



РЕПУБЛИКА СРБИЈА
ЗАВОД ЗА УНАПРЕЂИВАЊЕ
ОБРАЗОВАЊА И ВАСПИТАЊА



ИНДУСТРИЈСКИ МЕХАТРОНИЧАР СПЕЦИЈАЛИСТА

Приручник за полазнике обуке



Република Србија
МИНИСТАРСТВО
ПРОСВЕТЕ

САДРЖАЈ

УВОД.....	1
1. ОПШТА НАЧЕЛА ХИДРАУЛИКЕ	2
1.1. Радне течности	2
1.2. Основне физичке величине у хидраулици.....	2
1.3. Основни закони хидростатике и хидродинамике	3
1.4. Врсте струјања у хидрауличним системима	5
1.5. Хидрауличне компоненте	6
1.5.1. Пумпе.....	6
1.5.2. Разводници и вентили	9
1.5.2.1. Разводни уређаји.....	9
1.5.2.2. Вентили.....	10
1.5.3. Извршни органи (цилиндри и мотори).....	14
1.5.3.1. Хидраулични цилиндри	15
1.5.3.2. Хидраулични мотори.....	15
1.5.4. Помоћне компоненте у хидраулици.....	16
1.6. Читање функционалних шема хидрауличних система	18
1.7. Хидраулично управљање	22
1.7.1. Заштита хидрауличног система од преоптерећења.....	22
1.7.2. Управљање брзином кретања цилиндара.....	22
1.7.3. Управљање притиском.....	23
1.7.4. Управљање протоком.....	24
1.8. Практичне вежбе.....	25
2. ОПШТА НАЧЕЛА ПНЕУМАТИКЕ	34
2.1. Физичке основе.....	35
2.2. Препоруке за цртање пнеуматских шема	36
2.2.1. Правила за цртање	36
2.3. Добијање и припрема ваздуха	39
2.4. Пнеуматске компоненте.....	41
2.4.1. Пнеуматски мотори и цилиндри	42
2.4.2. Карактеристични вентили за пнеуматику	43
2.5. Пнеуматско управљање.....	47
2.5.1. On-off управљање	47
2.5.2. Регулација брзине кретања пнеуматских радних елемената	52
2.5.3. Регулација притиска у управљачком систему	53
2.6. Практични задаци	55
3. УПРАВЉАЊЕ У ЕЛЕКТРОХИДРАУЛИЧНИМ И ЕЛЕКТРОПНЕУМАТСКИМ СИСТЕМИМА	60
3.1. Концепција приручника	60
3.2. Увод	60
3.3. Основни појмови електротехнике.....	61
3.4. Графички симболи.....	62
3.5. Електричне дидактичке компоненте.....	65
3.6. Електрохидраулично и електропнеуматско управљање	83
3.7. Виз електрохидраулике.....	94
3.8. Вежбе из електропнеуматике	135
3.9. Вежбе – примена плк у електропнеуматици	153
4. ЕЛЕКТРИЧНИ ПОГОНИ И ОПРЕМА У МЕХАТРОНИЦИ	182
4.1. Концепција приручника	182
4.2. Електромоторни погони.....	182
4.2.1. Појам и делови електромоторног погона	182
4.2.2. Подела електромоторних погона	183

4.2.3.	Режими рада електромоторних погона.....	185
4.2.4.	Једначина кретања и типови оптерећења.....	190
4.2.5.	Стабилност рада електромоторног погона.....	191
4.2.6.	Радна подручја електромоторног погона.....	192
4.3.	Зелектричне машине.....	195
4.3.1.	Асинхронемашине.....	195
4.3.1.1.	Трофазне асинхроне машине.....	195
4.3.1.2.	Монофазне асинхроне машине.....	213
4.3.2.	Синхроне машине.....	219
4.3.3.	Трансформатори.....	225
4.3.4.	Машины једносмерне струје.....	230
4.3.5.	Универзални мотори.....	247
4.3.6.	Корачни мотори.....	248
4.3.7.	Серво мотори.....	258
4.4.	Основе система аутоматског управљања.....	260
4.5.	Електрична опрема у мехатронским системима.....	272
4.5.1.	Инсталациони проводници.....	272
4.5.2.	Осигурачи.....	274
4.5.3.	Гребенаста склопка.....	275
4.5.4.	Контактори.....	276
4.5.5.	Биметални релеји.....	278
4.5.6.	Бистабилни релеји.....	279
4.5.7.	Временски релеј.....	282
4.5.8.	Тастери.....	283
4.5.9.	Сигналне лампице.....	285
4.6.	Програмирање и примена „plc-a” siemens simatic s7-1200.....	288
4.6.1.	Основна структура ПЛК уређаја.....	288
4.6.2.	Начин рада ПЛК:.....	288
4.6.3.	Врсте програмских едитора.....	289
4.6.4.	Основне инструкције лествичастог дијаграма.....	291
4.6.5.	Siemens PLC S7-1200.....	295
4.7.	Програмирање плк.....	310
4.7.1.	Креирање новог пројекта.....	310
4.7.2.	Подешавање уређаја и мреже.....	310
4.7.3.	Пуштање у рад система.....	312
5.ПРОЈЕКТОВАЊЕ, МОНТАЖА, ИСПИТИВАЊЕ И ОДРЖАВАЊЕ		
МЕХАТРОНСКИХ КОМПОНЕНАТА И СИСТЕМА.....		313
5.1.	Пројектовање мехатронских система.....	313
5.2.	Монтажа мехатронских система.....	314
5.3.	Испитивање компонената.....	314
5.4.	Одржавање компонената и система.....	315
5.4.1.	Пуштање управљачких система у рад, одржавање и отклањање кварова.....	316
5.4.2.	Општи приступ одржавању ваздуха под притиском.....	317
5.4.3.	Надзор рада пнеуматских управљачких система.....	318
5.4.4.	Сметње и откази.....	318
5.4.4.1.	Сметње услед неадекватног димензионисања напајања система ваздухом под притиском.....	320
5.4.4.2.	Сметње услед присуства кондензата.....	320
5.4.4.3.	Сметње услед задрљаности.....	321
5.4.4.4.	Сметње које се јављају код отказа цилиндара.....	321
5.5.	Опште превентивно одржавање ваздуха под притиском.....	322
5.6.	Примери сметњи и начини отклањања.....	324
5.7.	Преглед и одржавање компресора и пратећег постројења.....	330
5.7.1.	Мере предострожности.....	331

5.7.2.	Провера стања компресора	331
5.8.	Савремени приступи одржавању	333
5.8.1.	Дигитално управљање одржавањем	333
5.9.	Тражење грешака	333
6.	ТЕСТИРАЊЕ И ДИЈАГНОСТИКА.....	334
6.1.	Пуштање у рад мс	334
6.2.	Уводна разматрања.....	334
6.3.	Инструкције за пуштање у рад	335
6.4.	Процедура за пуштање у рад инсталације/система	338
6.5.	Функције заштите	338
6.6.	Тражење грешке.....	340
7.	МЕРЕ ЗАШТИТЕ НА РАДУ И ОЧУВАЊА ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ	344
7.1.	Мере заштите на раду.....	344
7.1.1.	Сврха и циљеви безбедности на раду	344
7.2.	Средства личне заштите.....	345
7.2.1.	Заштита ногу и стопала.....	346
7.2.2.	Заштита руку и шака	346
7.2.3.	Заштита лица и очију и органа за дисање	347
7.2.4.	Средства за заштиту слуха.....	347
7.2.5.	Заштитна радна одела.....	348
7.2.6.	Средства за заштиту главе	348
7.3.	Електричне опасности и мере заштите	349
7.4.	Загађење и заштита животне средине.....	350
7.4.1.	Заштита животне средине од буке	350
7.4.2.	Заштита животне средине од уља и уљних пара	351
7.4.3.	Кондензати и заштита животне средине	352
8.	ЗАКЉУЧАК.....	353
9.	ЛИТЕРАТУРА.....	354

УВОД

Квалификација „Индустијски мехатроничар - специјалист” оспособљава полазнике за рад у једној веома траженој области данашњице. С обзиром на то да су високоаутоматизовани системи свуда око нас, од свакодневних уређаја до фабричких постројења, а и због сталног напретка технике, потреба за стручњацима који ће пројектовати, монтирати, одржавати и поправљати овако сложене системе све је већа.

Циљ ове квалификације је да образује стручњаке који ће поседовати практична знања из основних инжењерских дисциплина, електротехнике, машинства, рачунарства, аутоматског управљања, програмирања и примене савремених информационих технологија, роботике, аутоматизације и савремене механизације.

Полазници ће након обуке за индустијског мехатроничара-специјалисту бити компетентни за:

- учешће у изради пројектно - технолошке документације,
- монтирање компонената мехатронских уређаја и система,
- дијагностиковање кварова мехатронских уређаја и система,
- поправку кварова мехатронских уређаја и система,
- одржавање мехатроничке опреме,
- обављање административних послова.

Осим што ће усвојити стручна знања и вештине, полазници ће бити способни за:

- примену теоријских знања у практичном контексту,
- примену сигурносних и здравствених мера у процесу рада,
- употребу информатичке технологије у прикупљању, организовању и коришћењу информација у раду и свакодневном животу,
- континуирано учење и напредовање у послу и каријери,
- препознавање пословних могућности у радној средини и ширем окружењу.

Приручник за полазнике обуке „Индустијски мехатроничар-специјалиста” је развијен као део подршке наставницима/реализаторима и полазницима за успешну реализацију и савладавање обуке. Основа за припрему Наставног материјала за учење-приручника су исходи учења на којима се заснива квалификација „Индустијски мехатроничар - специјалиста”. Наставни материјали обухватају све исходе учења који су груписани према процесима у мехатроници.

Наставни материјал за учење у приручнику, подељен је на више делова и то су:

- Општа начела хидраулике,
- Општа начела пнеуматике,
- Управљање у електрохидрауличним и електропнеуматским системима,
- Електрични погони и опрема у мехатроници,
- Одржавање мехатронских компонената и система,
- Тестирање и дијагностика,
- Мере заштите на раду и очувања животне средине,
- Прилог - наставни материјал за полагање завршног испита (теоретски и практични део),
- Прилог - радне свеске за полазнике обуке.

1. ОПШТА НАЧЕЛА ХИДРАУЛИКЕ

Кључне речи: хидраулични систем, радне течности, основне величине хидраулике, закони хидраулике, струјање течности

Под хидрауличким системом, у општем случају, подразумева се скуп уређаја способних да врше пренос енергије и информација помоћу хидрауличке течности.

Хидраулички систем претвара механичку енергију у хидрауличну и обратно.

Медијум за претварање и преношење енергије у хидрауличким системима је флуид. У хидрауличким системима користе се течности код којих се запремина не сме значајно мењати под деловањем спољне силе (нестисљиви флуиди).

Хидраулични системи се могу поделити у две велике групе на:

- хидродинамичке системе и
- хидростатичке системе.

Хидродинамички системи преносе енергију посредством кинетичке енергије струјања радне течности. Учешће енергије притиска је занемариво мало.

Хидростатички систем преноси енергију посредством потенцијалне енергије радне течности (енергије притиска). Учешће кинетичке енергије је врло мало (испод 0,5%).

Хидростатички погони су погодни за регулацију, па се веома често примењују у регулационим системима.

1.1. РАДНЕ ТЕЧНОСТИ

Радне течности у хидрауличком систему обављају следеће основне функције:

- преносе енергију,
- преносе информациони сигнал,
- подмазују покретне делове уређаја,
- одводе топлоту насталу услед губитака у систему,
- пригушују насталу буку и вибрације,
- врсте радних течности.

Највише се користе минерална уља (75%). Добијају се из нафте. Користе се на радним температурама до 80°C. Примена минералних уља има тенденцију опадања.

Синтетичка уља (9%) се користе за више температуре и кад постоји опасности од пожара; стабилна су, незапаљива, али имају лоша мазива својства и растварају гумене заптивке.

Биљна уља (13%) добијају се од рицинусовог уља, представљају најновији тренд у примени јер су биоразградива; користе се са заптивкама од природне гуме.

Емулзије с водом се користе код великих потрошача; чиста вода покушај идеално еколошки чистог флуида; примена отежана због немогућности подмазивања. Дакле, потребе са специјалним материјалима при изради компоненти (3%). Примена биљних уља и воде има тенденцију раста.

1.2. ОСНОВНЕ ФИЗИЧКЕ ВЕЛИЧИНЕ У ХИДРАУЛИЦИ

Основне физичке величине у хидраулици су:

- стишљивост,

- устина,
- вискозност,
- температура и
- притисак.

Стишљивост је смањење запремине при повећању притиска. Зависи од врсте течности. Мера стишљивости је модул стишљивости:

$$b = -V_0 \cdot \Delta p / \Delta V \dots [Pa] (1.1)$$

Хидрауличне течности се сматрају нестишљивим.

Густина је однос масе и запремине течности:

$$\rho = m / V \dots [kg/m^3] (1.2)$$

Вискозност представља величину унутрашњег трења између слојева течности.

Услед непрекидног сударања молекула са стварном (зид) или замишљеном површином настаје промена количине кретања, односно сила. Ова сила по јединици стварне површине (зида) или замишљене површине у некој тачки идентификује се као макроскопски притисак.

Притисак постоји у флуиду било да флуид мирује, било да се креће. Зато треба правити разлику између ова два случаја.

Притисак при мировању означава се као статички притисак. Сила изазвана статичким притиском има два важна својства:

- увек је нормална на сваку стварну или замишљену површину у флуиду,
- вредност јој је иста у једном месту без обзира како је површина оријентисана.

Притисак је однос силе и површине на коју сила делује.

$$P = F / A \quad (1.3)$$

Температура представља степен загрејаности неког флуида.

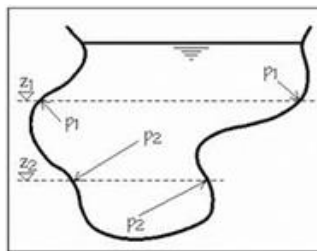
Питања за теоријску проверу знања

1. Која је основна улога хидрауличног система и на ком принципу функционише?
2. Које су две основне групе хидрауличних система и која је њихова разлика?
3. Навести врсте радних течности у хидрауличним системима.
4. Функције које обавља радни флуид су?
5. Које су основне физичке величине у хидраулици и објаснити сваку од њих?

1.3 ОСНОВНИ ЗАКОНИ ХИДРОСТАТИКЕ И ХИДРОДИНАМИКЕ

Вредност притиска у једној тачки флуида који мирује, односно на истој коти је иста без обзира на смер. Ову особину је још давно дефинисао Блез Паскал (Blaise Pascal, 1623 - 1662), па се по њему и зове Паскалов закон који гласи: Притисак на затворени флуид се преноси подједнако на све зидове суда.

Другим речима, поремећај изазван дејством спољашње силе на мирну течност у затвореном суду простире се на све стране на исти начин и има исту вредност (то важи за сваку честицу течности). Ово сазнање је искоришћено за стварање техничких система за претварање и пренос енергије.

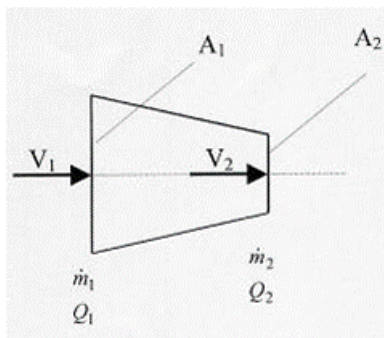


Слика 1. - Притисак у затвореном суду

На основу изложеног става о преношењу притиска може се лако закључити да ће исти притисак деловати на било коју унутрашњу површину суда, па и на било коју замишљену површину у унутрашњости течности. Правац свих ових површина, па и површина клипова може бити произвољан, те се може рећи да је притисак у течности независан од правца у ком се мери. Овакав притисак код течности у миру зове се **ХИДРОСТАТИЧКИ ПРИТИСАК**.

Притисак у флуидима зависи од температуре. При апсолутној нули притисак не постоји, јер нема кретања молекула. Овде описани притисак није условљен присуством гравитационих сила.

ЈЕДНАЧИНА КОНТИНУИТЕТА – ЗАКОН О ОДРЖАЊУ МАСЕ



Слика 2. - Једначина континуитета

Масени протоци кроз пресеке A1 и A2:

$$\dot{m} = \rho \cdot A \cdot v \quad (1.4)$$

$$\rho_1 \cdot A_1 \cdot v_1 = \rho_2 \cdot A_2 \cdot v_2 \quad (1.5)$$

Течност се убрзава у смеру сужења попречног пресека цеви, односно смањује јој се брзина у смеру проширења њеног попречног пресека. Ова дефиниција представља једначину континуитета.

БЕРНУЛИЈЕВА ЈЕДНАЧИНА

Примењујући општи физички закон о одржању енергије на кретање флуида добија се позната Ојлерова диференцијална једначина за кретање флуида. Она се односи на устаљена (стационарна) струјања флуида. Реч је, дакле, о кретању флуида при коме се у свакој тачки флуидног простора током времена не мењају величине које карактеришу струјање (брзина, густина, притисак). Ако се ова једначина примени на струјања флуида у гравитационом пољу земље, добија се позната *Бернулијева једначина која гласи:*

$$\frac{v^2}{2} + \frac{p}{\rho} + gz = \text{const} \quad (\text{J/kg}) \quad (1.6)$$

где је v (m/s) – брзина кретања флуида, а z (m) – координата у правцу навише. Из анализе једначине произилази њена структура. Димензија (J/kg) указује на то да је реч о количини енергије по јединици масе. Поједини чланови једначине представљају следеће:

- први члан представља количину кинетичке енергије,
- други члан представља количину притисне енергије,
- трећи члан представља количину положајне (геодезијске) енергије.

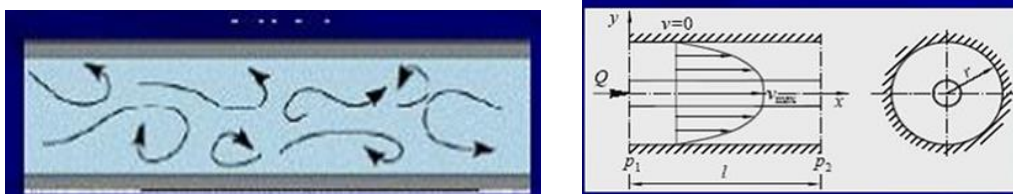
Збир количина положајне и притисне енергије представља укупну потенцијалну енергију флуида. То значи да се у случају кретања флуида може рећи да је збир потенцијалне и кинетичке енергије флуида константан дуж струјања.

Питања за теоријску проверу знања

1. Који је основни закон хидростатике, како гласи и где се примењује?
2. Које су два основна закона хидродинамике?
3. Који се закон ослања на закон о одржању масе а који на закон о одржању енергије?
4. Објаснити једначину континуитета и Бернулијеву једначину?

1.4. ВРСТЕ СТРУЈАЊА У ХИДРАУЛИЧНИМ СИСТЕМИМА

Ламинарно струјање појављује се када флуид тече у паралелним слојевима, без мешања слојева. Ови слојеви су паралелни с осом цеви. У динамици флуида, ламинарно струјање је режим струјања карактеристичан по великом моменту дифузије, ниском моменту конвекције, притиску и брзини која не зависи од времена. Супротан је турбулентном струјању. Лаички речено, ламинарно струјање је „глатко” док је турбулентно грубо.



Слика 3. - Врсте струјања течности а) ламинарно б) турбулентно

Турбулентно струјање је оно код којег се слојеви флуида међусобно мешају, а уколико постоји слободна површ, она је неравна – узбуркана. Слојеви флуида доживљавају неправилногибање, а локалне брзине су неуједначене. Прелазак једног струјања у друго увек настаје при једној одређеној брзини струјања, коју је Рејнолдс назвао критичном брзином и која углавном зависи од вискозитета течности и пречника цеви.

Питања за теоријску проверу знања

1. Објаснити разлику између ламинарног и турбулентног струјања?
2. Када једно струјање прелази у друго?

1.5. ХИДРАУЛИЧНЕ КОМПОНЕНТЕ

Кључне речи: *пумпе, разводници, вентили, хидромотори, цилиндри, цевоводи, цревоводи, прикључци, филтери, грејачи, хладњаци, акумулатори...*

Основне компоненте хидрауличних система су:

Изворни елементи - пумпе, које претварају механичку енергију у хидрауличку енергију, односно остварују притисак и проток радне течности

Елементи за управљање –разводнике и вентиле, који управљају радом система подешавајући притисак и проток

Извршни елементи –хидромоторе и радне цилиндри, који претварају хидрауличку енергију у механичку тојест врше рад

Везивни елементи-цевоводи, цревоводи и прикључци, који повезују елементе хидрауличког система и служе за пренос хидрауличке енергије, односно радне течности под притиском

Елементи за пречишћавање радне течности-филтери који пречишћавају радну течност од неметалних и металних честица и водене паре

Елементи за смештај, хлађење и грејање радне течности-резервоари, хладњаци и грејачи

Елементи за акумулирање хидрауличке енергије - хидраулички акумулатори

1.5.1. ПУМПЕ

Без обзира на врсту, пумпе се састоје из следећих делова:

- радни елементи,
- пумпна комора,
- усисни вод,
- потисни вод.

Принцип рада

Покретањем радних елемената претвара се механичка енергија у проток уља. Пумпа производи проток, а не притисак, како се обично говори. Основни принцип је непрестана промена запремине пумпне коморе. Када се повећава запремина, дешава се усисавање, а када се смањује потискивање радне течности (уља). Промена запремине постиже се транслационим или ротационим кретањем радних елемената.

Основне карактеристике

Радни притисак p зависи од оптерећења у систему, нпр. тежине коју подиже цилиндар.

Проток пумпе Q [m^3/s], уобичајено [l/min] представља капацитет пумпе, односно количину радне течности коју пумпа обезбеди у јединици времена.

Снага пумпе:

$$P [W] = p \cdot Q \quad (1.7)$$

Специфични проток (проток по једном обртају вратила пумпе); зависи само од запремине коморе.

Стварни проток пумпе:

$$Q = Q_T - Q_L \quad (1.8)$$

Стварни проток пумпе умањен је за исцурелу количину течности Q_L

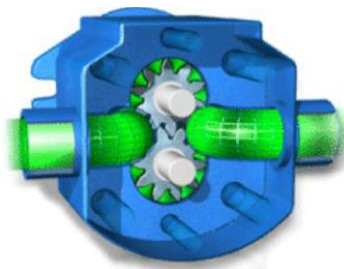
Пумпе се могу поделити на различите начине, а најчешћа подела дата је на слици 4.



Слика 4. - Подела пумпи

Зупчасте пумпе

Користе се за ниже притиске (до 150 bar). Једноставне су, поуздане, јефтине, мало осетљиве на нечистоће. Могу бити са спољашњим и унутрашњим озубљењем. Обртањем погонског и вођеног зупчаника ствара се притисак усисавања у међузубљу. Недостатак је бука при вишим притисцима (већем оптерећењу цилиндра).



Слика 5. - Зупчаста пумпа

Крилне пумпе

Користе се за притиске до 200 bar. Раде тихо и без вибрација. Састоје се из статора и ексцентричног ротора са крилцима који се извлаче и увлаче. Променом ексцентрицитета, мења се јединични проток пумпе, па могу бити и променљивог протока.



Слика 6. - Крилна пумпа

Завојне пумпе

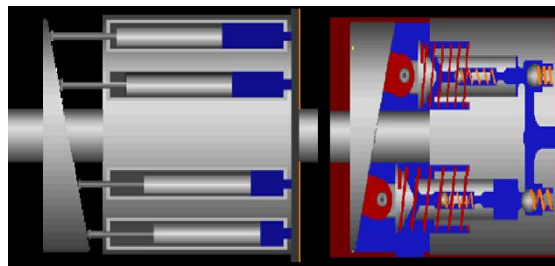
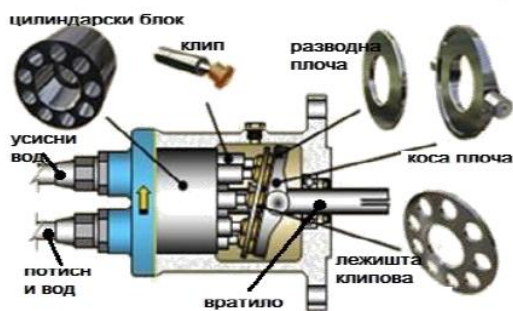
Ротација завојних вретена у супротним смеровима усисава и потискује уље. Раде тихо и без вибрација јер се уље креће праволинијски, поуздане су и трајне. Користе се за мања снага и притисци. Примењују се код алатних машина, у прехранбеној индустрији и другим областима индустријске хидраулике.



Слика 7. - Завојна пумпа

Клипне пумпе

Користе се за системе који ради на високим притисцима (250 bar). Састоји се од 5, 7, 9 или 11 клипова и цилиндара нагнутог у односу на осу вратила. Приликом обртања, клипови врше релативно праволинијско – осцилаторно кретање у односу на цилиндри. Усисавање и потискивање уља врши се наизменичним отварањем и затварањем неповратних вентила.



Слика 8. - Клипна пумпа а) са нагнутом плочом б) са нагнутиим цилиндричним блоком

Питања за теоријску проверу знања

1. Шта све спада у компоненте хидрауличног система?
2. Које су основне карактеристике пумпи?
3. Како се деле пумпе?
4. Објаснити принцип рада пумпи са ротационим кретањем радних елемената?
5. Објаснити принцип рада пумпи са транслаторним кретањем и навести разлике?

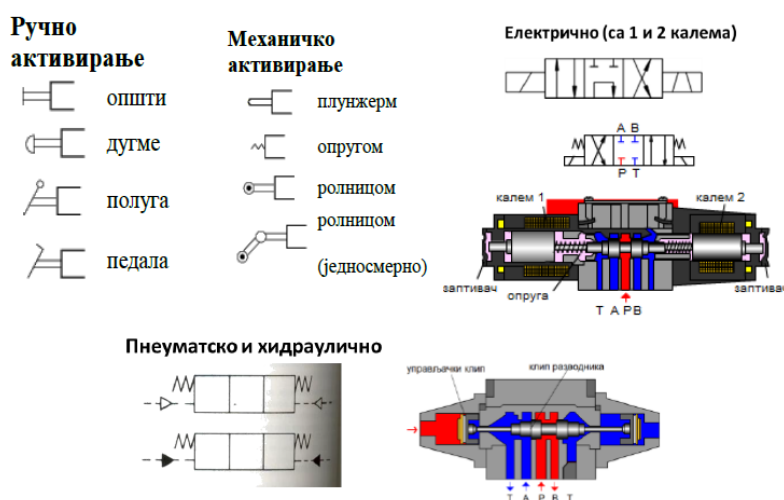
1.5.2. РАЗВОДНИЦИ И ВЕНТИЛИ

1.5.2.1. РАЗВОДНИ УРЕЂАЈИ

Разводници служе за развођење радног флуида у поједине делове хидрауличног система. Разводницима се усмерава радни флуид у извршне уређаје – хидромоторе и хидроцилиндра. По конструкцији, разводници се деле на клипне, плочасте и вентилске. Према принципу остваривања своје функције: 1) разводници директног дејства, 2) разводници индиректног дејства. Према броју положаја укључивања: 1) двоположајне, 2) троположајне, 3) са неколико различитих положаја радних органа. Разводници могу имати 2,3,4,5 и 6 прикључних отвора.

Разводници се могу на различите начине активирати. Начини активирања приказани су на слици 9.

Активирање може бити директно и индиректно. Директно активирање може бити: ручно, механичко, електрично, хидраулично и пнеуматско.

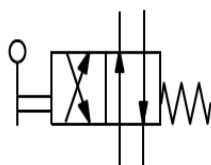


Слика 9. - Активирање разводника

Ознака и симбол разводника

Разводник се означава са два броја: 2/2, 3/2, 4/2, 5/2, 3/3, 4/3, 5/3, 6/4. Први број је број прикључака, улазних и излазних, осим управљачких. Други број је број радних положаја. На пример, 3/2 разводник има 3 прикључка и 2 положаја, неутрални и радни. На симболу, радни положаји се означавају квадратима, прикључци троугловима, пуним у случају хидрауличних, празним у случају пнеуматских. Токови радне течности означени су стрелицама ако су отворени, или линијама ако су затворени. Троугао се често изоставља, па је прикључак тачка на квадрату из које креће стрелица тока. Са стране је означен начин активирања.

Приказан је разводник 4/2 (4 положаја, 2 прикључка) активиран ручицом и опругом за повратни ход.



Слика 10. - 4/2 разводник

1.5.2.2. ВЕНТИЛИ

Вентили су компоненте хидрауличког система којима се управља системом, односно подешава се притисак и проток или спречава пролазак радне течности.

Вентили се према намени деле на вентиле за **притисак**, **вентиле за проток** и **неповратне вентиле**.

Вентили за притисак могу бити:

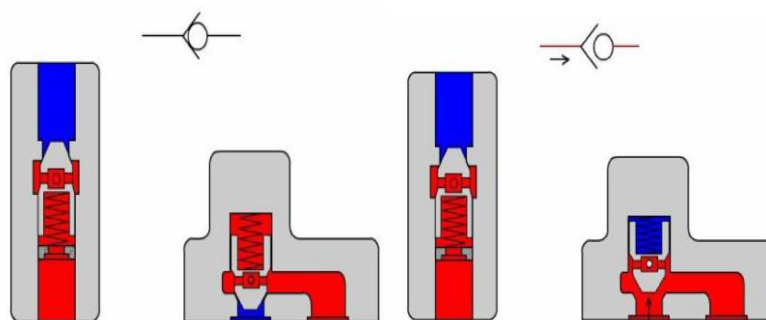
- вентили за ограничење притиска,
- преливни вентили,
- редоследни вентили,
- регулатори притиска и
- притисни електрични прекидач – пресостар.

Вентили за ограничење притиска или вентили сигурности ограничавају притисак у хидрауличком систему, односно спречавају повећање притиска изнад одређене вредности, чиме се заштићује систем. Неповратни вентили или запорни вентили у хидрауличком систему омогућавају проток радне течности у једном смеру, а спречавају проток радне течности у супротном смеру. Конструктивно су изведени као вентили са седиштем тако да у затвореном положају нема цурења радне течности. Елемент за затварање је куглица или конус, ређе плочица.

Неповратни вентил

Неповратни вентил пропушта струју радне течности када притисак достигне силу у опрузи (масу куглице или конуса) која држи куглицу или конус наслоњену на седиште. Дакле неповратни вентили могу бити:

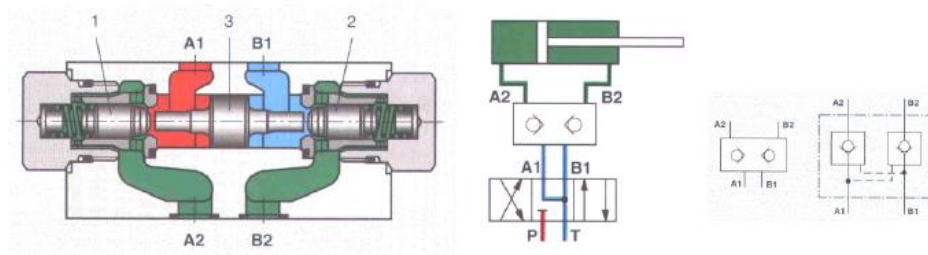
- са опругом,
- без опруге (вертикална уградња – да би гравитација враћала куглицу, или конус)



Слика 11. - Неповратни вентил

Блокирајући вентил

Блокирајући (двојно – неповратни) вентил састоји се из два неповратна вентила 1 и 2 и пливајућег (управљачког) клипа 3. Проласком радне течности из А1 отвара се вентил 1 и омогућава пролаз ка А2, а истовремено преко клипа 3 отвара вентил 2 за пролаз В2 – В1 према резервоару.

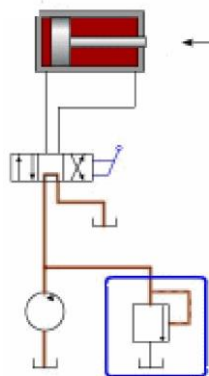


Слика 12. - Блокирајући вентил

Сигурносни вентил

Сигурносни вентил штити компоненте система од преоптерећења. Рад пумпе на шеми довело би до пораста притиска када је клип цилиндра у крајњем положају. Тада се сигурносни вентил отвара и вишак течности пропусти у резервоар.

Састоји се од опруге, чија се сила може подешавати завртњем и тако регулисати притисак отварања, клипа и водова ка резервоару и пумпи. Када притисак испод клипа постане већи од силе у опрузи, клип ће се померити и отворити вод ка резервоару.

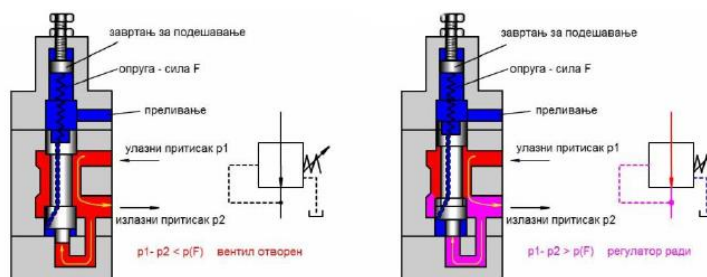


Слика 13. - Сигурносни вентил

На сличном принципу раде и преливни и редоследни вентил. Преливни стално пропушта по мало уља, а излазни вод редоследног вентила није спојен са резервоаром већ неком другом делу система.

Регулатори притиска

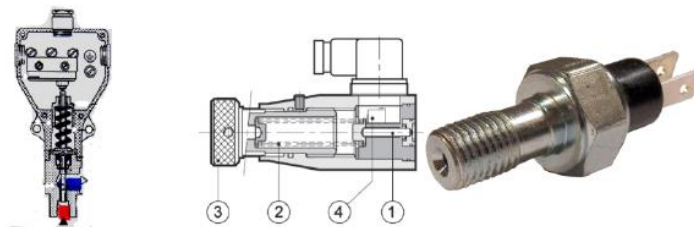
Разлика сила притисака p_1 (од пумпе – црвено) и p_2 (излазни – притисак који се регулише) делује на клип. Ако прерасте силу у опрузи, помери се клип и смањи проток кроз вентил, а тиме и p_2 . Вишак течности се прелива у резервоар. Успоставља се равнотежа, која постоји док се не промени притисак на излазу p_2 . Жељени притисак се подешава завртњем.



Слика 14. - Регулатори притиска

Притисни прекидач – пресостат

Када сила притисака на клип 1 буде већа од силе у опрузи 2 која се може регулисати завртњем 3 (а тиме и притисак укључивања), клип ће укључити микро – електрични контакт 4, који ће успоставити струјно коло.



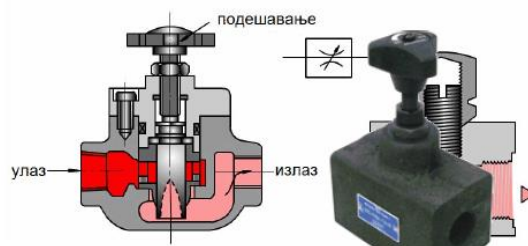
Слика 15. - Пресостат

Вентили протока мењају проток у систему променом пресека струје флуида, чиме се регулише брзина кретања извршних органа (цилиндара и мотора). Нажалост, овако долази и до губитка енергије јер се разлика снаге $\Delta P = p(Q2 - Q1)$, ($Q1$ и $Q2$ су протоци пре и после вентила, односно нерегулисан и регулисан) претвара у топлоту или одлази неискоришћена у резервоар. Вентили протока могу бити:

- пригушни вентили,
- пригушно – неповратни вентили,
- раздјељивачи протока,
- регулатори протока.

Пригушни вентил

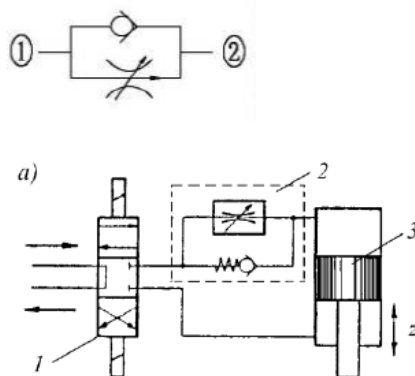
Пригушни вентил служи за регулацију брзине у хидрауличном систему, већим или мањим смањењем пресека струје течности. У зависности од места уградње, добија се већа или мања брзина кретања цилиндра или мотора у једном или оба смера. Пригушење може бити константно или променљиво (подешава се окретањем завртња) .



Слика 16. - Пригушни вентил

Пригушно – неповратни вентили

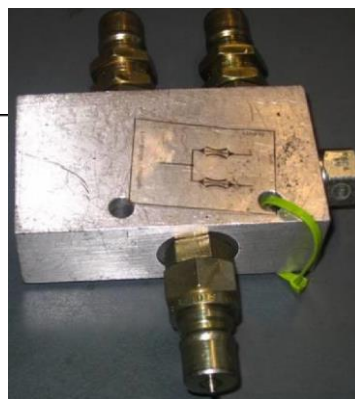
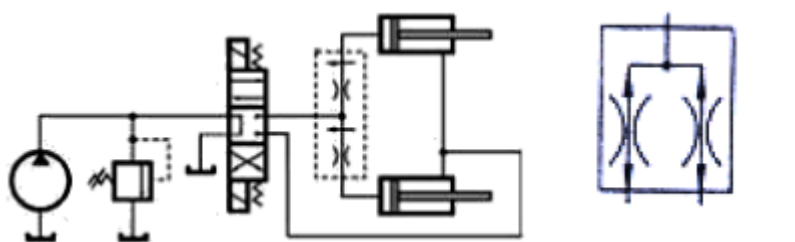
Пригушно – неповратни вентил представља комбинацију пригушног и неповратног вентила. Обезбеђује се пригушени ток у једном (од 1 ка 2), а слободан у другом смеру (од 2 ка 1), што је приказано на примеру управљања рендисаљком, где је потребан спорији повратни ход.



Слика 17. - Пригушно-неповратни вентил

Раздељивач протока

Служи да усмери подели проток на два потрошача у размери 1:1 или некој другој, у зависности од односа пресека A_l и A_r . Кроз већи отвор отићи ће сразмерно већи део протока.



Слика 18. - Раздељивач протока

Регулатори протока

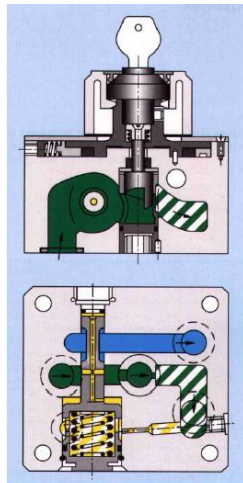
Брзина кретања клипа цилиндра не треба да зависи од масе терета. Брзина зависи од протока, па је потребно да проток буде константан. Проток зависи од пада притиска пре и после пригушног вентила. Жељени проток се подешава окретањем дугмета (преко ручице на слици лево, или електричним импулсом на слици десно).

Пад притиска Δp , а тиме и проток остају константни тако што је клип вентила у равнотежи са притисцима са леве и десне стране, односно притисцима испред и иза пригушног вентила. Повећање излазног притиска (нпр. због већег оптерећења цилиндра), помериће клип улево тако да ће се повећати притисак испред пригушног вентила, али пад притиска Δp остаје исти.



Слика 19. - Раздељивач протока

Регулатори протока могу бити **двограни** и **трограни**. На слици 19. приказан је двограни, који има водове ка пумпи и цилиндру, док трограни, поред ових, има и вод ка резервоару, ради лакшег растерећења. Приказан је пресек у погледу напред и одозго трограног регулатора протока. Улазни ток означен је **зеленом** боја, ток пре пригушнице **зелено – белом** и **жуто – белом**, излазни – **жутом**, а ка резервоару – **плавом**.



Слика 20. - Двограни регулатор протока

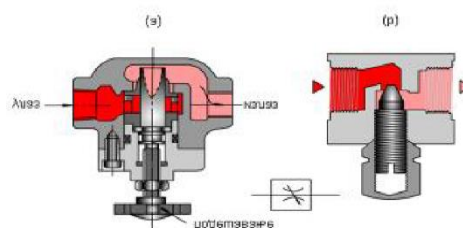
Питања за теоријску проверу знања

1. Број положаја разводника 4/2 је-----?
2. Поређај разводнике по броју прикључака почев од најмање 6/4; 5/2; 4/3;
3. Најбоље пријањање, а тиме и најмање цурење имају разводници са седиштем. (тачно или нетачно)?
4. Вентили и разводници спадају у _____ компоненте хидрауличних система.
5. Двограни регулатор протока има водове према----- ?
6. На слици је:

☐ пригушни вентил

☐ регулатор притиска

☐ регулатор протока



1.5.3. ИЗВРШНИ ОРГАНИ (ЦИЛИНДРИ И МОТОРИ)

Извршни органи претварају хидрауличну енергију (притисак) у механичко кретање (обртно или праволинијско).

Хидростатички мотори енергију притиска и кретања (хидраулична енергија) радне течности претварају у механичку енергију.

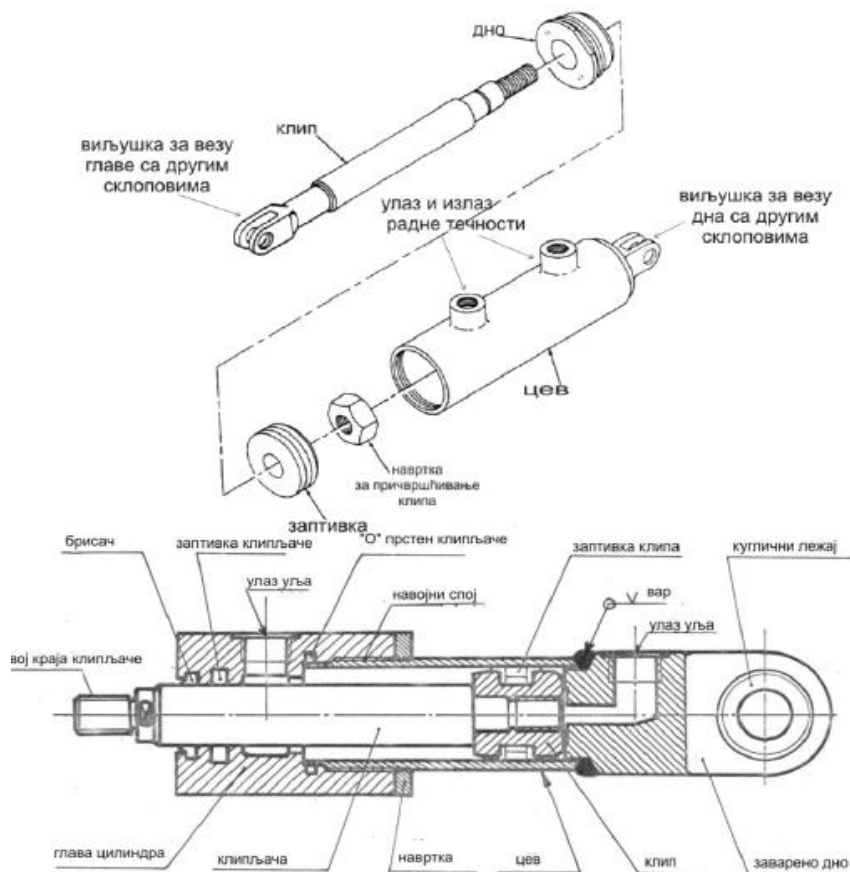
Према конструкцији, хидраулички мотори се деле на: клипне, зупчасте, крилне и завојне. Према конструкцији и принципу рада хидро - мотори су слични пумпама.

Извршни органи могу бити:

- хидраулични мотори (обртно кретање),
- хидраулични цилиндри (праволинијско),
- закретни мотори (део обрта).

1.5.3.1. ХИДРАУЛИЧНИ ЦИЛИНДРИ

Главни делови хидрауличног цилиндра приказани су на слици 21.



Слика 21. - Главни делови хидрауличног цилиндра

Цилиндри се деле на:

- **цилиндре једностраног дејства** – радна течност улази са једне стране клипа и покреће га у једном смеру, а повратни ход се обавља дејством опруге или спољне силе,
- **цилиндре двостраног дејства** – радна течност може ући са обе стране клипа који се креће у оба смера

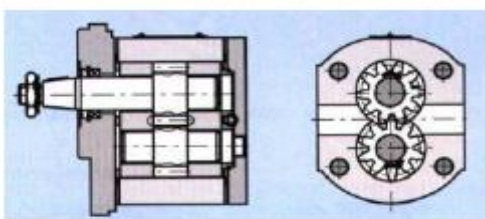
1.5.3.2. ХИДРАУЛИЧНИ МОТОРИ

Обртни момент и број обртаја на излазном вратилу хидрауличног мотора зависе од улазног притиска.

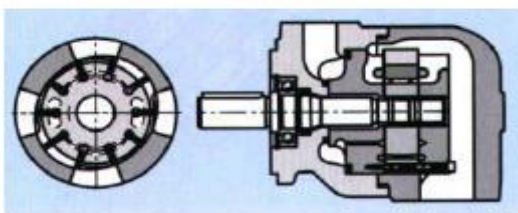
По конструкцији могу бити различити и приказани су на слици 22.



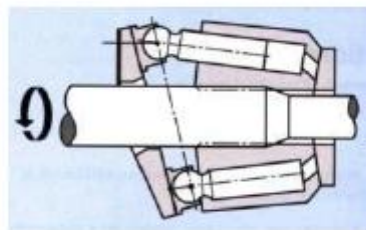
Врсте мотора:
Зупчасти мотор



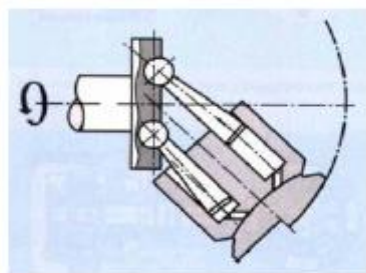
Крилни мотор



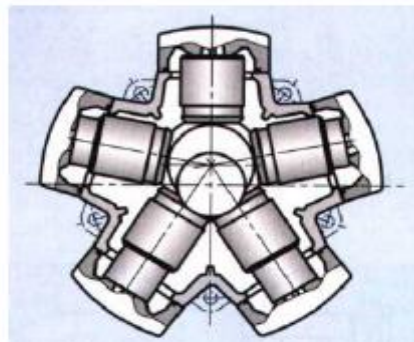
Аксијални клипни мотор са нагнутом плочом



Аксијални клипни мотор са нагнутим блоком



Радијални клипни мотор



Слика 22. - Хидраулични мотори

Питања за теоријску проверу знања

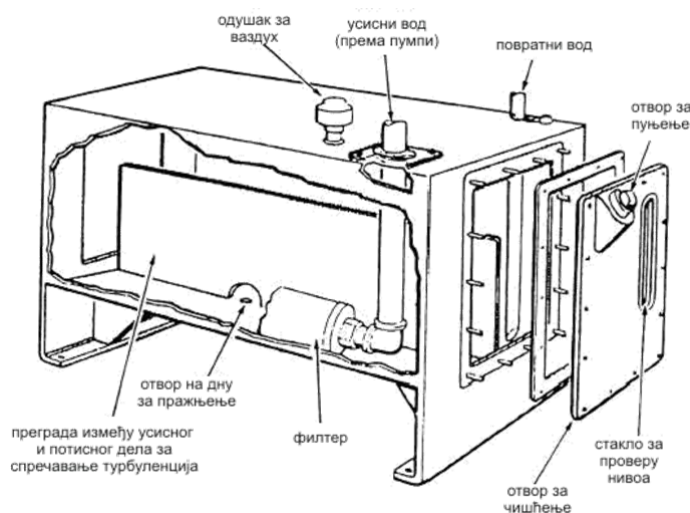
1. Шта спада у извршне хидрауличке органе?
2. Који извршни органи имају праволинијско кретање, а који кружно?
3. Како се деле цилиндри?
4. Набројати какве конструкције могу бити хидраулични мотори?

1.5.4. ПОМОЋНЕ КОМПОНЕНТЕ У ХИДРАУЛИЦИ

Резервоари су делови хидрауличног система који имају вишеструку намену. Служе за смештај радног флуида и одвођење топлоте која се ствара при раду. У резервоарима су смештени филтери, хладњак и грејач.

Често се у њему налази и пумпа, док су разводници и вентили смештени на њему.

Величина резервоара зависи од протока пумпе, места уградње и радних делова. На основу искуства минимална запремина резервоара треба да је 2 до 3 пута већа од минималног протока пумпе. Ако се ради у посебним температурним условима, треба да је 10 пута већа од минутног протока пумпе.



Слика 23. - Резервоар

Везивни елементи, цевоводи, цревоводи и прикључци су компоненте хидрауличног система који повезују остале компоненте и служе за пренос хидрауличке енергије, односно радне течности под притиском. Избор димензија и облика везивних елемената је веома важан, јер од њега зависе укупни губици у систему. Везивни системи су стандардизовани.

Цевоводи су круте металне цеви и користе се челичне бешавне цеви, цеви од бакра, алуминијума и њихових легура.

Цревоводи су еластични цевни водови који повезују покретне делове хидрауличног система, као и делове који вибрирају при раду.

Задатак **прикључака** је да међусобно повезују цеви, као и да повезују цеви са осталим компонентама хидрауличног система.

Филтери чисте радну течност од прашине, неметалних и металних честица и производа оксидације уља. Како је 90% кварова у хидрауличном систему изазвано нечистом радном течностју, филтер је обавезан део система. Улошци филтера се мењају први пут после 50 часова рада, а касније после 500.

Један од честих проблема у хидраулици је цурење течности. Да би се то спречавало, користе се **заптивке** које спречавају цурење течности.

Подела заптивки приказана је на слици 24:



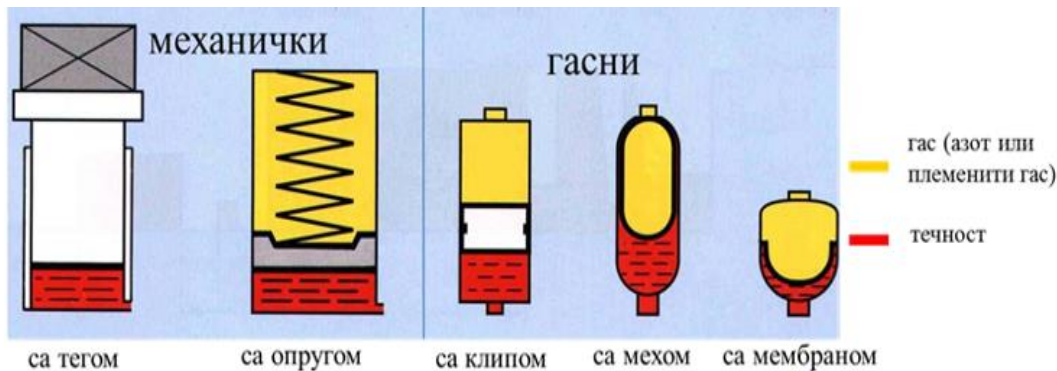
Слика 24. - Подела заптивки

Акумулатори служе да акумулирају хидрауличну енергију и да је врате у систем када је то потребно.

Остала примена:

- привремено добијање енергије у случају отказа пумпе,
- компензација цурења,
- пригушивање осцилација и хидрауличног удара.

Могу бити различитих извођења и она су приказана на слици 25.



Слика 25. - Акумулатори

Питања за теоријску проверу знања

1. Шта спада у помоћне компоненте?
2. Која је улога акумулатора у хидрауличним системима?
3. Који су основни делови резервоара?
4. Која је разлика између цевовода и цревовода?
5. Од чега чисте филтери радну течност?
6. Која је улога заптивки?
7. Како се деле заптивке?

1.6. ЧИТАЊЕ ФУНКЦИОНАЛНИХ ШЕМА ХИДРАУЛИЧНИХ СИСТЕМА

Кључне речи: читање, функционална шема, управљање, токови уља...

Како се чита функционална шема?

Један од основних услова да би се могло бавити проблемима експлоатације и одржавања хидрауличних система јесте сигурно и тачно читање функционалних (хидрауличних) шема.

Да би се могла читати функционална шема, неопходно је познавање основних функција, елемената хидрауличног система и одговарајућих симбола елемената система и усвојених конвенција.

Ако су ти услови испуњени, предлаже се, да се читање функционалне шеме (нарочито у почетку док се не стекне рутина) обавља у више етапа.

Прочитати који елементи чине хидраулични систем приказан функционалном шемом.

Пажљиво посматрати функционалну шему. Шта представља сваки нацртани симбол на шеми и коју функцију обавља у представљеном хидрауличном систему?

Ако се пронађе симбол који је непознат и чија функција није јасна, морају се консултовати одговарајући стандарди (JUS L.N1.001 до JUS L.N1.008) или одговарајући приручник за хидраулику.

ВЕЖБА бр. 1.6.1. Препознавање елемената хидрауличног система приказаних симболима, означавање токова уља и управљања системом

Циљ ове вежбе је оспособљавање полазника да препозна елементе хидрауличног система приказаних симболима на слици 26. (где је приказана функционална шема хидрауличног система), упознавање са праћењем и означавањем токовима уља у систему, и управљањем у њему. Елементи система су условно означени позицијама.

Задатак: потребно је формирати табелу или списак и у њега уписати кратки опис сваког од симбола представљеног на шеми, уз кратки опис његове функције. Потом, на шеми је потребно пратити и означити токове хидрауличног уља у систему и одредити начин управљања у систему.

Препорука за праћење и означавање токова хидрауличног уља у систему

Пратити ток хидрауличног уља од извора (хидрауличне пумпе), па све до повратка у резервоар система. Обратите пажњу на гранања и спојна места (на слици означени тачкама). У прво време, нарочито код сложених система, може се служити оловком код праћења тока хидрауличног уља.

Треба имати на уму да се клипни разводници и њихови хидраулични прикључци уцртавају на функционалним шемама са својим средишњим или нултим (неутралним) положајем. Радни положаји анализирају се тако да му се придружи његова одговарајућа функција (уцртана је у поље радног положаја).

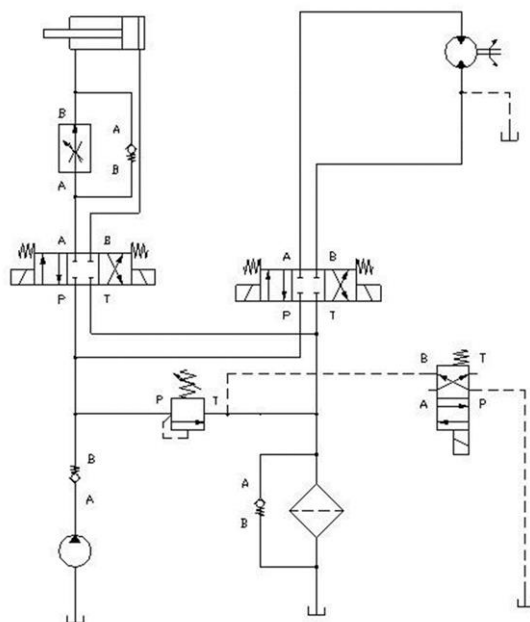
На основу положаја разводника, њиховог броја и одговарајућих функција радног положаја, треба уочити пројектоване токове хидрауличног уља у систему, а тиме и основне функције хидрауличног система приказаног функционалном шемом.

Препорука за одређивање управљања у хидрауличном систему

Потребно је уочити на функционалној шеми како се активирају хидраулични разводници, вентили за ограничење притиска, вентили протока и остали елементи за управљање. Да ли постоје међусобне зависности између компонената и услови за активирање? Ако је на функционалној шеми уцртана електрична шема активирања, на пример електромагнета за активирање хидрауличних компонената, мора се јасно знати како се активирање изводи.

Прочитати пажљиво све текстове који су дати на функционалној шеми система или пратећој документацији

Технички подаци, неопходни код описа хидрауличног система представљеног функционалном шемом могу се дати писаним текстом. Тако се може написати крај симбола пумпе који је њен проток, код симбола вентила за ограничење притиска – вредност притиска, код симбола пречистача – вредност финоће пречишћавања и друго.



Слика 26. - Функционална шема хидрауличног система

ВЕЖБА бр. 1.6.2. Читање функционалне шеме хидрауличног система

Циљ ове вежбе је развијање способности полазника да практично читају хидрауличне шеме.

Задатак: потребно је прочитати функционалну шему приказану на слици 26. Радни положаји разводника постављају се активирањем електромагнета (ЕМ1, ЕМ2, ЕМ3, ЕМ4, ЕМ5). Систем управљања овог пута нећемо разматрати.

Препорука за читање хидрауличних шема

Први корак у читању функционалне шеме приказане на слици 26. је дефинисање елемената који чине хидраулични систем (урађено у вежби 1).

Хидраулични системи се приказују функционалним шемама тако да су сви разводници и вентили нацртани у средишњем или нултом (неутралном) положају. Дакле, на слици 26. ниједан од електромагнета није активира.

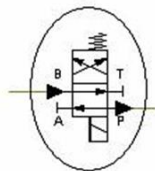
Овај систем пушта се у рад тако што се доведе електрична енергија погонском електромотору. Хидраулична пумпа усисава радну течност (хидраулично уље) из резервоара и преко једносмерног вентила, вентила за ограничење притиска и пречистача враћа је у резервоар.

Вентил за ограничење притиска је отворен. Отворени положај вентила за ограничење притиска значи да је кроз њега могуће протицање хидрауличног уља. Треба уочити да се овај вентил хидраулично активира (отвара и затвара) даљински, разводником 4/2. На шеми се види да је управљачки вод спојен са резервоаром.

Хидраулично уље из пумпе преко једносмерног вентила под притиском отвара вентил за ограничење притиска и пролази кроз пречистач у резервоар. У овом случају пумпа ради у режиму максималне снаге и електромотор троши највише енергије. Конструктори система настоје да у овом режиму пумпа ради што краће време (само кад је то нужно). Дакле, потребно је растеретити хидрауличну пумпу у празном ходу и на тај начин значајно смањити потрошњу електричне енергије на електромотору.

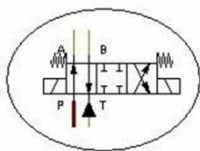
Да би се могли активирати хидраулични цилиндар и/или мотор, потребно је да вентил за ограничење буде затворен. Активирање (затварање) овог вентила приказано је на слици 27.

У кругу је нацртан радни положај разводника 4/2 кад се активира електромагнет ЕМ1. Треба уочити да је у овом радном положају разводника **прекинута хидраулична веза вентила за ограничење притиска и резервоара система**. Он делује као вентил који одржава задану вредност притиска на улазу (вентил за ограничење притиска).



Слика 27. - Шематски приказ активирања вентила за ограничење притиска (ЕМ1)

Слика 28. приказује активирање хидрауличног цилиндра (увлачење клипњаче). У кругу је нацртан радни положај разводника 4/3 са активираним електромагнетом ЕМ2; хидраулични цилиндар има увучену клипњачу.



Слика 28. - Шематски приказ активирања разводног вентила 4/3 (ЕМ2)

Дакле, конструктор овог система је преко електричног система којим се активирају електромагнети ЕМ1, ЕМ2 и ЕМ# обезбедио вршење пројектованих функција хидрауличног цилиндра (увлачење, извлачење и заустављање клипњаче).

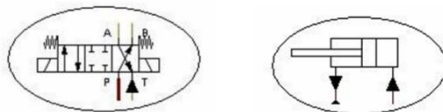
Подешавање брзине увлачења и извлачења хидрауличног цилиндра могуће је подешавањем величине протока на пригушници протока (пригушница протока са паралелно спојеним једносмерним вентилом).

Максимална вредност брзине увлачења постиже се код потпуно отворене пригушнице, а минимална кад је пригушница потпуно затворена.

Хидраулична пумпа је константне радне запремине. Шта се дешава са оним хидрауличним уљем које не може проћи кроз смањени проточни отвор на пригушници?

Наравно, могући пут је приливање вишка хидрауличног уља отварањем вентила за ограничење притиска. Функција растерећења пумпе у празном ходу је доступна у свим режимима – довољно је прекинути напајање електричном енергијом електромагнета ЕМ1 и опруга ће пребацити клип разводника 4/2 у нулти положај.

Слика 29. приказује активирање хидрауличног цилиндра (извлачење клипњаче). Приказан је радни положај разводника 4/3 са активираним електромагнетом ЕМ3, и хидраулични цилиндар у положају извлачења клипњаче.



Слика 29. - Шематски приказ активирања разводног вентила 4/3 (ЕМ3) и извлачења клипњаче

Аналогно овоме, изводи се активирање функција хидрауличног мотора (ротација у задатом смеру, заустављање и осигурање од преоптерећења). Активирање електромагнета ЕМ1 и ЕМ4 – један смер ротације, ЕМ1 и ЕМ5 – други.

Функција осигурања хидрауличног система од преоптерећења може се извести и ако се клипњача преоптерети деловањем механичке силе (рецимо блокира и потпуно заустави њено кретање), хидраулино уље из пумпе може преко отвореног вентила за ограничење притиска проћи до резервоара.

Могуће је и извести заједнички рад хидрауличног цилиндра и мотора.

Питања за теоријску проверу знања

1. На нацртаној функционалној шеми урадити по корацима, препознавање симбола, означавање токова и објаснити начин функционисања система према шеми.

1.7. ХИДРАУЛИЧНО УПРАВЉАЊЕ

Кључне речи: управљање, заштита, преоптерећење, притисак, проток, брзина...

1.7.1. ЗАШТИТА ХИДРАУЛИЧНОГ СИСТЕМА ОД ПРЕОПТЕРЕЋЕЊА

Заштита хидрауличног система од преоптерећења обавља се:

- једносмерним вентилом у усисном воду,
- вентилом за ограничење притиска,
- хидрауличним акумулатором,
- заобилазним вентилом филтера (bypass).

Једносмерни вентил у усисном воду штити пумпу од повратног удара.

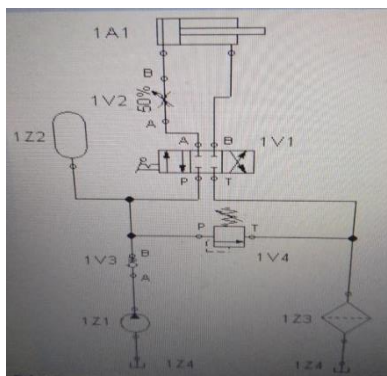
Вентил за ограничење притиска ограничава притисак у систему пропуштањем уља у повратни вод.

Хидраулични акумулатор преузима на себе ударна оптерећења која настају за време рада система.

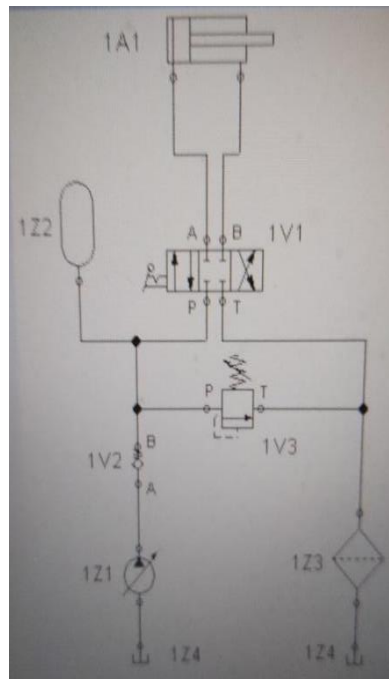
Заобилазни вентил пропушта уље према резервоару у случају да се филтер испрља.

1.7.2. УПРАВЉАЊЕ БРЗИНОМ КРЕТАЊА ЦИЛИНДАРА

Управљање брзином кретања цилиндра може бити пригушно или запреминско. У пригушном управљању брзина клипњаче подешава се пригушним вентилом, а у запреминском управљању управља се помоћу пумпе променљивог протока. Запреминско управљање може бити степенасто кад се у систем уграђује више пумпи или нестепенасто кад се у систем уграђује пумпа променљивог протока.



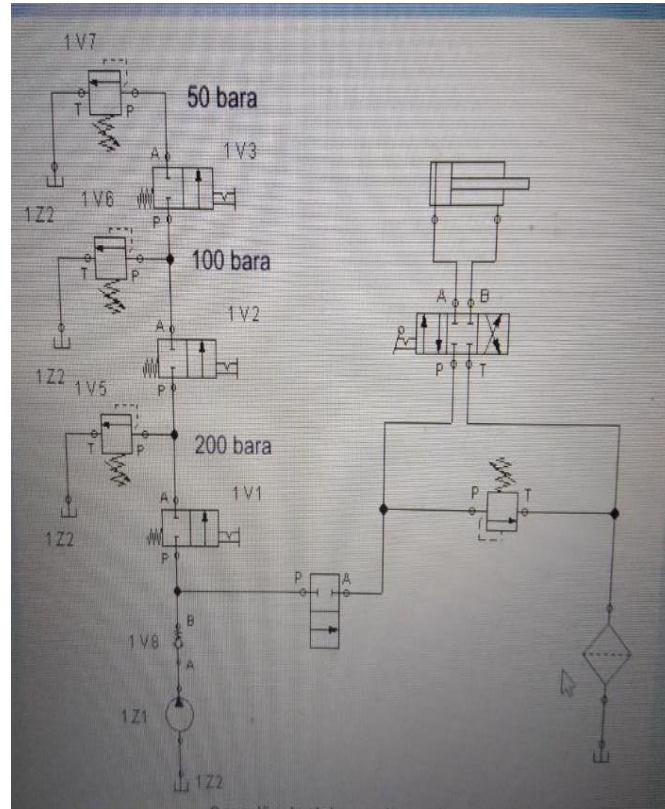
Слика 30. - Пригушно управљање



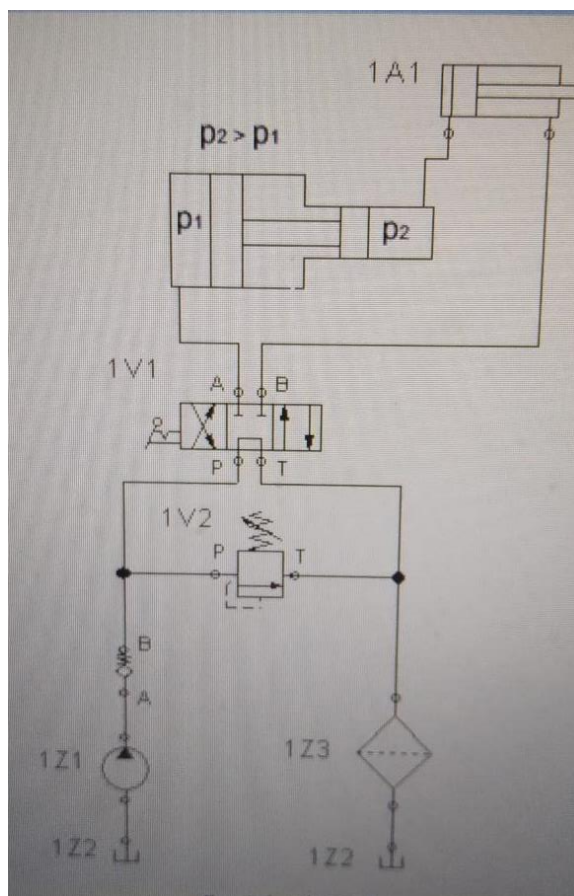
Слика 31. - Запреминско управљање

1.7.3. УПРАВЉАЊЕ ПРИТИСКОМ

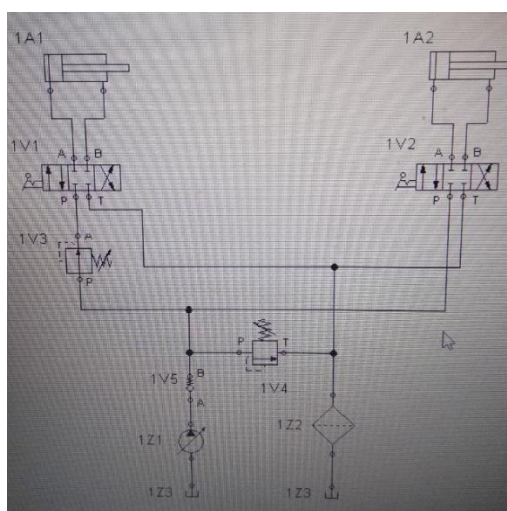
Притисак у хидрауличном систему могуће је ограничити, повећати и снижити.



Слика 32. - Ограничење притиска на више нивоа



Слика 33. - Повећање притиска



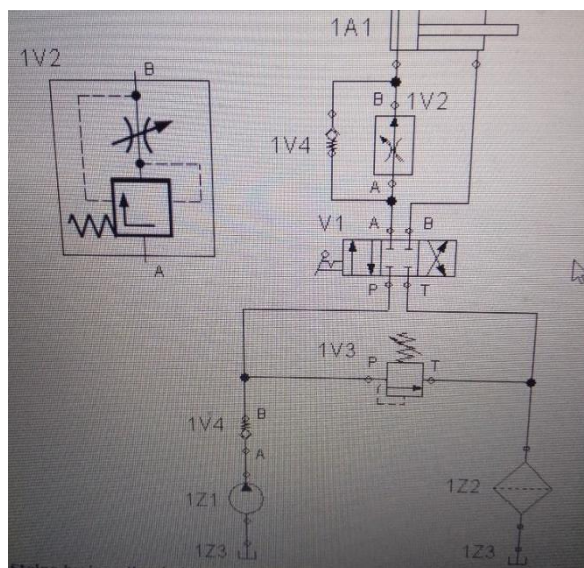
Слика 34. - Снижење притиска

1.7.4. УПРАВЉАЊЕ ПРОТОКОМ

Управљање протоком омогућује:

- промену брзине клипаче помоћу пригушних вентила,
- сталну брзину кретања клипаче без обзира на оптерећење.

Стална брзина кретања клипњаче постиже се уградњом регулатора протока.



Слика 35. - Управљање протоком помоћу регулатора протока

Питања за теоријску проверу знања

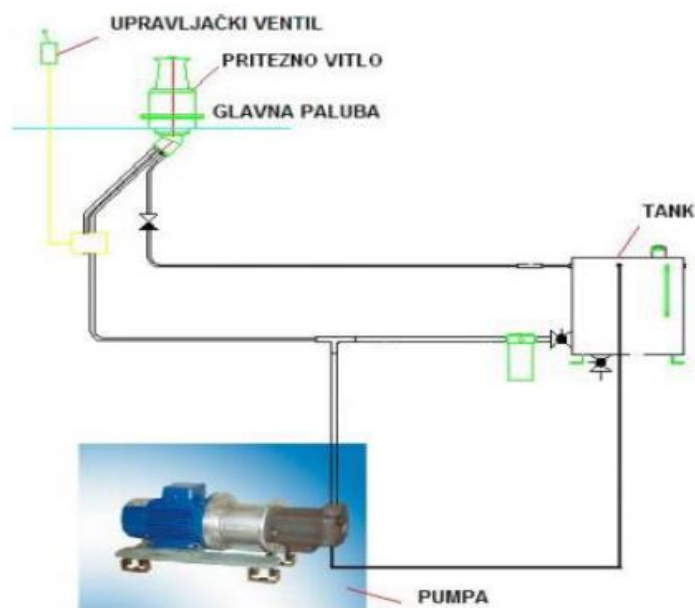
1. Које су врсте управљања у хидраулици?
2. Шта све може да се управља у хидраулици?
3. На који начин се може подешавати брзина цилиндра?
4. Како и чиме се управља протоком?

1.8. ПРАКТИЧНЕ ВЕЖБЕ

Вежба бр. 1.8.1: Отворени и затворени хидраулични систем

Циљ вежбе: Оспособљавање полазника да стечено теоријско знање (цртање хидрауличних шема, означавање шема, управљање брзином цилиндра...) примени на конкретном задатку, развијање способности за испитивање исправности нацртаних шема у програмима за симулацију и практично повезивање компонентена хидрауличном столу.

Вертикално притезно витло (Слика 36) на крми брода покреће се хидрауличним мотором. Хидраулички агрегат је смештен испод главне палубе. Брзина којом се брод жели привлачити треба остати непромењена без обзира на промену оптерећења. Управљање витлом је ручно уз радни притисак од 50 бара. Кад витло мирује, хидраулички мотор је хидраулично укљештен.

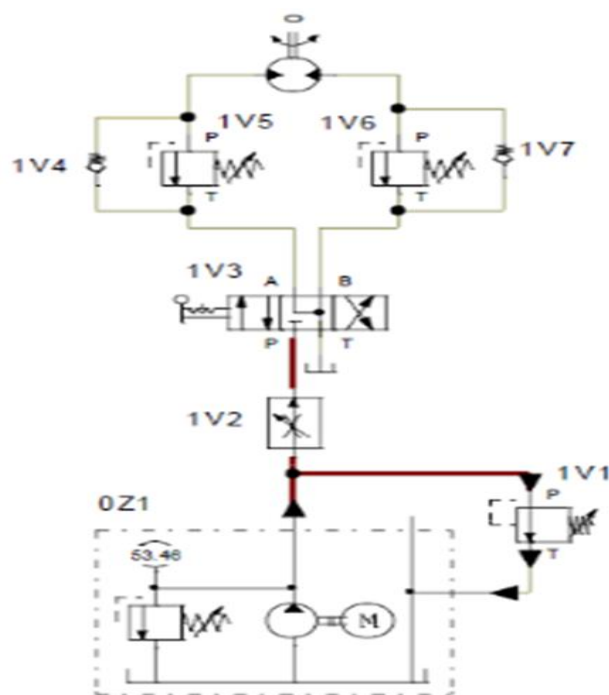


Слика 36. - Хидраулични систем вертикалног притезног витла

Задатак:

1. Нацртати хидраулинку шему управљања при чему користити један од начина регулације брзине извршног елемената у складу са радним захтевима из текста задатка,
2. Означити шему управљања,
3. Направити спецификацију елемената (допунити табелу, поред ознака написати која је компонента),
4. Испитати шему на рачунару програмом за симулацију,
5. Повезати компоненте на хидрауличном столу.

Решење:

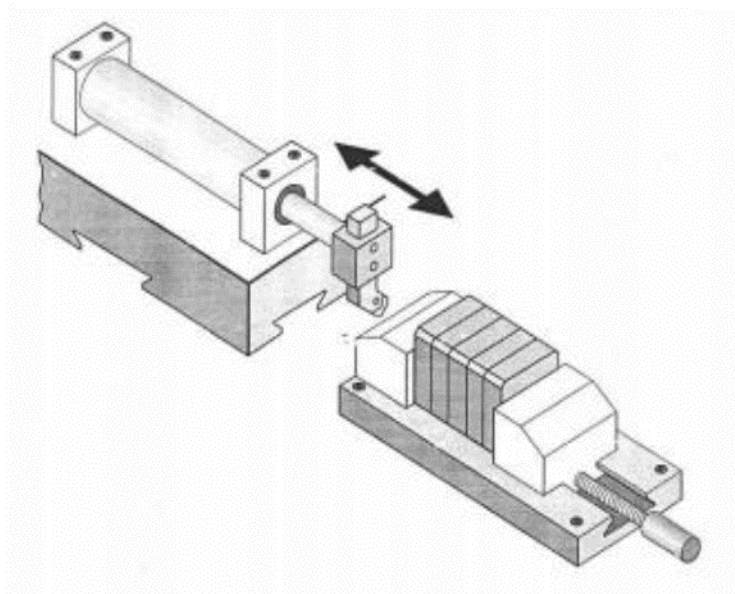


ОЗНАКА	КОМАДА
0Z1	1
1A1	1
1V2	1
1V1, 1V5, 1V6	3
1V2	1
1V4, 1V7	2

Вежба бр. 1.8.2.: Алат за обраду радних предмета

Циљ вежбе: Оспособљавање полазника да стечено теоријско знање о управљању брзином цилиндра примени на конкретном задатку и да практично реализују вежбу на хидрауличном столу.

На хидрауличном дворадном цилиндру (Слика 37) налази се алат за обраду радних предмета који је стегнут у механичкој спреги. Ход алата захвата радне комаде од ивице до ивице. Ради скраћења времена обраде мора се повећати брзина извлачења клипњаче. Брзина извлачења клипњаче може се подешавати, треба остати непромењена без обзира на промену оптерећења. Управљање цилиндром је електрично, а радни притисак је 50 бара. Сигнали за увлачење и извлачење клипњаче дају се засебним тастерима. Пумпа је заштићена од деловања повратног притиска (engl. backpressure).



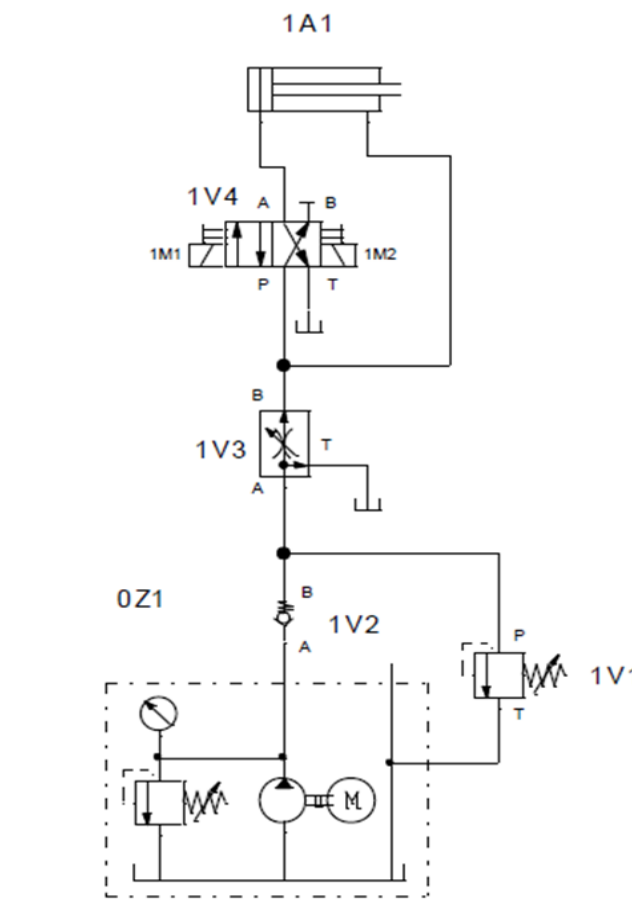
Слика 37. - Положајна скица алата за обраду радних предмета

Задатак:

1. Нацртати хидраулинку шему управљања, при чему користити један од начина регулације брзине извршног елемената у складу са радним захтевима из текста задатка.
2. Означити шему управљања.

3. Направити спецификацију елемената (допунити табелу, поред ознака написати која је компонента).
4. Испитати шему на рачунару програмом за симулацију.
5. Повезати компоненте на хидрауличном столу.

Решење:



Спецификација елемента

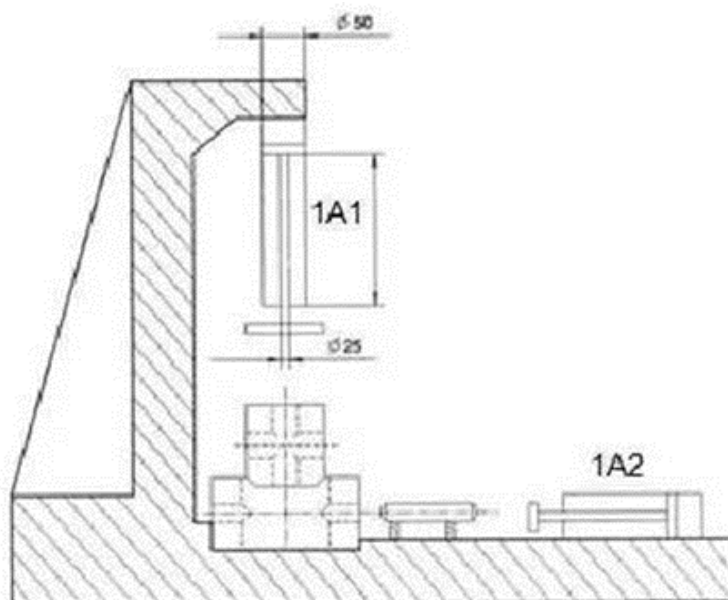
Ознака	Комада	Назив компоненте
0Z1	1	Хидраулични пумпни агрегат
1A1	1	Хидраулични дворадни цилиндар
1V1	1	Директно управљан вентил за ограничење притиска
1B2	1	Трограни регулатор протока
1B3	1	Електромагнетски 4/2 бистабилни разводник (блокиран излаз Б), поврат опругом и помоћним ручним активирањем.
C1, C2	2	Тастер
K1, K2	2	Релеј

Вежба бр. 1.8.3. : Уређај за монтажу

Циљ вежбе: Оспособљавање полазника да стечено теоријско знање о управљању два цилиндра (регулисање брзине цилиндара и протока) примени на конкретном задатку, усавршавање полазника за испитивање система у програму за симулацију и практично повезивање компонената на хидрауличном столу.

Уређај за монтажу (Слика 38) користи се за утискивање пластичног лежаја у челични део и уметање закивка ради осигурања споја. Утискивање пластичног лежаја обавља се активирањем цилиндра 1A1. Када клипњача цилиндра 1A1 упресује лежај у челични део и притисак на клипној страни цилиндра нарасте на 30 бара, активира се цилиндар 1A2 који умеће и утискује закивак.

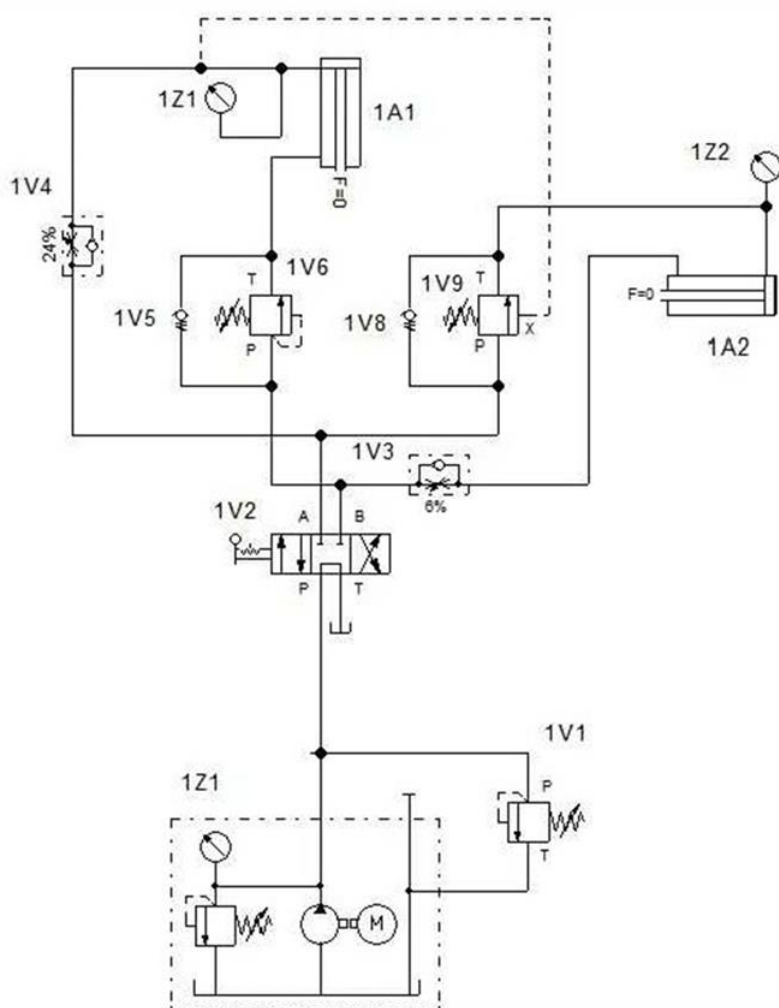
Повратак цилиндара обавља се обрнутим редоследом. Прво се враћа клипњача цилиндра 1A2, а затим када притисак у систему нарасте на 40 бара почиње се враћати клипњача цилиндра 1A1. Брзине извлачења клипњача цилиндара подешавају се засебно. Као редоследне вентиле користити вентиле за ограничење притиска. Радни притисак система је 50 бара.



Слика 38. - Положајна скица уређаја за монтажу

Задатак:

1. Објаснити примену и начин рада редоследних вентила.
2. Означити шему управљања.
3. Направити спецификацију елемената (таблицу).
4. Навести функције појединих хидрауличних елемената (сигнални, процесни и управљачки елементи).
5. Описати хидраулично управљање уз опис деловања сваког елемента.
6. Спитати шему на рачунару програмом FluidSIM Hydraulics.
7. На дидактичком столу спојити компоненте и пустити систем у рад.

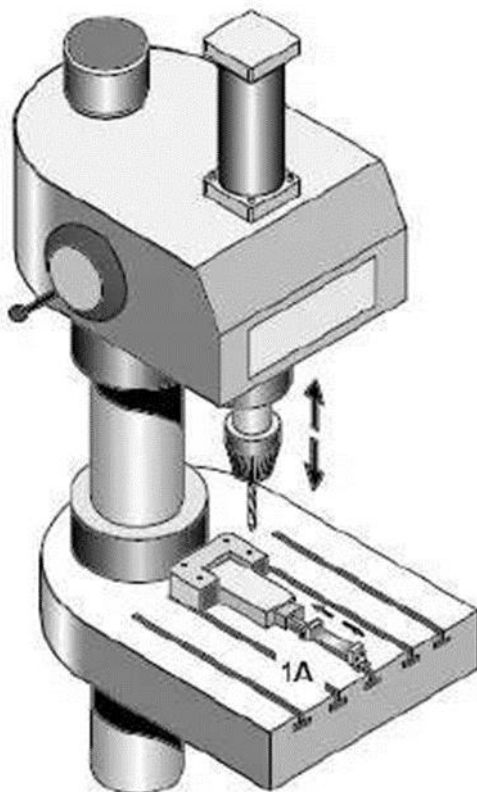
Решење:**Спецификација елемента**

Ознака	Комада	Назив компоненте
0Z1	1	Хидраулични црпи агрегат
1Z1,1Z2	2	Манометар
1A1,1A2	2	Дворадни хидраулични цилиндар
1V1,1V6	1	Директно управљани вентил за ограничење притиска
1B2	1	4 /3 активиран разводник, повратан спој на пумпу, опружно центриран
1B3,1B4	2	Једносмерно пригушни вентил
1B5,1B7	1	Неповратни вентил сопругом
1B8	1	Вентил за ограничење притиска, директно управљан даљинским притиском

Вежба бр. 1.8.4. : Стезање на бушилици

Циљ вежбе: Оспособљавање полазника да стечено теоријско знање из електрохидраулике примени на конкретном задатку, усавршавање полазника за испитивање система у програму за симулацију и практично повезивање компонената на хидрауличном столу.

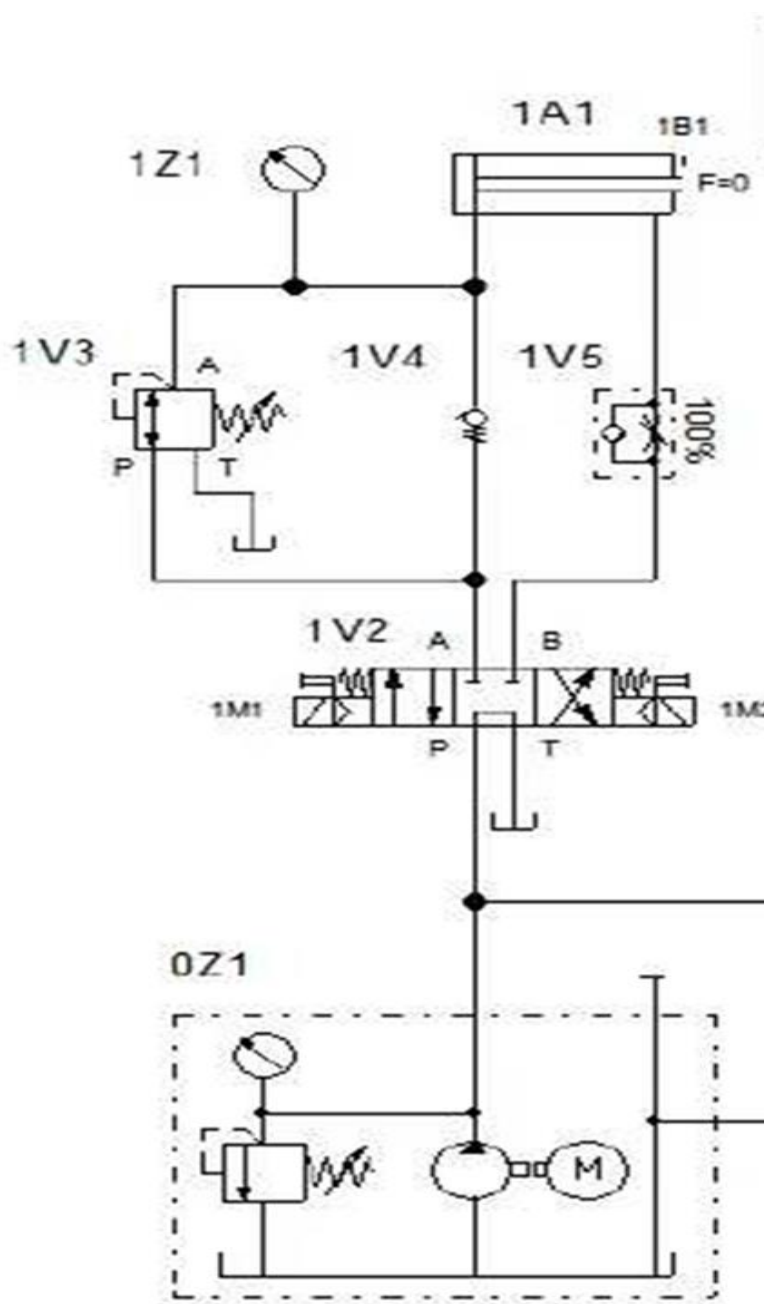
За стежање предмета на бушилици (Слика 39) користи се хидраулични стезач. Због бушења предмета од различитих материјала сила стежања мора бити подесива. Брзина стежања се, такође, мора подешавати. Управљање хидрауличним цилиндром је електрично. Притиском на тастер клипњача цилиндра се извлачи. Поновним притиском клипњача цилиндра се увлачи и главни електромагнетски 4/3 разводник с повратним спојем на пумпу враћа се у средњи (полазни) положај. Радни притисак система је 50 бара.



Слика 39. - Положајна скица бушилице

Задатак:

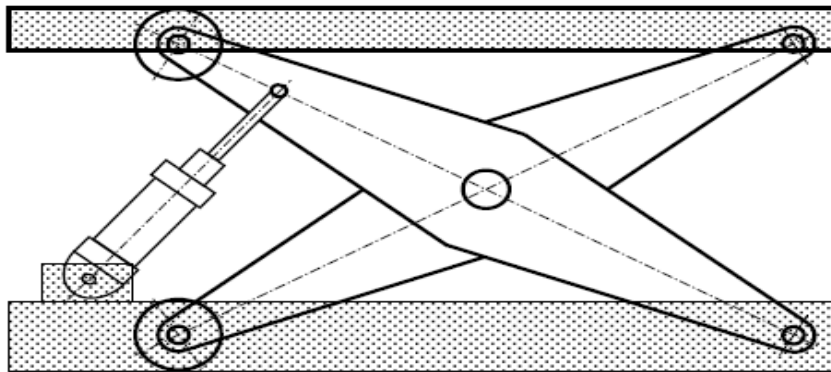
1. Објаснити примену и начин рада регулатора притиска.
2. Нацртати хидрауличну шему управљања, при чему треба користити један од начина регулације брзине извршног елемената у складу са захтевима из текста задатка.
3. Означити шему управљања.
4. Испитати шему на рачунару програмом FluidSIM Hydraulics.
5. На дидактичком столу спојити компоненте и пустити систем у рад.

Решење:**Вежба бр. 1.8.5.: Платформа за подизање**

Циљ вежбе: Усавршавање полазника за решавање комбинованих задатака из хидраулике ослањајући се на претходно стечена знања.

Платформа (Слика 40) се подиже помоћу хидрауличног цилиндра. У неутралном положају платформа треба да остане дуже време непомична у било којој позицији.

Непомични положај осигурава се деблокирајућим неповратним вентилом у функцији блокирајућег вентила. Укључни вентил осигурава против - држање.

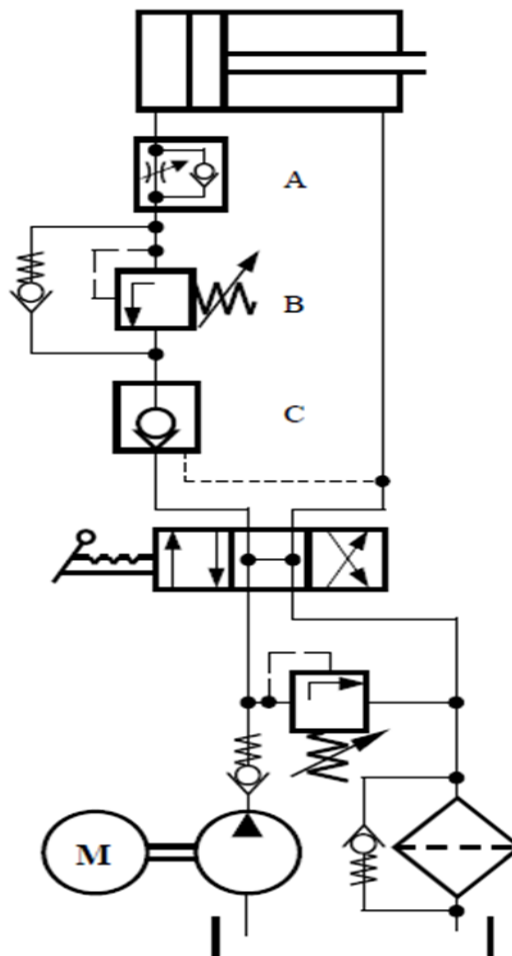


Слика 40. - Положајна скица бушилице

Задатак:

1. Нацртати хидрауличну шему управљања.
2. Означити шему управљања.
Испитати шему на рачунару програмом FluidSIMHydraulics.
3. Повезати компоненте на хидрауличном столу.

Решење:



2. ОПШТА НАЧЕЛА ПНЕУМАТИКЕ

Кључне речи: *пнеуматика, физичке основе, примена, цртање шема, препоруке...*

У аутоматизацији се ваздух користи већ дуго времена као елемент за преношење енергије у виду радног флуида и информација у смислу добијања података од сензорских елемената и преношења наредби у управљачким колима. Трансформацијом параметара рада при преласку из једног стања у друго, ваздух може да обави жељени рад. Данас су доминантни системи који примењују ваздух као радни флуид у пнеуматским системима, а такви системи заузимају значајно место у индустрији са тенденцијом повећања примене. Може се слободно тврдити да се модерна индустрија не може ни замислити без ваздуха под притиском.

Корен речи пнеуматика је у старогрчкој речи пнеума која значи дах или дашак, лагани ветар, а у филозофији је означавала душу. Првобитно је означавала учење о кретањима и збивањима у ваздуху, а у техници се од тога створио посебан појам, па се о пнеуматици говори само када се примењује ваздух са повишеним или смањеним притиском.

Карактеристике пнеуматских система:

- притисак ваздуха за напајање је од 1-15 бара ,
- погонске температуре ваздуха од -10 до 60⁰С (макс. око 200⁰С),
- оптимална брзина струјања ваздуха - 40 m/s,
- померање елемената – праволинијско и ротационо,
- брзина цилиндра – 1 до 2 m/s (макс. око 10 m/s),
- максимална остварива сила око 40 kN,
- максимална снага око 30 kW.

Пнеуматске компоненте, генерално гледано, могу да обављају три врсте кретања:

- линеарно,
- закретно и
- ротационо, а њиховим комбинацијама могу се остварити скоро све жељене карактеристике кретања.

Таква разноврсност је разлог за велики број примена пнеуматских система у различитим пољима људске активности.

Примена пнеуматике је данас најзначајнија у следећим областима:

- стезање,
- позиционирање,
- оријентисање,
- пренос материјала,
- окретање и обртање делова,
- сортирање делова,
- слагање делова,

Опште примене:

- паковање,
- пуњење,

- одмеравање,
- забрављивање,
- погон уздужног кретања,
- управљање радом врата,
- штампање и означавање компоненти.

Примене у производним процесима

- бушење,
- стругање,
- глодање,
- сечење,
- завршна обрада,
- обликовање (пресовање),
- контрола квалитета.

Питања за теоријску проверу знања

1. Набројати основне карактеристике пнеуматских система?
2. Навести где све има примену пнеуматика?

2.1. ФИЗИЧКЕ ОСНОВЕ

Ваздух као гасовити омотач земље представља смешу гасова азота, кисеоника, аргона, угљендиоксида, водоника и осталих гасова са различитим уделом.

Густина је дата односом масе m и одговарајуће запремине V .

Температура представља значајну карактеристику ваздуха под притиском јер током сабијања ваздуха долази до повећавања температуре и одавања топлоте околини. Исто тако и при стварању потпритиска (вакуумирања) долази до промене температуре. Само се у овом случају температура смањује па долази до одузимања топлоте од околине. Последице ових промена могу бити драстичне, као на пример смрзавање уређаја или сагоревање материја за подмазивање, што може да доведе до тешких оштећења компоненти пнеуматског система.

Температура се у SI систему мера изражава у Келвинима (K) којима се температура изражава почевши од апсолутне нуле, односно од температуре при којој престаје кретање молекула. Међутим, најчешће употребљавана јединица за температуру су степени Целзијуса па због тога велики број произвођача опреме податке о температури при којој се могу примењивати њихови уређаји и опрема изражава у овим јединицама. Апсолутна нула се на Целзијусовој скали налази на $-273,150\text{ }^{\circ}\text{C}$ а подеоци су исте величине као код Келвина тако да је прерачунавање једних у друге величине релативно лако. Проблем настаје када се температура изражава у степенима Фаренхајта (F) који се користе у Сједињеним Америчким Државама и још неким земљама. Прерачунавање између Целзијуса и Фаренхајта није тако једноставно јер се нула Целзијуса налази на $32\text{ }^{\circ}\text{F}$ а промена од 100°C између тачке смрзавања и тачке кључања воде износи $180\text{ }^{\circ}\text{F}$.

Ваздух, као и сви гасови има минималну кохезију. За нормалне радне услове у којима се користе пнеуматски уређаји, силе између молекула ваздуха се могу занемарити. Под појмом **стишљивости** се подразумева својство промене густине гаса под дејством притиска и температуре. Стишљивост је инхерентна карактеристика ваздуха. Зависи,

између осталог, од карактера термодинамичког процеса под којим се врши промена стања гаса (изобарни, изохорни, изотермни, адијабатски, политропски ...).

Сув ваздух практично не постоји у нормалним условима околине. Одређена количина воде налази се у ваздуху у различитим формама - влага, магла, пара или се издваја из ваздуха у форми течних кондензата (капљице) или у чврстој форми - лед и иње. Влага се са ваздухом усисава у компресор, за време компресије се кондензује, а затим долази и у ваздушну мрежу. Количина влаге зависи пре свега од релативне влажности усисаног ваздуха, а то је опет зависно од температуре ваздуха и временске ситуације. На ову чињеницу треба обратити пажњу јер вода која се кондензује из ваздуха ствара доста проблема при раду пнеуматских система.

Апсолутна влажност је количина воде коју садржи одређена запремина ваздуха и изражава се у милиграмима по кубном метру ваздуха (mg/m^3).

Максимална влажност (количина засићења) је она количина воде коју одређена запремина ваздуха максимално може да прими при одговарајућој температури.

Релативна влажност је дефинисана као однос стварне (апсолутне) влажности и максимално могуће влажности при датим условима околине

Ваздух у нормалним условима дејствује на околину производећи притисак. То је такозвани **атмосферски притисак** који се у старим јединицама притиска изражавао као притисак од једне атмосфере. Притисак се по SI систему мера изражава у Паскалимa (Pa). Како је један Паскал веома мала јединица јер представља притисак који производи један N/m^2 (N) по квадратном метру површине, за изражавање притиска флуида у техници је уведена јединица бар која представља 100.000 паскала, приближно одговара старој јединици атмосферског притиска. За мерење нижих притисака у техници се користи хиљадити део бара - милибар, а означава се са mbar .

Нажалост, у употреби је и даље велики број других јединица притиска тако да треба добро обратити пажњу на јединице у којима се изражава притисак. Нарочито велики проблем представљају јединице које долазе из англосаксонских земаља, где за основну јединицу притиска и даље користе фунту по квадратном инчу ($\text{pounds per square inch}$ - psi).

Питања за теоријску проверу знања

1. Ваздух представља смешу чега?
2. Шта је густина?
3. Да ли ваздух стишљив?
4. Шта представља влажност ваздуха и каква мође бити?
5. Шта је атмосферски притисак?

2.2. ПРЕПОРУКЕ ЗА ЦРТАЊЕ ПНЕУМАТСКИХ ШЕМА

Пнеуматски склопови и системи и графички се представљају помоћу пнеуматских шема, које се цртају према норми DIN/ISO 1219.

2.2.1. ПРАВИЛА ЗА ЦРТАЊЕ

Приликом креирања пнеуматских шема препоручује се примена одређених правила:

- Цртање шеме према нивоима

НИВО I: ниво извршних органа (актуатора). У актуаторе спадају, цилиндри, мотори, сисаљке.

НИВО II: ниво командног разводника (управљачког разводника/разводног вентила). Командни разводник служи за управљање извршним органом. Командни разводник црта се непосредно испод извршног органа.

Уколико је потребно регулисати брзину извлачења и увлачења цилиндра, елементи који обезбеђују таква кретања (пригушница, пригушно - неповратни, брзо - испусни вентил, итд.) се цртају између нивоа I и II.

НИВО III: ниво елемената за обраду сигнала.

НИВО IV: ниво сигналних елемената. Овај ниво подразумева све оне елементе који учествују у извлачењу или увлачењу елемената.

НИВО V: ниво за снабдевање ваздуха под притиском.

