
100		
150		
200		
250		
300		
350		
400		

Tabela 7.4: Meritve območja zaznavanja presvetlitvenega merilnika.



Slika 7.4: Območje zaznavanja presvetlitvenega merilnika.

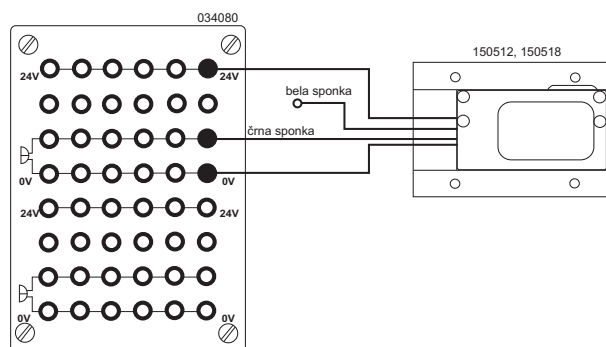
### 7.3.2 Razpršilna merilnika

Oprema za merjenje:

- osnovna plošča za pritrnitev elementov,
- 151503 - napajalnik 24V,
- 034080 - priključitvena plošča za binarne senzorje,
- 150512 - razpršilni optični merilnik,
- 150518 - razpršilni optični merilnik,
- 034094 - položajni drsnik,
- 035697 - ravnilo,
- 034083 - kovček testnih objektov.

#### Potek meritve

Najprej uporabite razpršilni merilnik 150512 in ga pritrдите na osnovno ploščo. Poleg merilnika, v smeri žarka, pritrдите ravnilo (035697) in vzporedno z njim položajni drsnik. Zvežite shemo na sliki 7.5 in jo priklopite na napajalnik. Iz kovčka vzemite testne objekte: 17 (ko-



Slika 7.5: Električna shema za merjenje z optičnim razpršilnim merilnikom.

dak siva kartica), 18 (prozorna plastika), 19 (rdeča plastika), 20 (modra plastika), 21 (črna plastika), 22 (bel karton). Vsako od testnih kartic pritrдите na položajni drsnik s stranjo, kjer je napisana številka kartice, proti merilniku in določite točko vklopa in izklopa merilnika. Nato kartico obrnite in ponovno določite točko vklopa in izklopa. Ker ima merilnik velik doseg si pri določanju točke pomagajte s kombinacijo ravnila in položajnega drsnika. Nato namesto merilnika 150512 vzemite merilnik 150518 brez optičnega kabla in ponovite meritve. Rezultate vpišite v tabelo 7.5.



**Rezultati**

merilnik 150512	točka vklopa (mm)	točka izklopa (mm)	histereza (mm)
kodak siva kartica spredaj			
kodak siva kartica zadaj			
prozorna plastika			
rdeča plastika (sijaj)			
rdeča plastika (mat)			
modra plastika (sijaj)			
modra plastika (mat)			
črna plastika (sijaj)			
črna plastika (mat)			
bel karton spredaj			
bel karton zadaj			
merilnik 150518	točka vklopa (mm)	točka izklopa (mm)	histereza (mm)
kodak siva kartica spredaj			
kodak siva kartica zadaj			
prozorna plastika			
rdeča plastika (sijaj)			
rdeča plastika (mat)			
modra plastika (sijaj)			
modra plastika (mat)			
črna plastika (sijaj)			
črna plastika (mat)			
bel karton spredaj			
bel karton zadaj			

Tabela 7.5: Meritve karakteristik obeh optičnih razpršilnih merilnikov za različne materiale.

## 7.4 Naloge

1. Izmerite hitrost vrtenja diska z optičnim merilnikom 150518 in induktivnim merilnikom 150507. Kaj opazite?

2. Izmerite translatorno hitrost s presvetlitvenim merilnikom. Za kakšne predmete je tak način merjenja hitrosti smiseln?

hitrost gibanja predmeta (m/s)

3. Kateri izmed merilnikov bi bil primeren kot varnostni merilnik pri prehodu vrat z avtomatskim zapiranjem?

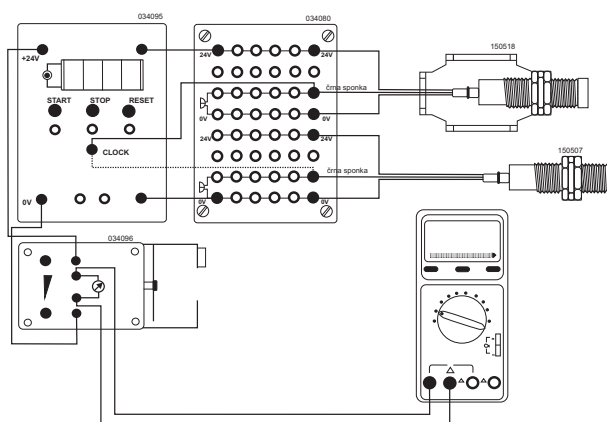
## 7.5 Navodila za reševanje nalog

### 7.5.1 Merjenje hitrosti vrtenja diska

Oprema za merjenje:

- osnovna plošča za pritrnitev elementov,
- 151503 - napajalnik 24V,
- 034080 - priključitvena plošča za binarne senzorje,
- 150518 - razpršilni optični merilnik,
- optični kabel za merilnik 150518.
- 150507 - induktivni merilnik M12,
- 034095 - števec,
- 034096 - motor z diskom.

Zvežite shemo kot prikazuje slika 7.6. Na optični merilnik pritrдите optični kabel in njegov

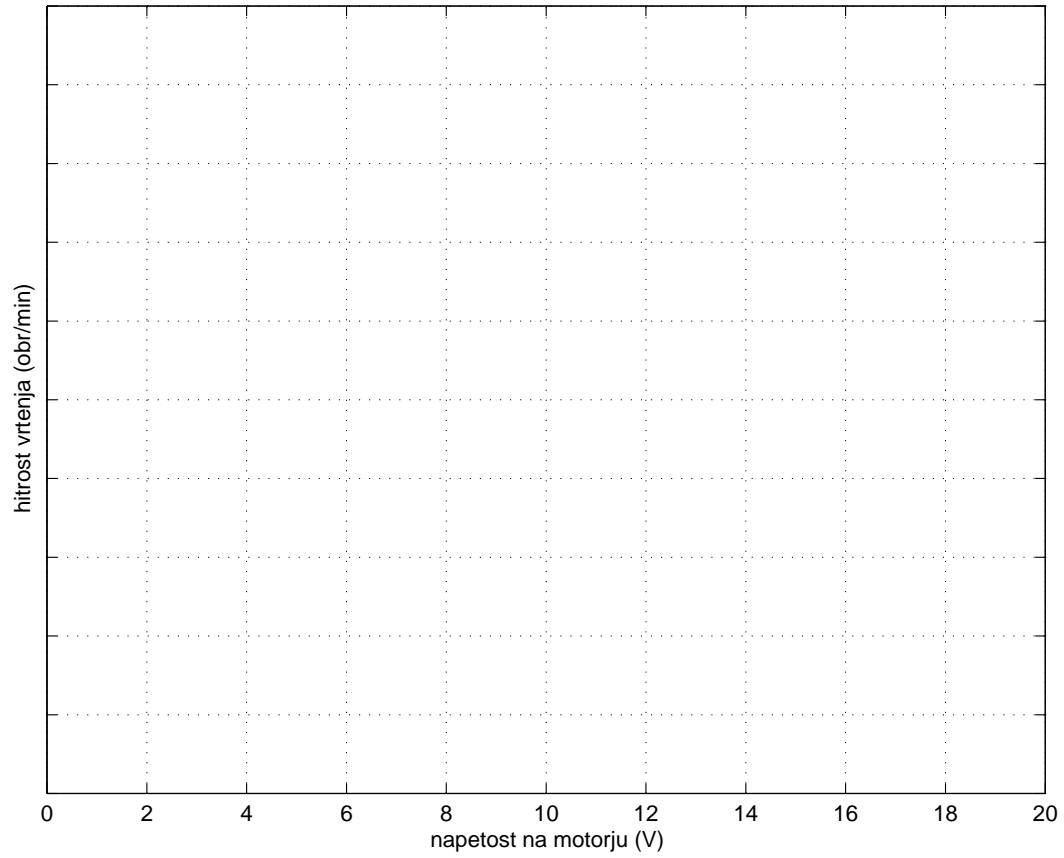


Slika 7.6: Shema za merjenje rotacijske hitrosti z merilniki bližine.