Елементи који учествују у извлачењу клипњаче цилиндра цртају се са леве стране замишљене осе која пролази кроз средину извршног органа и њему припадајућег командног разводника, док се сви елементи који учествују у увлачењу клипњаче цилиндра цртају са десне стране замишљене осе која пролази кроз средину извршног органа и њему припадајућег командног разводника

Компоненте се означавају према следећој табели:

Табела 1. - Означавање компонената

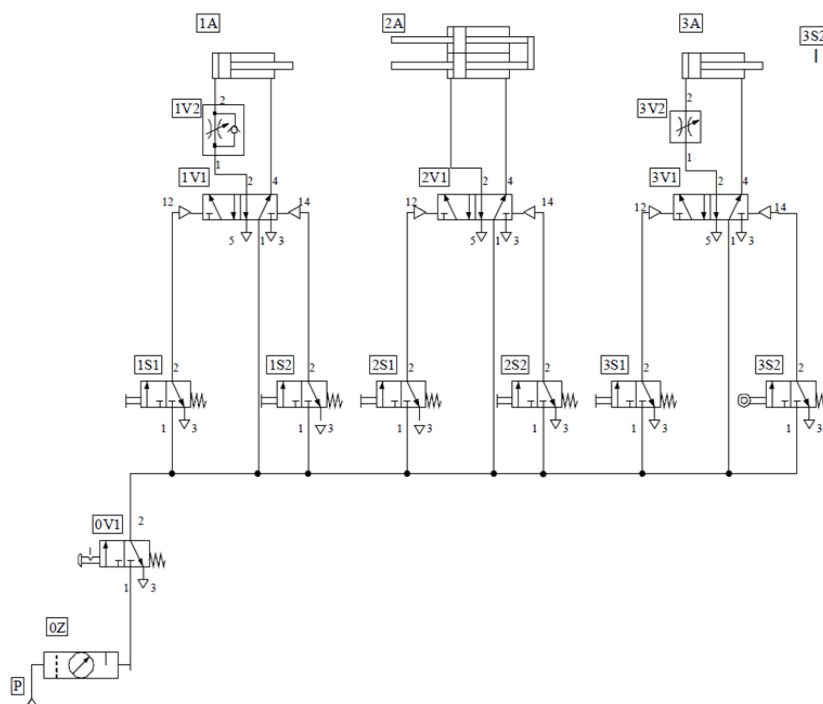
Komponenta	Oznaka
Kompresor	P
Izvršni element (aktuator)	A
Senzor	S
Ventil	V
Ostala oprema (filter, manometar, itd.)	Z

- број компоненте – бројеви се додељују редом

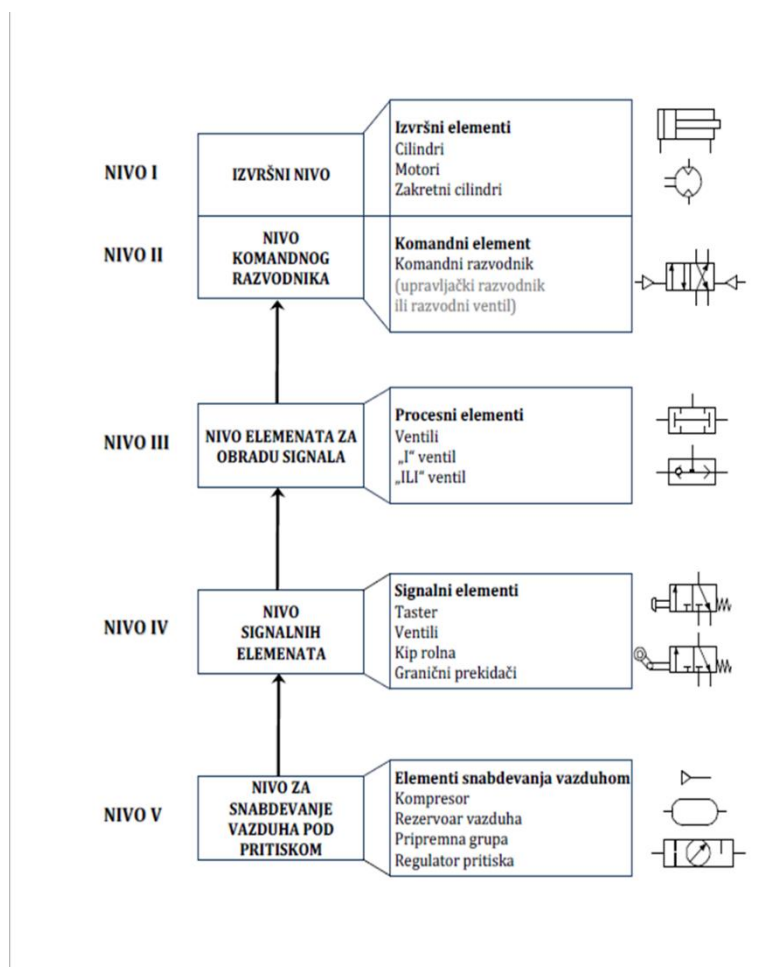
• Означавање водова:

STARE OZNAKE (ISO 11727:1999)	NOVE OZNAKE (ISO 5599:2001)
P - vod za vazduh pod pritiskom	1 - vod za vazduh pod pritiskom
A, B - radni vodovi	2, 4 - radni vodovi
R, S, T - odzrake	3, 5 - odzrake
Z, Y - upravljački vodovi	10, 12, 14 - upravljački vodovi
Pz - pomoćni upravljački vazduh	81, 91 - pomoćni upravljački vazduh

Пример шеме са означеним водовима и компонентама је на следећој слици 41.



Слика 41. - Пнеуматска шема са означеним водовима



Слика 42. - Компоненте по нивоима

2.3. ДОБИЈАЊЕ И ПРИПРЕМА ВАЗДУХА

Кључне речи: *потребан притисак, производња ваздуха, припремна група, регулатор притиска, зауљивач...*

Систем ваздуха под притиском се, грубо гледајући, састоји из два дела:

- снабдевање ваздухом под притиском што укључује производњу и припрему ваздуха под притиском и
- потрошњу ваздуха под притиском, што обухвата систем за складиштење, дистрибуцију и употребу ваздуха под притиском.

Добро управљање снабдевањем ваздуха под притиском резултоваће тако што се стабилан, чист и сув ваздух одговарајућег притиска испоручује на одговоран, трошковно ефективан начин.

Одговарајуће управљање потрошњом ваздуха минимизује губитке ваздуха под притиском, а ваздух под притиском се користи само за одговарајуће апликације. Побољшавање и одржавање перформанси пнеуматских система на врхунском нивоу захтева разматрање оба дела система, као и начина њихове интеракције. Пре даљих разматрања потребно је одредити ниво притиска ваздуха који се користи у радном систему.

Потребан ниво притиска

Пнеуматске компоненте се, по правилу, пројектују за максимални радни притисак од 8 до 10 бара. Искуство из огромног броја примена ваздуха под притиском казује, међутим, да треба користити приближно 6 бара за економичан рад система. Губици притиска од 0,1 до 0,5 бара морају се очекивати при провођењу ваздуха под притиском кроз дистрибутивни систем због мењања тока ваздушне струје, сужења, непотребних цурења, начина на који је он просторно повезан (отворен, кружни, итд.). Према томе, ниво притиска који компресор треба да оствари мора да буде најмање 6,5 до 7 бара како би савладао отпоре и омогућио регулацију притиска на месту употребе на нивоу од 6 бара, што значи да нема потребе да максимални притисак, који обезбеђује компресор, буде већи од 10 бара, сем у специјалним случајевима.

Компоненте система за производњу ваздуха под притиском

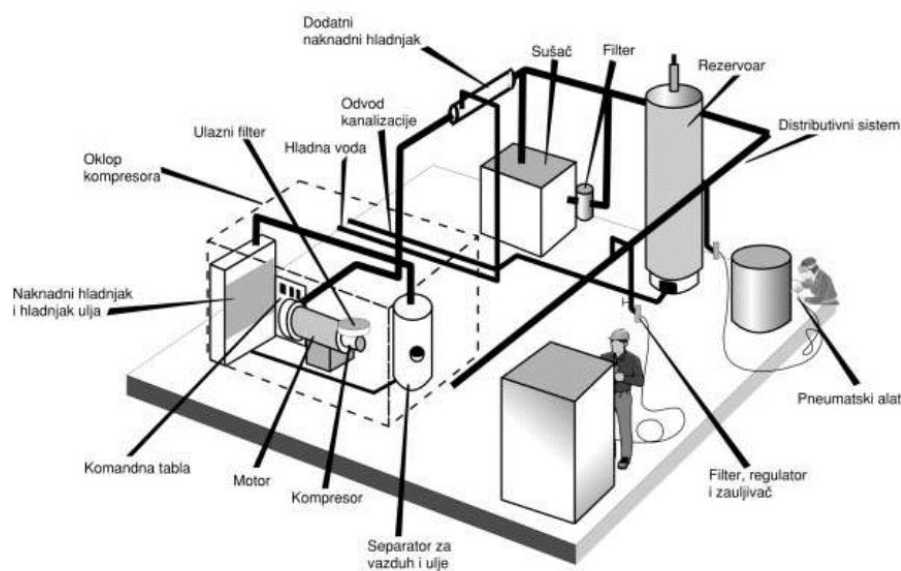
Компресори су машине које се користе за повећање притиска гаса. Снабдевање ваздуха под притиском почиње са производњом у компресорима. Сматра се да су први коришћени компресори били мехови које су давно употребљавали ковачи за удување ваздуха како би се убрзало сагоревање у ковачким пећима. Први индустријски компресори су били једноставни, наизменични клипни механизми које је погонио воденични точак. Модерни компресори се користе као један од елемената у подсистему за производњу и припрему ваздуха под притиском у оквиру укупног пнеуматског система.

Подсистем за производњу ваздуха под притиском састоји се од погонског мотора, компресора, управљачког система, међухладњака за ваздух, хладњака за уље, сепаратора зауље и воду и припадајуће опреме (манометара, термометара, вентила, оклопа око кућишта компресора, итд.).

Компресор је механички уређај који усисава околни ваздух и повећава му притисак. Погонски мотор преноси потребну снагу компресору при одговарајућем броју обртаја а

управљање служи за подешавање количине ваздуха која се производи. Опрема за припрему ваздуха под притиском одстрањује загађиваче из ваздуха под притиском и омогућава рад система на одговарајући начин. Дистрибутивни систем је аналоган проводницима (жицама, кабловима, итд..) у домену електрике - он транспортује ваздух под притиском тамо где је потребно да се потроши.

Резервоари ваздуха под притиском, такође, служе да побољшају перформансе и ефикасност пнеуматског система. На слици 43. је приказан репрезентативни систем за производњу и дистрибуцију ваздуха под притиском према потрошачима и два примера примене.



Слика 43. - Пример система за производњу ваздуха под притиском

Припремна група

Процес припремања ваздуха састоји се из одвајања нечистоћа и кондензата, уједначавања притиска и додавања уља ради подмазивања компоненти пнеуматског система. Уређаји за ту сврху производе се у групи, која се зове припремна група и састоји се из филтера, одвајача кондензата, регулатора притиска и зауљивача, односно од барем две од ових компоненти.

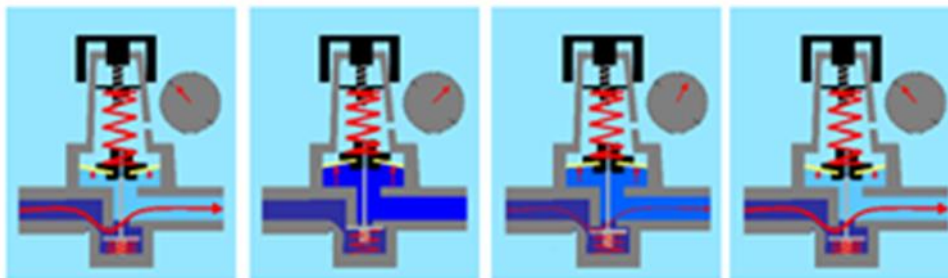


Слика 44. - Припремна група

Регулатор притиска

Притисак на коме раде пнеуматске компоненте често је мањи од оног који даје компресор. Осим тога, притисак може бити променљив због природе рада компресора и различитог оптерећења потрошача. Због тога је неопходан регулатор притиска. Опруга са завртњем за подешавање изложена је промени излазног притиска.

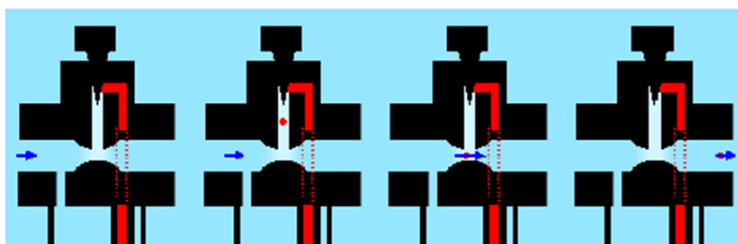
У случају пораста, опруга се затеже и подиже клип смањујући тако улазни проток. Притисак се тада смањује и поново успоставља равнотежу помоћу доње опруге.



Слика 45. - Регулатор притиска

Зауљивач

Подмазивање пнеуматских компоненти решено је тако што се ваздуху додају честице уља помоћу зауљивача. Струја ваздуха под притиском пролази преко уља које капље и ствара уљну маглу. На тај начин ваздух добија мазива својства.



Слика 46. - Принцип рада зауљивача

Питања за теоријску проверу знања

1. Колики треба да буде притисак у пнеуматском систему, у којим границама треба да се креће у индустрији?
2. Које су неопходне компоненте за добијање ваздуха под притиском?
3. Шта чини припремну групу?
4. Каква је улога регулатора протока?
5. Чему служи зауљивач?

2.4. ПНЕУМАТСКЕ КОМПОНЕНТЕ

Кључне речи: мотори, цилиндри, вентили...

Пнеуматски компоненте (управљачке, извршне и помоћне) су сличне конструкције и истог принципа рада као хидрауличне. Скоро све хидрауличне компоненте постоје и у пнеуматском извођењу. Пнеуматске компоненте су мање, лакше и од мање издржљивих

материјала од хидрауличних, пошто раде на много мањим притисцима (обично до 10 Bar).

Због тога је и цена пнеуматских компоненти мања. На пример, ако је цена хидрауличног разводника неколико стотина еура, цена пнеуматског је неколико десетина.

Хидраулична црева су дебљих зидова, од издржљивијих материјала и ојачана арматуром, док су пнеуматска су обично најлонска. Прикључци за хидраулику су метални, пресовањем спојени са цревима, док су пнеуматски често од пластике, а спој са цревима најчешће се врши навлачењем.

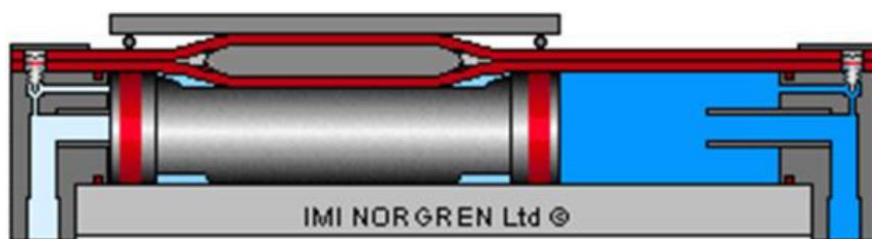
2.4.1. ПНЕУМАТСКИ МОТОРИ И ЦИЛИНДРИ

Пнеуматски мотори и цилиндри деле се исто као хидраулични (једноредни, дворедни цилиндри, крилни, закретни...) Неки од извршних компоненети карактеристичних за пнеуматику су:

- цилиндар без клипњаче,
- ударни цилиндар,
- пнеуматски мишић.

Цилиндар без клипњаче

- дужина хода је иста као дужина тела цилиндра,
- кретање се преноси на носач поред цеви цилиндра,
- вођица на цеви обезбеђује везу са клипом,
- примењује се тамо где постоји недостатак простора за ход клипњаче,
- приказано је извођење са пригушењем на оба краја.



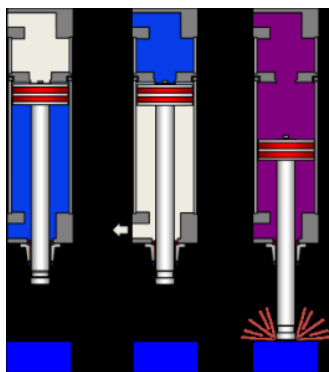
Слика 47. - Цилиндар без клипњаче

Ударни цилиндар

Операција се одвија у три фазе:

- клип је у горњем положају,
- комора изнад клипа пуни се ваздухом под притиском, али сила испод клипа је још увек већа због разлике у површинама дужина хода је иста као дужина тела,
- излазак ваздуха изазива мало померање клипа, па површина са његове горње стране нагло порасте, што изазива кретање клипа на доле великом.

Примењује се за пнеуматске чекиће, алате за пробијање и просецање итд.



Слика 48. - Ударни цилиндар

Ваздушни мишић

Ваздушни мишић је специјални извршни орган пнеуматског система. Изузетно је лак у односу на силу коју даје (400:1). Прави се од гуме пресвучене пластиком. Ради на притисцима до 5 бара. Стално је усавршаван од проналаска 1982. године. Примењује се у роботизи, посебно у биороботици и представља до сада најбољи покушај имитирања кретања живих организама.

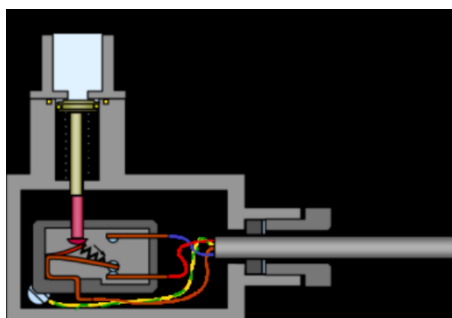


Слика 49. - Ваздушни мишић

2.4.2. КАРАКТЕРИСТИЧНИ ВЕНТИЛИ ЗА ПНЕУМАТИКУ

Притисни прекидач

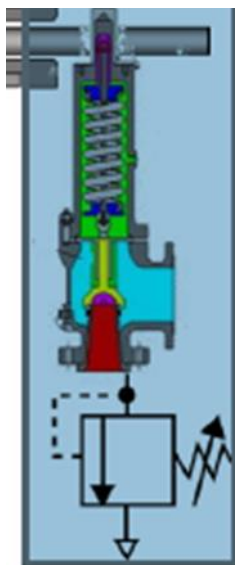
- стални прекидач користи једностранни цилиндар да покрене стандардни микропрекидач,
- радни притисак од око 3 бара савладава отпоре у цилиндру и опрузи микропрекидача, подесиви су и могу да мењају силу у опрузи, а тиме и отпор.



Слика 50. - Притисни прекидач

Сигурносни вентил

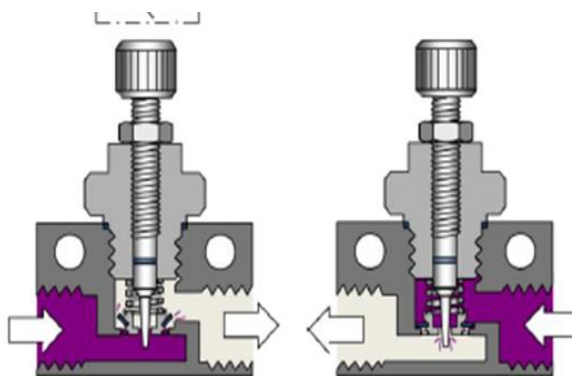
- ограничава притисак на вредност која се може подесити,
- уколико притисак порасте преко жељене вредности, вишак се испушта у атмосферу на тај начин систем се штити од преоптерећења.



Слика 51. - Сигурносни вентил

Пригушно – неповратни вентил представља једносмерни подесиви регулатор протока

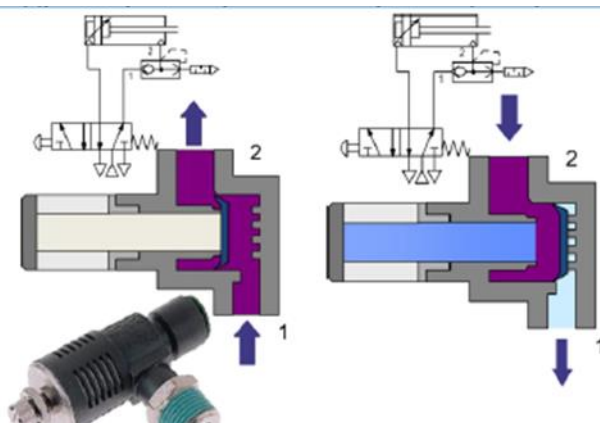
- проток је слободан у једном смеру,
- проток пригушен у другом смеру, а величина пригушења се подешава завртњем.



Слика 52. – Пригушно - неповратни вентил

Брзоиспусни вентил

- прикључак 2 је повезан са цилиндром,
- прикључак 1 добија ваздух из разводника,
- ваздух пролази кроз вентил и покреће цилиндар,
- када се разводник помери у положај за растеређење, заптивач вентила се помери удесно и отвара велики пролаз,
- ваздух се брзо испушта и омогућава брзо кретање клипа цилиндра.



Слика 53. - Брзоиспусни вентил

Пригушивач буке

- постављају се пре отвора ка атмосфери,
- ваздух се у пригушивачу шири, а осим тога наилази на препреке и тако успорава кретање,
- изласком кроз више отвора бука се значајно смањује,
- постоје пригушивачи испуњени сунђерастом материјом која, осим смањења буке, упија и прикупља уље и тако спречава загађење околине.



Слика 54. - Пригушивач буке

I вентил

Овај вентил остварује логичку I - функцију. Вентил се затвара (попут неповратног) ако притисак делује на било којем улазном прикључку, али се не може затворити кад делује на оба. Иста функција може се остварити помоћу 3/2 разводника у пасивном или серијском споју. I - функција користи се нпр. при управљању пресама (2 тастера за две руке, да се избегну озледе руку). Током изласка клипњаче није дозвољено отпустити нити један разводник за старт, иначе се клипњача одмах враћа у полазни положај.

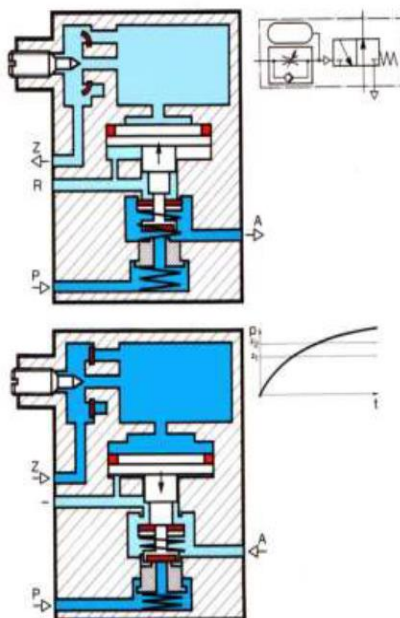
III вентил

Овај вентил остварују логичку III функцију. Притисак се преноси на излазни прикључак. Кад притисак делује на један (било који) улазни прикључак, истовремено се други (одзрачени) улазни прикључак затвара. Ако притисак делује на оба улазна прикључка, отворен је кроз један од њих (или кроз оба) пролаз према излазном прикључку.

Комбиновани вентили

Поред основне поделе, вентили се могу класификовати и на друге начине. Такође је могуће и комбиновање више вентила у вентилске групе или у специјализоване уређаје. Примери таквих груписања су тактни ланци и вентили са кашњењем.

Као илустрација су приказана два типа вентила са кашњењем. Њихов задатак је да долазни сигнал Z пропусти тек после неког временског периода који се може лако подесити на вијку за регулацију или да прекид сигнала који треба да буде изазван пристизањем сигнал Z буде одложен за неки период.



Слика 55. - Комбиновани вентил-вентил са кашњењем -нормално отворен

Питања за теоријску проверу знања

1. Која је разлика код мотора и цилиндара у пнеуматици од хидраулике?
2. Који цилиндри су специфични за пнеуматику?
3. На ком принципу ради притисни прекидач?
4. Како ради сигурностни вентил?
5. Какав је принцип рада брзоиспусног вентила и зашто се он користи?
6. Где се поставља пригушивач буке?
7. Која је разлика између I и III вентила?
8. У коју групу вентила спада вентил са кашњењем?

2.5. ПНЕУМАТСКО УПРАВЉАЊЕ

Кључне речи: ON - OFF управљање, моностабилно, бистабилно, директно, индиректно, регулација брзине, регулација притиска...

Под појмом пнеуматско управљање најчешће се подразумева програмско управљање технолошким, који се састоји од међусобноповезаних пнеуматских елемената. Једноставније речено, то је назив за начин решавања управљачког проблема применом пнеуматских елемената.

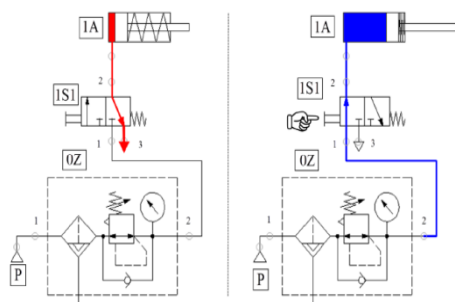
2.5.1. ON - OFF УПРАВЉАЊЕ

У зависности од тога каква је структура пнеуматског управљачког система, могуће је разликовати директно и индиректно управљање пнеуматским радним елементима. У оба случаја, за управљање се користе разводни вентили чијим простим активирањем, односно деактивирањем (ON - OFF) се може успоставити или прекинути проток, променити смер кретања ваздуха под притиском и тиме променити смер кретања радног елемента и слично.

Директно управљање представља најједноставнији начин управљања пнеуматским радним елементима јер подразумева напајање радног елемента ваздухом под притиском директно преко једног јединог разводног вентила који може бити активиран ручно, механички или електромагнетом. Потребно је нагласити да поменути разводник мора бити у стању да обезбеди тачно дефинисан и одговарајући проток како би се управљање успешно обавило. Директно управљање могуће је извести и у моностабилној и у бистабилној варијанти, а могуће га је променити код цилиндара, мотора, млазница, вакуум хватаљки итд. али само за погоне малих брзина и/или малих запремина.

Примери директног и индиректног управљања цилиндрима једносмерног и двосмерног дејства у моностабилној и бистабилној варијанти приказани су на сликама 56 - 59, респективно.

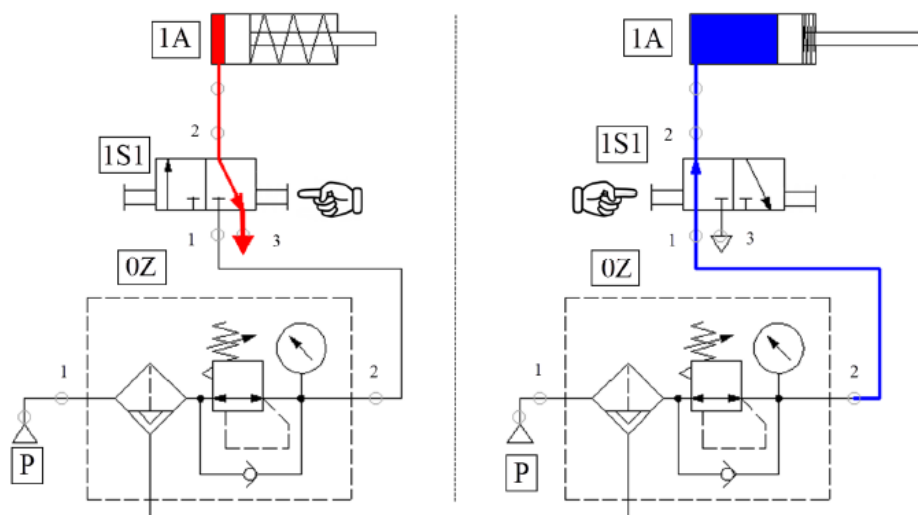
Приликом реализације моностабилног управљања цилиндром једносмерног дејства (Слика 56) коришћен је ручно активиран, моностабилни разводни вентил 3/2. У случају када исти није активиран (Слика 56, положај лево), клипњача цилиндра се налази у крајњем увученом положају јер се ваздух из цилиндра преко прикључака 2 и 3 испушта у атмосферу. Притиском на тастер, вентил се активира и омогућава се проток ваздуха под притиском ка клипној страни цилиндра (Слика 56, положај десно) преко прикључака 1 и 2. Клипњача се извлачи ка крајњем извученом положају и у њему остаје све док је тастер притиснут. Након отпуштања тастера, клипњача се, према већ описаном поступку, враћа у крајњи увучени положај.



Слика 56. - Директно управљање цилиндром једносмерног дејства, моностабилно

За случај бистабилног управљања цилиндром једносмерног дејства (Слика 57), коришћен је ручноактивиран, бистабилни разводни вентил 3/2. У случају када је притиснут тастер са десне стране (Слика 57, положај лево), под условом да претходно није био активиран други тастер са леве стране, клипњача цилиндра се налази у крајњем увученом положају, јер се ваздух из цилиндра преко прикључака 2 и 3 испушта у атмосферу. Клипњача цилиндра остаје у овом положају и након отпуштања тастера. Притиском на други тастер са леве стране, вентил се активира и омогућава се проток ваздуха под притиском каклипној страни цилиндра (Слика 57, положај десно), преко прикључака 1 и 2. Клипњача се извлачи ка крајњем извученом положају и у њему остаје и након отпуштања тастера. Повратак клипњаче у почетни, крајњи увучени положај могућ је само у случају када се поново притисне тастер са десне стране.

За управљање цилиндром двосмерног дејства могуће је користити разводне вентиле са четири (4/2) и са пет (5/2) прикључака. Уколико се користи разводник са пет прикључака, могуће је посебно утицати на ваздух који се из цилиндра испушта у атмосферу у ходу напред и у ходу назад. Такође, исте функције које имају поменути разводници могуће је остварити и коришћењем два 3/2 разводна вентила или четири 2/2 разводна вентила.

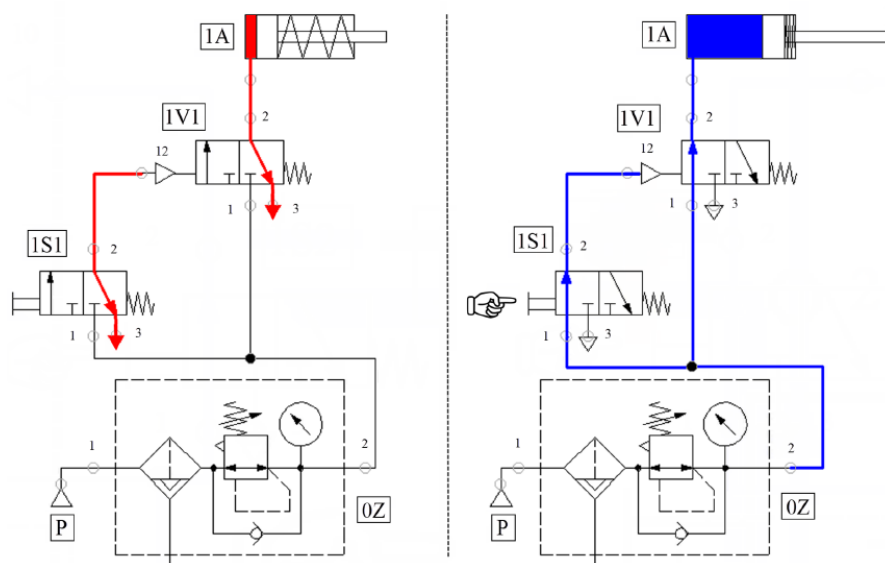


Слика 57. - Директно управљање цилиндром једносмерног дејства, бистабилно

Индиректно управљање подразумева постојање припадајућег командног (главног) разводног вентила уз сваки радни елемент. Тај разводни вентил се активира индиректно, преко излазног сигнала са неког другог вентила. Поменути сигнал назива се управљачки. Потребно је нагласити да се, у случају индиректног управљања, до радног елемента увек доводи константан ваздух под притиском. Он обично, у индустријској примени, има вредност око 6 бара. Овај ваздух се назива радни јер, у суштини, он обавља користан рад, за разлику од управљачког ваздуха, који преноси информације и служи за активирање командних разводника. Вредност управљачког ваздуха најчешће је нижа од вредности радног, али не би требала да буде испод 3 бара. Индиректним начином управљања могуће је реализовати управљање кретањем радних елемента највећих димензија. Код индиректног начина управљања главни разводни вентили и радни елементи могу бити постављени довољно близу једни других тако да водови између њих буду кратки. На тај начин се мали „мртви простор” испуњава ваздухом под притиском, а то доводи до мање потрошње истог. Примери индиректног управљања цилиндрима једносмерног и

двосмерног дејства у моностабилној и бистабилној варијанти приказани су на сликама 58 - 61, респективно.

За случај моностабилног управљања цилиндром једносмерног дејства (Слика 58), коришћен је пнеуматски активиран, моностабилни 3/2 разводни вентил 1V1 који се активира, преко прикључка 12, излазним сигналом са ручно активираног, моностабилног 3/2 разводног вентила 1S1. У случају када 1S1 није активиран, није активиран ни 1V1, па се клипњача цилиндра налази у крајњем увученом положају јер се ваздух из цилиндра испушта у атмосферу преко прикључака 2 и 3 командног разводника 1V1 (Слика 58, положај лево). Притиском на тастер, вентил 1S1 се активира и задаје се управљачки сигнал вентилу 1V1, чиме се кроз исти, преко прикључака 1 и 2, омогућава проток ваздуха под притиском ка цилиндру (Слика 58, положај десно). Клипњача се извлачи ка крајњем извученом положају и у њему остаје све док је тастер притиснут. Након отпуштања тастера, деактивира се командни вентил 1V1 и клипњача цилиндра се, према већ описаном поступку, враћа у крајњи увучени положај.

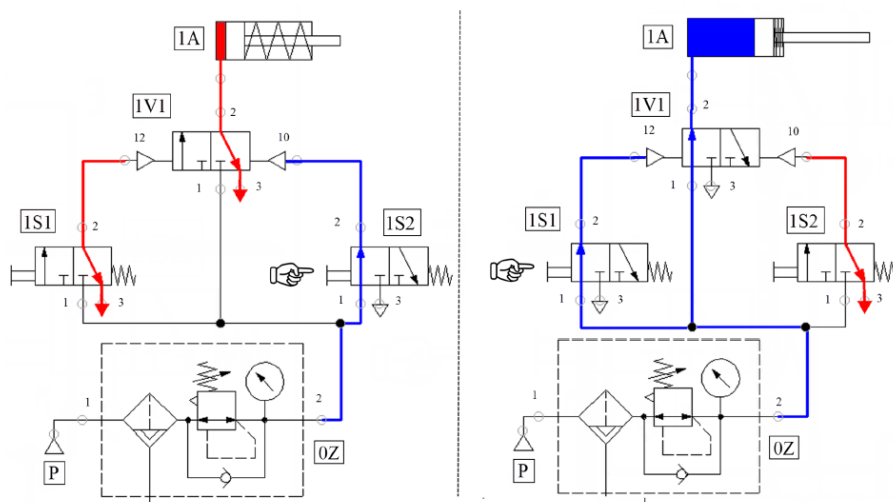


Слика 58. - Индиректно управљање цилиндром једносмерног дејства, моностабилно

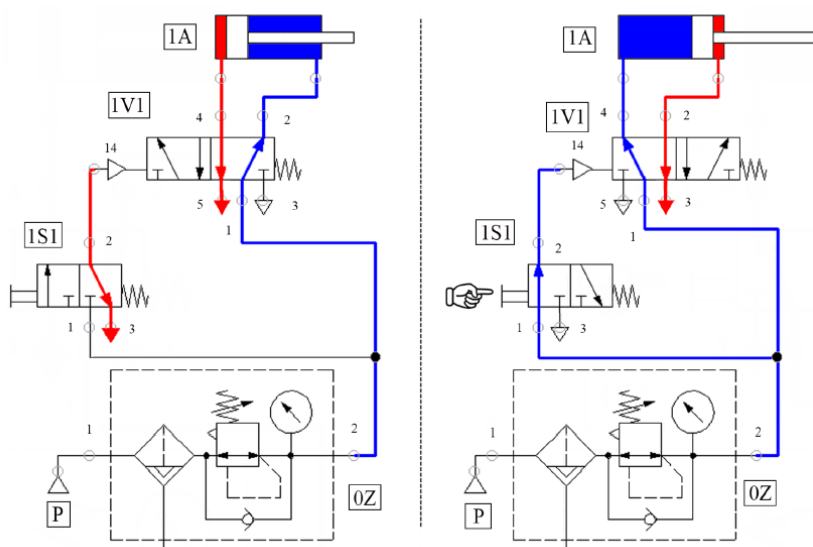
Приликом реализације бистабилног управљања цилиндром једносмерног дејства (Слика 59), коришћен је пнеуматски активиран, бистабилни 3/2 разводни вентил 1V1. Поменути вентил се активира, преко прикључка 12, излазним сигналом са ручно активираног, моностабилног 3/2 разводног вентила 1S1, а деактивира, преко прикључка 10, излазним сигналом са ручно активираног, моностабилног 3/2 разводног вентила 1S2. Операције активирања/деактивирања командног вентила се међусобно искључују и могуће су само онда када супротна није у току. У случају када је активиран вентил 1S2, клипна страна цилиндра је, преко прикључака 2 и 3 командног вентила 1V1, повезана са атмосфером и клипњача се налази у крајњем увученом положају (Слика 59, положај лево). У случају када је активиран вентил 1S1, клипна страна цилиндра је, преко прикључака 1 и 2 командног вентила 1V1, повезана директно на извор напајања ваздухом под притиском и клипњача се налази у крајњем извученом положају (Слика 59, положај десно).

Клипњача у било ком од два могућа стања остаје и након отпуштања тастера, односно деактивирања вентила 1S1 или 1S2. Промена положаја клипњаче дешава се само након појаве супротнo оријентисаног иницирајућег сигнала.

За случај моностабилног управљања цилиндром двосмерног дејства (Слика 60), коришћен је пнеуматски активиран, моностабилни 5/2 разводни вентил 1V1 који се активира, преко прикључка 14, излазним сигналом са ручно активираног, моностабилног 3/2 разводног вентила 1S1. У случају када 1S1 није активиран, није активиран ни командни вентил 1V1 (Слика 60, положај лево). Клипна страна цилиндра је, преко прикључака 4 и 5 командног вентила, повезана са атмосфером, а клипњачина страна је, преко прикључака 1 и 2 командног вентила, повезана директно на извор напајања ваздухом под притиском, па се клипњача цилиндра налази у крајњем увученом положају. Притиском на тастер, вентил 1S1 се активира и задаје се управљачки сигнал вентилу 1V1, чиме се кроз исти, преко прикључака 1 и 4, омогућава проток ваздуха под притиском ка клипној страни цилиндра, а ваздух из клипњачине стране се, преко прикључака 2 и 3, испушта у атмосферу (Слика 60, положај десно). Клипњача се извлачи ка крајњем извученом положају и у њему остаје све док је тастер притиснут. Након отпуштања тастера, деактивира се командни вентил 1V1 и клипњача цилиндра се, према већ описаном поступку, враћа у крајњи увучени положај.

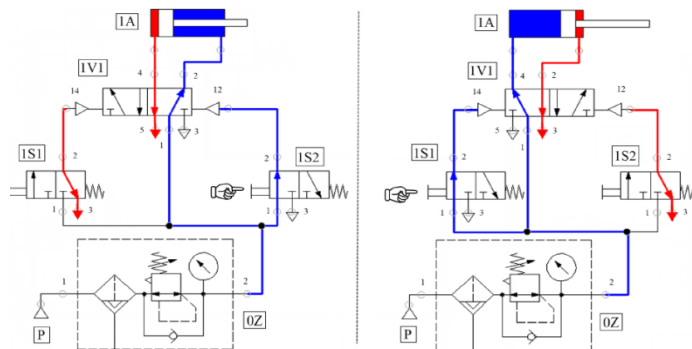


Слика 59. - Индиректно управљање цилиндром једносмерног дејства, бистабилно



Слика 60. - Индиректно управљање цилиндром двосмерног дејства, моностабилно

Приликом реализације бистабилног управљања цилиндром двосмерног дејства (Слика 61), коришћен је пнеуматски активиран, бистабилни 5/2 командни разводни вентил 1V1. Поменути командни вентил се активира, преко прикључка 14, излазним сигналом са ручно активираног, моностабилног 3/2 разводног вентила 1S1, а деактивира, преко прикључка 12, излазним сигналом са ручно активираног, моностабилног 3/2 разводног вентила 1S2. У случају када је активиран вентил 1S2, клипна страна цилиндра је, преко прикључака 4 и 5 командног вентила, повезана са атмосфером, а клипњачина страна је, преко прикључака 1 и 2 командног вентила, повезана директно на извор напајања ваздухом под притиском и клипњача се налази у крајњем увученом положају (Слика 61, положај лево). У случају када је активиран вентил 1S1, клипна страна цилиндра је, преко прикључака 1 и 4 командног вентила, повезана директно на извор напајања ваздухом под притиском, а клипњачина страна је, преко прикључака 2 и 3 командног вентила, повезана са атмосфером и клипњача се налази у крајњем извученом положају (Слика 61, положај десно). Клипњача у било ком од два могућа стања остаје и након отпуштања тастера односно деактивирања вентила 1S1 или 1S2. Промена положаја клипњаче дешава се само након појаве супротно оријентисаног иницирајућег сигнала.

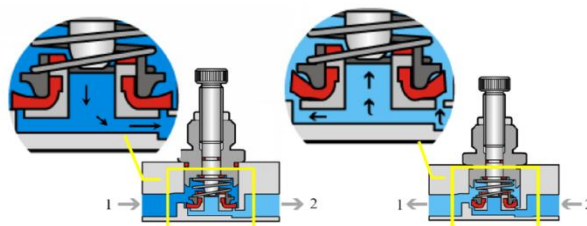


Слика 61. - Индиректно управљање цилиндром двосмерног дејства, бистабилно

2.5.2. РЕГУЛАЦИЈА БРЗИНЕ КРЕТАЊА ПНЕУМАТСКИХ РАДНИХ ЕЛЕМЕНАТА

У зависности од врсте управљачког проблема који се решава, понекад је потребно смањити или повећати тренутну брзину кретања радног елемента и на тај начин остварити и један вид управљања по брзини. За ову намену најчешће се користе два типа вентила: пригушно - неповратни вентил и брзо - испусни вентил.

Пригушно - неповратни вентил представља паралелни спој пригушнице и неповратног вентила. Он омогућава неометан пролаз у смеру од 2 ка 1 (Слика 62. положај десно), као и други неповратни вентили, јер је у том случају проток кроз пригушницу најмањи могући па се занемарује, и управљано пригушени пролаз у смеру од 1 ка 2 (Слика 62. положај лево). Помоћу вијка се регулише количина ваздуха под притиском која се пропушта (мења се карактеристика протока) и тиме се утиче на брзину кретања радног елемента. Пригушно - неповратне вентиле треба по могућности уградити директно на прикључке радног елемента. Симбол пригушно – неповратног вентила, као и стварни изглед компоненте код два произвођача приказани су на слици 63.



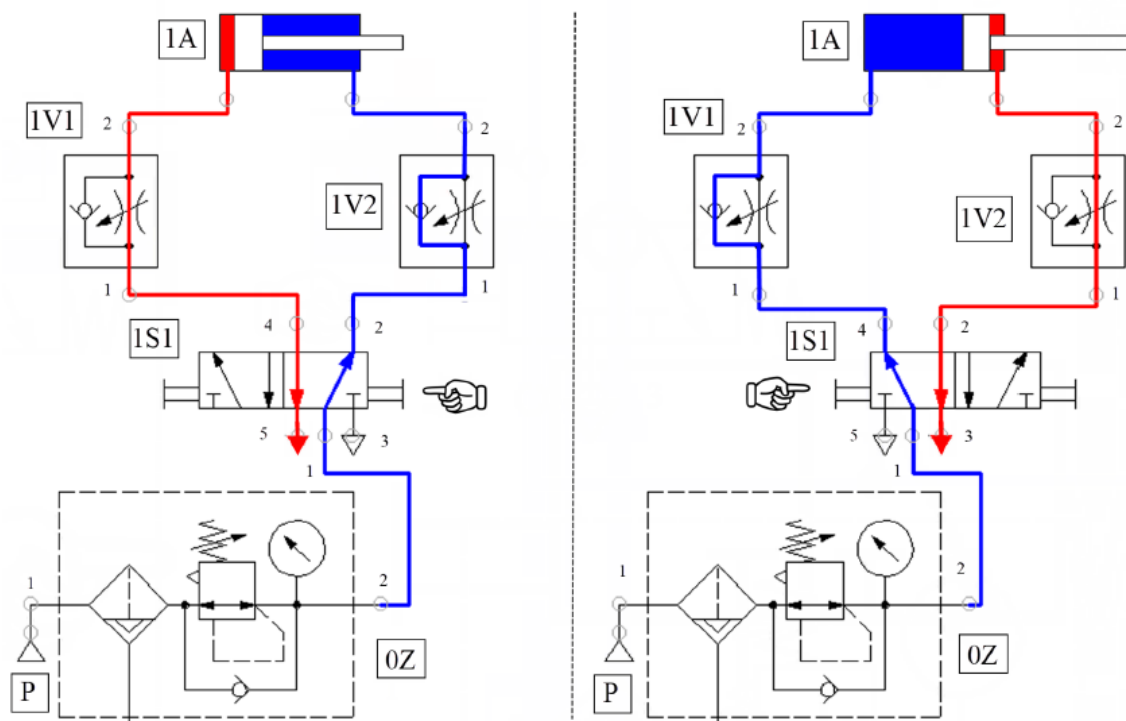
Слика 62. - Начин рада пригушно - неповратног вентила



Слика 63. - Пригушно - неповратни вентил

Пригушење је могуће извести на два начина: пригушењем улазног ваздуха (енг. Meter - In), односно пригушењем излазног ваздуха (енг. Meter - Out). Код пригушења улазног ваздуха, пригушно - неповратни вентил постављен је тако да се пригушује ваздух који се доводи до радног елемента. У супротном смеру, ваздух се из радног елемента одводи нормално у атмосферу. У овом случају јављају се велике неравнотежности брзине кретања радног елемента. Због тога се, пригушење улазног ваздуха, иако енергетски ефикасније, примењује само код цилиндара једносмерног дејства и код цилиндара малих запремина.

Код пригушења излазног ваздуха, пригушно - неповратни вентил постављен је тако да се пригушује ваздух који се из радног елемента испушта у атмосферу. У супротном смеру, ваздух који се доводи до радног елемента струји слободно. На овај начин добија се много боље и равномерније кретање радног елемента. Због тога је важно напоменути да се код цилиндара двосмерног дејства често пригушује ваздух који се из комора цилиндра испушта ка атмосфери.



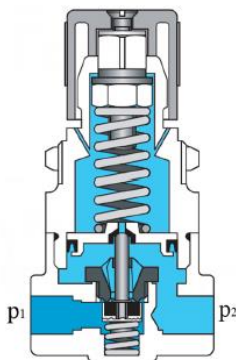
Слика 64. - Пригушење извлачења и увлачења клипњаче цилиндра двосмерног дејства

2.5.3. РЕГУЛАЦИЈА ПРИТИСКА У УПРАВЉАЧКОМ СИСТЕМУ

За одржавање вредности притиска у пнеуматском управљачком систему на приближно константном нивоу, чиме се индиректно остварује један вид управљања по сили, користи се компонента која се назива регулатор притиска, који се изводе у две варијанте, без растерећења и са растерећењем.

Регулатори притиска без растерећења се користе у случајевима када се ваздух под притиском не сме испустити у околину, као што је, на пример, производња у чистим собама (енг. clean room technology).

Регулатор притиска са растерећењем приказан је на слици 65. Приликом коришћења овог типа регулатора притиска, улазни притисак у регулатор или тзв. примарни притисак (Слика 65. p_1) увек мора бити већи од излазног притиска из регулатора или тзв. секундарног притиска (Слика 65. p_2). Сам поступак регулације притиска врши се помоћу мембране тако што са једне стране мембране делује секундарни притисак, а са друге сила опруге. Силу у опрузи могуће је подесити помоћу вијка. Уколико дође до повећања секундарног притиска, на пример, због промене оптерећења на цилиндру, мембрана се спушта ка опрузи, отвор довода ваздуха под притиском са улазне стране се смањује или затвара у потпуности. У истом тренутку, отвара се растеретни отвор мембране и ваздух под притиском се испушта у атмосферу, на тај начин се смањује секундарни притисак. Ако из неког разлога дође до смањења секундарног притиска, мембрана се подиже под дејством силе опруге и омогућава се довод ваздуха под притиском са улазне стране. Истовремено се затвара растеретни отвор мембране. На тај начин, регулатор притиска, притисак у систему одржава на приближно константој вредности, без обзира на све осцилације. Симбол регулатора притиска, као и стварни изглед компоненте код два произвођача приказани су на слици 66.



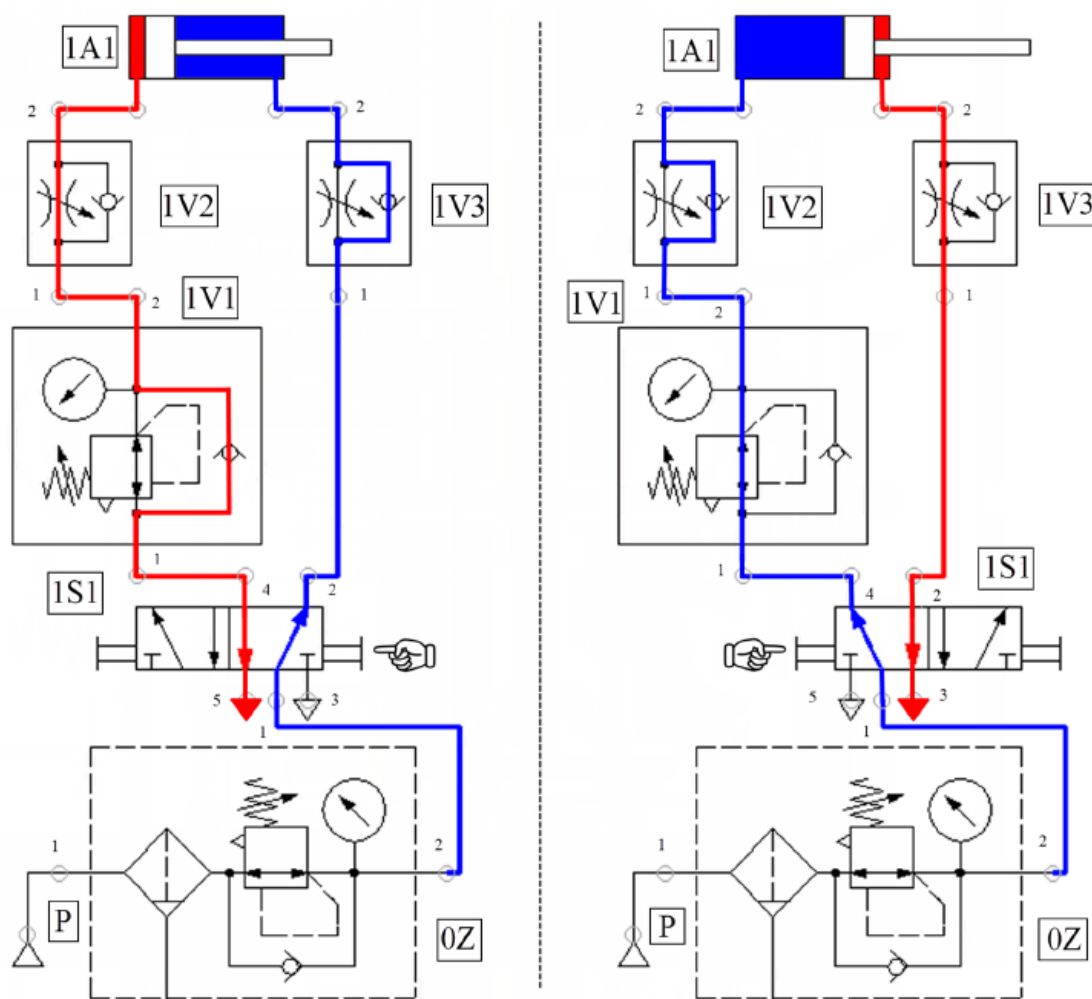
Слика 65. - Регулатор притиска са растерећењем



Слика 66. - Регулатор притиска

Регулатор притиска може да се користи и за ограничавање притиска, односно силе којом се делује на предмет рада, уколико је то у неком систему значајно. Погодно га је применити, на пример, у ситуацијама када је потребно извршити етикетирање или када се врши паковање ломљивих предмета рада како се етикета или предмет рада не би оштетили и слично. Један такав пример приказан је на слици 67.

Паралелно са регулатором притиска постављен је неповратни вентил помоћу кога се, приликом увлачења клипњаче цилиндра двосмерног дејства, регулатор заобилази. Комбинација регулатора притиска и неповратног вентила, на шеми са слике 67. означена је са 1V1. Додатно, уграђена су и два пригушно - неповратна вентила помоћу којих се ограничавају и брзина извлачења и брзина увлачења клипњаче цилиндра. Пригушно-неповратни вентили означени су са 1V2 и 1V3.



Слика 67. - Регулација притиска приликом извлачења клипњаче цилиндра

Питања за теоријску проверу знања

1. Које су врсте управљања у пнеуматици?
2. Како се може управљати једнорадним, а како дворадним цилиндрима?
3. На који начин се може подешавати брзина цилиндра?
4. Како и чиме се регулише проток?

2.6. ПРАКТИЧНИ ЗАДАЦИ

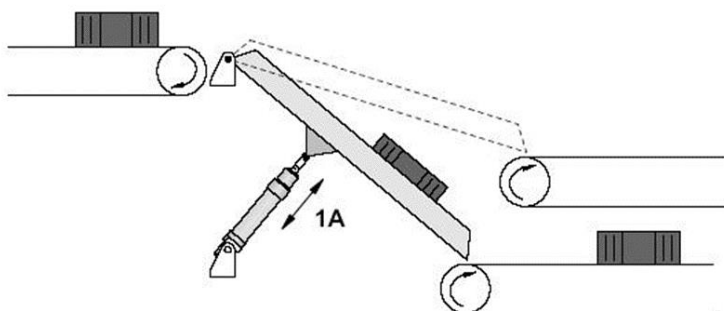
Вежба бр. 2.6.1. : Скретница

Циљ вежбе: Оспособљавање полазника да стечено теоријско знање из пнеуматике примени на конкретном задатку, усавршавање полазника за испитивање система у програму за симулацију и практично повезивање компонената на пнеуматском столу.

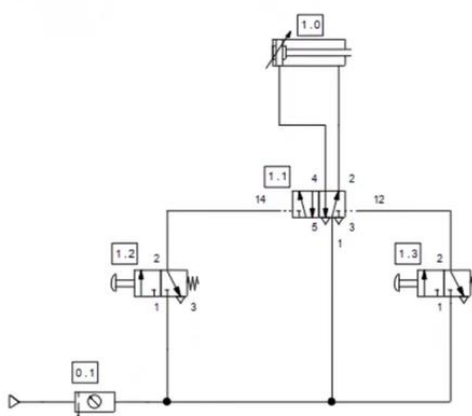
Дворадни цилиндар с промером клипа 100 мм пребаци скретницу на улаз једне односно друге стазе. Помак у један, односно други положај скретнице обавља се различитим разводницима 3/2 (тастерима). Главни управљачки разводник 5/2 активиран је пнеуматски.

На основу положајне скице и текста задатка потребно је:

1. Нацртати пнеуматску шему управљања
2. Означити компоненте и прикључке вентила
3. Испитати шему на рачунару
4. На пнеуматском столу спојити компоненте и пустити систем у рад



Решење:



Specifikacija elemenata

Oznaka	Komada	Naziv komponente
1.0	1	Pneumatski dvoradni cilindar
1.1	1	Razvodnik 5/2 pneumatski aktiviran, bistabil
1.2, 1.3	2	Razvodnik 3/2 ručno aktiviran povrat oprugom
0.1	1	Припремна група елемената
	7	Пластичне cijevi promjera 4 mm

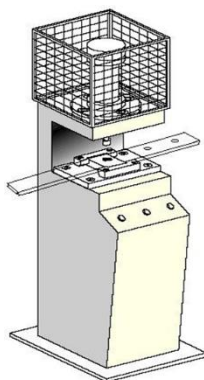
Вежба бр. 2.6.2. : Уређај за пробијање

Циљ вежбе: Оспособљавање полазника да стечено теоријско знање о примени граничних прекидача и пнеуматском управљању примени на конкретном задатку, практично усавршавање повезивања компонената на пнеуматском столу.

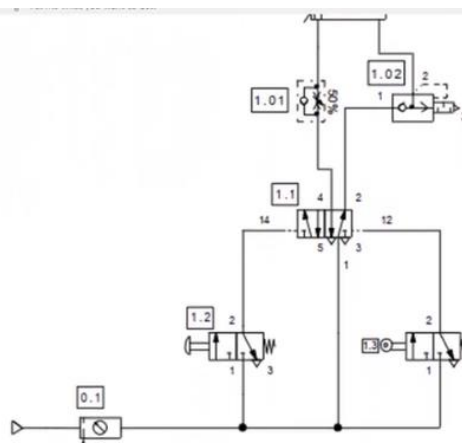
Притиском на тастер клипњача дворадног цилиндра излази максималном брзином у извучени положај и пробије прозирну траку. Доласком у извучени положај активира се гранични прекидач и клипњача се полако враћа у почетни положај.

На основу положајне скице и текста задатка потребно је:

1. Нацртати пнеуматску шему управљања.
2. Направити спецификацију елемената.
3. Испитати шему на рачунару.
4. На пнеуматском столу спојити компоненте и пустити систем у рад.



Решење:



Specifikacija elemenata

Oznaka	Komada	Naziv komponente
1.0	1	Pneumatski dvoradni cilindar
1.1	1	Razvodnik 3/2 pneumatski aktiviran, bistabil
1.2	1	Razvodnik 3/2 ručno aktiviran povrat oprugom
1.3	1	Razvodnik 3/2 mehanički aktiviran
0.1	1	Pripremna grupa elemenata
1.01	1	Jednosmjerno prigušni ventil
1.02	1	Brzoispušni ventil
	9	Plastične cijevi promjera 4 mm

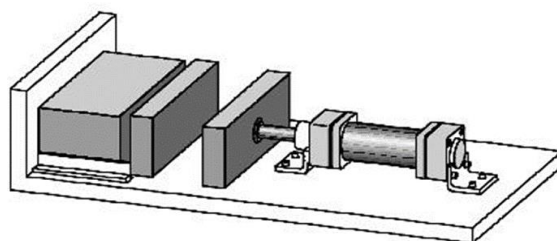
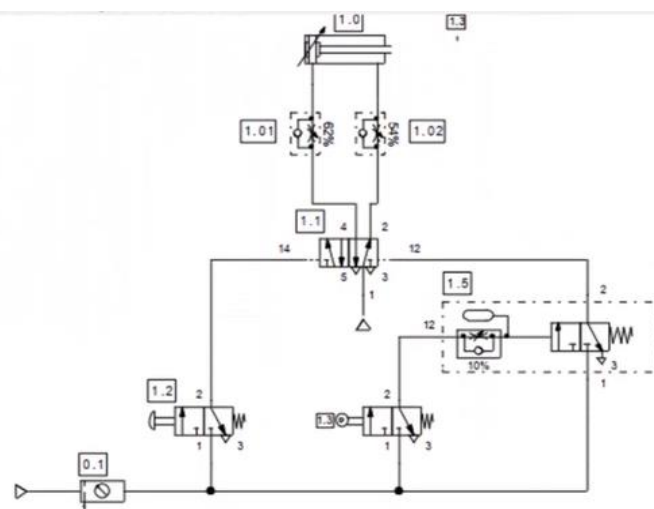
Вежба бр. 2.6.3. : Уређај за лепљење

Циљ вежбе: Оспособљавање полазника да стечено теоријско знање из пнеуматике примени на конкретном задатку, усавршавање полазника за испитивање система у програму за симулацију и практично повезивање компонената на пнеуматском столу.

Активирањем тастера клипњача дворадног цилиндра споро излази како би се лепило осушило на премазаним дрвеним плочама. Лепљење плоча (контакт) траје 10 секунди. Након истека времена клипњача се аутоматски врати у увучени положај уз могућност намештања брзине клипњаче при повратку.

На основу положајне скице и текста задатка потребно је:

1. Нацртати пнеуматску шему управљања.
2. Означити компоненте и направити спецификацију елемената.
3. Испитати шему на рачунару.
4. На пнеуматском столу спојити компоненте и пустити систем у рад.

**Решење**

Specifikacija elemenata

Oznaka	Komada	Naziv komponente
1.0	1	Pneumatski dvoradni cilindar
1.1	1	Razvodnik 5/2 pneumatski aktiviran, bistabil
1.2	1	Razvodnik 3/2 ručno aktiviran povrat oprugom
1.3	1	Razvodnik 3/2 mehanički aktiviran
1.01; 1.02	2	Jednosmjerno prigušni ventil
0.1	1	Priprema grupa elemenata
1.5	1	Razvodnik s kašnjenjem ukapćanja
	11	Plastične cijevi promjera 4 mm

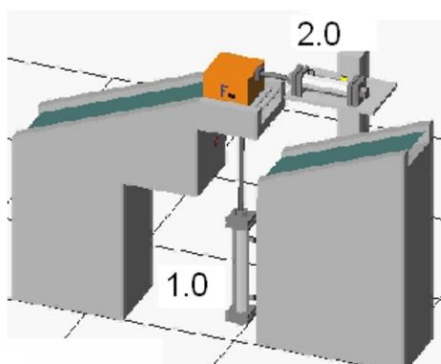
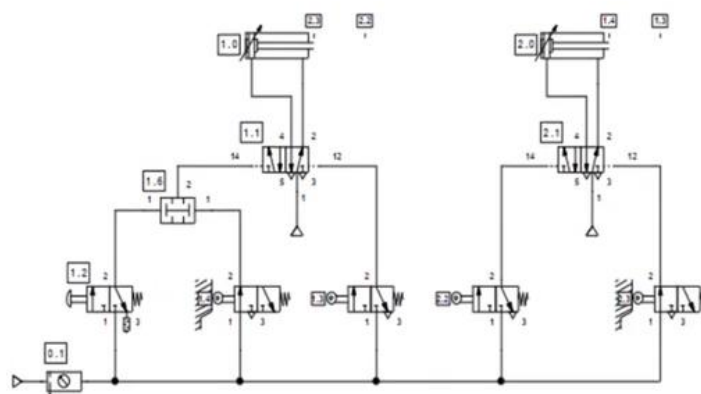
Вежба бр. 2.6.4. : Уређај за пребацивање пакета

Циљ вежбе: Оспособљавање полазника да стечено теоријско знање о пнеуматском управљању два цилиндра примени на конкретном задатку, усавршавање полазника за испитивање система у програму за симулацију и практично повезивање компонената на пнеуматском столу.

Пакете који стижу доњом траком дворадним цилиндром дижемо на горњу стазу, а други дворадни цилиндар гурне пакет на другу ваљкасту стазу. Цилиндар 2.0 се враћа након што се врати цилиндар 1.0. Редослед кретања цилиндара приказан је дијаграмом пут – корак.

На основу положајне скице и текста задатка потребно је:

1. Нацртати пнеуматску шему управљања.
2. Означити компоненте и саставити листу компоненти (спецификација елемената).
3. Испитати шему на рачунару.
4. На пнеуматском столу спојити компоненте и пустити систем у рад.

**Решење:**

Specifikacija elemenata

Oznaka	Komada	Naziv komponente
1.0 ; 2.0	2	Pneumatski dvoradni cilindar
1.1 ; 2.1	2	Razvodnik 5/2 pneumatski aktiviran, bistabil
1.2	1	Razvodnik 3/2 ručno aktiviran povrat oprugom
1.6	1	Pneumatski I ventil
1.3 ; 1.4	2	Razvodnik 3/2 mehanički aktiviran
2.2 ; 2.3	2	Razvodnik 3/2 mehanički aktiviran
0.1	1	Pripremna grupa elemenata
	17	Plastične cijevi promjera 4 mm

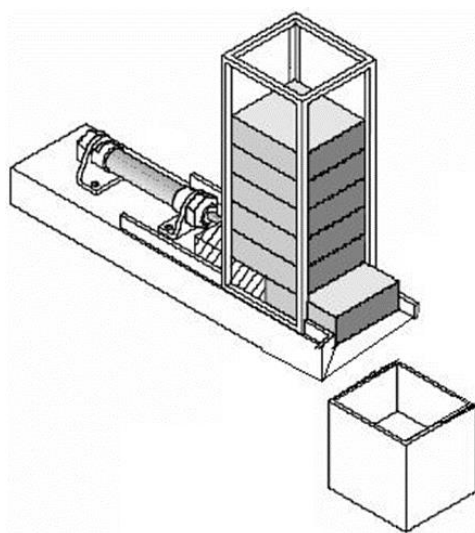
Вежба бр 2.6.5. : Допрема производа из магацина

Циљ вежбе: Оспособљавање полазника да стечено теоријско знање о употреби I и III вентила примени на конкретном задатку, усавршавање полазника за испитивање система у програму за симулацију и практично повезивање компонената на пнеуматском столу.

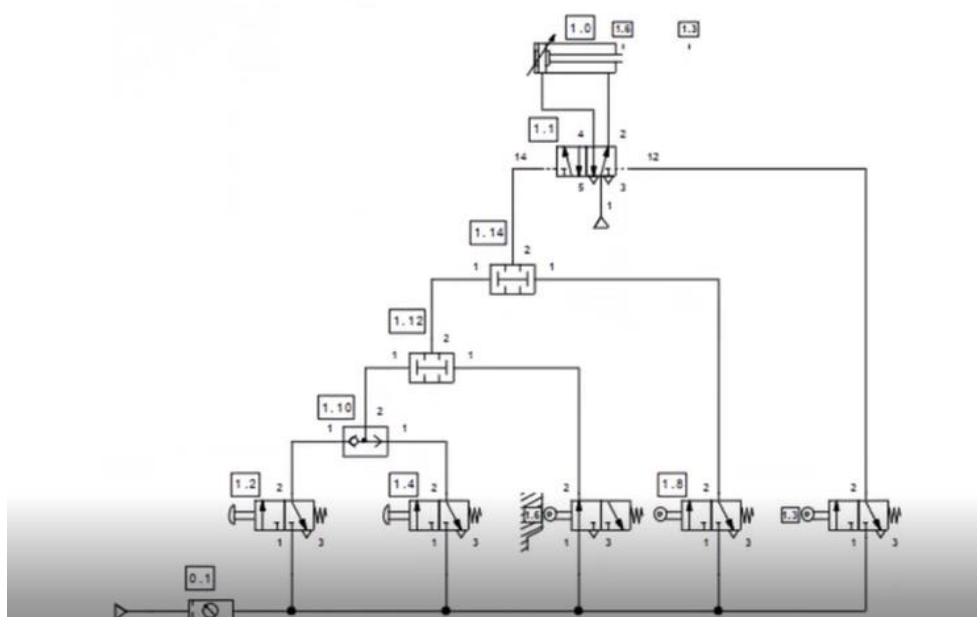
Помоћу дворадног цилиндра добављају се производи из магацина. Добављање се остварује притиском на ручни тастер са два различита места. Услови за кретање клипњаче у извучени положај јесу: да има производа у магацину и да се клипњача налази у увученом положају. Доласком у извучени положај аутоматски се враћа.

На основу положајне скице и текста задатка потребно је:

1. Нацртати пнеуматску шему управљања.
2. Означити компоненте и направити спецификацију елемената.
3. Испитати шему на рачунару.
4. На пнеуматском столу спојити компоненте и пустити систем у рад.



Решење:



3. УПРАВЉАЊЕ У ЕЛЕКТРОХИДРАУЛИЧНИМ И ЕЛЕКТРОПНЕУМАТСКИМ СИСТЕМИМА

3.1. КОНЦЕПЦИЈА ПРИРУЧНИКА

Овај део приручника чини део система обуке за аутоматизацију мехатронских система у склопу обуке за Индустијског мехатроничара специјалисту. Намењен је како за семинарску обуку тако и за самостално учење.

Предметна знања полазник стиче кроз примере и вежбе. Предметне теме су садржајно усклађене и допуњују једна другу.

Предметне теме су распоређене логичним редоследом. У овом приручнику акценат је на области електричних компоненти.

Приликом коришћења приручника, полазници ће имати користи од претходног знања стеченог о основама хидраулике и пнеуматике, опреми и прибору на нивоу постигнутом у деловима „Општа начела хидраулике“ и „Општа начела пнеуматике“.

3.2. УВОД

Електрохидраулични односно, електропнеуматски системи су састављени од хидрауличних односно пнеуматских и електричних компоненти:

- покрети и силе се генеришу хидрауличким односно пнеуматским компонентама (нпр. цилиндрима),
- унос сигнала и обрада сигнала, с друге стране, врше електричне и електронске компоненте (нпр. електромеханички прекидачи, програмабилни контролери...).

Употреба електричних и електронских компоненти у контроли хидрауличких и пнеуматских система је корисна из следећих разлога:

- електрични сигнали се могу преносити кабловима брзо и лако и на велике удаљености.
- у области аутоматизације, обрада сигнала се углавном врши помоћу електричних компоненти. Ово повећава могућности за коришћење електрохидрауличних и електропнеуматских система у аутоматским производним операцијама (нпр. у потпуно аутоматској линији за пресовање за производњу аутомобилских делова).
- многе машине захтевају сложене контролне процедуре (нпр. обрада пластике).

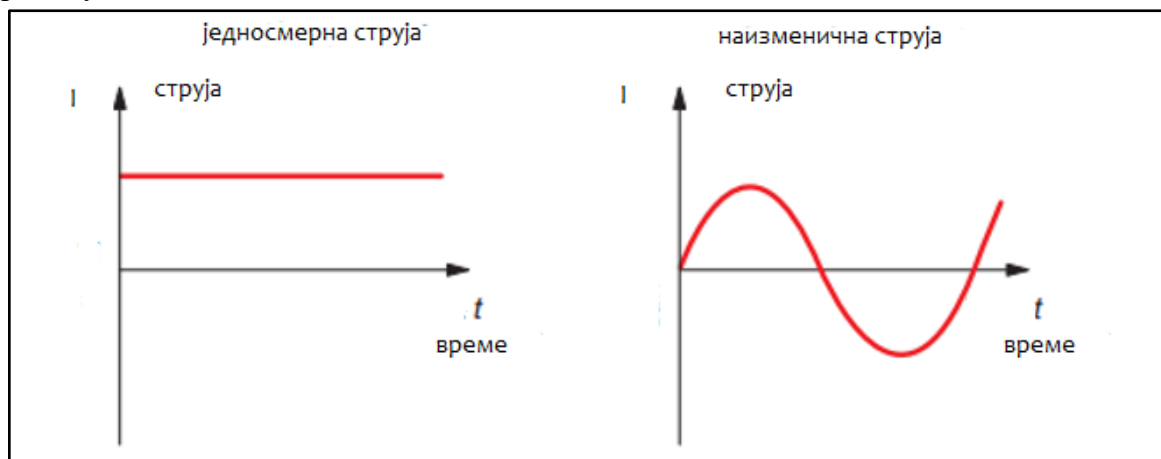
Електрохидраулика и електропнеуматика се користе у широком спектру сектора, као што су:

- Сектор машиноградње,
- Аутомобилска индустрија,
- Авио индустрија,
- Бродоградња,
- Прехрамбена индустрија итд.

3.3. ОСНОВНИ ПОЈМОВИ ЕЛЕКТРОТЕХНИКЕ

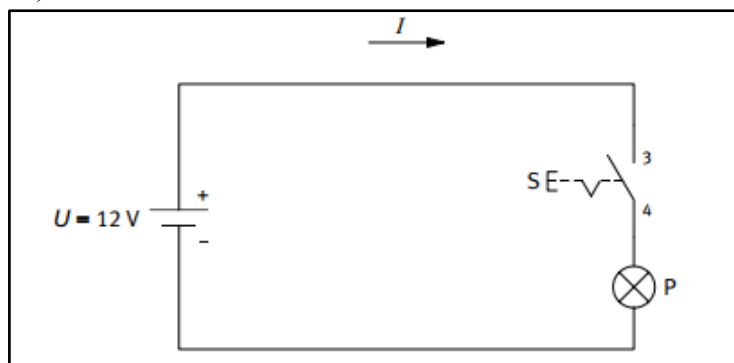
Врсте струја:

На слици су приказане промене једносмерне (DC) и наизменичне (AC) струје у времену:



Слика 68. - Врсте струја

На слици је приказано једноставно струјно коло које се састоји из извора напона $U=12V$ (12 Волти), прекидача, сијалице и проводника. Са I је обележена јачина струје (јединица Ампер-А).



Слика 69. - Символи за 1: отпорник, 2: сијалицу, 3: мотор једносмерне струје

Омов закон:

$$R = \frac{U}{I}$$

R: Електрична отпорност (јединица Ом, Ω)

U: Електрични напон (јединица Волт, V)

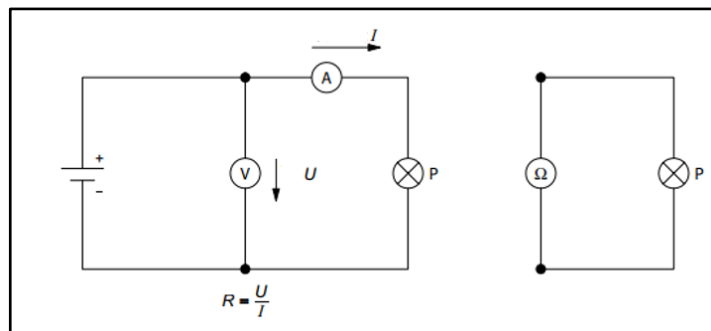
I: Електрична струја (јединица Ампер, A)

Електрична снага: P (јединица Ват, W)

$$P = U \cdot I$$

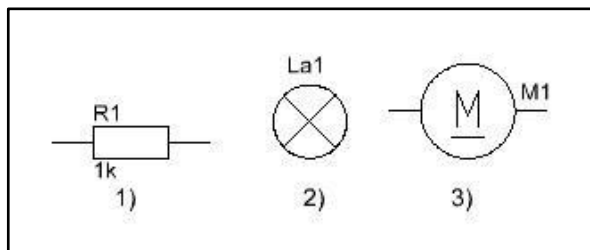
Мерење јачине електричне струје и електричног напона, као и мерење отпора може се остварити коришћењем инструмената приказаних на слици. За мерење струје користи

се амперметар, за мерење напона волтметар а за отпор омметар. Може се користити и универзални мерни инструмент.



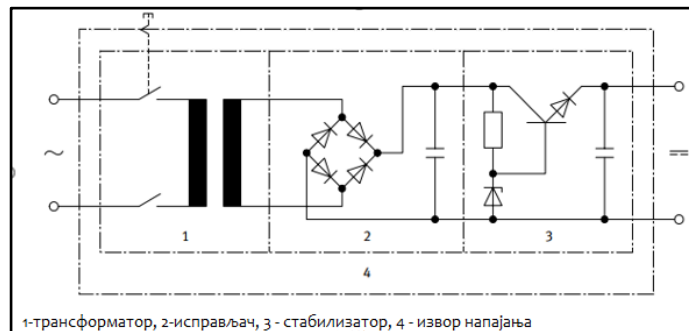
Слика 70. - Шеме за мерење струје, напона и отпора

Симболи потрошача:



Слика 71. - Симболи за 1: отпорник, 2: сијалицу, 3: мотор једносмерне струје

Исправљач (претварач који претвара наизменични напон у једносмерни) приказан је на слици.



Слика 72. - Исправљач

3.4. ГРАФИЧКИ СИМБОЛИ

Да бисмо поједноставили представљање електрохидрауличних и електропнеуматских система у дијаграмима кола, користимо једноставне симболе (који се такође називају графички и симболи кола) за различите компоненте.

Симболи за хидрауличне и пнеуматске компоненте су приказани у претходним деловима приручника.

Следећи електрични симболи се користе у електричним колима у овом приручнику:

једносмерни напон, једносмерна струја	
наизменични напон, наизменична струја	
исправљач	
перманентни магнет	
отпорник	
калем	
светлосни индикатор - сијалица	
кондензатор	
уземљење	

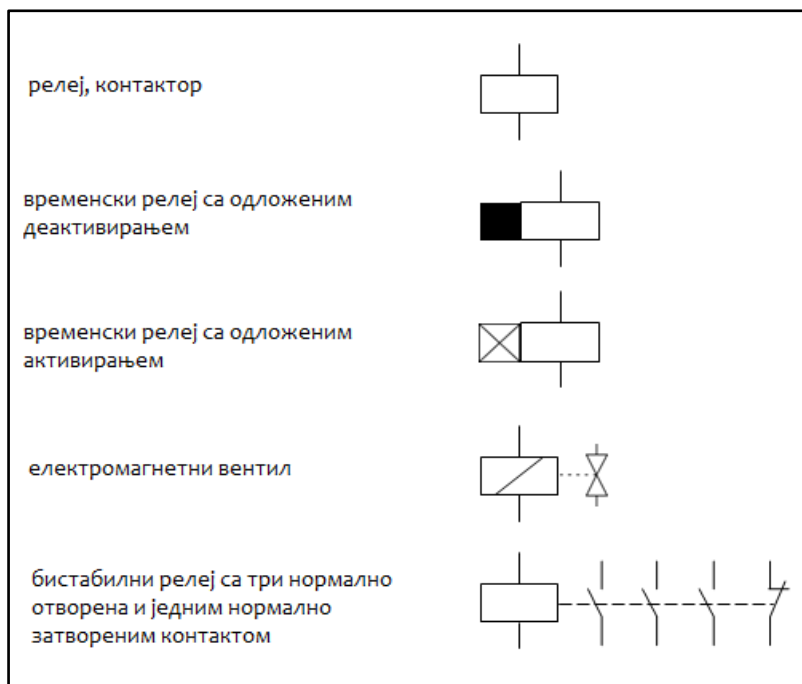
Слика 73. - Основни електрични симболи

Преклопни елементи се према основним функцијама класификују на нормално отворене, нормално затворене и преклопне контакте. Следеће слике показују симболе потребне за означавање ових функција.

	нормално отворен контакт		нормално отворен прекидач
	нормално затворен контакт		преклопни контакт
	нормално отворен контакт временског релеја са одложеним активирањем		нормално отворен контакт граничног прекидача
	нормално отворен контакт временског релеја са одложеним деактивирањем		нормално отворен контакт активiranог граничног прекидача

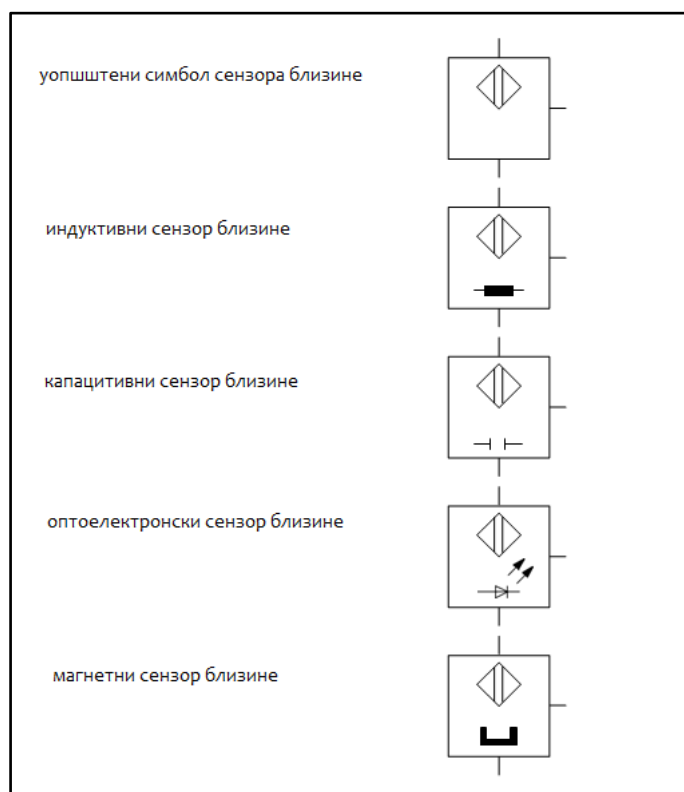
Слика 74. - Симболи прекидачких елемената

Електромеханички склопни елементи могу се, на пример, користити за активирање електромотора или хидрауличних вентила. Симболи за најважније типове приказани су у следећем прегледу.



Слика 75. - Символи електромеханичких прекидачких елемената

Сензори близине реагују на приближавање објекта променом електричног излазног сигнала. Они су представљени симболом блока, у коме се додатно може назначити начин рада сензора близине.



Слика 76. - Символи сензора близине

3.5. ЕЛЕКТРИЧНЕ ДИДАКТИЧКЕ КОМПОНЕНТЕ

Модул - извор једносмерног напона 24V DC, монтажа на профилни носач



Слика 77. - Модул - извор једносмерног напона

Модул - прекидач и тастери (и прекидач и тастери су са нормално отвореним и нормално затвореним контактима).



Слика 78. - Модул – прекидач и тастери

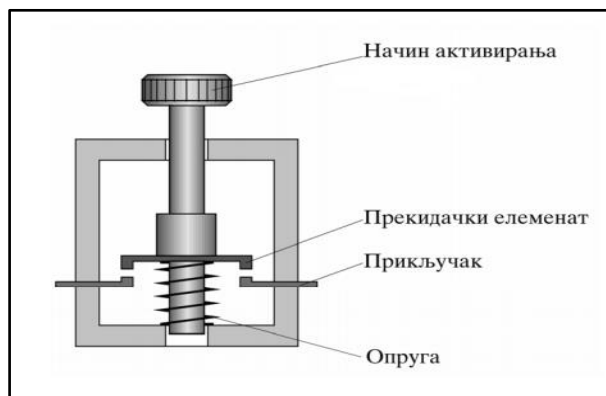
Тастери су направљени тако да након притиска мењају стање својих контаката. Контакти могу да се затварају или отварају. Када се тастер отпусти, контакт се враћа у првобитни положај силом опруге.

За разлику од тастера, прекидачи поседују механизам за задржавање. Положај прекидача остаје исти све док се прекидач не притисне још једном.

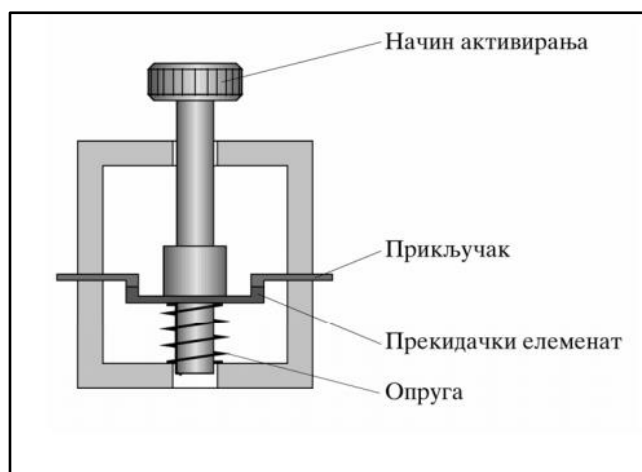
У неактивираним стању, струјни круг са нормално отвореним контактима је отворен. Када се контакт активира, струјни круг је затворен.

Када је нормално затворен контакт у нормалном положају, струјни круг је затворен. Када се активира, струјни круг се прекида.

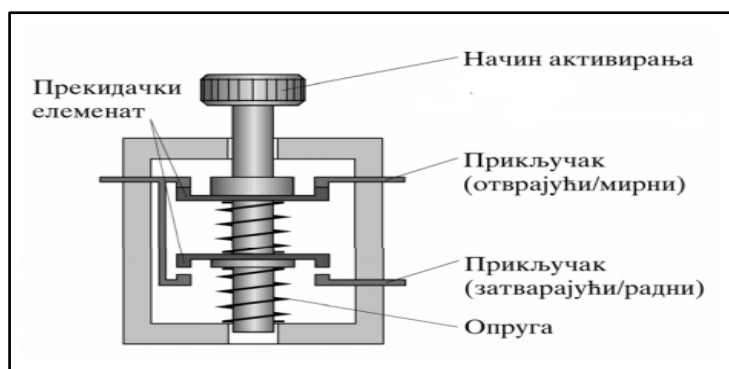
Код преклопних контаката, функције „затварања” и „отварања” су смештене у једном кућишту. Када се притисне тастер, контакт нормално затвореног контакта се отпушта и струјни круг се прекида. Истовремено, струјни круг је затворен на нормално отвореном контакту.



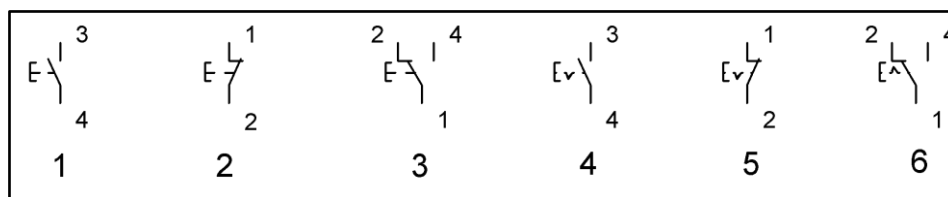
Слика 79. - Тастер са нормално отвореним контактом



Слика 80. - Тастер са нормално затвореним контактом



Слика 81. - Тастер са преклопним контактом



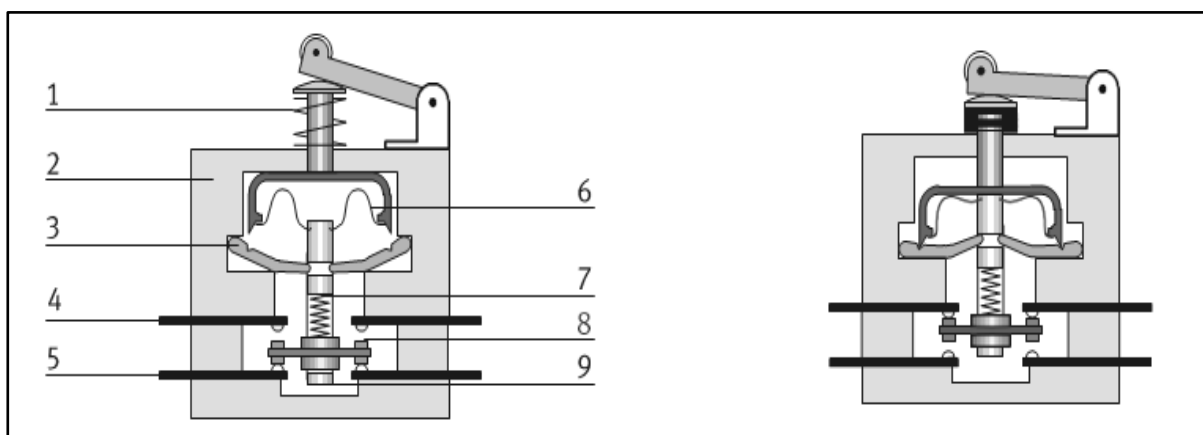
Слика 82. - Симболи тастера са 1 - нормално отвореним контактом, 2 - нормално затвореним контактом, 3 - преклопним контактом, и прекидача са 4 - нормално отвореним контактом, 5 - нормално затвореним кнтактом, 6 - преклопним контактом

Гранични прекидач

Механички гранични прекидач је електрични прекидач који се активира када је механички део или радни предмет у одређеном положају. Активација се генерално врши помоћу гребена који активира покретну ручну полугу. Крајњи прекидачи су обично опремљени преклопним контактима који могу да изврше затварање, отварање или промену стања кола.



Слика 83. - Гранични прекидач



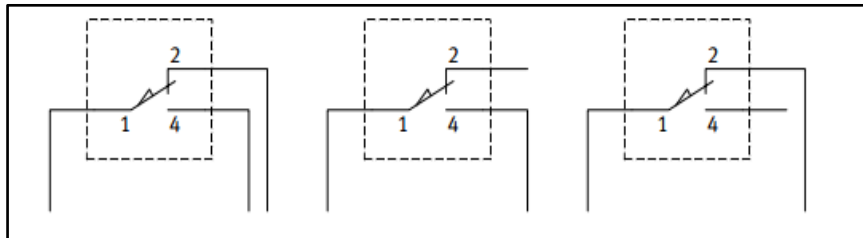
Слика 84. - Гранични прекидач у неактивној и активној позицији

Делови граничног прекидача:

- притисна опруга,
- кућиште,
- полуга за задржавање,

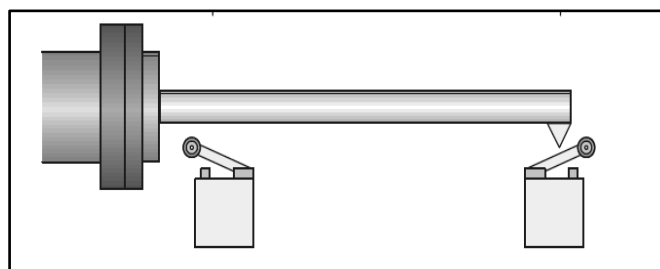
- нормално отворени контакти,
- нормално затворени контакти,
- лучна опруга,
- контактна опруга,
- контактна оштрица,
- водећи вијак.

Могућности повезивања граничног прекидача:



Слика 85. - Могућност повезивања граничног прекидача

Пример примене граничног прекидача:



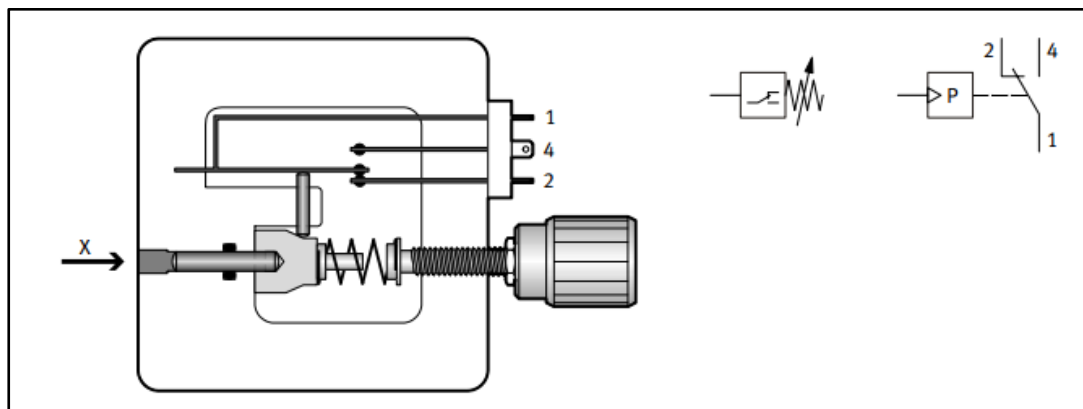
Слика 86. - Детекција положаја клипа цилиндра

Сензор притиска

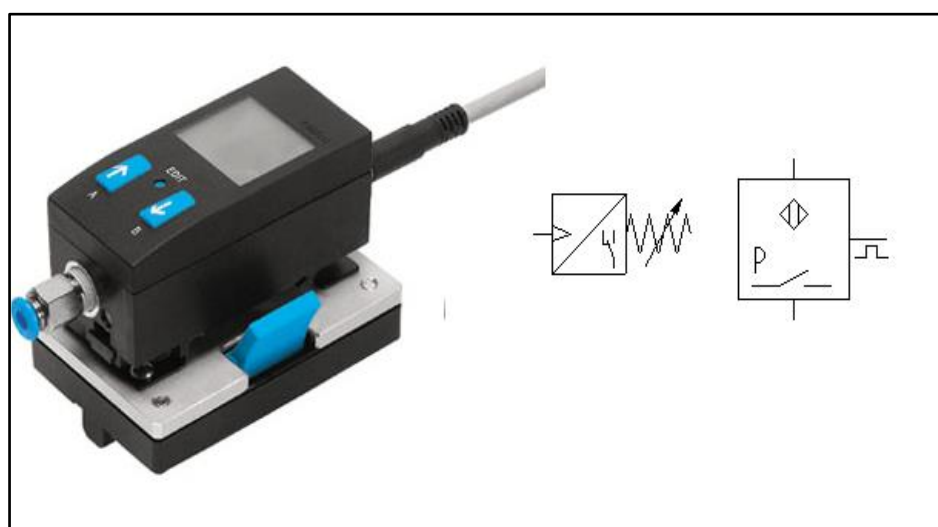
Сензори притиска се користе као уређаји за контролу и надзор. Могу се користити за отварање, затварање или промену стања кола када се постигне унапред подешени притисак.



Слика 87. - Сензор притиска у електрохидрауличном систему



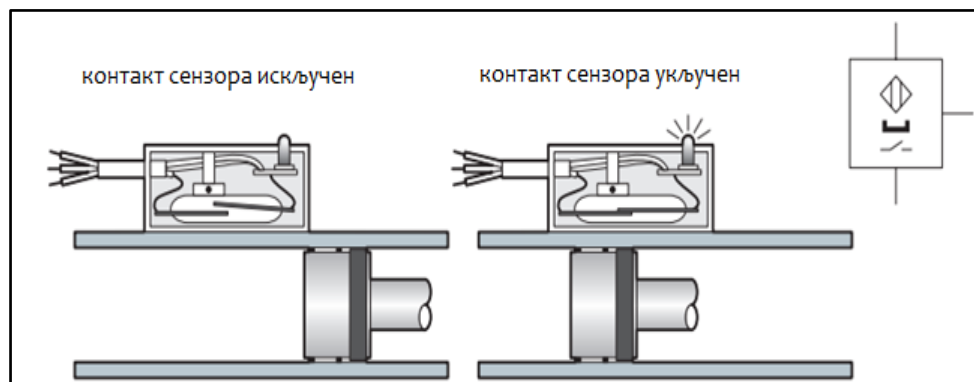
Слика 88. - Механички сензор притиска са симболом



Слика 89. - Електронски сензор притиска у електропнеуматским системима и симбол

Магнетни сензор близине

Магнетни сензор се активира дејством спољашњег магнетног поља.

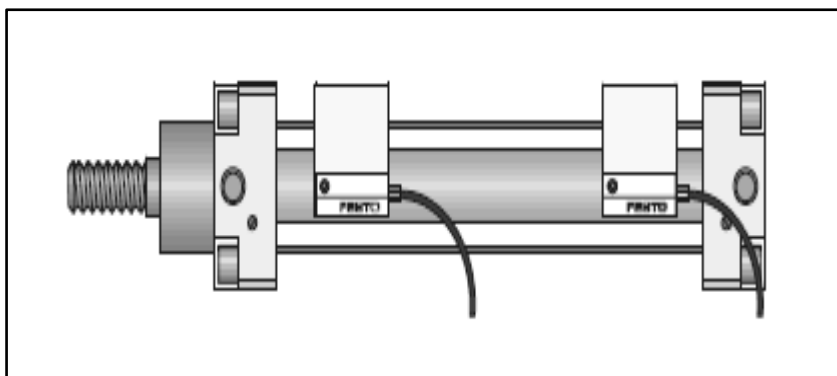


Слика 90. - Магнетни сензор близине у неактивно и активном стању и симбол



Слика 91. - Магнетни сензор близине са носачем за монтажу на тело цилиндра

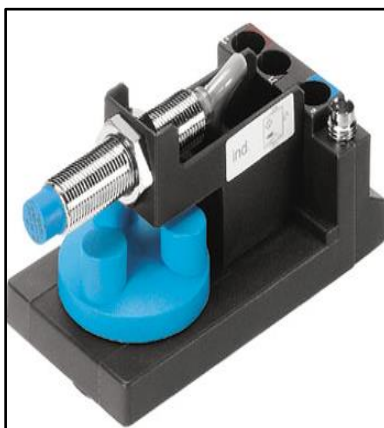
Пример примене магнетног сензора близине:



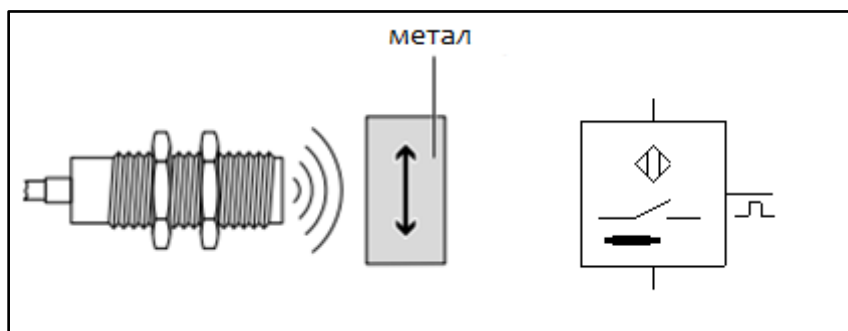
Слика 92. - Детекција положаја клипа цилиндра

Индуктивни сензор близине

Служи за детекцију металних предмета.

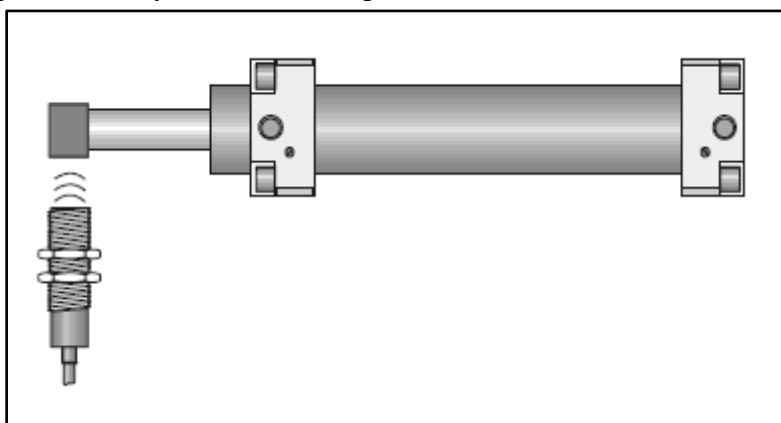


Слика 93. - Индуктивни сензор близине

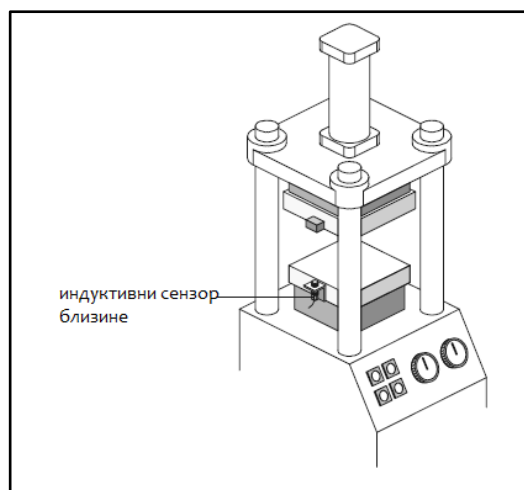


Слика 94. - Индуктивни сензор близине, детекција металних предмета, симбол

Примери примене индуктивних сензора близине:



Слика 95. - Детекција положаја клипа цилиндра



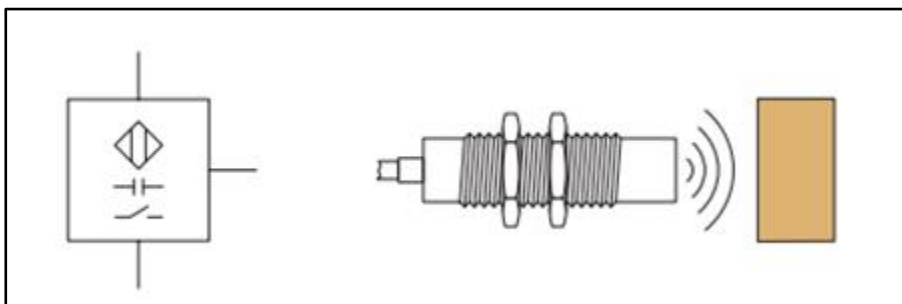
Слика 96. - Детекција крајњег положаја рама пресе

Капацитивни сензор близине

Могу да детектују како металне предмете тако и предмете од изолационих материјала са великом диелектричном константом, као што су пластика, стакло, керамика, течности, дрво итд.

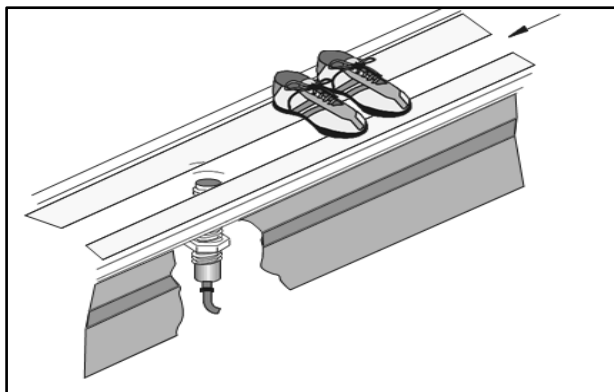


Слика 97. - Капацитивни сензор близине

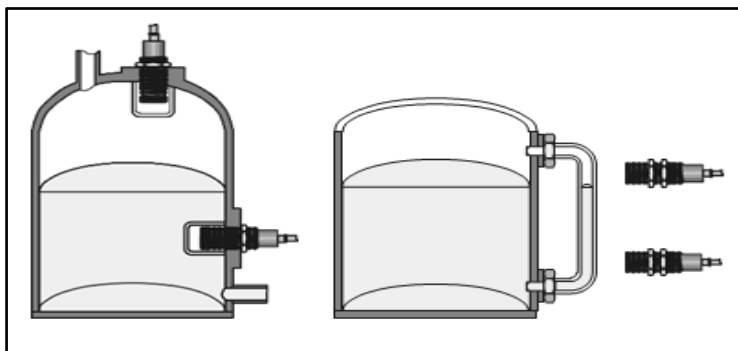


Слика 98. - Капацитивни сензор близине, симбол и детекција предмета

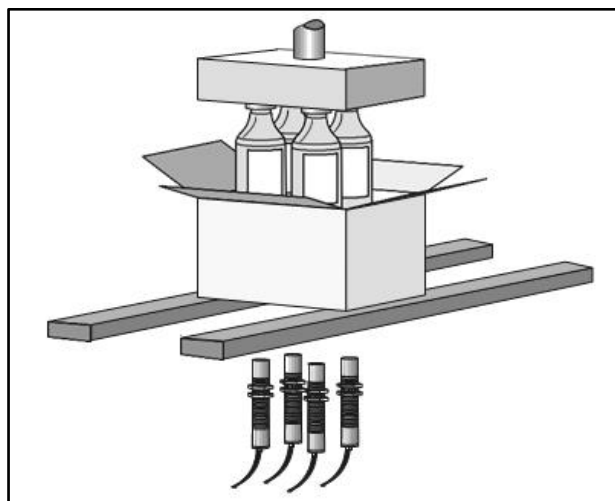
Примери примене капацитивних сензора близине:



Слика 99. - Детекција предмета на траци



Слика 100. - Детекција нивоа течности



Слика 101. - Провера садржаја кутије

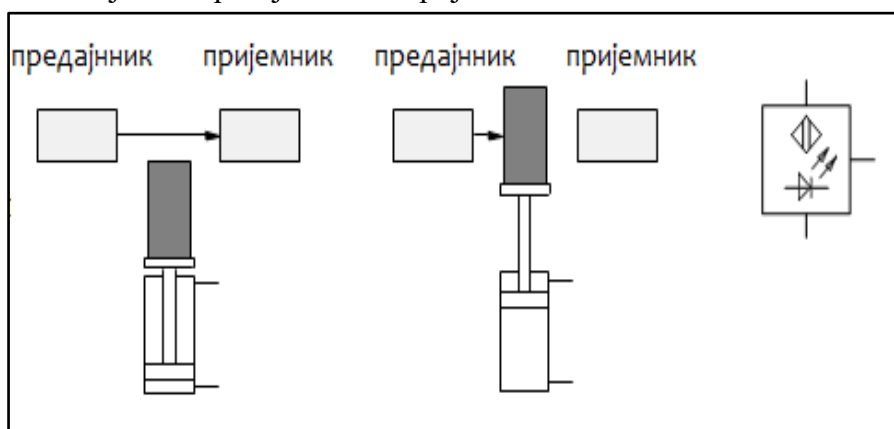
Оптоелектронски сензор близине

Принцип рада темељи се на детектовању светлосног зрака који детектује пријемник а емитује предајник.