drugi konec pritrдите na motor z diskom. Induktivni merilnik odvijajte z nosilca in ga tudi pritrдите na motor z diskom. Nastavite oba merilnika tako, da bosta kazala 200 impulzov na sekundo, pri tem si pomagajte tudi s spreminjanjem obratov diska. Pri optičnem merilniku to storimo tako, da premikamo glavo optičnega kabla, pri induktivnem pa tako, da ga približujemo oz. oddaljujemo od diska. Optimalna razdalja induktivnega merilnika je 2 mm od diska. Nastavite napetost na motorju in s števcem izmerite hitrost vrtenja. Napetost na rotorju nastavljate s tipkami na motorju z diskom. Števec s preklopnikom nastavimo na merjenje impulzov na sekundo nato pa povežemo izhodno sponko merilnika s sponko CLOCK na števcu. Rezultate vpišite v tabelo 7.6 in jih narišite na sliko 7.7.

napetost na motorju (V)	induktivni merilnik (imp/s)	induktivni merilnik (obr/min)	optični merilnik (imp/s)	optični merilnik (obr/min)
4.0				
4.5				
5.0				
5.5				
6.0				
6.5				
7.0				
7.5				
8.0				
8.5				
9.0				
9.5				
10.0				
11.0				
12.0				
13.0				
14.0				
15.0				
16.0				
17.0				
18.0				
19.0				
20.0				

Tabela 7.6: Merjenje rotacijske hitrosti z merilnikoma bližine.



Slika 7.7: Karakteristiki merjenja rotacijske hitrosti z merilnikoma bližine.



lučka sveti). Preklopnik na števcu nastavite na prikazovanje impulzov. S kodak sivo kartico (objekt št. 17 v kovčku testnih objektov) potegnite skozi tako postavljena vratica in sicer od vratic, ki so povezana na START priključek števca proti vratcem, ki so povezana na STOP signal števca. Iz odčitanih impulzov in razdalje med vratici določite hitrost gibanja kartice.

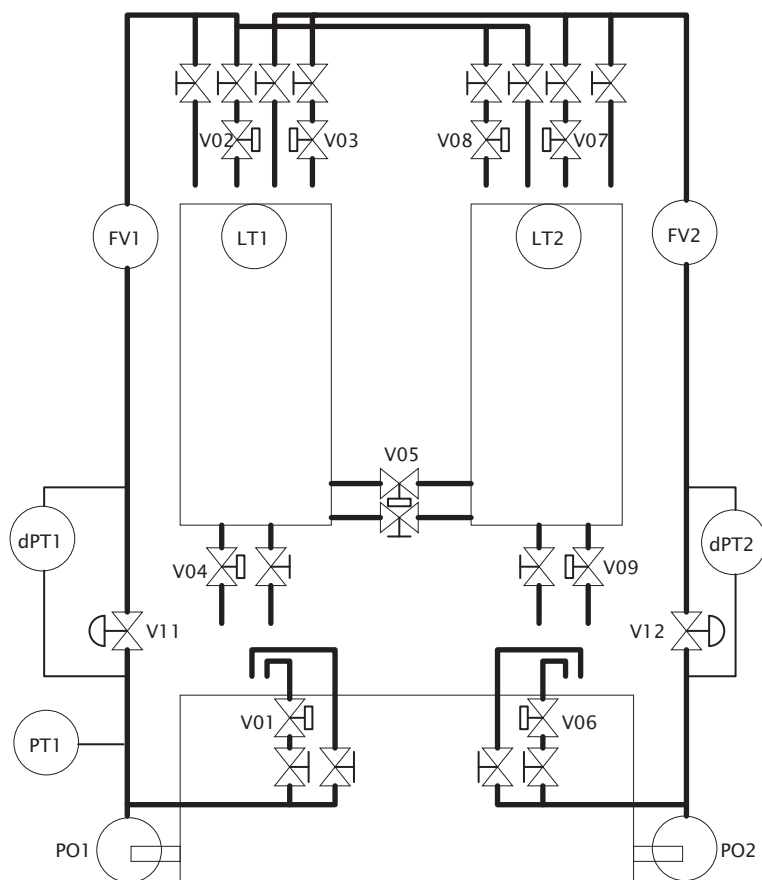




# 8

## Izvršni sistemi

Merjenje karakteristik izvršnih členov bo potekalo na polindustrijski laboratorijski modelni napravi, katere shematski prikaz je prikazan na sliki 8.1. Laboratorijska modelna naprava je bila narejena z namenom prikaza uporabe industrijskih merilnikov procesnih veličin in