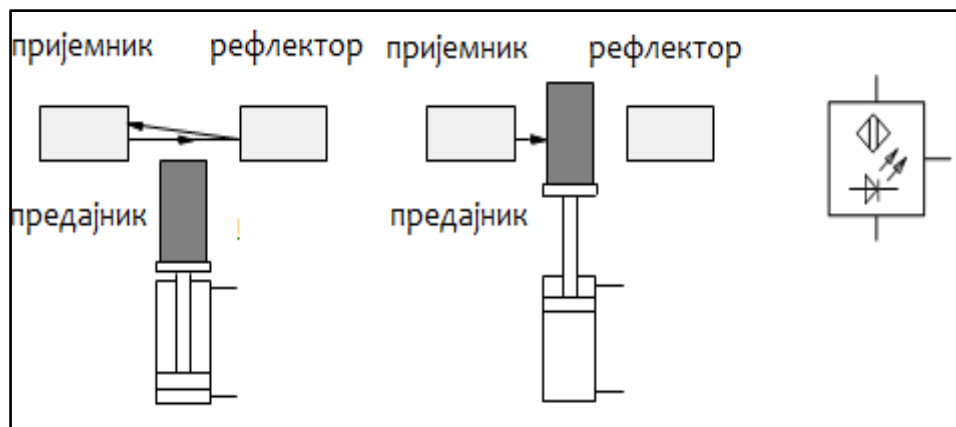
Слика 102. - Оптоелектронски сензор близине

Сензор са одвојеним предајником и пријемником:



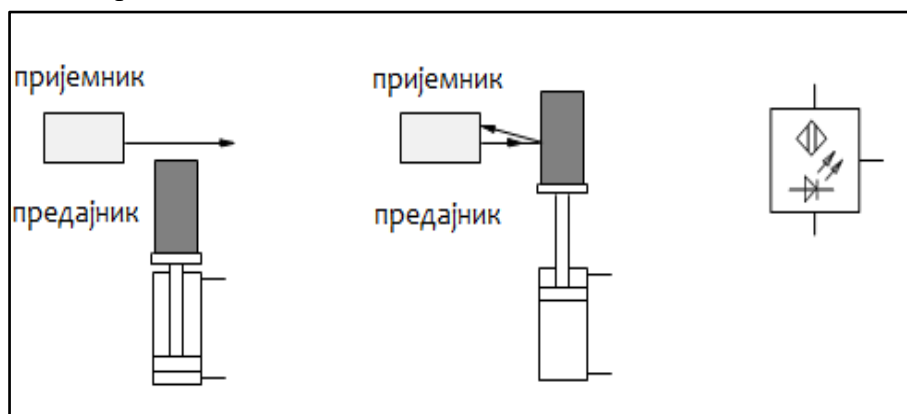
Слика 103. - Оптоелектронски сензор близине са одвојеним предајником и пријемником и приказаним начином активирања и симболом

Сензор са рефлектором:



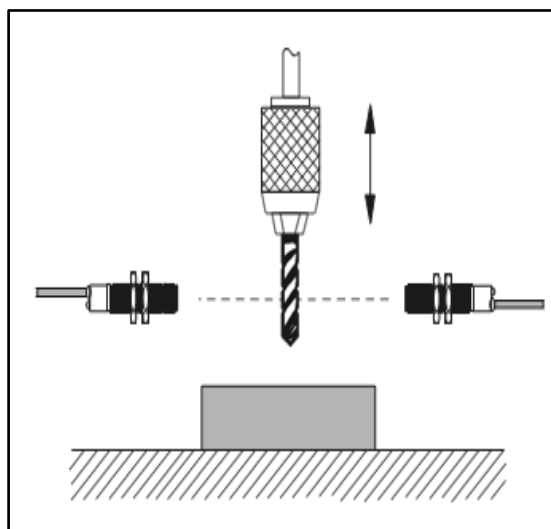
Слика 104. - Оптиелектронски сензор близине са рефлектором и приказаним начином активирања и симболом

Дифузни сензор:

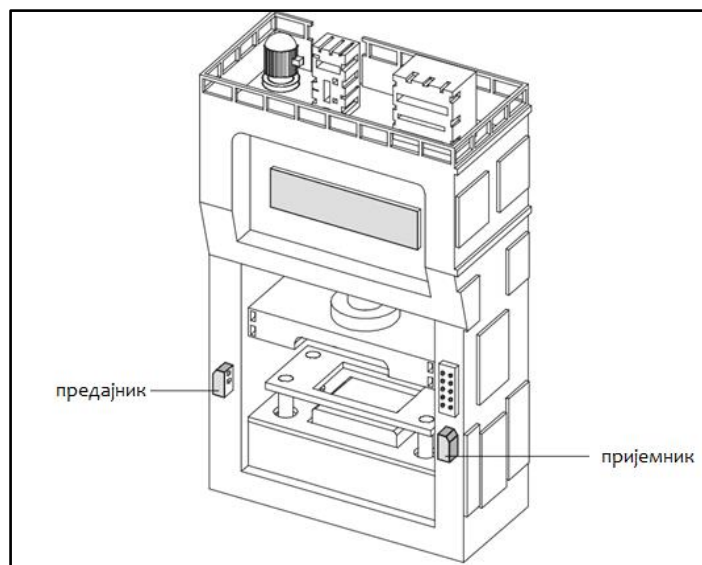


Слика 105. - Дифузни оптиелектронски сензор близине са и приказаним начином активирања и симболом

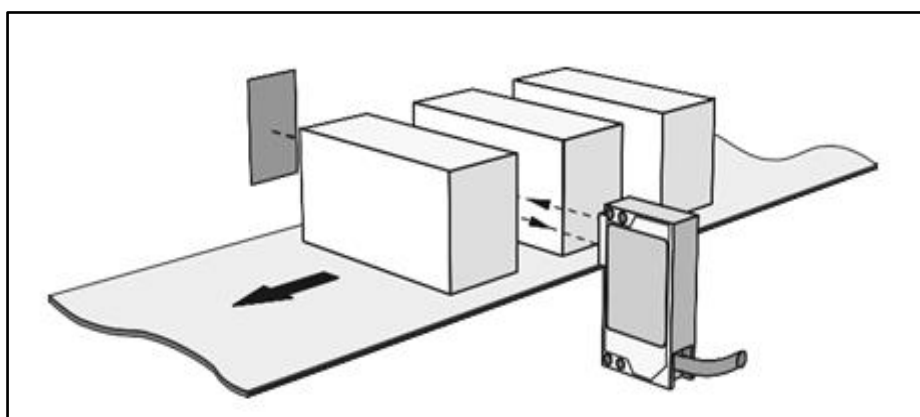
Примери примене оптиелектронских сензора близине:



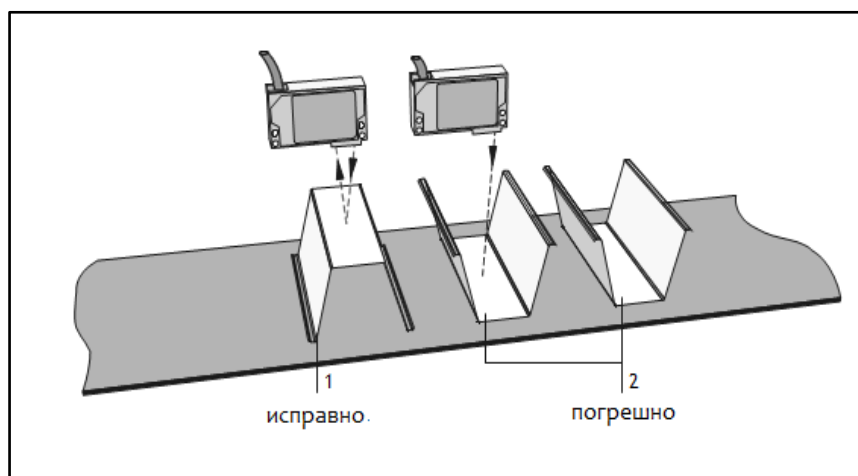
Слика 106. - Детекција лома бургије



Слика 107. - Спречавање незгоде приликом рада пресе



Слика 108. - Бројање предмета на траци



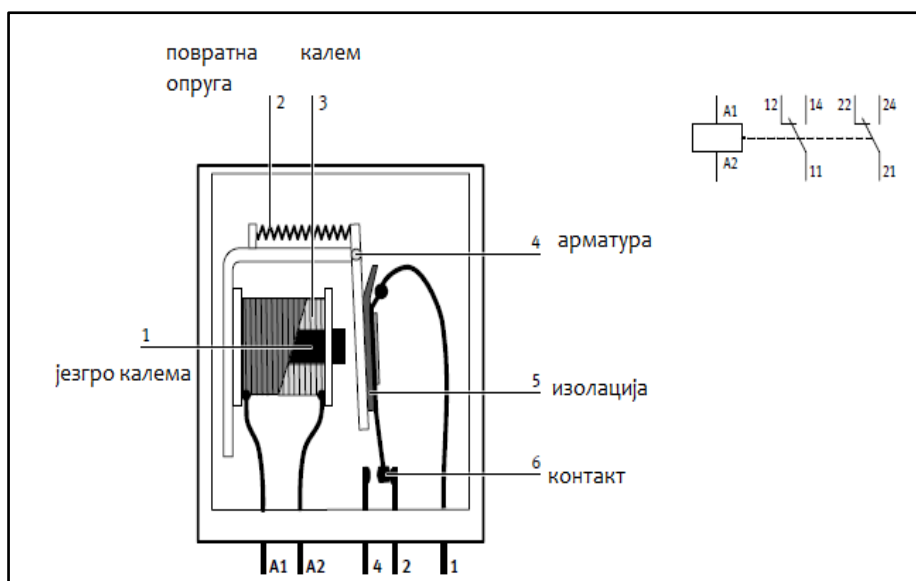
Слика 109. - Надзирање положаја предмета на траци

Модул са релејима

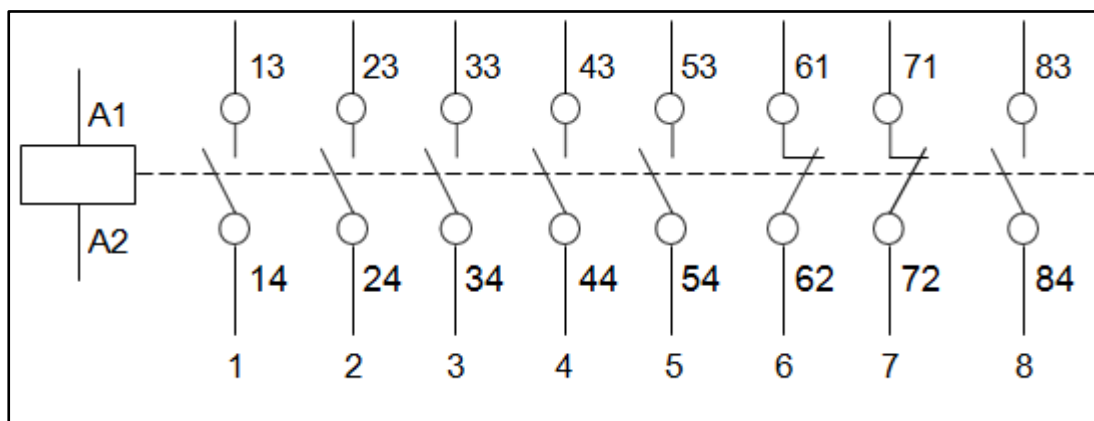


Слика 110. - Модул са релејима за монтажу на носач

Релеј је механички склоп који се користи за прекидање или успостављање струјног кола путем електромагнета који отвара и затвара струјне контакте. Електромагнет се обично састоји од многобројних намотаја бакарне жице на гвозденом језгру. Када струја тече кроз жицу (примарно струјно коло), око електромагнета се ствара магнетно поље које привлачи гвоздену котву. Котва носи на себи електричне контакте, који онда отварају или затварају секундарно струјно коло (струјни круг). Када се прекине струја кроз електромагнет, електромагнет више не привлачи гвоздену котву и она се враћа у почетни положај, обично уз помоћ опруге. Тиме електрични контакти прекидају или успостављају струјно коло, у зависности од типа контаката.



Слика 111. - Делови релеја и симбол



Слика 112. - Обележавања контаката релеја

Модул са временским релејима



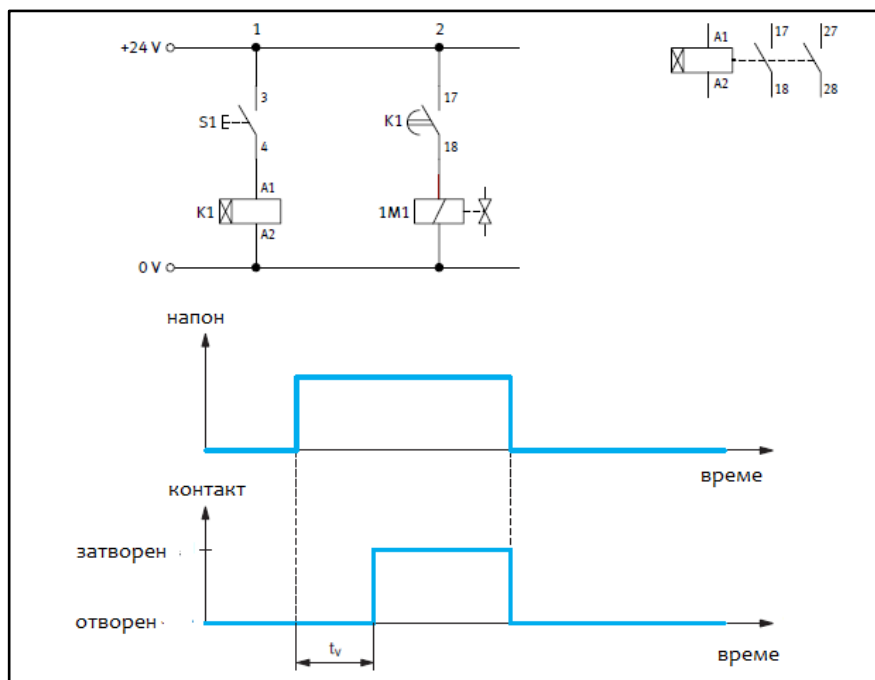
Слика 113. - Модул – временски релеји

Временски релеји користе се у аутоматизацији производних процеса где постоји потреба за временским затезањем, импулсним, временски дефинисаним одвијањем процеса или периодичним укључењем или искључењем потрошача.

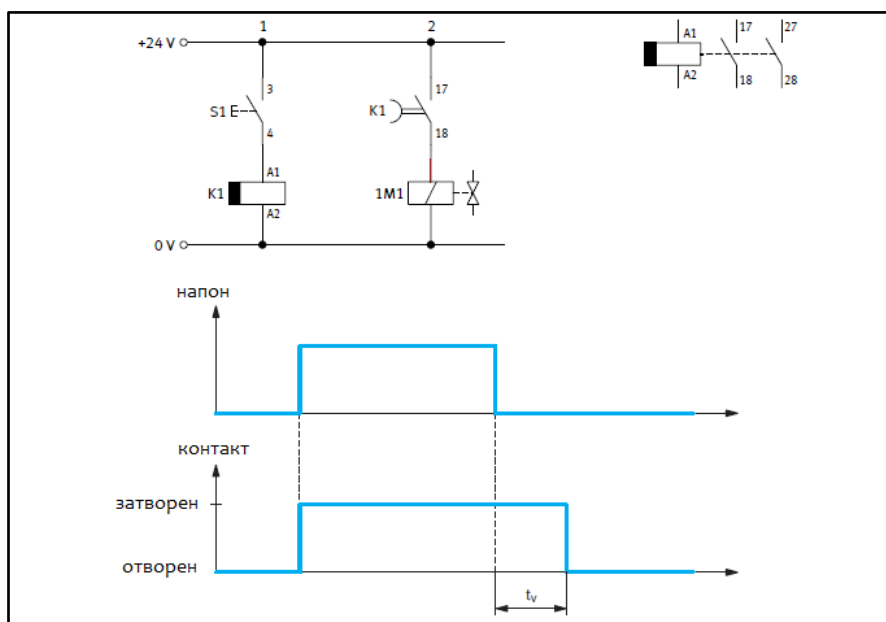
Временски релеји, као и контактори имају „напојне” крајеве (крајеве електромагнета), помоћне NO и NC контакте који се најчешће обележавају исто као контакти контактора. На предњој страни временског релеја обично су смештени потенциометар за подешавање затезног времена и контролна лампа.

Међу најпознатије врсте временских релеја спадају временски релеји са кашњењем активирања и временски релеј са кашњењем деактивирања. Дакле, када се на напојне контакте временског релеја доведе напон релеј ће, ако се ради о релеју са кашњењем реаговања, реаговати са неким временом закашњења. Ако се, пак, ради о релеју са кашњењем деактивирања, он ће реаговати одмах по довођењу напона а деактивираће се после подешеног времена. Под реаговањем релеја подразумева се промена његовог стабилног стања, тј. отварање његових нормално затворених и затварање његових

нормално отворених контаката. На тај начин омогућено је одложено деловање неких процеса у управљачким задацима.



Слика 114. - Временски релеј са одложеним активирањем, повезивање у коло, симбол и дијаграм реаговања



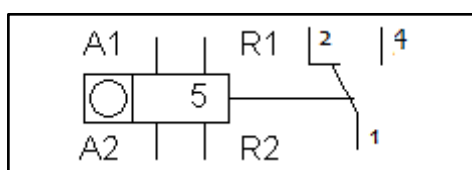
Слика 115. - Временски релеј са одложеним деактивирањем, повезивање у коло, симбол и дијаграм реаговања

Модул са бројачем

Мења стање свог контакта након подешеног одбројавања.



Слика 116. - Електронски бројач



Слика 117. - Електронски бројач, симбол

СВЕ СТОП печурка

Уколико у мехатронским системима дође до неких нежељених догађаја активирањем СВЕ СТОП печурке, може се искључити напајање у систему и спречити веће последице.



Слика 118. – СВЕ - СТОП печурка

Модул са светлосним и звучним индикаторима

Сигнализира одређена стања у мехатронским системима (реаговање заштите, празан гравитациони магацин за радне комаде итд.)



Слика 119. - Модул са светлосним и звучним индикаторима

Модул са програмабилним логичким контролером (ПЛК)

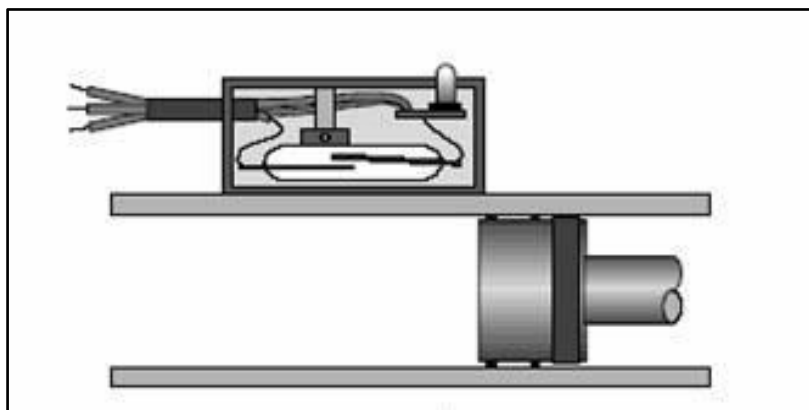
Програмабилни логички контролери омогућују управљање сложенијим мехатронским системима у којима би релејно управљање захтевало превелики број компоненти и било би превише сложено за извођење. Примена програмабилних логичких контролера биће приказана у посебном одељку овог практикума.



Слика 120. - Модул - ПЛК

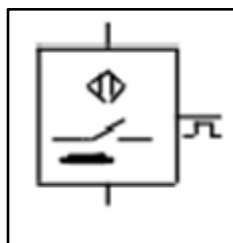
Питања за теоријску проверу знања

1. На слици је приказан:
 - а. Индуктивни сензор близине
 - б. Капацитивни сензор близине
 - в. Магнетни сензор близине

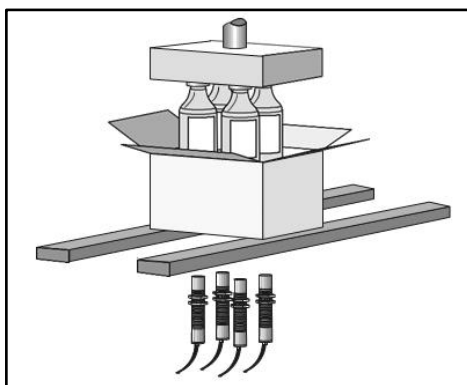


2. На слици је приказан симбол за:

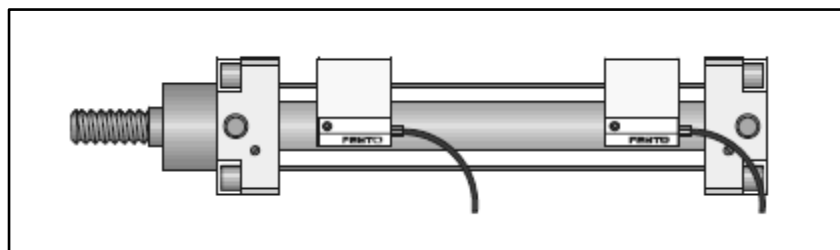
- а. Индуктивни сензор близине
- б. Капацитивни сензор близине
- в. Магнетни сензор близине



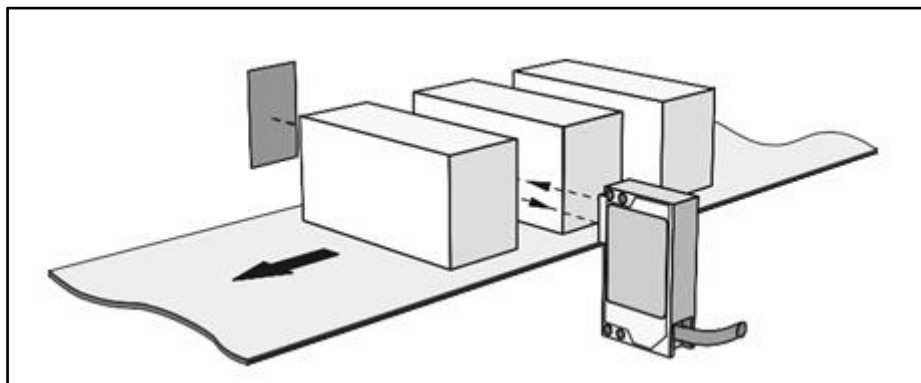
3. Који сензори су употребљени за случај са слике?



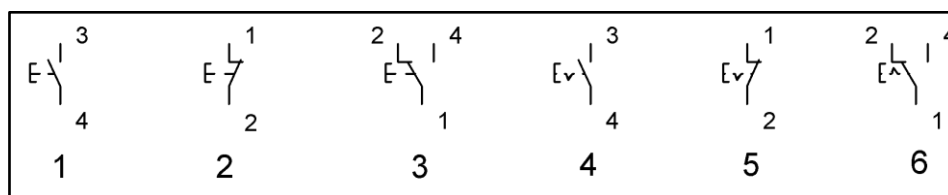
4. Који сензори су употребљени за случај са слике и која је њихова улога?



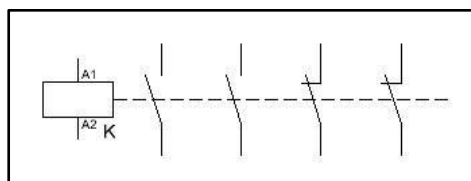
5. Који сензор је употребљен за случај са слике?



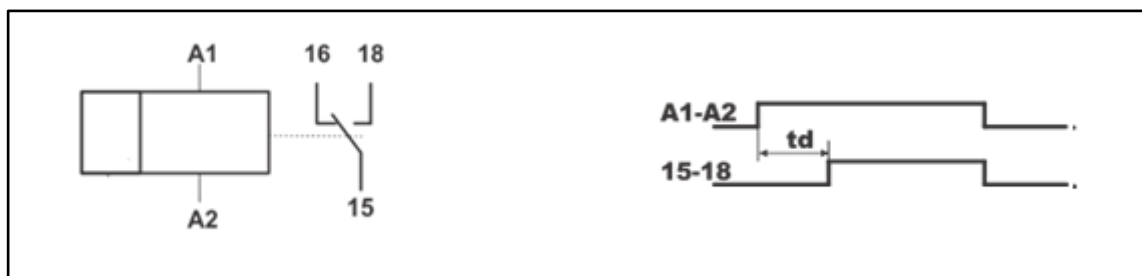
6. За коју компоненту се везује симбол под бројем 2 са слике, а за коју под бројем 5?



7. Извршити обележавање контаката релеја



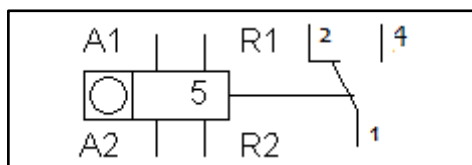
8. Допунити симбол на слици тако да одговара приказаном дијаграму



9. Која компонента је приказана на слици и која је њена улога?



10. На слици је приказан симбол за:



3.6 . ЕЛЕКТРОХИДРАУЛИЧНО И ЕЛЕКТРОПНЕУМАТСКО УПРАВЉАЊЕ

Шема хидрауличног, односно пнеуматског кола за електрохидраулични, односно електропнеуматски систем треба да се нацрта у следећем положају:

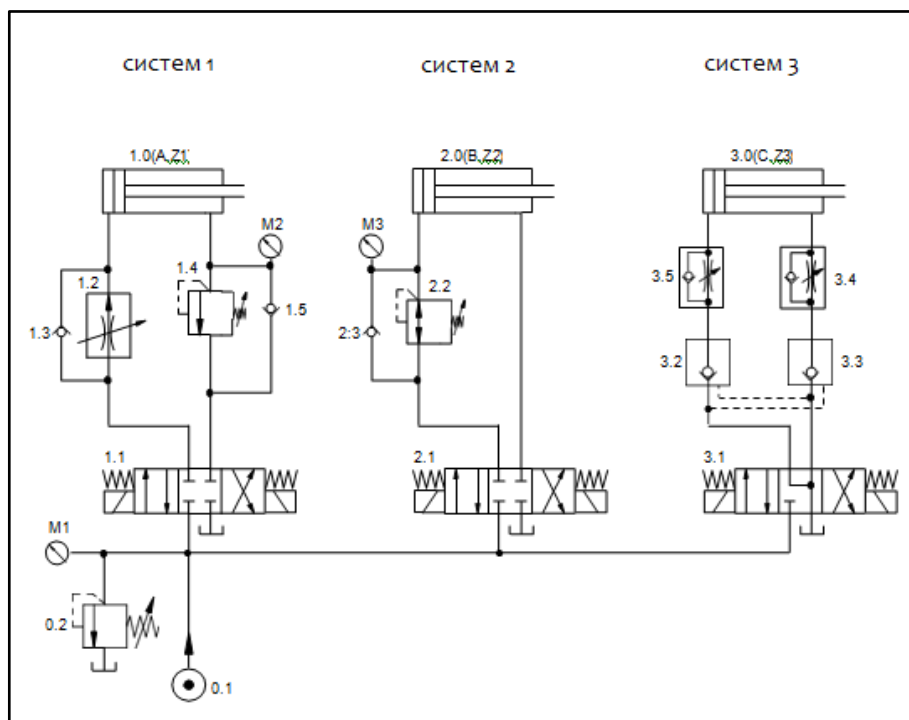
- хидраулични, односно пнеуматски погон укључен,
- струја искључена.

то значи:

- електрично активирани вентили су у свом нормалном положају; вентили се не активирају,
- цилиндри и компоненте снаге заузимају положај који настаје када су сви електрично активирани вентили у свом нормалном положају и систем је истовремено снабдевен притиском,
- ручно активирани хидраулични, односно пнеуматски системи су исцртани у свом почетном положају (без притиска). Компоненте су у условима који су потребни за почетак радног циклуса.

Ако је управљање сложено, управљање са више погонских компоненти, ове компоненте треба поделити на појединачне системе управљачке петље.

- Једна погонска компонента и одговарајућа секција за контролу снаге чине систем контролне петље.
- Комплексне контроле се састоје од неколико система контролне петље. Ови системи контролне петље треба да буду нацртани један поред другог у дијаграму кола и идентификује се по редном броју.
- Где год је могуће, ови системи контролне петље треба да буду нацртани један поред другог редоследом којим функционишу у секвенци кретања.



Слика 121. - Системи контролне петље

У овом приручнику компоненте у хидрауличким и пнеуматским дијаграмима су дате бројевима. Ознаку чине број групе и број опреме.

Различити системи контролне петље су узастопно нумерисани помоћу редних бројева 1, 2, 3, итд. Секција за напајање се не може доделити ниједном систему контролне петље јер је одговорна за неколико система контролне петље. Из тог разлога увек се означава редним бројем нула. Свака компонента у систему контролне петље треба да буде идентификована бројем опреме који се састоји од редног броја система контролне петље и карактеристичног броја. У свакодневним операцијама, овај систем означавања, који користи бројеве група и опреме, има предност у томе што особље за одржавање може препознати ефекат сигнала по броју елемента у питању. Ако се, на пример, утврди квар у цилиндру 2.0, може се претпоставити да се узрок тражи у 2. групи и, према томе, у елементима чији је први број 2.

У дијаграму електричног кола спојеви склопних елемената са појединачним контактима означени су једноцифреним бројевима.

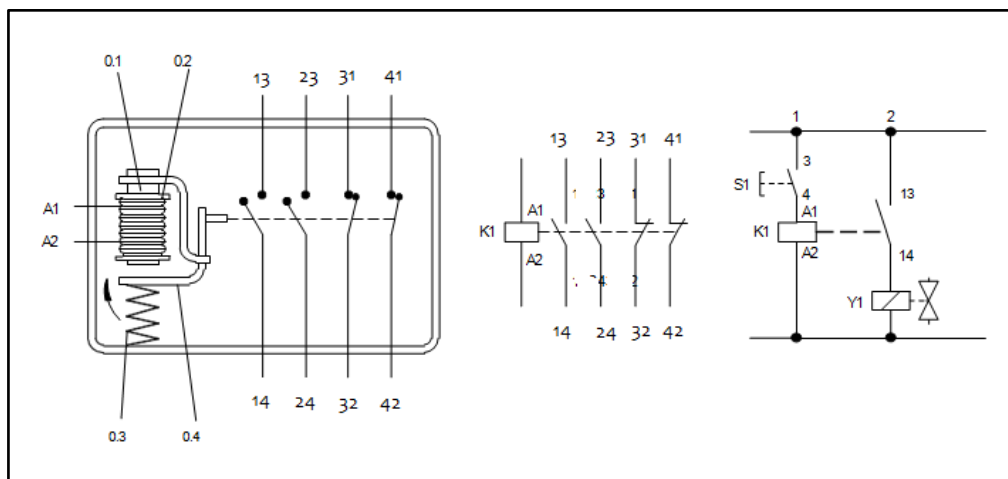
Нормално затвореним контактима се додељују цифре функције 1 и 2, а нормално отвореним контактима функцијске цифре 3 и 4. Крајеви преклопних контаката су означене функцијским цифрама 1, 2 и 4.



Слика 122. - Означавање контаката

Прикључци помоћних контаката (релејни контакти) су означени двоцифреним бројевима:

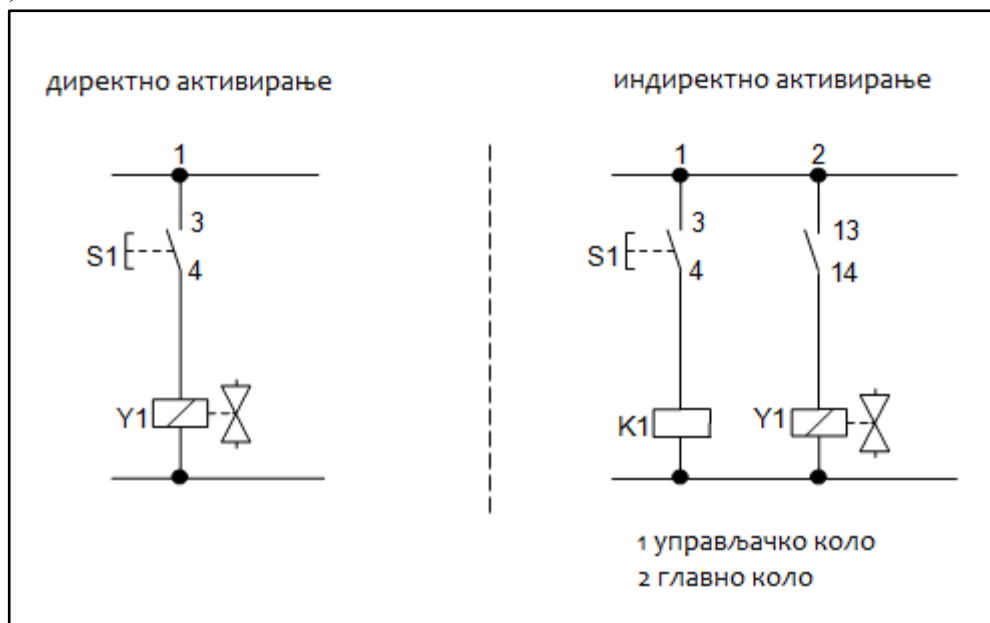
- прва цифра је редни број,
- друга цифра је број функције.



Слика 123. - Означавање контаката релеја

Електромагнетни калем вентила чини везу између хидрауличног енергетског дела и дела електричног кола управљања. Дијаграм електричног кола – такозвани шематски дијаграм – показује како се ови намотаји соленоида активирају.

Могуће је напајати електромагнетске завојнице на вентилима директно преко тастера или индиректно преко релеја. У случају директног активирања, прави се разлика између управљачког кола (заштитно коло релеја) и главног кола (заштитно коло соленоида вентила).



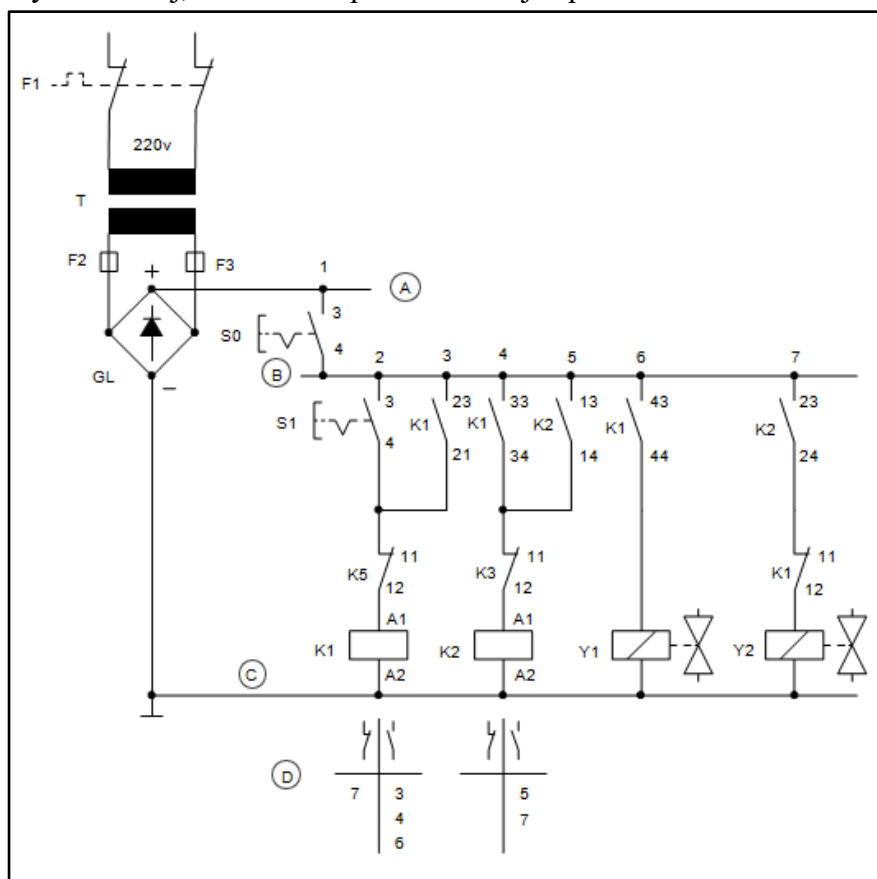
Слика 124. - Начини активирања калемова електромагнетних вентила

Шематски дијаграм је детаљна илустрација кола у струјним путањима са компонентама, линијама и тачкама повезивања. Овај дијаграм не узима у обзир просторни положај и механичке међусобне односе појединачних делова и опреме.

Како би се осигурало да шематски дијаграм система великих размера не постане превише гломазан, укупни шематски дијаграм треба да се разбије на мање шематске дијаграме. Такав шематски дијаграм се може поделити, на пример, према погонским елементима (цилиндар 1, цилиндар 2, ...), деловима система (носач за напајање, јединица за бушење, ...) или функцијама (брзо кретање, довод, СВЕ-СТОП, ...).

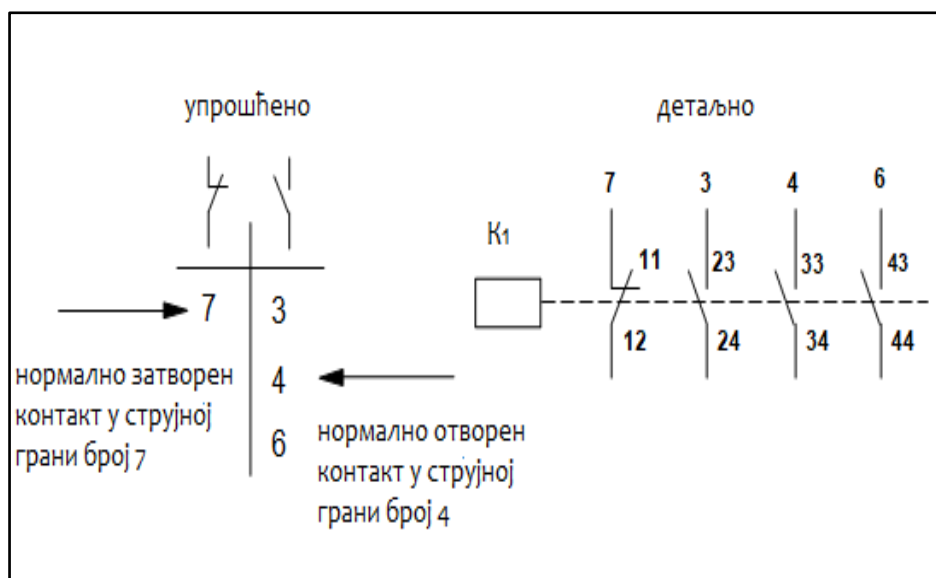
Шематски дијаграм садржи хоризонталне напонске линије и вертикалне струјне путање нумерисане с лева на десно. Преклопни елементи су увек приказани у ненапајаном стању и треба их цртати у правцу струје, односно вертикално. Ако су други начини представљања неизбежни, неопходно је да се то забележи на шематском дијаграму.

Опрема која се користи мора бити једнолично означена према стандардима. Ознаке прикључака су на десној, а ознаке опреме на левој страни симбола кола.



Слика 125. - Пример дела електричне шеме

Шема електричног кола приказује доделу контаката релеја у дијаграму симбола контакта. Дијаграм контактних симбола налази се испод путање струје у којој се налази релеј. Функције прекида и покретања се идентификују посебним словом или одговарајућим симболом кола. Бројеви испод симбола контакта означавају број тренутне путање на којој су контакти повезани.

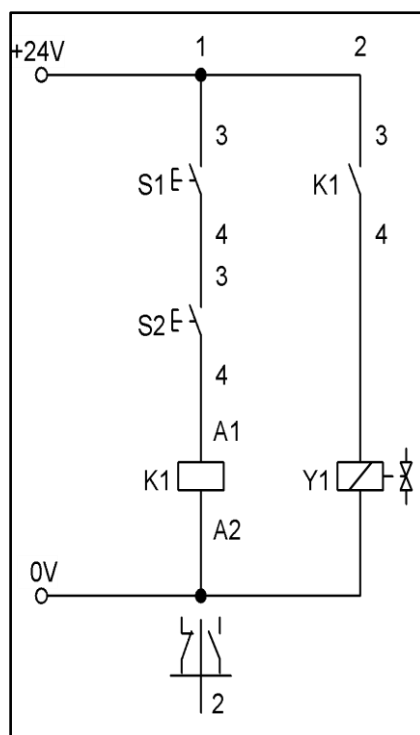


Слика 126. - Пример обележавања типова контаката

Реализација управљања електрохидрауличним и електропнеуматским системима заправо се заснива на основним логичким колима.

Реализација логичке „И“ функције:

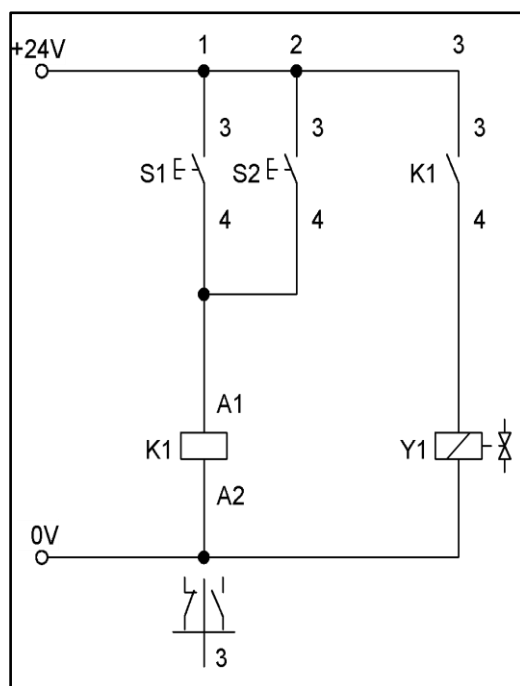
Калем електромагнетног вентила долази под напон ако се истовремено притисну тастери S1 и S2.



Слика 127. - Реализација логичке „И“ функције

Реализација логичке „ИЛИ“ функције:

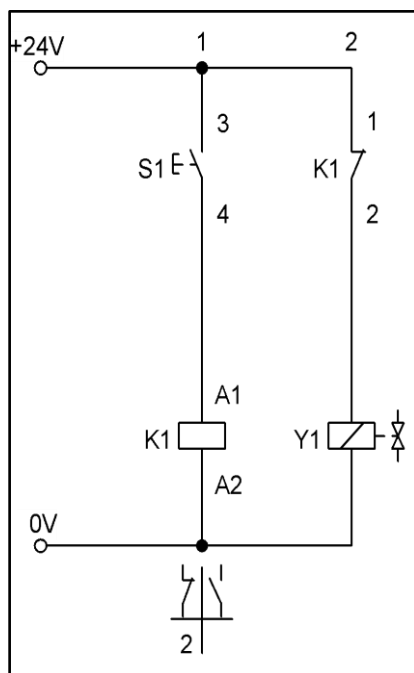
Калем електромагнетног вентила долази под напон ако се притисне бар један од тастера S1 и S2.



Слика 128. - Реализација логичке „ИЛИ” функције

Реализација логичке „НЕ” функције:

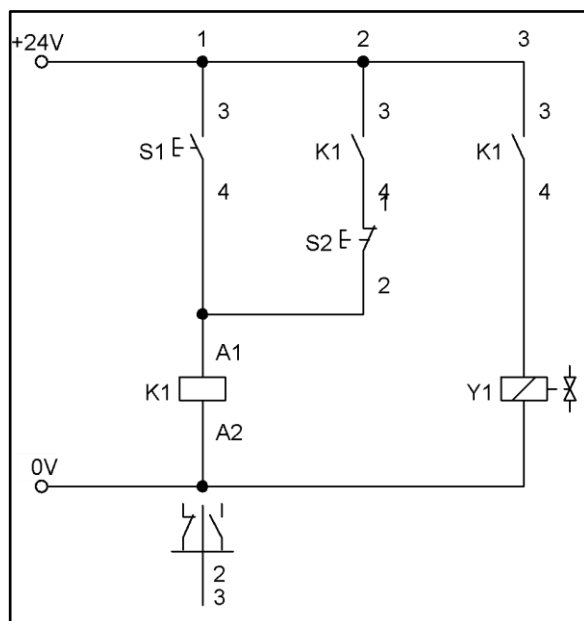
Калем електромагнетног вентила долази под напон ако се не притисне тастер S1.



Слика 129. - Реализација логичке „НЕ” функције

Реализација кола за самодржање у ком доминира укључење:

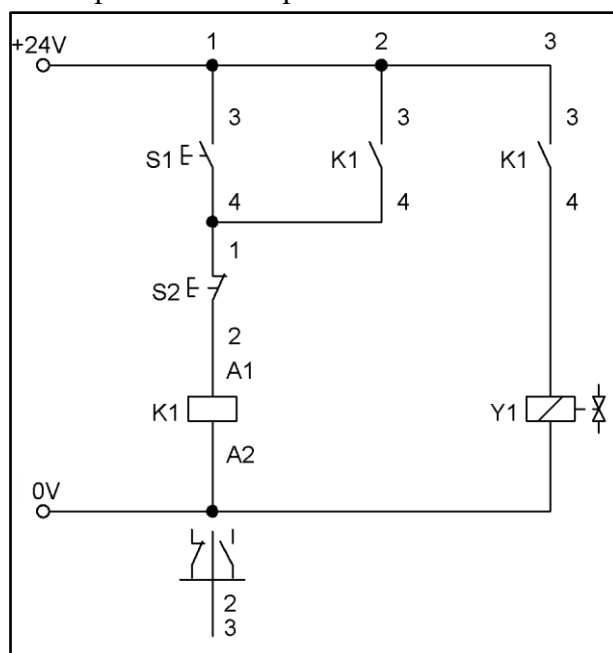
Калем електромагнетног вентила долази под напон ако се притисне тастер S1 и остаје под напоном све док се не притисне тастер S2.



Слика 130. - Реализација кола за самодржање – доминира укључење

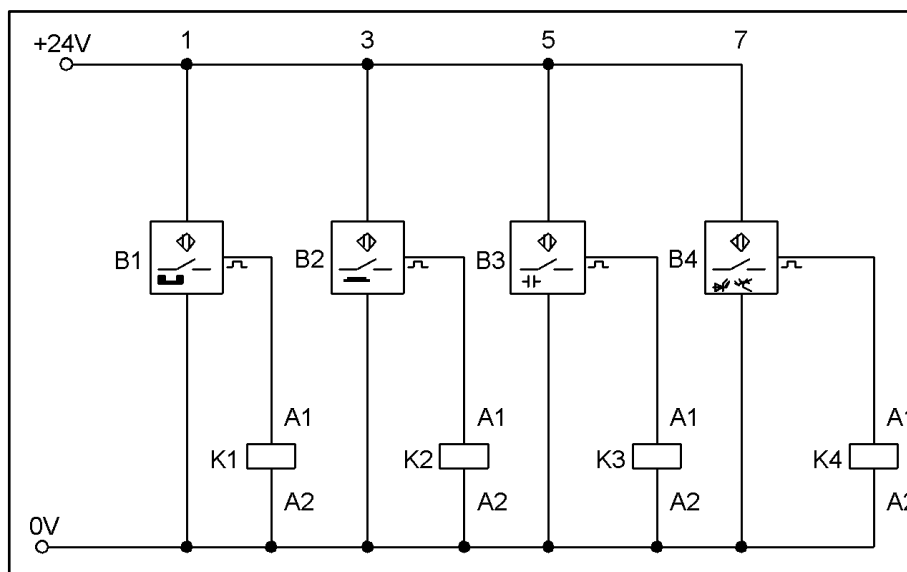
Реализација кола за самодржање у ком доминира искључење:

Калем електромагнетног вентила долази под напон ако се притисне тастер S1 и остаје под напоном све док се не притисне тастер S2.



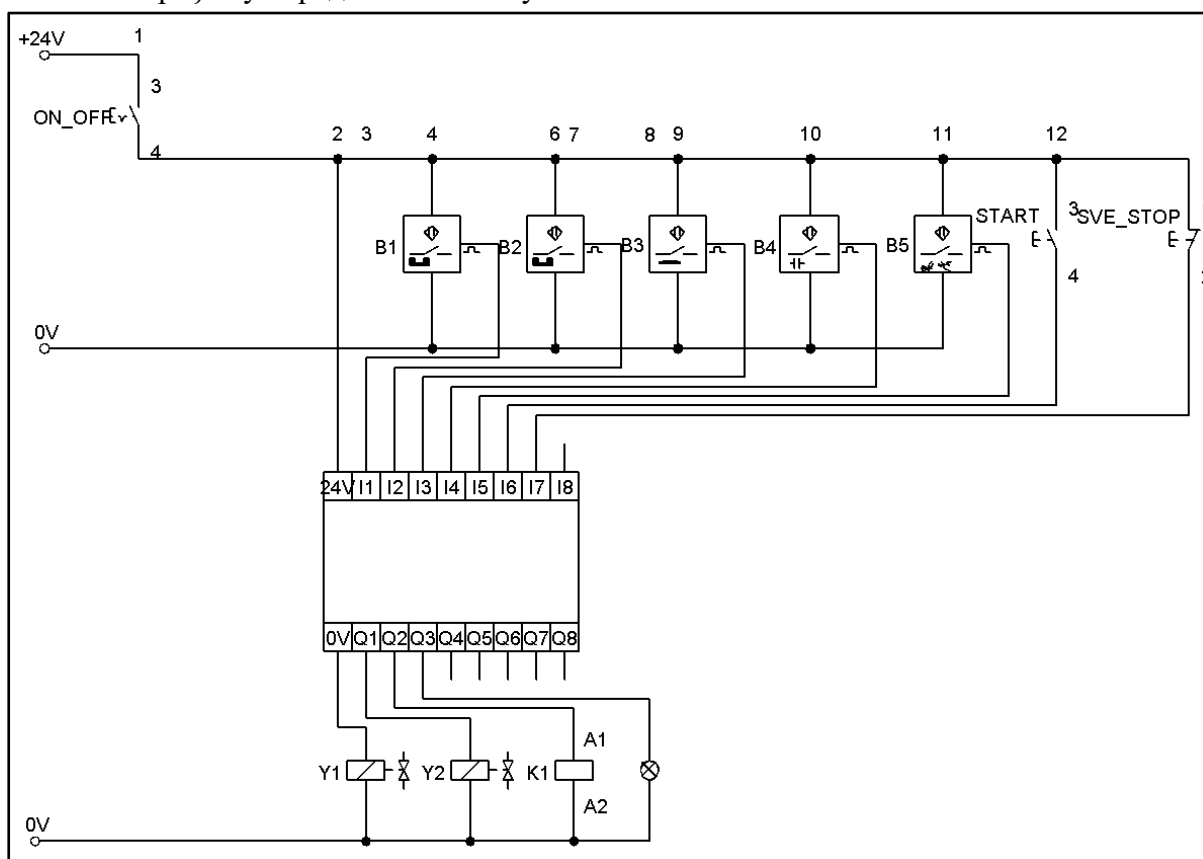
Слика 131. - Реализација кола за самодржање – доминира искључење

Повезивање сензора близине у колима управљања зависи од типа сензора. Они који се користе при изради вежби из овог практикума су трожицни ПНП сензори са нормално отвореним контактом. Браон жица се повезује на плус напајања, плава жица на минус напајања, а црна жица је сигнална – повезује на релеј, улаз ПЛК. Начин њиховог повезивања приказан је на слици.



Слика 132. - Начин повезивања сензора близине у управљачким колима

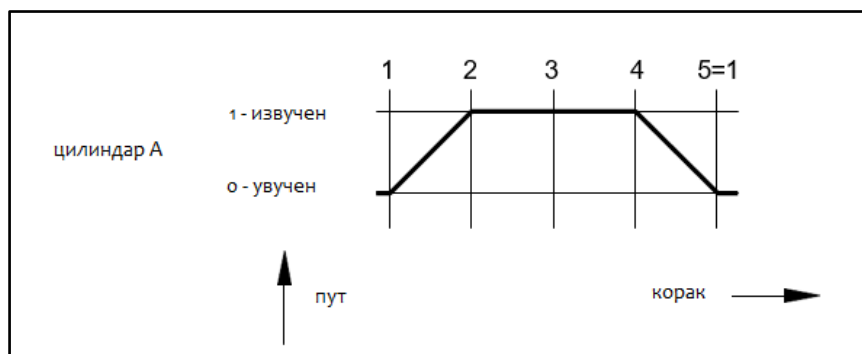
Повезивање компоненти на улазе и излазе ПЛК су приказани на слици. ПЛК ће бити посебно обрађен у наредном поглављу.



Слика 133. - Начин повезивања компоненти на улазе и излазе ПЛК

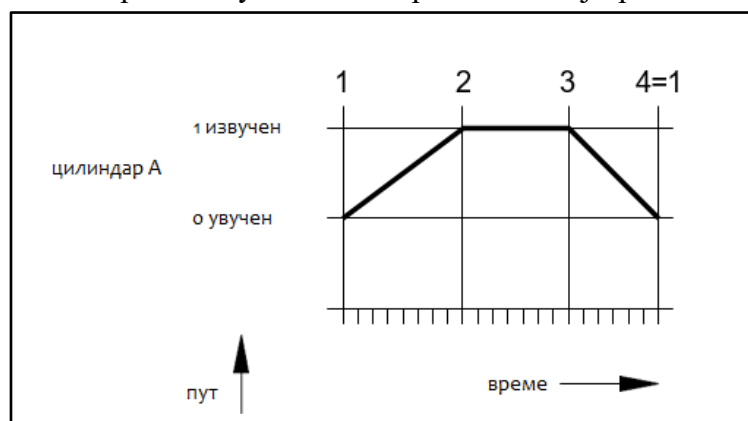
Функционални низови механичких, пнеуматских, хидрауличких и електричних контрола су приказани на дијаграмима.

Дијаграм Пут - Корак показује радни редослед компоненти погона. Пређени пут је уцртан у односу на одговарајуће кораке. С тим у вези корак је промена стања погонске компоненте. Ако је у систему управљања присутно више радних компоненти, ове компоненте се цртају на исти начин, једна испод друге. Кохерентност оперативног низа стварају кораци.



Слика 134. - Дијаграм Пут-Корак

У дијаграму Пут - Време, пут који је прешла компонента је уцртана у односу на време. За разлику од дијаграма Пут - Корак, време t је исцртано у размери и ствара временску везу између појединачних компоненти погона. То значи да се различита трајања појединачних корака могу прочитати директно са дијаграма.



Слика 135. - Дијаграм Пут-Време

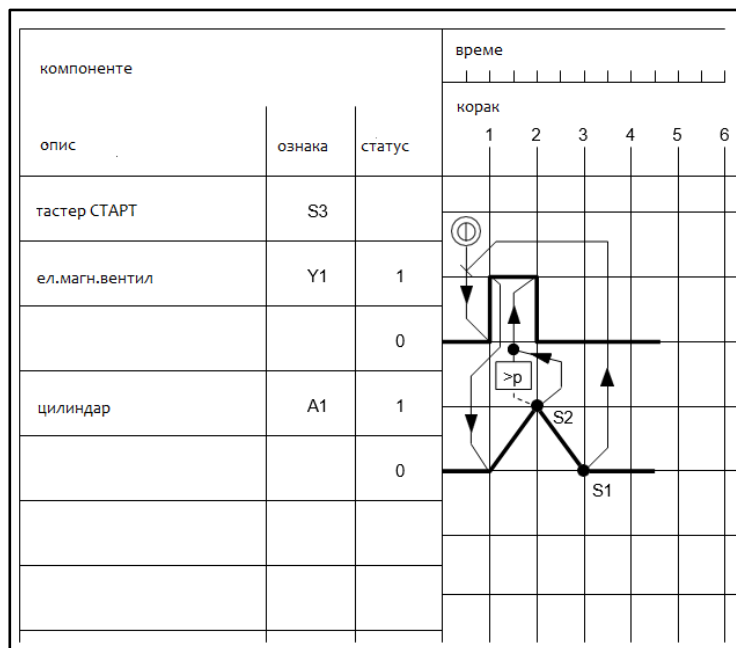
У контролном (управљачком) дијаграму, статуси укључивања елемената улаза сигнала и елемената за обраду сигнала су уцртани у односу на кораке. Времена укључивања су знатно краћа од времена кретања погонских компоненти и стога нису узета у обзир у дијаграму; другим речима, ивице сигнала су вертикалне. Препоручљиво је саставити контролни дијаграм у комбинацији са дијаграмом пут - корак.



Слика 136. - Контролни (управљачки) дијаграм

Управљачки дијаграми за све улазне и обрадне елементе сигнала, као и дијаграми пут-време или пут-корак дијаграми за све погонске компоненте су нацртани један испод другог. Функционални дијаграм стога пружа добру илустрацију оперативног низа целокупног електрохидрауличног система.

Поред тога, дијаграм функција садржи детаље о тачкама у којима сигнали из контролера, тастера, крајњих прекидача, прекидача притиска итд. утичу у радној секвенци и како улазни сигнали, обрада сигнала и погонске компоненте утичу једни на друге.

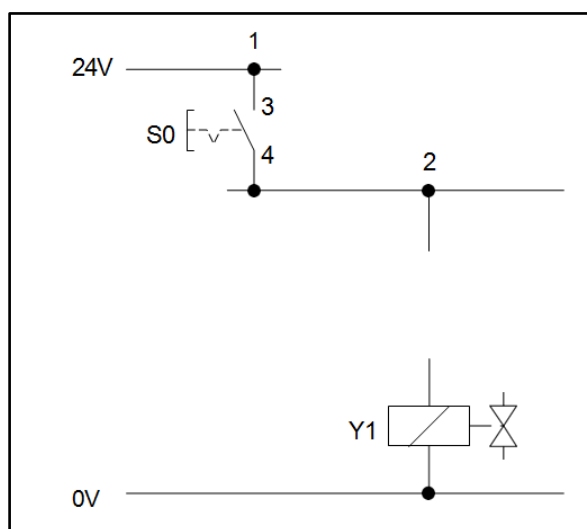


Слика 137. - Дијаграм функција

Процена остварености вештина

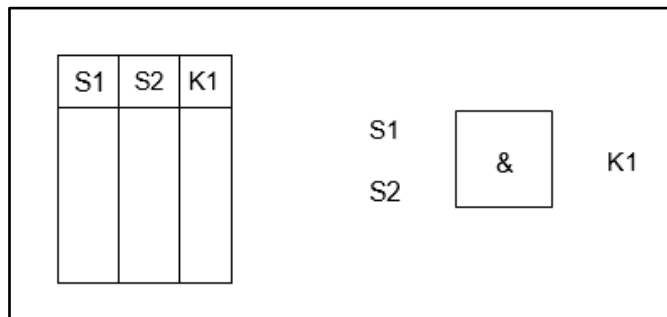
Задатак 1:

Допунити шему тако да се омогући индиректно активирање електромагнетног вентила.



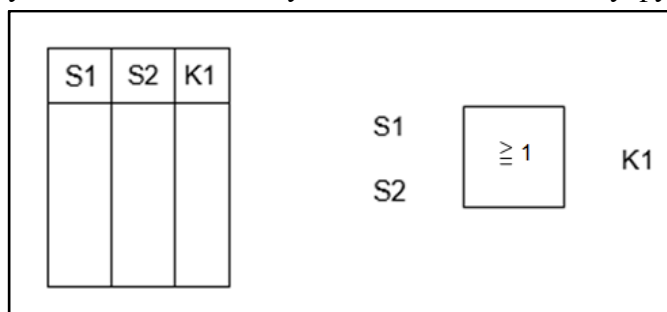
Задатак 2:

Попуните табелу истинитости и допуните симбол за логичку функцију „И”.



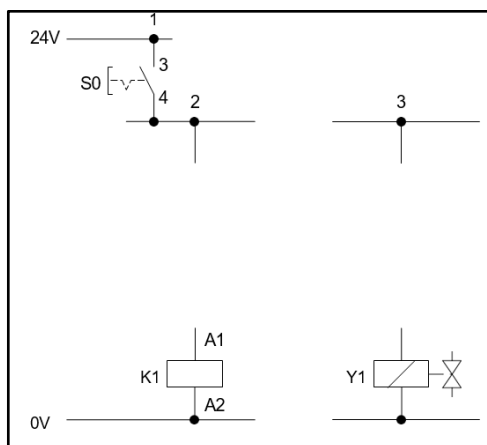
Задатак 3:

Попуните табелу истинитости и допуните симбол за логичку функцију „ИЛИ”.



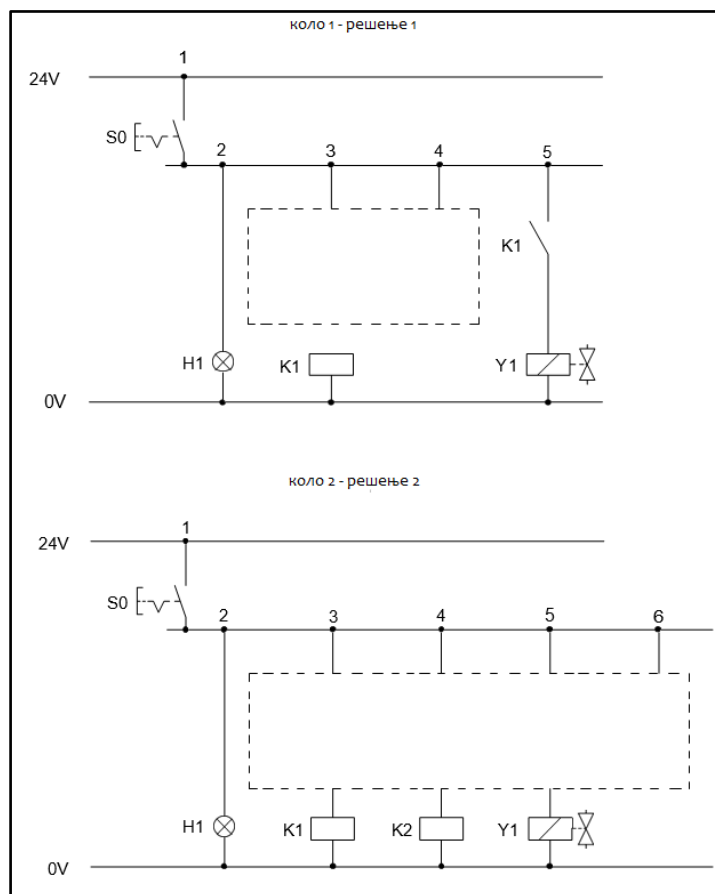
Задатак 4:

Попуните дијаграм електричног кола на основу логичког повезивања сигнала S1 и S2 како би се електромагнетни вентил активирао истовременим притиском на нормално отворене тастере S1 и S2 (функција „И”).



Задатак 5:

Попуните дијаграм електричног кола на основу логичког повезивања сигнала S1 и S2 како би се електромагнетни вентил активирао притиском на нормално отворен тастер S1 или нормално отворен тастер S2 (функција „ИЛИ”).



3.7. ВЕЖБЕ ИЗ ЕЛЕКТРОХИДРАУЛИКЕ

3.7.1. ВЕЖБА 1: УРЕЂАЈ ЗА СОРТИРАЊЕ

У овој вежби:

1. Разумевање директно активiranог, ручно управљаног кола,
2. Активирање цилиндра двоструког дејства помоћу 4/2 електромагнетног вентила,
3. Именовање најважнијих компоненти цилиндра двоструког дејства,
4. Именовање најважнијих компоненти 4/2 електромагнетног вентила,
5. Разумевање употребе улазне јединице за електрични сигнал,
6. Избор потребних компоненти,
7. Израда и цртање хидрауличних и електричних шема,
8. Разумевање доступних варијанти за монтажу компоненти на профилну плочу, односно монтажне компоненте у монтажни оквир,
9. Рад са хидрауличним цревима,
10. Повезивање електричних проводника у складу са електричним колом,
11. Пуштање у рад мехатронског система.

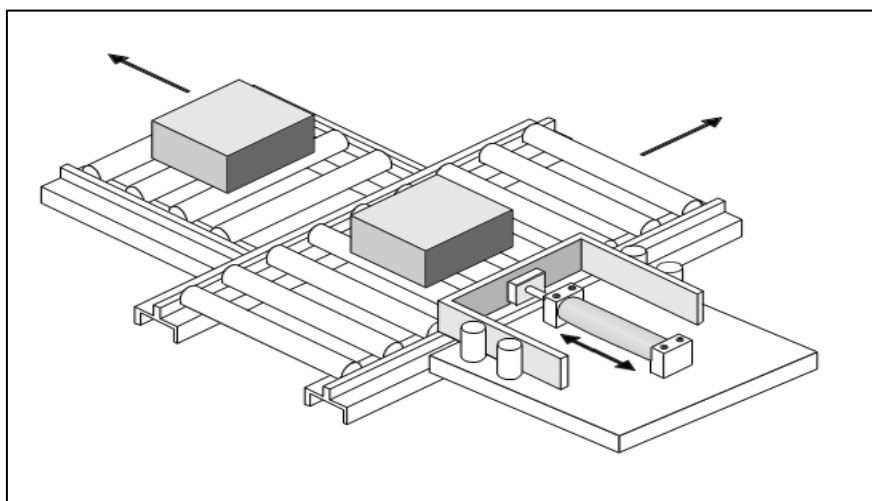
Опис вежбе:

Уређај за сортирање се користи за сортирање тешких челичних радних комада.

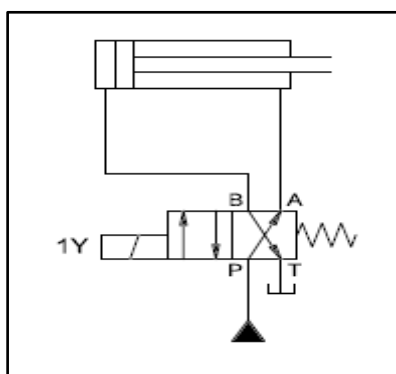
Када се притисне дугме СТАРТ, клип цилиндра са двоструким дејством гура суседни радни предмет са транспортне траке. Када се дугме СТАРТ отпусти, клип се враћа у свој увучени крајњи положај.

Параметар:

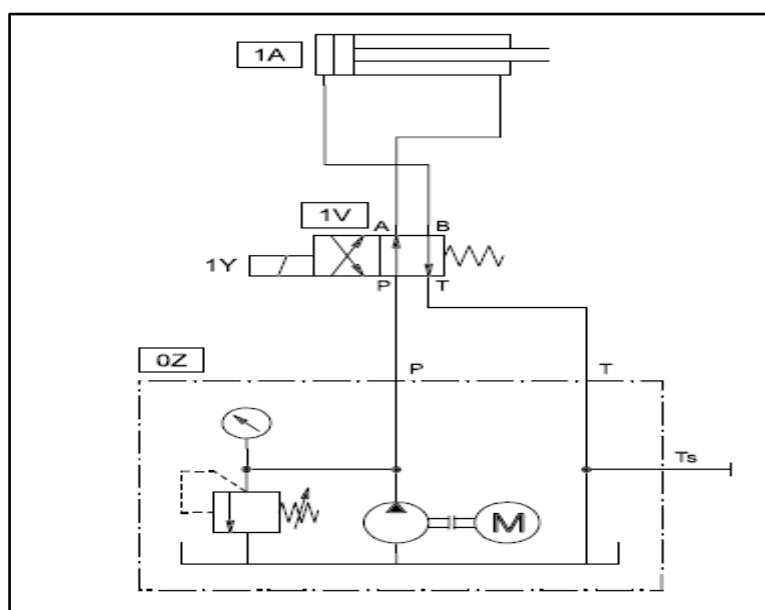
Треба користити само мали број хидрауличних и електричних компоненти.



Слика 138. - Скица положаја



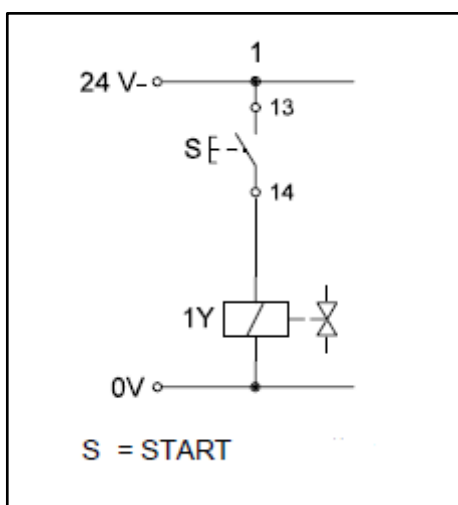
Слика 139. - Хидраулично коло



Слика 140. - Хидраулично коло у практичном извођењу

Табела 2. - Листа хидрауличних компоненти

Ознака	Комада	Назив компоненте
0Z	1	Хидраулични агрегат, 2l/min
1V	1	4/2 електромагнетни вентил, моностабилни
1A	1	Цилиндар двосмерног дејства, 16/10/200
	2	Црево са спојницом за брзо отпуштање, 600 mm
	2	Црево са спојницом за брзо отпуштање, 1000 mm



Слика 141. - Електрично коло у практичном извођењу

Табела 3. - Листа електричних компоненти

Ознака	Комада	Назив компоненте
	1	Модул са тастерима
	1 комплет	Проводници са сигурносним банава утикачима 4 mm
	1	Извор напајања, 24 V DC

3.7.2. ВЕЖБА 2: НАПРАВА ЗА ИЗДВАЈАЊЕ КОМПОНЕНТИ СА ТРАНСПОРТНЕ ТРАКЕ

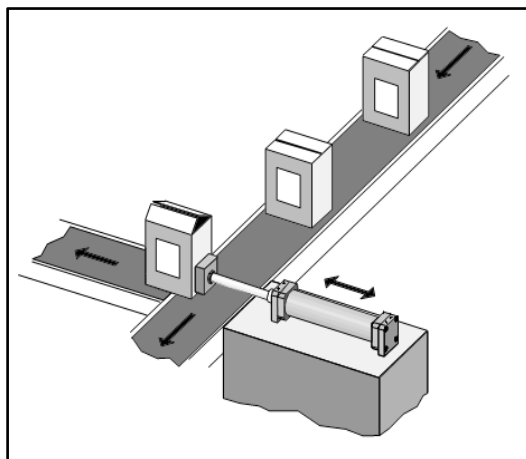
У овој вежби:

1. Разумевање индиректно активираног, ручно управљаног кола,
2. Разумевање начина рада пригушног вентила и једносмерног вентила за контролу протока,
3. Разумевање начина рада вентила за смањење притиска,
4. Разумевање употребе електричног индикатора и дистрибутивног модула,
5. Разумевање употребе релејног модула,
6. Разумевање функције релеја,
7. Разумевање ознака контаката,

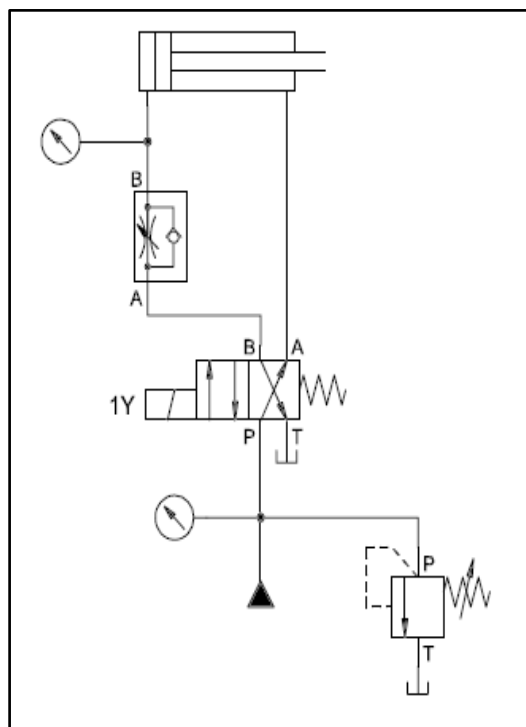
8. Избор потребних компоненти,
9. Израда хидрауличних и електричних шема кола,
10. Монтажа управљачког кола на профилној плочи,
11. Пуштање мехатронског система у рад,
12. Подешавање једносмерног вентила за контролу протока,
13. Подешавање времена кретања цилиндра

Опис вежбе:

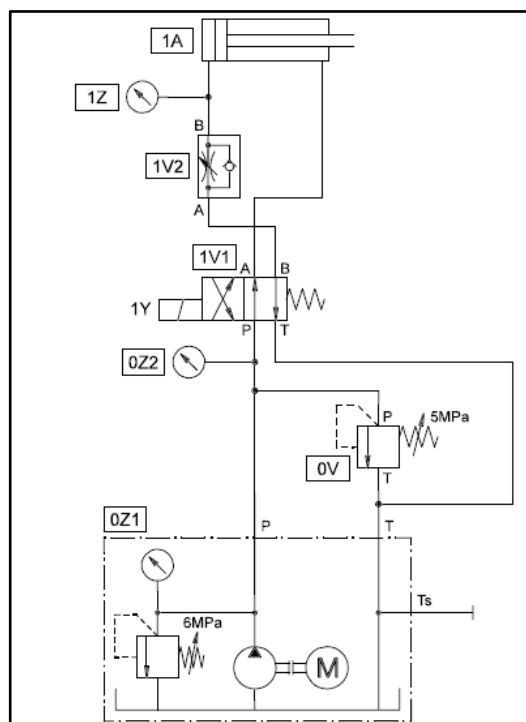
Клип цилиндра двоструког дејства се користи за гурање незапечаћених картонских кутија са једне транспортне траке на другу. Напредни ход клипа цилиндра се контролише ручно. Брзина напредног хода је подесива, док је брзина повратног хода фиксна.



Слика 142. - Слика положаја



Слика 143. - Хидраулично коло



Слика 144. - Хидраулично коло у практичној изведби

Неопходна су следећа подешавања:

- 0Z1 – 6Мра,
- 0V – 5Мра.

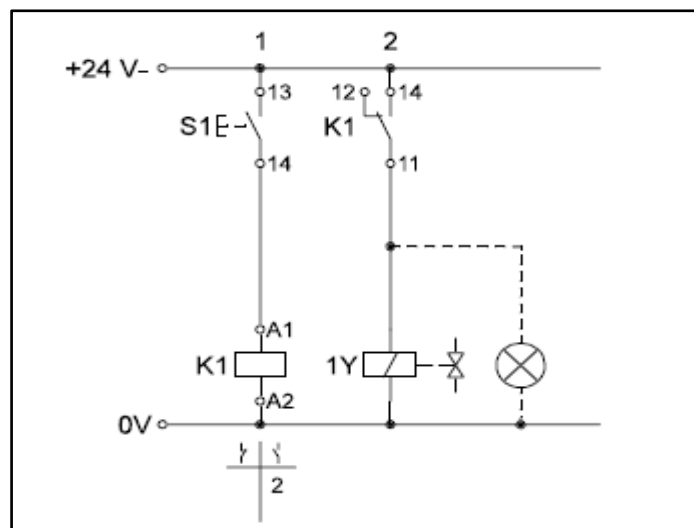
Време напредног хода (излазног хода):

- пригушно неповратни вентил отворен за 1 подеок – 4.5 секунди,
- пригушно неповратни вентил отворен за 2 подеока – 2.8 секунди,
- пригушно неповратни вентил отворен за 4 подеока – 2.0 секунди.

Време повратног хода – 1.2 секунде.

Табела 4. - Листа хидрауличних компоненти

Ознака	Комада	Назив компоненте
0Z1	1	Хидраулични агрегат, 2 l/min.
0Z2,1Z	2	Манометар
0V	1	Вентил за смањење притиска, растеретни вентил
1V1	1	4/2 електромагнетни вентил, моностабилни
1V2	1	Пригушно неповратни вентил
1A	1	Цилиндар двосмерног дејства, 16/10/200
	2	Рачва
	3	Црево са спојницом за брзо отпуштање, 600 mm
	2	Црево са спојницом за брзо отпуштање, 1000 mm



Слика 145. - Електрично коло у практичној изведби

Табела 5. - Листа електричних компоненти

Ознака	Комада	Назив компоненте
	1	Модул са тастерима
	1	Модул са релејима
	1	Модул са сијалицама
	1 комплет	Проводници са сигурносним банаана утикачима 4 mm
	1	Извор напајања, 24 V DC

3.7.3. ВЕЖБА 3: СТАНИЦА ЗА ДИЗАЊЕ

У овој вежби:

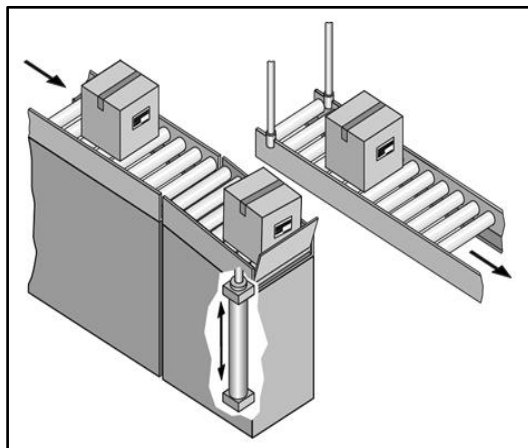
1. Разумевање како се користи 4/2 електромагнетни вентил за покретање цилиндра са једносмерним дејством.
2. Демонстрирање да се 4/2 вентил може користити и као 3/2 вентил или 2/2 вентил.
3. Разумевање разлике између отворених и затворених средњих позиција.
4. Израда и цртање хидрауличних и електричних шема.
5. Монтажа управљачког кола на профилној плочи.
6. Руковање теретом-оптерећењем од 9 kg.
7. Пуштање мехатронског система у рад.
8. Разумевање ефекта оптерећења на притисак.

Опрез!

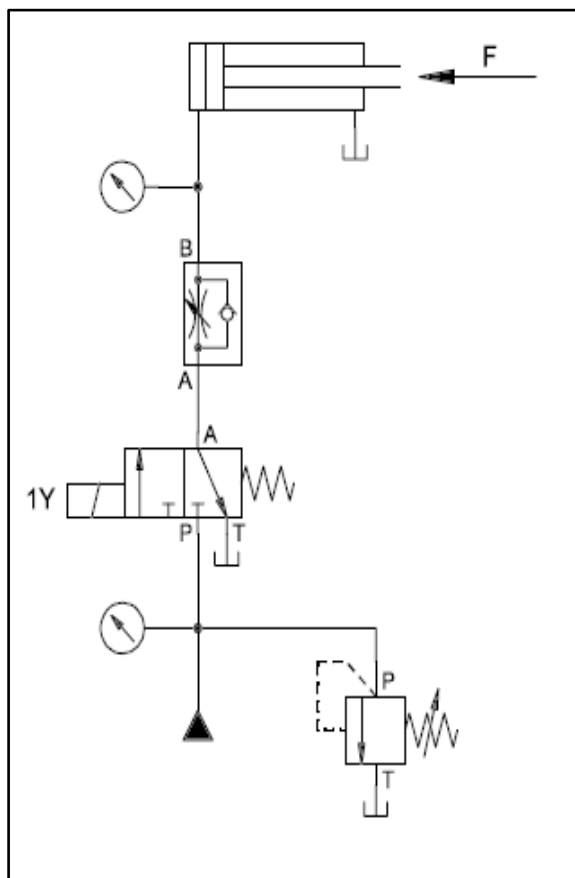
1. Ризик од озбиљних повреда.
2. Уљне компоненте могу лако да исклизну из ваших руку. Ова вежба укључује употребу терета велике масе.
3. Очистите тег пре руковања њиме.
4. Уверите се да чврсто држите терет.
5. Користите поклопац када радите са тегом - ово спречава опасност од заробљавања и повреде прстију - погледајте листу додатних компоненти.

Опис вежбе:

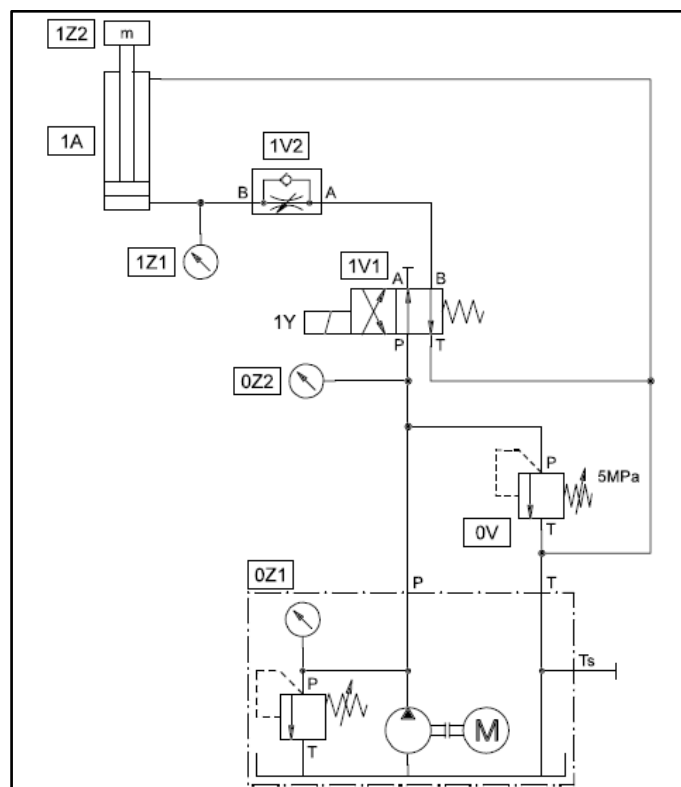
Сандуци који долазе на транспортну траку морају се подићи на висину транспортера за паковање помоћу стола за подизање. Подизање и спуштање стола за подизање треба да се контролише ручно помоћу хидрауличног цилиндра једносмерног дејства. Напредни ход је подесив, док се повратни ход не може подесити и регулише се тежином стола за подизање. Притисак треба мерити узводно од цилиндра и од вентила за управљање смером.



Слика 146. - Скица положаја



Слика 147. - Хидраулично коло



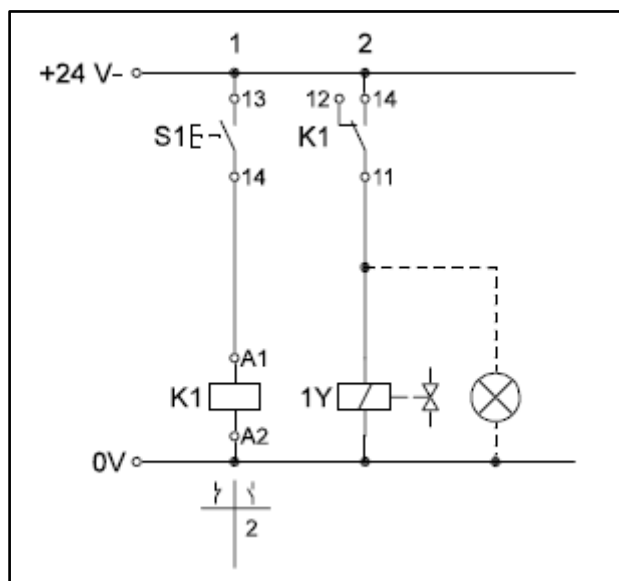
Слика 148. - Хидраулично коло у практичној изведби

Табела 6. - Листа хидрауличних компоненти

Ознака	Комада	Назив компоненте
0Z1	1	Хидраулични агрегат, 2 l/min.
0Z2,1Z1	2	Манометар
0V	1	Вентил за смањење притиска, растеретни вентил
1V1	1	4/2 електромагнетни вентил, моностабилни
1V2	1	Пригушно неповратни вентил
1A	1	Цилиндар двосмерног дејства, 16/10/200
1Z2	1	Терет од 9 kg.
	3	Рачва
	4	Црево са спојницом за брзо отпуштање, 600 mm
	3	Црево са спојницом за брзо отпуштање, 1000 mm

Неопходна су следећа подешавања:

- 0Z1 – 6Мра,
- 0V – 5Мра,
- 1V2 – по жељи.



Слика 149. - Електрично коло

Табела 7. - Листа електричних компоненти

Ознака	Комада	Назив компоненте
	1	Модул са тастерима
	1	Модул са релејима
	1	Модул са сијалицама
	1 комплет	Проводници са сигурносним банаана утикачима 4 mm
	1	Извор напајања, 24 V DC

3.7.4. ВЕЖБА 4: УРЕЂАЈ ЗА САВИЈАЊЕ

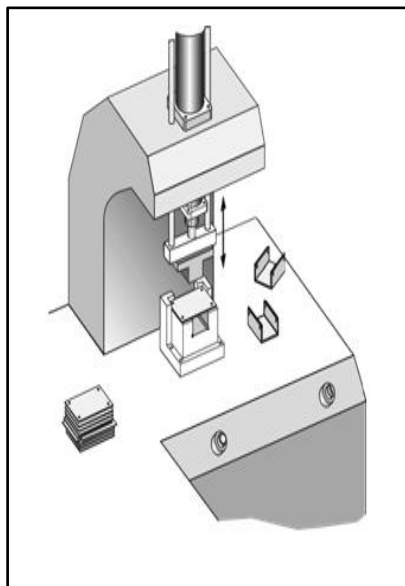
У овој вежби:

1. Разумевање начина рада двосмерног вентила за контролу протока.
2. Разумевање електричног закључавања.
3. Избор потребних компоненти.
4. Израда и цртање хидрауличних и електричних шема.
5. Тачна идентификација електричних симбола у дијаграму кола.
6. Монтажа управљачког кола на профилној плочи.
7. Пуштање у мехатронског система у рад.
8. Подешавање вредности притиска.
9. Састављање листе електричних компоненти.
10. Састављање листе хидрауличних компоненти.

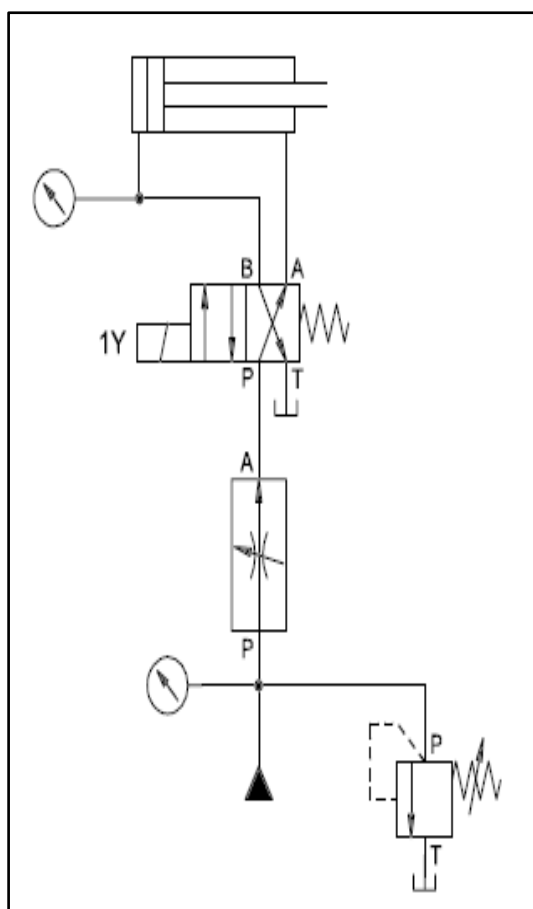
Опис вежбе:

Уређај за савијање са цилиндром двоструког дејства користи се за производњу лимова у облику слова У. Сигнал за покретање ове операције даје се тастером. Након што је радни предмет обликован, други тастер се користи за покретање повратног хода

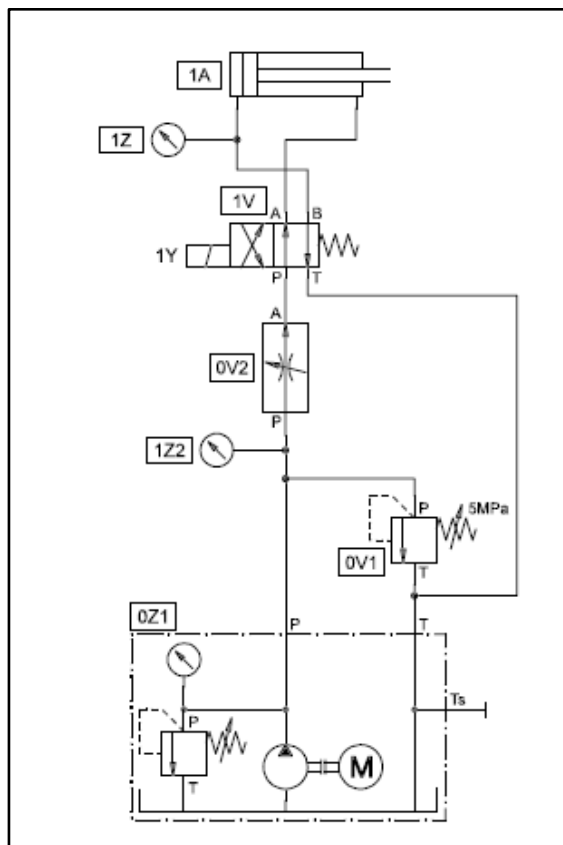
цилиндра. У овој вежби неће бити предвиђени сигурносни уређаји који су потребни у нормалној пракси. Напредни и повратни удари морају се изводити лаганом подесивом брзином. Коју врсту вентила за контролу протока треба да користите да бисте омогућили подешавање брзине независно од оптерећења?



Слика 150. - Скица положаја



Слика 151. - Хидраулично коло



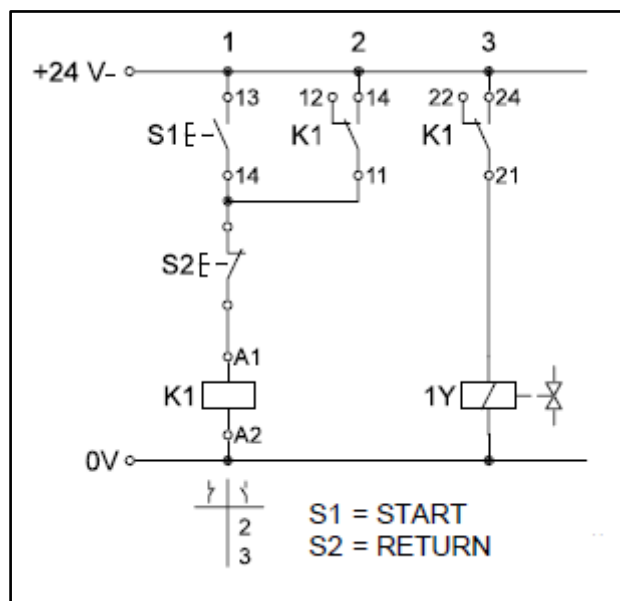
Слика 152. - Хидраулично коло у практичној изведби

Табела 8. - Листа хидрауличних компоненти

Ознака	Комада	Назив компоненте
0Z1	1	Хидраулични агрегат, 2 l/min.
0Z2,1Z	2	Манометар
0V1	1	Вентил за смањење притиска, растеретни вентил
0V2	1	Двосмерни вентил за контролу протока
1V	1	4/2 електромагнетни вентил, моностабилни
1A	1	Цилиндар двосмерног дејства, 16/10/200
	3	Рачва
	5	Црево са спојницом за брзо отпуштање, 600 mm
	2	Црево са спојницом за брзо отпуштање, 1000 mm

Неопходна су следећа подешавања:

- 0Z1 – 6Мра,
- 0V1 – 5Мра,
- 0V2 – приближно отворен на 1 и 1/2 окрета.



Слика 153. - Електрично коло

Табела 9. - Листа електричних компоненти

Ознака	Комада	Назив компоненте
	1	Модул са тастерима
	1	Модул са релејима
	1 комплет	Проводници са сигурносним банава утикачима 4 mm
	1	Извор напајања, 24 V DC

3.7.5. ВЕЖБА 5: УРЕЂАЈ ЗА ПРЕСОВАЊЕ

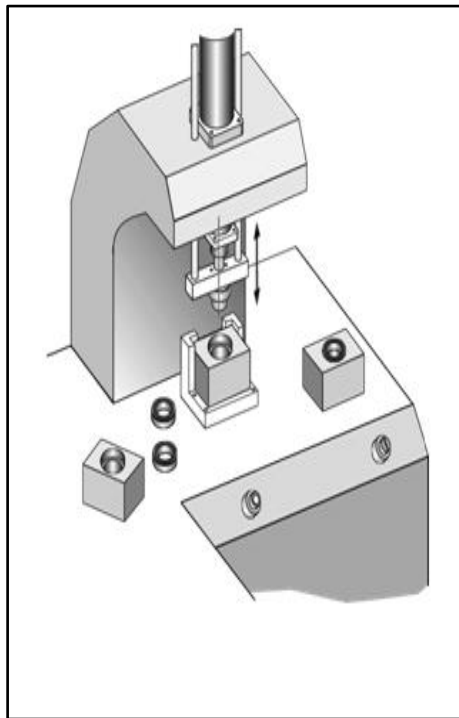
У овој вежби:

1. Разумевање структуре дијаграма функција.
2. Читање и разумевање функционалног дијаграма.
3. Употреба прекидача притиска.
4. Разумевање електричног „закључавања“.
5. Избор потребних компоненти.
6. Израда и цртање хидрауличних и електричних шема.
7. Монтажа управљачког кола на профилној плочи.
8. Пуштање мехатронског система у рад.
9. Састављање листе компоненти.
10. Подешавање вредности притиска.

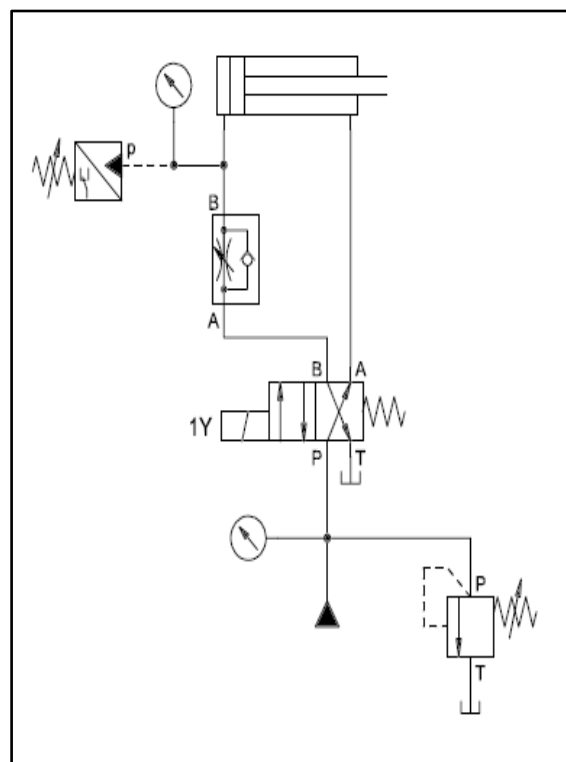
Опис вежбе:

За састављање радних комада треба користити уређај за пресовање. Ако је унапред подешени притисак пресе прекорачен (на пример, зато што су радни комади неисправно поравнати), клипњача се мора увући из безбедносних разлога. Након исправног рада пресовања, повратни ход треба да се покрене када се достигне вредност унапред подешена на прекидачу притиска од 3 МПа (30 бара). Једносмерни вентил за контролу

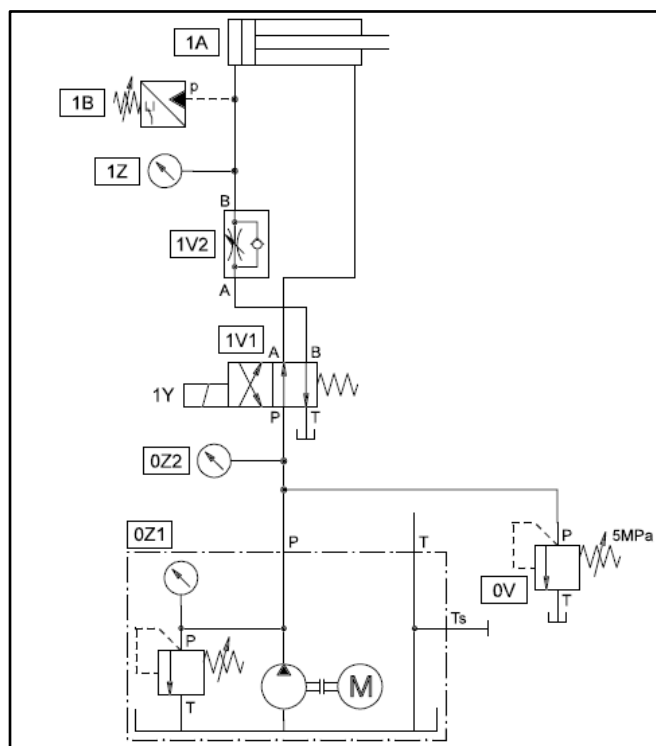
протока је уграђен у доводну линију цилиндра. Опишите тренутак у времену након укључивања кола у којем се прекидач притиска активира ако се примењује као у овој вежби. Која је исправна тачка на којој се мери притисак?



Слика 154. - Скица положаја



Слика 155. - Хидраулично коло



Слика 156. - Хидраулично коло у практичној изведби

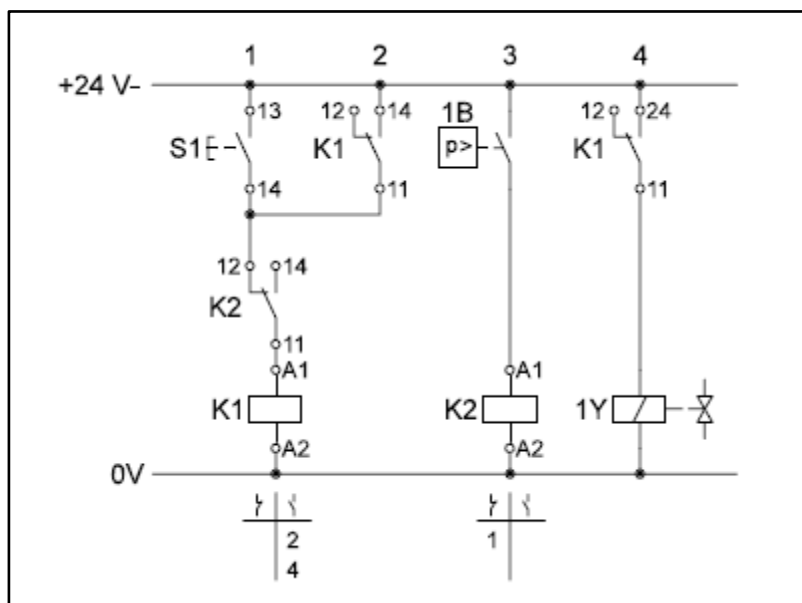
Табела 10. - Листа хидрауличних компоненти

Ознака	Комада	Назив компоненте
0Z1	1	Хидраулични агрегат, 2 l/min.
0Z2,1Z	2	Манометар
0V	1	Вентил за смањење притиска, растеретни вентил
1V1	1	4/2 електромагнетни вентил, моностабилни
1V2	1	Пригушно неповратни вентил
1A	1	Цилиндар двосмерног дејства, 16/10/200
1B	1	Механички сензор притиска (прекидач притиска)
	2	Рачва
	5	Црево са спојницом за брзо отпуштање, 600 mm
	2	Црево са спојницом за брзо отпуштање, 1000 mm

Неопходна су следећа подешавања:

- 0Z1 – 6Mpa,
- 0V – 5Mpa.

Инбус кључ од 2.5 mm је неопходан за подешавање сензора притиска.



Слика 157. - Електрично коло

Табела 11. - Листа електричних компоненти

Ознака	Колада	Назив компоненте
	1	Модул са тастерима
	1	Модул са релејима
	1 комплет	Проводници са сигурносним банава утикачима 4 mm
	1	Извор напајања, 24 V DC

3.7.6. ВЕЖБА 6: МАШИНА ЗА ШТАНЦОВАЊЕ

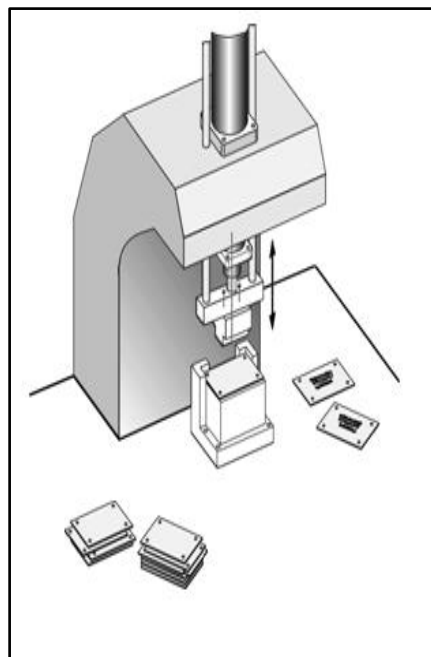
У овој вежби:

1. Разумевање диференцијалног кола.
2. Разумевање како се 3/2 вентил може користити за активирање цилиндра двоструког дејства.
3. Избор потребних компоненти.
4. Израда и цртање хидрауличних и електричних шема.
5. Монтажа управљачког кола на профилној плочи.
6. Пуштање мехатронског система у рад.
7. Састављање листе компоненти.
8. Подешавање вредности притиска.

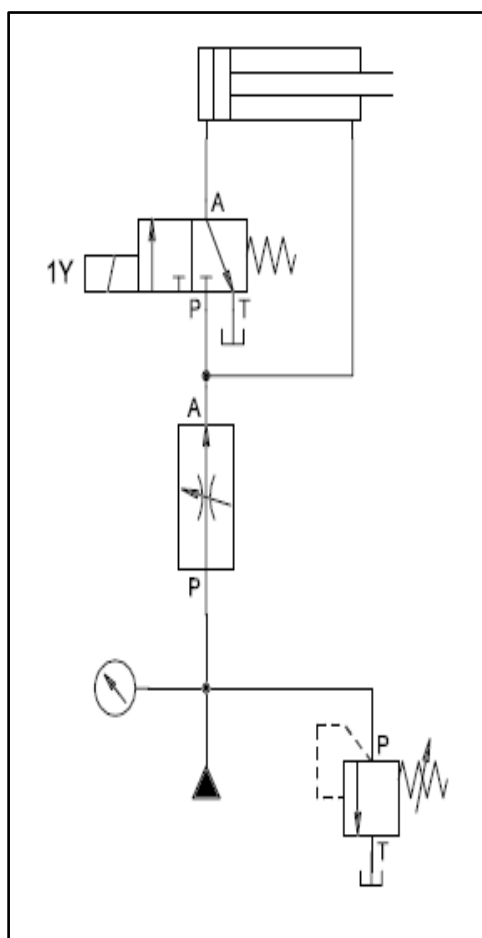
Опис вежбе:

Хидраулични агрегат са веома ниском брзином испоруке уља је све што је доступно за рад машине за штанцовање. За повећање брзине напредовања потребно је користити одговарајуће коло. Излазна снага агрегата је довољна да то омогући.

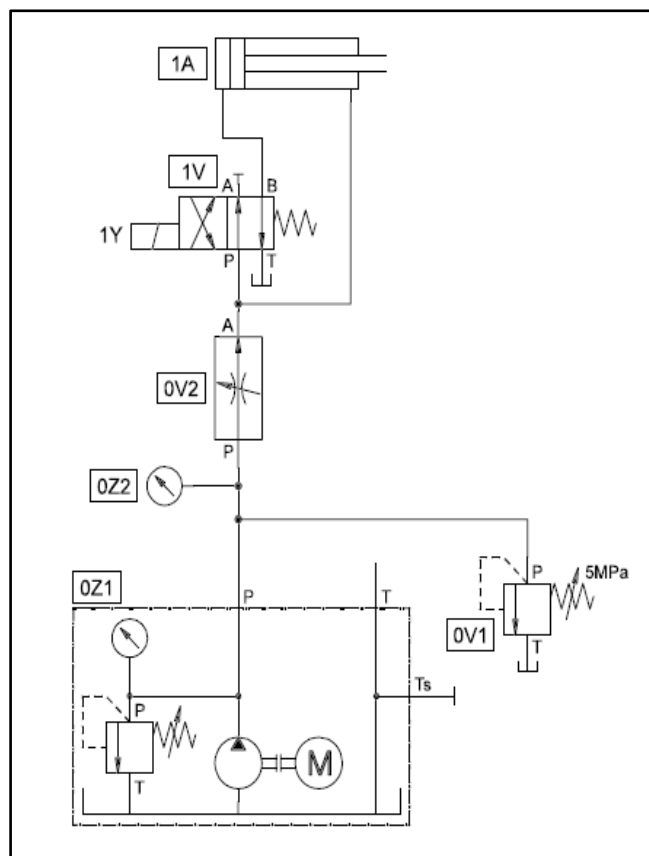
Вентил за контролу протока је инсталиран на одговарајућој тачки у кругу. Ово смањује проток у цилиндар.



Слика 158. - Скица положаја



Слика 159. - Хидраулично коло



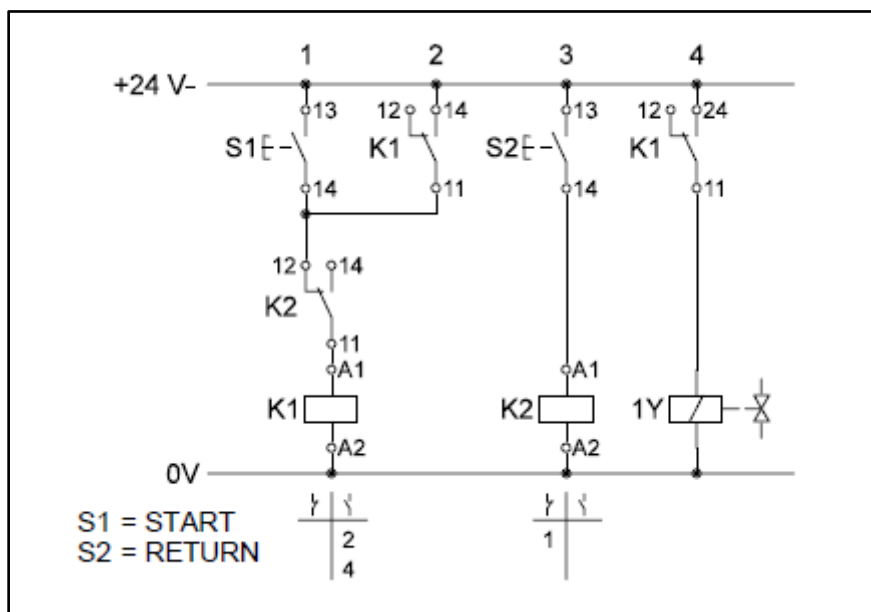
Слика 160. - Хидраулично коло у практичној изведби

Табела 12. - Листа хидрауличних компоненти

Ознака	Комада	Назив компоненте
0Z1	1	Хидраулични агрегат, 2 l/min.
0Z2	1	Манометар
0V1	1	Вентил за смањење притиска, растеретни вентил
0V2	1	Двосмерни вентил за контролу протока
1V	1	4/2 електромагнетни вентил, моностабилни
1A	1	Цилиндар двосмерног дејства, 16/10/200
	2	Рачва
	5	Црево са спојницом за брзо отпуштање, 600 mm
	2	Црево са спојницом за брзо отпуштање, 1000 mm

Неопходна су следећа подешавања:

- 0Z1 – 6Мра,
- 0V1 – 5Мра.



Слика 161. - Електрично коло

Табела 13. - Листа електричних компоненти

Ознака	Комада	Назив компоненте
	1	Модул са тастерима
	1	Модул са релејима
	1 комплет	Проводници са сигурносним банана утикачима 4 mm
	1	Извор напајања, 24 V DC

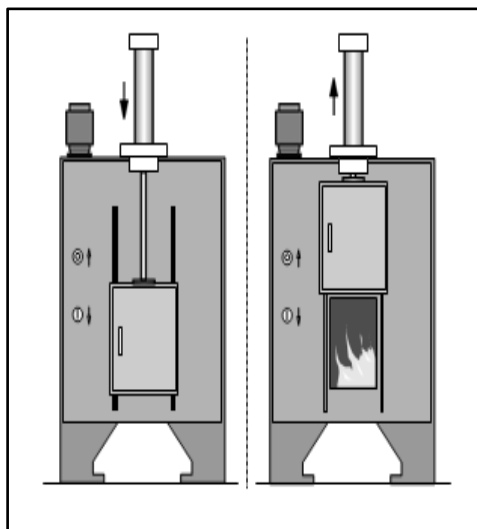
3.7.7. ВЕЖБА 7: КОНТРОЛА ВРАТА

У овој вежби:

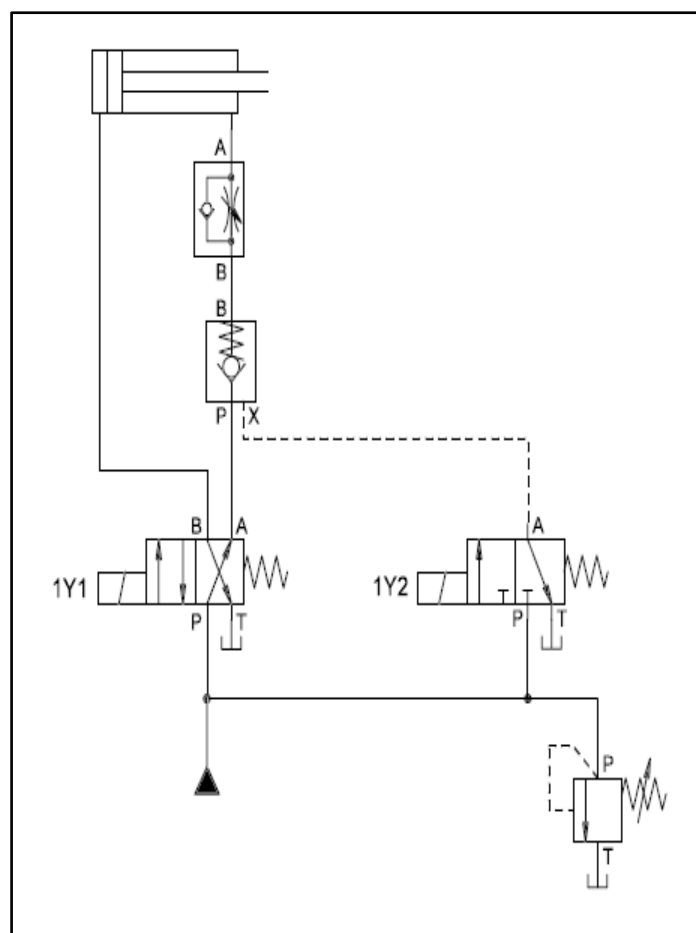
1. Разумевање начина рада пилотираног неповратног вентила.
2. Разумевање електричне блокаде.
3. Разумевање позиционирања цилиндра.
4. Класификација хидрауличних вентила.
5. Разумевање како да користите 4/3 електромагнетни вентил за покретање цилиндра двоструког дејства.
6. Показивање да се 4/3 вентил може користити и као 3/2 вентил.
7. Идентификовање, склапање и процена алтернативног решења.
8. Избор потребних компоненти.
9. Израда и цртање хидрауличних и електричних шема.
10. Монтажа управљачког кола на профилној плочи.
11. Пуштање мехатронског система у рад.
12. Састављање листе компоненти.
13. Подешавање вредности притиска.

Опис вежбе:

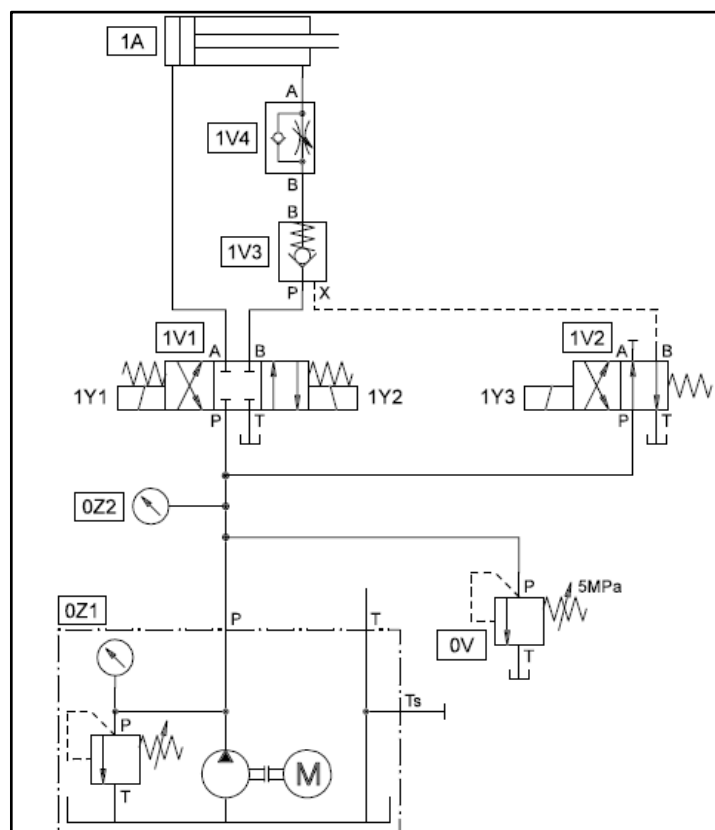
За отварање и затварање врата пећи користи се хидраулични цилиндар двоструког дејства. Треба омогућити да се врата доведу у било који жељени средњи положај. Цилиндар је хидраулички стегнут у свим таквим положајима.



Слика 162. - Скица положаја



Слика 163. - Хидраулично коло



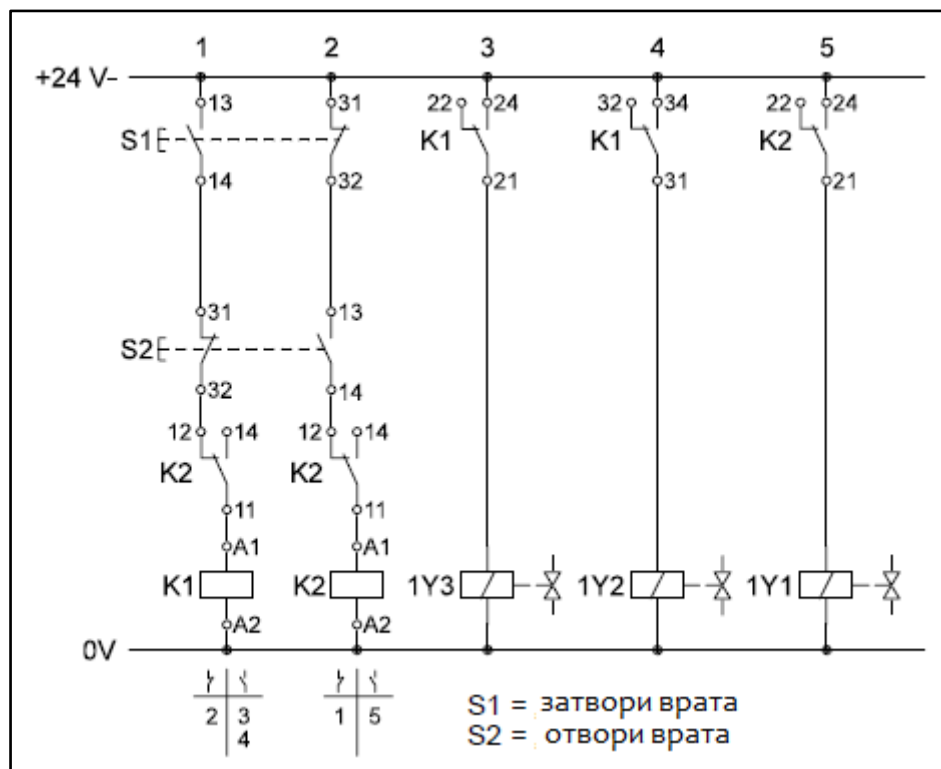
Слика 164. - Хидраулично коло у практичној изведби

Табела 14. - Листа хидрауличних компоненти

Ознака	Комада	Назив компоненте
0Z1	1	Хидраулични агрегат, 2 l/min.
0Z2	1	Манометар
0V	1	Вентил за смањење притиска, растеретни вентил
1V1	1	4/2 електромагнетни вентил, моностабилни
1V2	1	4/3 електромагнетни вентил, бистабилни, затворен у средњој позицији
1V3	1	Неповратни пилот вентил
1V4	1	Пригушно неповратни вентил
1A	1	Цилиндар двосмерног дејства, 16/10/200
	3	Рачва
	6	Црево са спојницом за брзо отпуштање, 600 mm
	3	Црево са спојницом за брзо отпуштање, 1000 mm

Неопходна су следећа подешавања:

- 0Z1 – 6Мра,
- 0V – 4Мра.



Слика 165. - Електрично коло

Табела 15. - Листа електричних компоненти

Ознака	Комада	Назив компоненте
	1	Модул са тастерима
	1	Модул са релејима
	1 комплет	Проводници са сигурносним банана утикачима 4 mm
	1	Извор напајања, 24 V DC

3.7.8 Вежба 8: Уређај за обраду комада

У овој вежби:

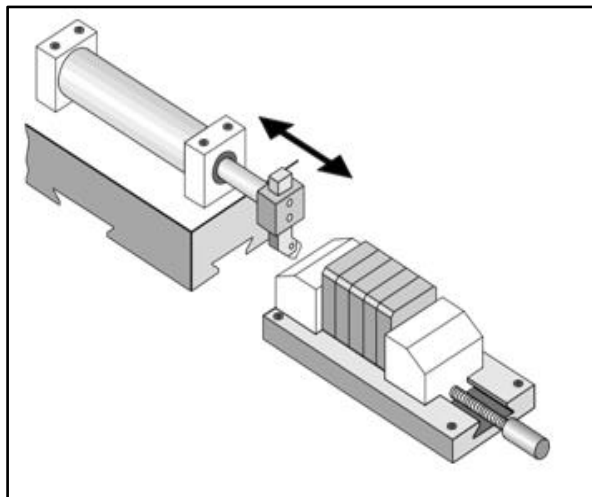
1. Разумевање друге варијанте диференцијалног кола.
2. Разумевање употребе електричних граничних прекидача.
3. Правилна употреба десног и левог крајњег прекидача.
4. Избор потребних компоненти.
5. Израда и цртање хидрауличних и електричних шема.
6. Монтажа управљачког кола на профилној плочи.
7. Пуштање мехатронског система у рад.
8. Састављање листе компоненти.
9. Подешавање вредности притиска.

Опис вежбе:

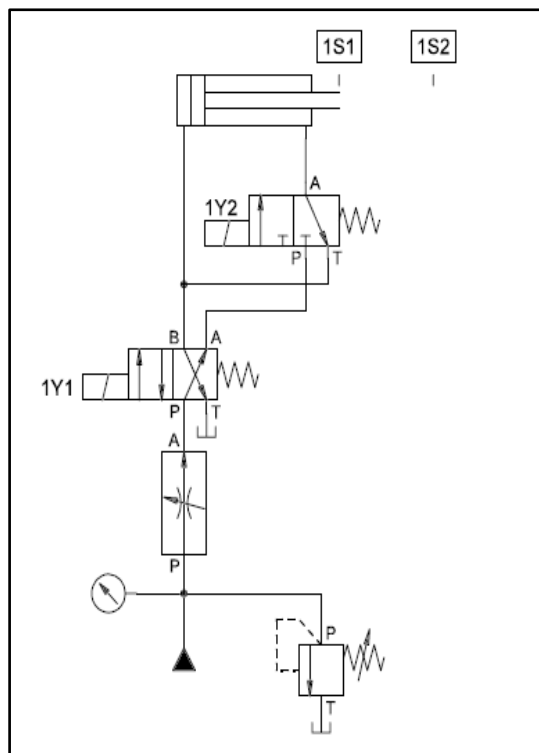
Ивице радних предмета морају бити закошене. Било је потребно смањити време обраде коришћењем побољшаних алата. Брзину напајања због тога треба повећати коришћењем диференцијалног кола.

Стезни уређај може прихватити до 5 радних комада у исто време. Да би се смањио радни ход када је број радних комада мањи од 5, повратни ход цилиндра треба покренути подесивим граничним прекидачем.

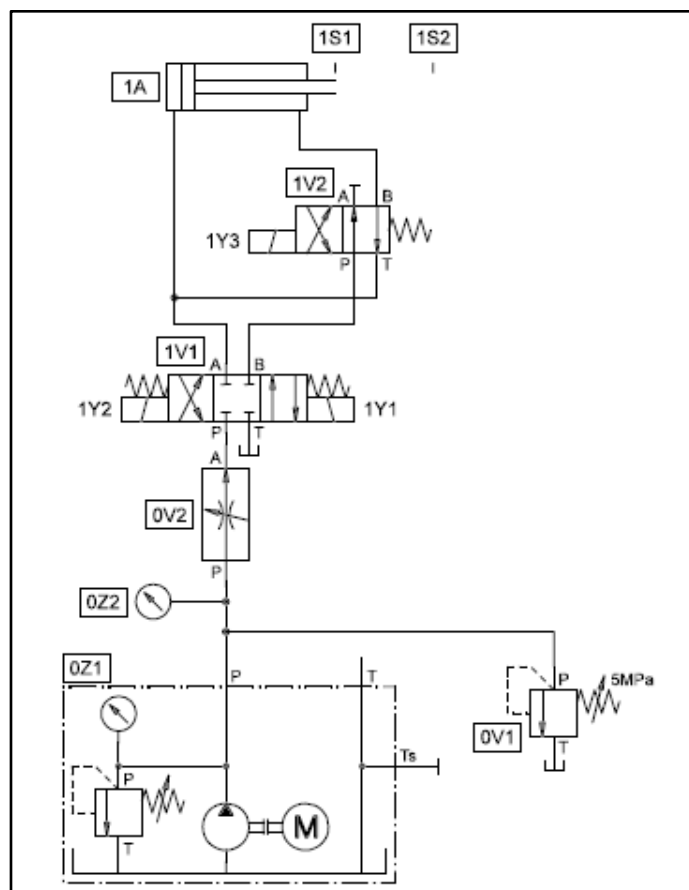
Инсталирајте вентил за контролу протока на одговарајућу тачку у кругу тако да се ефекат диференцијалног кола може јасно видети.



Слика 166. - Скица положаја



Слика 167. - Хидраулично коло



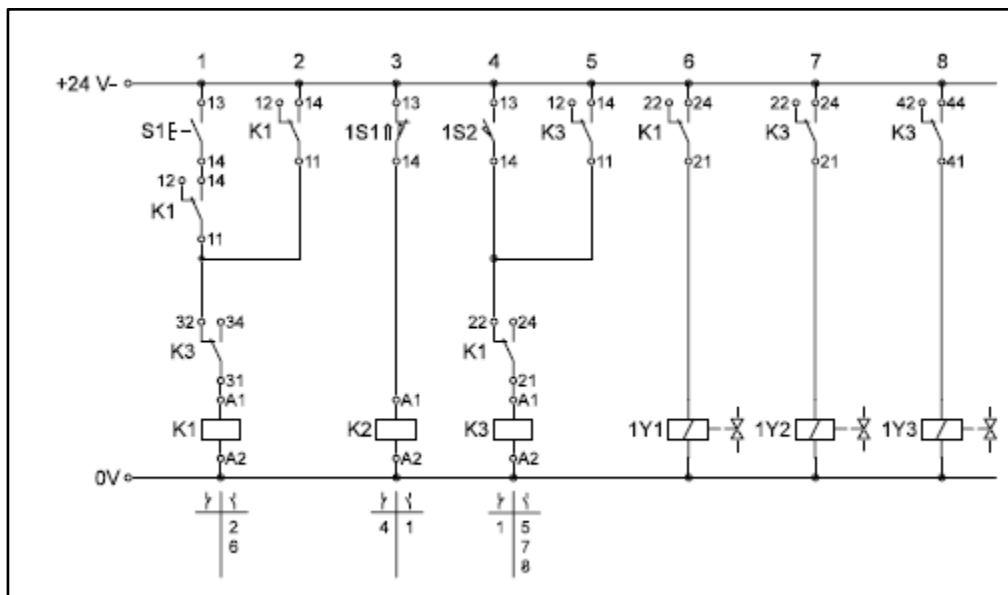
Слика 168. - Хидраулично коло у практичној изведби

Табела 16. - Листа хидрауличних компоненти

Ознака	Комада	Назив компоненте
0Z1	1	Хидраулични агрегат, 2 l/min.
0Z2	1	Манометар
0V1	1	Вентил за смањење притиска, растеретни вентил
0V2	1	Двосмерни вентил за контролу протока
1V1	1	4/3 електромагнетни вентил, бистабилни, затворен у средњој позицији
1V2	1	4/2 електромагнетни вентил, моностабилни
1V3	1	Неповратни пилот вентил
1A	1	Цилиндар двосмерног дејства, 16/10/200
	2	Рачва
	6	Црево са спојницом за брзо отпуштање, 600 mm
	3	Црево са спојницом за брзо отпуштање, 1000 mm

Неопходна су следећа подешавања:

- 0Z1 – 6Мра,
- 0V1 – 5Мра,
- 0V2 – на приближно 1/2 до 1 окретај (да не цури уље на прикључку Т од 0V1 током брзог напредног хода.



Слика 169. - Електрично коло

Табела 17. - Листа електричних компоненти

Ознака	Комада	Назив компоненте
	1	Модул са тастерима
	1	Модул са релејима
	1	Гранични прекидач активиран са леве стране
	1	Гранични прекидач активиран са десне стране
	1 комплет	Проводници са сигурносним банана утикачима 4 mm
	1	Извор напајања, 24 V DC

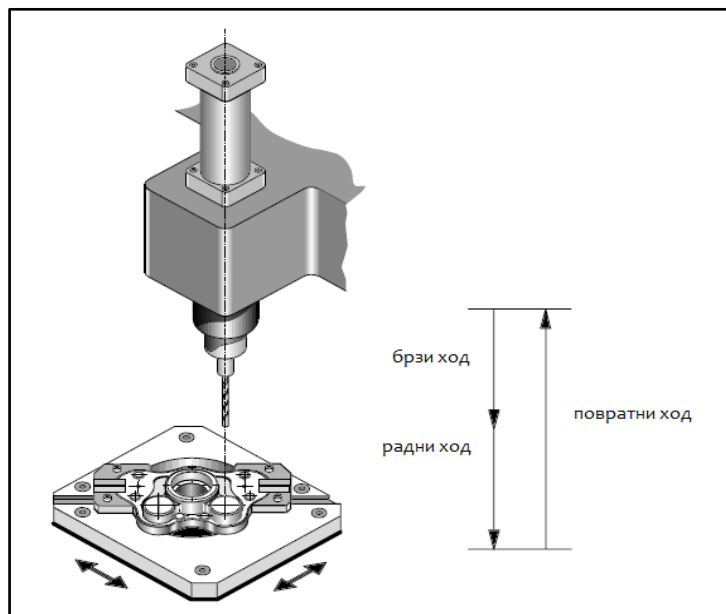
3.7.9. ВЕЖБА 9: БУШИЛИЦА

У овој вежби:

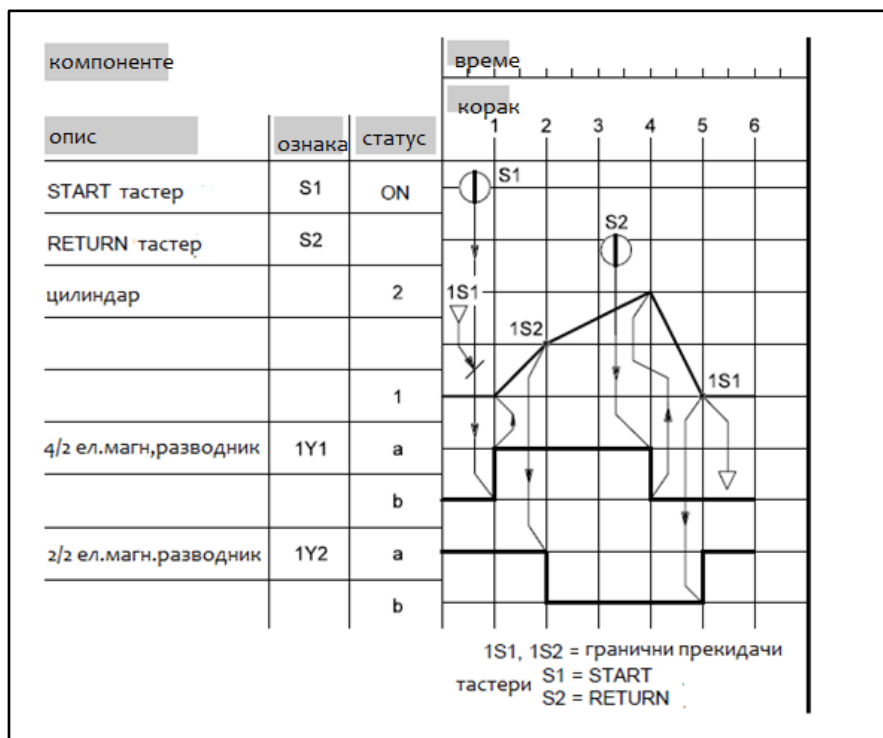
1. Завршетак и разумевање функционалног дијаграма.
2. Разумевање кола брзог кретања.
3. Избор потребних компоненти.
4. Израда и цртање хидрауличних и електричних шема.
5. Монтажа управљачког кола на профилној плочи.
6. Пуштање мехатронског система у рад.
7. Састављање листе компоненти.
8. Подешавање вредности притиска.

Опис вежбе:

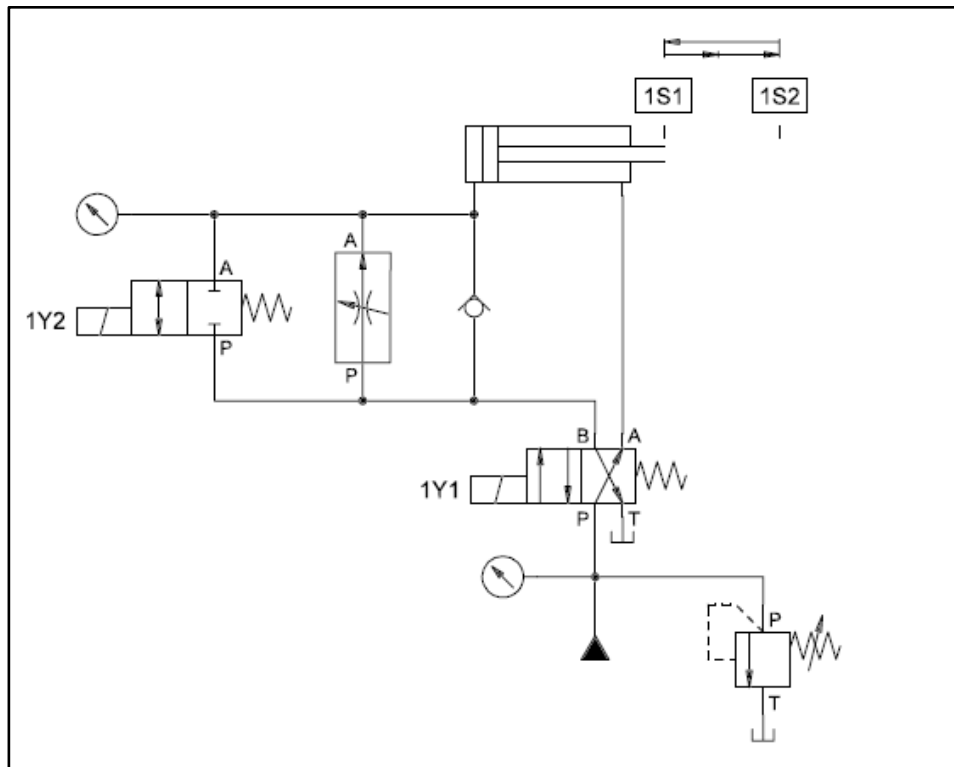
Рад машине за бушење треба да буде аутоматизован. Приликом бушења са бургијама великог пречника, неопходно је постићи константне карактеристике помака и фино подесиву брзину помака. Машина због тога треба да буде опремљена хидрауличним доводом, који мора да обезбеди брзи помак и фино подесиво радно кретање. Повратни ход се покреће притиском на други тастер. Током ове фазе, вентил за контролу протока треба да се заобиђе помоћу неповратног вентила.



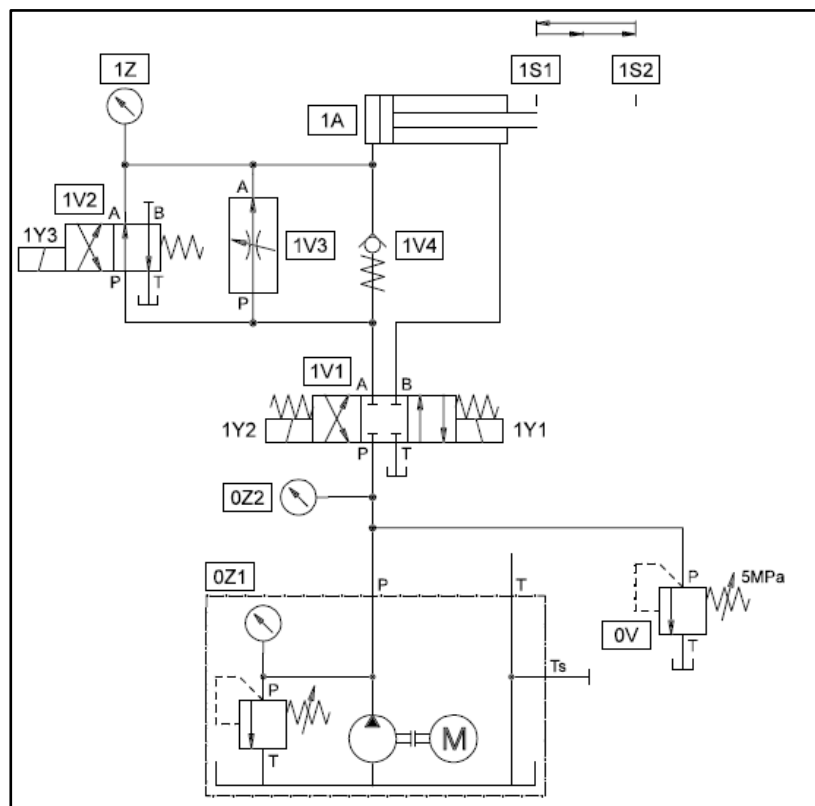
Слика 170. - Скица положаја



Слика 171. - Дијаграм функција



Слика 172. - Хидраулично коло



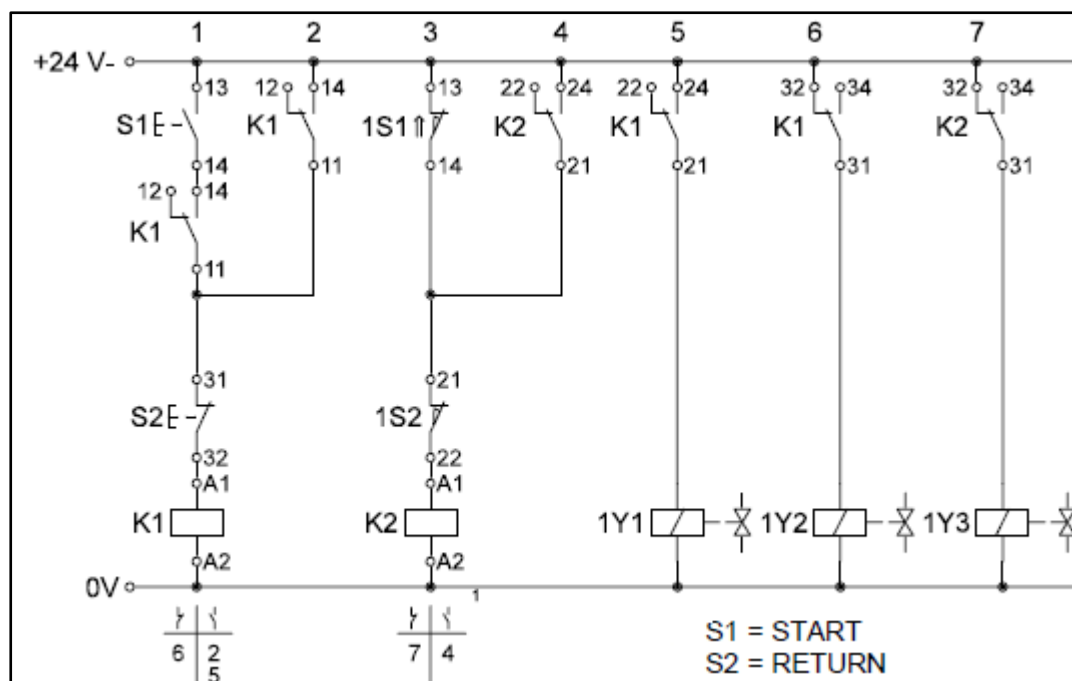
Слика 173. - Хидраулично коло у практичној изведби

Табела 18. - Листа хидрауличних компоненти

Ознака	Комада	Назив компоненте
0Z1	1	Хидраулични агрегат, 2 l/min.
0Z2,1 Z	2	Манометар
0V	1	Вентил за смањење притиска, растеретни вентил
1V1	1	4/3 електромагнетни вентил, бистабилни, затворен у средњој позицији
1V2	1	4/2 електромагнетни вентил, моностабилни
1V3	1	Двосмерни вентил за контролу протока
1V4	1	Неповратни пилот вентил
1A	1	Цилиндар двосмерног дејства, 16/10/200
	7	Рачва
	7	Црево са спојницом за брзо отпуштање, 600 mm
	4	Црево са спојницом за брзо отпуштање, 1000 mm

Неопходна су следећа подешавања:

- 0Z1 – 6Mpa,
- 0V – 5Mpa.



Слика 174. - Електрично коло

Табела 19. - Листа електричних компоненти

Ознака	Комада	Назив компоненте
	1	Модул са тастерима
	1	Модул са релејима
	1	Гранични прекидач активиран са леве стране
	1	Гранични прекидач активиран са десне стране
	1 комплет	Проводници са сигурносним банана утикачима 4 mm
	1	Извор напајања, 24 V DC

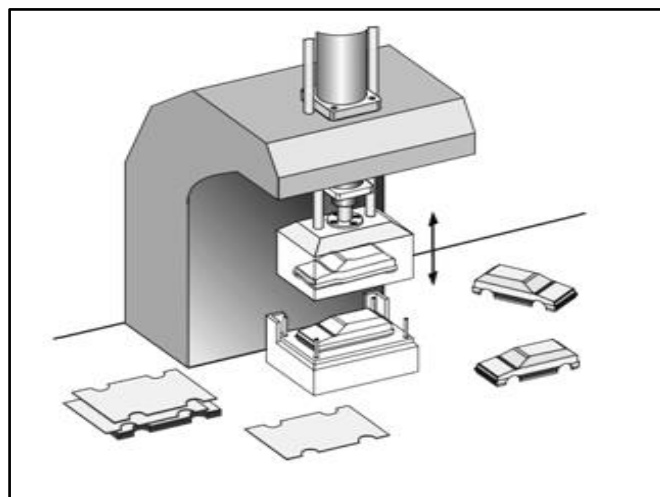
3.7.10. ВЕЖБА 10: ПРЕСА ЗА ОБЛИКОВАЊЕ РАДНИХ ПРЕДМЕТА

У овој вежби:

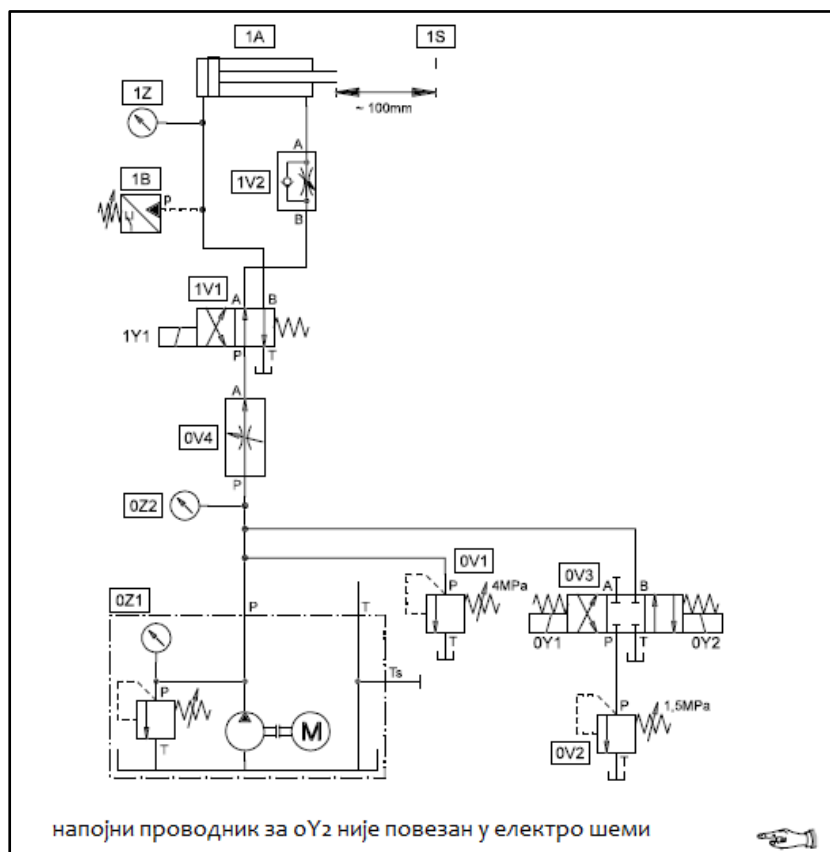
1. Монтажа регулатора притиска са граничним прекидачем и пресостатом.
2. Избор потребних компоненти.
3. Израда и цртање хидрауличних и електричних шема.
4. Монтажа управљачког кола на профилној плочи.
5. Пуштање у рад мехатронског система.
6. Разумевање да је неопходно унапред подесити компоненте пре него што се напајање укључи.
7. Разумевање да се пуштање у рад може извршити у фазама.
8. Састављање листе компоненти.

Опис вежбе:

За обликовање радних предмета користи се хидраулична преса. Почетни притисак од „P1” = 1,5 МПа (= 15 бара) се користи за споро обликовање материјала. Након хода пресе од прибл. 100 mm, мора се извршити преклоп у функцији положаја на виши притисак од „P2” = 4 МПа (= 40 бара). Након завршетка операције пресовања, притисак расте до максималне вредности подешене на пресостату, „P3” = 5 МПа (= 50 бара). Када се достигне ова вредност, прекидач притиска покреће повратни ход пресе. Проток треба подесити помоћу вентила за контролу протока.



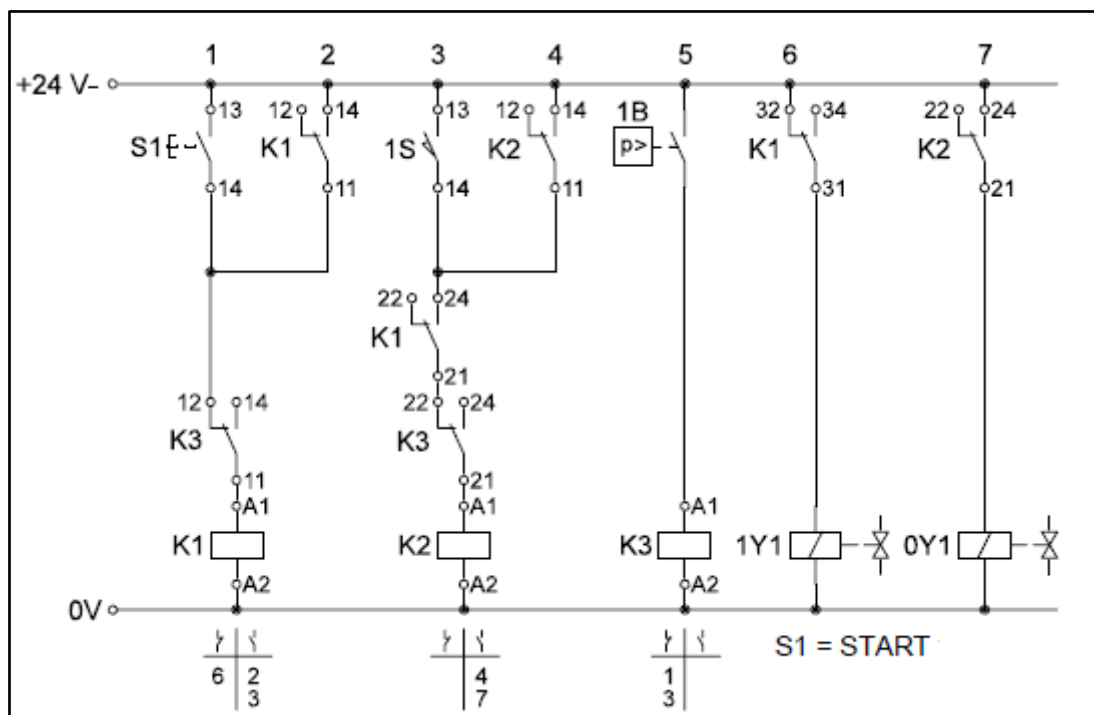
Слика 175. - Скица положаја



Слика 177. - Хидраулично коло у практичној изведби

Табела 22. - Листа хидрауличних компоненти

Ознака	Комада	Назив компоненте
0Z1	1	Хидраулични агрегат, 2 л/мин
0Z2, 1 Z	2	Манометар
0V1, 0V2	2	Вентил за смањење притиска, растеретни вентил
0V3	1	4/3 електромагнетни вентил, бистабилни, затворен у средњој позицији
0V4	1	4/2 електромагнетни вентил, моностабилни
1V1	1	Двосмерни вентил за контролу протока
1V2	1	Пригушно неповратни вентил
1B	1	Механички сензор притиска, прекидач притиска
1A	1	Цилиндар двосмерног дејства, 16/10/200
	3	Рачва
	5	Црево са спојницом за брзо отпуштање, 600 mm
	3	Црево са спојницом за брзо отпуштање, 1000 mm



Слика 178. - Електрично коло у практичној изведби

Табела 23. - Листа електричних компоненти

Ознака	Комада	Назив компоненте
	1	Модул са тастерима
	1	Модул са релејима
	1	Гранични прекидач активиран са десне стране
	1 комплет	Проводници са сигурносним банава утикачима 4 mm
	1	Извор напајања, 24 V DC

3.7.11. ВЕЖБА 11: УРЕЂАЈ ЗА ИЗБАЦИВАЊЕ ПРЕСОВАНИХ ОТКОВАКА

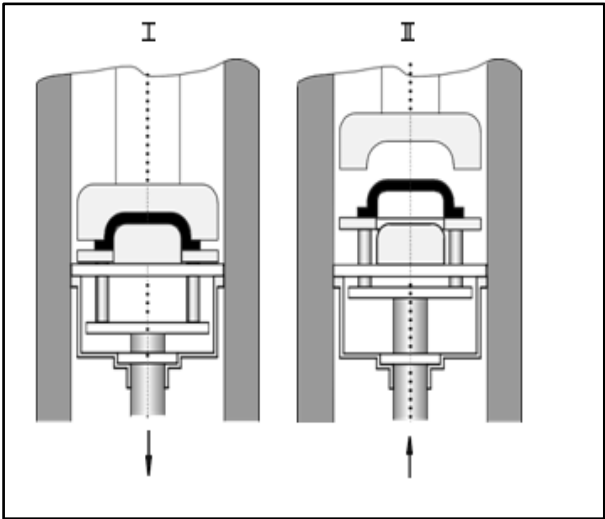
У овој вежби:

1. Завршавање и читање функционалног дијаграма.
2. Разумевање начина на који се може обезбедити бајпас пумпе без притиска.
3. Избор потребних компоненти.
4. Израда и цртање хидрауличних и електричних шема.
5. Монтажа управљачког кола на профилној плочи.
6. Пуштање мехатронског система у рад.
7. Састављање листе компоненти.
8. Подешавање вредности притиска.

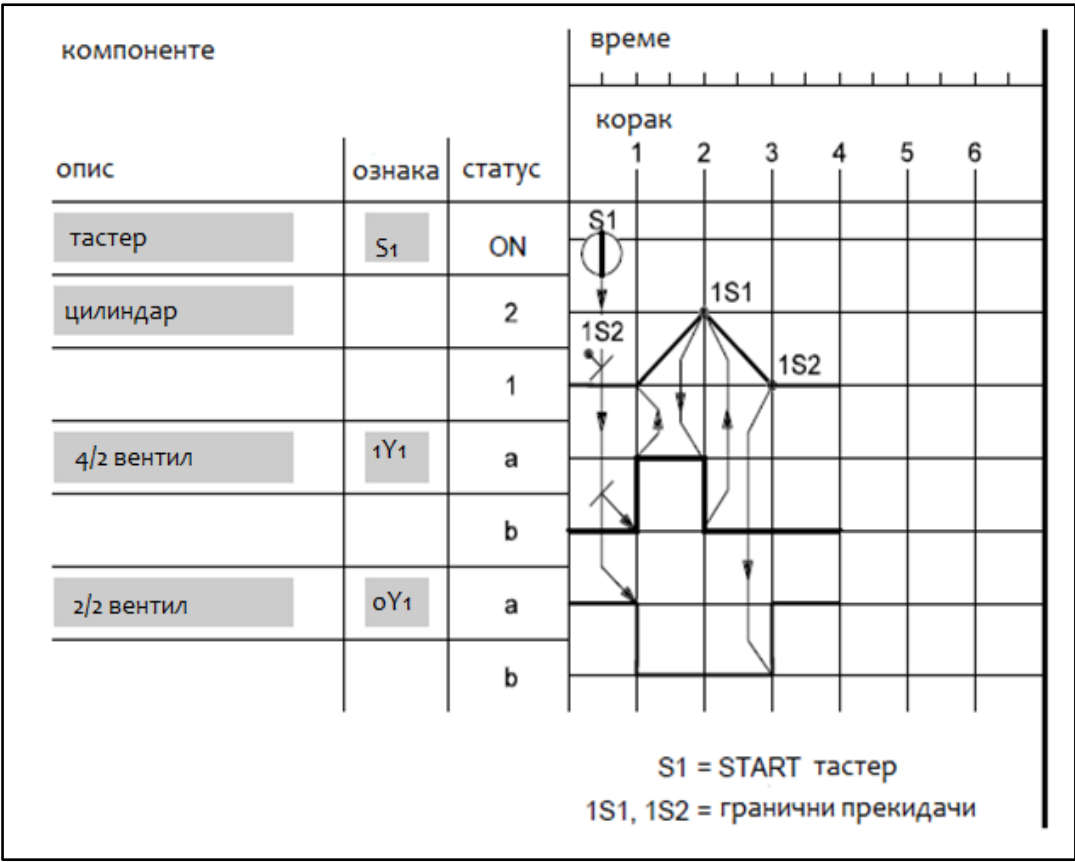
Опис вежбе:

Хидраулични цилиндар двоструког дејства се користи за избацивање пресованих отковака.

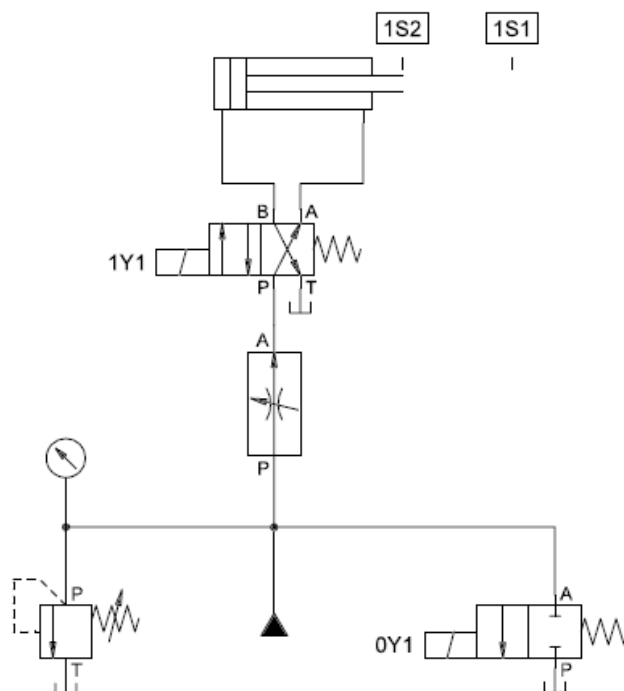
Време хлађења отковака је значајно повећано због чињенице да се сада користи другачији материјал. Да би се спречило непотребно повећање температуре хидрауличног флуида, коло се мора пребацити на бајпас пумпе без притиска након операције избацивања



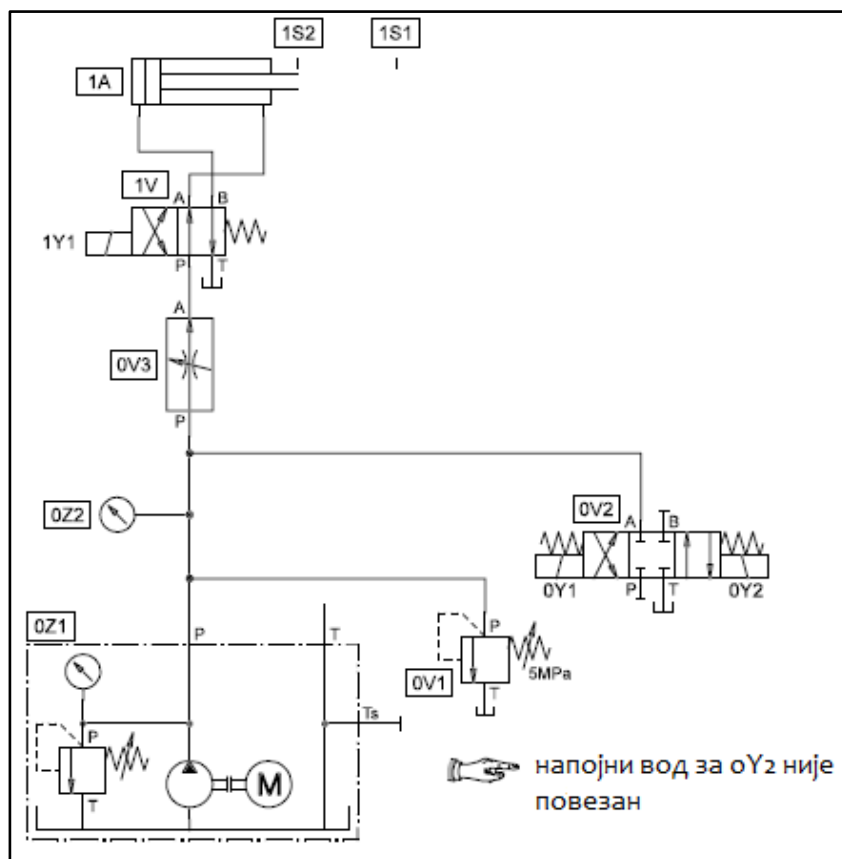
Слика 179. - Скица положаја



Слика 180. - Дијаграм функција



Слика 181. - Хидраулично коло



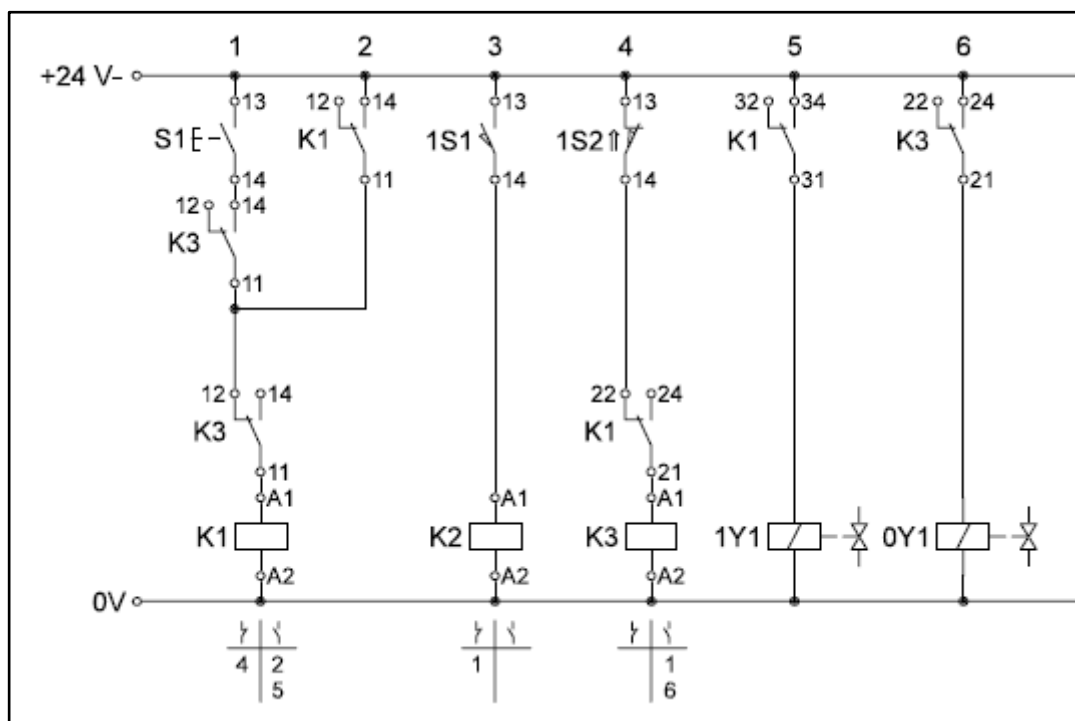
Слика 182. - Хидраулично коло у практичној изведби

Табела 24. - Листа хидрауличних компоненти

Ознака	Комада	Назив компоненте
0Z1	1	Хидраулични агрегат, 2 l/min.
0Z2	1	Манометар
0V1	1	Вентил за смањење притиска, растеретни вентил
0V2	1	4/3 електромагнетни вентил, бистабилни, затворен у средњој позицији
0V3	1	Двосмерни вентил за контролу протока
1V	1	4/2 електромагнетни вентил, моностабилни
1A	1	Цилиндар двосмерног дејства, 16/10/200
	4	Рачва
	5	Црево са спојницом за брзо отпуштање, 600 mm
	3	Црево са спојницом за брзо отпуштање, 1000 mm

Неопходна су следећа подешавања:

- 0Z1 – 6Мра,
- 0V1 – 5Мра,
- 0V3 – отворити 2 окрета.



Слика 183. - Електрично коло у практичној изведби

Табела 25. - Листа електричних компоненти

Ознака	Комада	Назив компоненте
	1	Модул са тастерима
	1	Модул са релејима
	1	Гранични прекидач активиран са леве стране
	1	Гранични прекидач активиран са десне стране
	1 комплет	Проводници са сигурносним банаана утикачима 4 mm
	1	Извор напајања, 24 V DC

3.7.12. ВЕЖБА 12: УРЕЂАЈ ЗА МОНТАЖУ

У овој вежби:

1. Израда функционалног дијаграма од стране полазника.
2. Употреба 4/2 електромагнетног вентила за активирање хидрауличног мотора.
3. Монтажа контроле секвенце зависне од притиска са два актуатора.
4. Избор потребних компоненти.
5. Израда и цртање хидрауличних и електричних шема.
6. Монтажа управљачког кола на профилној плочи.
7. Пуштање мехатронског система у рад.
8. Састављање листе компоненти.
9. Подешавање вредности притиска.

Опис вежбе:

Уређај за монтажу се користи за утискивање пластичне чауре у челични радни комад. Затим се убацује завртањ да би се учврстила веза.

Када се притисне тастер „START”, S1, цилиндар двосмерног дејства 1А притиска пластичну чауру у челични радни предмет. Када притисак у клипној комори цилиндра пресе достигне 2,5 МПа (25 бара), навојно вретено хоризонталног хидрауличног мотора 2М урезује леви навој крупног корака.

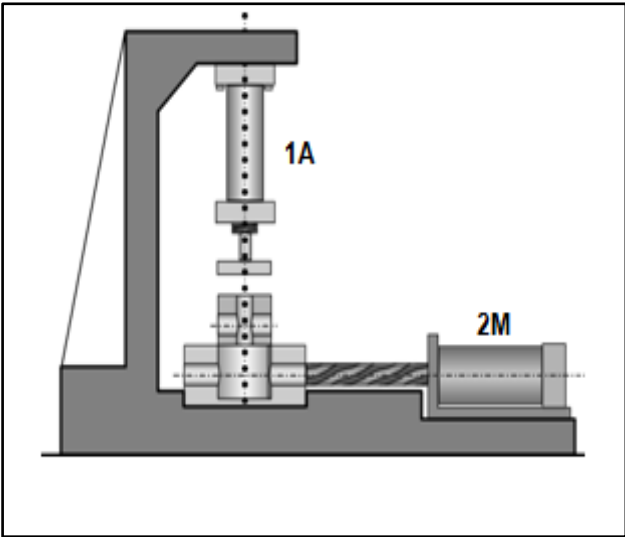
Када се притисне прекидач „RETURN”, S2, цилиндар 1А се увлачи и мотор М се зауставља.

Клип цилиндра се не сме извлачити када је хидраулични агрегат искључен.

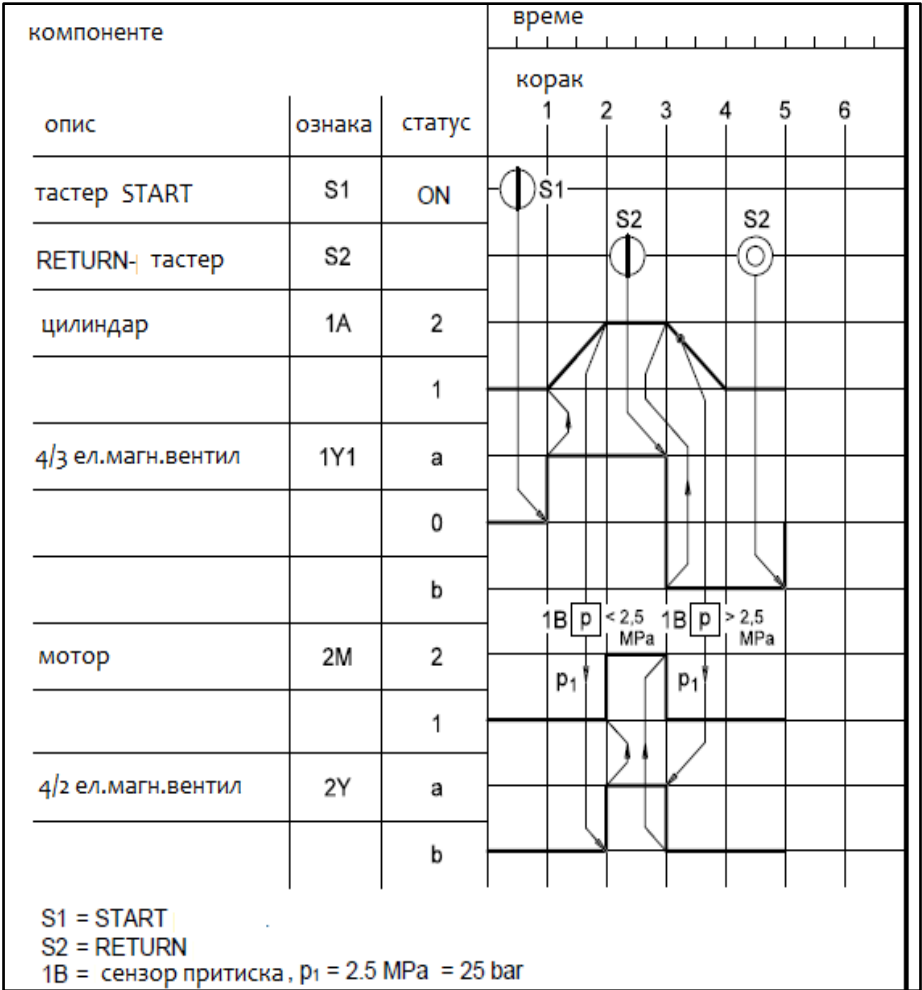
Морају се предузети мере како би се осигурало да се мотор ни под којим околностима не може окретати у смеру казаљке на сату.

Брзина кретања цилиндра за пресовање мора бити подесива.

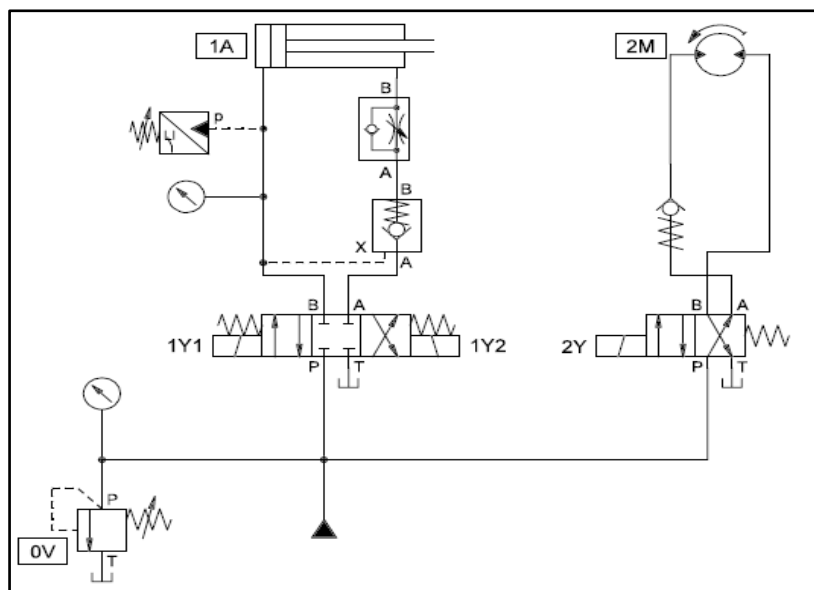
Визуелни индикатор мора показати положај укључености прекидача „RETURN”, S2. Визуелни индикатор не сме да се угаси, дозвољавајући поновно покретање, све док је прекидач укључен.



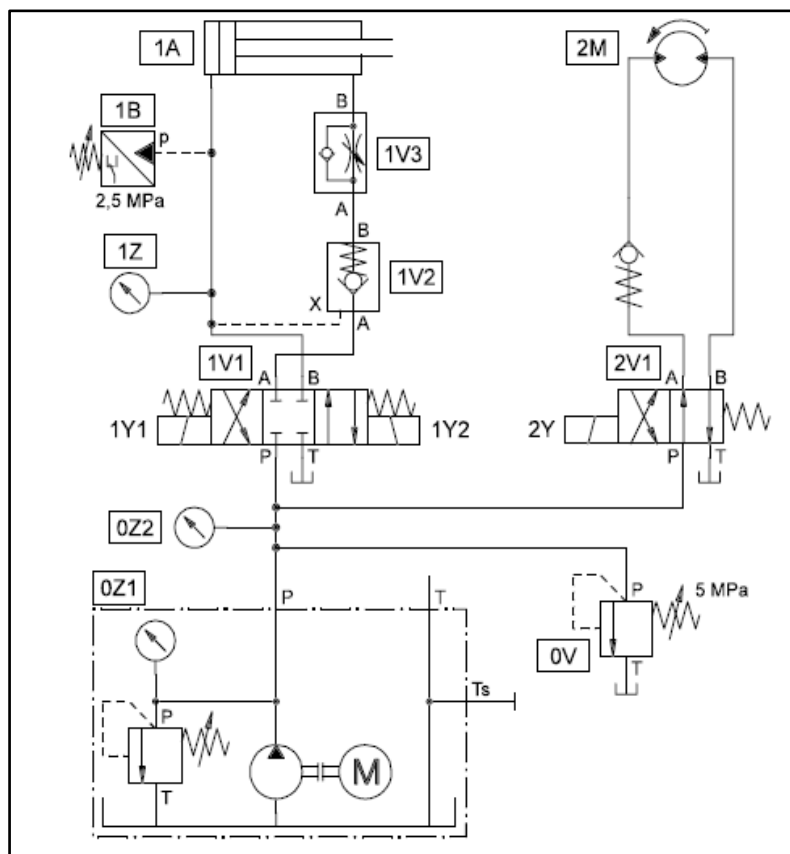
Слика 184. - Скица положаја



Слика 185. - Дијаграм функција



Слика 186. - Хидраулично коло



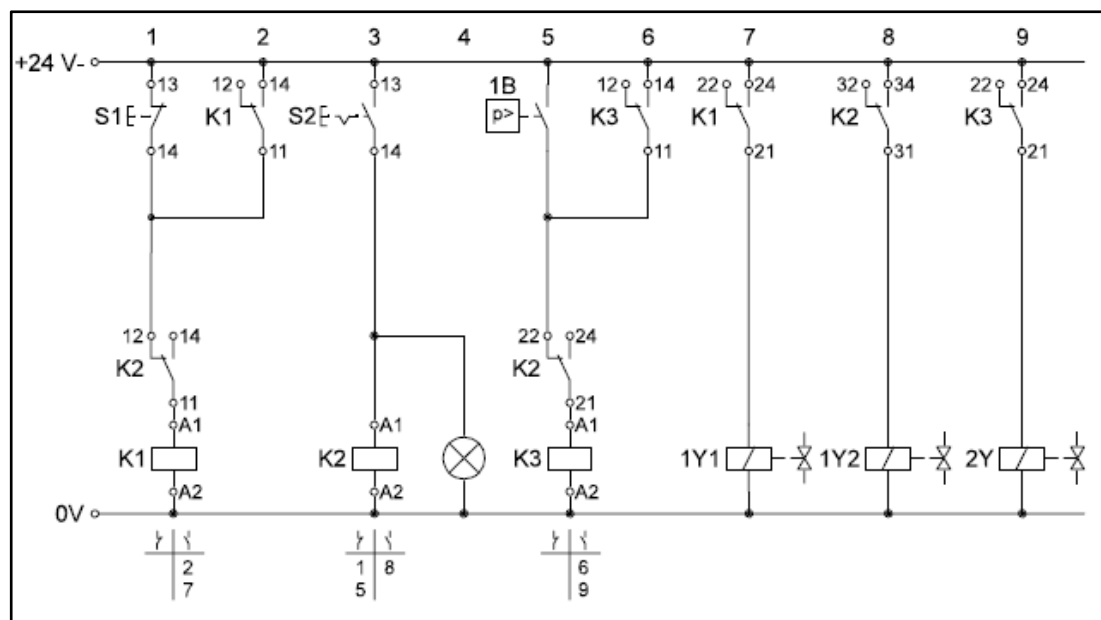
Слика 187. - Хидраулично коло у практичној изведби

Неопходна су следећа подешавања:

- 0Z1 – 6Мпа,
- 0V1 – 5Мпа,
- 1B – 2.5Мпа.

Табела 26. - Листа хидрауличних компоненти

Ознака	Комада	Назив компоненте
0Z1	1	Хидраулични агрегат, 2 l/min.
0Z2,1Z	2	Манометар
0V	1	Вентил за смањење притиска, растеретни вентил
1V1	1	4/3 електромагнетни вентил, бистабилни, затворен у средњој позицији
1V2	1	Неповратни пилот вентил
1V3	1	Пригушно неповратни вентил
1B	1	Сензор притиска, прекидач притиска
1A	1	Цилиндар двосмерног дејства, 16/10/200
2V1	1	4/2 електромагнетни вентил, моностабилни
2V1	1	Неповратни вентил, 5бара
2M	1	Хидраулични мотор 8l/min.
	5	Рачва
	8	Црево са спојницом за брзо отпуштање, 600 mm
	4	Црево са спојницом за брзо отпуштање, 1000 mm



Слика 188. - Електрично коло у практичној изведби

Табела 27. - Листа електричних компоненти

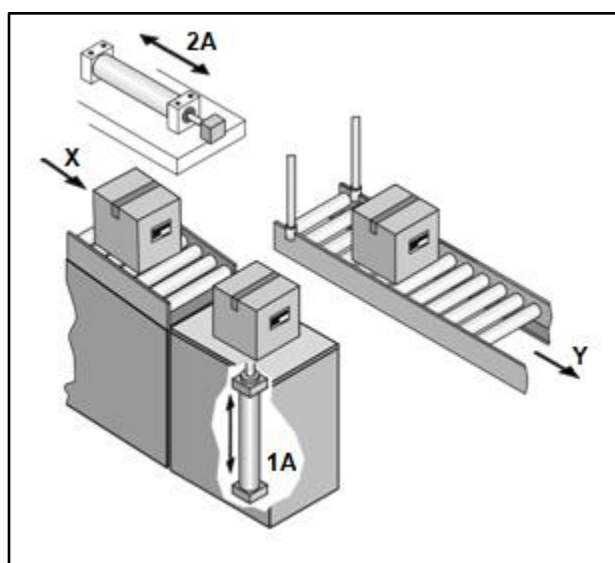
Ознака	Комада	Назив компоненте
	1	Модул са тастерима
	1	Модул са релејима
	1	Модул са сијалицама-индикаторима
	1 комплет	Проводници са сигурносним банаана утикачима 4 mm
	1	Извор напајања, 24 V DC

3.7.13. ВЕЖБА 13: УРЕЂАЈ ЗА ПОДИЗАЊЕ ПАКЕТА**У овој вежби:**

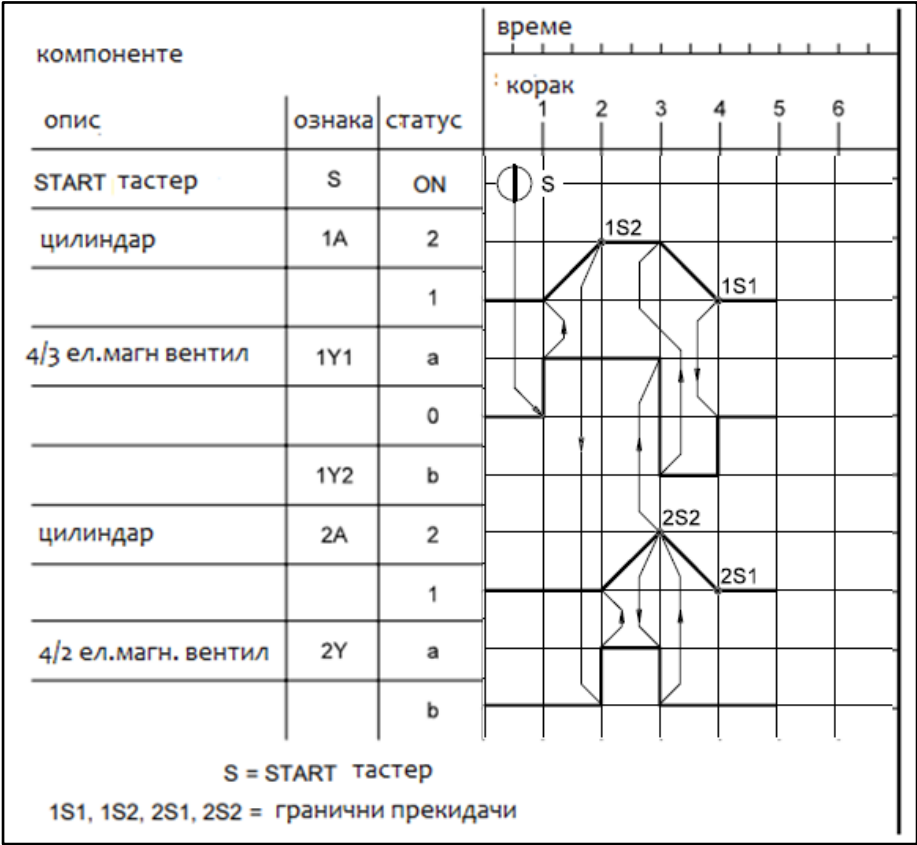
1. Монтажа позиционо-зависног регулационог кола са два цилиндра.
2. Израда функционалног дијаграма од стране полазника.
3. Избор потребних компоненти.
4. Израда и цртање хидрауличних и електричних шема.
5. Монтажа управљачког кола на профилној плочи.
6. Пуштање мехатронског система у рад.
7. Састављање листе компоненти.
8. Подешавање вредности притиска.

Опис вежбе:

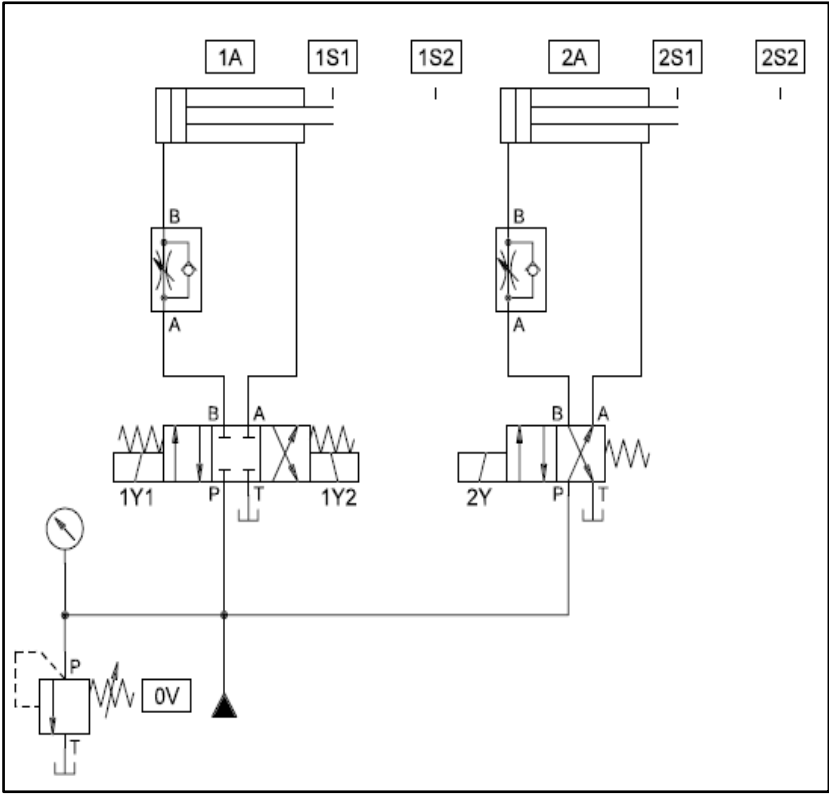
Пакети стижу помоћу ваљкастог транспортера X и подижу се цилиндром 1A. Цилиндар 2A затим избацује пакете на ваљкасти транспортер Y за даљи транспорт. Након тога, два цилиндра двоструког дејства се враћају у своје почетне положаје.



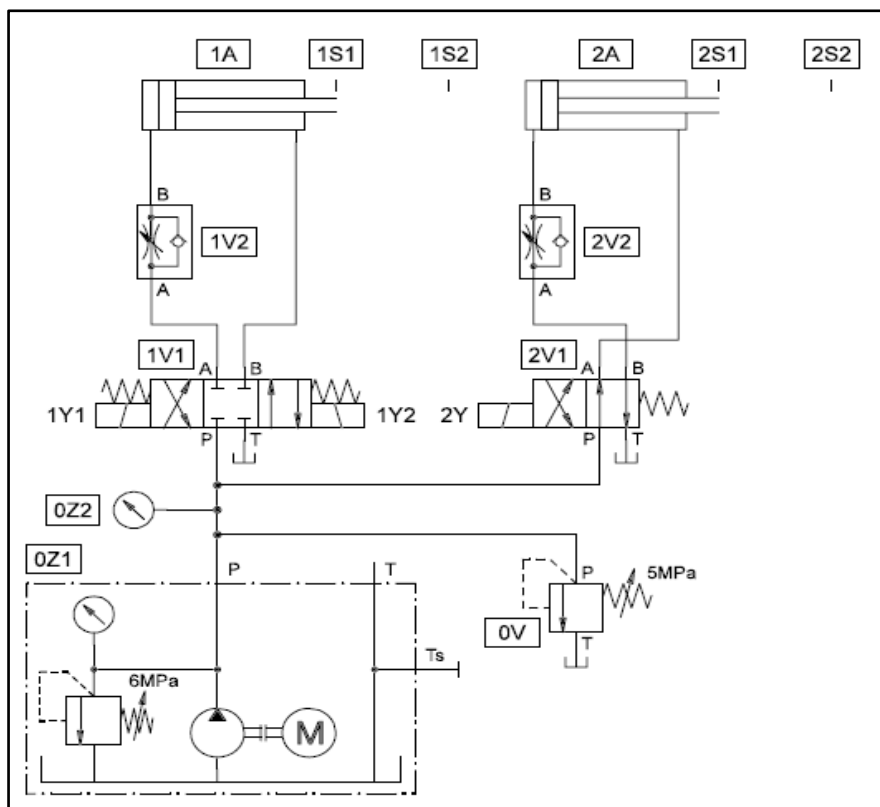
Слика 189. - Скица положаја



Слика 190. - Дијаграм функција



Слика 191. - Хидраулично коло



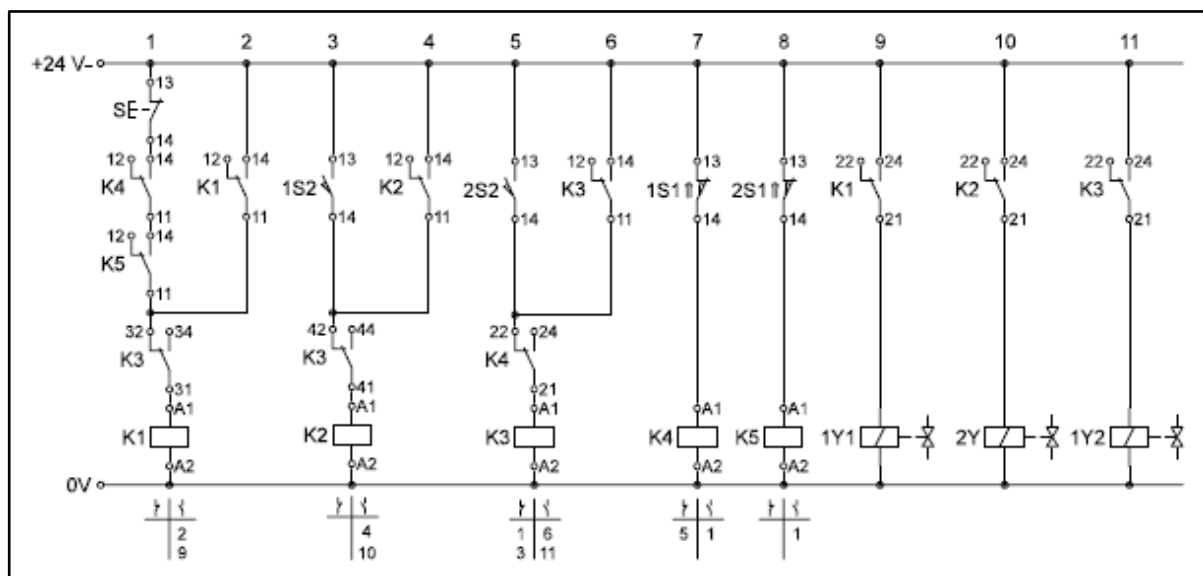
Слика 192. - Хидраулично коло у практичној изведби

Неопходна су следећа подешавања:

- 0Z1 – 6Мра,
- 0V – 4Мра,
- 1V2 – по жељи

Табела 28. - Листа хидрауличних компоненти

Ознака	Комада	Назив компоненте
0Z1	1	Хидраулични агрегат, 2 l/min.
0Z2	1	Манометар
0V	1	Вентил за смањење притиска, растеретни вентил
1V1	1	4/3 електромагнетни вентил, бистабилни, затворен у средњој позицији
1V2,1V3	2	Пригушно неповратни вентил
1A, 2A	2	Цилиндар двосмерног дејства, 16/10/200
2V1	1	4/2 електромагнетни вентил, моностабилни
	4	Рачва
	8	Црево са спојницом за брзо отпуштање, 600 mm
	4	Црево са спојницом за брзо отпуштање, 1000 mm



Слика 193. - Електрично коло у практичној изведби

Табела 29. - Листа електричних компоненти

Ознака	Комада	Назив компоненте
	1	Модул са тастерима
	1	Модул са релејима
	2	Гранични прекидач активиран са леве стране
	2	Гранични прекидач активиран са десне стране
	1 комплет	Проводници са сигурносним банава утикачима 4 mm
	1	Извор напајања, 24 V DC

3.8. ВЕЖБЕ ИЗ ЕЛЕКТРОПНЕУМАТИКЕ

3.8.1. ВЕЖБА БРОЈ 1: ХОРИЗОНТАЛНО ПРЕМЕСТАЊЕ ТЕРЕТА

У овој вежби:

1. Разумевање индиректног активирања управљачког кола.
2. Активирање цилиндра двоструког дејства помоћу 5/2 бистабилног електромагнетног вентила.
3. Разумевање употребе улазне јединице за електрични сигнал.
4. Избор потребних компоненти.
5. Израда и цртање пнеуматских и електричних шема.
6. Разумевање доступних варијанти за монтажу компоненти на профилну плочу односно монтажне компоненте у монтажни оквир.
7. Рад са пнеуматским цревима.
8. Повезивање електричних проводника у складу са електричним колом.
9. Пуштање у рад мехатронског система.

Опис рада уређаја:

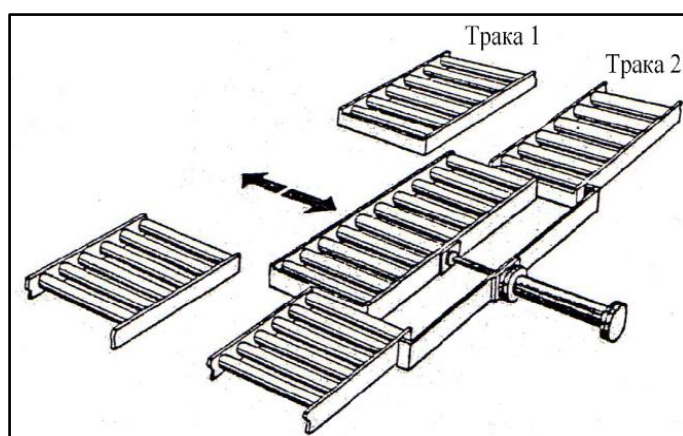
Притиском на тастер T_1 клип цилиндра двостраног дејства треба да се извуче и премести терет на траку 1. Овај положај треба да се задржи све док се не притисне тастер T_2 и клип се врати назад ка траци 2. Предвидети могућност регулације брзине кретања клипа у обе стране.

Задатак вежбе:

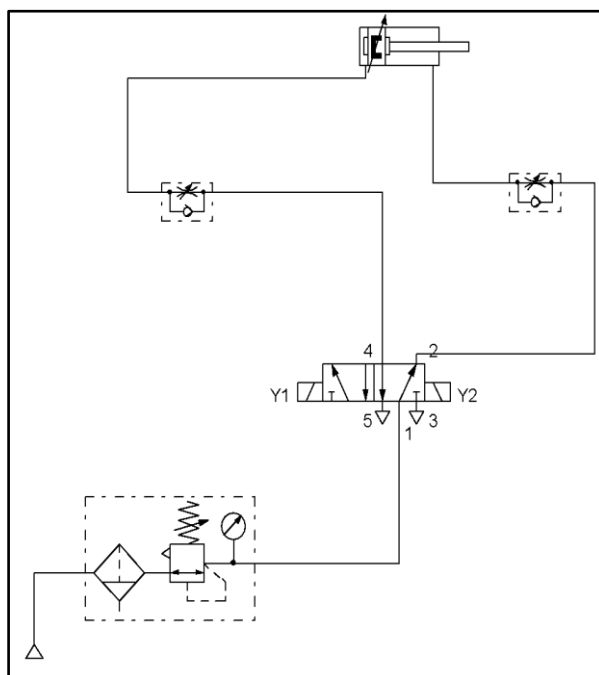
На основу описа рада уређаја нацртати пнеуматску шему, електричну шему управљања и извршити симулацију на рачунару.

Након провере функционисања изабрати елементе и извршити њихово повезивање на дидактичком столу.

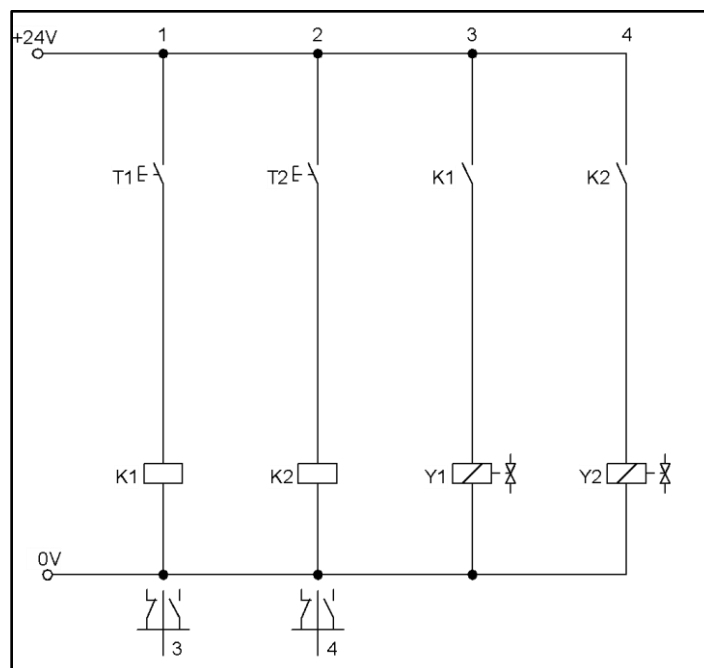
Уз присуство реализатора обуке извршити укључивање.



Слика 194. - Скица положаја



Слика 195. - Пнеуматско коло



Слика 196. - Електрично коло

3.8.2. ВЕЖБА БРОЈ 2: ДОТУР МАТЕРИЈАЛА

У овој вежби:

1. Разумевање логичког ИЛИ кола.
2. Активирање цилиндра двоструког дејства помоћу бистабилног 5/2 електромагнетног вентила.
3. Разумевање монтаже граничног прекидача.
4. Избор потребних компоненти.
5. Израда и цртање пнеуматских и електричних шема.
6. Разумевање доступних варијанти за монтажу компоненти на профилну плочу, односно монтажне компоненте у монтажни оквир.
7. Рад са пнеуматским цревима.
8. Повезивање електричних проводника у складу са електричним колом.
9. Пуштање у рад мехатронског система.

Опис рада уређаја:

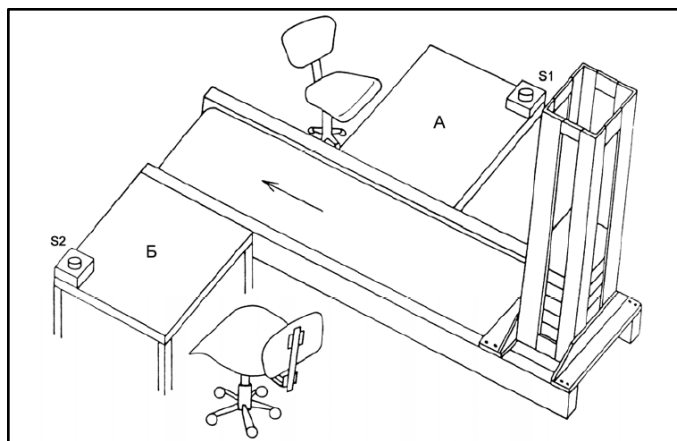
Поред транспортне траке, са сваке стране се налази по једно радно место. Пребацивање предмета на траку из гравитационог магацина постиже се притиском на тастер 1 (радno место А) или на тастер 2 (радno место Б). Повратно кретање клипа изводи се аутоматски после достизања крајњег положаја. Предвидети могућност регулације брзине кретања клипа у обе стране.

Задатак вежбе:

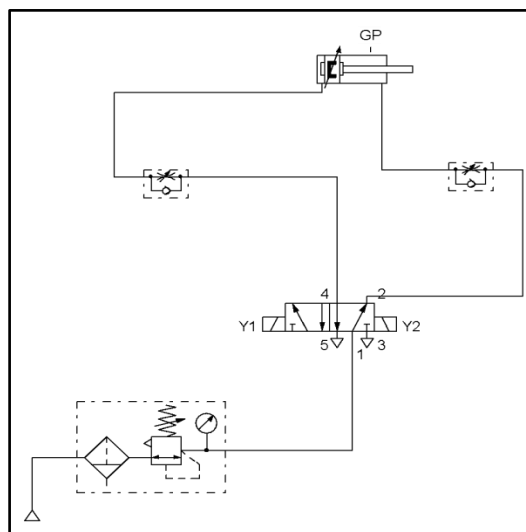
На основу описа рада уређаја нацртати пнеуматску шему, електричну шему управљања и извршити симулацију на рачунару.

Након провере функционисања изабрати елементе и извршити њихово повезивање на дидактичком столу.

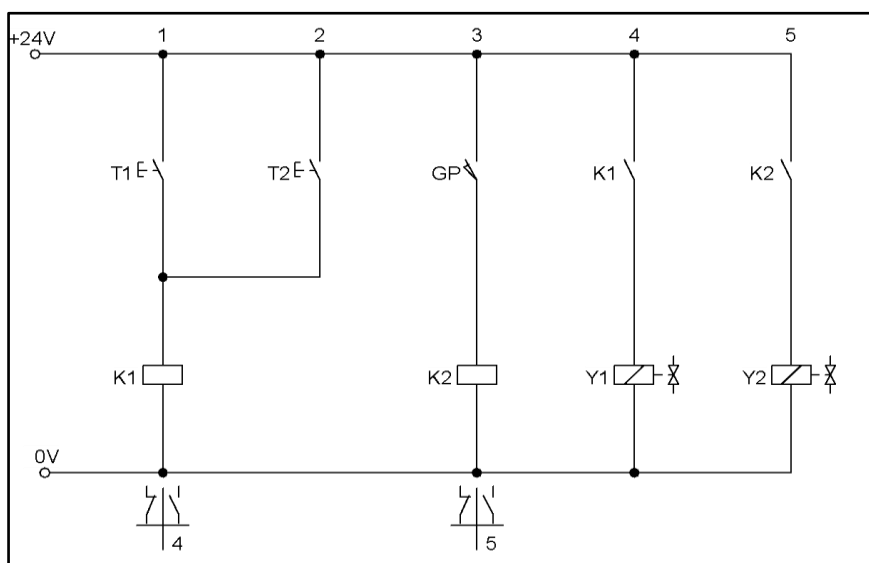
Уз присуство реализатора обуке извршити укључивање.



Слика 197. - Скица положаја



Слика 198. - Пнеуматско коло



Слика 199. - Електрично коло

3.8.3. ВЕЖБА БРОЈ 3: ПРЕСА

У овој вежби:

1. Разумевање логичког И кола.
2. Активирање цилиндра двоструког дејства помоћу 5/2 бистабилног електромагнетног вентила.
3. Разумевање монтаже граничног прекидача.
4. Избор потребних компоненти.
5. Израда и цртање пнеуматских и електричних шема.
6. Разумевање доступних варијанти за монтажу компоненти на профилну плочу односно монтажне компоненте у монтажни оквир.
7. Рад са пнеуматским цревима.
8. Повезивање електричних проводника у складу са електричним колом.
9. Пуштање у рад мехатронског система.

Опис рада уређаја:

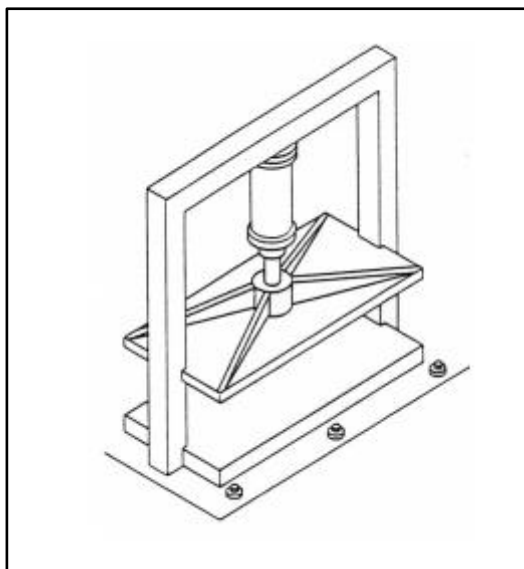
Покретање клипа цилиндра двосмерног дејства остварује се истовременим притиском на два тастера. Клип цилиндра се враћа аутоматски после достизања крајњег положаја. Предвидети могућност регулације брзине кретања клипа у обе стране.

Задатак вежбе:

На основу описа рада уређаја нацртати пнеуматску шему, електричну шему управљања и извршити симулацију на рачунару.

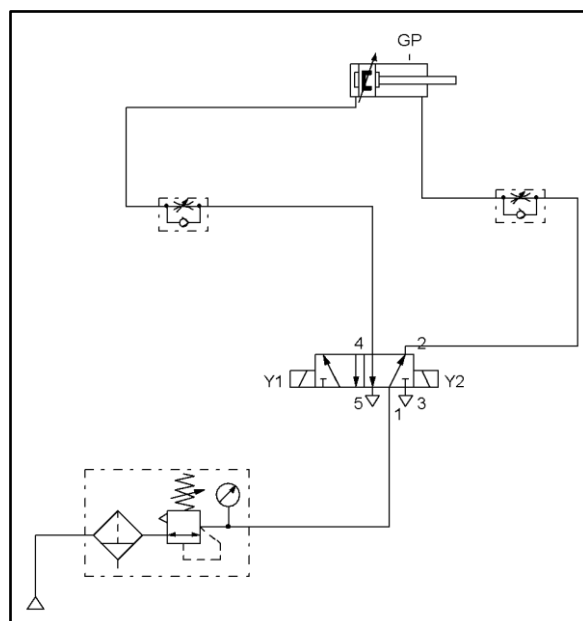
Након провере функционисања изабрати елементе и извршити њихово повезивање на дидактичком столу.

Уз присуство реализатора обуке извршити укључивање.

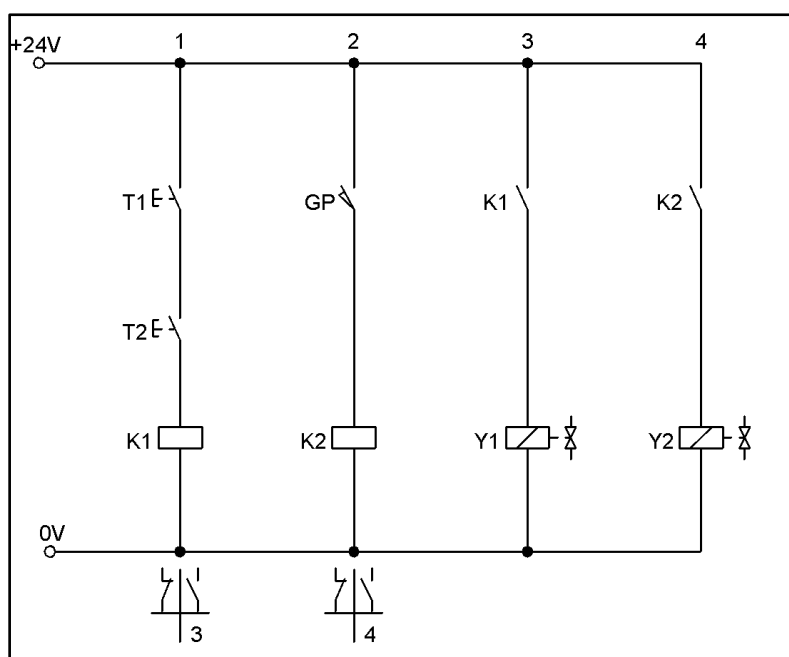


Слика 20. - Скица положаја

Допуните пнеуматско и електрично коло и и означите компоненте.



Слика 201. - Пнеуматско коло



Слика 202. - Електрично коло

3.8.4. ВЕЖБА БРОЈ 4: УРЕЂАЈ ЗА ЛЕПЉЕЊЕ

У овој вежби:

1. Разумевање улоге временског релеја у управљачком колу.
2. Активирање цилиндра двоструког дејства помоћу 5/2 бистабилног електромагнетног вентила.
3. Разумевање монтаже граничног прекидача.
4. Избор потребних компоненти.
5. Израда и цртање пнеуматских и електричних шема.

6. Разумевање доступних варијанти за монтажу компоненти на профилну плочу, односно монтажне компоненте у монтажни оквир.
7. Рад са пнеуматским цревима.
8. Повезивање електричних проводника у складу са електричним колом.
9. Пуштање у рад мехатронског система.

Опис рада уређаја:

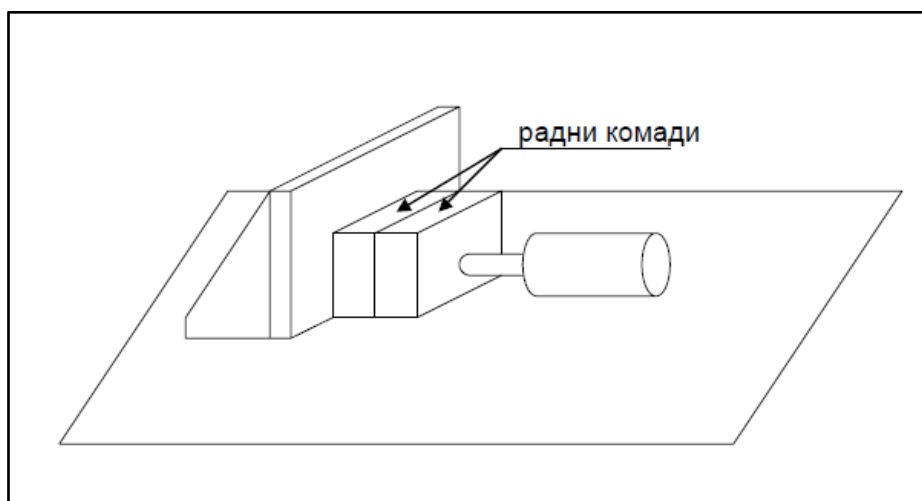
Активирањем тастера клип цилиндра двосмерног дејства споро излази како би се лепак осушио на премазаним дрвеним плочама. Лепљење плоча (контакт) траје 10 секунди. Након истека времена клип се аутоматски врати у увучени положај уз могућност намештања брзине клипа при повратку.

Задатак вежбе:

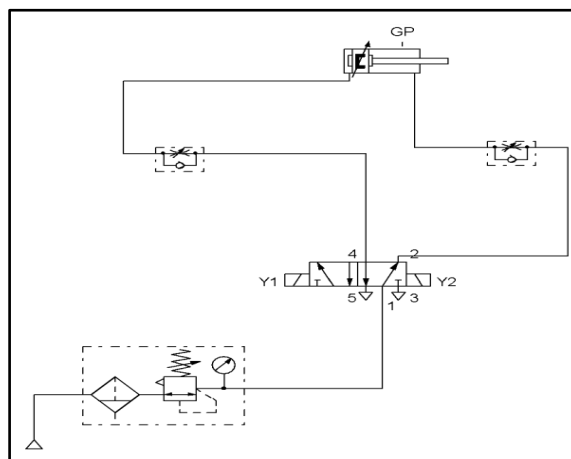
На основу описа рада уређаја нацртати пнеуматску шему, електричну шему управљања и извршити симулацију на рачунару.

Након провере функционисања изабрати елементе и извршити њихово повезивање на дидактичком столу.

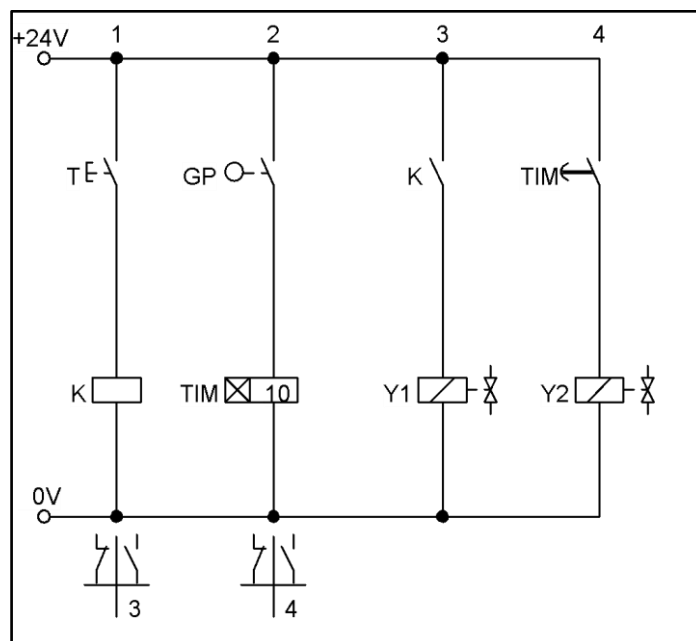
Уз присуство реализатора обуке извршити укључивање.



Слика 203. - Скица положаја



Слика 204. - Пнеуматско коло



Слика 205. - Електрично коло

3.8.5. ВЕЖБА БРОЈ 5: УРЕЂАЈ ЗА ПОЈЕДИНАЧНО ДОДАВАЊЕ ДЕЛОВА

У овој вежби:

1. Активирање цилиндра двоструког дејства помоћу 5/2 бистабилног електромагнетног вентила.
2. Разумевање улоге и монтаже оптоелектронског сензора близине.
3. Разумевање монтаже и улоге магнетних сензора близине.
4. Избор потребних компоненти.
5. Израда и цртање пнеуматских и електричних шема.
6. Разумевање доступних варијанти за монтажу компоненти на профилну плочу односно монтажне компоненте у монтажни оквир.
7. Рад са пнеуматским цревима.
8. Повезивање електричних проводника у складу са електричним колом.
9. Пуштање у рад мехатронског система.

Опис рада уређаја:

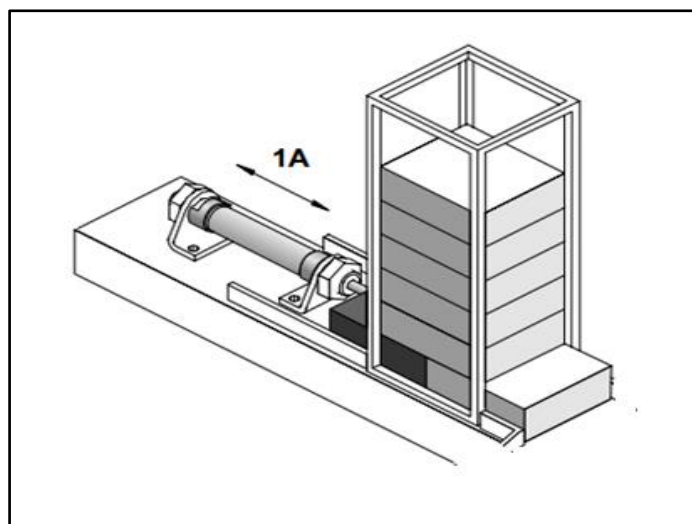
Извлачење клипњаче условљено је активирањем ручног тастера START и оптичког сензора (S3) који региструје присуство радног предмета. Да би старт био успешан цилиндар треба да се налази у почетном положају (S1). Клипњача цилиндра треба да се увуче у свој почетни положај тек што је постигнут крајњи предњи положај (S2).

Задатак вежбе:

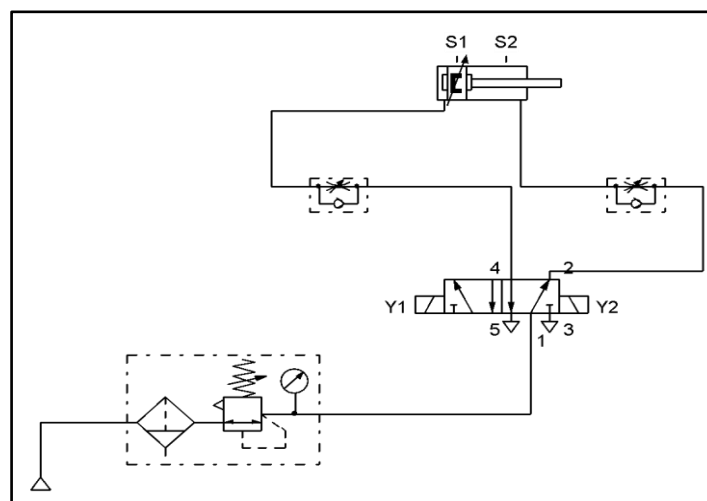
На основу описа рада уређаја нацртати пнеуматску шему, електричну шему управљања и извршити симулацију на рачунару.

Након провере функционисања изабрати елементе и извршити њихово повезивање на дидактичком столу.