Slika 8.1: Shema laboratorijske modelne naprave.

industrijskih aktuatorjev. Naprava je opremljena z merilniki proizvajalca Endress+Hauser. Merilnik, ki je na shemi 8.1 označen z LT1 je ultrazvočni merilnik nivoja, oznako LT2 pa nosi kapacitivni merilnik nivoja. Vrtinčni merilnik pretoka je označen s FV1, elektromagne-

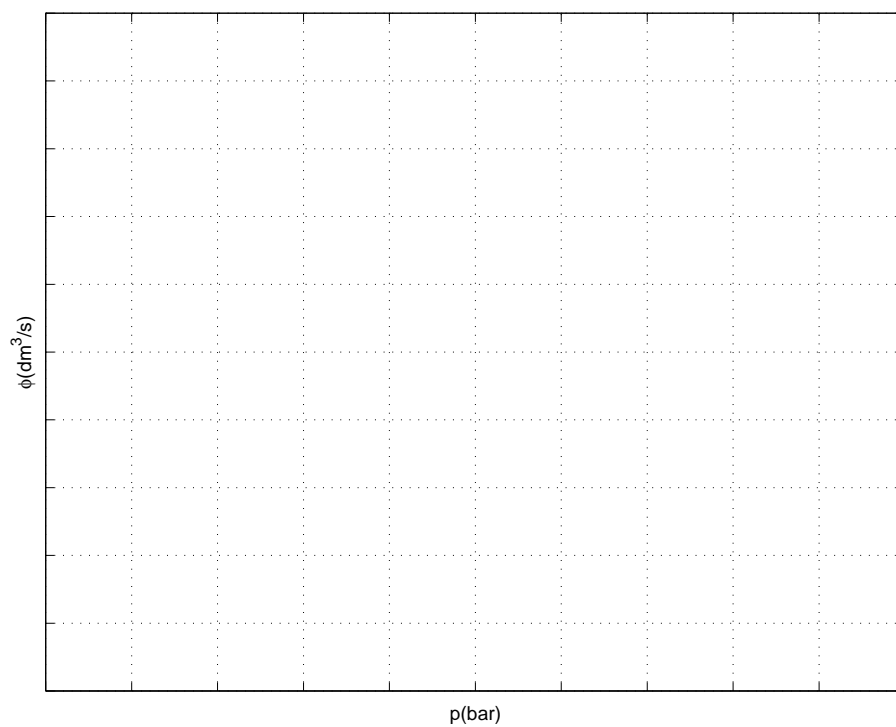
tni merilnik pretoka pa s FV2. Merilnik absolutnega tlaka je označen s PT1, manometrski merilnik tlaka pa na shemi ni označen. Za merjenje padca tlaka na regulacijskih ventilih V11 in V12 sta nameščena dva merilnika diferencialnega tlaka dPT1 in dPT2, za črpanje vode v sistemu pa skrbita črpalki proizvajalca Ebara PO1 in PO2. Poleg dveh regulacijskih ventilov proizvajalca Samson (V11 in V12) je naprava opremljena tudi z dvostopenjskimi ventili proizvajalca Jakša označenimi z V01 - V09 s katerimi lahko napravo različno konfiguriramo ter simuliramo motnje v procesu, kar dodatno omogočajo tudi ročni ventili. Čeprav je primarni namen naprave omogočiti meritve na elementih, pa je možno na njej preizkušati tudi različne načine vodenja.