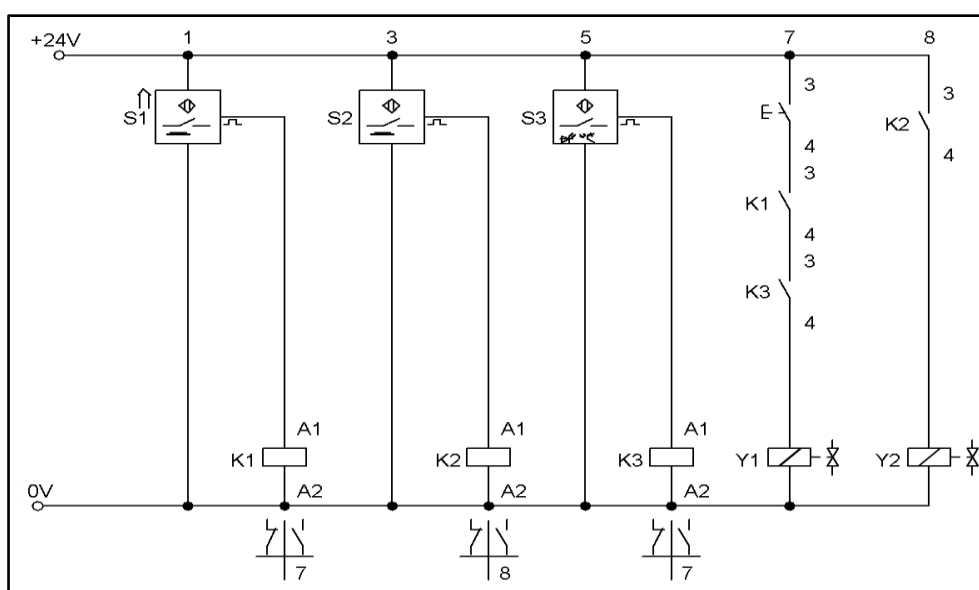
Уз присуство реализатора обуке извршити укључивање.



Слика 206. - Скица положаја



Слика 207. - Пнеуматско коло



Слика 208. - Електрично кол

3.8.6. ВЕЖБА БРОЈ 6: УРЕЂАЈ ЗА УТИСКИВАЊЕ ОЗНАКА

У овој вежби:

1. Активирање цилиндра двоструког дејства помоћу 5/2 бистабилног електромагнетног вентила.
2. Разумевање монтаже и улоге сензора притиска.
3. Разумевање употребе СВЕ СТОП прекидача.
4. Избор потребних компоненти.
5. Израда и цртање пнеуматских и електричних шема.
6. Разумевање доступних варијанти за монтажу компоненти на профилну плочу, односно монтажне компоненте у монтажни оквир.
7. Рад са пнеуматским цревима.
8. Повезивање електричних проводника у складу са електричним колом.
9. Пуштање у рад мехатронског система.

Опис рада уређаја:

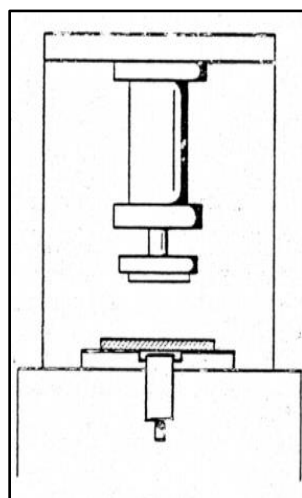
Утискивање ознака на скали врши се помоћу жига. Извлачење клипњаче условљено је активирањем ручног тастера START и оптичког сензора (S3) који региструје присуство радног предмета. Неопходно је и да притисак у систему не падне испод 3 бара. Да би старт био успешан пре постављања радног предмета у машину, цилиндар треба да се налази у почетном положају (S1). Клипњача цилиндра треба да се увуче у свој почетни положај 5 секунди након што је постигнут крајњи предњи положај (S2). Неопходно је и омогућити да се притиском на СВЕ СТОП прекидач искључи управљачко коло и да се омогући повратак клипа у почетни положај. Уколико се притисне СВЕ СТОП прекидач треба да светли сијалица „Н”. Наставак рада је могућ тек након што се СВЕ СТОП прекидач врати у почетни положај.

Задатак вежбе:

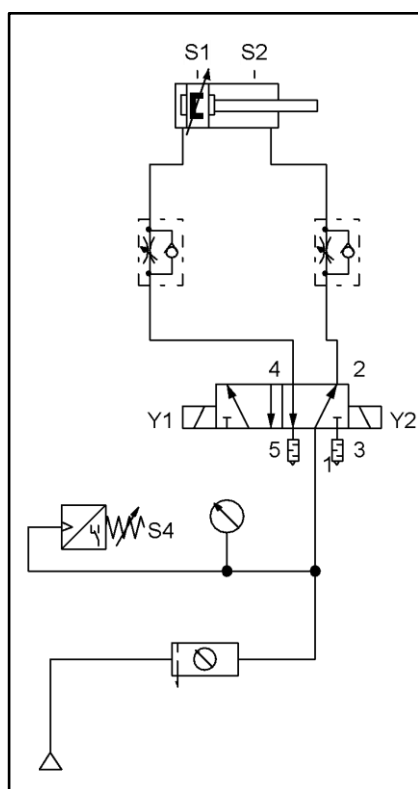
На основу описа рада уређаја нацртати пнеуматску шему, електричну шему управљања и извршити симулацију на рачунару.

Након провере функционисања изабрати елементе и извршити њихово повезивање на дидактичком столу.

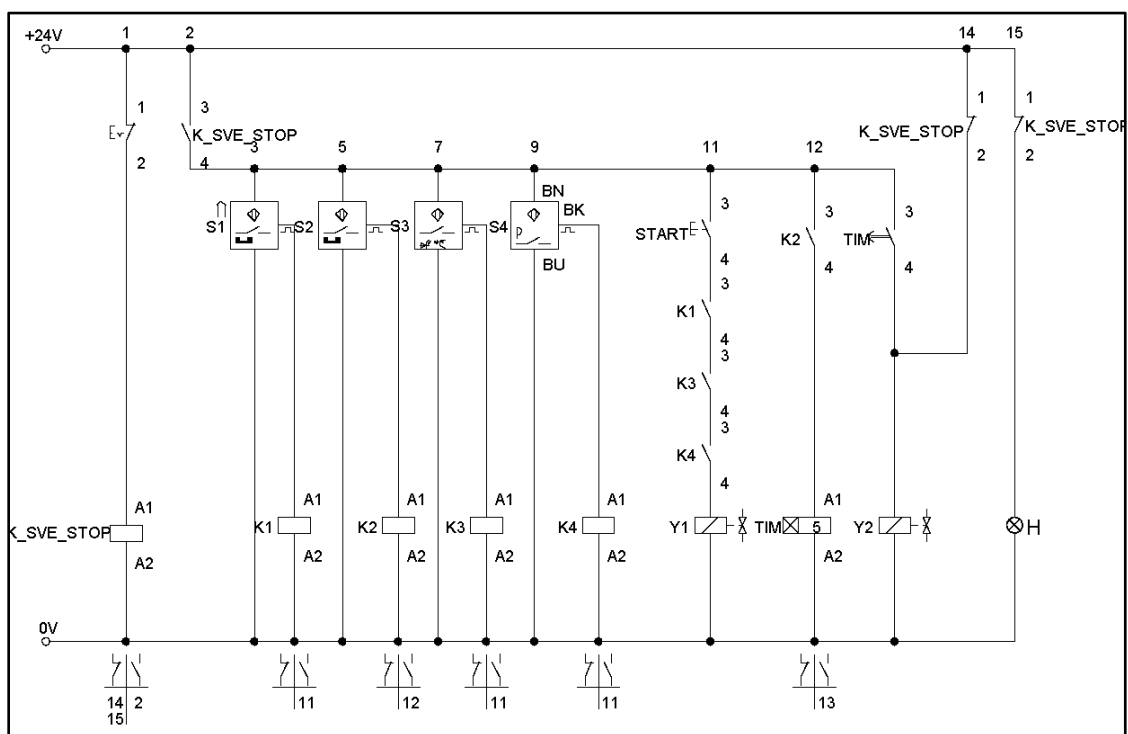
Уз присуство реализатора обуке извршити укључивање.



Слика 209. - Скица положаја



Слика 210. - Пнеуматско коло



Слика 211. - Електрично коло

3.8.7. ВЕЖБА БРОЈ 7: УРЕЂАЈ ЗА ПАКОВАЊЕ

У овој вежби:

1. Разумевање улоге магнетних сензора близине.
2. Активирање цилиндра двоструког дејства помоћу 5/2 бистабилног електромагнетног вентила.
3. Разумевање употребе електронског бројача.
4. Избор потребних компоненти.
5. Израда и цртање пнеуматских и електричних шема.
6. Разумевање доступних варијанти за монтажу компоненти на профилну плочу, односно монтажне компоненте у монтажни оквир.
7. Рад са пнеуматским цревима.
8. Повезивање електричних проводника у складу са електричним колом.
9. Пуштање у рад мехатронског система.

Опис рада уређаја:

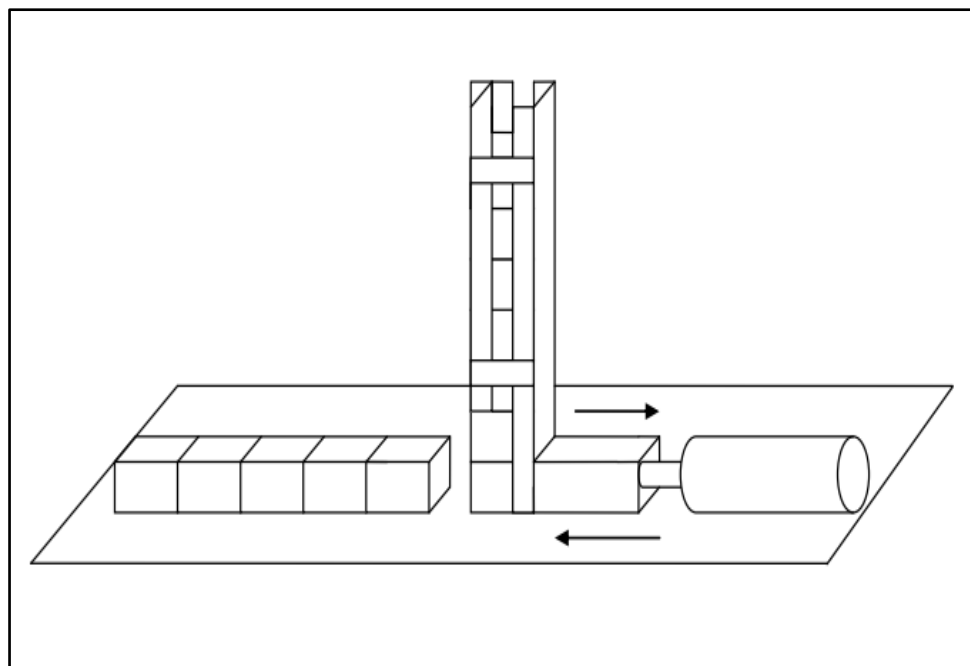
Уређај за паковање по пет комада користи пнеуматски цилиндар за издвајање комада из магацина. Сигнал за почетак рада уређаја задаје се притиском на тастер START. После издвајања **ПЕТ** комада клип цилиндра се зауставља. Сензори S_1 и S_2 одређују крајње положаје клипњаче цилиндра. Пре започињања новог циклуса неопходно је прво притиснути тастер RESET.

Задатак вежбе:

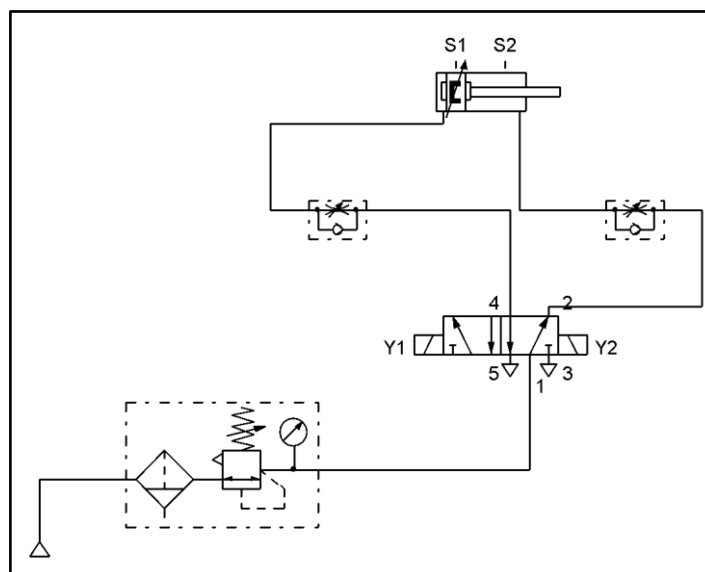
На основу описа рада уређаја нацртати пнеуматску шему, електричну шему управљања и извршити симулацију на рачунару.

Након провере функционисања изабрати елементе и извршити њихово повезивање на дидактичком столу.

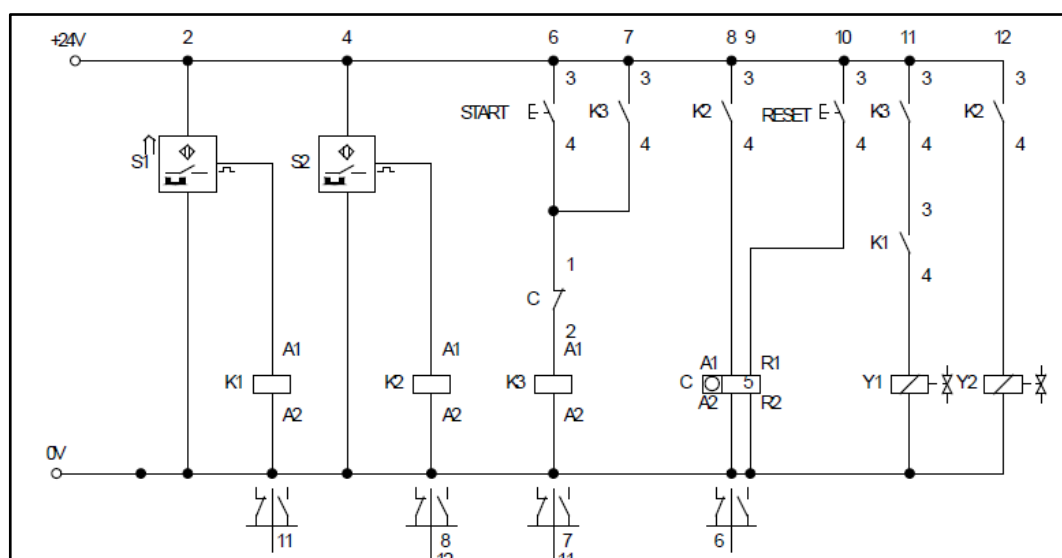
Уз присуство реализатора обуке извршити укључивање.



Слика 212. - Скица положаја



Слика 213. - Пнеуматско коло



Слика 214. - Електрично коло

3.8.8. ВЕЖБА БРОЈ 8: УРЕЂАЈ ЗА СТЕЗАЊЕ

У овој вежби:

1. Разумевање индиректног активирања управљачког кола.
2. Активирање цилиндра двоструког дејства помоћу 5/2 моностабилног електромагнетног вентила.
3. Разумевање кола за самодржање у ком доминира укључење.
4. Избор потребних компоненти.
5. Израда и цртање пнеуматских и електричних шема.
6. Разумевање доступних варијанти за монтажу компоненти на профилну плочу односно монтажне компоненте у монтажни оквир.
7. Рад са пнеуматским цревима.
8. Повезивање електричних проводника у складу са електричним колом.
9. Пуштање у рад мехатронског система.

Опис рада уређаја:

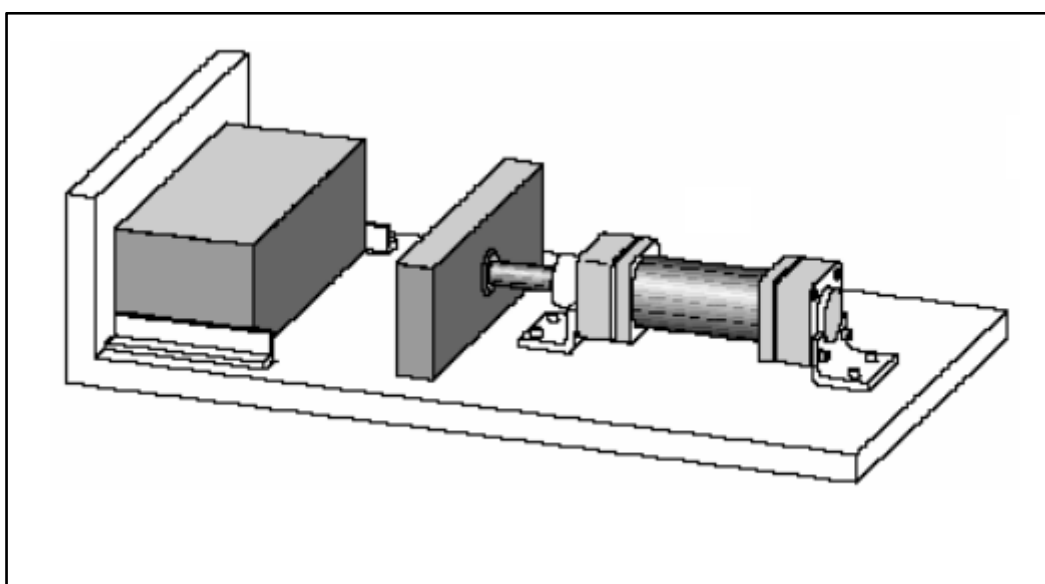
Радни предмет стежемо у направи са цилиндром двосмерног дејства. Активирањем тастера T_1 клип цилиндра излази и стеже радни предмет. Другим тастером (T_2) враћамо клип у почетни положај. При изради електричне шеме користити круг самодржања у којем доминира укључење.

Задатак вежбе:

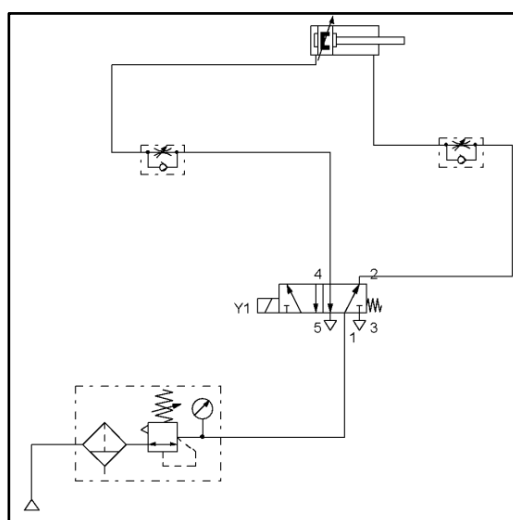
На основу описа рада уређаја нацртати пнеуматску шему, електричну шему управљања и извршити симулацију на рачунару.

Након провере функционисања изабрати елементе и извршити њихово повезивање на дидактичком столу.

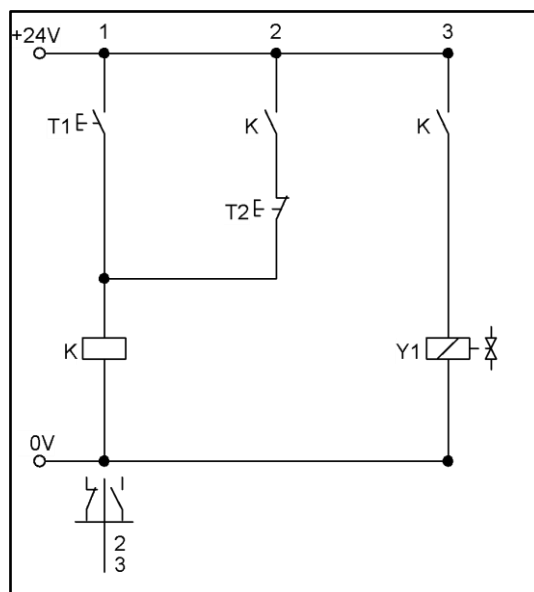
Уз присуство реализатора обуке извршити укључивање.



Слика 215. - Скица положаја



Слика 216. - Пнеуматско коло



Слика 217. - Електрично коло

3.8.9. ВЕЖБА БРОЈ 9: УРЕЂАЈ ЗА ИЗВЛАЧЕЊЕ ФОЛИЈЕ

У овој вежби:

1. Разумевање индиректног активирања управљачког кола.
2. Активирање цилиндра двоструког дејства помоћу 5/2 моностабилног електромагнетног вентила.
3. Разумевање кола за самодржање у ком доминира искључење.
4. Избор потребних компоненти.
5. Израда и цртање пнеуматских и електричних шема.
6. Разумевање доступних варијанти за монтажу компоненти на профилну плочу, односно монтажне компоненте у монтажни оквир.
7. Рад са пнеуматским цревима.
8. Повезивање електричних проводника у складу са електричним колом.
9. Пуштање у рад мехатронског система.

Опис рада уређаја:

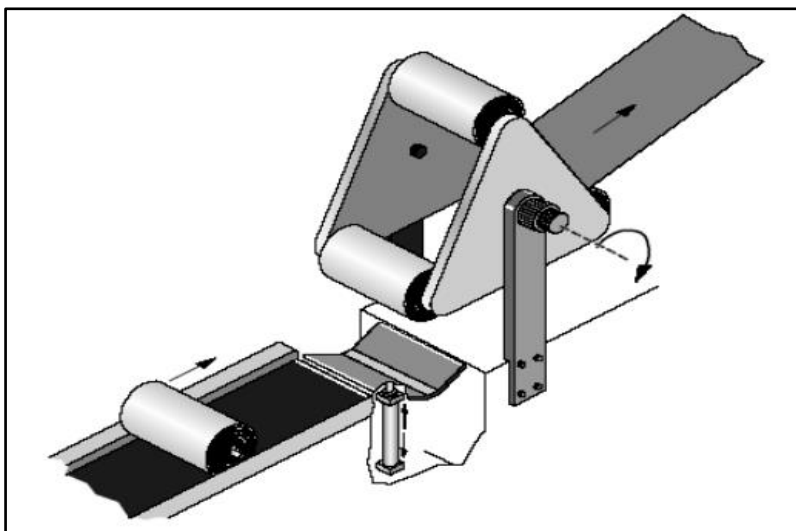
Ролну алуминијумске фолије дижемо у направи са цилиндром двосмерног дејства. Активирањем тастера T_1 клип цилиндра излази и диже фолију до направе за извлачење. Другим тастером (T_2) враћамо клип у почетни положај. При изради електричне шеме користити круг самодржања у којем доминира искључење.

Задатак вежбе:

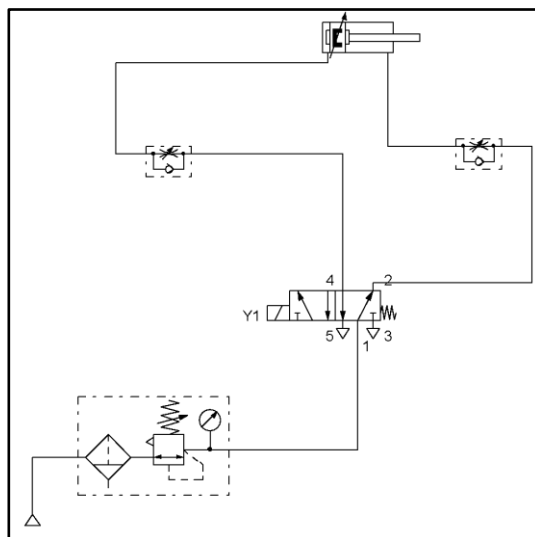
На основу описа рада уређаја нацртати пнеуматску шему, електричну шему управљања и извршити симулацију на рачунару.

Након провере функционисања изабрати елементе и извршити њихово повезивање на дидактичком столу.

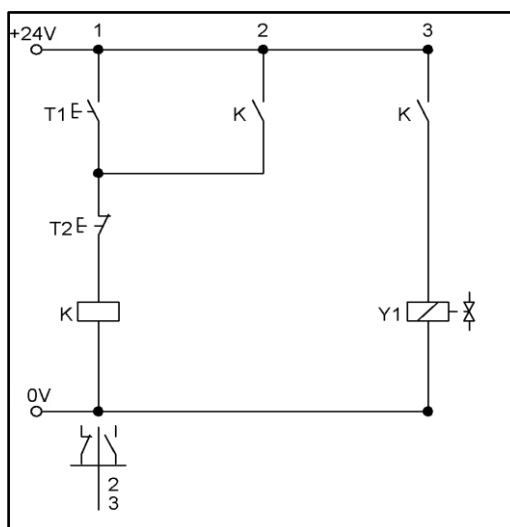
Уз присуство реализатора обуке извршити укључивање.



Слика 218. - Скица положаја



Слика 219. - Пнеуматско коло



Слика 220. - Електрично коло

3.8.10. ВЕЖБА БРОЈ 10: УРЕЂАЈ ЗА ПРЕБАЦИВАЊЕ

У овој вежби:

1. Разумевање индиректног активирања управљачког кола.
2. Активирање цилиндра двоструког дејства помоћу 5/2 електромагнетних вентила.
3. Разумевање рада сложеног електропнеуматског система.
4. Избор потребних компоненти.
5. Израда и цртање пнеуматских и електричних шема.
6. Разумевање доступних варијанти за монтажу компоненти на профилну плочу односно монтажне компоненте у монтажни оквир.
7. Рад са пнеуматским цревима.
8. Повезивање електричних проводника у складу са електричним колом.
9. Пуштање у рад мехатронског система.

Опис рада уређаја:

Радни комади се у магацин убацују руком. Клип цилиндра 1А избацује комаде из магацина. Клип цилиндра 2А пребацује комаде даље у процесну станицу.

Магацин се надгледа оптичким сензором „S5”. Уколико нема комада у магацину није могуће стартовати циклус и сија лампица „Н”.

У једном циклусу може се само обрадити један комад.

Опис циклуса:

Сви клипови су у увученом положају.

Притиском на тастер „START” клип цилиндра 1А избацује комад из магацина и извлачи се у предњи крајњи положај након чега се аутоматски враћа у свој почетни положај. Одмах након повратка клипа цилиндра 1А у почетни положај, излази клип цилиндра 2А у свој крајњи извучени положај и пребацује предмет. Након тога се аутоматски враћа у свој почетни положај.

Положаји клипова се контролишу индуктивним или магнетним сензорима „S1” до „S4”.

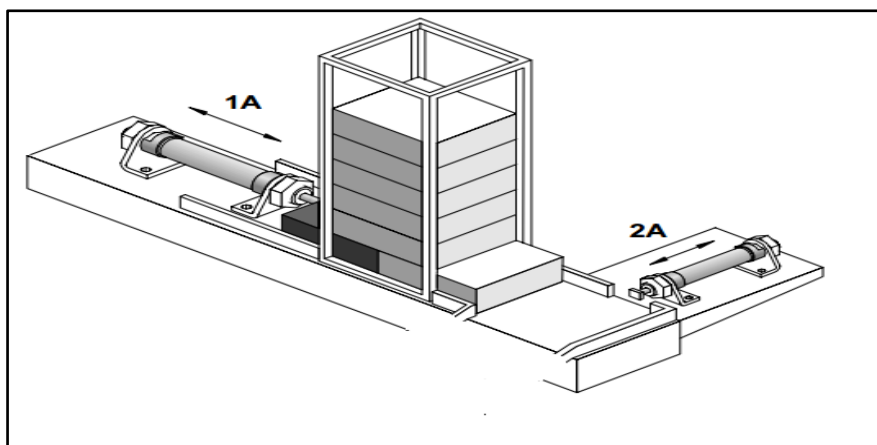
Рад цилиндра 1А се контролише моностабилним разводником 5/2, електро управљаним, а рад цилиндра 2А се контролише бистабилним разводником 5/2, електро управљаним.

Задатак вежбе:

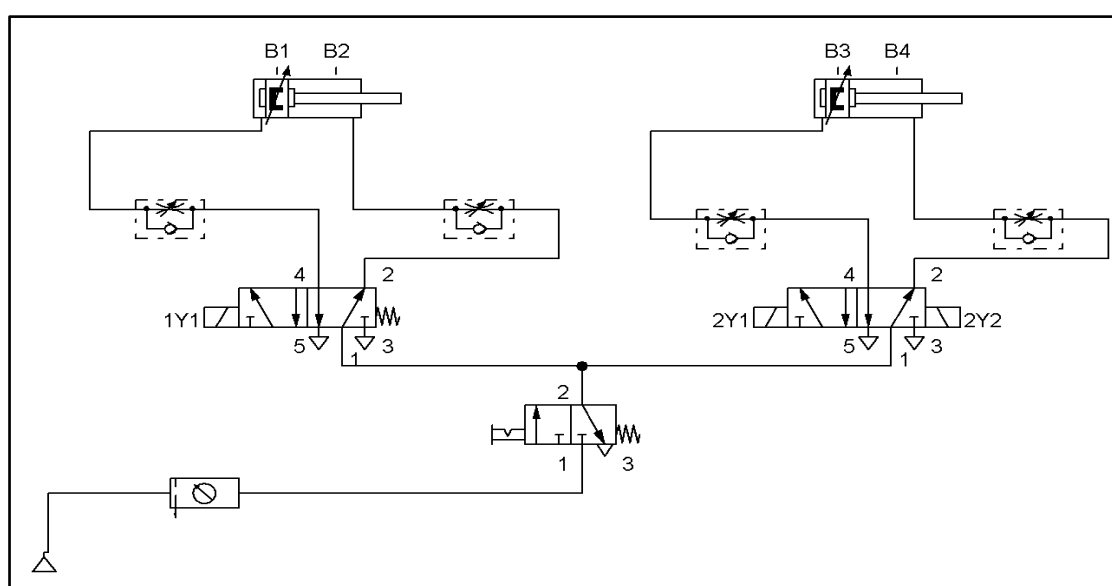
На основу описа рада уређаја нацртати пнеуматску шему, електричну шему управљања и извршити симулацију на рачунару.

Након провере функционисања изабрати елементе и извршити њихово повезивање на дидактичком столу.

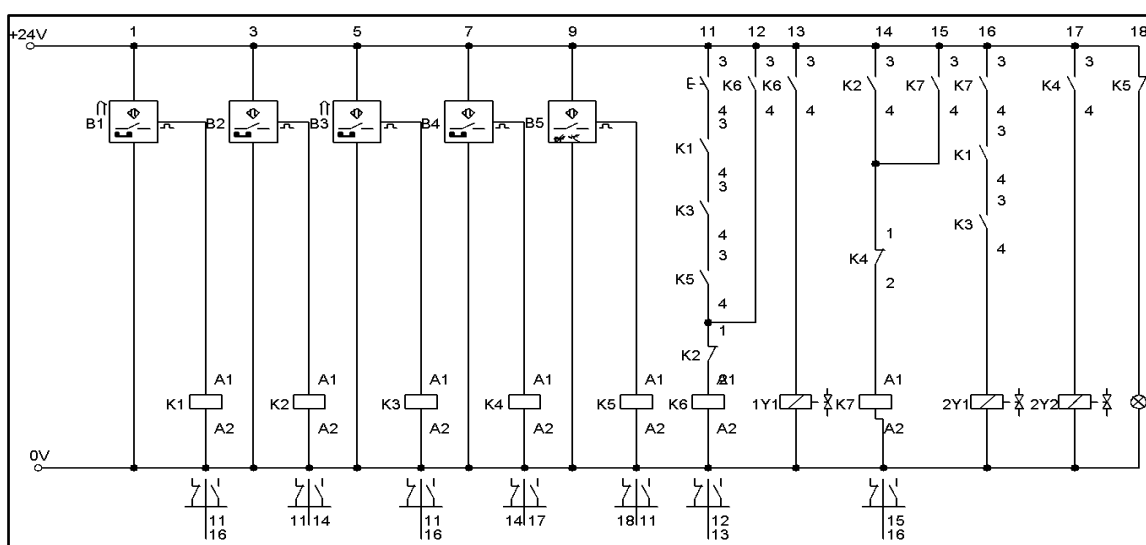
Уз присуство реализатора обуке извршити укључивање.



Слика 221. - Скица положаја



Слика 222. - Пнеуматско коло



Слика 223. - Електрично коло

3.9. ВЕЖБЕ – ПРИМЕНА ПЛК У ЕЛЕКТРОПНЕУМАТИЦИ

3.9.1. ВЕЖБА БРОЈ 1: ДОТУР КОМАДА

У овој вежби:

1. Разумевање индиректног активирања управљачког кола.
2. Активирање цилиндра двоструког дејства помоћу 5/2 електромагнетног вентила.
3. Израда и цртање пнеуматских и електричних шема.
4. Симулација електропнеуматског система на рачунару.
5. Избор потребних компоненти.
6. Разумевање доступних варијанти за монтажу компоненти на профилну плочу односно монтажне компоненте у монтажни оквир.
7. Повезивање компоненти на улазе и излазе ПЛК.
8. Писање програма за ПЛК.
9. Унос програма у ПЛК.
10. Пуштање у рад мехатронског система.

Опис рада уређаја:

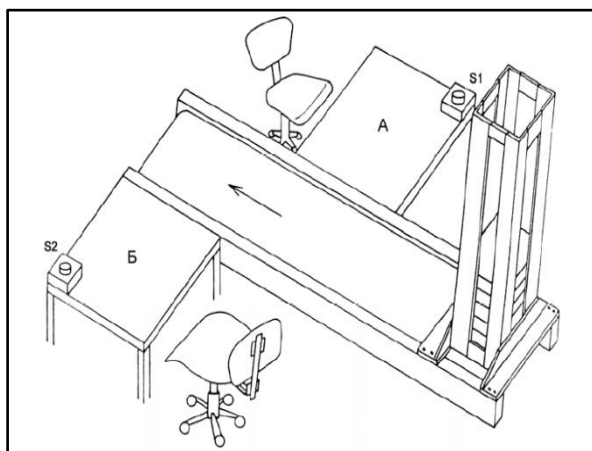
Поред транспортне траке, са сваке стране се налази по једно радно место. Избацивање комада из гравитационог магацина на покретну траку постиже се притиском на ТАСТЕР 1 (радno место А) или на ТАСТЕР 2 (радno место Б). Повратно кретање клипа изводи се аутоматски после достизања крајњег положаја. Предвидети могућност регулације брзине кретања клипа у обе стране. Положаји клипа се по избору контролишу или индуктивним сензорима „V₁” и „V₂” или магнетним сензорима „V₁” и „V₂” монтираним на телу цилиндра.

Задатак вежбе:

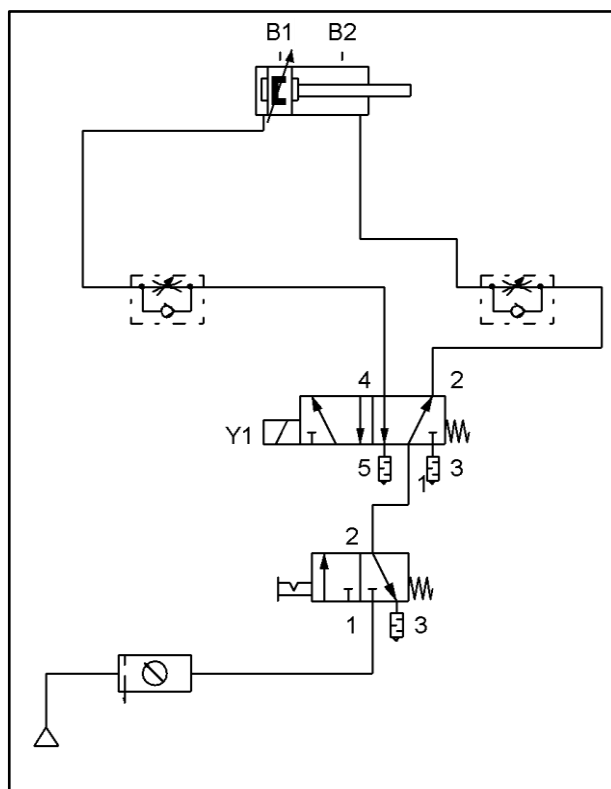
На основу описа рада уређаја нацртати пнеуматску шему, електричну шему управљања и извршити симулацију на рачунару.

Након провере функционисања изабрати елементе и извршити њихово повезивање на дидактичком столу.

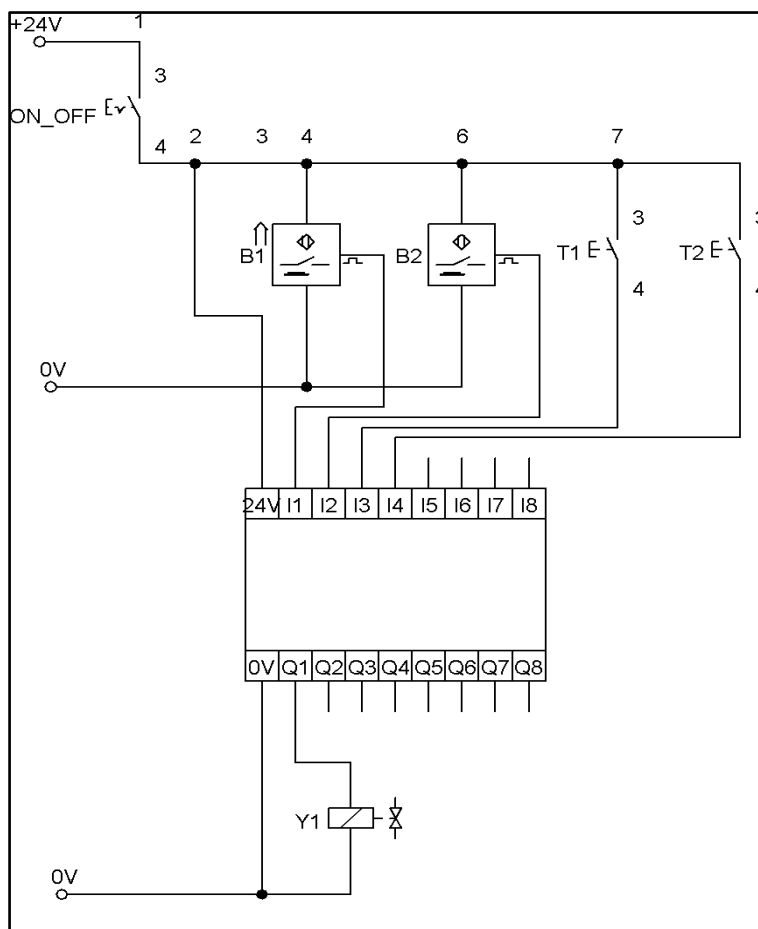
Уз присуство реализатора обуке извршити укључивање.



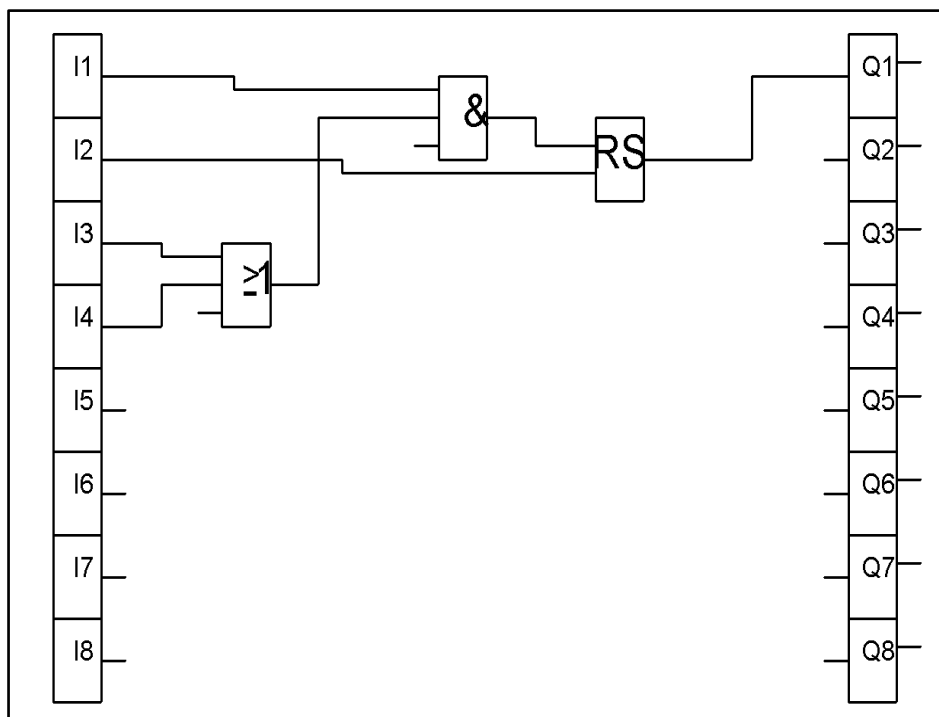
Слика 224. - Скица положаја



Слика 225. - Пнеуматско коло



Слика 226. - Електрично коло



Слика 227. - Програмирање ПЛК

3.9.2. ВЕЖБА БРОЈ 2: УТИСКИВАЊЕ ОЗНАКА

У овој вежби:

1. Разумевање индиректног активирања управљачког кола.
2. Активирање цилиндра двоструког дејства помоћу 5/2 електромагнетног вентила.
3. Израда и цртање пнеуматских и електричних шема.
4. Симулација електропнеуматског система на рачунару.
5. Избор потребних компоненти.
6. Разумевање доступних варијанти за монтажу компоненти на профилну плочу односно монтажне компоненте у монтажни оквир.
7. Повезивање компоненти на улазе и излазе ПЛК.
8. Писање програма за ПЛК.
9. Унос програма у ПЛК.
10. Пуштање у рад мехатронског система.

Опис рада уређаја:

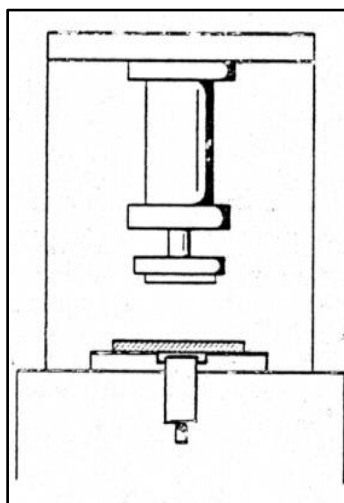
Утискивање ознака на скали врши се помоћу жига. Извлачење клипа условљено је активирањем ручних тастера T_1 или T_2 и оптоелектронског сензора „В₃” који региструје присуство радног предмета. Да би старт био успешан пре постављања радног предмета у машину, клип цилиндра треба да се налази у почетном положају (магнетни сензор „В₁”). Клип цилиндра треба да се увуче у свој почетни положај тек када је постигнут крајњи предњи положај (магнетни сензор „В₂”).

Задатак вежбе:

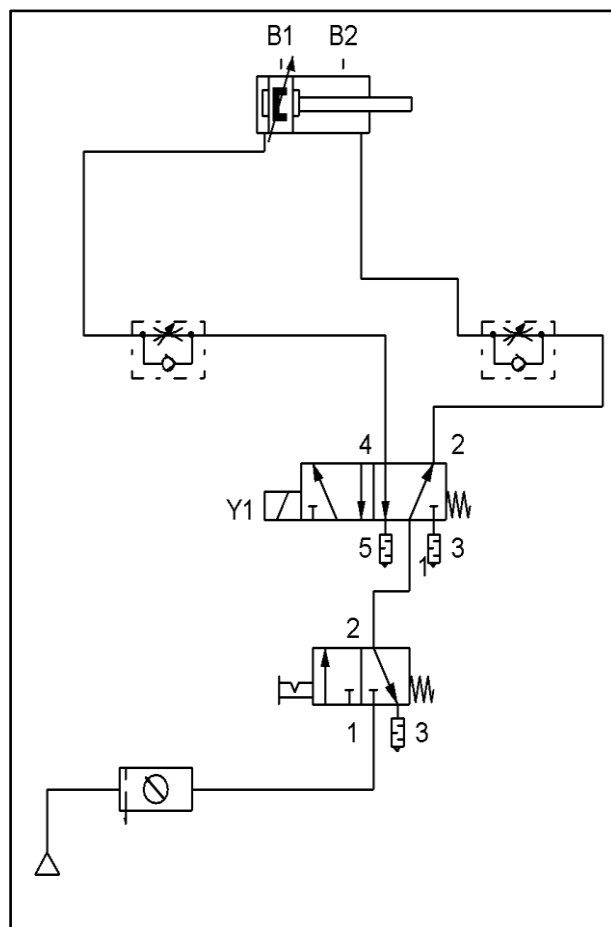
На основу описа рада уређаја нацртати пнеуматску шему, електричну шему управљања и извршити симулацију на рачунару.

Након провере функционисања изабрати елементе и извршити њихово повезивање на дидактичком столу.

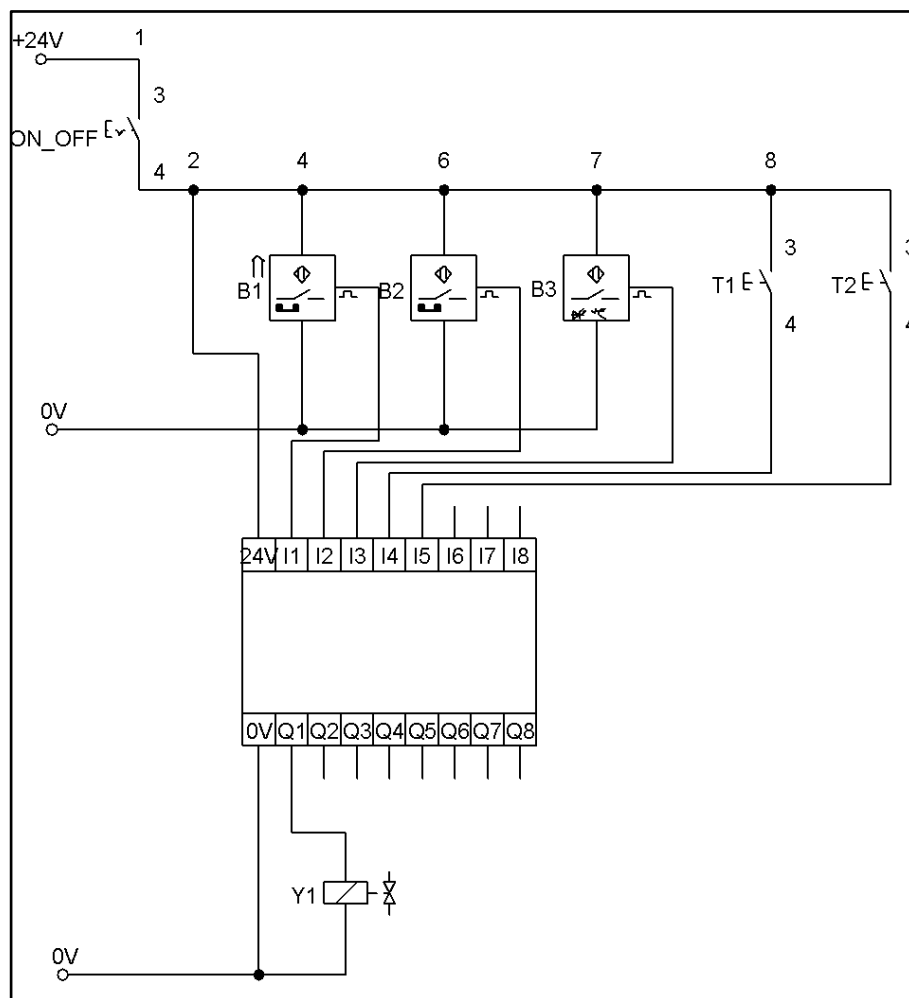
Уз присуство реализатора обуке извршити укључивање.



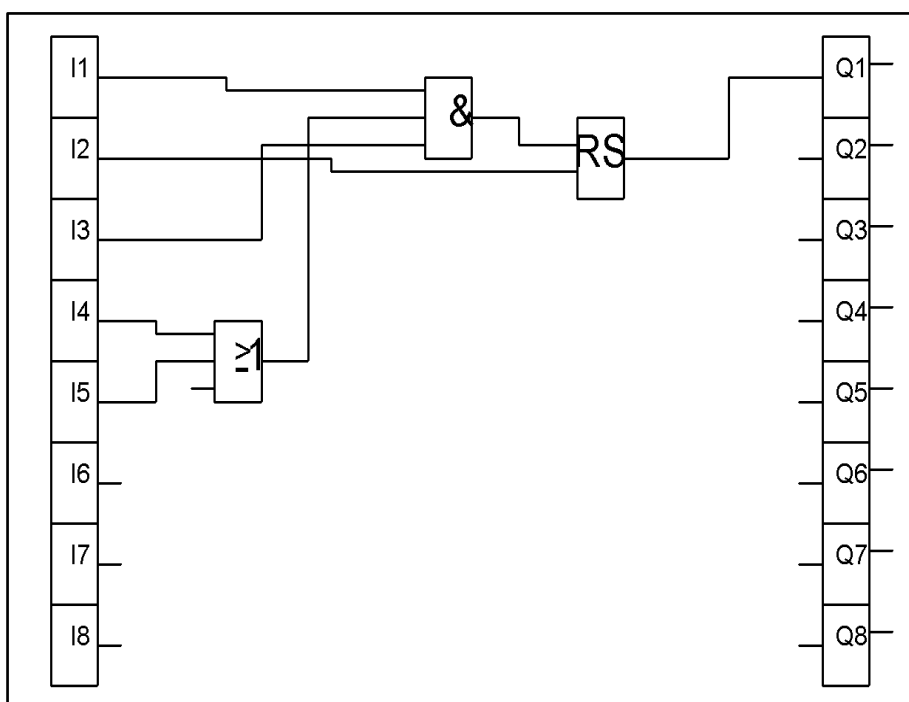
Слика 228. - Скица положаја



Слика 229. - Пнеуматско коло



Слика 230. - Електрично коло



Слика 231. - Програмирање ПЛК

3.9.3. ВЕЖБА БРОЈ 3: УРЕЂАЈ ЗА ЛЕПЉЕЊЕ

У овој вежби:

1. Разумевање индиректног активирања управљачког кола.
2. Активирање цилиндра двоструког дејства помоћу 5/2 електромагнетног вентила.
3. Израда и цртање пнеуматских и електричних шема.
4. Симулација електропнеуматског система на рачунару.
5. Избор потребних компоненти.
6. Разумевање доступних варијанти за монтажу компоненти на профилну плочу односно монтажне компоненте у монтажни оквир.
7. Повезивање компоненти на улазе и излазе ПЛК.
8. Писање програма за ПЛК.
9. Унос програма у ПЛК.
10. Пуштање у рад мехатронског система.

Опис рада уређаја:

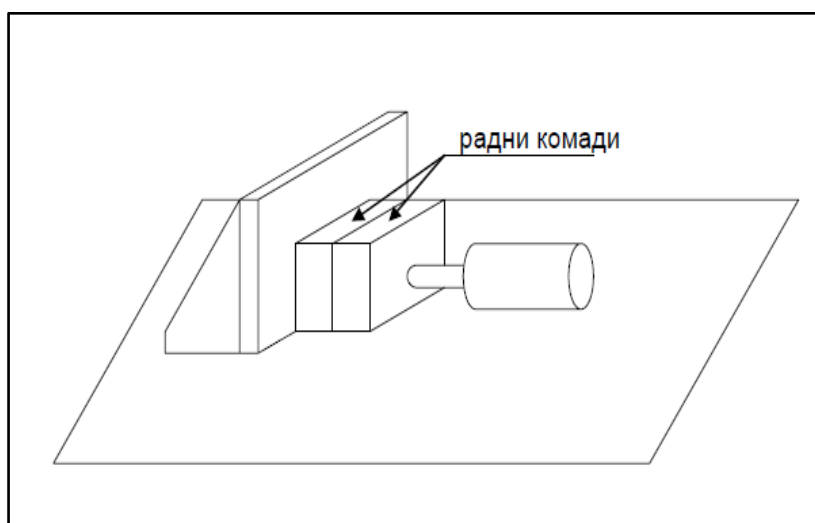
Активирањем тастера T_1 или T_2 клип цилиндра двосмерног дејства споро излази како би се лепак осушио на премазаним дрвеним плочама. Да би излазак клипа био успешан, неопходно је да је клип у увученом положају (детектује магнетни сензор „ B_1 “) и када су делови за лепљење постављени на радном месту (оптоелектронски сензори „ B_3 “ и „ B_4 “). Лепљење плоча (контакт) траје 10 секунди. Након истека времена клип се аутоматски врати у увучени положај уз могућност намештања брзине клипа при повратку. Извучени положај клипа детектује се магнетним сензором „ B_2 “.

Задатак вежбе:

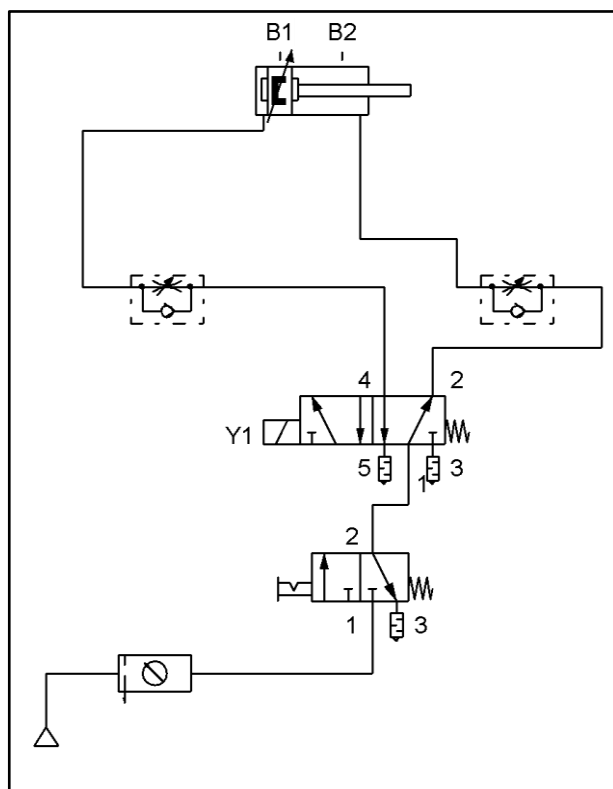
На основу описа рада уређаја нацртати пнеуматску шему, електричну шему управљања и извршити симулацију на рачунару.

Након провере функционисања изабрати елементе и извршити њихово повезивање на дидактичком столу.

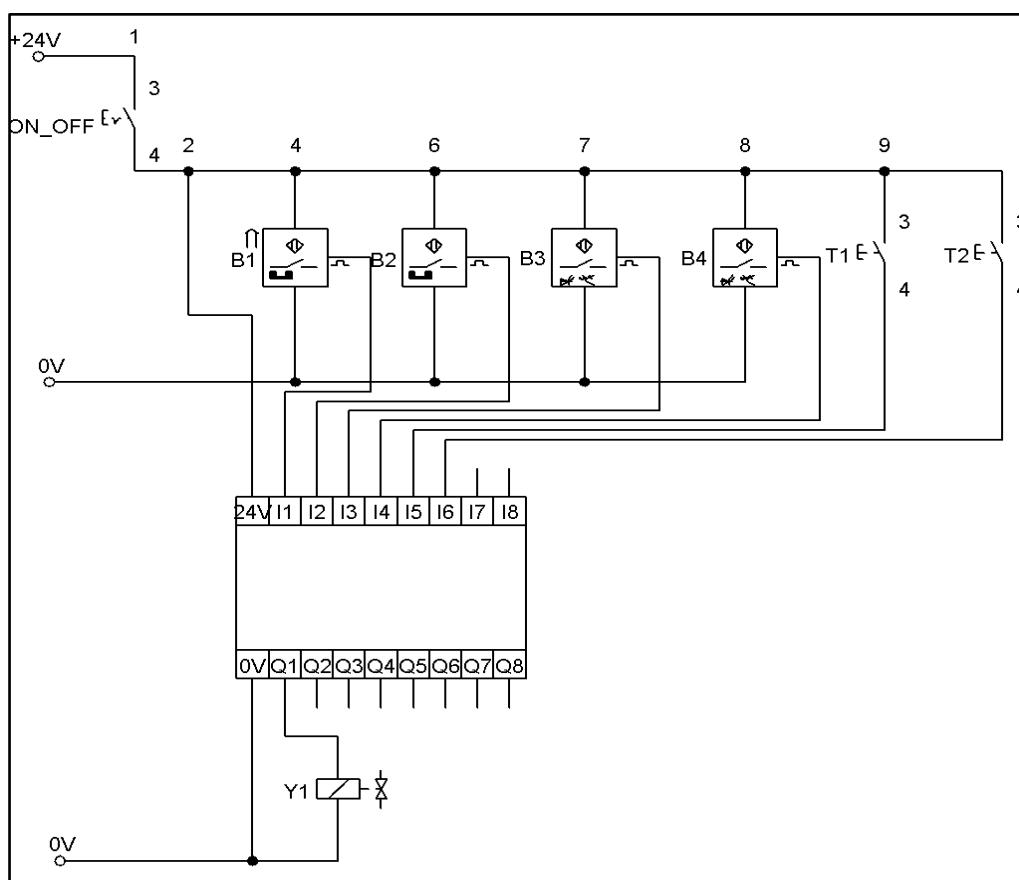
Уз присуство реализатора обуке извршити укључивање.



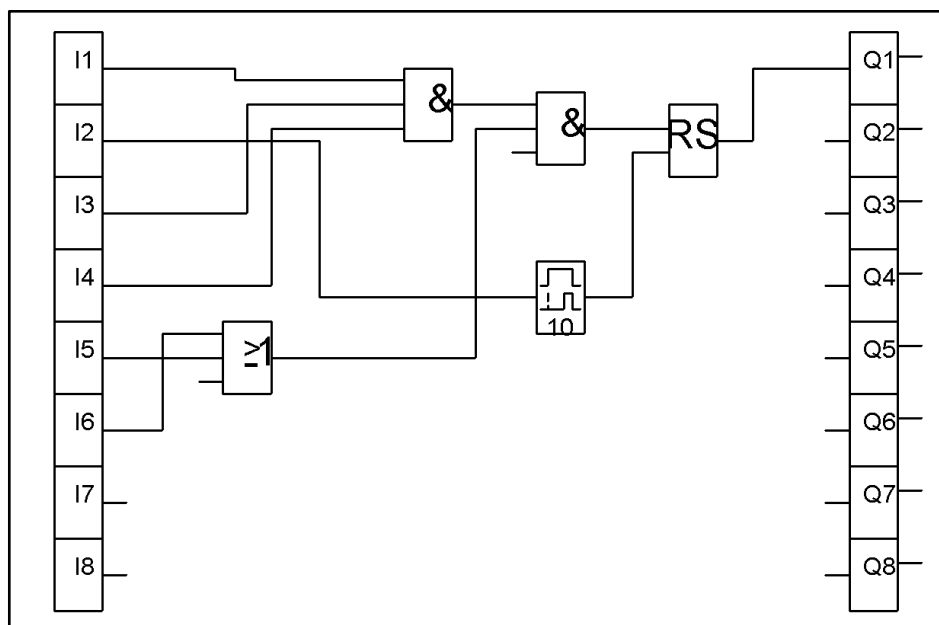
Слика 232. - Скица положаја



Слика 233. - Пнеуматско коло



Слика 234. - Електрично коло



Слика 235. - Програмирање ПЛК

3.9.4. ВЕЖБА БРОЈ 4: УРЕЂАЈ ЗА ПРЕБАЦИВАЊЕ

У овој вежби:

1. Разумевање индиректног активирања управљачког кола.
2. Активирање цилиндра двоструког дејства помоћу 5/2 електромагнетног вентила.
3. Израда и цртање пнеуматских и електричних шема.
4. Симулација електропнеуматског система на рачунару.
5. Избор потребних компоненти.
6. Разумевање доступних варијанти за монтажу компоненти на профилну плочу односно монтажне компоненте у монтажни оквир.
7. Повезивање компоненти на улазе и излазе ПЛК.
8. Писање програма за ПЛК.
9. Унос програма у ПЛК.
10. Пуштање у рад мехатронског система.

Опис рада уређаја:

Радни комади се у магацин убацују руком. Клип цилиндра 1А избацује комаде из магацина. Клип цилиндра 2А пребацује комаде даље у процесну станицу.

Магацин се надгледа оптичким сензором „B5”. Уколико нема комада у магацину, није могуће стартовати циклус и сија лампица „Н”.

У једном циклусу може се само обрадити један комад.

Опис циклуса:

Сви клипови су у увученом положају.

Притиском на тастер „START” клип цилиндра 1А избацује комад из магацина и извлачи се у предњи крајњи положај након чега се аутоматски враћа у свој почетни положај. Одмах након повратка клипа цилиндра 1А у почетни положај, излази клип

цилиндра 2А у свој крајњи извучени положај и пребацује предмет. Након тога се аутоматски враћа у свој почетни положај.

Положаји клипова се контролишу индуктивним или магнетним сензорима „В1” до „В4”.

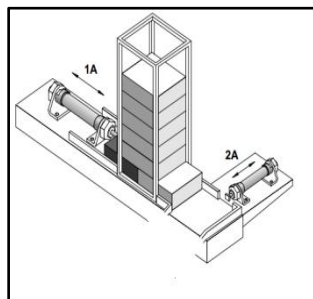
Рад цилиндра 1А се контролише моностабилним разводником 5/2, електро управљаним, а рад цилиндра 2А се контролише бистабилним разводником 5/2, електро управљаним.

Задатак вежбе:

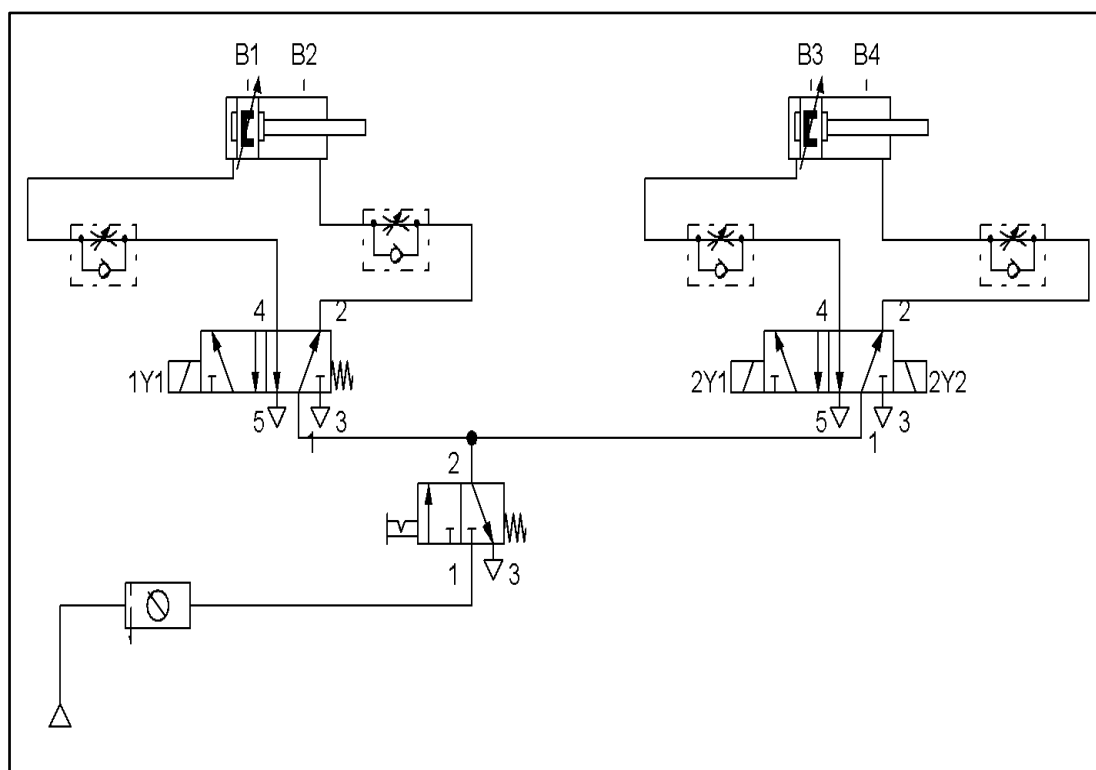
На основу описа рада уређаја нацртати пнеуматску шему, електричну шему управљања и извршити симулацију на рачунару.

Након провере функционисања изабрати елементе и извршити њихово повезивање на дидактичком столу.

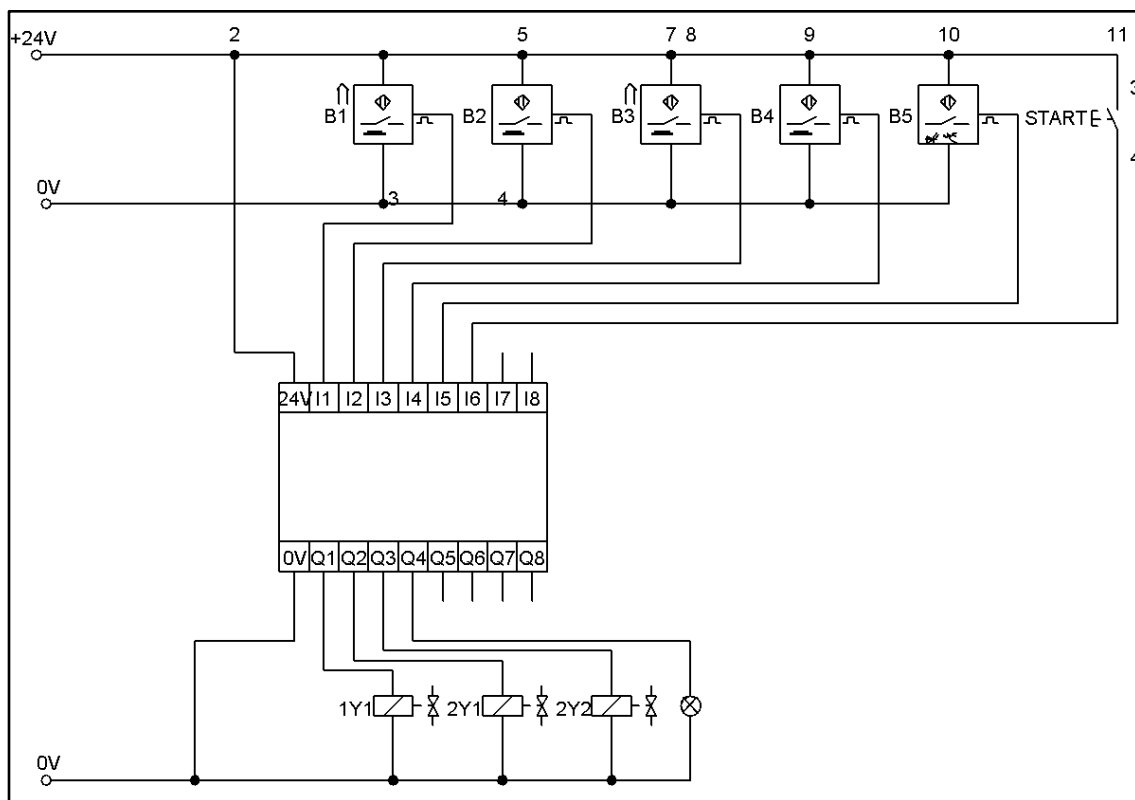
Уз присуство реализатора обуке извршити укључивање.



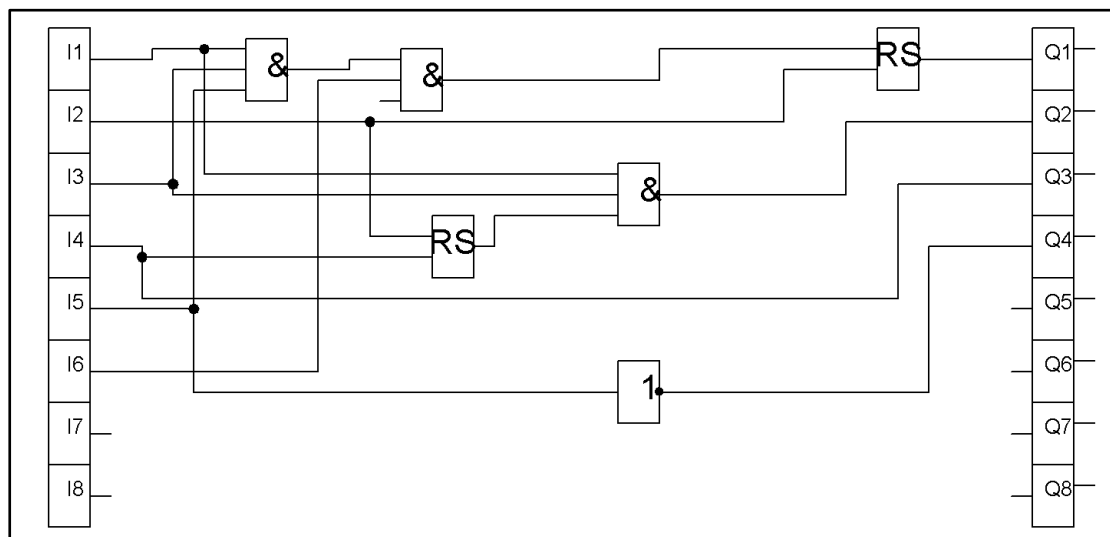
Слика 236. - Скица положаја



Слика 237. - Пнеуматско коло



Слика 238. - Електрично коло



Слика 239. - Програмирање ПЛК

3.9.5. ВЕЖБА БРОЈ 5: УРЕЂАЈ ЗА УДАРАЊЕ ЖИГА

У овој вежби:

1. Разумевање индиректног активирања управљачког кола.
2. Активирање цилиндра двоструког дејства помоћу 5/2 електромагнетног вентила.
3. Израда и цртање пнеуматских и електричних шема.
4. Симулација електропнеуматског система на рачунару.

5. Избор потребних компоненти.
6. Разумевање доступних варијанти за монтажу компоненти на профилну плочу, односно монтажне компоненте у монтажни оквир.
7. Повезивање компоненти на улазе и излазе ПЛК.
8. Писање програма за ПЛК.
9. Унос програма у ПЛК.
10. Пуштање у рад мехатронског система.

Опис рада уређаја:

Радни комади се у магацин убацују руком. Клип цилиндра 1А избацује комад из магацина и стеже га. Само се тад може извући клип цилиндра 2А и ударити жиг.

Магацин се надгледа оптичким сензором „В5”. Уколико нема комада у магацину, није могуће стартовати циклус и сија лампица „Н”.

У једном циклусу може се само обрадити један комад.

Опис циклуса:

Сви клипови су у увученом положају.

Притиском на тастер „START” клип цилиндра 1А избацује комад из магацина, извлачи се у предњи крајњи положај и стеже предмет. Након тога излази клип цилиндра 2А у свој крајњи извучени положај и удара жиг. У извученом положају клип цилиндра 2А остаје 4 секунде. Након тога се враћа у свој почетни положај. Кад се клип цилиндра 2А вратио у свој почетни положај, враћа се и клип цилиндра 1А.

Положаји клипова се контролишу индуктивним или магнетним сензорима „В1” до „В4”.

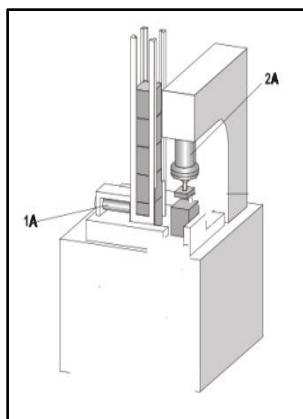
Рад цилиндра 1А се контролише моностабилним разводником 5/2, електро управљаним, а рад цилиндра 2А се контролише бистабилним разводником 5/2, електро управљаним.

Задатак вежбе:

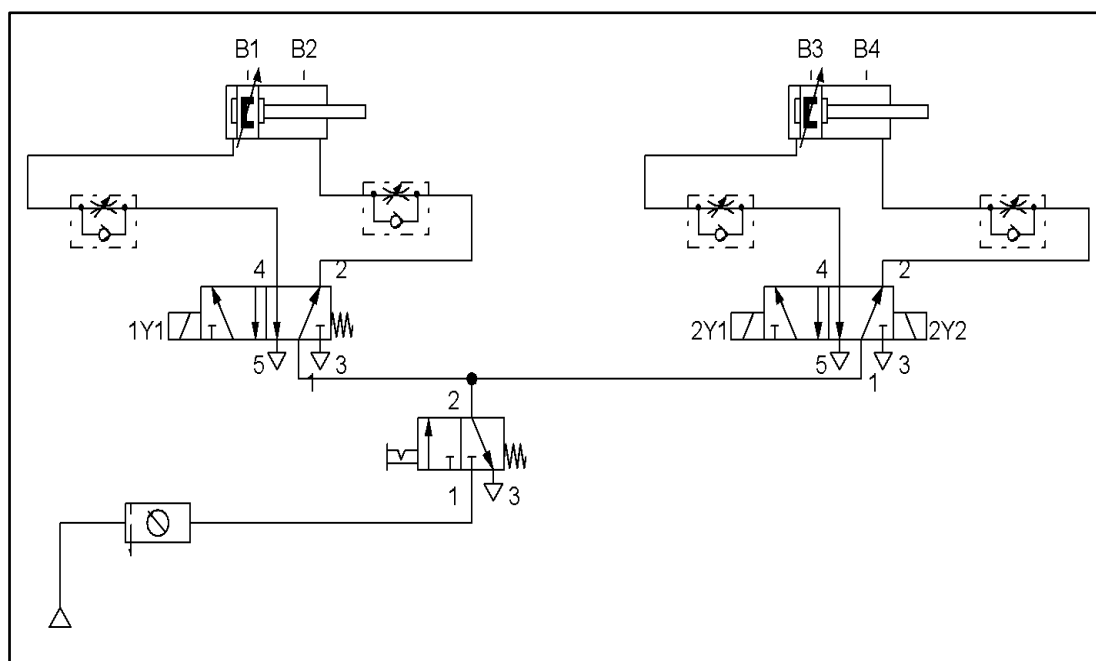
На основу описа рада уређаја нацртати пнеуматску шему, електричну шему управљања и извршити симулацију на рачунару.

Након провере функционисања изабрати елементе и извршити њихово повезивање на дидактичком столу.

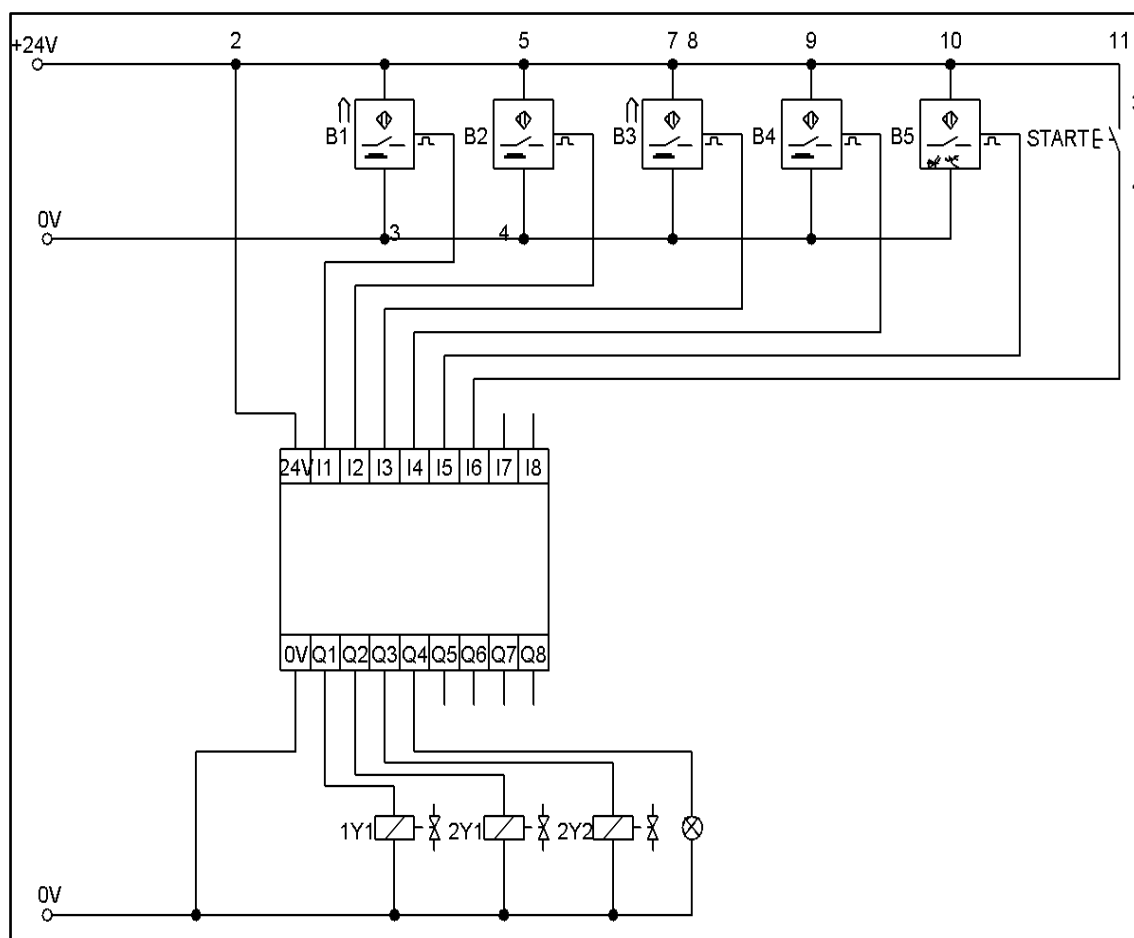
Уз присуство реализатора обуке извршити укључивање.



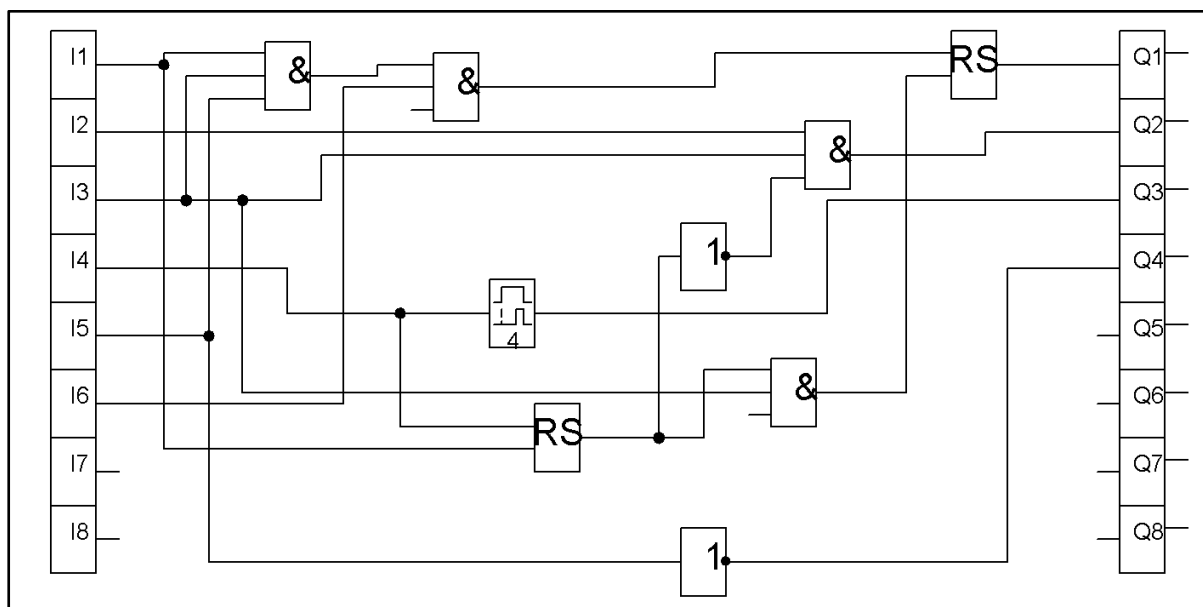
Слика 240. - Скица положаја



Слика 241. - Пнеуматско коло



Слика 242. - Електрично коло



Слика 243. - Програмирање ПЛК

3.9.6. ВЕЖБА БРОЈ 6: УРЕЂАЈ ЗА ОДМАШЋИВАЊЕ РАДНИХ КОМАДА

У овој вежби:

1. Разумевање индиректног активирања управљачког кола.
2. Активирање цилиндра двоструког дејства помоћу 5/2 електромагнетног вентила.
3. Израда и цртање пнеуматских и електричних шема.
4. Симулација електропнеуматског система на рачунару.
5. Избор потребних компоненти.
6. Разумевање доступних варијанти за монтажу компоненти на профилну плочу односно монтажне компоненте у монтажни оквир.
7. Повезивање компоненти на улазе и излазе ПЛК.
8. Писање програма за ПЛК.
9. Унос програма у ПЛК.
10. Пуштање у рад мехатронског система.

Опис рада уређаја:

Радни делови се пре завршне монтаже одмашћују у кади за одмашћивање.

Услови задатка:

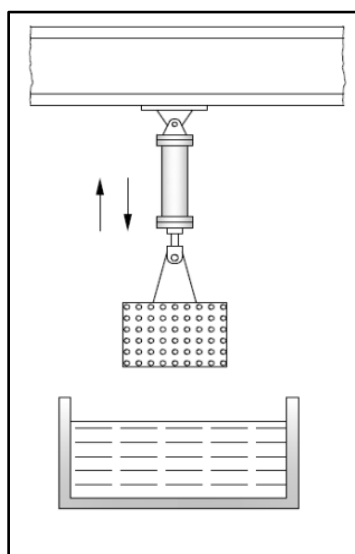
Притиском на тастер START започиње радни циклус који се понавља три пута. Цилиндар двосмерног дејства потапа кошару пуну производа у каду за одмашћивање. Кошара је потопљена $t = 10$ секунди како би се отопила масноћа, а након тога се подиже из каде и цеди $t = 5$ секунди. На крају поступка одмашћивања цилиндар остаје у увученом положају. Сензори S_1 и S_2 одређују крајње положаје клипњаче цилиндра. Пре започињања новог циклуса неопходно је прво притиснути тастер RESET.

Задатак вежбе:

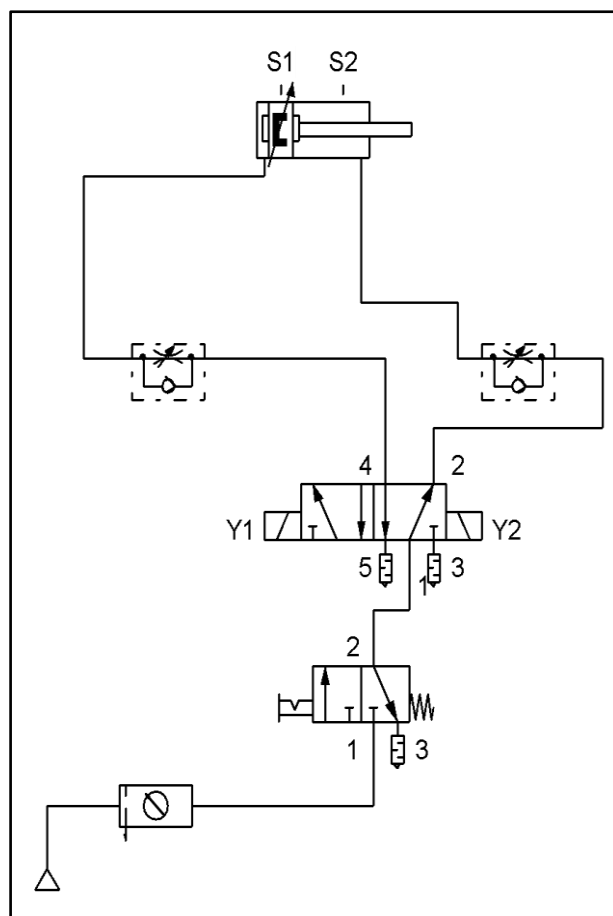
На основу описа рада уређаја нацртати пнеуматску шему, електричну шему управљања и извршити симулацију на рачунару.

Након провере функционисања изабрати елементе и извршити њихово повезивање на дидактичком столу.

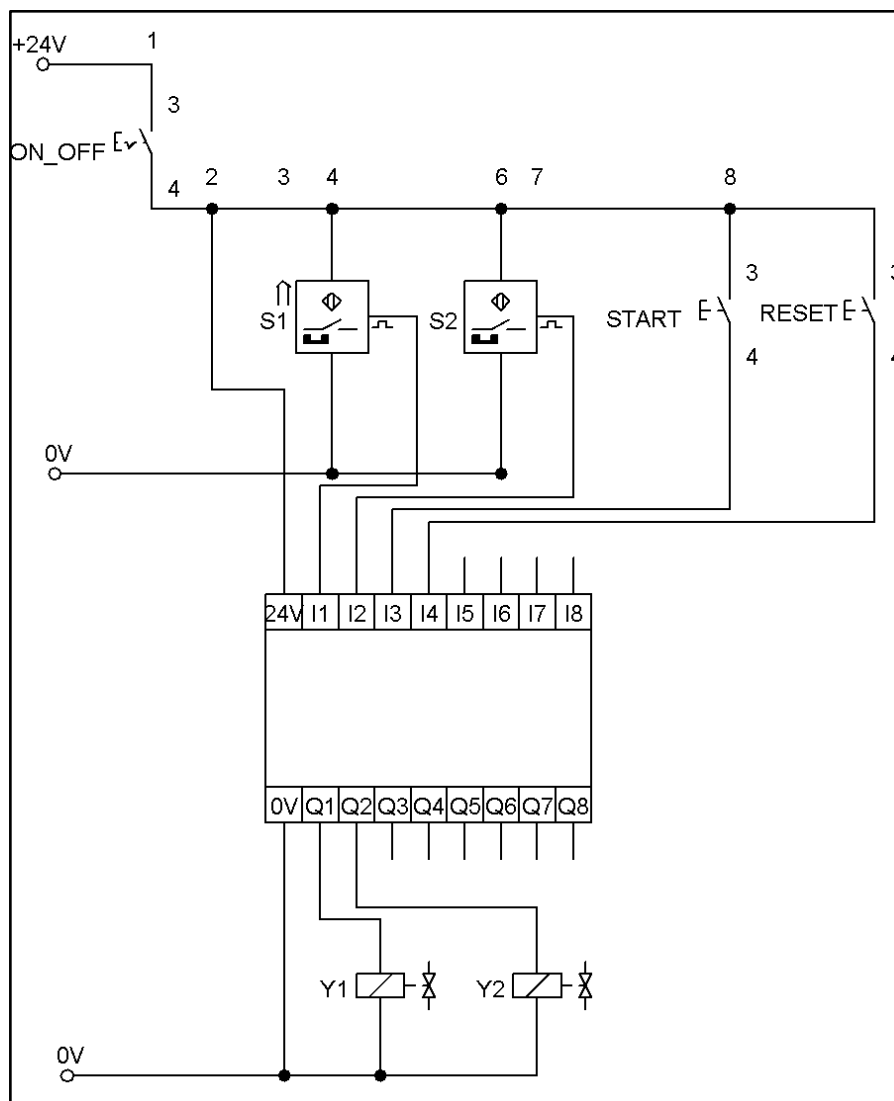
Уз присуство реализатора обуке извршити укључивање.



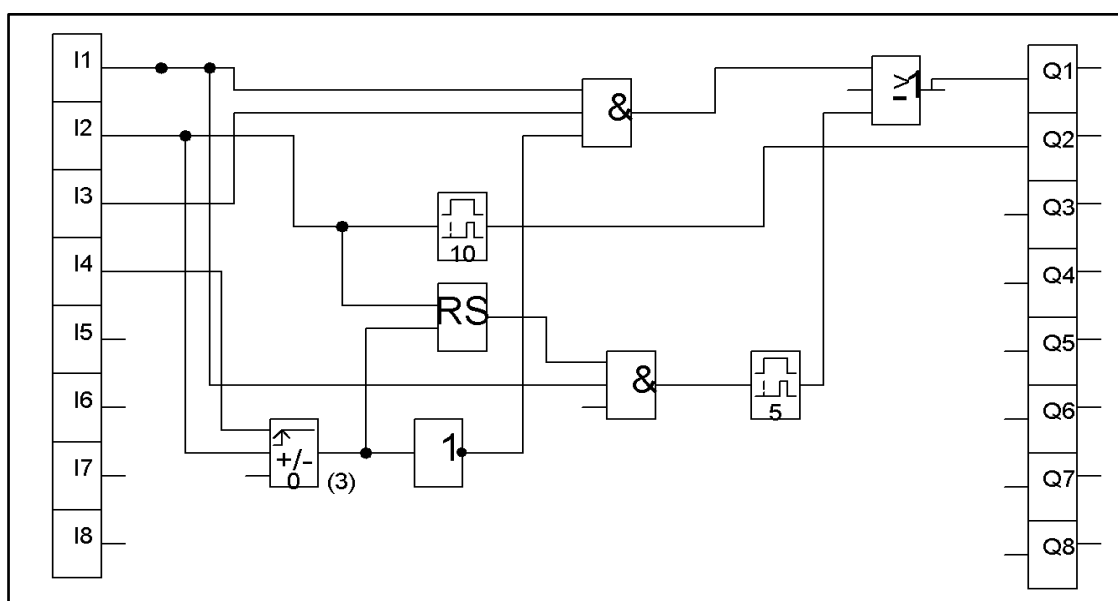
Слика 244. - Скица положаја



Слика 245. - Пнеуматско коло



Слика 246. - Електрично коло



Слика 247. - Програмирање ПЛК

3.9.7. ВЕЖБА БРОЈ 7: УРЕЂАЈ ЗА ПАКОВАЊЕ

У овој вежби:

1. Разумевање индиректног активирања управљачког кола.
2. Активирање цилиндра двоструког дејства помоћу 5/2 електромагнетног вентила.
3. Израда и цртање пнеуматских и електричних шема.
4. Симулација електропнеуматског система на рачунару.
5. Избор потребних компоненти.
6. Разумевање доступних варијанти за монтажу компоненти на профилну плочу, односно монтажне компоненте у монтажни оквир.
7. Повезивање компоненти на улазе и излазе ПЛК.
8. Писање програма за ПЛК.
9. Унос програма у ПЛК.
10. Пуштање у рад мехатронског система.

Опис рада уређаја:

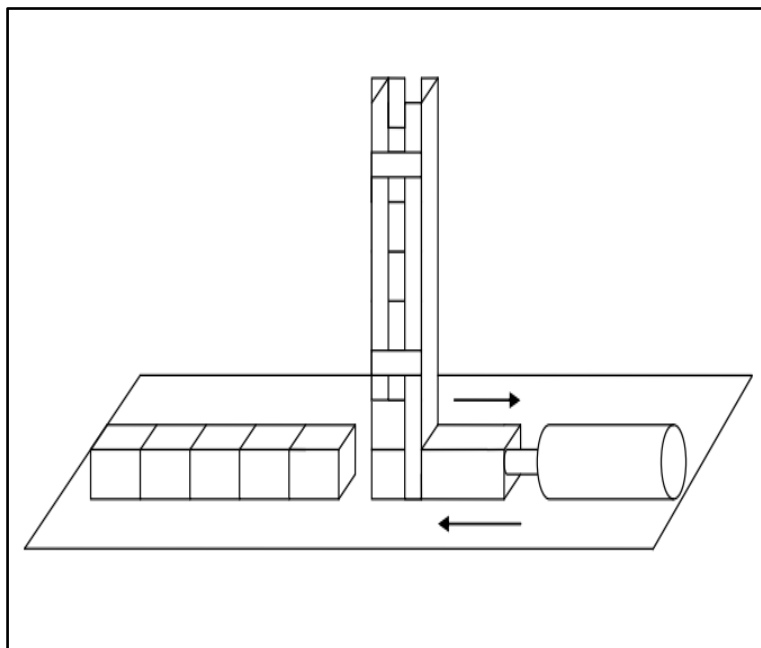
Уређај за паковање по пет комада користи пнеуматски цилиндар за издвајање комада из магацина. Сигнал за почетак рада уређаја задаје се притиском на тастер START. После издвајања **ПЕТ** комада клип цилиндра се зауставља. Сензори S_1 и S_2 одређују крајње положаје клипњаче цилиндра. Пре започињања новог циклуса неопходно је прво притиснути тастер RESET.

Задатак вежбе:

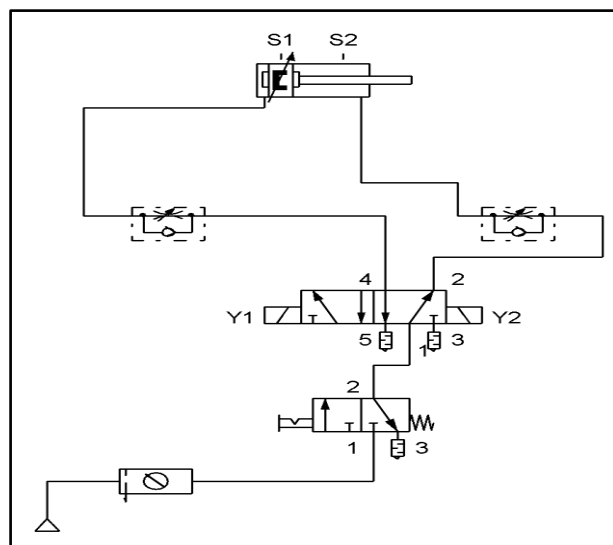
На основу описа рада уређаја нацртати пнеуматску шему, електричну шему управљања и извршити симулацију на рачунару.

Након провере функционисања изабрати елементе и извршити њихово повезивање на дидактичком столу.

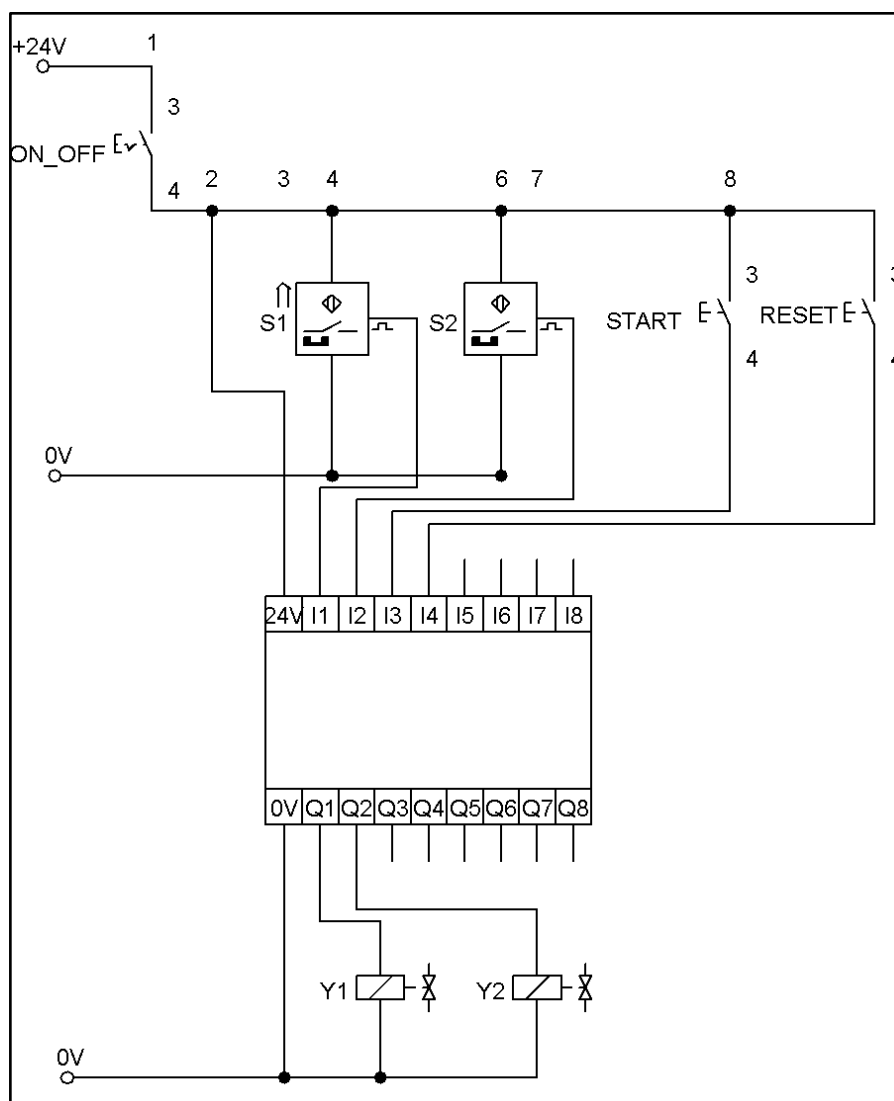
Уз присуство реализатора обуке извршити укључивање.



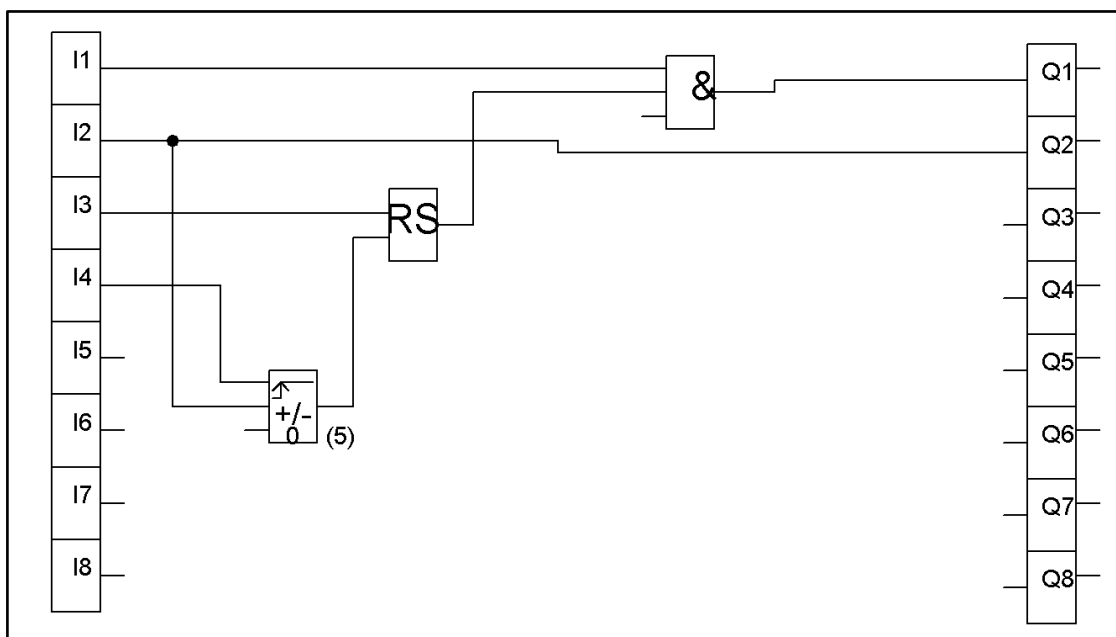
Слика 248. - Скица положаја



Слика 249. - Пнеуматско коло



Слика 250. - Електрично коло



Слика 251. - Програмирање ПЛК

3.9.8. ВЕЖБА БРОЈ 8: УРЕЂАЈ ЗА ПРЕБАЦИВАЊЕ ПАКЕТА

У овој вежби:

1. Разумевање индиректног активирања управљачког кола.
2. Активирање цилиндра двоструког дејства помоћу 5/2 електромагнетног вентила.
3. Израда и цртање пнеуматских и електричних шема.
4. Симулација електропнеуматског система на рачунару.
5. Избор потребних компоненти.
6. Разумевање доступних варијанти за монтажу компоненти на профилну плочу, односно монтажне компоненте у монтажни оквир.
7. Повезивање компоненти на улазе и излазе ПЛК.
8. Писање програма за ПЛК.
9. Унос програма у ПЛК.
10. Пуштање у рад мехатронског система.

Опис рада уређаја:

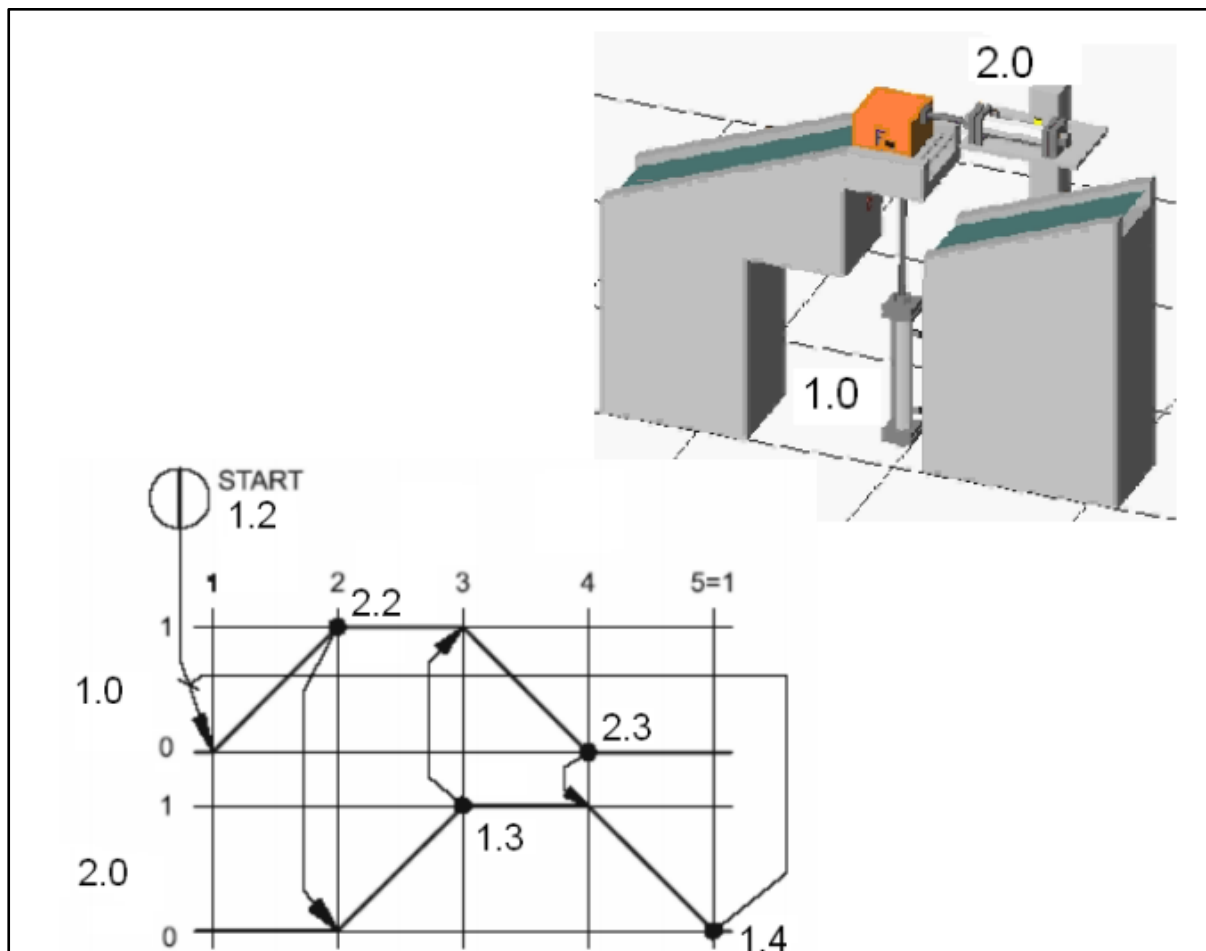
Пакете, који стижу доњом траком цилиндром двосмерног дејства, дижемо на горњу стазу, а други цилиндар двосмерног дејства гурне пакет на другу ваљкасту стазу. Цилиндар 2.0 се враћа након што се врати цилиндар 1.0. Редослед кретања цилиндара приказан је дијаграмом пут – корак. Главни разводници су моностабилни. Сигнал за почетак рада уређаја задаје се притиском на тастер START. Сензори S_1 и S_2 одређују крајње положаје клипњаче цилиндра 1.0 а сензори S_3 и S_4 одређују крајње положаје клипњаче цилиндра 2.0.

Задатак вежбе:

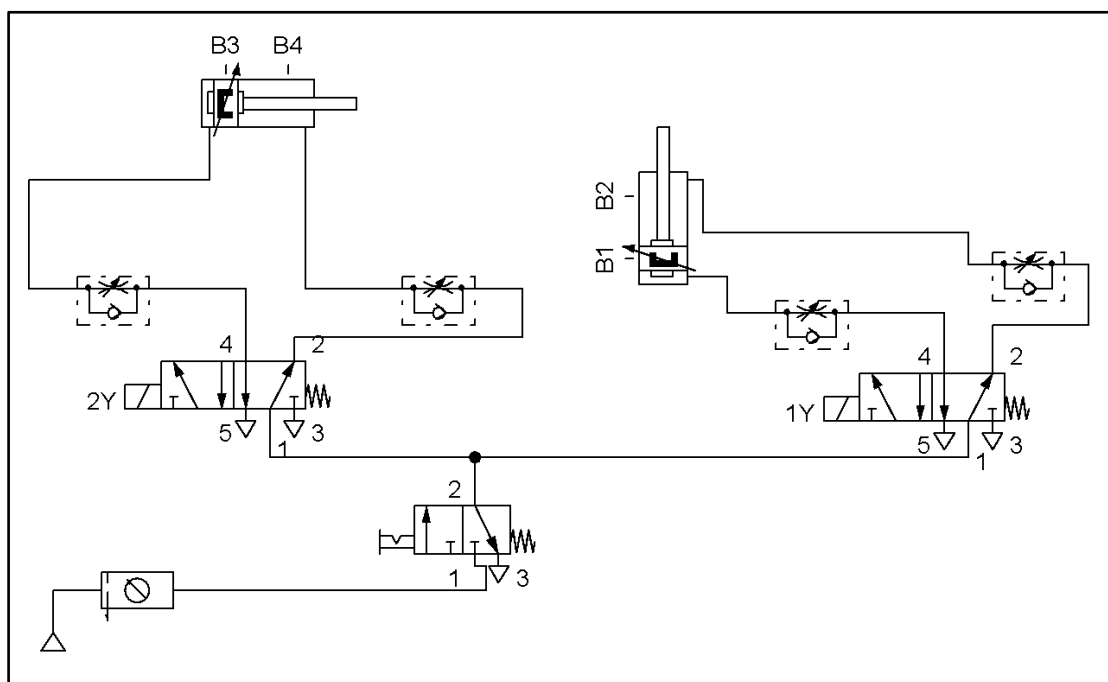
На основу описа рада уређаја нацртати пнеуматску шему, електричну шему управљања и извршити симулацију на рачунару.

Након провере функционисања изабрати елементе и извршити њихово повезивање на дидактичком столу.

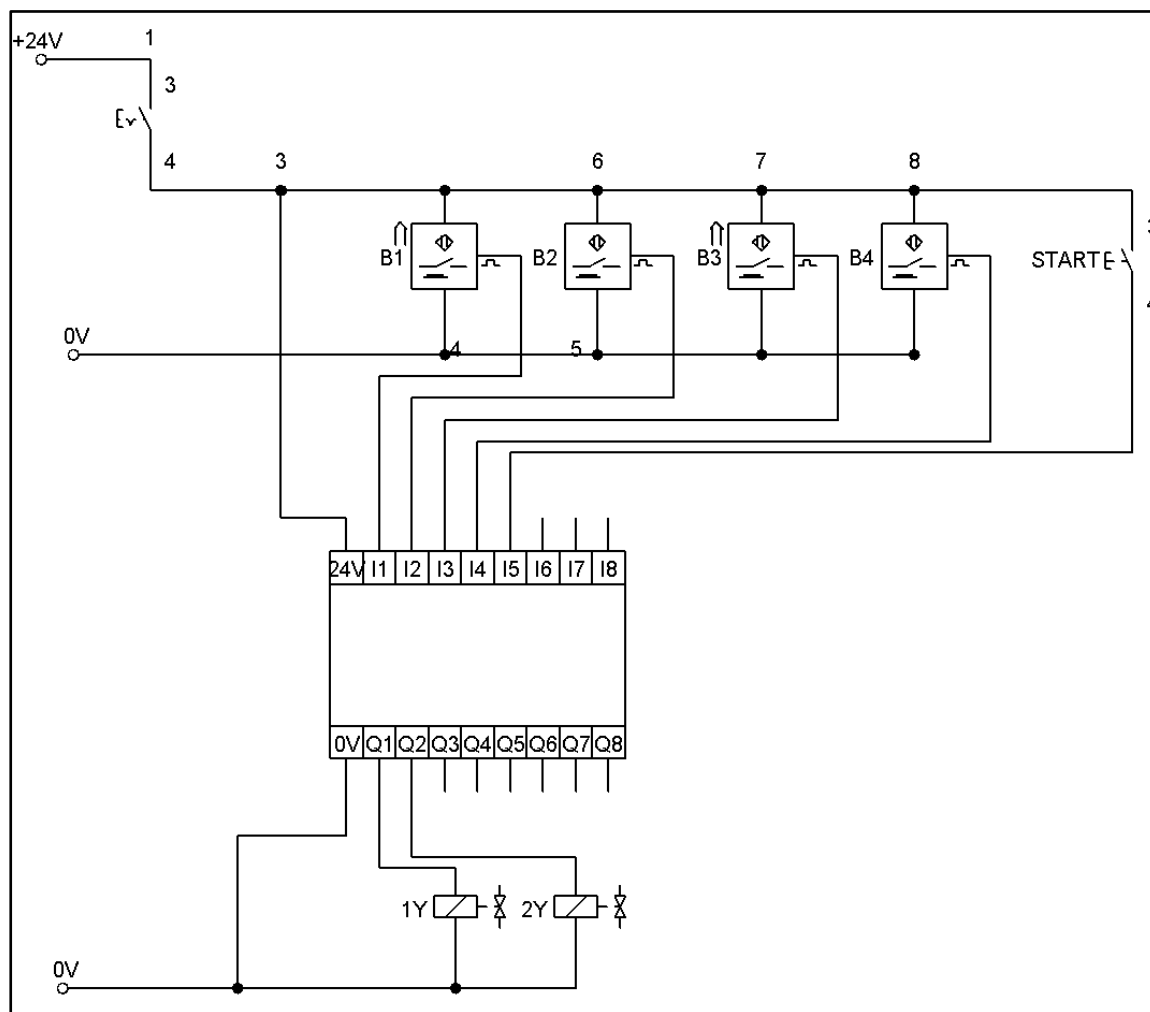
Уз присуство реализатора обуке извршити укључивање.



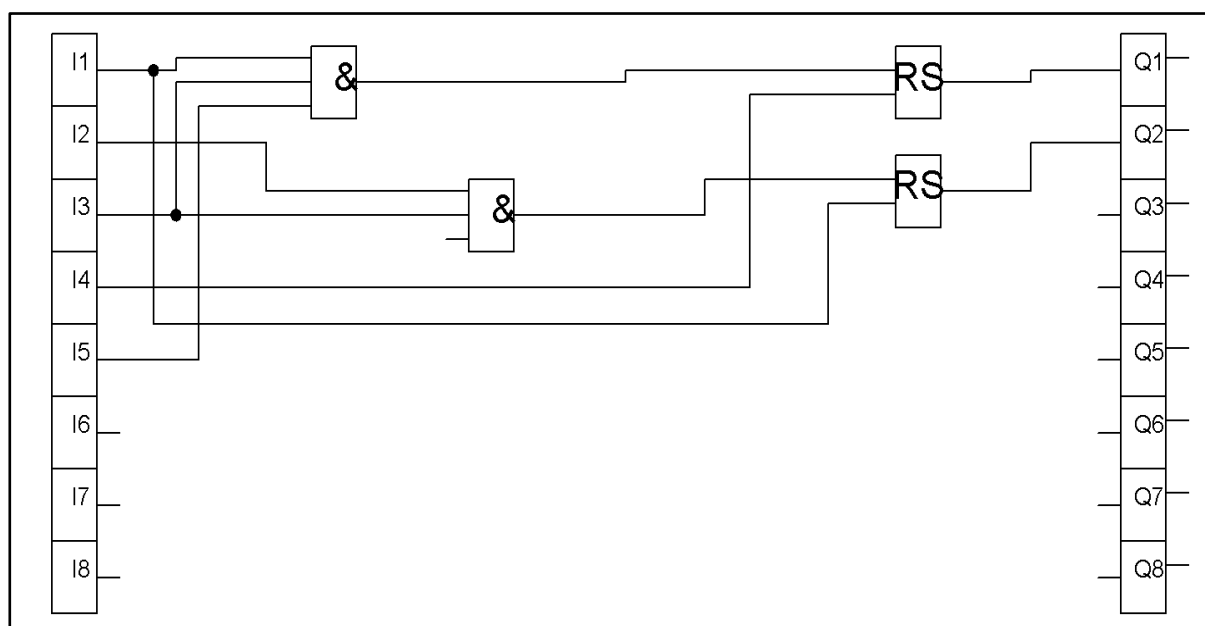
Слика 252. - Скица положаја и дијаграм пут-корак



Слика 253. - Пнеуматско коло



Слика 254. - Електрично коло



Слика 255. - Програмирање ПЛК

3.9.9. ВЕЖБА БРОЈ 9: УРЕЂАЈ ЗА САВИЈАЊЕ

У овој вежби:

1. Разумевање индиректног активирања управљачког кола.
2. Активирање цилиндра двоструког дејства помоћу 5/2 електромагнетног вентила.
3. Израда и цртање пнеуматских и електричних шема.
4. Симулација електропнеуматског система на рачунару.
5. Избор потребних компоненти.
6. Разумевање доступних варијанти за монтажу компоненти на профилну плочу односно монтажне компоненте у монтажни оквир.
7. Повезивање компоненти на улазе и излазе ПЛК.
8. Писање програма за ПЛК.
9. Унос програма у ПЛК.
10. Пуштање у рад мехатронског система.

Опис рада уређаја:

Активирањем тастера СТАРТ клип цилиндра двосмерног дејства означеног са 1.0 излази и стеже предмет. Након тога клип цилиндра двосмерног дејства означеног са 2.0 врши савијање лима. Редослед повратка клипова цилиндара дат је дијаграмом пут-корак.

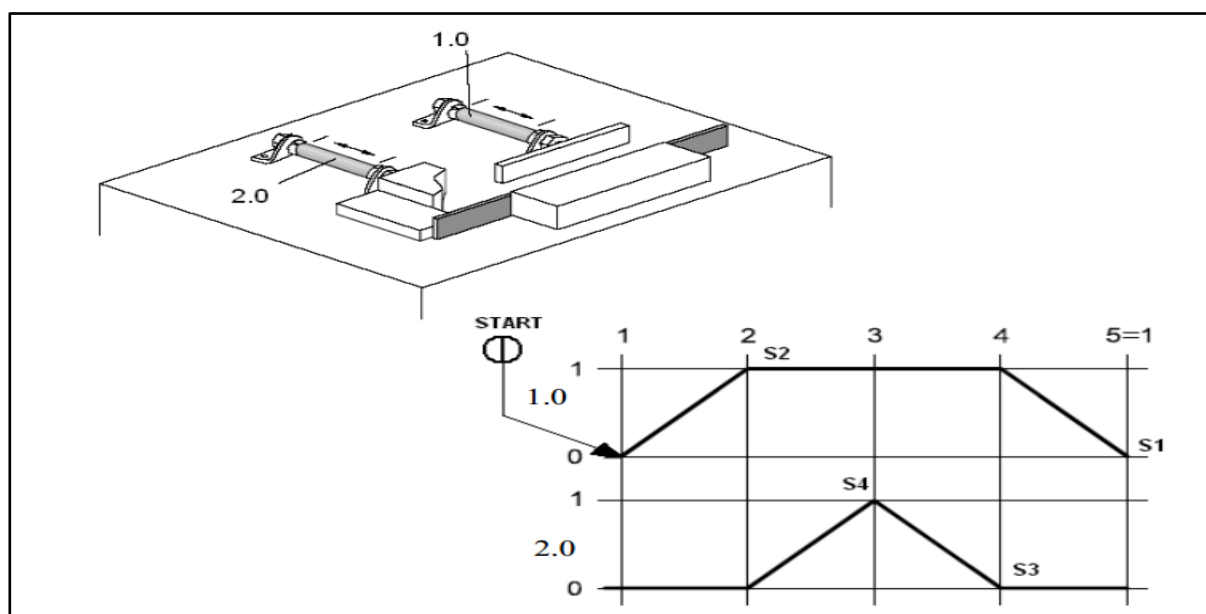
Главни разводници су бистабилни. Сигнал за почетак рада уређаја задаје се притиском на тастер START. Сензори 1S₁ и 1S₂ одређују крајње положаје клипњаче цилиндра 1.0 а сензори 2S₁ и 2S₂ одређују крајње положаје клипњаче цилиндра 2.0.

Задатак вежбе:

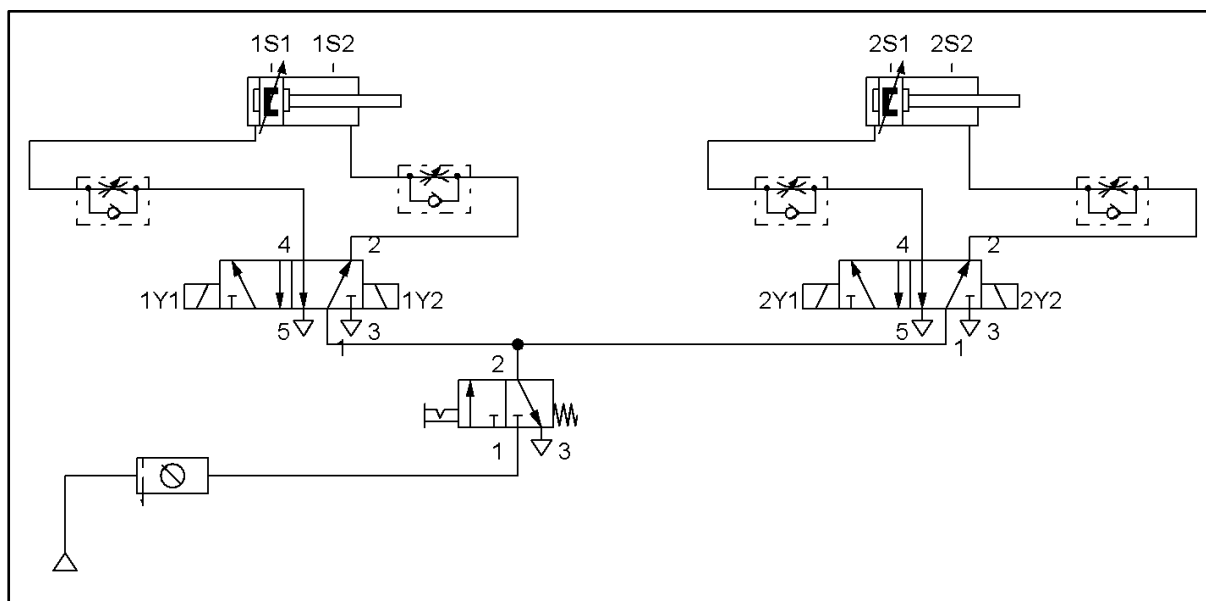
На основу описа рада уређаја нацртати пнеуматску шему, електричну шему управљања и извршити симулацију на рачунару.

Након провере функционисања изабрати елементе и извршити њихово повезивање на дидактичком столу.

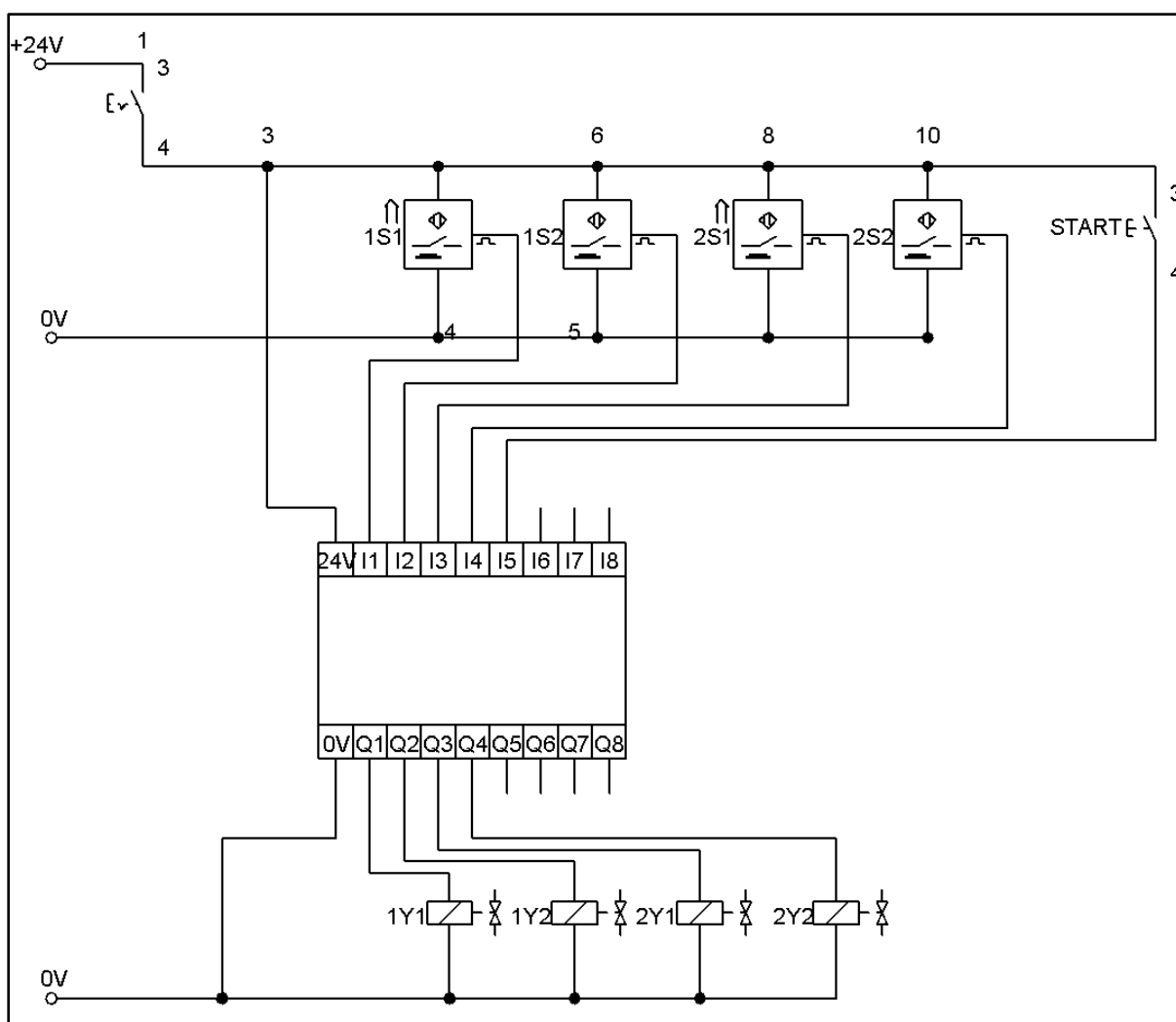
Уз присуство реализатора обуке извршити укључивање.



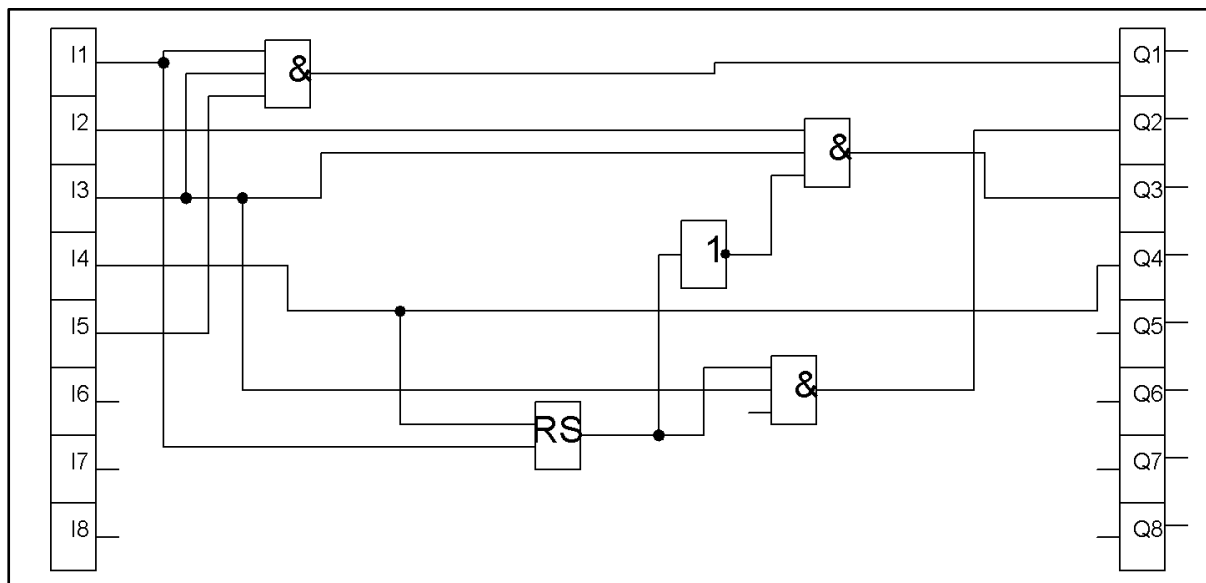
Слика 256. - Скица положаја и дијаграм пут-корак



Слика 257. - Пнеуматско коло



Слика 258. - Електрично коло



Слика 259. - Програмирање ПЛК

3.9.10. ВЕЖБА БРОЈ 10: УРЕЂАЈ ЗА ПОТИСКИВАЊЕ НА МОДЕЛУ ПАКЕРИЦЕ

У овој вежби:

1. Разумевање индиректног активирања управљачког кола.
2. Активирање цилиндра двоструког дејства помоћу 5/2 електромагнетног вентила.
3. Израда и цртање пнеуматских и електричних шема.
4. Симулација електропнеуматског система на рачунару.
5. Избор потребних компоненти.
6. Разумевање доступних варијанти за монтажу компоненти на профилну плочу, односно монтажне компоненте у монтажни оквир.
7. Повезивање компоненти на улазе и излазе ПЛК.
8. Писање програма за ПЛК.
9. Унос програма у ПЛК.
10. Пуштање у рад мехатронског система.

Опис рада уређаја:

Пнеуматски цилиндар 1.0 двосмерног дејства потискује комаде из магацина, један по један. После сваких 5 комада укључује се цилиндар 2.0, који тих 5 комада заједно потискује на траку.

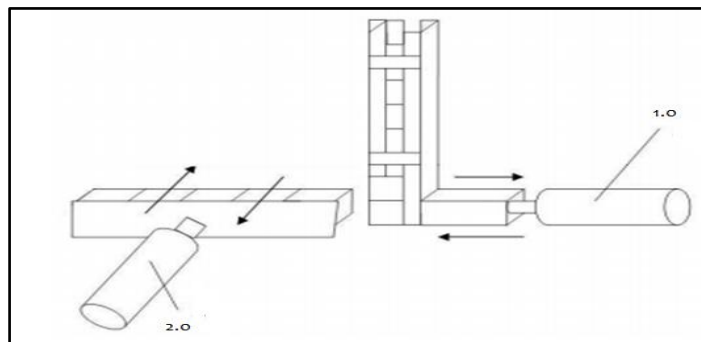
Главни разводници су бистабилни. Сигнал за почетак рада уређаја задаје се притиском на тастер START. Сензори 1S₁ и 1S₂ одређују крајње положаје клипњаче цилиндра 1.0 а сензори 2S₁ и 2S₂ одређују крајње положаје клипњаче цилиндра 2.0.

Задатак вежбе:

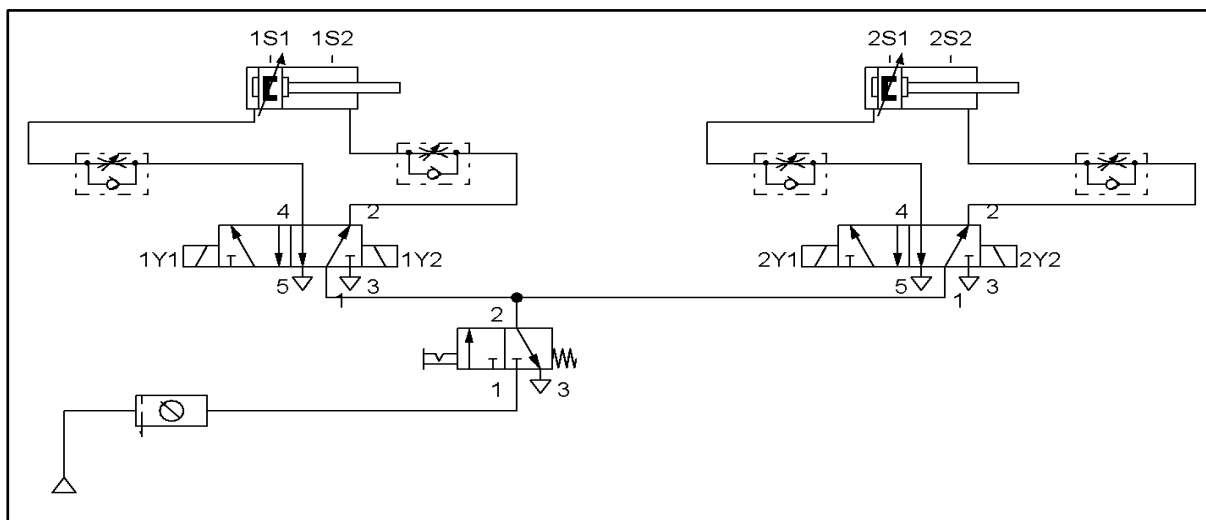
На основу описа рада уређаја нацртати пнеуматску шему, електричну шему управљања и извршити симулацију на рачунару.

Након провере функционисања изабрати елементе и извршити њихово повезивање на дидактичком столу.

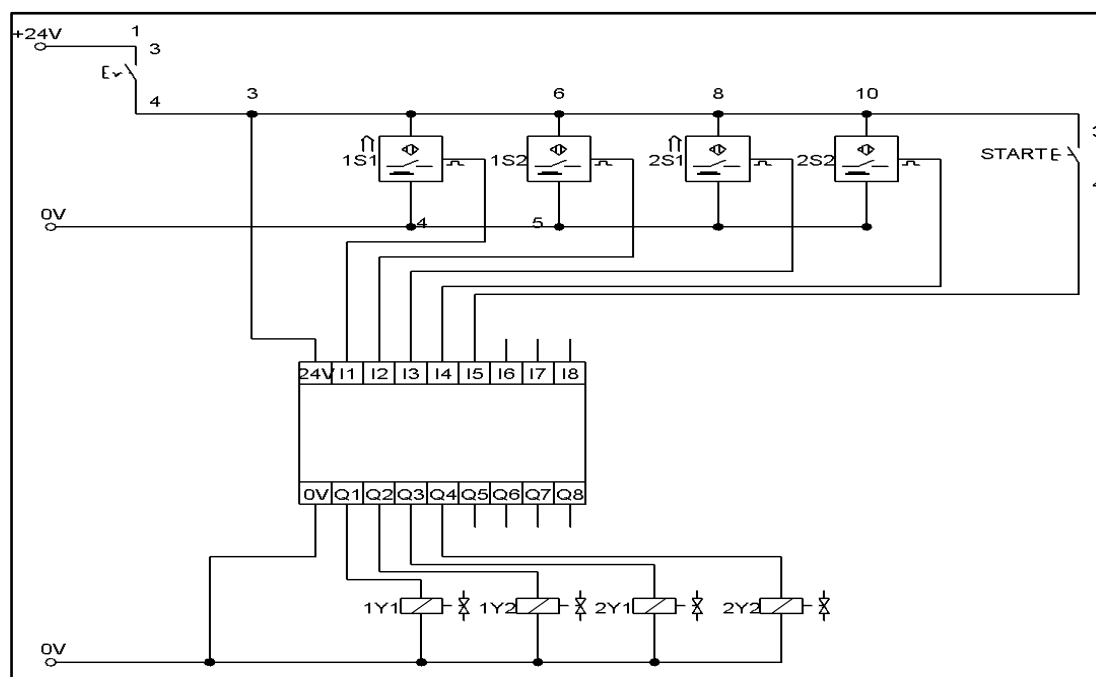
Уз присуство реализатора обуке извршити укључивање.



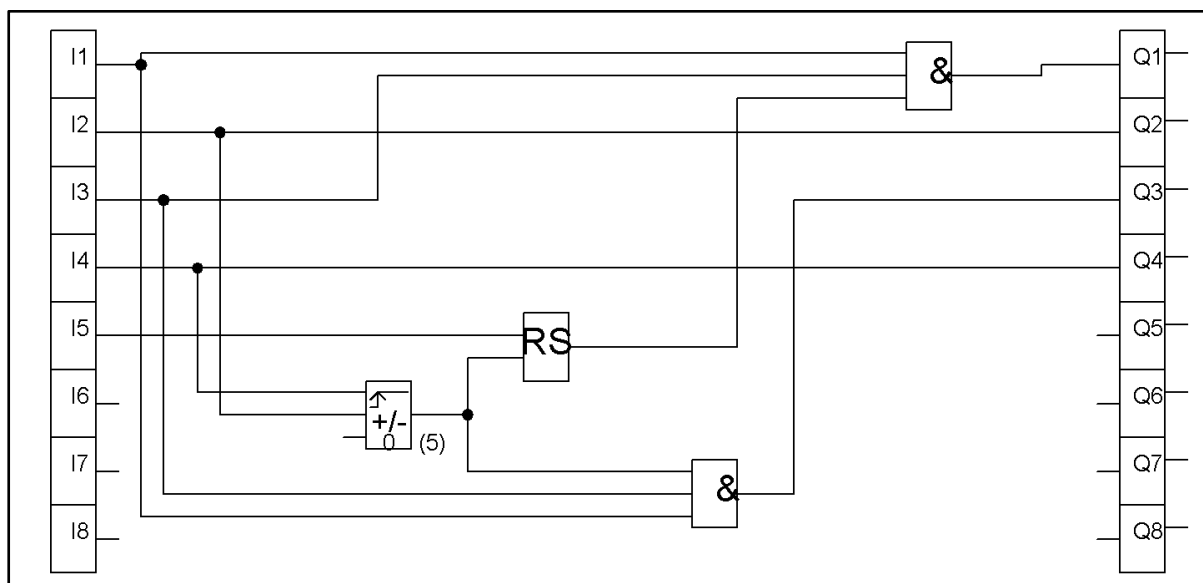
Слика 260. - Скица положаја



Слика 261. - Пнеуматско коло



Слика 262. - Електрично коло



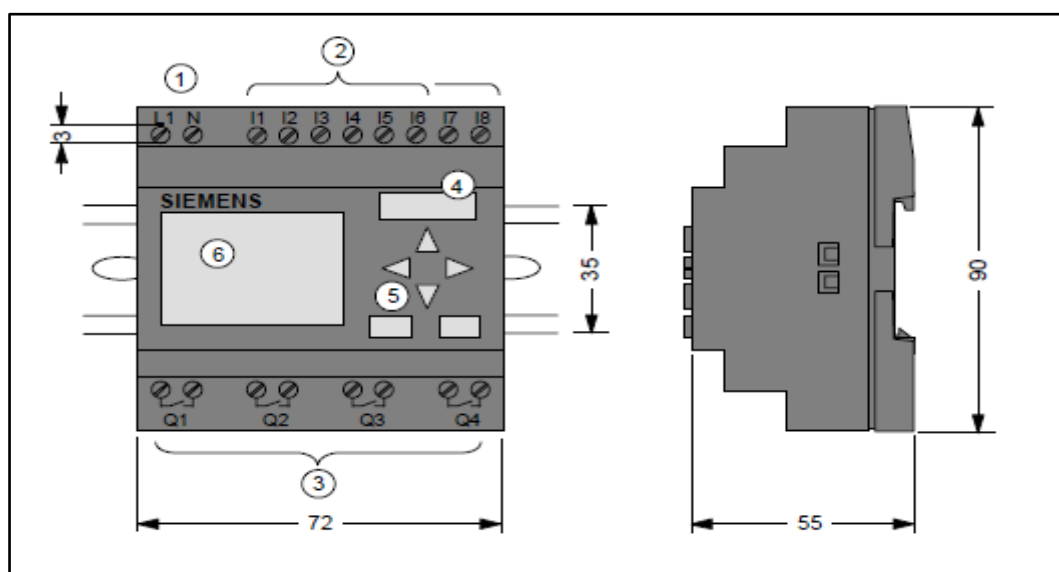
Слика 263. - Програмирање ПЛК

3.10. SIEMENS LOGO

ЛОГО је универзални логички модул компаније.

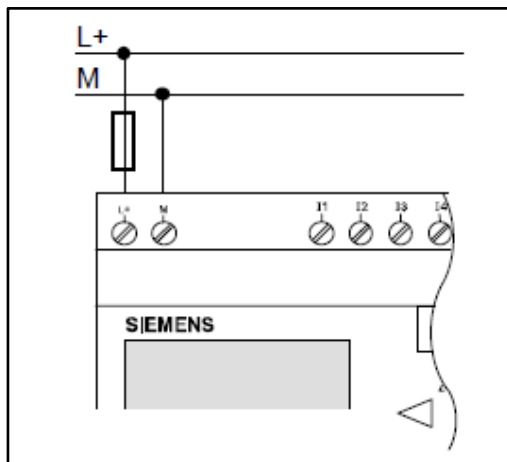
ЛОГО садржи:

- контролне функције,
- јединицу за рад и приказ,
- напајање,
- интерфејс за програмске модуле и „РС” кабл
- основне функције спремне за употребу које су често потребне у свакодневном раду, као што су функције за одлагање укључивања/искључивања, струјни импулсни релеји,
- временски прекидач,
- бинарне маркере,
- улазе и излазе према типу уређаја.

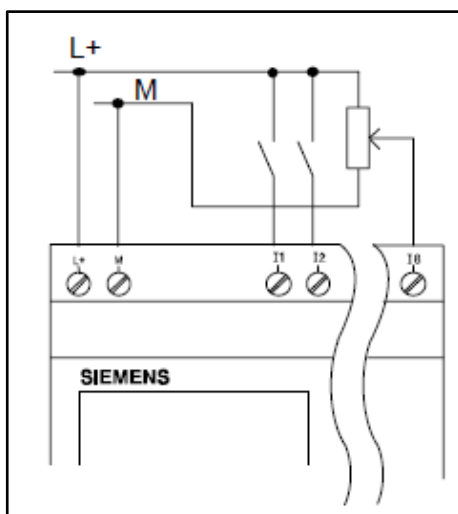


Слика 264. - Изглед „Siemens – LOGO” контролер

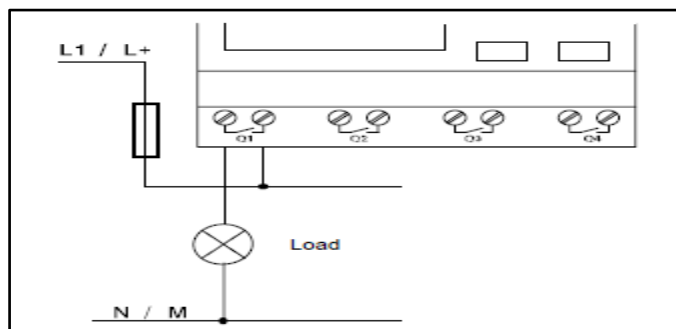
1. Прикључци за напајање.
2. Улази.
3. Излази.
4. Поклопац.
5. Контролна дугмад.
6. Дисплеј.



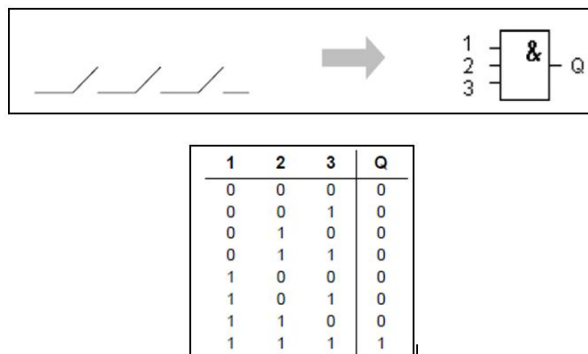
Слика 265. - Прикључивање „Siemens – LOGO” контролера на напајање



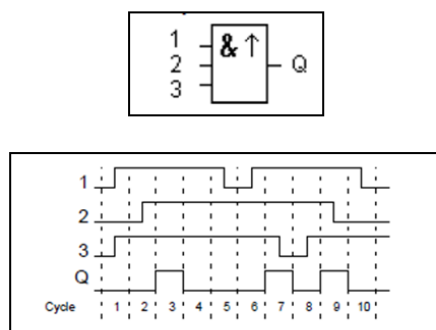
Слика 266. - Прикључивање компоненти на улазне „Siemens – LOGO” контролера



Слика 267. - Прикључивање компоненти на релејне излазе „Siemens – LOGO” контролера

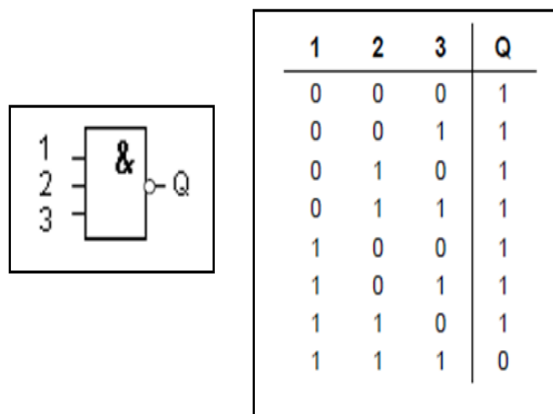
Логичка кола и функцијски блокови:**И коло:**

Слика 268. - И коло, симбол и таблица истинитости

И коло са детекцијом улазне ивице:

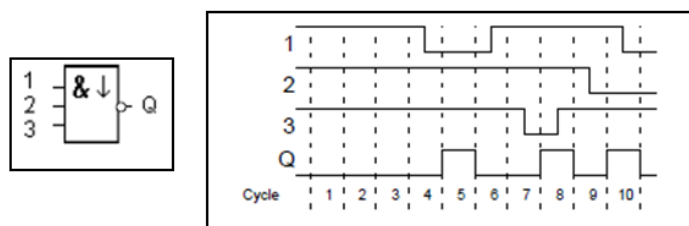
Слика 269. - И коло са детекцијом улазне ивице, симбол и временски дијаграм

Излаз кола И са детекцијом улазне ивице само усваја стање 1 када сви улази имају стање 1 и најмање један улаз је имао стање 0 у претходном циклусу.

НИ коло (негирано И коло):

Слика 270. - НИ коло, симбол и таблица истинитости

НИ коло са детекцијом силазне ивице:



Слика 271. - НИ коло са детекцијом силазне ивице, симбол и временски дијаграм

Излаз НИ кола са детекцијом ивице има стање логичке 1 само када најмање један улаз има стање 0 и све улази су имали стање 1 у претходном циклусу.

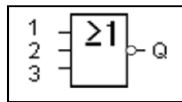
ИЛИ коло:



1	2	3	Q
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

Слика 272. - ИЛИ коло, симбол и таблица истинитости

НИЛИ коло (негирано или коло):



1	2	3	Q
0	0	0	1
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	0

Слика 273. - НИЛИ коло, симбол и таблица истинитости

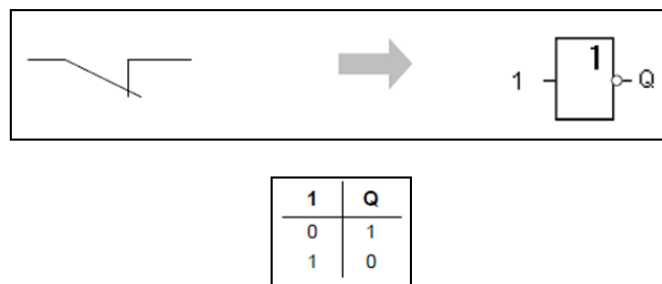
Ексклузивно ИЛИ коло:



1	2	Q
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

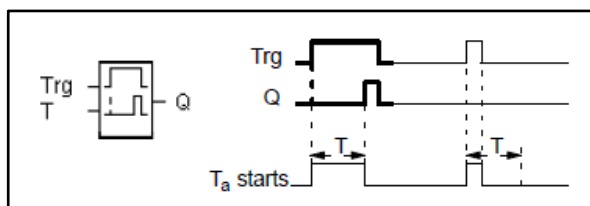
Слика 274. - Ексклузивно ИЛИ коло, симбол и таблица истинитости

НЕ коло:



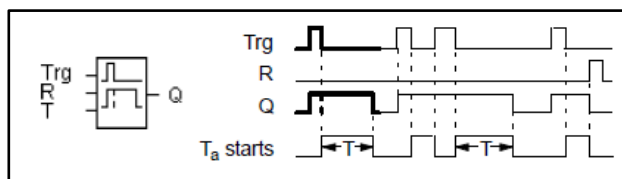
Слика 275. - НЕ коло, симбол и таблица истинитости

„TON” – временски релеј са одложеним активирањем:



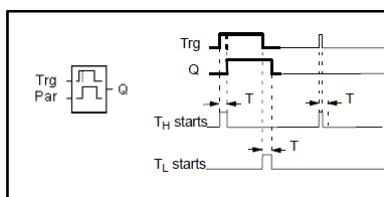
Слика 276. - „TON”, симбол и временски дијаграм

„TOFF” – временски релеј са одложеним деактивирањем:



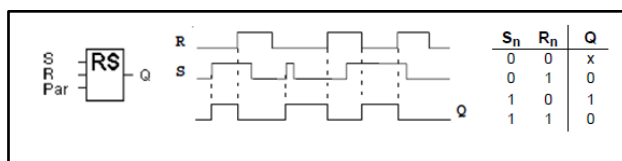
Слика 277. - „TOFF”, симбол и временски дијаграм

„TON” / „TOFF” – временски релеј:

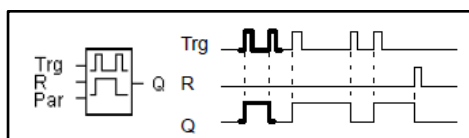


Слика 278. - „TON” / „TOFF”, симбол и временски дијаграм

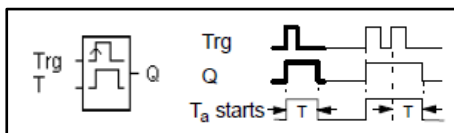
„RS” коло:



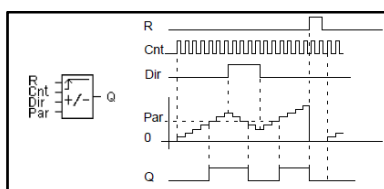
Слика 279. - „RS”, симбол, дијаграм и таблица истинитости

Импулсни релеј:

Слика 280. - Импулсни релеј, симбол и дијаграм

Релеј са временским кашњењем тригерован узлазном ивицом:

Слика 281. - Релеј са временским кашњењем тригерован узлазном ивицом, симбол и дијаграм

„UP/DOWN” бројач:

Слика 282. - „UP/DOWN”, симбол и дијаграм

4. ЕЛЕКТРИЧНИ ПОГОНИ И ОПРЕМА У МЕХАТРОНИЦИ

4.1. КОНЦЕПЦИЈА ПРИРУЧНИКА

Овај део приручника чини део система обуке за аутоматизацију мехатронских система у склопу обуке за Индустијског мехатроничара специјалисту. Намењен је како за семинарску обуку тако и за самостално учење.

Предметна знања полазник стиче кроз примере и вежбе. Предметне теме су садржајно усклађене и допуњују једна другу.

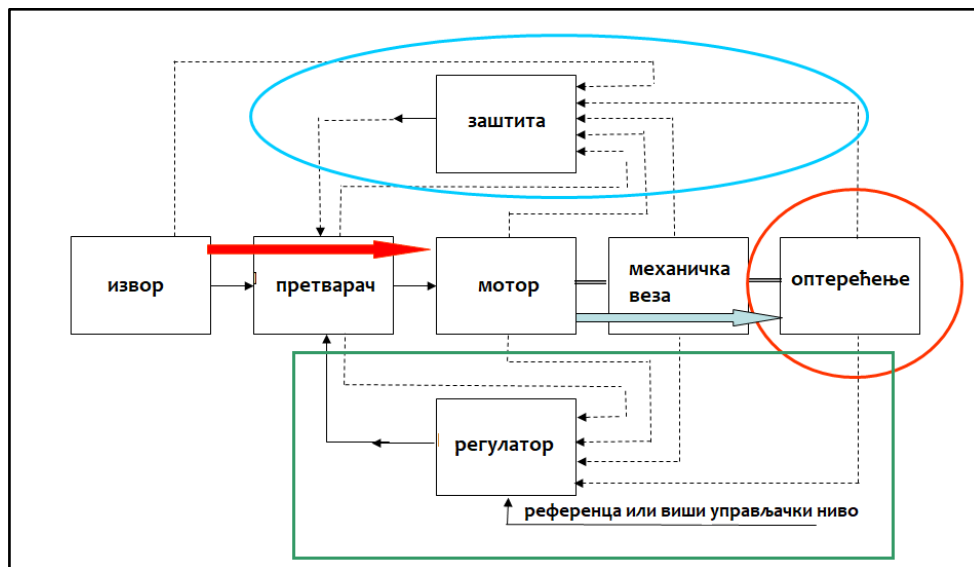
4.2. ЕЛЕКТРОМОТОРНИ ПОГОНИ

4.2.1. ПОЈАМ И ДЕЛОВИ ЕЛЕКТРОМОТОРНОГ ПОГОНА

Електромоторни погон (eng. „Electric Drive”) је електромеханички систем намењен за покретање радних механизма и управљање њиховим кретањем.

Електромоторни погон (ЕМП) се састоји од:

- електромотора,
- радног механизма,
- преносног уређаја,
- претварачког уређаја и
- управљачког уређаја.



Слика 283. - Блок шема електроmotorног погона

Електроmotor је главни део електроmotorног погона. Он претвара електричну енергију у механички рад.

Преносни уређај садржи механичке преносне направе и спојне елементе неопходне за пренос механичке енергије између електроmotора и радног механизма.

Претварачки уређај прилагођава параметре електричне енергије (напон и фреквенција) потребама motора. Управља токовима електричне енергије у циљу регулисања режима рада електроmotора и радног механизма.

Радни механизми су механичке направе које служе за обављање механичког рада потребног технолошком процесу (пумпе, вентилатори, компресори, лифтови, дизалице, алатне машине итд). У електричној вучи то су точкови у интеракцији с подлогом по којој се крећу.

Управљачки уређај је информацијски део система управљања електроmotorним погоном.

4.2.2. ПОДЕЛА ЕЛЕКТРОМOTORНИХ ПОГОНА

Подела електроmotора према врсти погонског motора:

Погоне са једносмерним моторима (eng. DC drives):

- независно побуђени мотор,
- паралелно побуђени мотор,
- редно побуђени мотор,
- компаундирани мотор (мотор са сложенom побудом).

Погоне са наизменичним моторима (eng. AC drives):

- асинхрони кавезни мотор,
- асинхрони колутни мотор,
- синхрони мотор са класичном побудом,
- синхрони мотор са сталним магнетима,

Погоне са специјалним моторима:

- прекидачко-релуктантни мотор,
- корачни мотор,
- електронички комутирани мотор (са перманентним магнетима),
- линеарни мотор,
- универзални мотор (наизменични колекторски мотор са серијском побудом).

Према смеру окретања:

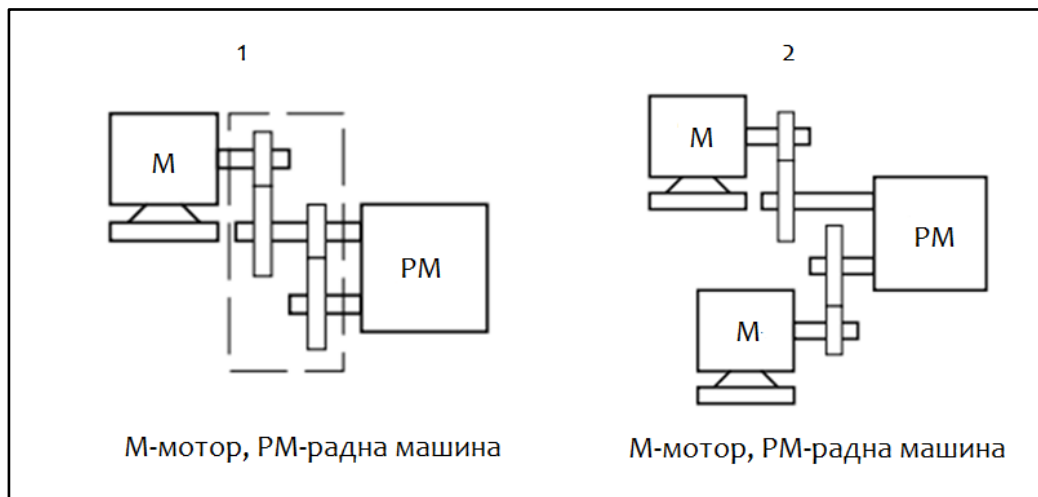
- реверзибилни погони (окретање у оба смера, нпр. дизалица),
- иреверзибилни погони (окретање у само једном смеру, нпр. усисивач).

Према управљању брзином окретања, моментом или углом помераја:

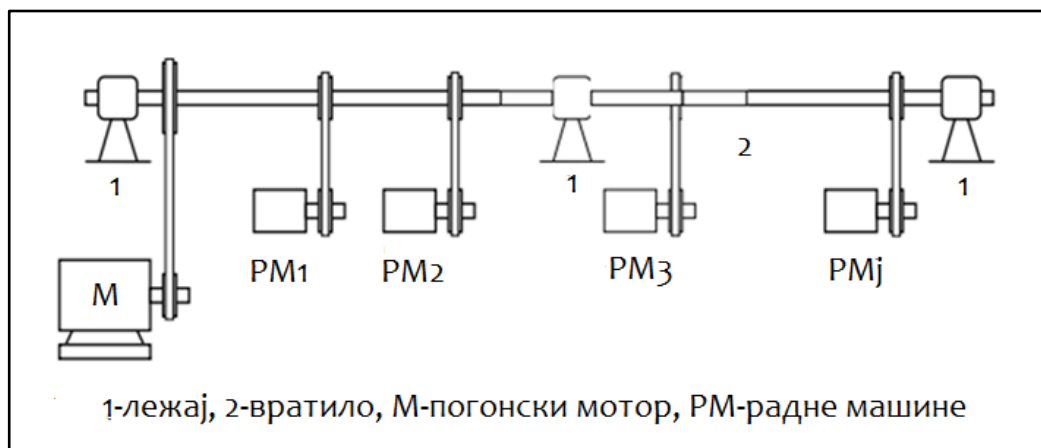
- нерегулисани,
- регулисани.

Према броју погонских мотора:

- погони с једним мотором (нпр. једноставни стројеви за обраду метала или дрвета, кућни апарати, једноставна електрична возила...),
- вишемоторни погонски системи (електромоторни воз или трамвај, сложенемашине за обраду метала, ваљаонице, папирна индустрија,...).



Слика 284. - Електромоторни погон са једним мотором-појединачни ЕМП (1),
Вишемоторни ЕМП (2)



Слика 285. - Групни ЕМП

4.2.3. РЕЖИМИ РАДА ЕЛЕКТРОМОТОРНИХ ПОГОНА

Основни параметри електромоторног погона су:

- снага,
- обртни моменат,
- брзина обртања.

Основни услови рада електромоторног погона су:

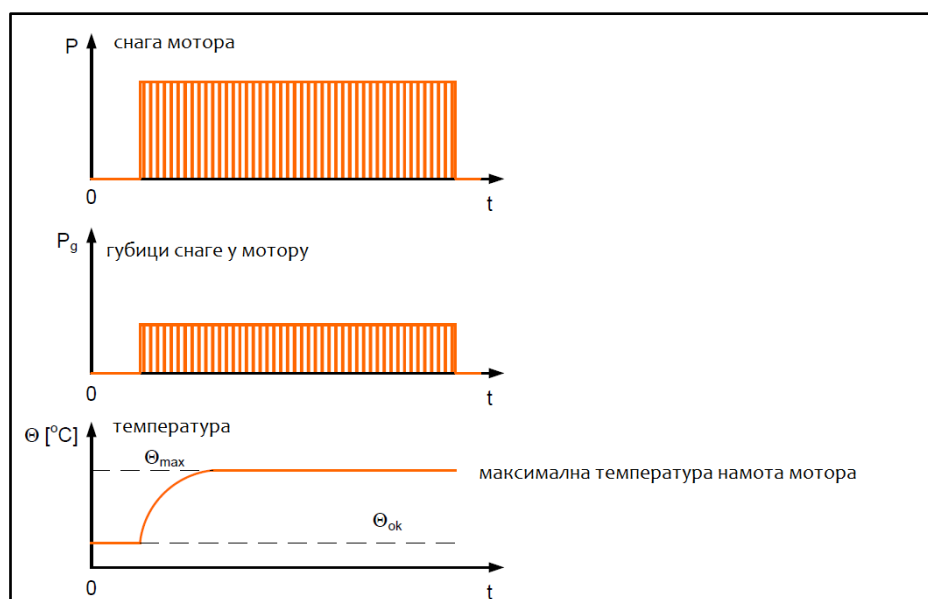
- услови - при поласку,
- номинални услови рада,
- гранични услови рада.

Код покретања посматрамо:

- почетну снагу или струју при поласку мотора,
- полазни моменат,
- време достизања номиналне брзине обртања или време залета ЕМП-а.

Погон „S1” – трајни рад (ИЕС ознака S1)

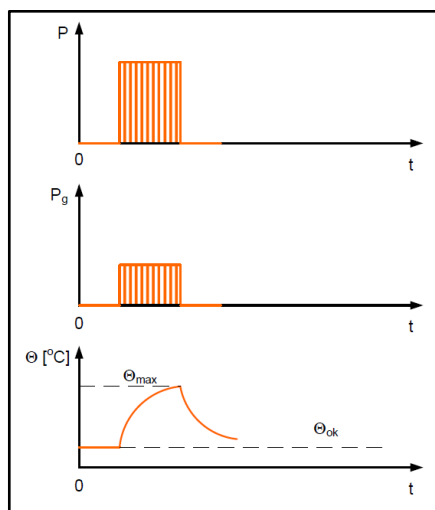
Рад при сталном оптерећењу чије је трајање довољно дуго да машина постигне топлотну равнотежу $t_p > 3T$ (T -топлотна временска константа)



Слика 286. - Дијаграм трајног погона - S1

Погон „S2” – краткотрајни рад (ИЕС ознака S2)

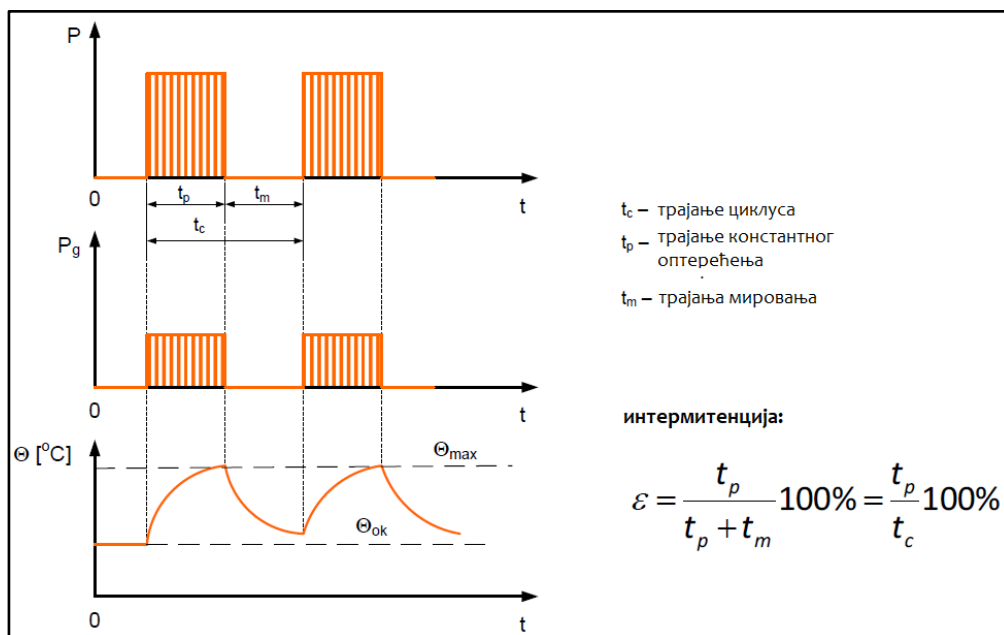
Рад је под оптерећењем које траје кратко и за време којег машина достигне дозвољену надтемпературу, а затим се стигне охладити на температуру околине пре следећег оптерећења. Краткотрајно оптерећење је ограничено дозвољеном температуром и моментом мотора. Битно је да се мотор не загреје више од Θ_{max} . Нормирана времена краткотрајног оптерећења су 10,30,60,90 минута. Пример означавања: S2, 30 min.



Слика 287. - Дијаграм краткотрајног погона – S2

Погон „S3” – интермитентни периодични погон (IEC ознака S3)

Погон са низом једнаких погонских циклуса. Губици залета не утичу битно на загревање. Називни износи интермитенција (коэффициента интермитенције) су 15,25,40,60 % при 10-минутном циклусу рада и мировања. Пример означавања S3, 25%.

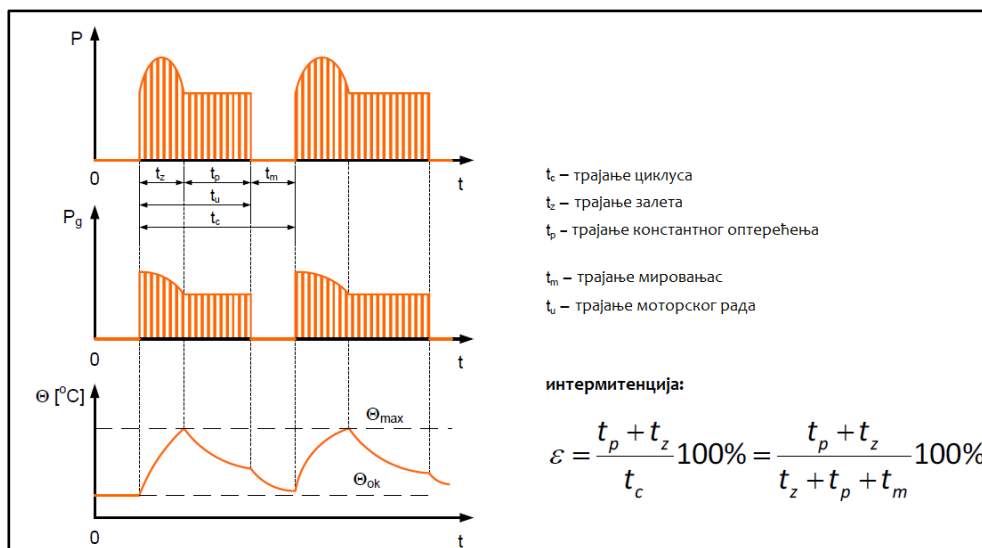


Слика 288. - Дијаграм интермитентног погона – S3

Погон „S4” – интермитентни периодични погон са утицајем динамичких стања (IEC ознака S4)

Рад под константним цикличним оптерећењима. Губици залета утичу на загревање. Да би се дефинисао овај режим рада, потребно је познавати моментну карактеристику

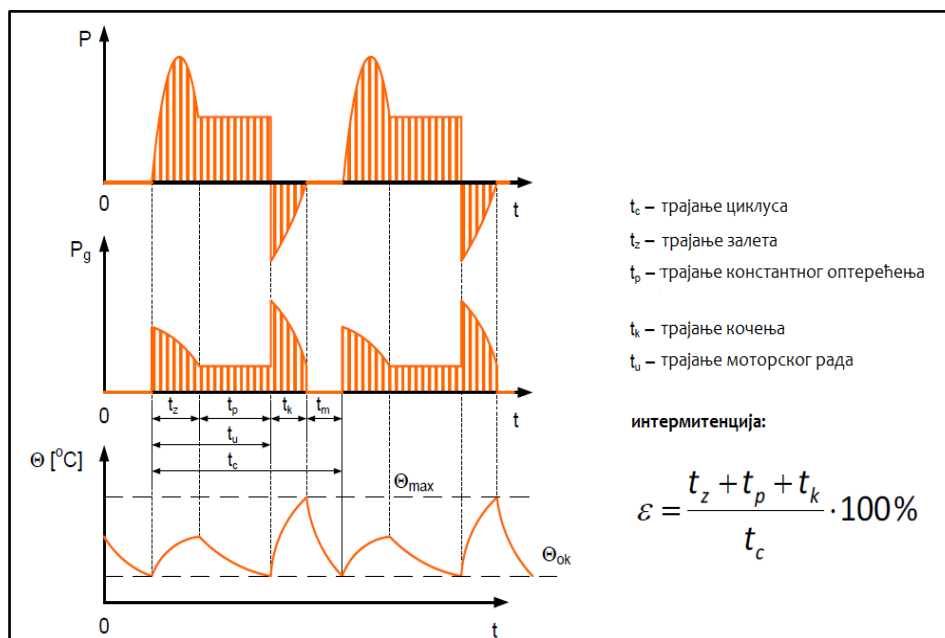
механизма, укупни момент инерције мотора и број залетана сат z . Пример означавања: S4, 40%; $z=120$ залета/h



Слика 289. - Дијаграм интермитентног погона – S4

Погон „S5” – интермитентни периодични погон са електричним кочењем (IEC ознака S5)

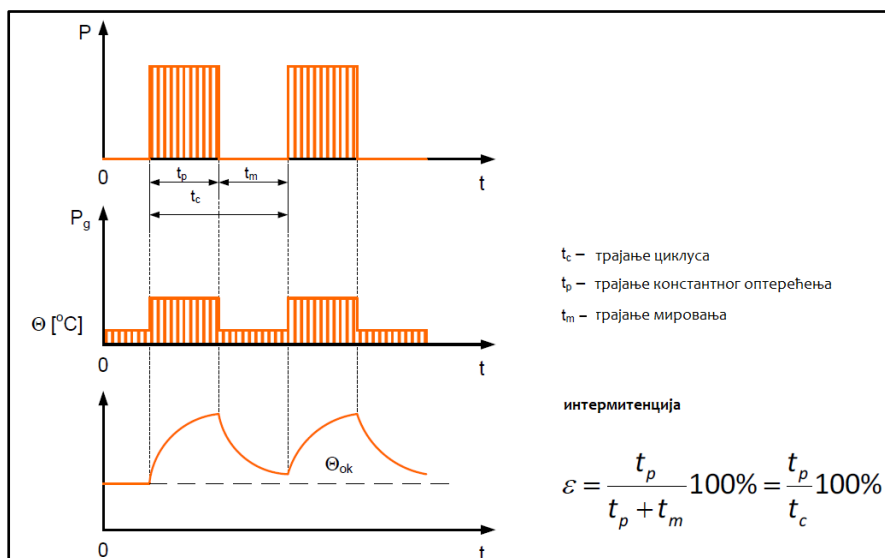
Слично је режиму S4, с тим што електрично кочење има значајан утицај на загревање. Такође се и дефинише број залета на сат. Пример означавања: S5, 160%; $z = 120$ залета/h



Слика 290. - Дијаграм интермитентног погона – S5

„S6” – трајни погон са интермитентним оптерећењем (IEC ознака S6)

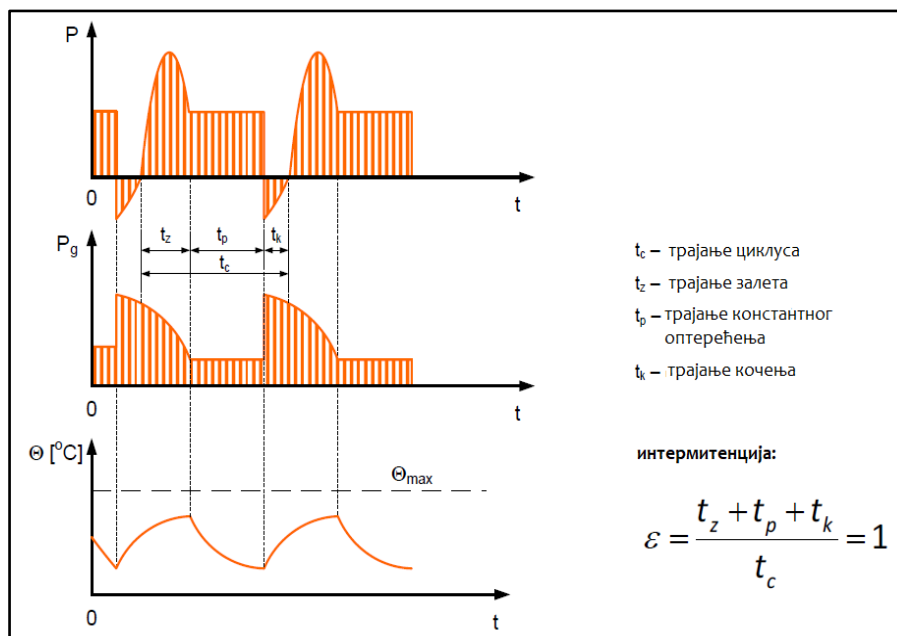
То је типичан пример дизаличних мотора, трајне серије једнаких циклуса. Сваки циклус чини период константног оптерећења и период празног хода. Брзина окретања приближно је једнака брзини окретања оптерећења и празног хода. Топлотне временске константе једнакеу су периоду хлађења и загревања. Пример ознаке S6, 15%.



Слика 291. - Дијаграм трајног погона са интермитентним оптерећењем – S6

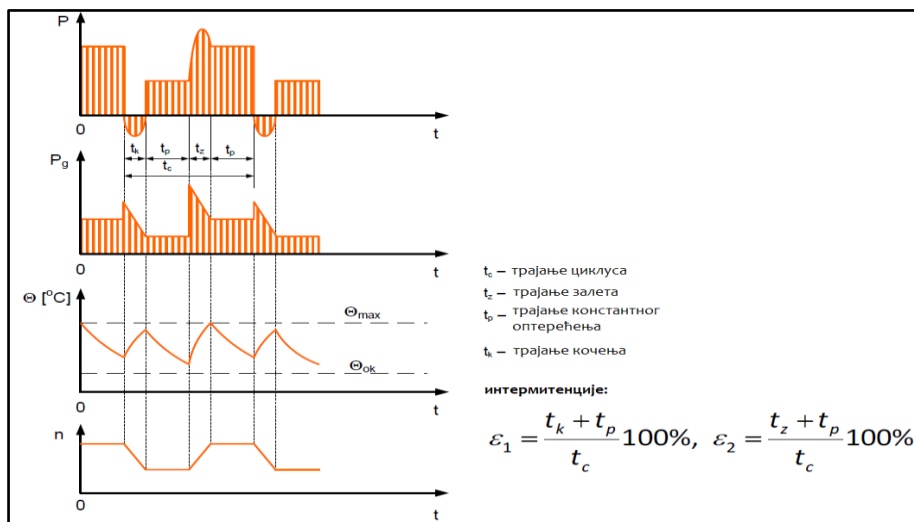
Погон „S7” – непрекидни периодични погон са залетима и електричним кочењима (IEC ознака S7)

Непрекидни је погон са сталним залетима и заустављањима, топлотно стабилизован процес. Да би се дефинисао овај режим рада, потребно је специфицирати број циклуса по сату z и укупни момент инерције на осовини мотора J . Пример означавања S7, $z = 500$ залета/h.



Слика 292. - Дијаграм погона – S7

Погон „S8” – трајни периодични погон са међусобно зависним променама брзине и оптерећења (IEC ознака S8)

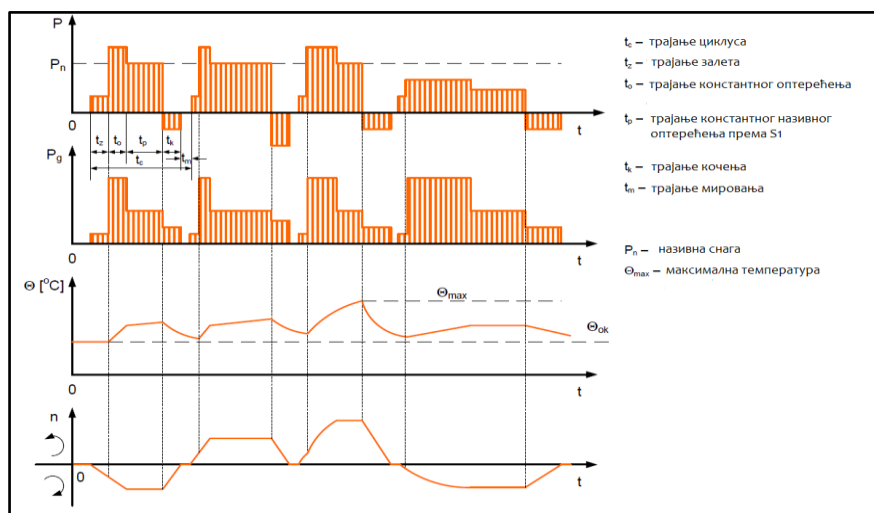


Слика 293. - Дијаграм погона – S8

Задају се парцијалне интермитенције. Задају се парцијална трајања оптерећења при појединој брзини обртања. Типичан пример је бродских дизалица. Врло компликован избор мотора. Може бити и више периода промене брзине обртања него на слици. Утицај губитака на загревање. Потребни су детаљни подаци о моменту инерције механизма и (мотора ако је већ одабран) трајању циклуса, односно њихов број на сат. Избор мотора покушајима.

Погон „S9” – погон са непериодичним променама оптерећења, брзине и смера окретања (IEC ознака S9)

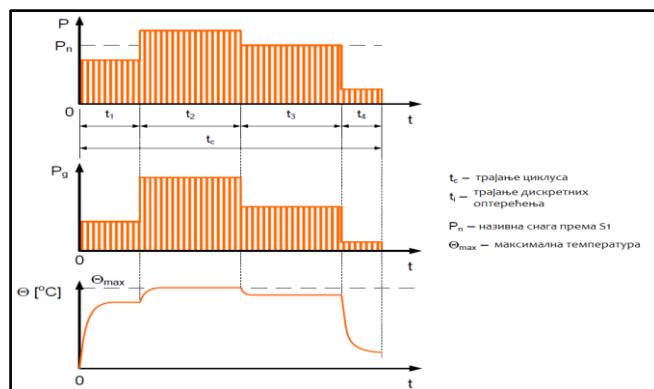
Непрекидни рад са серијом непериодичних константних оптерећења и кочења, те промене брзине и смера окретања. Најзахтевнији је режим рада за мотор:



Слика 294. - Дијаграм погона – S9

Погон „S10” - трајни погон са дискретним променљивим оптерећењем (IEC ознака S10)

Непрекидни рад са серијом константних дискретних оптерећења:



Слика 295. - Дијаграм погона – S10

4.2.4. ЈЕДНАЧИНА КРЕТАЊА И ТИПОВИ ОПТЕРЕЋЕЊА

Основна једначина обртног кретања приказује дејство два супротстављена момента. Ова једначина мора бити задовољена у свим режимима рада машине.

$$m_e - m_m = J \cdot \frac{d\omega}{dt} + K \cdot \omega$$

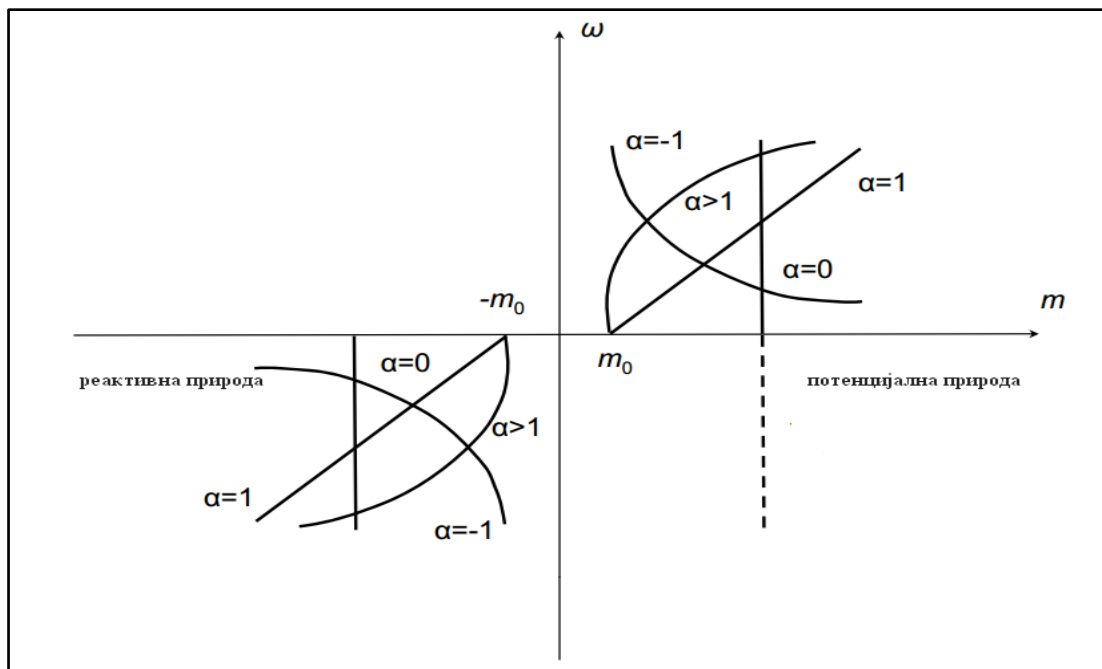
m_e - погонски, електромагнетни, моторни момент.

m_m - механички, отпорни момент радне машине.

J - момент инерције покретних маса ротора мотора и машине радилице сведено на осовину мотора.

ω - угаона брзина обртања.

K - константа трења.

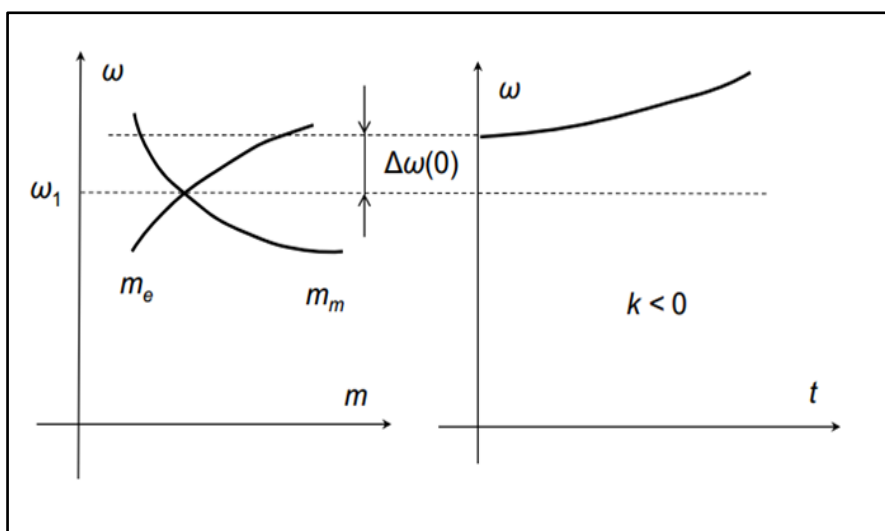


Слика 296. - Графички приказ карактеристика оптерећења: $\alpha=0$, потенцијална компонента отпорног момента дизалице, $\alpha=1$, „каландерска“ карактеристика, $\alpha=-1$, карактеристика „сталне снаге“, нпр. алатне машине, $\alpha>1$, „вентилаторска“ карактеристика, нпр. вентилатори, пумпе, центрифуге

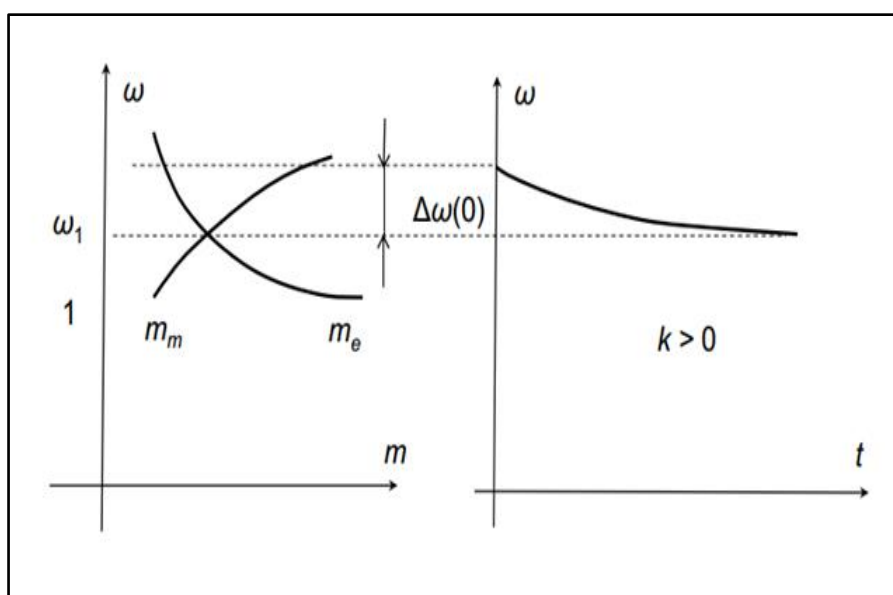
4.2.5. СТАБИЛНОСТ РАДА ЕЛЕКТРОМОТОРНОГ ПОГОНА

Стабилност ЕМП је његова способност да при поремећају брзине, захваљујући својим радним карактеристикама, убрзо поврати претходну устаљену брзину. Под поремећајем брзине подразумева се повећање или смањење брзине обртања ротора мотора. Уколико постоји тенденција смањивања брзине обртања, погон ће бити стабилан уколико се са смањивањем брзине повећава момент обртања мотора у односу на момент машине или ако је мањи пад момента мотора од момента радне машине, тако да се заустави пад брзине обртања и стабилизује радна тачка. То се најбоље приказује изразом као условом стабилности погона:

$$\frac{dm_e}{ds} > \frac{dm_m}{ds}$$



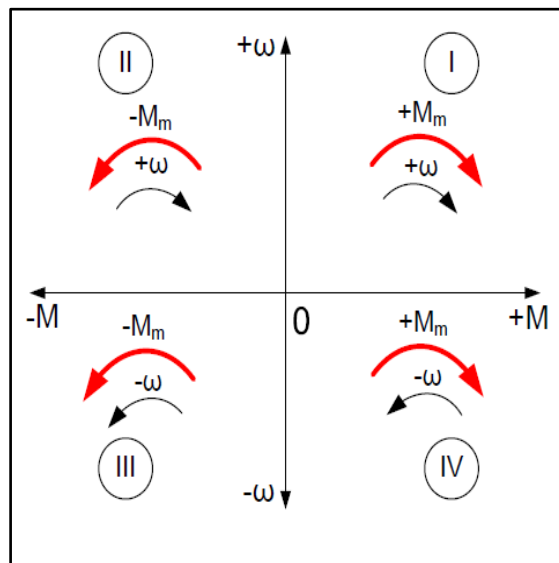
Слика 297. - Стабилно стање



Слика 298. - Нестабилно стање

4.2.6. РАДНА ПОДРУЧЈА ЕЛЕКТРОМОТОРНОГ ПОГОНА

Радна подручја електроmotorног погона приказују графички у четири квадранта.



Слика 299. - Радна подручја електроmotorног погона

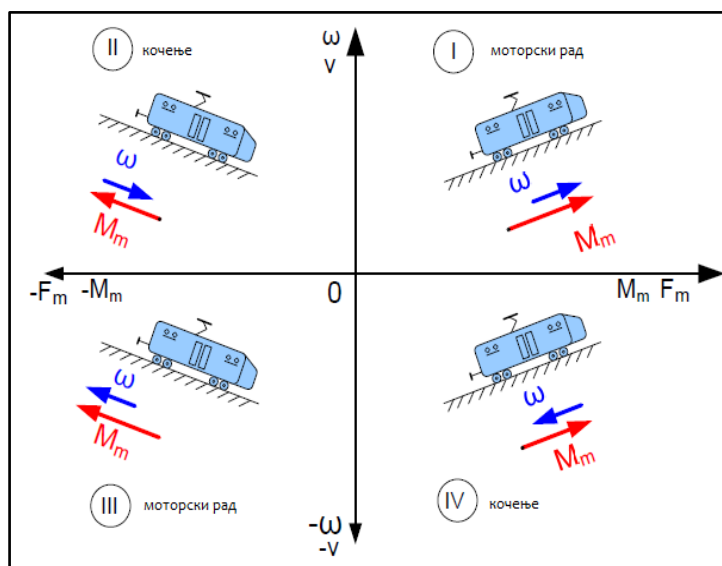
МОТОРКИ РАД - момент мотора делује у смеру обртања (кретања)

- I квадрант – позитиван момент и позитивна брзина обртања
- III квадрант – негативни момент и негативна брзина обртања

ГЕНЕРАТОРСКИ РАД – момент мотора делује супротно од смера обртања

- II квадрант – смер брзине и момента мотора су супротни – кочење
- IV квадрант – кочни режим рада

Пример кретања локомотиве воза на косим деоницама приказан је на слици испод.

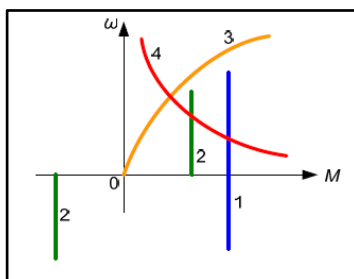


Слика 300. - Радна подручја електроmotorног погон

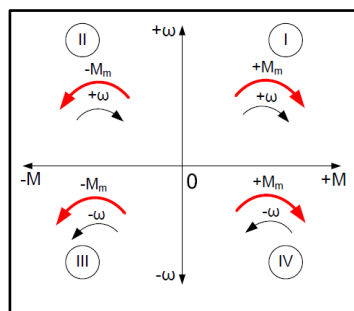
Питања за теоријску проверу знања

1. Да би могао да покреће радну машину, мотор треба да развије момент

2. Које оптерећење има карактеристику приказану под бројем 3 на слици?



3. У првом и трећем квадранту дијаграма са слике машина ради у _____ режиму рада а у другом и четвртном квадранту у _____ режиму рада.

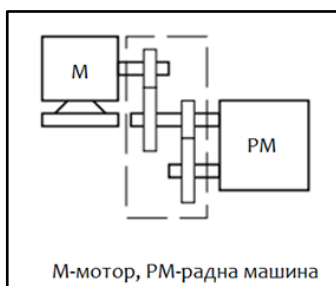


4. Уколико је словом а обележена карактеристика мотора, а словом б карактеристика оптерећења, које тачке су тачке стабилног рада електромоторног погона и зашто?

Одговор:

5. На слици је представљен:

- а. вишемоторни електромоторни погон,
- б. групни електромоторни погон,
- в. појединачни електромоторни погон

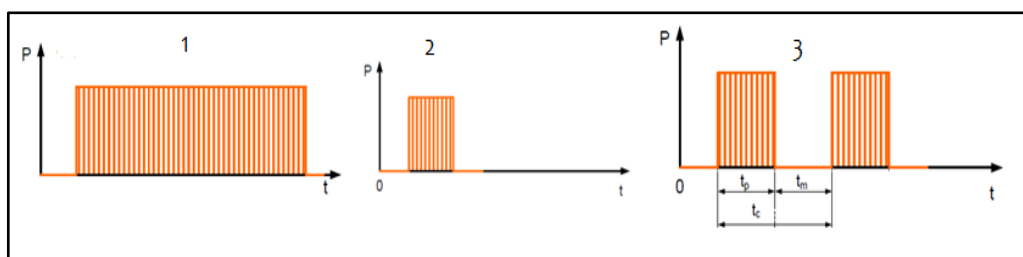


6. На слици су представљени:

1.

2.

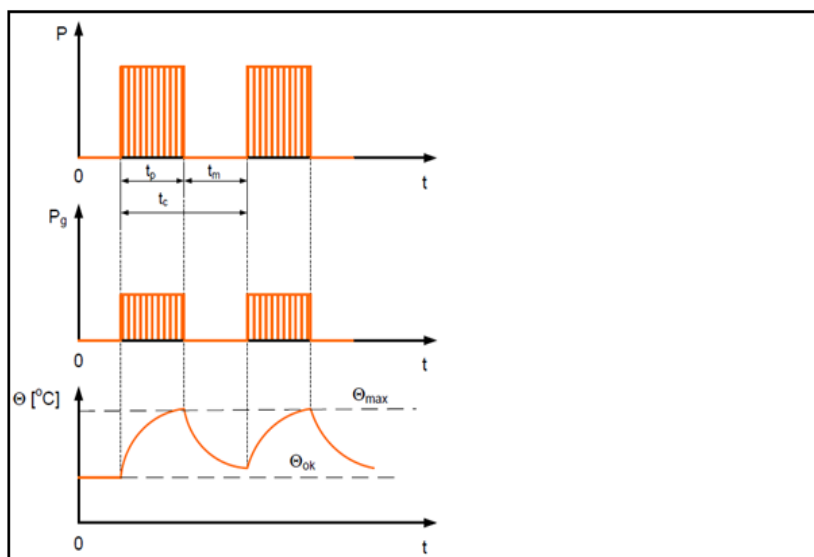
3.



7. За погон са слике ознака S3, 25%:

S3

25%



4.3. ЕЛЕКТРИЧНЕ МАШИНЕ

Електричне машине можемо поделити на

- **машине наизменичне струје** (асинхроне машине, синхроне машине, трансформатори)
- **машине једносмерне струје**

4.3.1. АСИНХРОНЕ МАШИНЕ

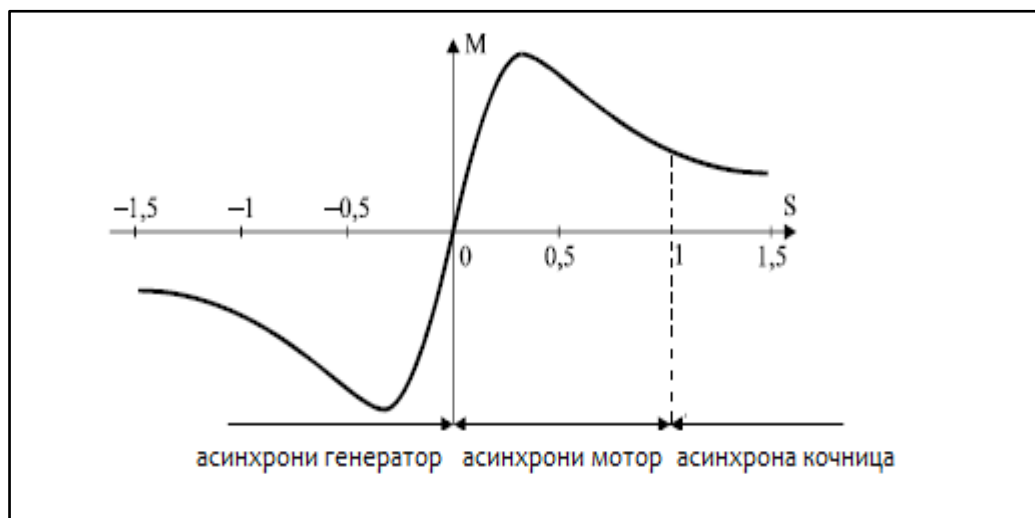
У асинхроне машине спадају:

- **трофазне асинхроне машине,**
- **монофазне синхроне машине.**

4.3.1.1. ТРОФАЗНЕ АСИНХРОНЕ МАШИНЕ

Трофазне асинхроне машине су најчешће коришћене електричне машине у многим гранама индустрије. Карактеришу их ниска цена, висока поузданост, добар степен искоришћења и врло ниски захтеви одржавања.

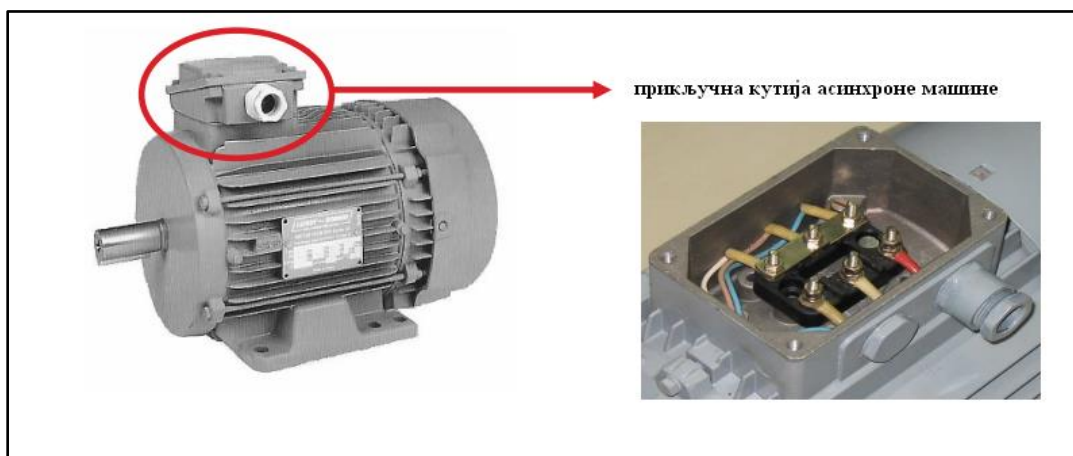
Иста машина може да ради као мотор и као генератор, а радни режим зависи једино од тога да ли се механичка енергија доводи или одводи. Асинхроне машине најчешће раде као мотори.



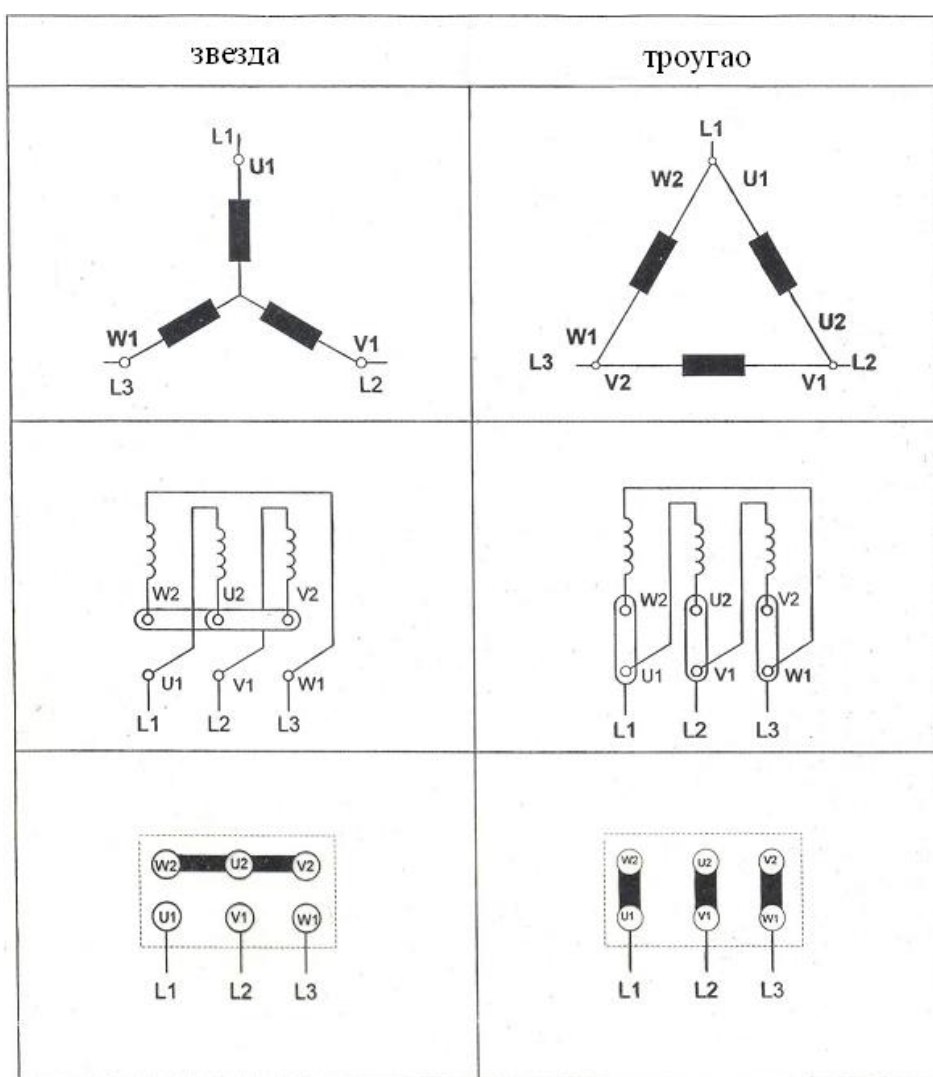
Слика 301. - Режији рада асинхроне машине

Асинхрони мотори се типично производе за мање и средње снаге, а у врло великим производним серијама.

Кад се напајају из мреже (50 Hz), асинхрони мотори лако стартују и затим раде на брзини дефинисаном конструкцијом намотаја, а која се врло мало мења са променама оптерећења („тврда” механичка карактеристика).



Слика 302. - Прикључна кутија трофазног асинхроног мотора

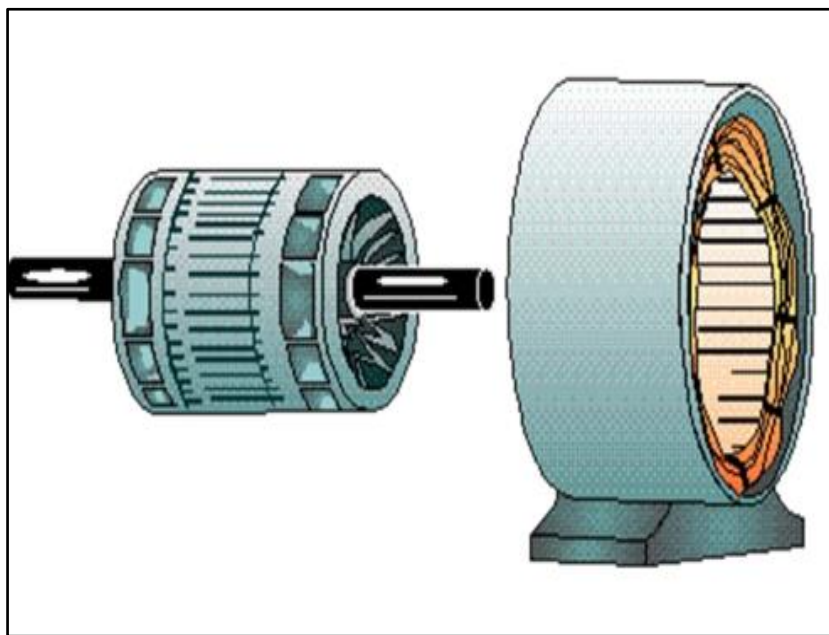


Слика 303. - Спруге трофазног асинхроног мотора

Конструкција:

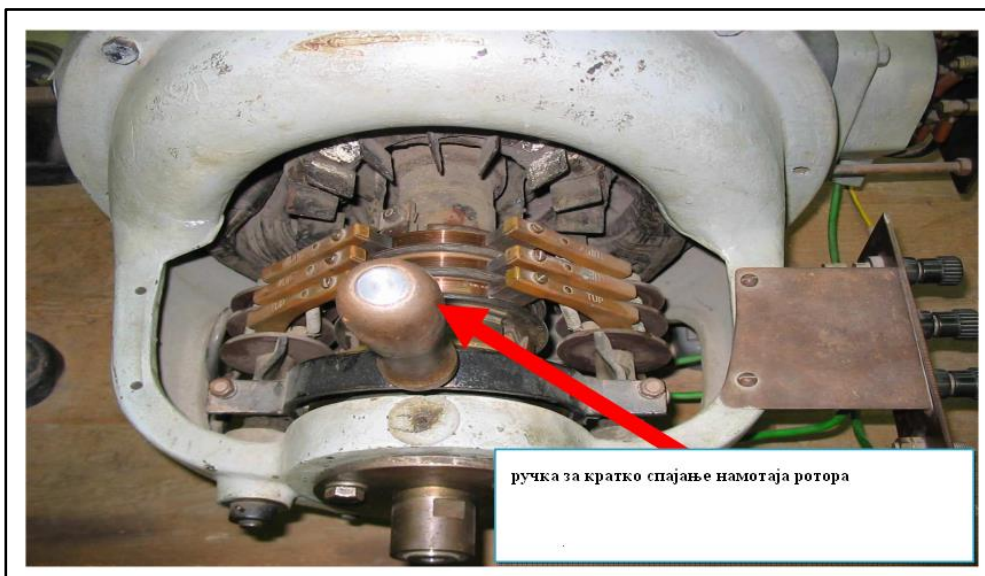
Статор се састоји од следећих компоненти: статорски намотај, обично трофазни, постављен у жлебове магнетног кола статора, магнетно коло статора, у облику шупљег цилиндра, направљено од танких тзв. динамо-лимова који су са једне стране лакирани ради електричне изолације и затим сложени у пакет. На унутрашњем обиму постоје аксијални жлебови у које се поставља намот. Кућиште се састоји од главног кућишта, у облику шупљег цилиндра, које са унутрашње стране држи магнетно коло, а са спољне стране често има ребра за повећање хлађене површине, два носача лежајева са лежајевима, а често и поклопац вентилатора, са једне стране, прикључне кутије, у коју се изводе почеци и крајеви намота статора, ноге и/или прирубницу за уградњу, куке за преношење и натписне плочице. Већи и модерни мотори често имају сензор позиције и/или брзине.

Ротор има следеће делове: роторски намот у жлебовима ротора, који може бити: трофазни намотај чији су крајеви спојени у звезду, а почеци изведени на клизне прстенове (клизноколутне машине), полифазни кавез од алуминијумских или бакарних шипки чији су сви почеци спојени једним, а крајеви други проводним прстеном (кавезне машине), магнетно коло са аксијалним жлебовима на спољном ободу за смештај намотаја, вратило, вентилатор који обезбеђује хлађење.

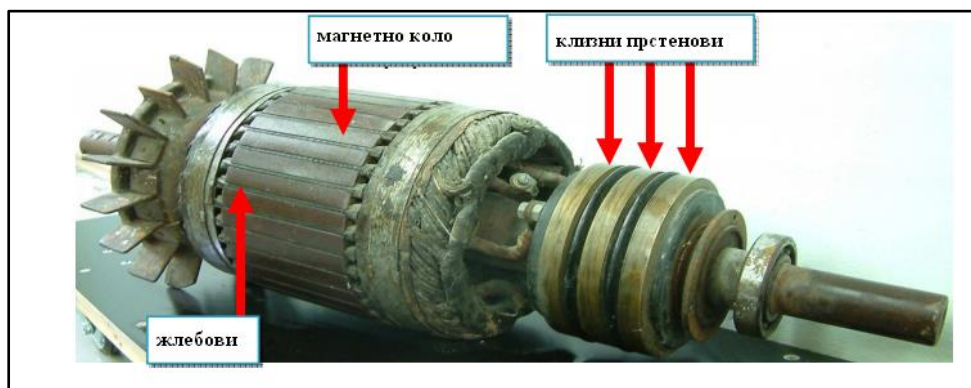


Слика 304. - Ротор и статор трофазног асинхроног мотора

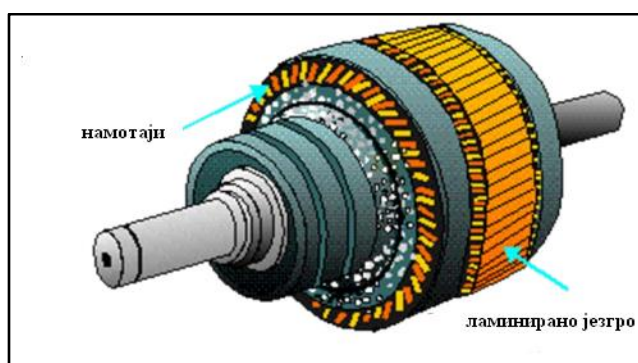
Клизноколутне машине имају клизне прстенове на ротору и три графитне четкице на статору, којима се омогућује електрични приступ намотају ротора. Овај систем служи да се додатним отпорником у колу ротора превазиђу проблеми покретања и да се обезбеди регулација брзине. Комплексност ове конструкције и низак степен искоришћења при регулацији брзине имају за последицу високу експлоатациону цену, те се ове машине данас врло ретко користе.



Слика 305. - Асинхронна машина са намотаним ротором



Слика 306. - Намотани ротор трофазног асинхронног мотора – делови



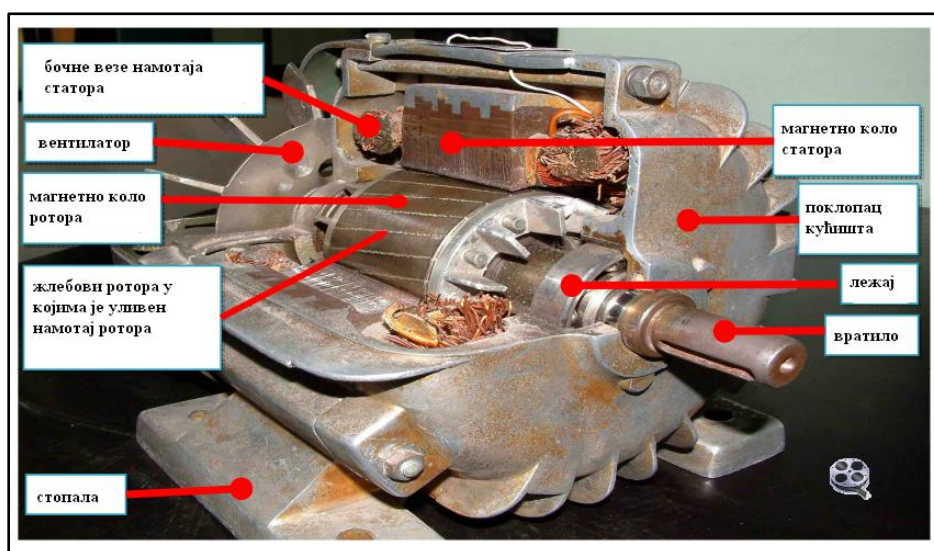
Слика 307. - Намотани ротор трофазног асинхронног мотора

Кавезне асинхронне машине су једноставне и врло робусне конструкције. У уобичајеној ИП 55 изведби, отпорни су на воду и прашину. Редовна одржавања су знатно ређа и мањег обима у односу на друге врсте машина. Уз правилну употребу, век мотора је практично одређен веком легајева ротора. Нема четкица, па могу да раде у чистим (прехрамбена индустрија) или експлозивним срединама (петрохемија, хемијска

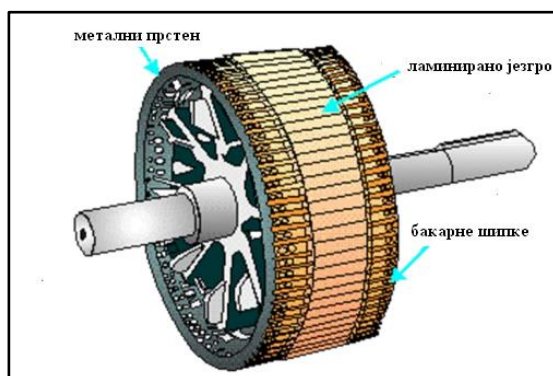
индустрија, итд.) Могу бити конструисани у ИП 67 или ИП 68 изведби, што значи да нормално раде потопљени у води.