## 8.1 Merjenje karakteristike črpalke

Črpalke PO1 in PO2 imata enaki karakteristiki, zato je vseeno, katero vzamemo za meritev. Ker pa je tlačni merilnik PT1 za merjenje tlaka na črpalki PO1 bolj natančen od merilnika, ki meri tlak črpalke PO2, bomo izvedli meritve na črpalki PO1 in sicer pri treh hitrostih vrtenja črpalke. Hitrost vrtenja črpalke  $\omega$  nastavljate s potenciometrom na vratih priključne omarice naprave, na frekvenčnem pretvorniku v omarici pa opazujete frekvenco napajalne napetosti. Vrednosti pretokov odčitajte na merilniku FV1 za predpisane tlake, ki jih nastavite z odprtostjo ventila V11, s potenciometrom na priključni omarici. Izmerjene vrednosti vpišite v tabelo 8.1, na sliko 8.2 pa narišite odvisnost pretoka od tlaka.

$\omega = 30\text{Hz}$		$\omega = 40\text{Hz}$		$\omega = 50\text{Hz}$	
p (bar)	$\phi$ (dm <sup>3</sup> /s)	p (bar)	$\phi$ (dm <sup>3</sup> /s)	p (bar)	$\phi$ (dm <sup>3</sup> /s)
0.70		1.10		1.50	
0.75		1.20		1.60	
0.80		1.30		1.70	
0.85		1.40		1.80	
0.90		1.50		1.90	
0.95		1.55		2.00	
1.00		1.60		2.10	
1.05		1.65		2.20	
1.10		1.70		2.30	

Tabela 8.1: Meritve karakteristike črpalke.



Slika 8.2: Karakteristika črpalke.

## 8.2 Merjenje karakteristike ventilov

Ventila V11 in V12 imata različni karakteristiki, zato je potrebno izmeriti obe. Pri tem moramo paziti, da je absolutni tlak na ventilu konstanten, ne glede na njegovo odprtost, kar dosežemo s spreminjanjem obratov črpalke. S stališča meritev je najhitreje, da izmerimo pretoke za izbrane tlake pri konstantnih odprtostih ventila.

### 8.2.1 Merjenje karakteristike ventila V11

Za merjenje karakteristike ventila V11 potrebujemo merilnike PT1, FV1 in dPT1. S potenciometrom na vratih priključne omarice nastavimo želeno odprtost ventila (ker se gumb na potenciometru lahko premakne glede na os potenciometra, na začetku preverimo, ali je končna lega potenciometra res pri vrednosti 10.00 na gumbu in začetna 0.00 ter zamik korigiramo!!) po tabeli 8.2. Z gumbom za hitrost črpalke nastavite absolutni tlak na ventilu na želeno

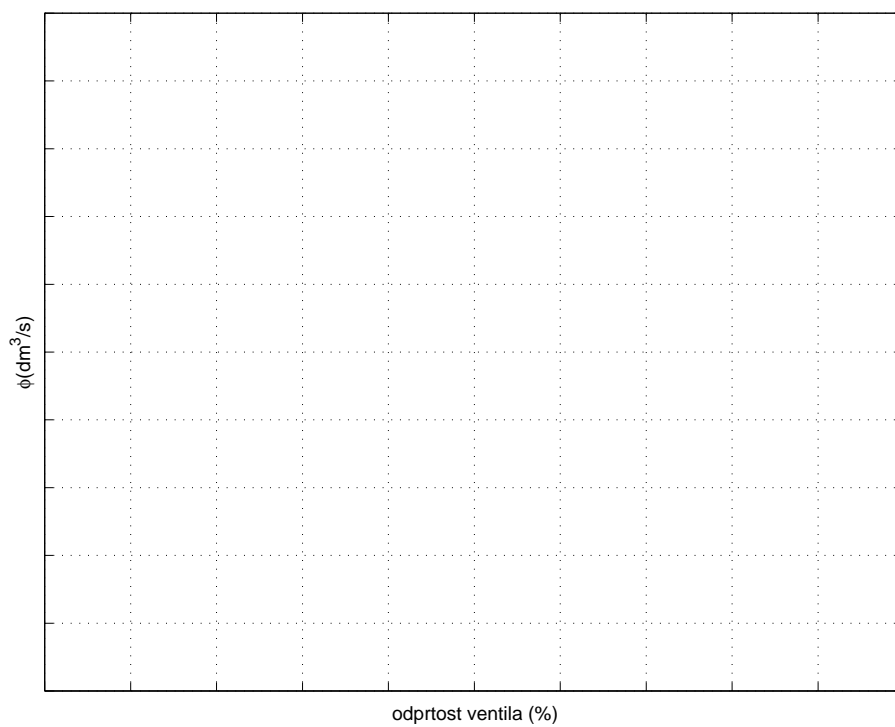
odprtost (%)	100	90	80	70
nastavitev potenciometra	10.00	9.24	8.48	7.72

Tabela 8.2: Tabela za preračun odprtosti ventila.

vrednost ter odčitajte pretok in padec tlaka na ventilu. Odčitane vrednosti zapišite v tabelo 8.3, na sliko 8.3 pa narišite polje karakteristik pretok v odvisnosti od odprtosti ventila, za izmerjene vrednosti absolutnega tlaka na vходу ventila.

odprtost 100%			odprtost 90%	
p (bar)	$\Delta p$ (bar)	$\phi$ (dm <sup>3</sup> /s)	$\Delta p$ (bar)	$\phi$ (dm <sup>3</sup> /s)
0.7				
0.8				
0.9				
1.0				
1.1				
1.2				
1.3				
1.4				
odprtost 80%			odprtost 70%	
p (bar)	$\Delta p$ (bar)	$\phi$ (dm <sup>3</sup> /s)	$\Delta p$ (bar)	$\phi$ (dm <sup>3</sup> /s)
0.7				
0.8				
0.9				
1.0				
1.1				
1.2				
1.3				
1.4				

Tabela 8.3: Meritve karakteristike ventila V11.



Slika 8.3: Polje karakteristik ventila V11.

### 8.2.2 Merjenje karakteristike ventila V12

Za merjenje karakteristike ventila V12 potrebujemo merilnike FV2, dPT2 in manometrski merilnik tlaka. S potenciometrom na vratih priključne omarice nastavimo želeno odprtost (ker se gumb na potenciometru lahko premakne glede na os potenciometra, na začetku preverimo, ali je končna lega potenciometra res pri vrednosti 10.00 na gumbu in začetna 0.00 ter zamik korigiramo!!) po tabeli 8.4. Z gumbom za hitrost črpalke pa nato nastavite absolutni tlak na

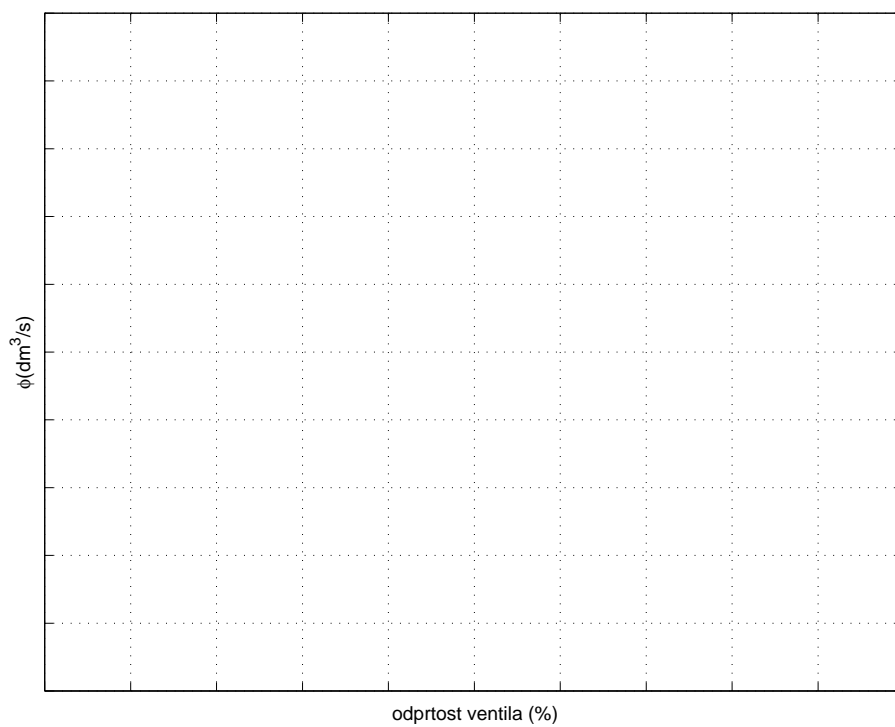
odprtost (%)	100	75	50	25
nastavitev potenciometra	10.00	8.10	6.20	4.30