Слика 308. - Приказ трофазног асинхроног мотора у деловима



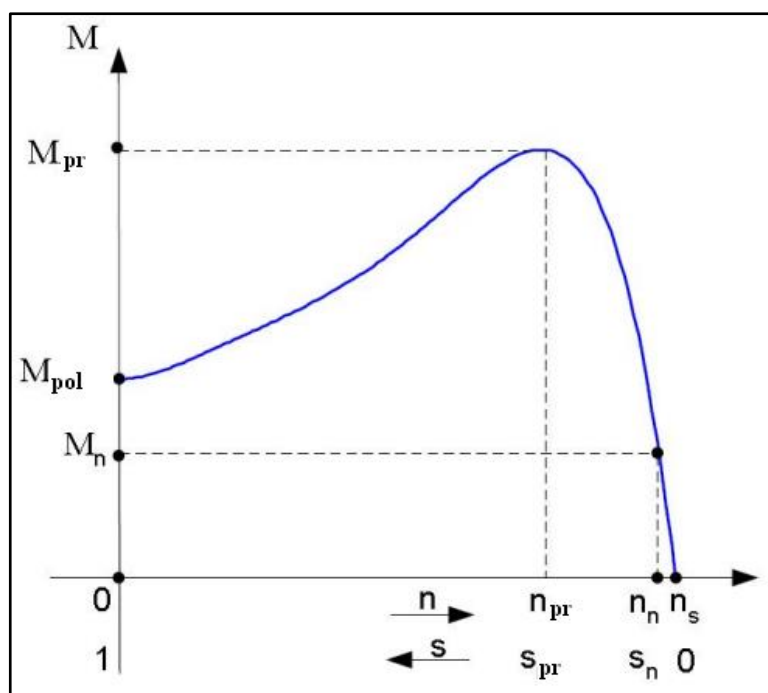
Слика 309. - Приказ кавезног трофазног асинхроног мотора у деловима



Слика 310. - Кавезни ротор трофазног асинхроног мотора

Клизање једнако нула представља синхрону брзину, а клизање од један (100%) означава мировање (закоченост) или сам тренутак поласка. У номиналном режиму клизање асинхроних машина креће се од 10% за моторе врло мале снаге до испод 2% за моторе врло великих снага.

Развијени момент мотора мења се са брзином, те се за сваки мотор дају или цела механичка карактеристика (дијаграм момент - брзина) или три карактеристичне вредности: номинални, полазни и превални (максимални) момент.



Слика 311. - Моментна карактеристика трофазног асинхронног мотора

Полазак

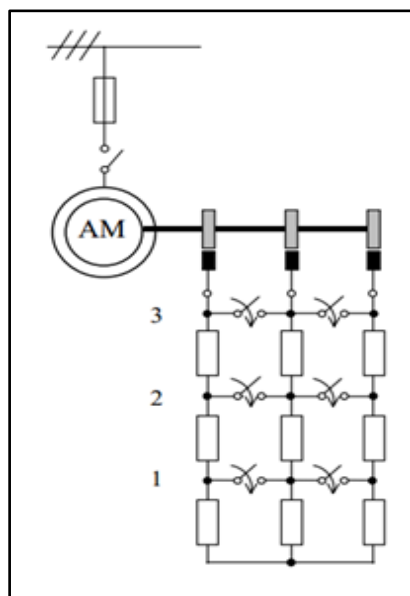
За лакшу практичну примену асинхронних мотора пожељне су добре стартне особине, а поготово висок полазни момент и умерена полазна струја. При укључењу на мрежу номиналног напона, током убрзавања мотори повлаче из мреже струју која је типично 6 пута већа од номиналне струје, што представља струјно и напонско напрезање за мрежу (поготово код великих мотора), као и термичко напрезање за сам мотор. Стандардни мотори су конструисани тако да производе бар 150% номиналног момента при поласку. Овим је омогућен релативно кратак залет, чиме се добија кратко трајање великих стартних струја, па је опасност од прегревања смањена. Специјални мотори производе преко 200% момента при старту.

Природа конструкције асинхронних мотора је таква да се мало клизање, висок превални момент, висок степен искоришћења и добар фактор снаге постижу на уштрб велике полазне струје и релативно ниског полазног момента. Конструктори мотора морају да код кавезних мотора праве компромис – код мотора мале снаге се иде на боље полазне карактеристике, а код већих мотора на мало клизање и висок степен искоришћења. Да би се код мотора већих снага добиле и повољне полазне карактеристике, модификује се конструкција ротора. Две честе конструкције су двоструки кавез (један кавез преовладава при старту а други при нормалном раду) или дубоки жљебови на ротору, чиме се на позитиван начин искориштава ефекат потискивања струје.

За средње и велике моторе струјни и напонски удар према мрежи је релативно јак, па се примењују разни електронски системи за тзв. „меки старт”.

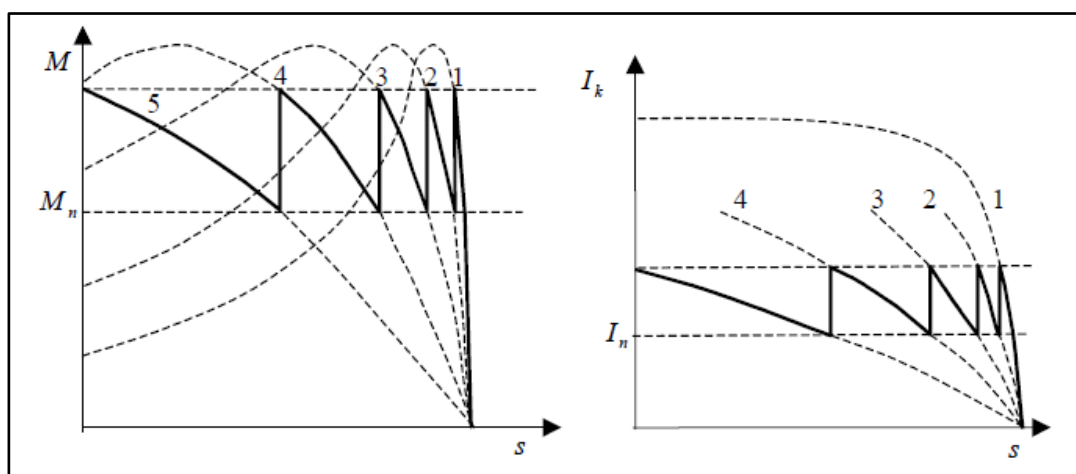
Асинхроне машине са намотаним ротором имају добре карактеристике с обзиром на покретање, јер је помоћу додатног отпора (отпорник за пуштање у рад) прикључено

роторско коло омогућено развијање великих полазних момената при малој полазној струји. Наиме, при повећању укупног отпора роторског кола се, уз непромењени превални моменат, повећава превално клизање и полазни моменат, а смањује полазна струја.



Слика 312. - Пуштање у рад трофазног асинхроног мотора са намотаним ротором

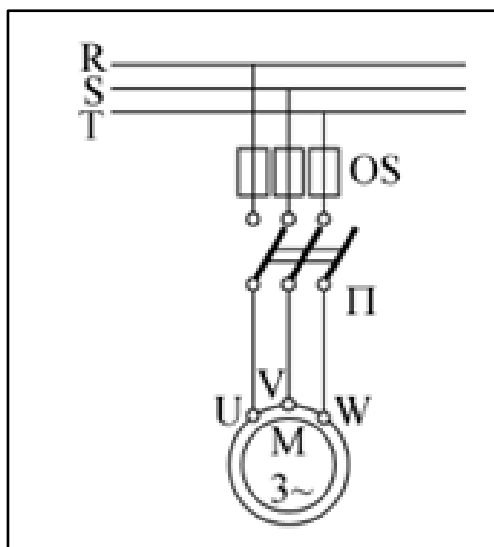
Недостаци овог решења произлазе из општих недостатака АМ са намотаним ротором у односу на АМ са краткоспојеним ротором (везано за цену, једноставност конструкције, сигурност и поузданост), затим постоји потреба за додатним уређајем (роторским покретачем), који повећава укупну цену погона, уједно и уређај чини сложенијим, а због великог броја контаката и непоузданим. Повољно је што се губици у ротору расподељују између самог намотаја ротора и додатног отпора. Са повећањем брзине отпорници се постепено искључују да би се након залетања потпуно искључили, а прстенови кратко спојили. Отпорници за покретање се термички димензионишу за краткотрајни рад при повећаним струјама покретања.



Слика 313. - Карактеристике момента и струје приликом пуштања у рад трофазног асинхроног мотора са намотаним ротором

Код асинхроних машина са *краткоспојеним ротором* немамо могућност утицаја на роторско струјно коло, па се код покретања могуће следеће опције:

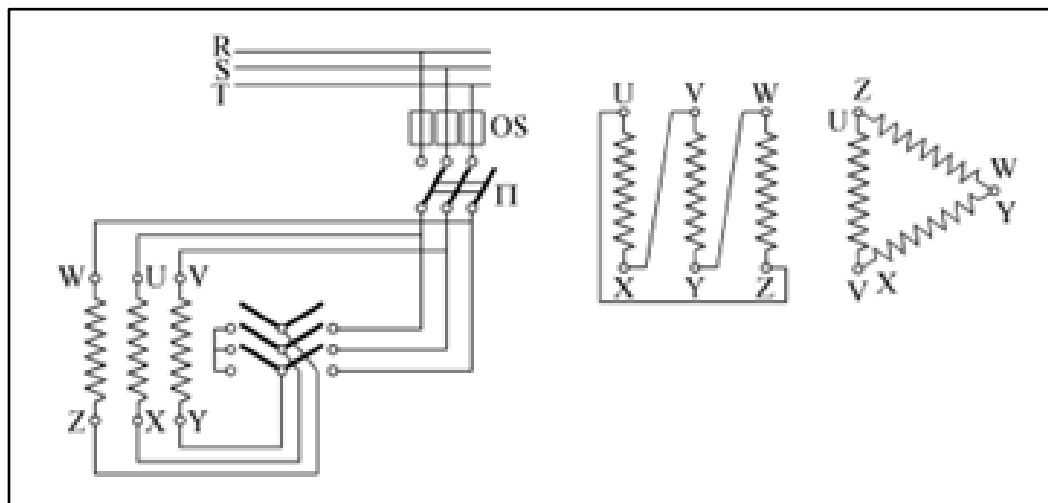
- директно укључивање у мрежу, код мотора мањих снага (до приближно 3kW),



Слика 314. - Директно прикључивање на мрежу трофазног асинхроног мотора са кавезним ротором

- укључивање помоћу преклопке звезда - троугао, код мотора изнад приближно 3kW,

Мотор је грађен за виши напон, јер је у трајном раду спрегнут у троугао ($=380V$), па је према томе скупљи. Додатно је потребна и преклопка.

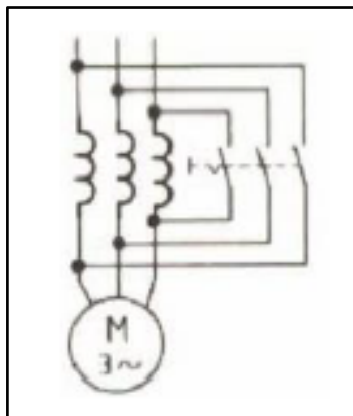


Слика 315. - Прикључивање на мрежу трофазног асинхроног мотора са кавезним ротором помоћу пребацача звезда - троугао

- укључивање помоћу пригушнице у колу статора,

Пригушници се прикључују на ред са намотајем статора и снижавају примарни напон на вредност 60 - 70 % назначеног напона. Снижавањем примарног напона постиже се

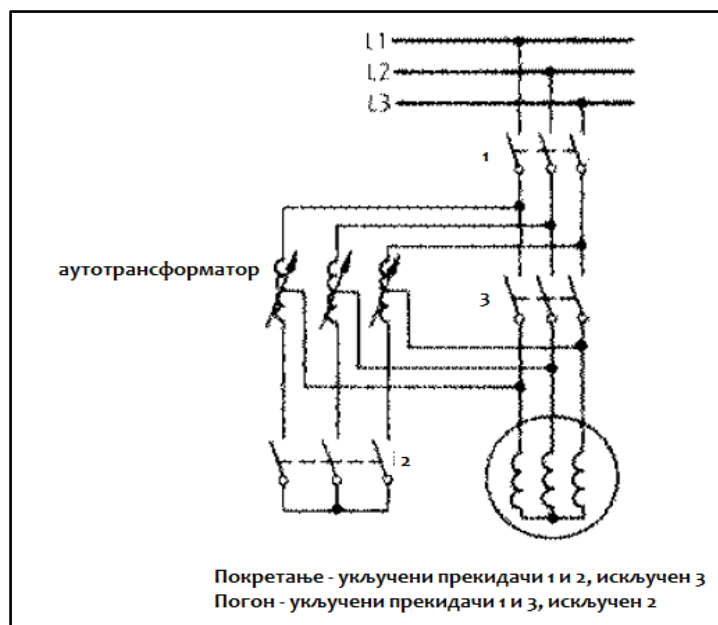
смањење полазне струје уз знатно смањење кретног (полазног) момента. То представља главни недостатак оваквог начина пуштања у рад. Овакав начин је применљив у случајевима где се не захтева велики полазни моменат у самом почетку радног циклуса. Обично се индуктивни отпор пригушнице бира тако да се однос полазне струје према назначеној креће од 2 до 2,5.



Слика 316. - Прикључивање на мрежу трофазног асинхроног мотора са кавезним ротором помоћу пригушница у колу статора

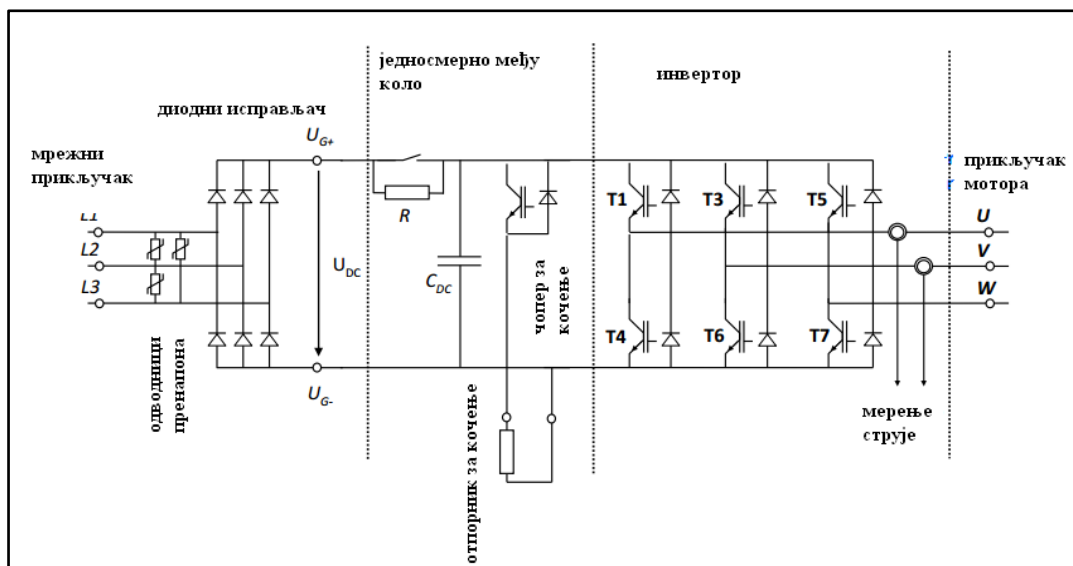
- укључивање помоћу аутотрансформатора,

У односу на покретање са пригушницом, овде је процес спорији, јер је током залетања напон константан, док се код пригушнице напон повећава, пошто се опадањем струје покретања смањује пад напона на пригушници. Они и аутотрансформатор се након покретања кратко спајају.



Слика 317. - Укључивање помоћу аутотрансформатора

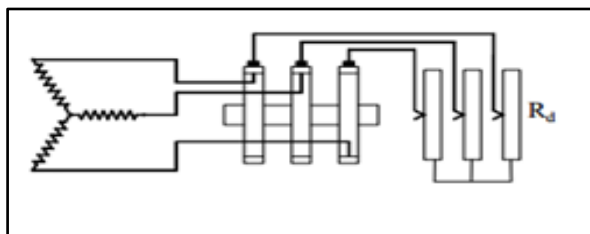
- укључивање применом енергетске електронике.



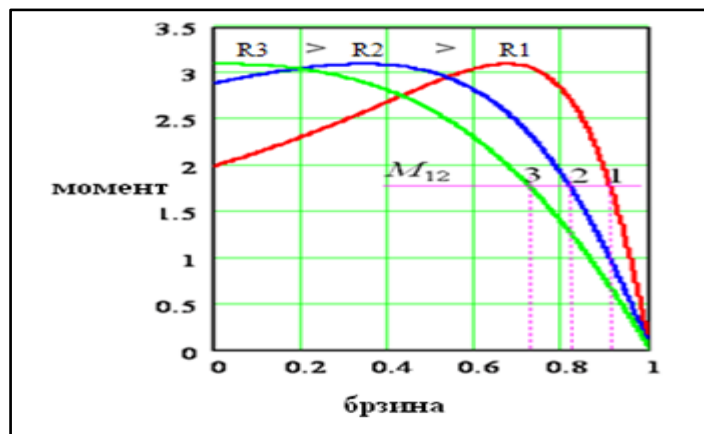
Слика 318. - Структура фреквентног претварача за асинхрони мотор

Регулација брзине обртања

Најједноставнија регулација брзине обртања код асинхронних клизно колутних мотора је смањење брзине обртања повећањем радног отпора у колу ротора и обрнуто. Међутим, таква регулација изазива веће губитке енергије, па има ограничено подручје примене на краткотрајна прелазна стања, тј. за покретање и кочење неког погона или код интермитентних погона. Принцип функционисања ове регулације базира се на промени напона напајања мотора. Регулација може бити скоковита, ако имамо степенасту промену отпора или континуирана, за континуирану промену отпора у колу ротора. Бољи ефекти се постижу континуираном регулацијом, јер промена напона не изазива струјне ударе у мрежи као код скоковите промене.



Слика 319. - Регулација брзине обртања клизноколутних асинхронних мотора



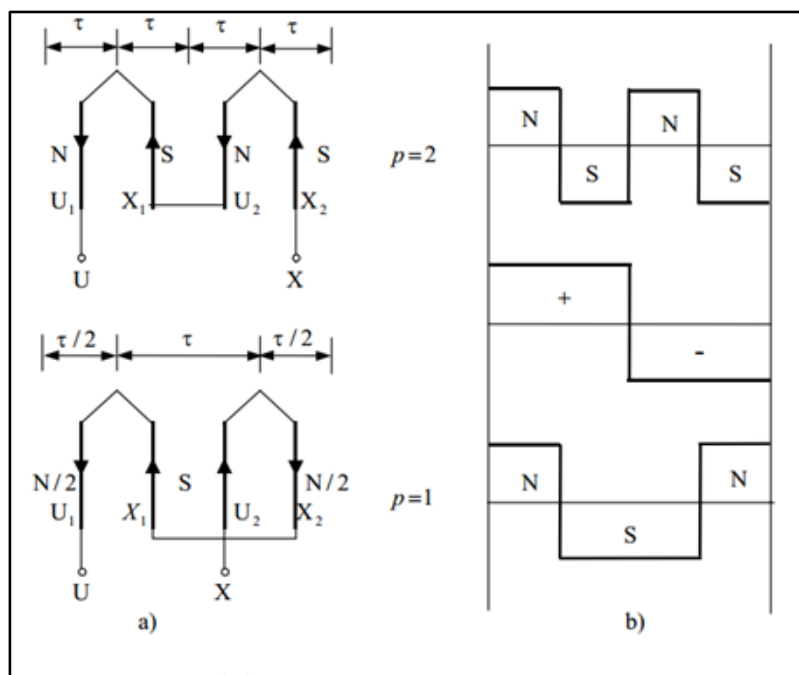
Слика 320. - Моментне карактеристике мотора при промени брзине отпором у колу ротора

Регулација брзине променом броја пари полова

Брзина обртног магнетног поља директно је сразмерна учестаности струје, а обрнуто сразмерна броју пари полова мотора. То значи да се променом броја пари полова неког мотора може извршити и промена брзине обртања, што је најчешћи начин регулације брзине код краткоспојних асинхронних мотора. Уобичајено је да се трофазни мотори израђују са три прикључна завртња на која се доводе крајеви намотаја фаза мотора. Међутим, уколико се осим ова три прикључна завртња поставе још три до којих се могу довести изводи са половима намотаја сваке фазе, превезивањем веза на шест прикључних завртњева могу да се остваре две брзине мотора. При једној вези мотор има један број пари полова и једну брзину, а после превезивања други број пари полова и другу брзину. Такви мотори називају се двобрзински мотори. Код двобрзинских мотора превезивање може да се изведе на два начина: превезивањем из везе звезда у везу двоструке звезде (Y-Y_Y) или превезивањем из везе троугла у везу двоструке звезде (Δ -Y_Y).

Прва врста двобрзинских мотора (Y-Y_Y) називају се још и мотори сталног момента, јер при већој брзини обртања могу да дају већу снагу, одржавајући исти вучни моменат при обе брзине обртања. Овакви мотори користе се када треба постићи исти вучни моменат при обе брзине, као што је то код електричне вуче, кранова и лифтова.

Друга врста двобрзинских мотора (Δ -Y_Y) при обе вредности брзина одају исту снагу, па се називају мотори сталне снаге. Овај захтев постављају машине и уређаји у индустрији, стругови итд. Код њих се при повећању брзине обртања мора смањити вредност вучног момента, односно механичко оптерећење машине коју покреће електромотор.

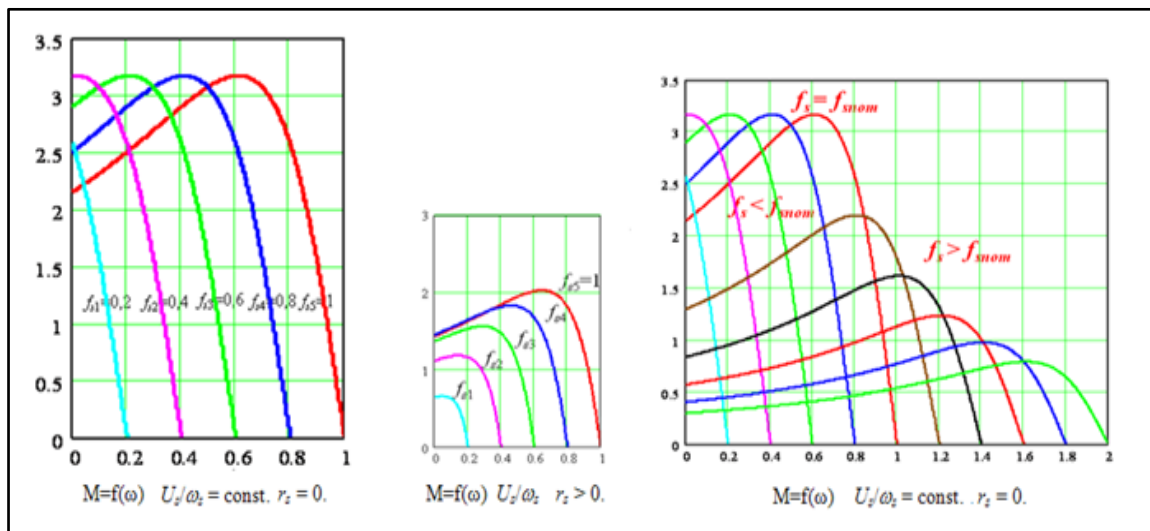


Слика 321. - а) Преспајање полова, б) Полна модулација

Фреквентно напонска регулација брзине

Наведене методе промене брзине обртања базирају се на промени напона напајања, па тиме долази и до промене струје, флукса и момента мотора. Међутим, уколико би

смањујући напон смањили и учестност струје уз линеарни однос, магнетни флуks не би се смањио, него би остао пропорционалан струји и зависио би од фазног помераја струје мотора и напона. Дакле, уз промену учестаности добили би и промену синхроне брзине мотора, па би код свих брзина обртања радио у нормалном режиму клизања, а тиме и губитака, тј. у оптималном режиму рада асинхроног мотора. Према томе, једино истовремена промена и напона и учестаности омогућава потпуну регулацију брзине обртања мотора.



Слика 322. - Карактеристике асинхроног мотора при фреквентно напонској регулацији брзине

Кочење трофазних асинхроних мотора

Постоје три начина кочења:

- рекуперативно,
- противструјно,
- динамичко.

Рекуперативно кочење

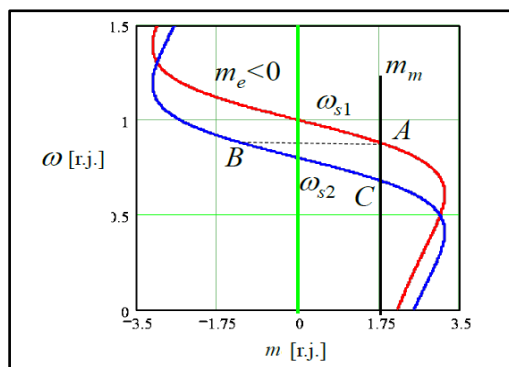
Показано је да асинхрони мотор ради као асинхрони генератор (развија негативан моменат) када је брзина обртања већа од синхроне брзине ($\omega > \omega_s$), односно када је клизање негативно ($s < 0$). У режиму асинхроног генератора механичка енергија која се претвара у електричну предаје („враћа”) се извору напајања, ако овај може да прими. У описани режим кочења може се у принципу доћи на два начина:

- Ако се брзина мотора повећа изнад синхроне.

Типичан пример су колица са асинхроним погоном на низбрдици.

- Ако се синхрона брзина смањи испод тренутне брзине. Примери су смањене учестаности напајања или повећање броја полова.

За реализацију овог кочења није потребна додатна опрема.



Слика 323. - Карактеристике асинхронног мотора при рекуперативном кочењу

Примена:

- кочење код погона са потенцијалном природом оптерећења и у стационарном и у прелазном режиму,
- кочење ради смањења брзине код регулисаних погона.

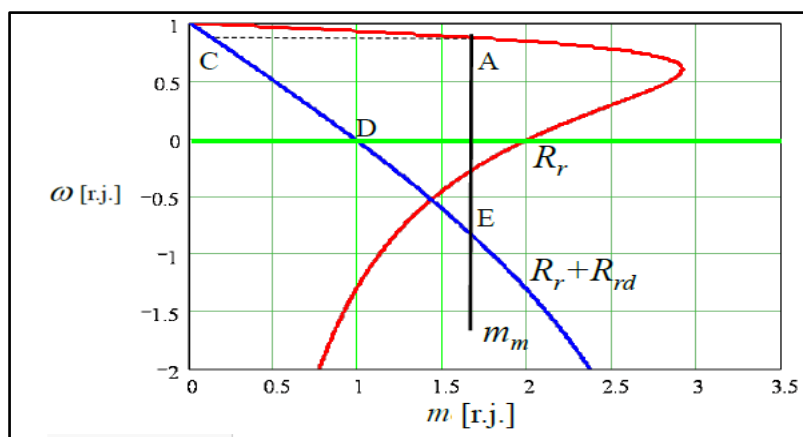
Противструјно кочење

Први начин: Ово кочење могуће је применити само код мотора са намотаним ротором. Остварује се укључивањем великог додатог отпора у коло ротора. На овај начин:

Погон се може зауставити ако се добије $M_e < M_m$ за случај реактивне природе оптерећења, тачка (D) на слици.

Погон се може реверсирати до новог стационарног стања у случају потенцијалне природе оптерећења, тачка (E) на слици.

У оба случаја кочење отпочиње преласком из стационарног стања, тачка (A) у тачку (C).



Слика 324. - Карактеристике асинхронног мотора при противструјном кочењу

Други начин: Овај режим остварује се променом смера обртања обртног магнетног поља, изменом редоследа фаза на статору.

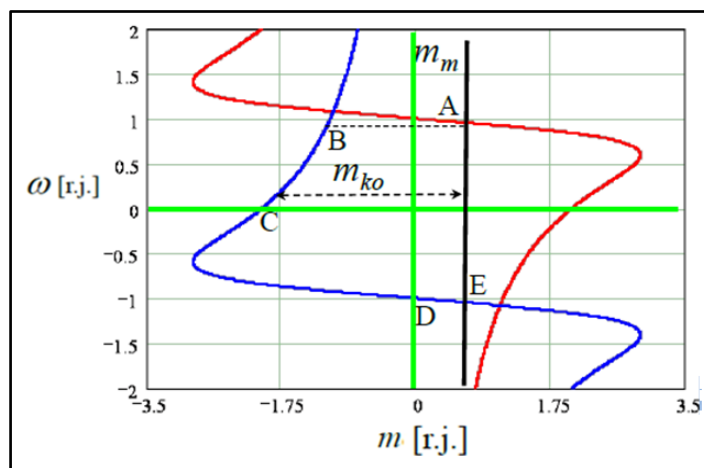
На слици је приказан пример противструјног кочења променом редоследа фаза код мотора са краткоспојеним ротором који покреће потенцијално оптерећење.

Кочење отпочиње укрштањем две фазе на статору, услед чега се радна тачка премешта из (А) у (В).

Од тачке (В) до (С) имамо противструјно кочење. Убрзање погона са супротним смером обртања почиње од тачке (С) и траје до негативне синхроне брзине, тачка (D).

Од тачке (D) до (E) има се рекуперативно кочење.

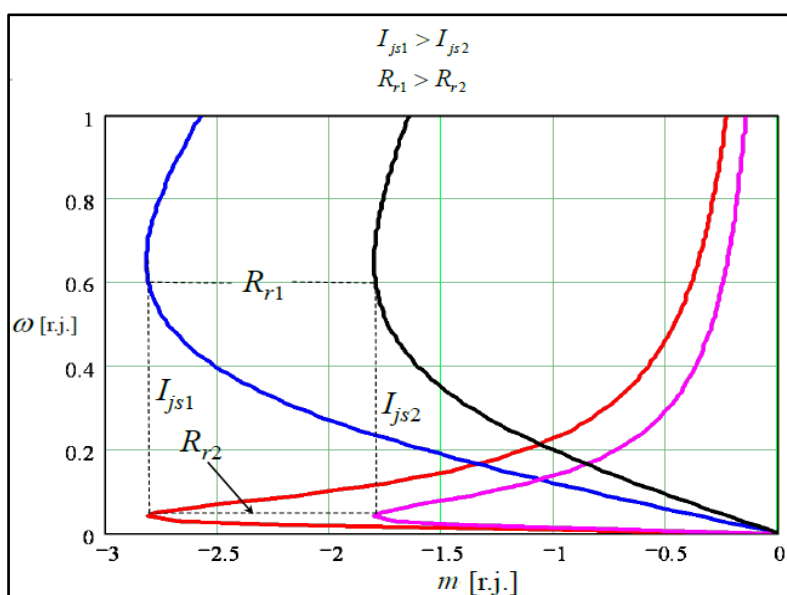
У тачки (E) наступа ново стационарно стање у режиму рекуперативног кочења.



Слика 325. - Карактеристике асинхронног мотора при противструјном кочењу

Динамичко кочење

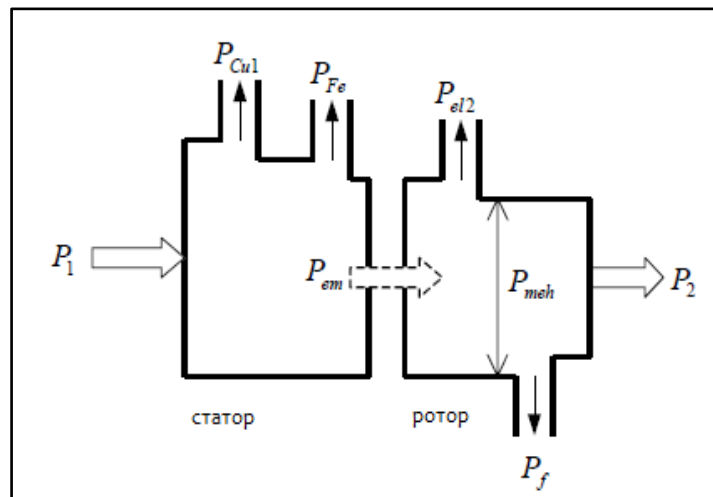
ПРИНЦИ ПРАДА: Кроз намотаје статора пропусти се једносмерна струја услед чега се у мотору образује једно непокретно магнетно поље. Ако се ротор обрће, у њему ће се индукувати електромоторна сила, односно успоставити струја која ће са непокретним пољем образовати момент, који се супротставља обртању, кочиони момент. Машина ради као синхрони генератор, при чему је индуктор статор, индукт ротор, а потрошач омски отпор у колу ротора.



Слика 326. - Карактеристике асинхронног мотора при динамичком кочењу

Биланс снага трофазног асинхроног мотора

На слици испод приказан је биланс снага код трофазног асинхроног мотора. Може се видети да се губици могу поделити на губитке у гвожђу P_{Fe} , губитке у баку статора и ротора P_{Cu} и губитке услед трења и вентилације P_f .



Слика 327. - Биланс активне снаге асинхроног мотора

Корисни механички момент мотора добија се из једначине:

$$M_2 = \frac{P_2}{\omega} = \frac{60 \cdot P_2}{2 \cdot \pi \cdot n} = 9.55 \cdot P_2$$

где је P_2 корисна механичка снага на вратилу мотора.

Натписна плочица трофазног асинхроног мотора

Са натписне плочице трофазног асинхроног мотора могу се прочитати сви неопходни подаци који описују мотор (снага мотора, називни напон, називна струја, спрега, фреквенција, називна брзина, фактор снаге, тип погона у ком се може користити, назив и ознака произвођача, идентификациони број, степен заштите, начин монтаже итд)



Слика 328. - Натписна плочица трофазног асинхроног мотора

Примена трофазног асинхроног мотора:

- индустрија,
- транспортни системи



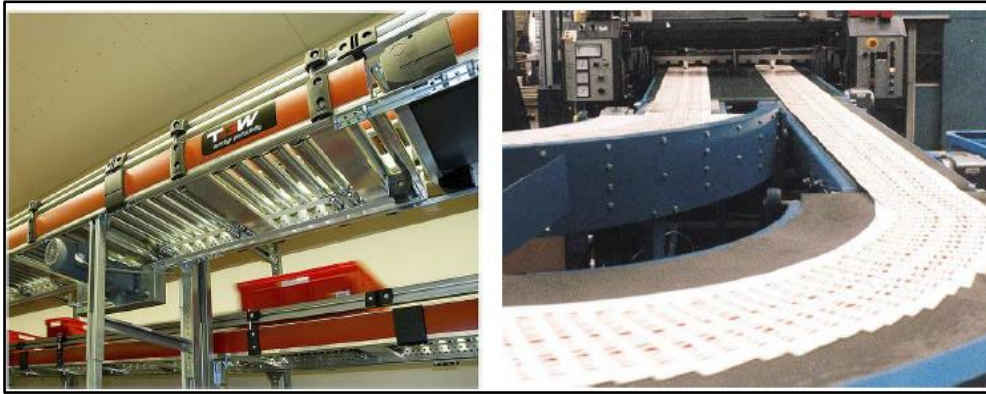
Слика 329. - Примена трофазног асинхроног мотора у возилима



Слика 330. - Примена трофазног асинхроног мотора код жичара



Слика 331. - Примена трофазног асинхроног мотора код вентилатора и пумпи



Слика 332. - Примена трофазног асинхроног мотора код транспортних трака



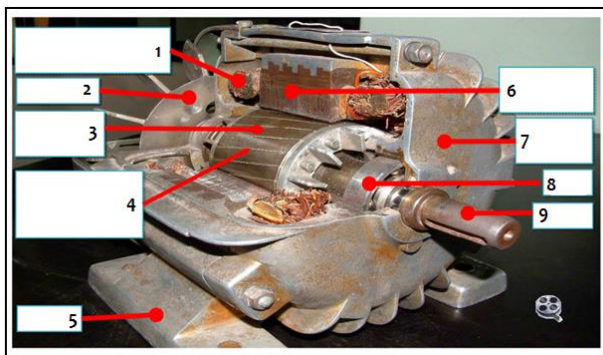
Слика 333. - Примена трофазног асинхроног мотора код машина за штампу



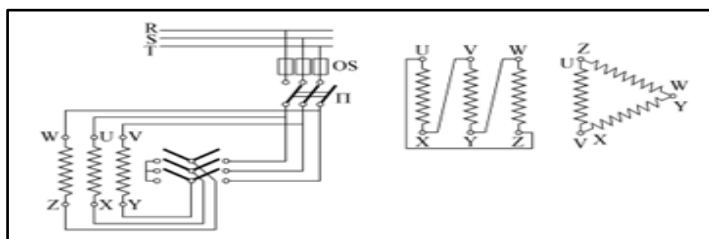
Слика 334. - Примена трофазног асинхроног мотора код машина за сечење папир

Питања за теоријску проверу знања

1. Нацртати карактеристику $M = f(s)$ код трофазне асинхроне машине и обележити подручја рада.
2. Преко карактеристика $M = f(s)$ објаснити начин пуштања у рад асинхроног мотора са намотаним ротором преко роторског отпорника.
3. Преко карактеристика $M = f(s)$ објаснити начин регулације брзине асинхроног мотора са краткоспојеним ротором променом фреквенције напајања.
4. Обртно магнетно поље се обрће брзином $n' = 1500 \text{ o/min}$. Брзина обртања ротора је $n'' = 1425 \text{ o/min}$. Одредити клизање.
5. Нацртати прикључну плочу трофазног асинхроног мотора са спрегом у звезду и обележити прикључке.
6. На који се све начин може пустити у рад трофазни асинхрони мотор и који је разлог због ког се мора водити рачуна о покретању?
7. Навести основне делове трофазног асинхроног мотора са слике.



8. Вредност клизања при поласку асинхроног мотора је _____?
9. У ком режиму ради асинхрони мотор приликом спуштања терета дизалицом на електрични погон?
Одговор: _____
10. На слици је приказан _____



4.3.1.2. МОНОФАЗНЕ АСИНХРОНЕ МАШИНЕ

Једнофазни асинхрони мотори се примењују у једнофазним мрежама, што је веома значајно с обзиром на чињеницу да трофазна мрежа, поготово у удаљеним подручјима, не мора бити на располагању. Израђују се за мале снаге, обично до 0,5 kW, јер је то економичније решење у односу на изградњу трофазних асинхроних мотора исте снаге. Основни недостак, у односу на трофазне моторе, је недостатак полазног момента, мања снага за исто магнетско коло, лошији фактор снаге и променљива снага и моменат.

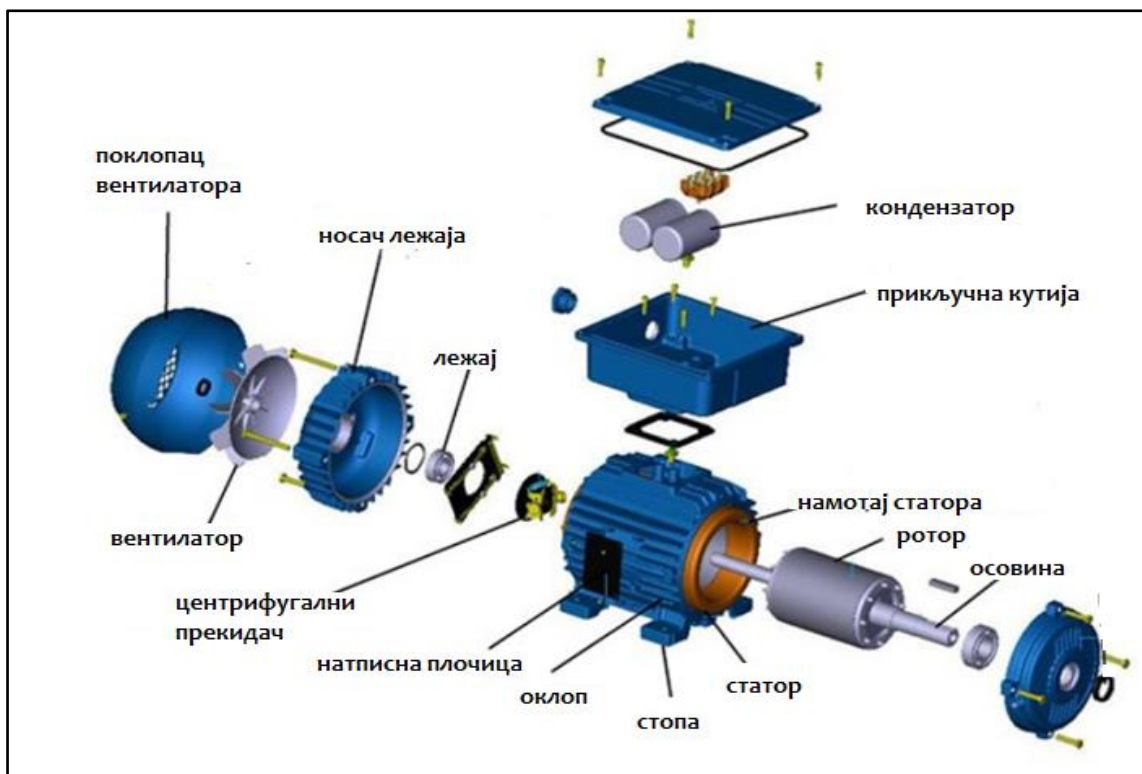
Код асинхроних мотора који су конструисани за једнофазни рад, намотај ротора је кавезни. Намотај статора се састоји из два дела - главне фазе смештене у $2/3$ укупног броја жлебова и помоћне фазе смештене у преостале $1/3$ жлебова, која је у односу на главну фазу просторно померена за 90° . Пошто је за стварање обртног магнетског поља, поред просторног померања, потребан и временски померај струја, обично се на ред са помоћном фазом прикључује кондензатор. Помоћна фаза може да буде укључена само за време залетања, када мотор ради као двофазни или трајно, при чему се у првом случају примењује залетни кондензатор, док се у другом случају примењује погонски кондензатор или опционо одвојени погонски и залетни кондензатор. Када ротор постигне одређену брзину, обично 70 – 80 % синхроне брзине, центрифугални прекидач искључи намотај помоћне фазе.



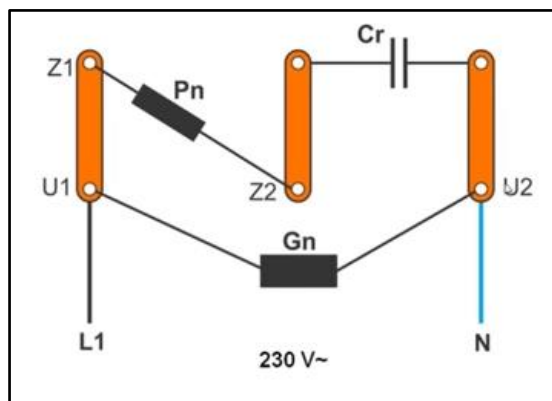
Слика 335. - Монофазни асинхрони мотор са стално укљученим кондензатором



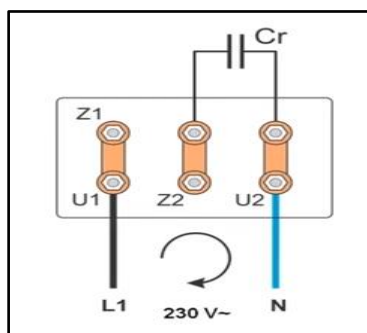
Слика 336. - Статор, ротор и кондензатор монофазног асинхроног мотора



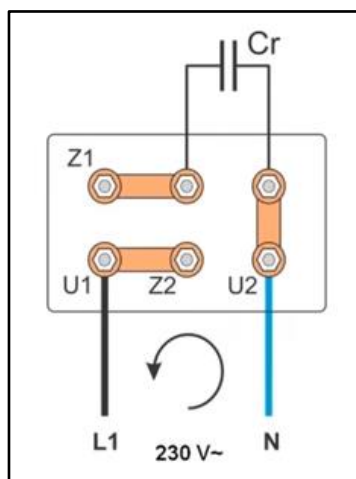
Слика 337. - Делови монофазног асинхронног мотора



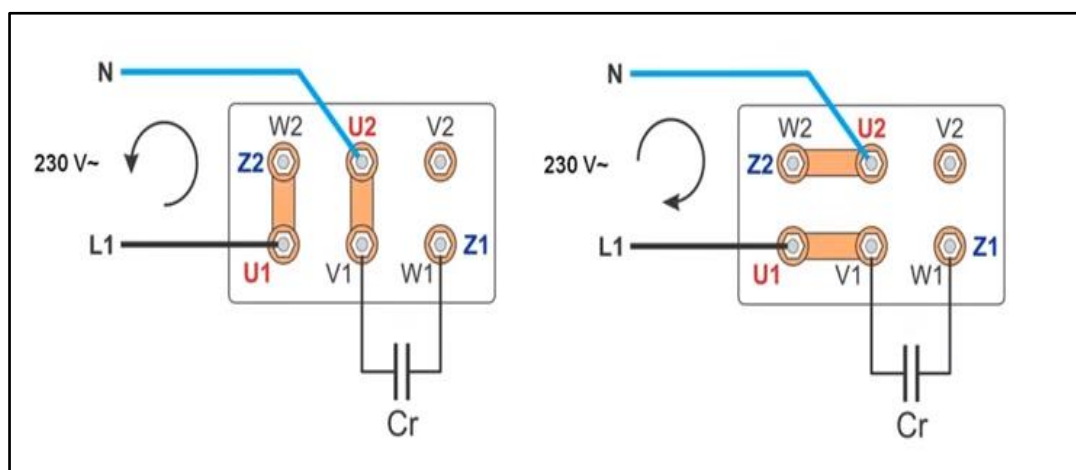
Слика 338. - Прикључивање намотаја и кондензатора монофазног асинхронног мотора (главни намотај - Gn, помоћни намотај - Pn, стално укључени радни кондензатор - Cr)



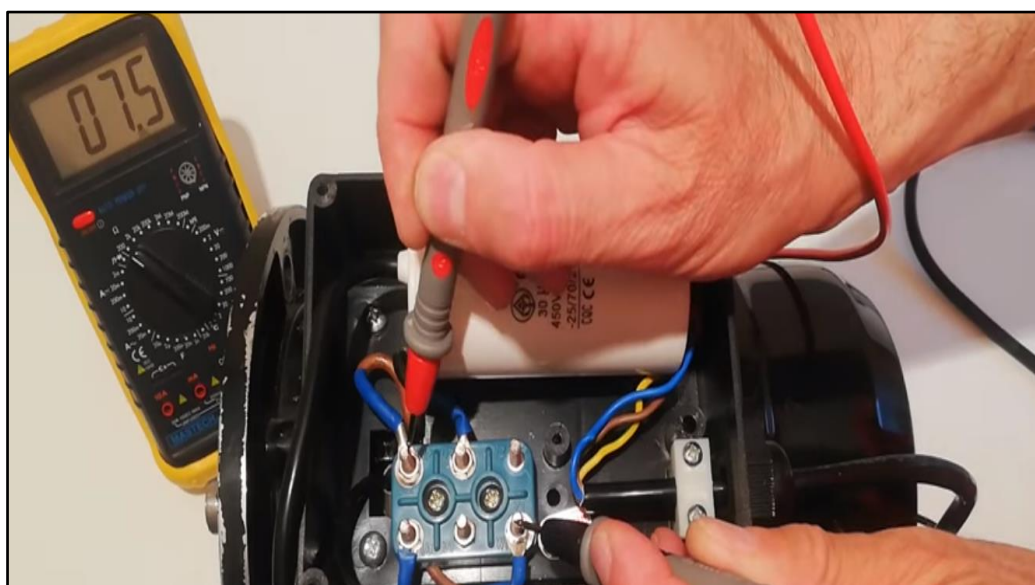
Слика 339. - Прикључивање намотаја и кондензатора монофазног асинхронног мотора за десни смер окретања



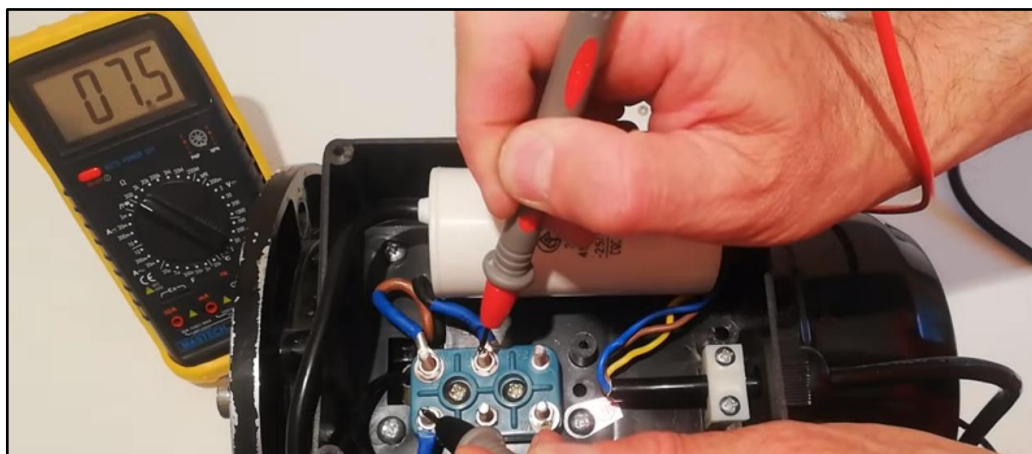
Слика 340. - Прикључивање намотаја и кондензатора монофазног асинхроног мотора за леви смер окретања



Слика 341. - Прикључна плочица за леви и десни смер



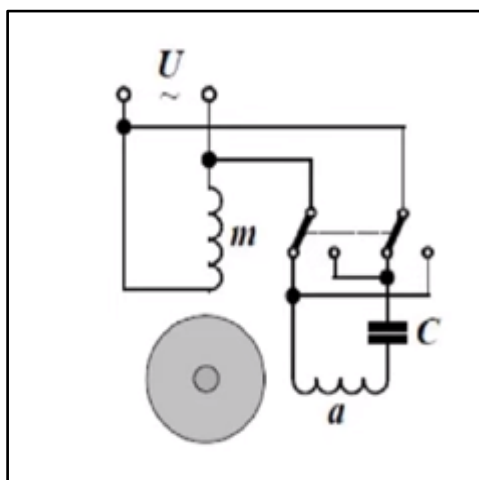
Слика 342. - Мерење отпора помоћног намотаја монофазног асинхроног мотора



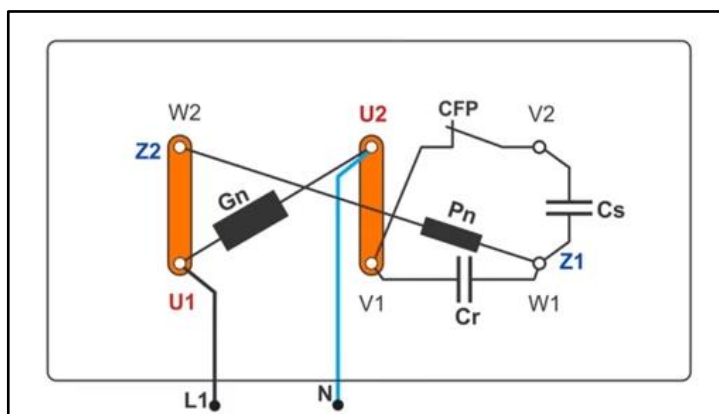
Слика 343. - Мерење отпора главног намотаја монофазног асинхроног мотора



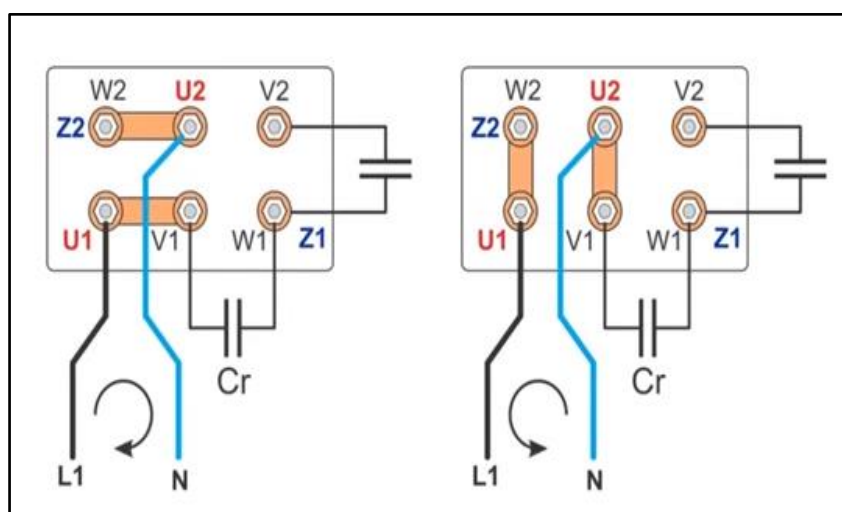
Слика 344. - Прикључна кутија монофазног асинхроног мотора



Слика 345. - Промена смера окретања монофазног асинхроног мотора



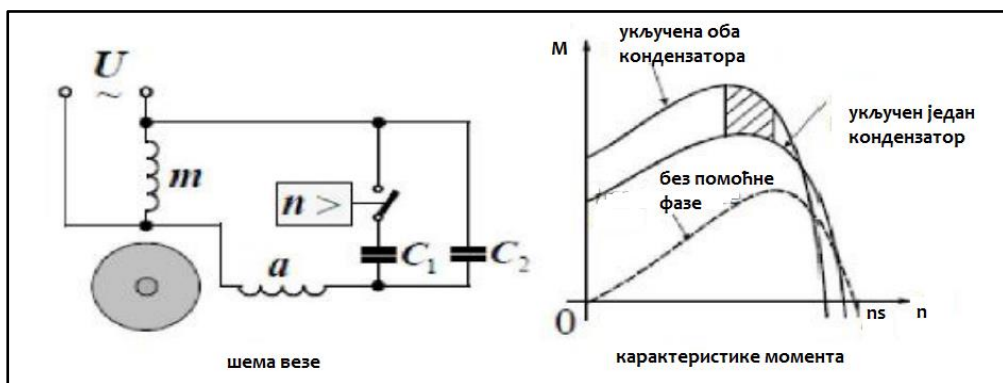
Слика 346. - Прикључна плочица монофазног асинхронног мотора са стартним – Cs, радним - Cr кондензатором и центрифугалним прекидачем - CFP



Слика 347. - Прикључна плочица монофазног асинхронног мотора за десни и леви смер



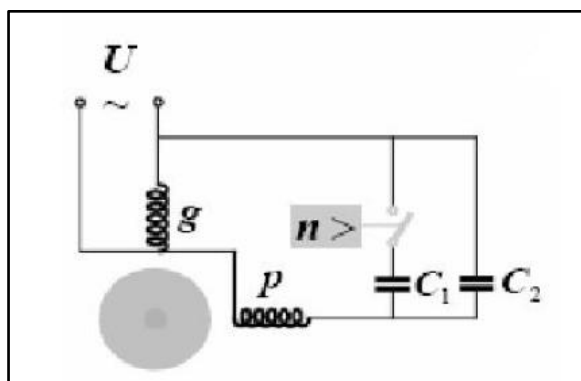
Слика 348. - Натписна плочица монофазног асинхронног мотора



Слика 349. - Моментне карактеристике монофазног асинхронног мотора

Питања за теоријску проверу знања

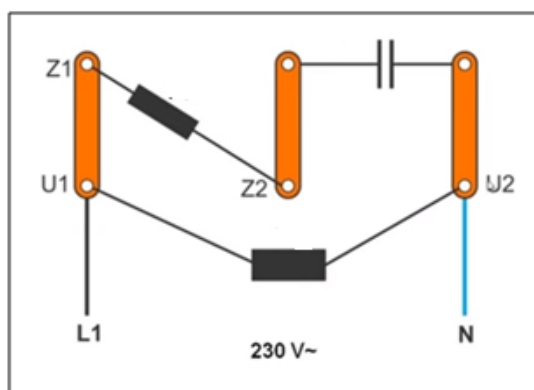
1. Улога кондензатора C_2 је да _____



2. Са натписне плочице прочитати податке за номиналну снагу, номиналну брзину и номилну струју монофазног асинхронног мотора.



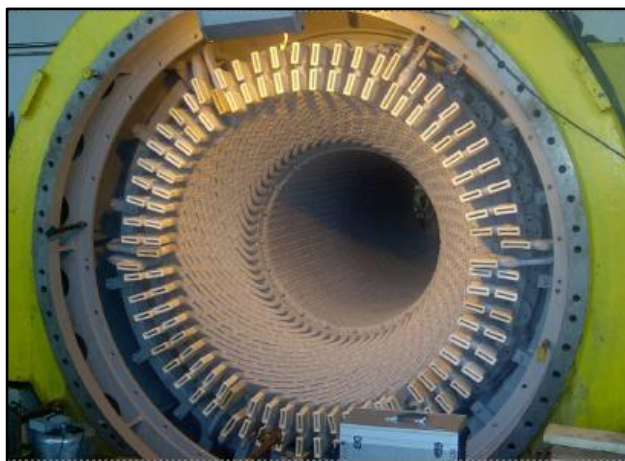
3. Извршити обележавање главног и помоћног намотаја и радног кондензатора на слици.



4.3.2. СИНХРОНЕ МАШИНЕ

Синхроне машине представљају машине наизменичне струје. Користе се углавном као генератори електричне енергије наизменичне струје и због тога представљају један од главних делова електроенергетског система. Синхроне машине имају широку примену и као електрични мотори великих снага (преко 100 kW). У пракси широку примену имају и синхрони мотори упрошћене конструкције.

Статор синхроне машине је цилиндричан, по грађи је идентичан статору асинхроне машине: Магнетно коло статора је сачињено од танких и међусобно изолованих феромагнетних лимова, који су по унутрашњој страни ожлебљени. У жлебовима статора је смештен намотај статора. Намотај је најчешће трофазни.



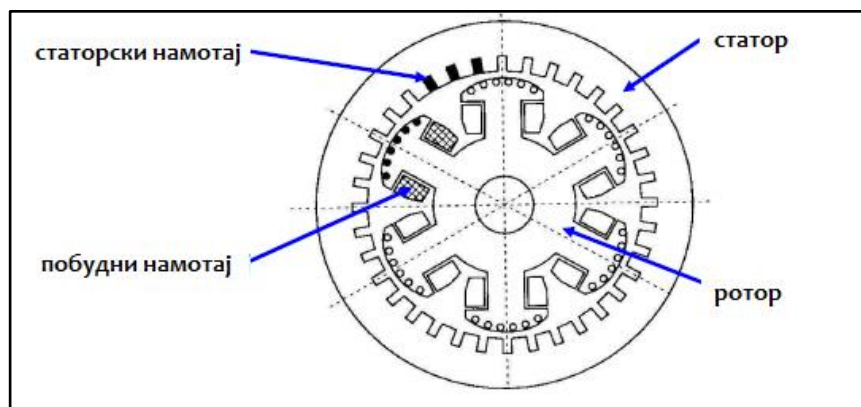
Слика 350. - Статор синхроне машине

Код синхроних машина се примењују две конструкције ротора:

**Ротор са истуреним половима,
Цилиндрични ротор.**

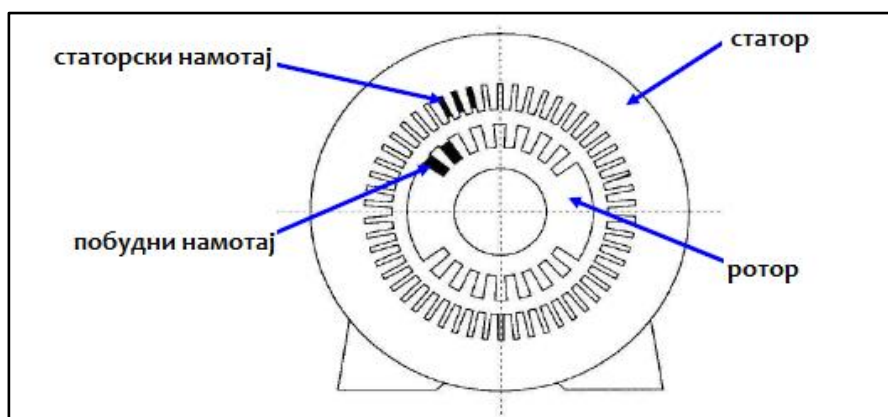
Код ротора са истуреним половима око језгра сваког пола постављени су побудни навоји учвршћени помоћу полних наставка. Језгро је од пуног материјала.

Кроз роторски намотај протиче једносмерна струја. Његово напајање се остварује помоћу два клизна колута на вратилу и четкица причвршћених на статору помоћу држача.

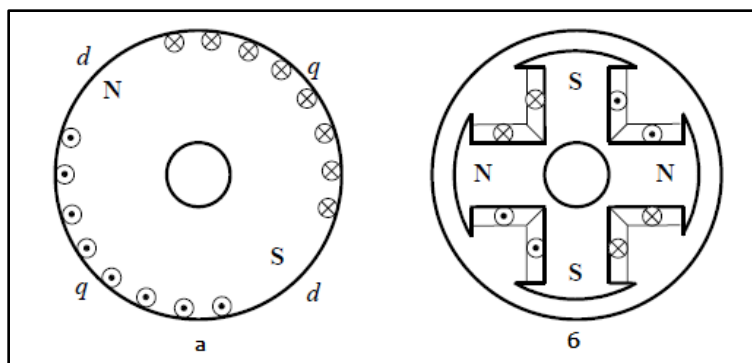


Слика 351. - Попречни пресек синхроне машине са ротором са истакнутим половима

Цилиндрични ротор је од ожлебљеног гвожђа, обично масивног. Намотај ротора је постављен у жлебовима ротора. Ова конструкција се скоро искључиво примењује код двополних или четворополних машина.



Слика 352. - Попречни пресек синхроне машине са цилиндричним ротором



Слика 353. - Цилиндрични ротор – а и ротор са истакнутим половима - б

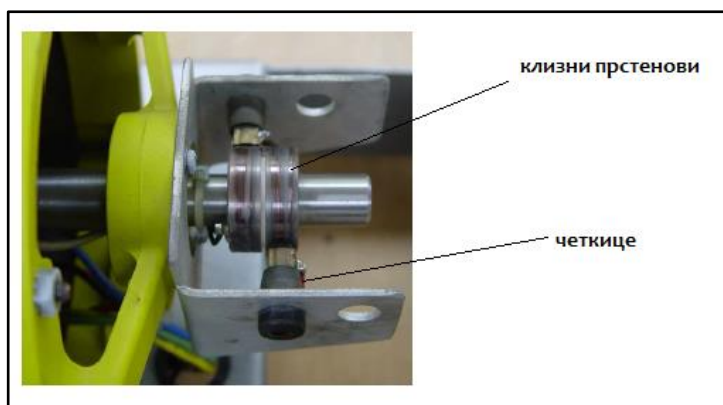
На слици је са $d - d$ је означена тзв. уздужна оса, у којој се налазе магнетски полови, док је са $q - q$ означена попречна оса, која је управна на осу полова.



Слика 354. - Ротор машине са истакнутим половима



Слика 355. - Изглед цилиндричног ротора синхроне машине



Слика 356. - Довођење једносмерне побудне струје у ротор синхроне машине

Код машина са истакнутим половима намотај је концентрисан, док је код машина са цилиндричним роторим расподељен у жлебовима и заузима приближно $2/3$ обима ротора.

Преостали простор обима, односно полног корака, није ожлебљен и чини зону великог зупца кроз који пролази главни део магнетског флукса.

Осим побудног намотаја, на ротору неких синхроних машина постоји и додатни, *пригушни (амортизациони) намотај*, који има основну улогу да пригушује осциловање брзине обртања ротора око синхроне брзине у прелазним процесима, при чему се тада понаша као кавезни ротор асинхроног мотора. У устаљеном стању овај намотај нема функцију, јер се у њему тада не индукује напон. Он се уграђује, по правилу, у полне папучице машина са ламелираним истакнутим половима, а састоји од се од округлих бакарних штапова стављених у жлебове у полном стопалу (наставку, папучици). Ови штапови су међусобно повезани (кратко спојени) помоћу два проводна прстена са обе бочне стране пола. У машине са цилиндричним ротором уграђује се, такође, пригушни намотај када се очекују велика несиметрична оптерећења.

Према конструкцијским изведбама синхрони мотори могу бити:

- са цилиндричним ротором (турбомотори) и побудном струјом унамоту ротора,
- са истакнутим половима и побудном струјом у намоту ротора,
- са посебном конструкцијом ротора која носи трајне магнете,
- са ротором без побудне струје (релуктантни мотор),
- са хистерезним ротором и
- корачни мотори с различитим изведбама ротора и статора.

Статорски се намот трофазног синхроног мотора не разликује од оног код асинхроног мотора.

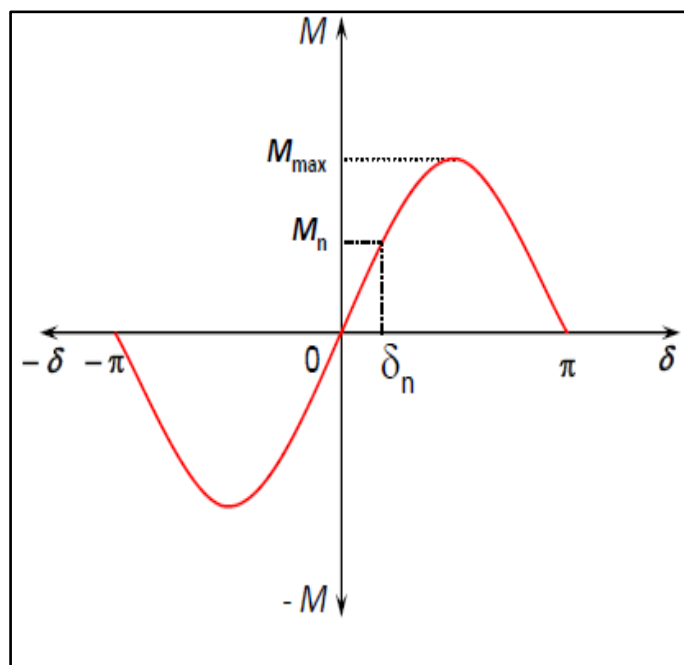
Синхрони мотор има константну брзину обртања која не зависи од механичког момента, већ искључиво од учестаности напајања и броја пари полова. Због ове особине подручје примене синхроног мотора је ограничено само на оне погоне у којима није потребна промена брзине обртања. Синхрони мотори се користе за погоне са константном брзином обртања, од најмањих снага реда једног вата (часовници, релеји, хронографи), преко снага од стотињак вата (фонограф – погон филмске траке), до десетак MW (погон компресора и вентилатора). Посебно је интересантан случај када мотор ради у празном ходу, без електромеханичке конверзије, када се производи реактивна енергија (компензатор). У таквим погонима радо се употребљава због његове значајне предности у односу на остале моторе, садржане у чињеници да може да производи реактивну енергију и тиме да поправља фактор снаге ($\cos\phi$) целог постројења.

У новије време, у електромоторним погонима напајаним из претвараача енергетске електронике примењују се синхроне машине са перманентним магнетима уместо побудног намотаја (роботика, алатне машине, сервопогони). Побуда ових машина је константна, одређена је конструкционом изведбом. За рад са променљивом брзином потребан је извор наизменичне струје променљиве фреквенције (претвараач енергетске електронике). Са повећањем механичког момента повећава се електрични (погонски) моменат синхроног мотора све док се оба момента у устаљеном стању не изједначе. При томе не долази до промене брзине, већ се једино мењају угловни односи између појединих обртних магнетопобудних сила и обртних флуксева. Међутим, код сувише великог оптерећења, ови углови постају толики да се више не може одржати одржати равнотежа двају момената и машина испада из стабилног рада („испада из корака”).

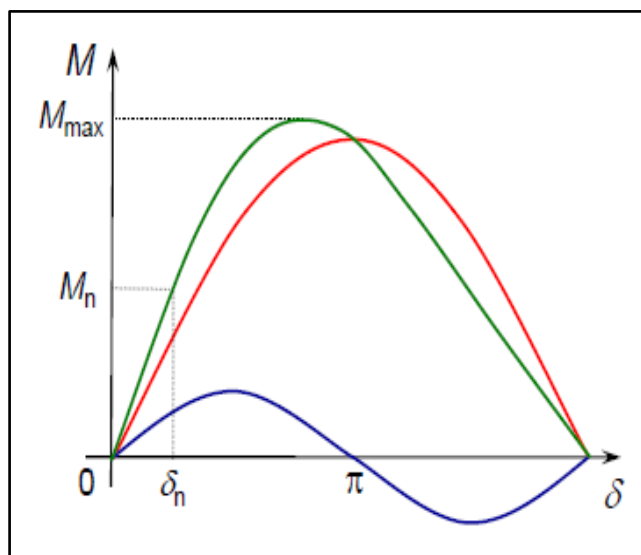
Избор врсте синхроног мотора зависи од: снаге, намене, цене, мреже, трошкова одржавања ...

Развијено је више система покретања и довођења у синхронизам (залета) синхроног мотора:

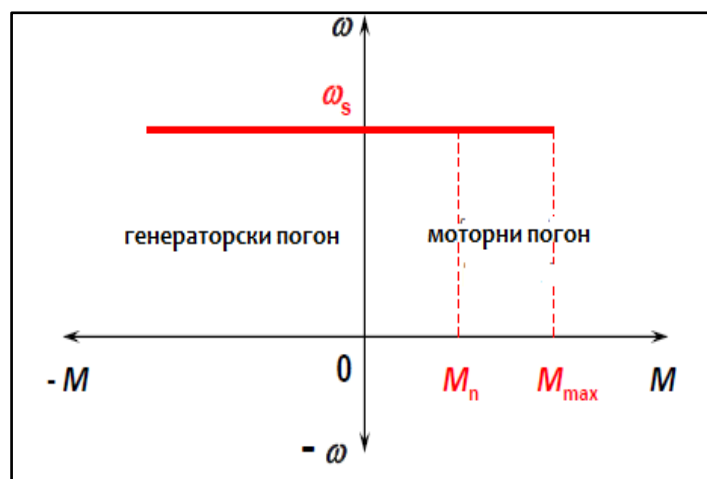
- асинхрони залет самог мотора,
- залет помоћним залетним мотором (engl. *pony motor*),
- залет помоћу извора променљиве фреквенције (претварача фреквенције),
- залет помоћу електроничког уређаја за успорени залет (soft-start).



Слика 357. - Зависност момента синхроног мотора са цилиндричним ротором од угла оптерећења



Слика 358. - Зависност момента синхроног мотора са ротором са истакнутим половима од угла оптерећења (плавом приказан реактивни момент, црвеном синхрони момент а зеленом укупни момент)



Слика 359. - Спољашња карактеристика синхроног мотора при константној фреквенцији

Предности погона са синхроним мотором су:

- може му се регулисати јалова снага тако буде и извор а не потрошач јалове енергије,
- развијени момент му је мање осетљив на падове напона у мрежи него момент асинхроног,
- једноставнији је за фреквенцијско управљање (једноставнији и јефтинији претварач фреквенције),
- има бољу корисност η ,
- за снаге веће од десетак MW у предности је пред асинхроним мотором, а нарочито за ниске брзине обртања код којих асинхрони погон има врло низак фактор снаге (испод $2p = 10$),
- за компресорска постројења сигуран због избегавања резонанција вибрација темеља.

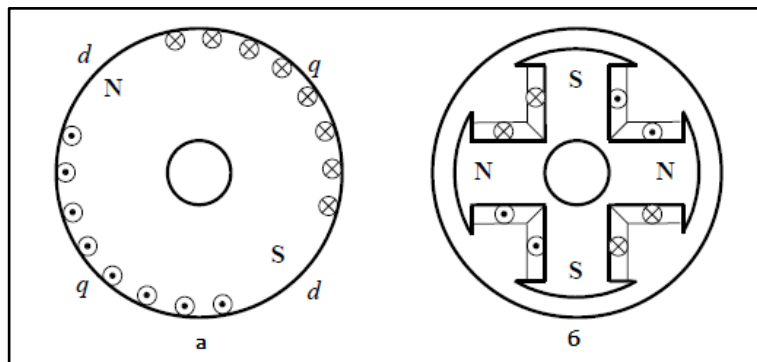
Основни су недостаци погона са синхроним мотором:

- компликованији ротор и потреба за побудним системом, осим мотора с перманентним магнетима
- проблеми покретања,
- већа набавна цена и трошкови одржавања.

Питања за теоријску проверу знања

1. Главна разлика између синхроног и асинхроног мотора је у _____.
2. До које брзине треба залетети синхрони мотор да би почео да ради?
3. Навести предности погона са синхроним мотором.
4. Према конструкцијским изведбама синхрони мотори могу бити:

5. На слици су приказани типови ротора синхроних машина. Који тип је обележен са а) а који са б)?



- а) _____
б) _____

6. Који су основни недостаци погона са синхроним мотором?

4.3.3. ТРАНСФОРМАТОРИ

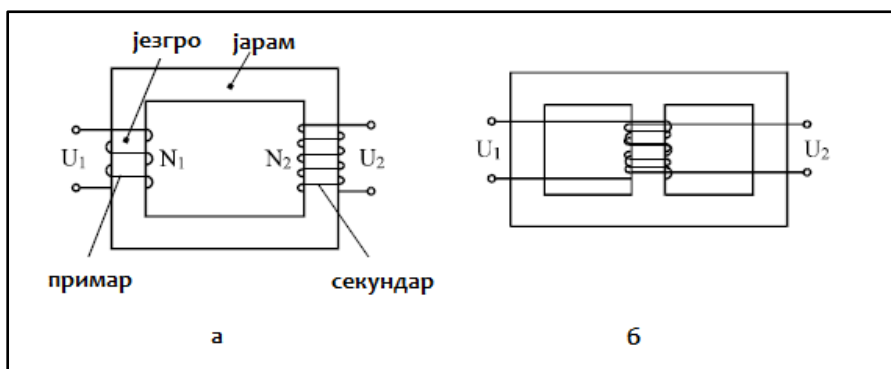
Трансформатор је статички електротехнички апарат који, помоћу електромагнетне индукције, претвара један систем наизменичних струја у један или више система наизменичних струја исте учестаности и обично различитих вредности струја и напона.

Улога трансформатора у електроенергетском систему је веома значајна јер он омогућује економичну, поуздану и безбедну производњу, пренос и дистрибуцију електричне енергије при најприкладнијим напонским нивоима. Дакле, његовом применом се, уз веома мале губитке енергије, решавају проблеми разних напонских нивоа и међусобне изолованости кола које се налазе на различитим напонским нивоима. Они неоспорно спадају међу најраспрострањеније електричне уређаје. Поред употребе у преносу и дистрибуцији електричне енергије они се користе и при мерењу високих напона и јаких струја, у разним индустријским постројењима, аутоматизи, телемеханици, радио техници, електроници итд.

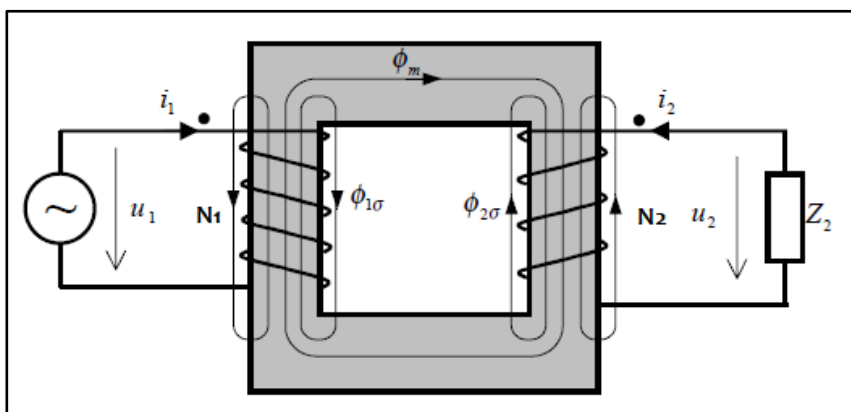


Слика 360. - Трофазни дистрибутивни трансформатор

Основни делови трансформатора су: магнетно коло и намотаји. Магнетно коло, које служи за затварање магнетног флукса, израђује се од челичних лимова на бази силицијума и називају се трафо-лимови. Лимови су изоловани специјалним лаком како би се смањиле вртложне струје индиковане у магнетном колу, а тиме се смањују губици снаге - губици у гвожђу. Дебљина лимова се креће од 0,3 до 0,5 mm. Трансформатори се према начину израде магнетног кола могу поделити на стубне трансформаторе и оклопљене трансформаторе.



Слика 361. - Конструкција трансформатора, а)-стубни, б) оклопљени



Слика 362. - Приказ принципа рада

Када на примарни намотај прикључимо наизменични напон u_1 , под његовим утицајем, кроз примарни намотај протећи ће наизменична струја i_1 , која ствара променљиви магнетни флуks Φ_1 . Према Фарадејевом закону електромагнетне индукције, овај флуks ће у намотајима примара индуковати електромоторну силу. Како заједнички флуks Φ_m , обухвата и намотаје секундара и у њима ће се индуковати електромоторна сила. Ако се на секундар трансформатора прикључи пријемник, кроз њега ће протећи струја i_2 .

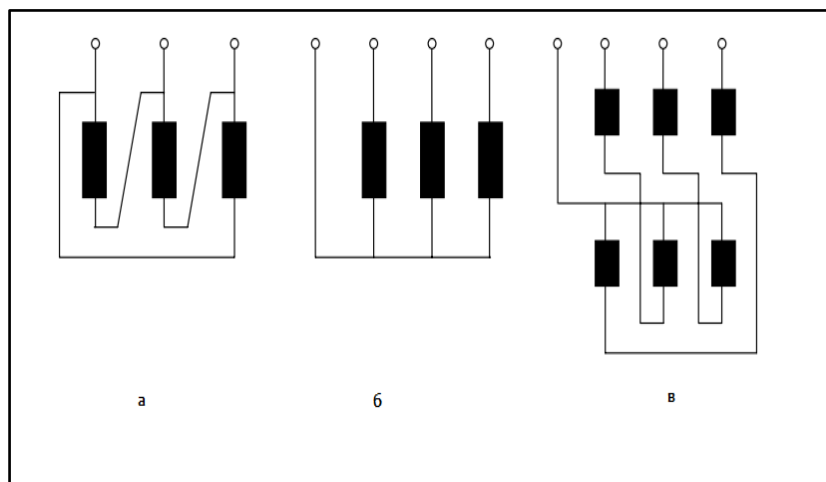
Основни подаци трансформатора су:

- номинална снага,
- преносни однос,
- спрега и спрежни број,
- релативни напон кратког споја,
- фреквенција,
- итд...

Преносни однос идеалног трансформатора дат је изразом:

$$m = \frac{N_1}{N_2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{E_1}{E_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

Намотаји трофазног трансформатора могу бити спрегнути у звезду (ознака Y, y), троугао (ознака D, d) и у цик – цак или изломљену звезду (ознака Z, z).



Слика 363. - Спреге намотаја трансформатора а) троугао, б) звезда и в) изломљена звезда

Спрега Yyn се користи код дистрибутивних трансформатора мање снаге. Примар и секундар су спрегнути у звезду, а на секундару је изведено и звездиште.

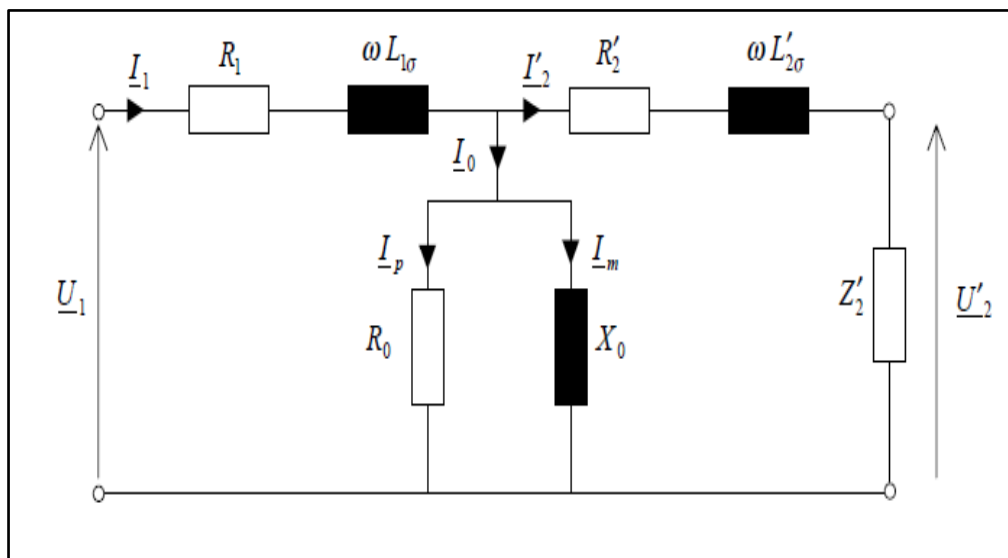
Спрега Yd се користи у дистрибутивним мрежама када су снаге и напони веће вредности, користи се када се напајају трофазни потрошачи.

Спрега Dyn се често користи и у широком опсегу снага.

Спрега Yzn је погодна за напајање тиристорских и диодних исправљача.

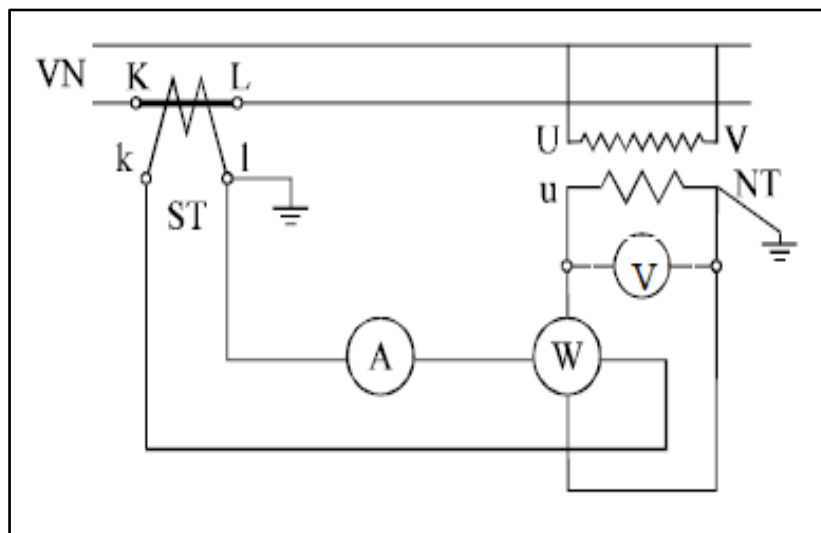
Уз спрегу је потребно и дефинисати спрежни (сатни) број који говори о фазном померају између примарног и секундарног напона исте фазе. Овај број се обележава са n и може имати вредност од 0 до 11. Код нас се често користе спреге Yy0, Yd5, Dy5, Yz5.

Трансформатор се може представити и заменском шемом.



Слика 364. - Еквивалентна шема трансформатора

Врло високи напони и врло јаке струје, из техничких разлога, не могу се директно мерити, већ се користе напонски (NT) и струјни (ST) мерни трансформатори. На истој слици, поред мерења струје и напона, приказано је и мерење снаге високонапонског система. Напонски трансформатори граде се за различите примарне напоне, а номинални напон секундара је 100V. Струјни трансформатори уместо примарног намотаја имају бакарну шину (N = 1). Номинална струја секундара је 1A (5A).

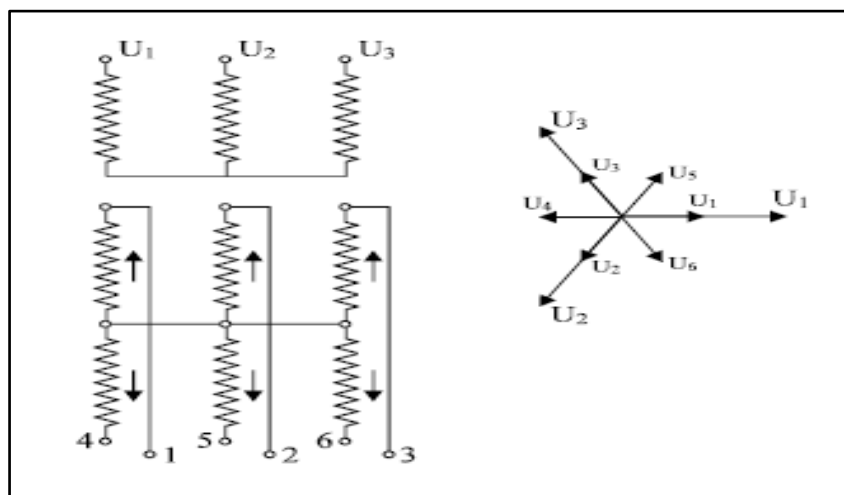


Слика 365. - Струјни и напонски мерни трансформатор - примена

Карактеристична величина мерних трансформатора је **преносни однос трансформације**, који представља однос номиналних примарних и секундарних вредности. По један крај секундара, напонског и струјног трансформатора је уземљен. Струјни трансформатори морају имати могућност кратког спајања секундара. Ако би се секундар, нпр. при замени инструмента, оставио отворен, на њему би се индуковао

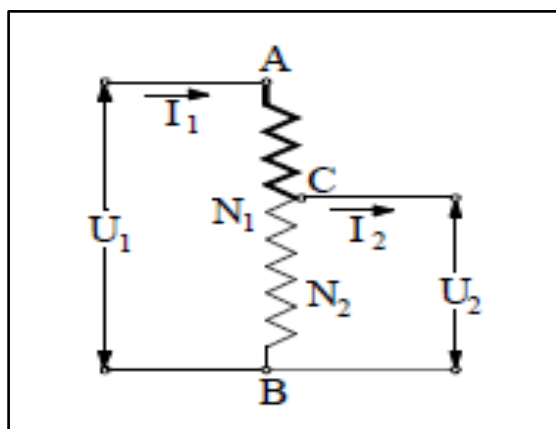
релативно висок напон, који може бити опасан по живот руковаоца. Зато се секундар струјног трансформатора не сме оставити отворен, већ се кратко спаја.

Код претварања наизменичне струје у једносмерну, за потребе потрошача који користе једносмерну струју (као што је електролиза алуминијума), трансформатори се користе за промену броја фаза. Вишефазни системи су погодни за напајање исправљача, јер се тада добије мање таласаста једносмерна струја. Погодном везом намотаја секундара трофазни систем се лако претвара у шестофазни, са фазним померајем од по $\pi/3$.



Слика 366. - Промена броја фаза – претварање трофазног у шестофазни систем

Понекад је потребно да однос трансформације буде близак јединици, тј. да је секундарни напон само мало нижи (или виши) од примарног. Тада је погодније и економичније да се гради аутотрансформатор.



Слика 367. - Аутотрансформатор

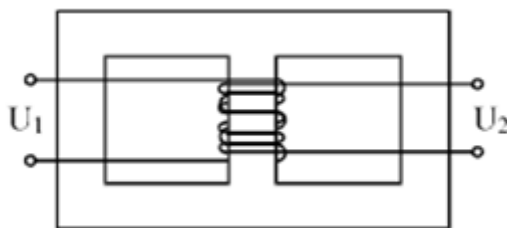
Питања за теоријску проверу знања

1. Ако на једном трансформатору U_1 представља напон на примару, U_2 напон на секундару, N_1 број навојака примара, N_2 број навојака секундара онда се преносни однос израчунава према једначини $m =$ _____

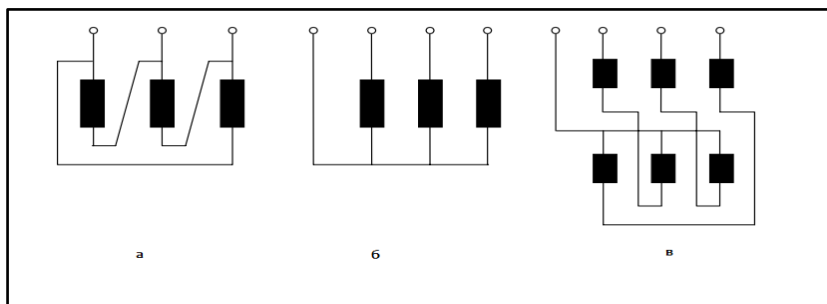
2. Улога трансформатора је да: _____

3. На слици је представљен:

- а. Стубни трансформатор,
- б. Аутотрансформатор,
- в. Оклопљени трансформатор



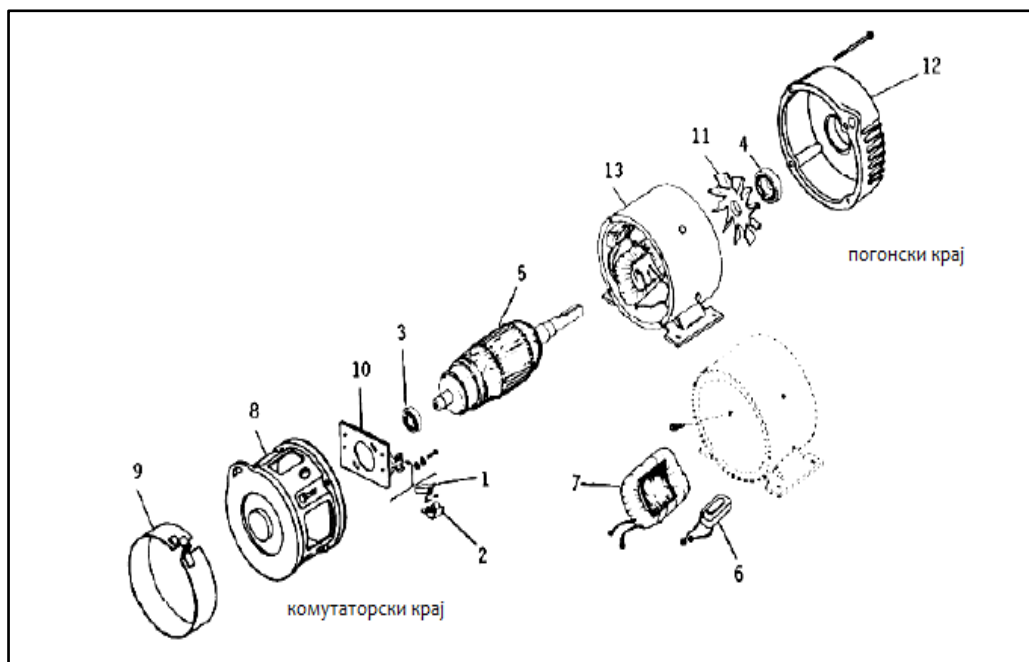
4. Фазни навој примарног намотаја монофазног трансформатора има 800 навојака, а фазни навој секундарног намотаја 100 навојака. Напон напојне мреже је 400 V. Одреди напон на секундару трансформатора.
5. Које спреге на слици су обележен са а, б и в?



6. Где се употребљава спрега Y_{un} а где спрега Y_d ?
7. Објаснити спрегу Y_{d5} .

4.3.4. МАШИНЕ ЈЕДНОСМЕРНЕ СТРУЈЕ

Машине једносмерне струје (једносмерне машине) су због својих веома добрих функционалних карактеристика некада представљале често решење у електричним постројењима и погонима. Због веће цене, сложенијег и скупљег одржавања, мање поузданости и краћег века трајања, данас се мотор једносмерне струје све више потискује од стране јефтинијих, једноставних и робустних електричних мотора за наизменичну струју управљаних микропроцесорима и напајаних енергетском електроником.

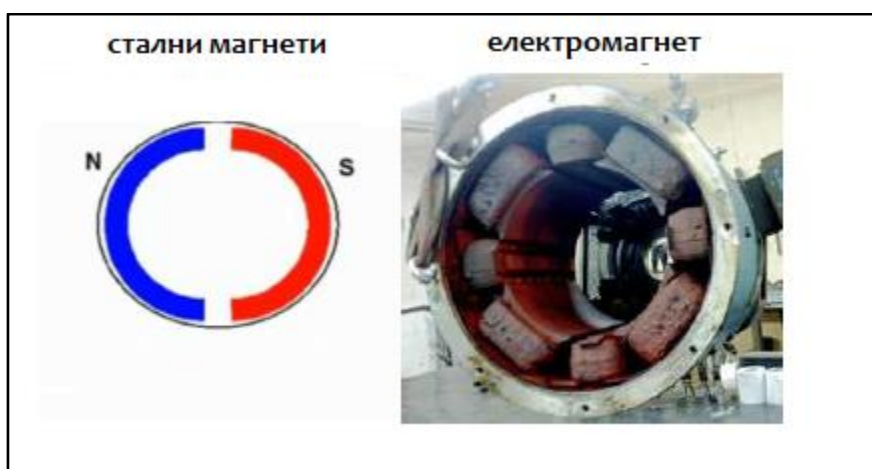


Слика 368. - Делови машине једносмерне струје: 1. четкице 2. опруга четкица 3. лежајеви на комутаторском крају 4. лежајеви на погонском крају 5. арматура (ротор) 6. помоћни пол и његов намотај 7. главни пол и његов намотај 8. држач лежишта (комутаторски крај) 9. заштитни поклопац 10. конзола четкице 11. вентилатор на ротору 12. држач лежишта (погонски крај) 13. кућиште намотаја статора

Основни елементи једносмерне електричне машине су:

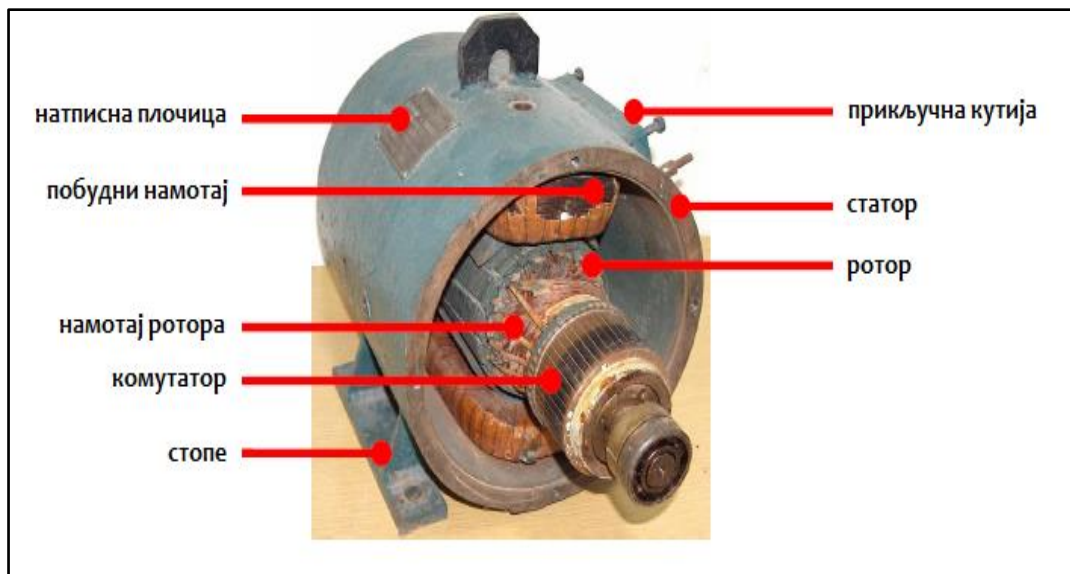
- мирујући део (статор) и
- обртни део (ротор).

Улога статора је стварање побудног флукса. Побудни флукс могу створити перманентни (стални) магнети или намотај у коме постоји једносмерна струја (електромагнет).



Слика 369. - Начин стварања побудног флукса

Статор је облика шупљег ваљка од масивног гвожђа (или сложен од пакета лимова), на чијој су унутрашњој периферији причвршћени полови израђени од феромагнетских лимова. На половима статора је смештен побудни намотај. Кроз побудни намотај се пропушта једносмерна струја која ствара статорску магнетнопобудну силу и статорски флукс. Како је струја статора једносмерна, то је статорски флукс непомичан.



Слика 370. - Двуполна машина једносмерне струје

Ротор је цилиндричног облика и састављен од танких феромагнетских лимова, равномерно је ожљебљен по свом обиму. Налази се на вратилу машине. У жлебове ротора је постављен намотај ротора. Почеци и крајеви намотаја ротора су изведени на тзв. комутатор (колектор). Комутатор је састављен од бакарних сегмената који су изоловани међусобно и у односу на масу. Улога комутатора је преусмеравање смера струје кроз навоје ротора.

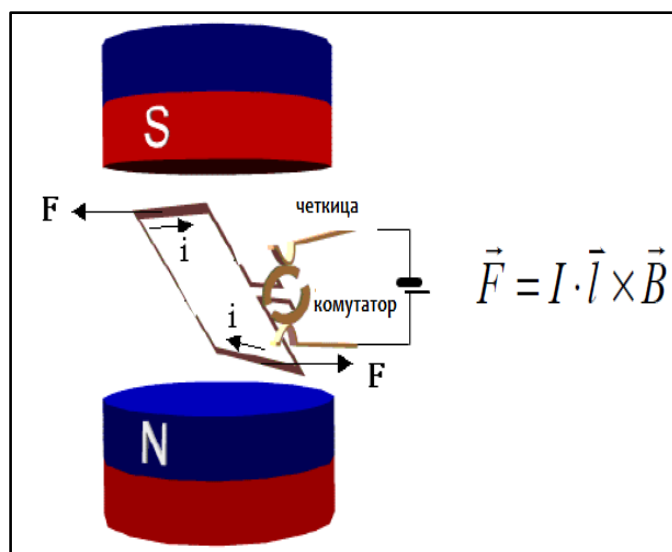


Слика 371. - Ротор машине једносмерне струје



Слика 372. - Комутатор машине једносмерне струје

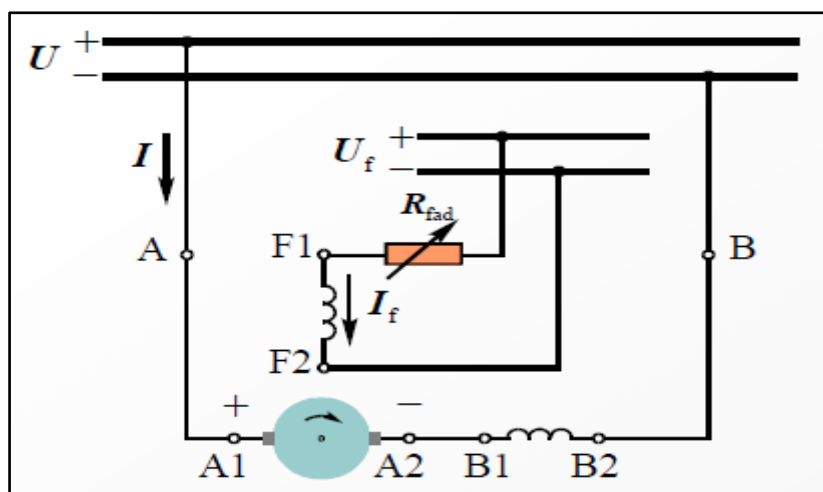
Намотај ротора се налази у магнетном пољу. Када кроз њега протиче електрична струја настаје сила, $F = I (l \times B)$, која делује на проводнике ротора, а због кружног облика ротора настаје електромагнетни момент $M = R \times F$, где је R пречник ротора. Комутатор (колектор) и четкице служе за напајање роторског намотаја потребним смером струје.



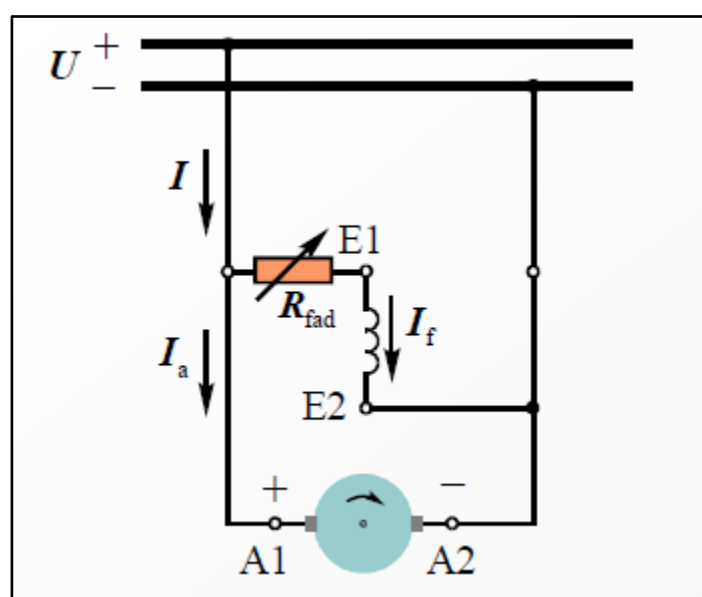
Слика 373. - Приказ принципа рада машине једносмерне струје

Према начину спајања намотаја побуде и намотаја ротора, разликујемо следеће основне врсте једносмерних комутаторских машина:

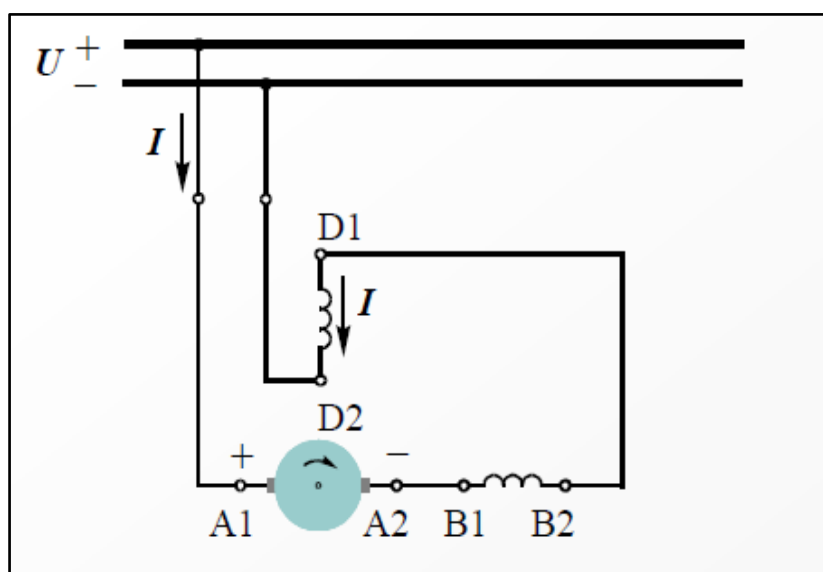
- са независном побудом, код које је намотај побуде спојен на посебан спољни извор напона, који је потпуно независан од прилика у машини. Намотај ротора се напаја из другог извора једносмерног напона. Једносмерни напони се добијају из наизменичне трофазне мреже, преко исправљача,
- са паралелном побудом, код које је побудни намотај спојен паралелно на намотај ротора и прикључени су на извор једносмерног напона,
- са редном (серијском) побудом, код које је побудни намотај спојен на ред са намотајем ротора и прикључени су на извор једносмерног напона.
- са сложенom побудом.