Tabela 8.4: Tabela za preračun odprtosti ventila.

ventilu na želeno vrednost ter odčitajte pretok in padec tlaka na ventilu. Odčitane vrednosti zapišite v tabelo 8.5, na sliko 8.4 pa narišite polje karakteristik pretok v odvisnosti od odprtosti ventila, za izmerjene vrednosti absolutnega tlaka na vhodu ventila.

odprtost 100%			odprtost 75%	
p (bar)	$\Delta p$ (bar)	$\phi$ (dm <sup>3</sup> /s)	$\Delta p$ (bar)	$\phi$ (dm <sup>3</sup> /s)
0.6				
0.7				
0.8				
0.9				
1.0				
1.1				
1.2				
odprtost 50%			odprtost 25%	
p (bar)	$\Delta p$ (bar)	$\phi$ (dm <sup>3</sup> /s)	$\Delta p$ (bar)	$\phi$ (dm <sup>3</sup> /s)
0.6				
0.7				
0.8				
0.9				
1.0				
1.1				
1.2				

Tabela 8.5: Meritve karakteristike ventila V12.



Slika 8.4: Polje karakteristik ventila V12.

### 8.3 Naloge

1. Kakšna sta tipa karakteristik ventilov?
2. S pomočjo karakteristik ventilov in črpalk določite kolikšen tlak bi bil potreben, da bi dosegli pri 70% odprtosti ventila V11 pretok  $0.015 \text{ dm}^3/\text{s}$ ? Ali črpalka zadostuje za doseg tega cilja? Po izračunu rezultat še praktično preverite!



# Literatura

- [1] Rihard Karba. *Gradniki sistemov vodenja*. Založba FE in FRI, Ljubljana, 1994.
- [2] Janko Petrovčič, Juš Kocijan. *Uporaba gradnikov v sistemih vodenja*. Založba FE in FRI, Ljubljana, 2002.
- [3] Juš Kocijan. *Elementi za avtomatiko in robotiko, gradivo za laboratorijske vaje*. Založba FE in FRI, Ljubljana, 2002.
- [4] F. Ebel. *Sensors for handling and processing technology, Proximity sensors*. Festo Didactic, Esslingen, Germany, 1991.
- [5] H. Dahlhoff, K. Rupp, H. Werner, R. Schulé, S. Nestel. *Sensors for handling and processing technology, Sensors for distance and displacement*. Festo Didactic, Esslingen, Germany, 1993.
- [6] R. Schulé, P. Waiblinger. *Sensors for handling and processing technology, Sensors for force and pressure*. Festo Didactic, Esslingen, Germany, 1993.
- [7] Endress + Hauser, Weil am Rhein. *Cerabar S PMC 731, PMP 731, PMC 631, PMC 635, PMP 635 Operating Manual*.
- [8] Endress + Hauser, Weil am Rhein. *Deltabar S PMD 230, PMD 235, FMD 230, FMD 630, FMD 633 Operating Manual. Differential Pressure Measurement*.
- [9] Endress + Hauser, Weil am Rhein. *Prowirl 70 Vortex Flow Measuring System Operating Manual*.
- [10] Endress + Hauser, Weil am Rhein. *Promag 33 Electromagnetic Flow Measuring System Operating Manual*.
- [11] EBARA, Brendola, Italy. *Self-priming surface electropumps series JES NIWA - JE*.
- [12] Mitsubishi Electric Corporation, Tokyo. *Mitsubishi general purpose inverter FREQROL-U 120S - EC*.
- [13] Samson AG, Mess- und Regeltechnik, Frankfurt am Main. *Bauart 240 Pneumatisches Stellgerät Typ 241-1 und Typ 241-7 Mikroventil Typ 241*, Februar 1996.
- [14] Tecquipment Limited, Long Eaton, Nottingham, GB. *SL60 Liquid Level Test Bed*, 1996.
- [15] Tecquipment Limited, Long Eaton, Nottingham, GB. *SL70 Tachometer Test Bed*, 1995.