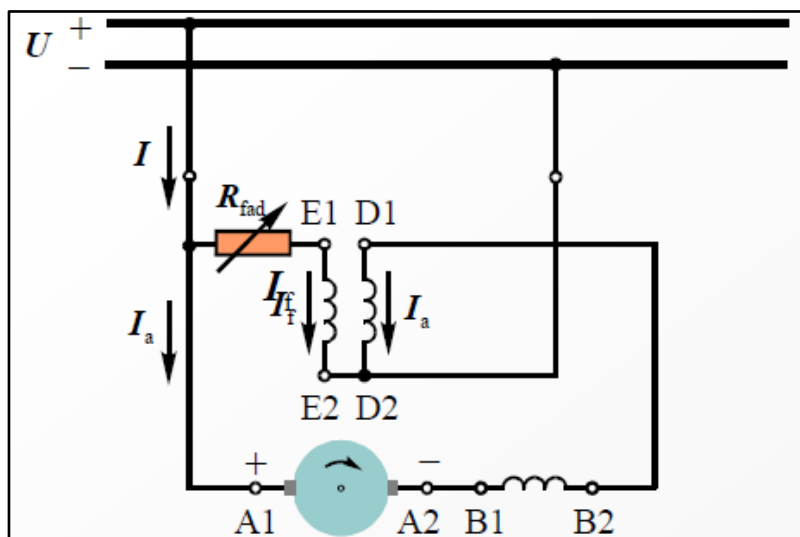
Слика 374. - Мотор једносмерне струје са независном побудом



Слика 375. - Мотор једносмерне струје са паралелном побудом



Слика 376. - Мотор једносмерне струје са редном побудом



Слика 377. - Мотор једносмерне струје са сложенom побудом

Табела 30. - Ознаке крајева намотаја машина једносмерне струје

Намотај	Нова ознака	Стара ознака
Индукт	A1 A2	A B
Помоћни полови	B1 B2	G H
Компензација	C1 C2	G H
Редна побуда	D1 D2	E F
Паралелна побуда	E1 E2	C D
Независна побуда	F1 F2	I K

Основне једначине мотора једносмерне струје:

$$U = E + R_a \cdot I_a$$

$$E = k_e \cdot \varphi \cdot n$$

$$M = k_m \cdot \varphi \cdot I_a$$

где су:

U - напон напајања

E - индукована ЕМС

R_a - отпор индукта

I_a - струја индукта

φ - фукс побуде

n - брзина обртања осовине мотора

M - момент мотора

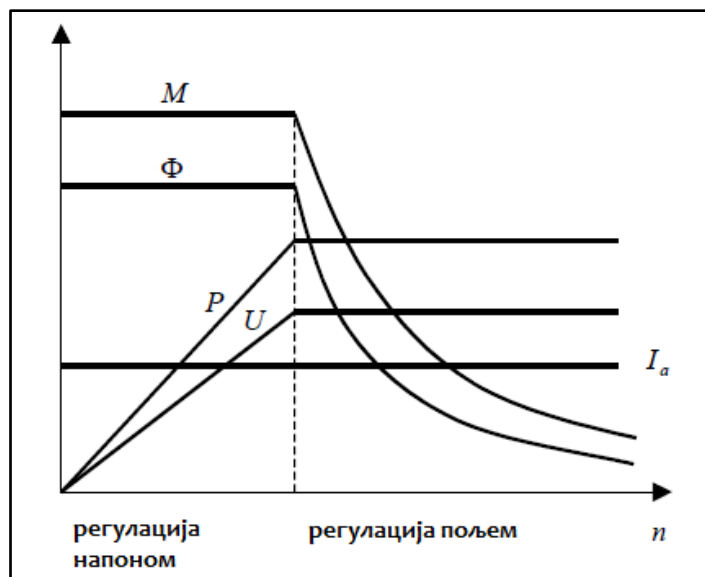
Из прве две једначине може се добити израз за брзину обртања осовине мотора:

$$n = \frac{U - R_a \cdot I_a}{k_e \cdot \varphi}$$

На основу ове једначине може се закључити да се регулација брзине мотора једносмерне струје може вршити на три начина:

- променом напона напајања,
- променом магнетног флукса побуде, тј. струје побуде и
- променом отпора у колу индукта.

Регулација напонам је ефикасна, почевши од брзине обртања једнакој нули, па до брзине која одговара назначеном напону мотора, уз неку константну, обично назначену побуду. То је велики опсег регулације и код машина са независним хлађењем у односу на брзину обртања. Мотор се у целом овом опсегу може оптеретити константном струјом, односно константним моментом (уз константну побуду) тако да је снага мотора пропорционална брзини обртања, односно приближно пропорционална са напонам. Код мотора хлађених вентилатором, код мањих брзина се мора смањити струја, односно момент да не би дошло до прегревања.

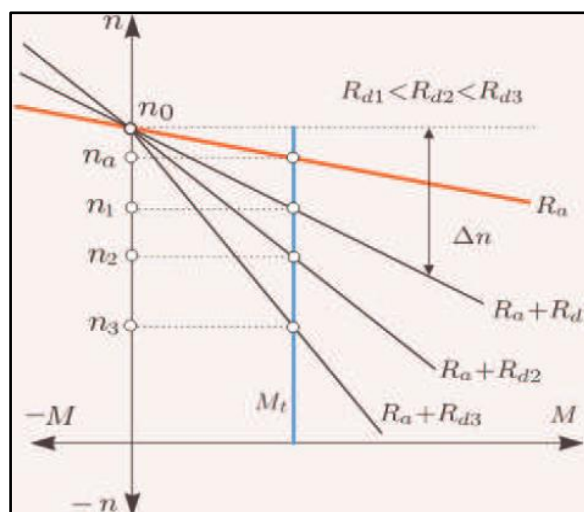


Слика 378. - Принцип регулације брзине обртања мотора једносмерне струје

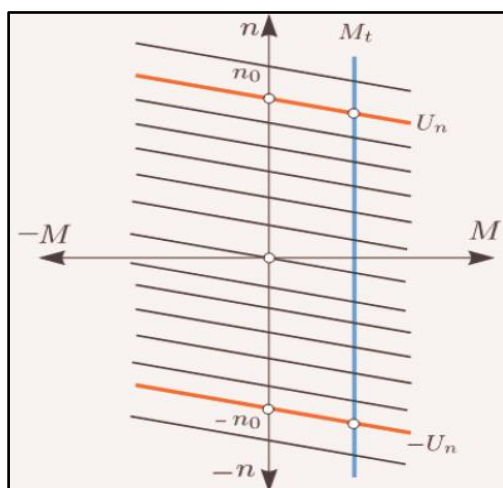
Регулација пољем се спроводи тако да се прикључени напон држи на константној вредности, а магнетско поље се смањује смањењем струје побуде. Опсег регулације је отприлике 2:1 за моторе нормалне изведбе, тј. са регулацијом брзине се може ићи до двоструке вредности у односу на брзину код пуног магнетног флукса. Даље смањење флукса се не практикује, јер би рад мотора могао да постане нестабилан, те може лако да побегне (експлозија колектора). Наступају потешкоће код комутације, јер се смањује време комутације T_k , а мора се водити рачуна и о механичким напрезањима услед центрифугалних сила која расту са квадратом брзине обртања.

За регулацију брзине мотора једносмерне струје природно је да се константни момент постиже регулацијом напона, док се константна снага постиже регулацијом пољем.

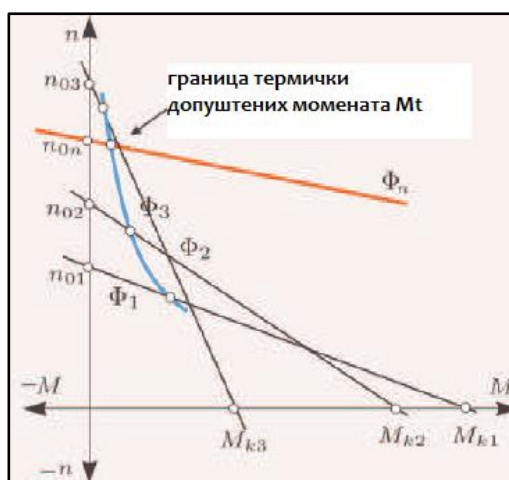
Константну вредност струје I_a можемо да обезбедимо само независном вентилацијом.



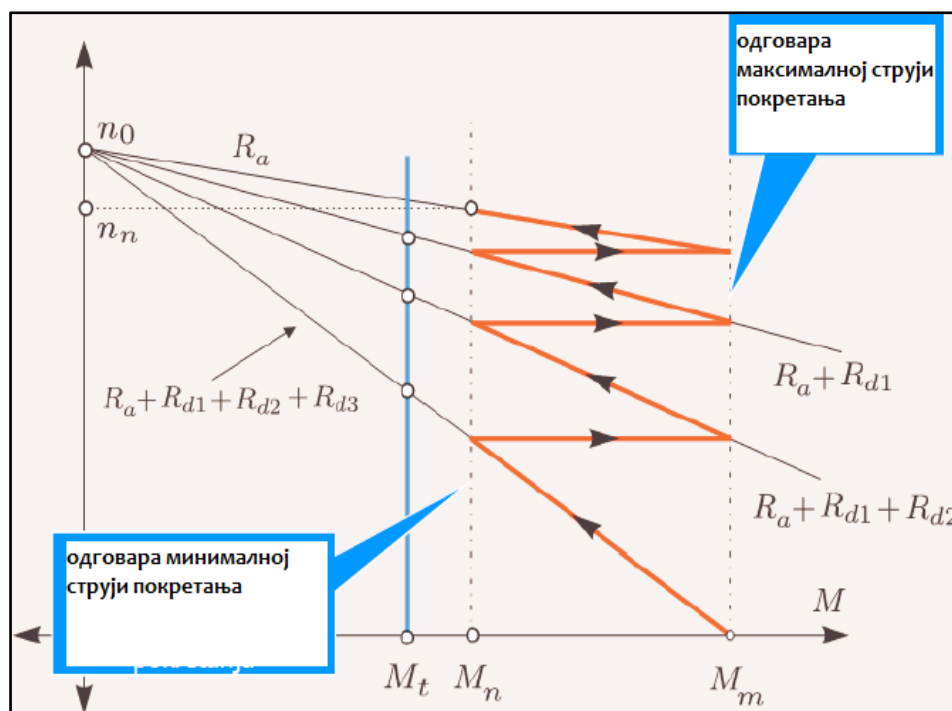
Слика 379. - Механичке карактеристике мотора једносмерне струје са независном побудом при регулацији брзине обртања додатим отпором у колу ротора



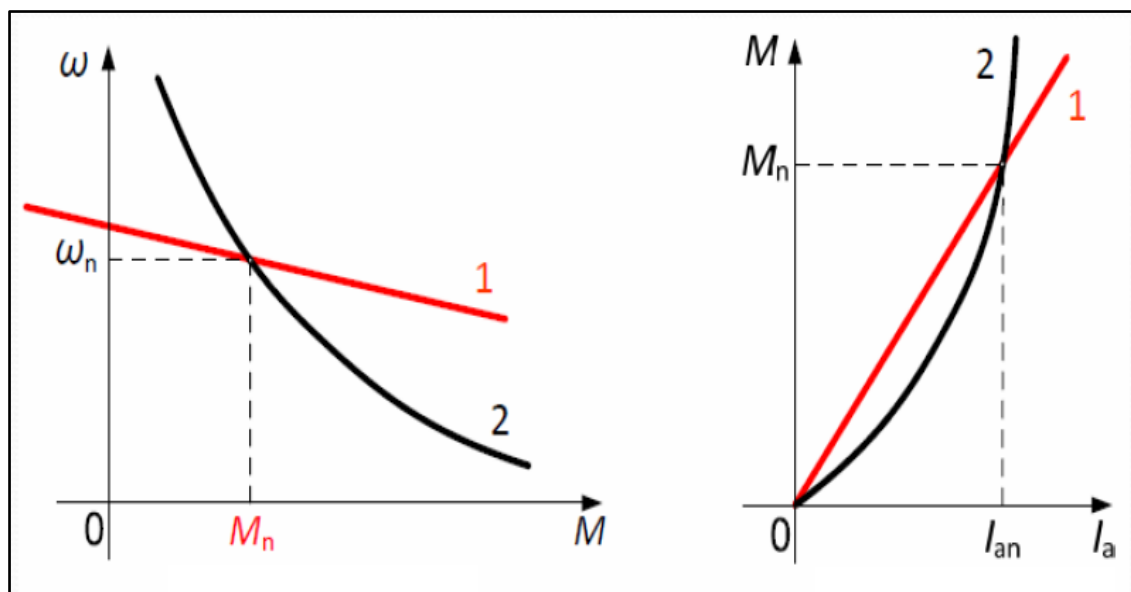
Слика 380. - Механичке карактеристике мотора једносмерне струје са независном побудом при регулацији брзине обртања променом напона напајања



Слика 381. - Механичке карактеристике мотора једносмерне струје са независном побудом при регулацији брзине обртања променом побуде



Слика 382. - Упуштање у рад мотора једносмерне струје са независном побудом помоћу додатог отпора у колу ротора

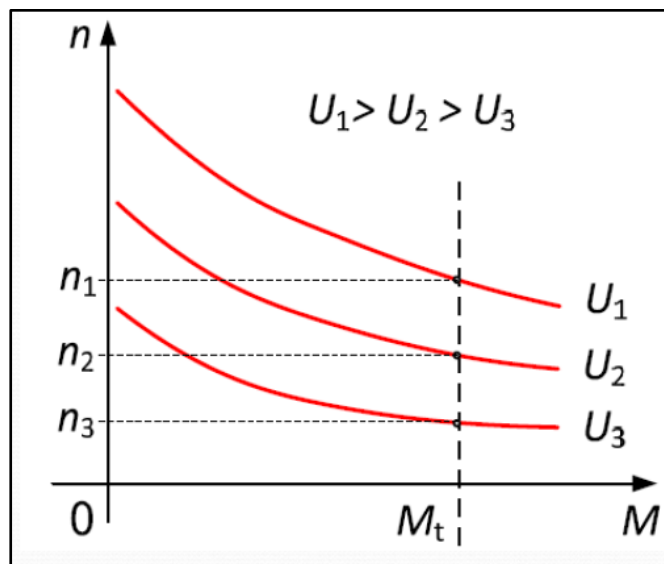


Слика 383. - Поређење карактеристика мотора једносмерне струје са независном побудом(1) и са редном побудом(2)

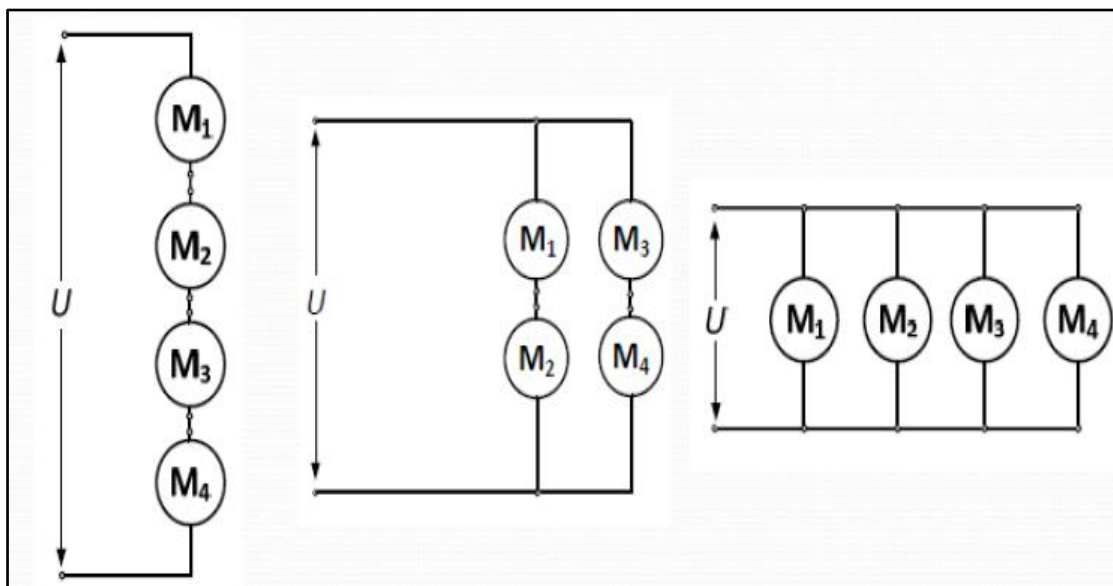
Код мотора једносмерне струје са редном побудом брзина обртања се може регулисати на следећи начин:

- променом напона извора напајања,
- додавањем предотпора,
- шантирањем побудног намотаја (смањење побудне струје - слабљење поља),
- шантирањем арматурног намотаја.

Најједноставнија промена напона напајања се може остварити редним и паралелним преспајањима више мотора (што је типично у електричној вучи). Енергетским претварачима (чоперима) се може регулисати напон напајања. Додавање предотпора је једноставно, али енергетски неприхватљиво, док је шантирање побудног намотаја најчешће у електричној вучи.

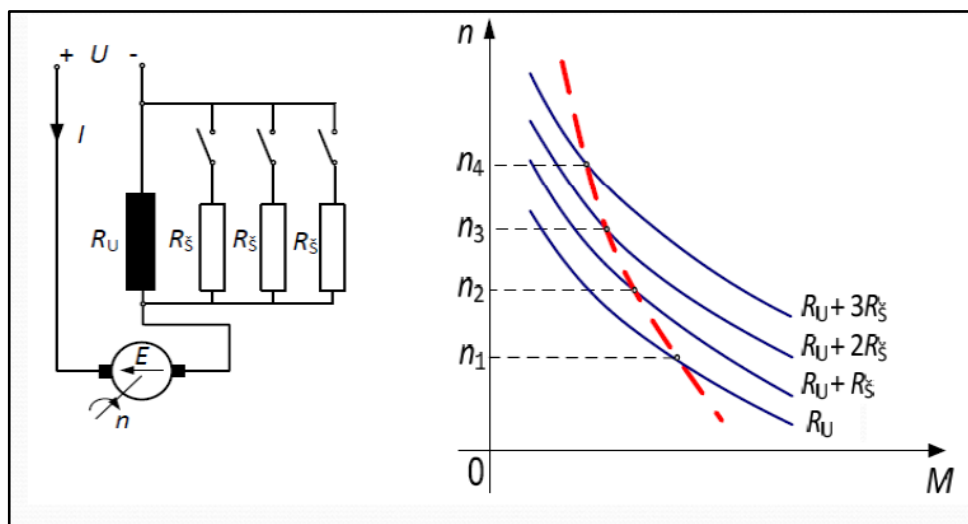


Слика 384. - Механичке карактеристике мотора једносмерне струје са редном побудом при регулацији брзине обртања променом напона напајања



Слика 385. - Покретање вучних возила преспајањем мотора

Покретање почиње са сва 4 мотора спојена на ред. Максимална брзина обртања се има када су сва 4 мотора спојена у паралели и тада се на њима има пуни (номинални) напон. Редно - паралелни спој је међу корак.



Слика 386. - Механичке карактеристике мотора једносмерне струје са редном побудом при регулацији брзине шантирањем побудног намотаја

Кочење служи за смањивање брзине са већим коефицијентом успорења него код природног успоравања и држање погона у стању мировања.

Постоје две врсте кочења:

- механичко, са механичким кочницама,
- електрично кочење, мотор развија момент који делује у супротном смеру од смера обртања.



Слика 387. - Механичка кочница

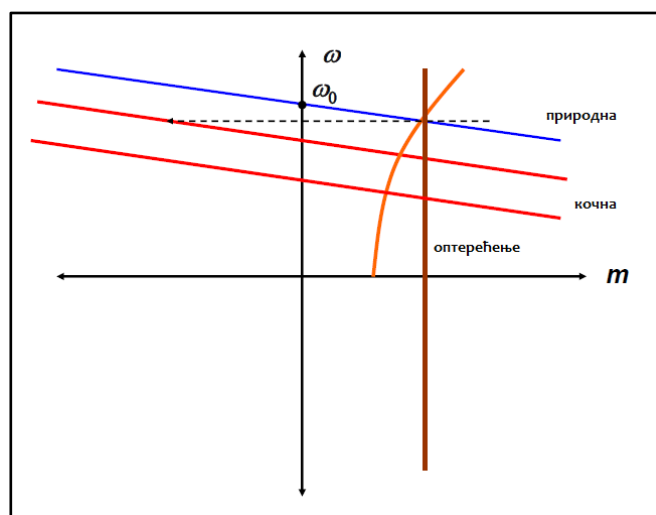
Електрично кочење мотора једносмерне струје са независном побудом може се поделити у три групе:

- рекуперативно,
- противструјно (два начина),
- динамичко (реостатско).

Заједничко за сва кочења је да машина (мотор) мења улогу, односно ради као генератор, претвара механичку енергију у електричну. Наведена кочења се разликују по начину реализације и по томе како се троши добијена електрична енергија.

Рекуперативно кочење може се реализовати у следећим случајевима:

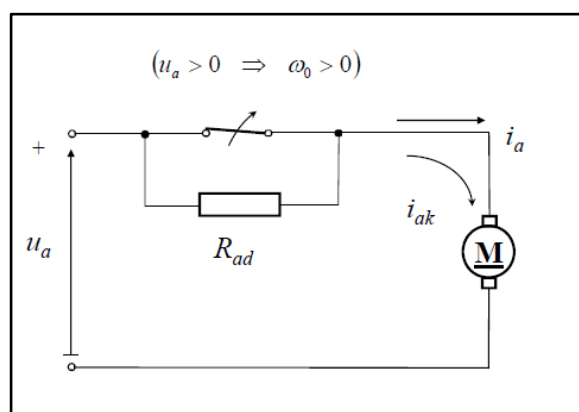
- случај, кад брзина по апсолутној вредности постане већа од брзине празног хода (колица на низбрдици, спуштање терета код дизалице),
- случај, када се брзина празног хода смањи испод тренутне брзине.



Слика 388. - Механичке карактеристике мотора једносмерне струје са независном побудом код рекуперативног кочења

Противструјно кочење мотора једносмерне струје са независном побудом може се остварити на два начина:

1. начин:



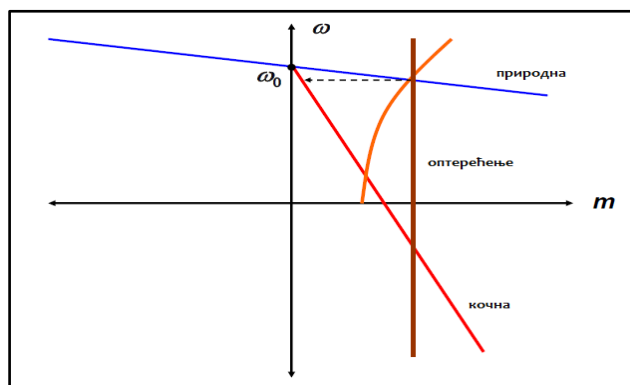
Слика 389. - Противструјно кочење мотора једносмерне струје са независном побудом

Особине:

- велика развијена топлотна енергија,
- потребна додатна опрема (отпорници),
- ефикасно кочење!

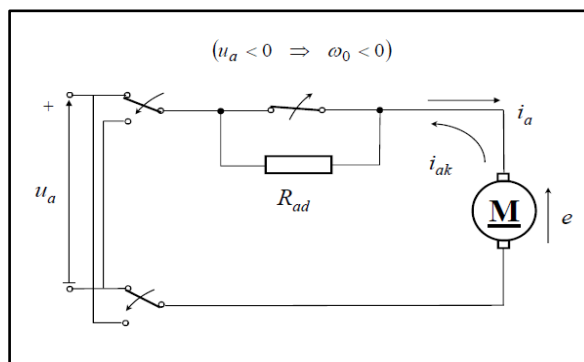
Примена:

Код дизалица за спуштање сталном брзином.



Слика 390. - Механичке карактеристике мотора једносмерне струје са независном побудом код противструјног кочења

2. начин:



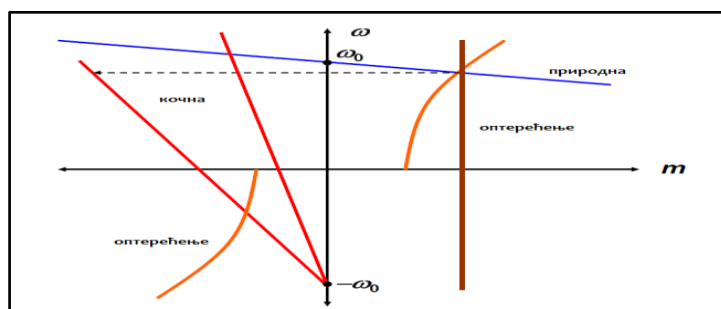
Слика 391. - Противструјно кочење мотора једносмерне струје са независном побудом

Особине:

- најефикасније кочење!
- Реверс.

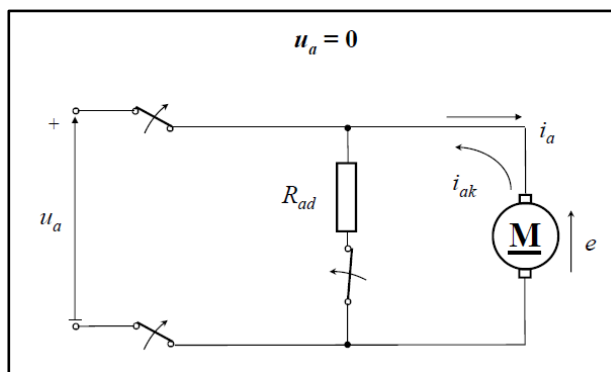
Примена:

За нагла кочења погона који ради у првом квадранту и за кочење колица која су на низбрдици.



Слика 392. - Механичке карактеристике мотора једносмерне струје са независном побудом код противструјног кочења

Динамичко кочење мотора једносмерне струје са независном побудом остварује се тако што се индукт одвоји од извора и његови крајеви споје преко додатог отпора.



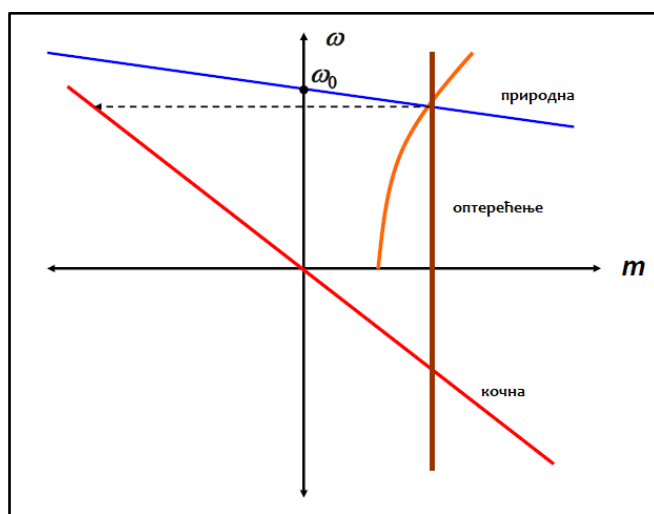
Слика 393. - Динамичко кочење мотора једносмерне струје са независном побудом

Особине:

- аутономност у раду (побуда ?),
- додатна опрема,
- мали кочиони моменат при малим брзинама.

Примена:

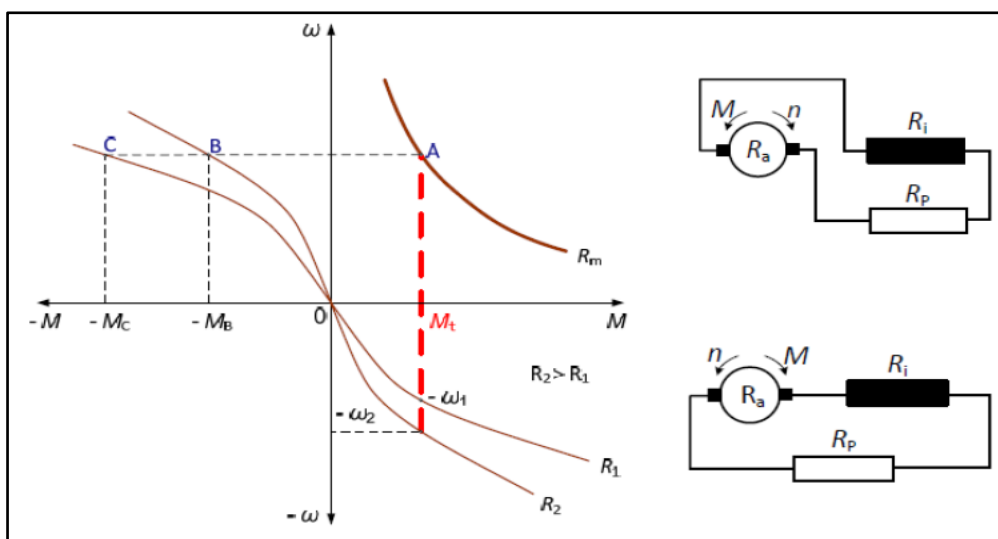
Заустављање погона у хаваријским режимима, спуштање терета и кочење возила на низбрдици (аутономно).



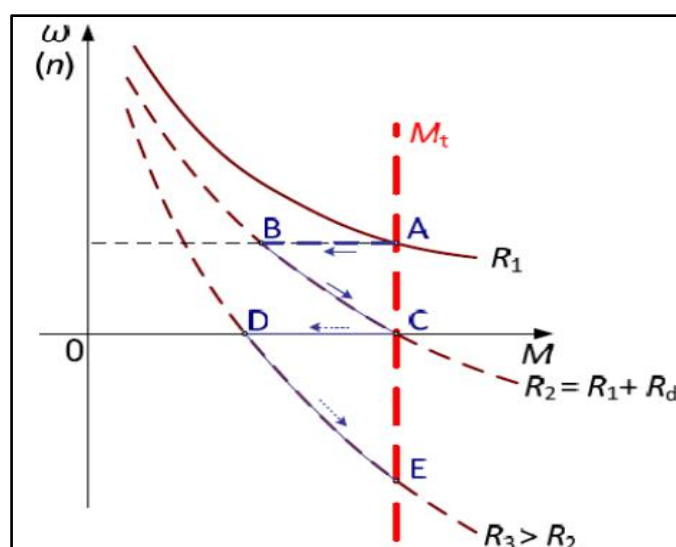
Слика 394. - Механичке карактеристике мотора једносмерне струје са независном побудом код динамичког кочења

Електрично кочење мотора једносмерне струје са редном побудом може се поделити у две групе:

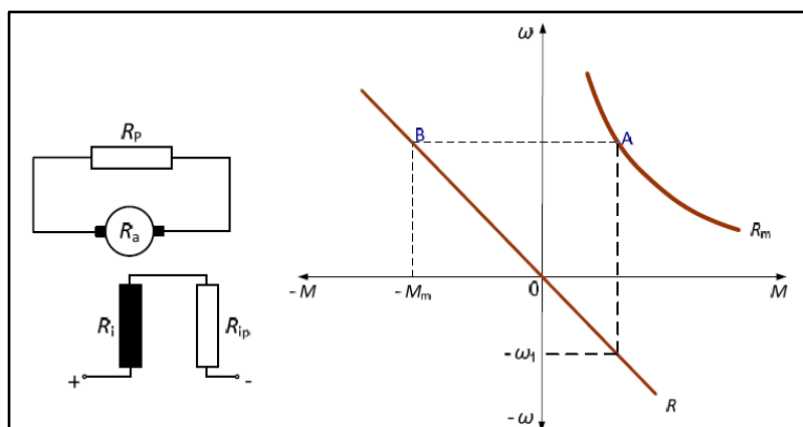
- електродинамичко (самопобудно кочење, кочење додавањем предотпора и кочење независном побудом),
- противструјно.



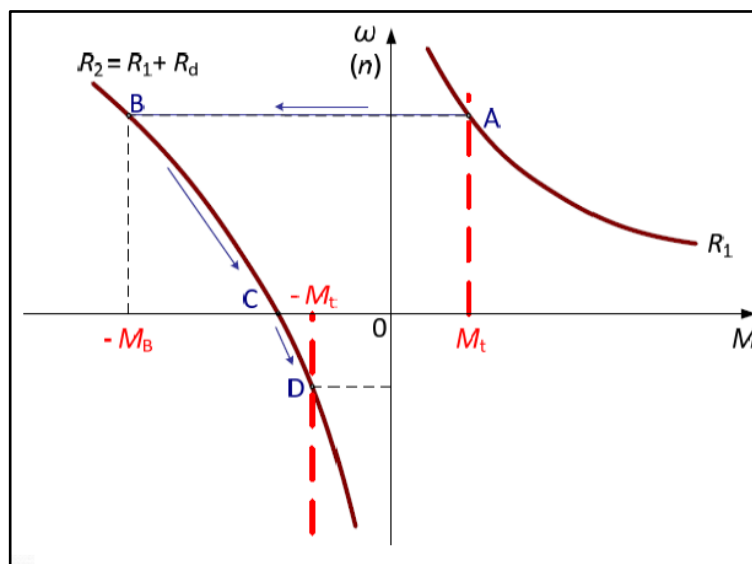
Слика 395. - Самопобудно кочење мотора једносмерне струје са редном побудом



Слика 396. - Кочење мотора једносмерне струје са редном побудом додавањем предотпора

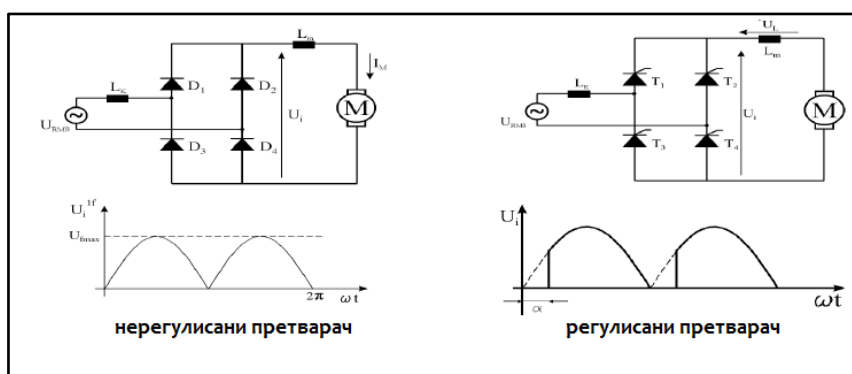


Слика 397. - Кочење независном побудом код мотора једносмерне струје са редном побудом

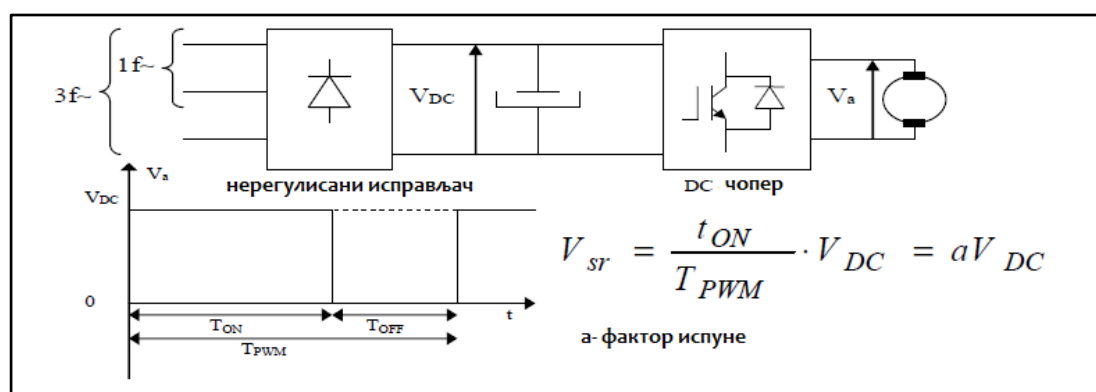


Слика 398. - Противструјно кочење код мотора једносмерне струје са редном побудом

Један од начина да се обезбеди напајање машина једносмерне струје је и коришћење претварача.



Слика 399. - Претварачи за напајање мотора једносмерне струје



Слика 400. - Чопер за напајање мотора једносмерне струје

Мотори једносмерне струје имају широку примену у индустрији, електричној вучи у аутомобилима итд.



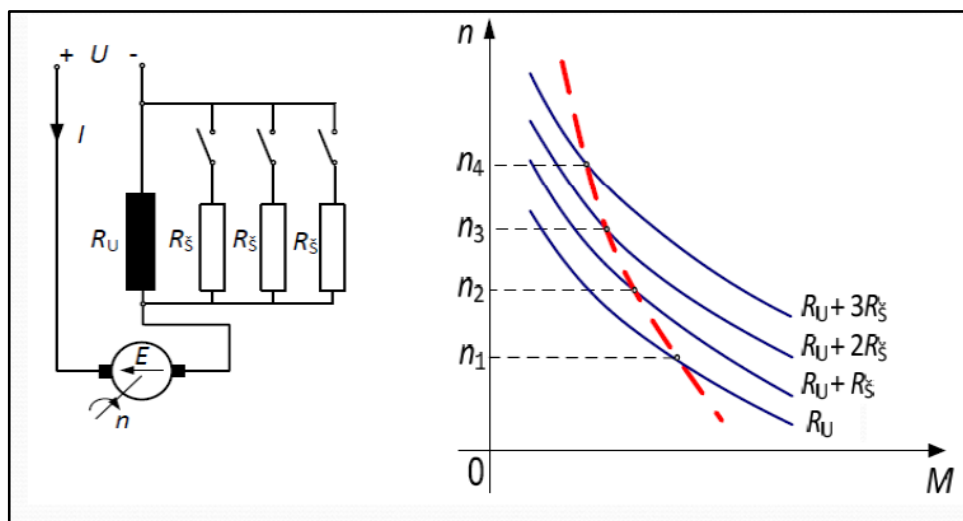
Слика 401. - Примена мотора једносмерне струје у електричној вучи



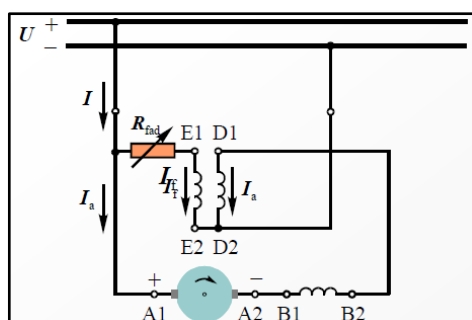
Слика 402. - Примена мотора једносмерне струје у индустрији – машина за израду папирних џакова

Питања за теоријску проверу знања

1. Од чега зависи побудна струја код мотора једносмерне струје са редном побудом?
2. Промена смера обртања мотора једносмерне струје са независном побудом врши се тако што се _____
3. На који се све начин може вршити регулацуја брзине мотора једносмерне струје?
4. На слици је дат шематски приказ регулације брзине једне врсте мотора једносмерне струје. Која врста мотора је у питању и на који начин се врши регулација брзине?



5. Шта се догађа са електромагнетним моментом мотора једносмерне струје уколико дође до пораста струје индукта при непромењеној струји побуде?
6. Брзина обртања мотора једносмерне струје се повећала. Како се мења вредност индуковане електромоторне силе у намотају индукта?
 - а. повећава се
 - б. смањује се
 - в. не мења се
7. Улога генератора једносмерне струје је да претвори _____ а мотора једносмерне струје да претвори _____
8. Нацртати шему за регулисање брзине електромотора једносмерне струје са редном побудом и карактеристику $M=f(n)$
9. Зашто се мотор једносмерне струје са редном побудом не сме пустити неоптерећен? Објаснити преко карактеристике $n=f(M)$.
10. Нацртати шему мотора једносмерне струје са независном побудом и обележити крајеве намотаја.
11. На слици је приказан _____

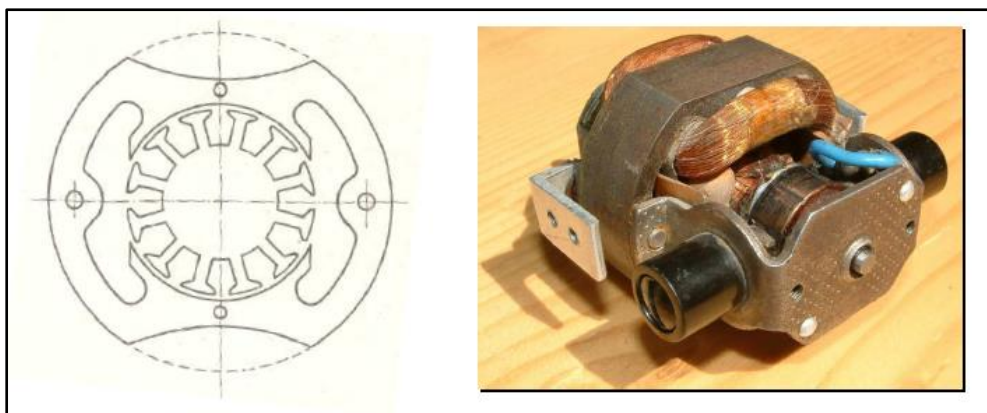


4.3.5. УНИВЕРЗАЛНИ МОТОРИ

Универзални мотор је колекторски мотор са редном побудом који се може прикључити и на једносмерни и на наизменични извор напајања.

Овде се користи чињеница да се са променом поларитета прикљученог напона (и на побудном намотају и на четкицама) не мења смер обртања мотора једносмерне струје.

Принцип рада је исти као принцип рада једносмерне машине, али у погледу конструкције се разликује од њих јер је доста простији. Комплетно магнетно коло (статора и ротора) је направљено од танких лимова.



Слика 403. - Магнетно коло и изглед универзалног мотора

Предности: малих су димензија и могу постићи висок број обртаја.

Примењују се за покретање ручних бушилаца, усисивача, млинова за кафе, миксера, вентилатора.

Израђују се за снаге до око 1 kW и за брзине обртања преко 10000 об/мин за ручне алате и друге ручне електромоторне уређаје, око 15000 об/мин и више за усисиваче и миксере, те око 30000 об/мин за млинове за кафу.

4.3.6. КОРАЧНИ МОТОРИ

Развој дигиталне технологије управљања довео је до појаве мотора којима се може непосредно дигитално управљати без посредства сложених дигитално-аналогних и аналогно-дигиталних претварача. Пошто ови мотори остварују дискретне, односно корачне механичке помераје, добили су назив корачни мотори.

Основна карактеристика корачних мотора је корачни начин окретања осовине мотора. Један обрт осовине мотора састоји се од тачно одређеног броја угловних корака који опет зависе од конструкције мотора. Под појмом корака подразумева се померај при коме се осовина мотора заокрене за један корачни угао. Корачни мотори су у суштини електромеханички претварачи енергије, који импулсну, односно корачајну електричну побуду претварају у корачни механички померај. При одговарајућој побуди број корачних помераја осовине једнак је броју побудних импулса. Сваки импулс побуде помера осовину ротора за један корак унапред и осовина заузима веома прецизне положаје који се увек могу поновити са великом тачношћу.

Данас се корачни мотори могу наћи у многим управљачким системима у индустрији. С обзиром на своје конструктивне особине: мала инерција ротора и грешка позиционирања није кумулативна, ови мотори су нарочито погодни за старт-стоп кретања где се захтева нагло убрзање и кочење са заустављањем у тачном положају.

Корачни мотори се могу поделити на више начина:

Према врсти побуде:

- према начину стварања магнетног поља:
 - а. електромагнетни,
 - б. са перманентним магнетима.
- према смештају побуде:

- а. побуда на ротору,
 - б. побуда на статору.
- према типу побуде:
- а. корачни мотори са променљивом релуктансом (релуктантни),
 - б. корачни мотори са перманентним (сталним) магнетима,
 - в. хибридни корачни мотори.

Према броју фаза – најчешће $2 \div 6$ фаза.

Према броју пари полова:

- а. корачни мотори са перманентним магнетима на ротору имају $1 \div 4$ пари полова,
- б. серијски произведени корачни мотори имају $1 \div 90$ пари полова.

Према начину кретања:

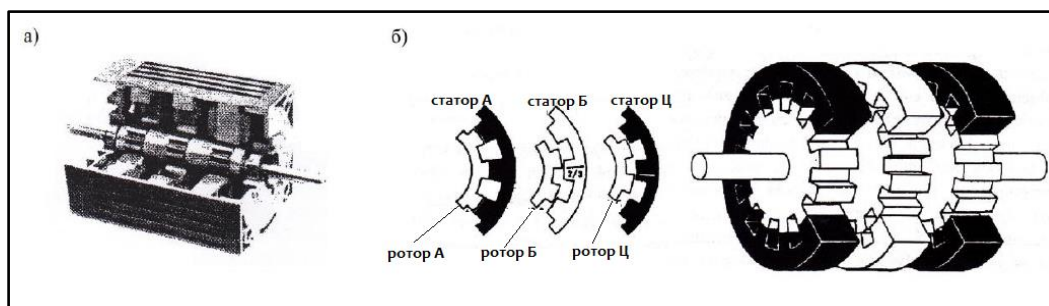
- а. ротациони,
- б. транслациони.

Према начину везивања намотаја (начину напајања):

- а. униполарни,
- б. биполарни.

Релуктантни корачни мотор је тип корачног мотора који се најчешће користи у индустрији. Постоје два основна типа овог мотора: мотор са статором из више делова и мотор са једноделним статором. Оба типа мотора могу имати радијални или аксијални ваздушни зазор између полова. Овај мотор може бити обртни или линеарни.

Релуктантни корачни мотор у принципу функционише слично електромагнету. Мотор има вишеполни ротор од меког гвожђа, а статор је формиран од пакета динамо лимова. Број зуба на ротору и статору, као и број фаза на статору одређују број корака по једном обртају. Број корака по једном обртају мотора зове се резолуција.

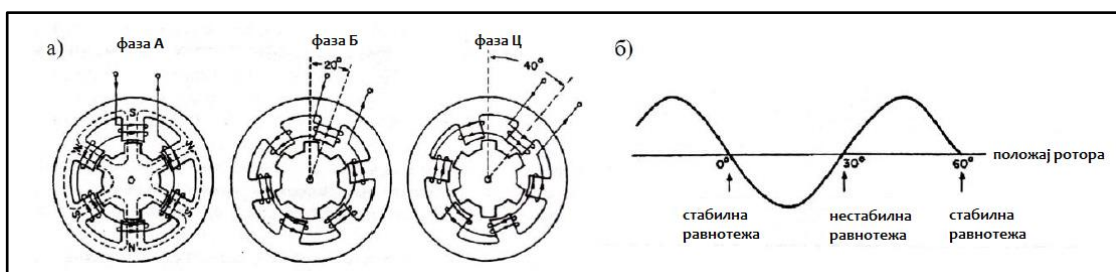


Слика 404. - а) - Релуктантни мотор са вишеделним статором и б) - статички момент за мотор са 6 шематски приказ распореда зуба

Као што се види на слици, трофазни релуктантни мотор са вишеделним статором има три независна статорска и три роторска сегмента монтирана на заједничку осовину. Статорске и роторске секције имају исти број зуба са истим угловним кораком. Статорске секције су електрично и магнетно потпуно одвојене. Роторске секције су учвршћене на заједничку осовину, али су магнетно одвојене. Статорске и роторске секције су радијално померене једна у односу на другу. Код трофазног мотора на слици, статорске секције су заокренуте за $1/3$ зуба у односу једна на другу, док су роторски зуби

у једној линији. На слици је шематски приказан распоред зуба код једног трофазног релуктантног мотора са вишеделним статором који има по 12 зуба на ротору и статору.

Да би објаснили принцип рада овог мотора, на слици испод је дат распоред зуба и статорски намотаји за један релуктантни мотор са вишеделним статором који има по шест зуба на свакој секцији статора. Роторски зуби су у једној линији, а статорски зуби су померени за по једну трећину корака или по 20° . Када се намотаји фазе А побуде једносмерном струјом, полови статора се намагнетишу и привлаче полове ротора у положај који је приказан на слици. Испрекиданим линијама је приказан пут затварања магнетног флукса, а мотор увек тежи да постави ротор у положај при коме је магнетна отпорност минимална. Магнетни отпор се зове релуктанса, па је сада јасно одакле потиче назив овог типа мотора. У овом положају ротор се налази у стању стабилне равнотеже или у положају држања фазе А. Ако се у овом положају на осовину ротора делује неким спољним моментом у циљу померања зуба ротора из стања стабилне равнотеже, у мотору се генерише контра моменат који тежи да врати ротор у стабилно стање.



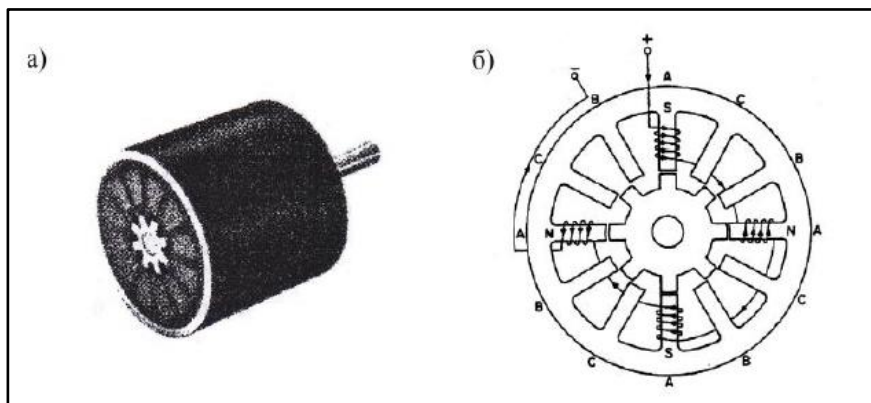
Слика 405. - а) - Намотаји и положај зуба трофазног вишеделног корачног мотора и б) статички момент за мотор са 6 зуба

Овај момент се назива статички момент, његова вредност зависи од величине угла за који су заокренути зуби побуђене фазе у односу на стабилни положај у коме се осе зуба ротора и статора поклапају. Када се спољашњи момент повећава, и угао закретања између зуба се повећава. У једном тренутку статички момент достиже максимум. После овог тренутка статички момент опада са повећањем угла закретања све док у неком положају опет не добије вредност нула. Овај положај се зове положај лабилне равнотеже. То је тренутак када су зуби ротора тачно између зуба статора. Из положаја лабилне равнотеже ротор мотора под дејством врло малог спољног момента се сам по себи враћа у неки од суседних стабилних положаја, зависно од смера дејства спољног момента. На слици је приказана типична крива статичког момента у зависности од положаја ротора када је једна фаза, рецимо фаза А, побуђена.

Међусобни однос између броја корака по обртају, односно резолуције, броја зуба по фази и броја фаза код релуктантног мотора са вишеделним статором је дат са: $N = T \cdot n$

где је: N – број корака по обртају (резолуција), T – број зуба по фази, n - број фаза. Угао корака у степенима је дат релацијом: $\alpha_k = \frac{360}{T \cdot n} \left[\frac{^\circ}{k} \right]$

Релуктантни корачни мотори са једноделним статором су много компактнији и једноставније конструкције, али се са њима могу постићи само одређене корачне резолуције. Овај тип мотора има на статору и ротору само по једну групу зуба, али је број зуба различит. Комбинацијама броја зуба на статору и ротору овим моторима могу се постићи углови корака од $1,8^\circ$ до 30° .



Слика 406. - а) - Релуктантни мотор са једноделним статором и б) - шематски изглед

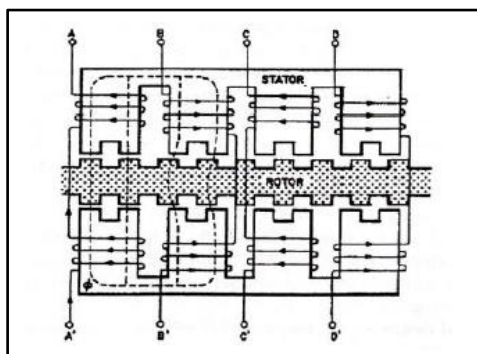
На слици је дат шематски изглед једног трофазног релуктантног мотора са једноделним статором. Као што се види, статор има 12 зуба, а ротор 8. Мотор је намотан по четворополној шеми, а на слици су приказани намотаји само једне фазе (фаза А). Када се фаза побуди једносмерном струјом, четири зуба ротора се поставе испод четири зуба фазе, као што је приказано на слици. Када се фаза В побуди, а фаза А искључи, ротор ће се заокренути у смеру казаљке сата за 15° тако да нова четири зуба ротора долазе у осу са зубима фазе В. Побуђивањем фазе С, а искључивањем фазе В мотор ће се заокренути у истом смеру за нових 15° . Према томе, принцип рада релуктантног корачног мотора са једноделним статором је, такође, заснован на томе да се зуби ротора постављају у положај минималне релуктансе са зубима побуђене фазе.

У општем случају број зуба статора и ротора код овог типа корачног мотора одређен је релацијом: $N_s = N_r \pm Z_s$

где је: N_s : број зуба статора, N_r : број зуба ротора и Z_s : број зуба статора по фази

Угао корака је дат изразом: $\alpha_k = \frac{360}{N} \left[\frac{1}{k} \right]$ где је број корака по обртају: $N = \frac{N_r \cdot N_s}{|N_s - N_r|}$

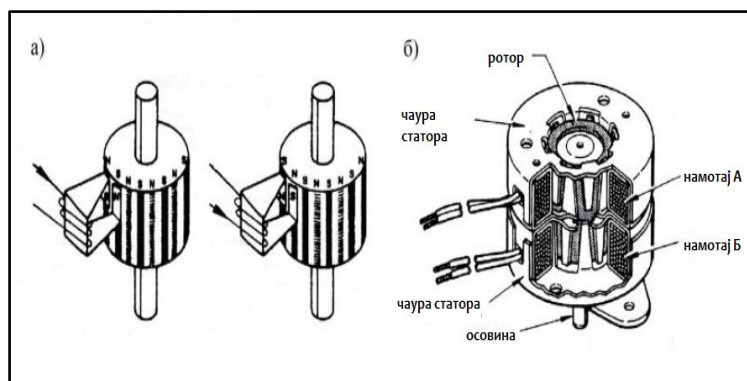
Принцип рада линеарног корачног мотора је у основи исти као и обртног, само са разликом што се сада “ротор” помера праволинијски. На слици испод је шематски приказан принцип рада четворофазног релуктантног линеарног корачног мотора. Као што се види на слици, зуби ротора су равномерно распоређени, а корак зуба статора је исти као и корак зуба ротора. Међутим, за четворофазни мотор, као на слици, размак међу статорским половима је већи од корака зуба ротора за $1/4$ корака зуба. Када се фазе статора побуђују по редоследу А-В-С-Д, али само по једна “ротор” ће се померити у десно са корацима величине од $1/4$ корака зуба.



Слика 407. - Шематски изглед четворофазног релуктантног линеарног корачног мотора

Корачни мотори са сталним магнетима се одликују једноставношћу конструкције и ниском ценом. Ово је тип мотора који се од свих корачних мотора најмасовније производи. Корачни мотори са сталним магнетима појављују се у изведбама од двофазне па до осмофазних верзија, а број полова је од 2 па до 24.

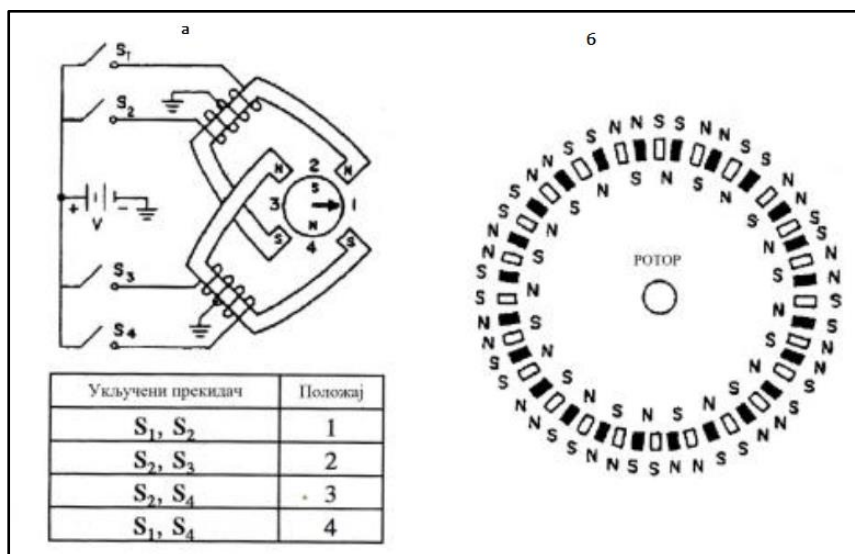
Овај тип корачног мотора нема више ротор назубљене структуре, већ ротор глатке површине који је радијално намагнетисан. На слици испод шематски је приказан ротор који је радијално намагнетисан. Као што је речено, статор се састоји из две или четири одвојене секције са бифиларним намотајима. На слици је приказан корачни мотор овог типа са статором из два дела. Пошто свака статорска секција може имати и бифиларни намотај овакви мотори се појављују и под називом као четворофазни мотори. Међутим, најчешће према броју секција статора усваја се и назив броја фаза (две статорске секције = двофазни мотор). На слици испод цела једна половина статора приказана је само једним зубом ради прегледности слике и лакшег приказа принципа функционисања. На левој половини слике струја тече у смеру који доводи роторске S полове наспрам N полова статора. Промена смера струје мења поларизацију зуба статора, а то доводи до померања ротора јер сада наспрам S пола статора треба да се постави N пол ротора.



Слика 408. - а) Шематски приказ два стабилна стања ротора зависно од смера струје фазе и б) пресек корачног мотора са сталним магнетима и дводелним статором

На слици испод је шематски приказан једноставан корачни мотор са сталним магнетом који има две статорске секције и ротор са два пола. Када се статорски намотаји побуђују према редоследу који је приказан на слици, ротор ће се окретати супротно казаљци сата са корачним углом од 90° . Начин побуђивања намотаја према слици 4в) познат је под називом једнополни погон. Поред једнополног погона постоји и двополни погон.

Детаљнији приказ рада двофазних корачних мотора са сталним магнетима биће дат уз помоћ шеме на слици. Ова слика шематски приказује један двофазни (са две статорске секције) корачни мотор чији ротор има 24 пола. Свака статорска секција има по 24 зуба равномерно распоређена по периферији статора. Зуби статорских секција су међусобно померени за половину корака зуба једне секције. На слици статорски зуби једне секције су обележени као бели, а друге секције као црни. Намотаји статорских секција су тако изведени да су суседни зуби сваке секције супротно поларисани. Када се статорски намотаји побуђују један за другим (бифиларни намотаји једнополно или једноструки намотаји двополно), распоред статорских полова по шеми NNSSNNSS... ће се сваки пут померати за по један пол у смеру или контра од казаљки сата, зависно од редоследа побуђивања намотаја. Ротор ће се сваки пут заокретати за један корак статорског зуба, а то је у овом случају $7,5^\circ$.

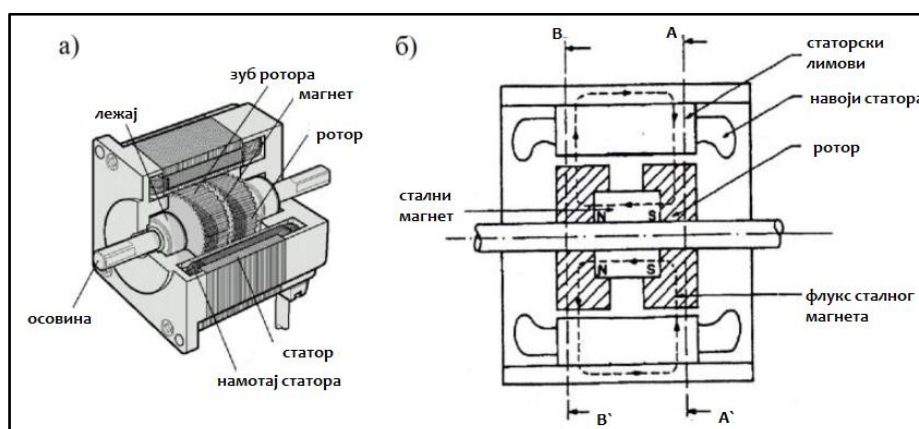


Слика 409. - а) Шематски приказ корачног мотора са сталним магнетима и б) шематски приказ корачног мотора са сталним магнетима са дводелним статором и ротором са 24 пола

Ова врста мотора може радити у режиму једне или две укључене фазе, односно у њиховој секвенцијалној комбинацији, чиме се постиже пуно, односно полукорачно померање ротора. Мотори овог типа најчешће се праве са пуним корацима величине $7,5^\circ$ до 15° .

Одређивање угла корака код овог типа мотора може се одредити на основу релације: $\alpha_k = \frac{360}{N_s} [^\circ]$, где је N_s укупан број зуба свих статорских секција.

Принцип рада хибридних мотора је у ствари комбинација принципа рада релуктантног и корачног мотора са сталним магнетима. Са назубљеним статором на коме се налазе побудни намотаји и назубљеним ротором у који је уграђен стални магнет, овај мотор уједињује добра својства релуктантног и корачног мотора са сталним магнетима. Због своје веће ефикасности и других предности, хибридни корачни мотори заједно са релуктантним моторима су најчешће коришћени мотори у индустрији. Најпопуларнији корачни угао је $1,8^\circ$, или 200 корака по обртају.



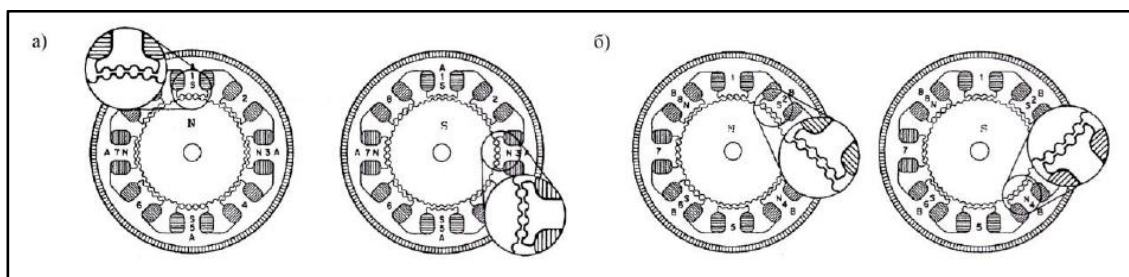
Слика 410. - а) Хибридни корачни мотор и б) аксијални пресек хибридног корачног мотора

Стални магнет израђен је у облику цилиндра и аксијално је уграђен у ротор, а у његовом продужетку са једне и друге стране смештени су полни наставци од лимених пакета који су равномерно назубљени. Начин рада овог типа мотора приказаћемо на примеру осмополног двофазног мотора чији попречни пресек секција А и В је дат на слици испод. Као што се види на слици, обе роторске секције имају по 50 зуба, а статор на сваком полу по 5, односно 40 зуба. Роторске секције су међусобно заокренуте за 1/2 корака.

Зуби на статорским половима и зуби ротора имају исти угао корака. За добар рад мотора корак полова и корак зуба морају бити везани релацијом: $korak\ pola = \left(m \pm \frac{1}{z}\right) \cdot korak\ zub$

где је m: позитиван цео број а z: број пуних корака по једном углу зуба.

Овај тип мотора у принципу може имати 2 типа намотаја на половима статора. Један тип се зове једноструки намотај, а други тип се зове двоструки или бифиларни намотај.



Слика 411. - Попречни пресек осмополног хибридног мотора а) фаза А побуђена позитивном струјом и б) фаза В побуђена позитивном струјом

Полови статора намотани су двофазно. Према ознакама на слици полови 1, 3, 5 и 7 формирају фазу А, а полови 2, 4, 6 и 8 формирају фазу В. Полови једне фазе су тако намотани да сваки суседни пол исте фазе има супротан поларитет. Пошто су сви полови намаотани бифиларно, побуђивањем супротно намотаних навоја поларизација полова се мења.

Улога магнетног флуksа навоја је да се у одређеним деловима мотора појачава, а у другим пригушује резултујући магнетни флуks. На слици 411 а) је приказано стање када се флуks сталног магнета на секцији код N пола ротора сабира на половима 1 и 5, а одузима на половима 3 и 7. На секцији код S пола ротора у исто време се флуks сталног магнета сабира на половима 3 и 7, а одузима на половима 1 и 5. На овај начин се поравњавају зуби ротора са зубима полова 1 и 5 секције код N пола и са зубима полова 3 и 7 секције око S пола ротора. Ако се сада искључи фаза А, а фаза В се побуди позитивном струјом статорски полови 2 и 6 добиће S, а полови 4 и 8 N поларизацију, слика 411. б.

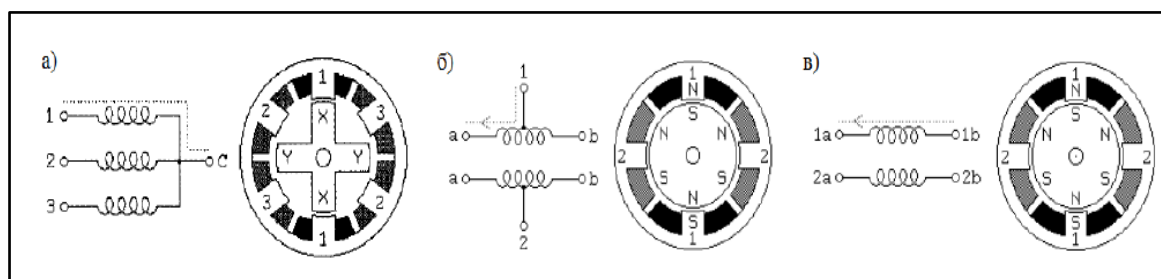
Ово ће довести ротор у нови положај када су његови зуби поравнати са зубима полова 2 и 6 на секцији код N пола ротора и са зубима полова 4 и 8 на секцији код S полова ротора. Да би ротор дошао у овај положај, треба да се обрне за 1/4 корака зуба. Да би се мотор довео у следећи положај, треба искључити фазу В, а фазу А побудити негативном струјом. Даље померање за 1/4 корака зуба оствариће се искључивањем фазе А, а побуђивањем фазе В негативном струјом, дакле побудна секвенца је облика А+ В+ А- В- А+...

Хибридни корачни мотор је, такође, познат и као синхрони индукциони мотор. Наиме, када се хибридни корачни мотор прикључи на двофазну синусоидалну побуду, он ће радити као синхрони мотор. Брзина мотора дата је релацијом: $n_s = \frac{60 \cdot f}{N_r}$ где је n_s : синхрона брзина изражена у об/мин, f : фреквенција побуде изражена у Hz и N_r : број роторских зуба.

И код овог мотора број зуба N_r ротора зависи од жељене величине корака, а угао између зуба ротора T_r (зубни угао) израчунава се из релације: $T_r = \frac{360}{N_r}$

Један зубни угао ротор пређе у онолико корака колико износи двоструки број фаза, па се угао корака рачуна из релације: $\alpha_k = \frac{360}{2 \cdot n \cdot N_r} = \frac{T_r}{2 \cdot n}$

Ако мотор има три намотаја, типично повезаних као на слици испод са једном тачком заједничком за све намотаје, то је углавном, корачни мотор са променљивом релуктансом, тј. релуктантни корачни мотор. У употреби, заједнички крај намотаја спаја се на позитиван крај напајања и намотаји се побуђују по редоследу.



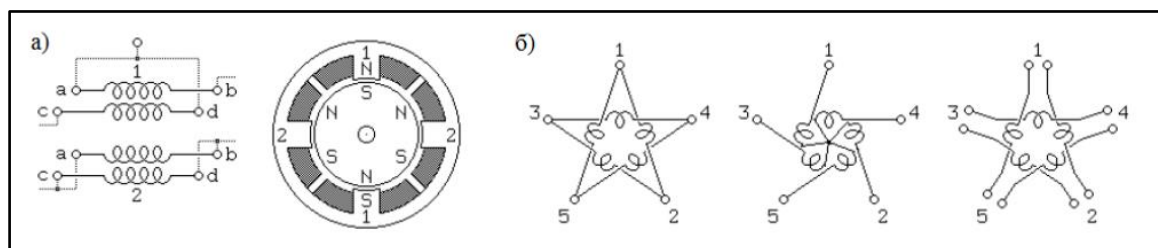
Слика 412. - а) релуктантни, б) униполарни и в) биполарни корачни мотор

Униполарни корачни мотори, како са сталним магнетом тако и хибридни мотори са пет или шест извода су обично повезани као на слици, са централним изводом на сваком од два намотаја.

Биполарни корачни мотори, Слика 412. в, са сталним магнетом или хибридни корачни мотори су конструисани са истим механизмом као и униполарни мотори, али оба намотаја су једноставније повезана, без централног извода.

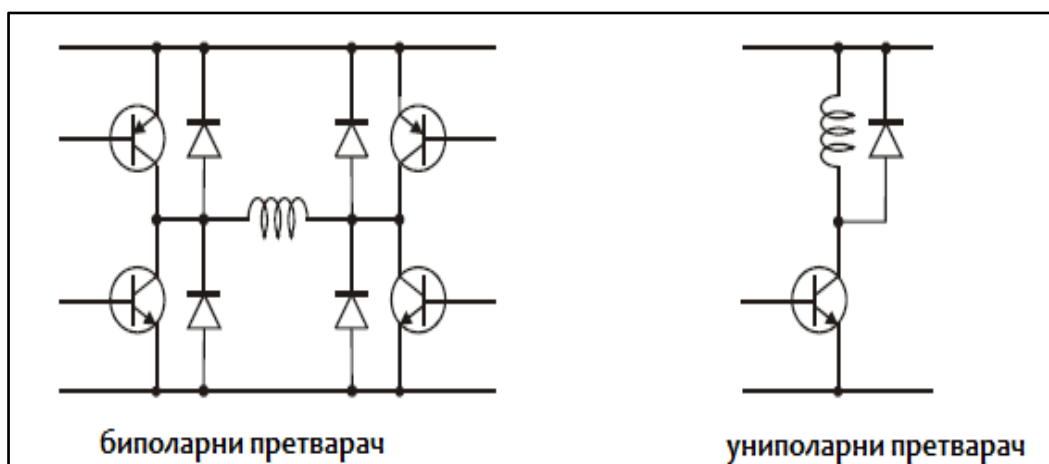
Бифиларни намотаји на корачном мотору су геометријски подешени на статору и ротору исто као на биполарном мотору, али уместо четири, мотор има осам проводника. У пракси, мотори са бифиларним намотајима се увек напајају или као униполарни или као биполарни. Да би употребили бифиларни мотор као униполарни мотор, два проводника сваког намотаја је потребно везати серијски, а тачку везивања користити као централни извод. Намотај 1 на слици испод је спојен на овај начин. Да би бифиларни мотор користили као биполарни мотор, два проводника сваког намотаја треба спојити или серијски или паралелно. Намотај 2 на слици испод је приказан са паралелном везом.

Мање позната класа корачних мотора са сталним магнетом или хибридних корачних мотора су вишефазни мотори. Сви намотаји су везани серијски у круг, са једним изводом између сваког пара намотаја. Најчешће коришћени типови ових мотора су трофазни и петофазни.

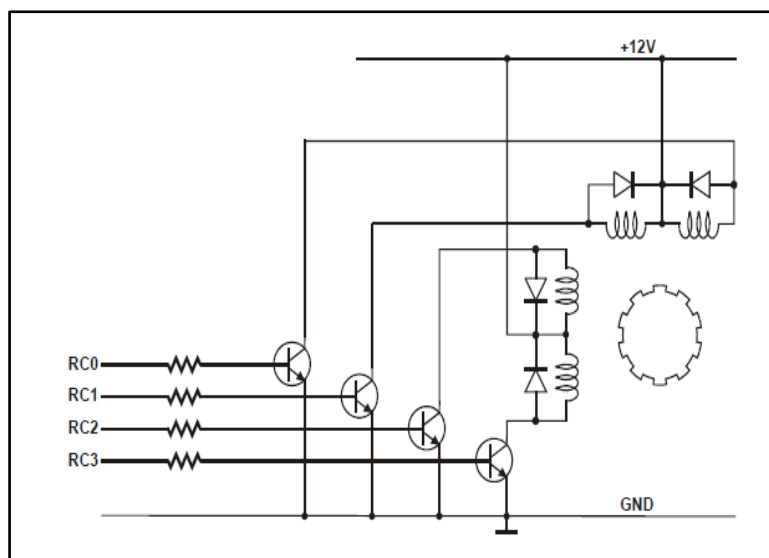


Слика 413. - а) бифиларни намотај, б) вишефазни намотај

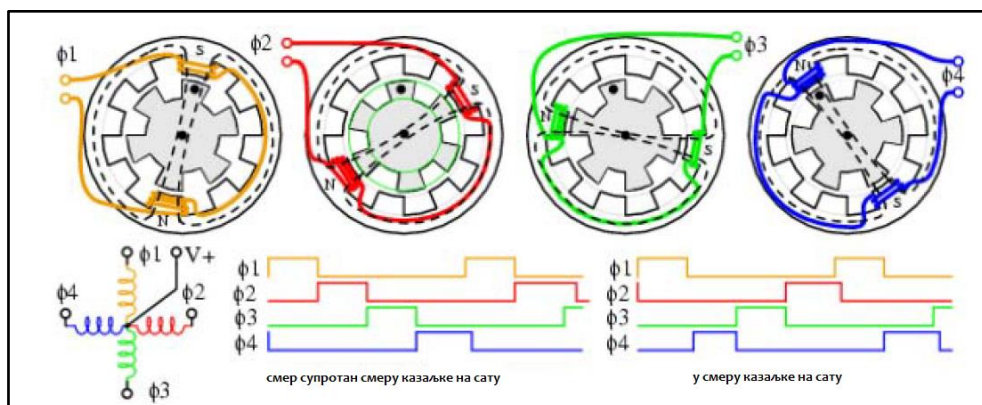
Карактеристике момента, брзине и убрзања зависе од карактеристика контролних кола. Контролна кола (електроника) су постала компликована, али као последица тога побољшале су се карактеристике корачних мотора, нарочито при већим брзинама. У исто време, ова кола су постала доминантан инвестициони трошак код корачних мотора, често превазилазећи трошкове самог мотора. За релуктантне корачне моторе и униполарне корачне моторе са сталним магнетима потребна су основна управљачка кола, док за контролу биполарних корачних мотора са сталним магнетом потребна су Х - мост кола.



Слика 414. - Електронска кола за управљање радом корачних мотора



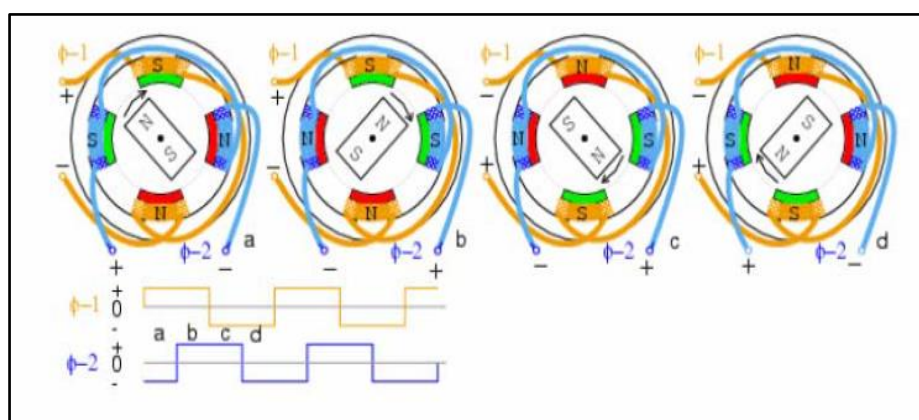
Слика 415. - Претварач за четворофазни униполарни корачни мотор



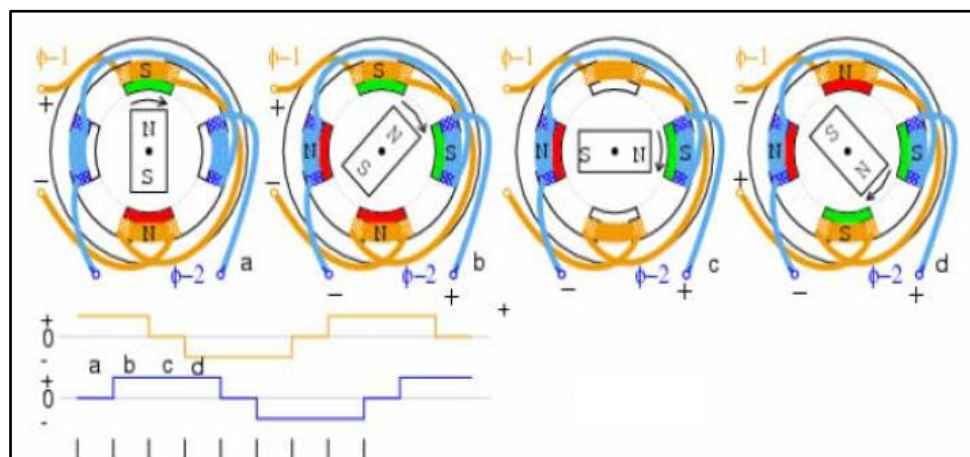
Слика 416. - Покретање релуктантних корачних мотора наизменичним укључивањем намотаја

Корачни мотори могу радити у три режима:

- режим пуног корака,
- режим полукорача,
- микрокорачни режим рада.



Слика 417. - Покретање корачних мотора са сталним магнетом – пун корак



Слика 418. - Покретање корачних мотора са сталним магнетом – полукора

У основи, при конструисању или избору корачних мотора за одређене намене, морају се узети у разматрање механички, електрични и динамички параметри и њихов утицај на карактеристике корачних мотора.

Механички параметри: инерција ротора, угао корака, лежајеви.

Електрични параметри: намотаји, изолација, номинална струја, дозвољена струја, отпорност намотаја, индуктивност намотаја.

Динамички параметри: тачност корака, апсолутна тачност, хистерезис, статички момент, задржни момент, старт - стоп момент, гранични момент, време смирења, контра електромоторна сила.

Предности корачних мотора су:

- може радити без повратне везе и нема проблема са стабилношћу,
- грешка позиционирања није кумулативна,
- погони су за управљање дигиталним компјутерима,
- механички једноставни и не захтевају одржавање,
- нема проблема са хлађењем,
- мале димензије и дуготрајност.

Мане корачних мотора су:

- фиксна вредност корачног угла или дискретног померања,
- мала ефикасност са једноставним погонским уређајима,
- појава осцилаторног одзива,
- ограничене могућности при покретању већих оптерећења,
- велика разноврсност управљачких поступака,
- ограничена величина снаге и димензија.

У основи корачни мотори се могу користити на следеће начине и то као: једносмерни мотори са електронском комутацијом, синхрони мотори, дигитално управљани мотори, серво мотори без повратне везе, инкрементални мотори, мотори са променљивом фреквенцијом и брзином, дигитално-аналогни конвертори, бројачи импулса.

Осим тога користе се још и за/у:

Штампаче, уређајима за погон меморијских дискова, биротехници, електричне писаће машине, фотокопирне машине, X-Y плотере, телепринтере, телефакс, бушилицама, брусилцама, обртним столовима, уређајима за позиционирање, ерозиматима, граверским уређајима, машиноградњи, уређајима за дозирање и одмеравање, индустријским шиваћим машинама, шиваћим машинама за домаћинство, хидрауличним уређајима као пилот мотори, машинама за намотавање, текстилним машинама, штампарским машинама, машинама за паковање, медицинским апаратима, оптичким апаратима, бројачима, сатним уређајима, тахографима, тахометрима, роботици...

4.3.7. СЕРВО МОТОРИ

Сервомотор је електромотор који према примљеном управљачком сигналу заузима одређени закретни положај (ротацијски сервомотор) или место на некој путањи (линеарни сервомотор), односно развија одговарајући момент или силу. Покретањем и заустављањем сервомотора управља се регулацијским кругом, који примљени управљачки сигнал мање снаге (ел., механички, пнеуматски, хидраулични) претвара у помаке, најчешће с већом извршном механичком снагом. Између регулацијскога дела и

сервомотора обично се уграђује мерни уређај, који утврђује тачан положај (угао, помак) извршнога дела сервомотора, те измерени положај по потреби поправља.

Сервомотори се примењују самостално или као делови → сервомеханизама у алатним машинама, машинама за паковање, индустријским роботима, код управљања летилицама, пловилама и др. Обично служи и за пригушивање спољашњих поремећаја при управљању (променљивог оптерећења радног механизма, удара ветра, водених таласа и др.). Може бити механички, електрични, магнетски, пнеуматски или хидраулички, а неретко се састоји од сервомотора и делова радног механизма. Електрични или хидраулички сервомеханизам ради се нпр. код путничких возила као сервопојачавач, којим се на притисак папучице или окрет управљача развија потребна сила за кочење (сервокочница) или управљање возилом (сервоуправљач). Мотори се производе у затвореном кућишту у којем се налазе сви склопови потребни за рад мотора.

Сервомотор састоји се од DC мотора, потенциометра и контролне плочице. Како се мотор окреће, отпор на потенциометру се мења. На тај начин контролна плочица може прецизно регулисати окрет, брзину, убрзање и смер окрета.



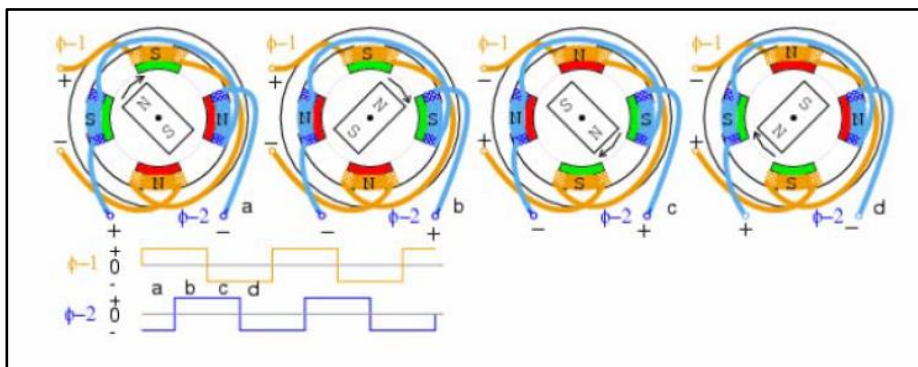
Слика 419. - Серво мотор са отвореним кућиштем

Серво моторе контролишемо слањем PWM сигнала преко контролне жице.

Важно је напоменути да број импулса који се шаље мотору није битан за његово закретање, битна је само ширина импулса којом задајемо угао закретања мотора. У пракси се управљачки импулси на серво мотор циклички понављају, јер на мотор делују моменти који могу закренути осовину из заданог положаја, па је стога пожељно понављати импулсе.

Питања за теоријску проверу знања

1. Које су добре особине универзалних комутаторних мотора?
2. У коју свхру се користе универзални комутаторни мотори?
3. Који режим рада корачног мотора је приказан на слици?



4. Које особине одговарају корачном мотору? Заокружити тачне одговоре.
- контрола мора да се врши рачунаром
 - ради са апсолутно сталном брзином обртања
 - мотор садржи комутатор
 - мотор не може сам да се покрене
 - мотор постоји са редном, паралелном, независном и сложенom побудом
 - претвара дигиталне улазне сигнале у аналогно кретање
5. Које су предности корачних мотора?
6. Које су мане корачних мотора?
7. Која је улога серво мотора?

4.4. ОСНОВЕ СИСТЕМА АУТОМАТСКОГ УПРАВЉАЊА

Да би се производни процес могао одвијати по раније утврђеном току, неопходно је вршити **управљање**, скуп радњи којима се обезбеђује одређени ток радног процеса у условима поремећаја.

Регулација представља одржавање неке физичке величине на жељеној вредности. Принцип рада система аутоматског управљања (**САУ**) и система аутоматске регулације (**САР**) се битно не разликују, па се користи иста теорија и исти основни појмови за анализу и једног и другог. **Аутоматско управљање** подразумева управљање објектом управљања без непосредног човековог деловања. **Објекат управљања** представља технолошко постројење, његов део или технички уређај у коме треба да се одржава номинални режим рада. Објекат управљања заједно са уређајем за аутоматско управљање чине једну целину, тј. систем аутоматског управљања (**САУ**). **Разлика** између система аутоматског управљања (**САУ**) и система аутоматске регулације (**САР**) је у томе што систем аутоматске регулације представља систем аутоматског управљања са затвореним регулационим кругом, односно затворени систем аутоматског управљања (**ЗСАУ**).

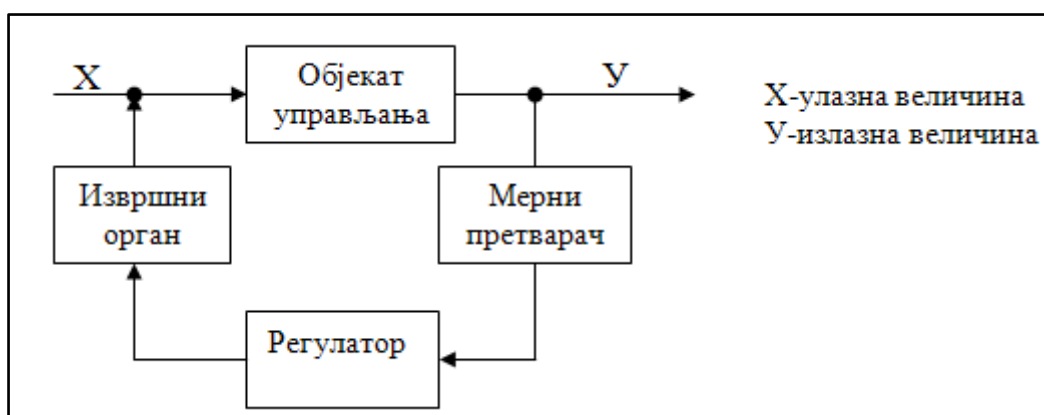
У зависности од тога у којој мери је човеков умни рад замењен радом машина и уређаја, постоје **три степена аутоматизације**:

- делимична аутоматизација - представља аутоматизацију у којој је само део информацијских операција процеса поверен систему за вођење;
- аутоматизација компензацијом поремећаја или вођење унапред – такав систем се састоји од објекта управљања, јединице за вођење и извршног уређаја. У

овом случају не постоји информација о стварном стању регулисане величине, па може доћи до већих одступања;

- потпуна аутоматизација – све информацијске операције, битне за нормалан ток процеса преносе се и обрађују помоћу система за вођење, који врши контролу стања одабране излазне величине процеса и одржава њену задату вредност, па води читав процес. Овде је битан елеменат система за вођење процеса **регулатор**, који прима информацију о излазној величини и шаље одговарајући сигнал вођења погонском уређају, који даље покреће извршни уређај у циљу довођења регулисане величине на жељену вредност. При оваквом процесу аутоматског управљања про-изводни систем и систем за вођење међусобно су спојени у круг, тзв. **регулациони круг**, а такво вођење процеса назива се **регулација**. Основна карактеристика регулационих кругова јесте стабилизација излазне величине на жељену вредност.

Сви елементи једног регулационог круга могу се представити уз помоћ структурне или блок-шеме, са назначеним карактеристичним местима и величинама на улазима и излазима појединих делова, као и са њиховим смеровима деловања. С обзиром да су често у пракси поједини елементи спојени у један склоп (мерни давач и мерни претварач, компаратор и регулатор, погонски уређај и извршни уређај), у том случају може да се сачини упрошћена блок-шема:



Слика 420. - Блок шема САУ

Претварачи су уређаји који претварају енергију из једног облика у други. **Мерни претварачи** су они претварачи који прво мере неку физичку величину, а након тога је претварају у другу, погоднију за даље функционисање система.

У зависности од карактера физичке величине коју претварач мери и претвара, **мерни претварачи се деле** на претвараче механичких, топлотних, оптичких или неких других величина, који се даље деле на подгрупе. Према принципу рада мерни претварачи се деле на отпорничке, капацитивне, индуктивне, електромагнетне, пиезоелектричне, механичке, хидрауличне, пнеуматске итд. Према излазној величини мерни претварачи се деле на: електричне и механичке. Електрични мерни претварачи на улазу користе било коју енергију, коју на основу електричних ефеката претварају у неку електричну величину на излазу. Механички мерни претварачи за свој рад користе механичке ефекте.

Мерни претварачи се често називају и другим именима: сензор, детектор, давач, трансмитер итд.

Карактеристике које описују рад и квалитет мерног претварача су: мерно подручје, мерни опсег, мерни сигнал, статичка карактеристика, линеарност, коефицијент преноса и осетљивост.

Мерно подручје представља вредности (највећу и најмању) мерне величине у коме се неки претварач може користити.

Мерни опсег представља разлику вредности мерних величина на горњој и доњој граници мерног подручја.

Мерни сигнал представља излаз мерног претварача и аналоган је променама мерне величине. У новије време све више се користе претварачи са дискретним мерним сигналом, који вредност мерне величине дају нумерички, тј. дигитални претварачи. Подручје мерних сигнала дефинисано је стандардима.

Статичка карактеристика представља зависност излазне величине од промене улазне величине, тј. $Y = f(x)$.

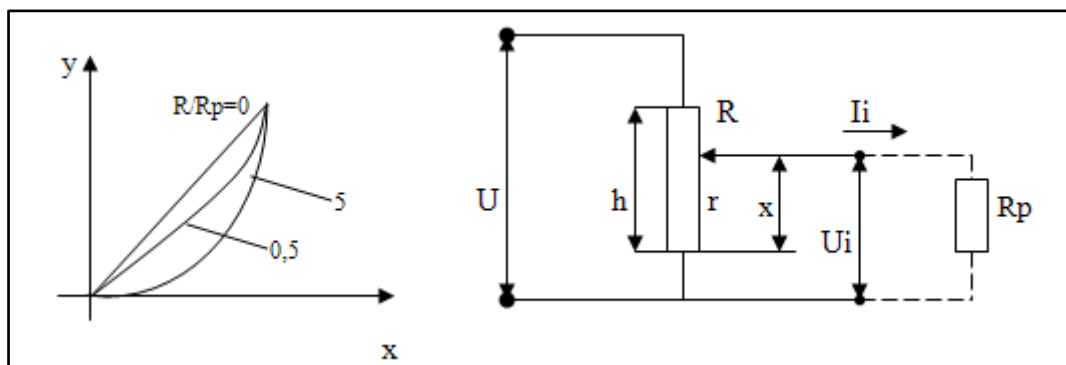
Линеарност претварача дефинише се као степен одступања улазно-излазне карактеристике од линеарне зависности и изражава се у процентима за најнеповољнији случај.

Коефицијент преноса претварача одређује се стрмином статичке карактеристике: $S = y/x$ и назива се **осетљивост** претварача. Претварач је осетљивији уколико је стрмина већа. Идеална статичка карактеристика има облик $Y = kX$, а стварна $Y_s = kX + \varepsilon$, где је ε – укупна **грешка** претварача. Грешка мерног претварача одређена је алгебарском разликом измерене и идеалне вредности мерене величине. Стварна статичка карактеристика одређује се експериментално, а сам поступак се назива баждарење. Из статичких карактеристика добијених баждарењем могу се одредити и други показатељи значајни за рад претварача.

У мерне претвараче сврставамо: претвараче помераја, притиска, температуре, протока, брзине обртања, претвараче напона, струје и учестаности, као и претвараче електричне снаге.

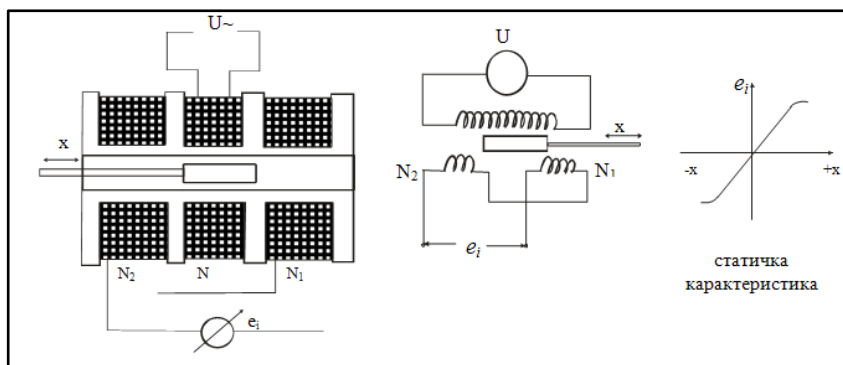
Претварачи помераја претварају механички померај у електрични сигнал, а најчешће се користе потенциометарски и трансформаторски.

Потенциометарски претварач представља претварач са промењивом отпорношћу, где улазну величину одређује померај клизача по отпорнику, а као излазну величину добијамо промењиву отпорност електричног кола. Покретни клизач је механички спојен са објектом, креће се кружно или праволинијски, а статичка карактеристика се изражава зависношћу излазног напона U_i од помераја клизача x , тј. $U_i = f(x)$



Слика 4.4.2: Потенциометарски претварач помераја

Трансформаторски претварачи помераја имају широку и разноврсну примену. Секундарни намотај се састоји из две секције, међусобно везане у противфазни спој због чега је укупна електромоторна сила у секундару једнака разлици индукованих електромоторних сила у њима, тј. $e_i = e_1 - e_2$. Покретање језгра у једном или другом смеру доводи до магнетне несиметрије и до промене вредности електромоторних сила e_1 и e_2 . Статичка карактеристика је у већем делу мерног подручја линеарна, а нелинеарност зависи од квалитета израде, односно произвођача. Примењује се за мерење протока, притиска, масе и за пренос сигнала на даљину.

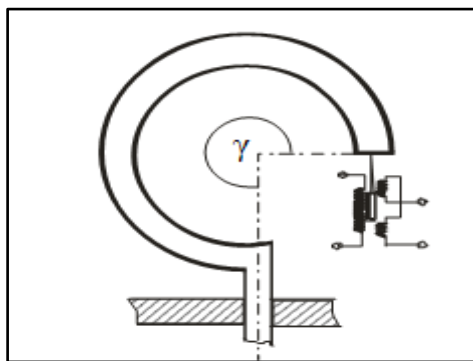


Слика 421. - Трансформаторски претварач помераја

Ови претварачи представљају инструменте који се најчешће користе за мерење притиска у индустријским процесима, метеорологији итд. Често се називају и манометри, а према принципу рада могу се поделити на:

- **течне** – код којих је мерени притисак у равнотежи са притиском стуба течности,
- **деформационе (опружне)** – где се притисак одређује према деформацији опруге и њоме развијене силе,
- **тежинске** – код којих се мерени притисак уравнотежава притиском тежине клипа и тегова и
- **електричне** – чији се принцип рада заснива на зависности електричних параметара претварача од мереног притиска.

Најчешће се користе деформациони манометри, који имају опружну цев у облику завојка савијену у круг за угао од 270° . Цев манометра при порасту притиска тежи да се исправи, па се тај угао смањује, а померање краја цеви се користи као мера за одређивање притиска, преко казаљке инструмента. Осим овог начина, деформациони манометри могу да користе и неке друге начине за одређивање и регулацију притиска.



Слика 422. - Деформациони претварач притиска

Претвараачи температуре најчешће се користе за мерење температуре, јер претварају топлотну енергију у неки други облик енергије, којом ће се исказати информација о степену загрејаности тела. Најчешће се користе следеће врсте термометара:

- **течни термометри** - чији се рад базира на разлици топлотног ширења течности и посуде у којој се течност налази и примењују се за температуре од -120 до $+320^{\circ}\text{C}$,
- **манометарски термометри** - који користе особину да температура тела зависи од његовог притиска, а употребљавају се за температуре од -160°C до $+600^{\circ}\text{C}$,
- **термоелектрични термометри** - користе зависност термоелектромоторне силе термоспрега од температуре и њима се мере температуре од -200°C до $+1600^{\circ}\text{C}$ и
- **отпорнички термометри** - рад им се заснива на промени електричног отпора при промени температуре и мере температуре од -268°C до 1064°C .

Постоје још и пирометри, чији се принцип рада заснивају на промени топлотног зрачења у зависности од загрејаности тела и мере високе температуре. За мерење температуре стакленим термометрима, који користе разлику коефицијената топлотног ширења термометарског радног тела и облоге, као радно тело користе се: жива, алкохол, керозин итд. Још се користе полупроводни термометри, тј. термистори, код којих се повећањем температуре електрична отпорност нагло смањује, тј. користе се отпорни материјали са негативним температурним коефицијентом. Примењују се за сигнализацију у технолошким процесима за температуре од -100°C до $+180^{\circ}\text{C}$.

Мерење тренутног протока изводи се на више начина:

- према промењивом паду притиска струје флуида на мерној пригушници,
- према сталном паду притиска на покретном отпору струје флуида,
- према електромоторној сили која се индукује у електропроводној течности која пролази кроз магнетно поље и
- према учестаности обртања ротора постављеног у струју флуида.

Бројила протока флуида користе два принципа:

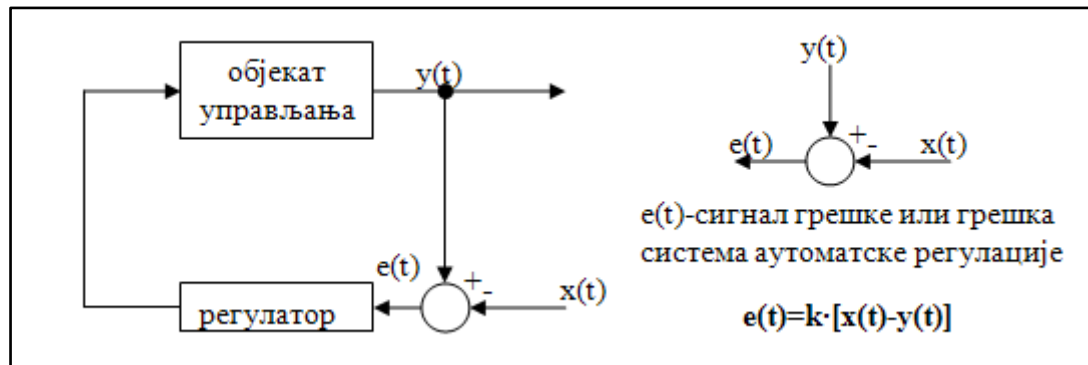
- тахометријски, чији је принцип рада сличан раду тахометријског претвараача и нема уређај за читавање тренутног протока и
- запремински, који одређује количину радног флуида према броју једнако измерених запремина.

Сваки од наведених мерача протока и бројила има ограничења у погледу услова мерења и не могу се примењивати у свим случајевима.

Претвараачи брзине обртања су претвараачи који обртање ротора претварају у неку другу величину и начин кретања, какав је нпр. тахогенератор, који ствара електромоторну силу пропорционалну угаоној брзини ротора. Постоје тахогенератори једносмерне и наизменичне струје. Тахогенератор једносмерне струје има облик малог генератора једносмерне струје, а на излазу овог тахогенератора, на сваких 1000 o/min , добија се једносмерни напон $10 - 20 \text{ V}$, уз линеарну карактеристику. Наизменични тахогенератори се изводе као синхрони и асинхрони тахогенератори, на чијем крају долази до стварања наизменичне електромоторне силе.

Рад система за аутоматску регулацију базира се на поређењу стварне вредности регулисане величине са одговарајућом задатом вредношћу и довођењу те разлике на нулу, при чему уређаји за регулацију могу упоређивати само сигнале исте величине.

Изразни сигнал може бити исте или сличне природе улазном сигналу. Блок-шема САР и најчешћи симбол дати су на слици испод.



Слика 423. - Детектор сигнала грешке

Детектори сигнала грешке (компаратори, дискриминатори) могу бити различити, а у зависности од физичке природе улазних и излазних сигнала деле се на механичке, пнеуматске, хидрауличне и електричне. Најчешће се користе детектори помераја и брзине.

За детектовање промене напонских и струјних сигнала могу да се користе потенциометри, Витстонов мост, мали генератори једносмерне струје са независном побудом, операциони појачаваач итд.

Као детектори помераја користе се потенциометарски мост, диференцијални индуктивни претвараачи помераја са покретним језгром и са покретном котвом, диференцијални трансформаторски претвараач помераја, као и електромашински претвараачи помераја, од којих се најчешће примењује селсин. То су синхроне машине са три статорска намотаја везана у звезду и ротором у облику електромагнета. Ротор се напаја наизменичном струјом, која ствара флуks, а који у намотајима статора индукује ЕМС исте учестаности као напон којим се напаја роторски намотај. Величина ЕМС у појединим намотајима условљена је угаоним положајем ротора у односу на одређени намотај. За референтну осу може се узети било која оса која заклапа угао од 180° са било којим од три статорска намотаја. За пренос угаоног положаја на даљину користи се трансформаторска спрега два селсина, која се састоји од предајног и пријемног селсина, а за аутоматски пренос угла на даљину користи се индикаторска веза селсина. То је спрега предајног и пратећег селсина која омогућава да се на један предајни селсин веже више пријемних селсина.

Као механички детектори сигнала грешке користе се полуга за поређење помераја или сила, механички диференцијал за детекцију збира или разлике угаоних помераја итд.

За детекцију временског кашњења у последње време се често користи дигитални тајмер, који се састоји од бистабилног мултивибратора (флип - флоп), логичког „I” - кола и дигиталног бројача. Као детектор учестаности користи се склоп састављен од сатног генератора временског интервала, логичког „I” - кола и дигиталног бројача.

Регулатор је уређај помоћу кога се остварује процес аутоматске регулације у складу са алгоритмом процеса регулације. Основни задатак регулатора јесте формирање алгоритма којим се одржава потребно стање регулисаног процеса, које може бити непромењиво у времену и промењиво у зависности од промене улазне величине система. У првом случају регулатор одржава процес, а у другом предводи процес.

Своју функцију регулатор остварује тако што прво мери одступање регулисане величине од задате, а потом генерише управљачки сигнал на излазу помоћу кога коригује

одступање. На улаз регулатора делују две величине: регулисана величина објекта и задата вредност.

„P” регулатор

Пропорционални „P” регулатор реагује брзо, али у многим случајевима не отклања трајно одступање регулисане величине. Регулисана величина увек има неко заостало одступање, па се ови регулатори употребљавају тамо где се не захтева велика тачност. Преносна функција регулатора добија се применом Лапласове трансформације на израз за тренутну вредност излаза .

Примењују се за :

- подешавање импедансе извора сигнала $K_p = 1$,
- поређење два сигнала различитих нивоа,
- множење константом $K_p > 1$.

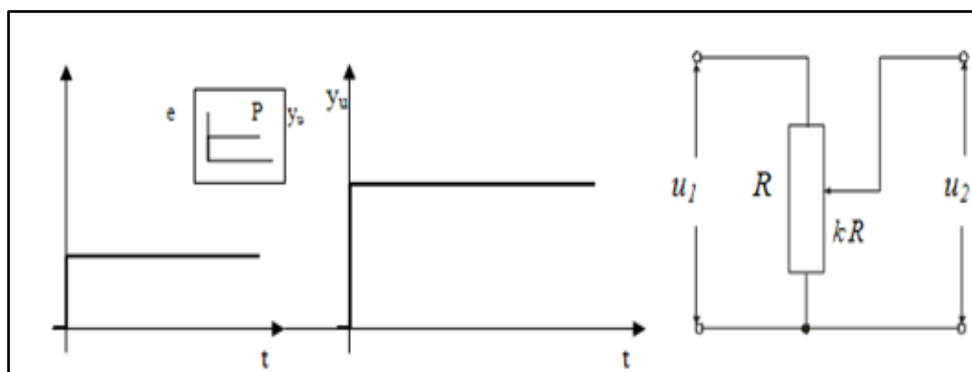
Регулатор може обављати истовремено једну или све три наведене функције. Овакав регулатор користи се у случајевима када је излазна импеданса извора превисока, па се мора смањити ради даље обраде сигнала. Регулатор наведене функције је познат као растеретни појачавач. Множење константом има за циљ подешавање фактора сразмере, што је чест случај при поређењу два сигнала различитих нивоа.

Пропорционално (P) деловање регулатора карактерисано је пропорционалном зависношћу излазне $y_u(t)$ од улазне $e(t)$ величине, што се може изразити формулом:

$$y_u(t) = k_p \cdot e(t)$$

где је k_p - коефицијент пропорционалности или појачањ

Карактеристика „P” - регулатора представљена је на следећем дијаграму:

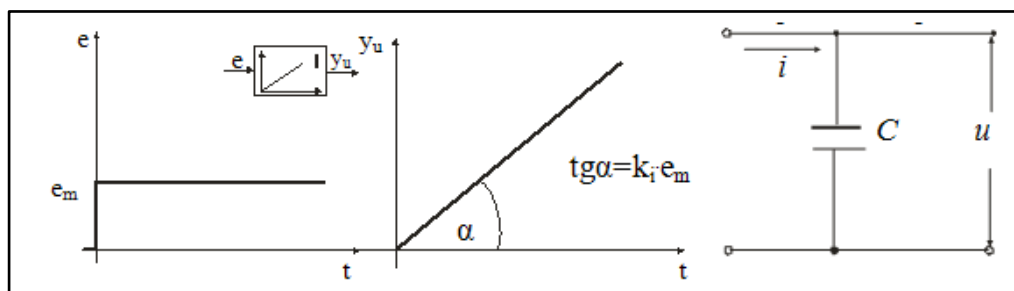


Слика 424. - P регулатор

„I” регулатор:

Дејство регулатора је релативно споро због динамичких својстава интегралног елемента због чега се ретко користи као самостална јединица. У већини случајева он трајно отклања одступања регулисане величине, те му је тачност најбоља особина. Недостатак му је што уноси извесну нестабилност у регулационо коло.

Интегрално (I) деловање показује однос брзине промене излазне величине у зависности од улазне величине, односно:

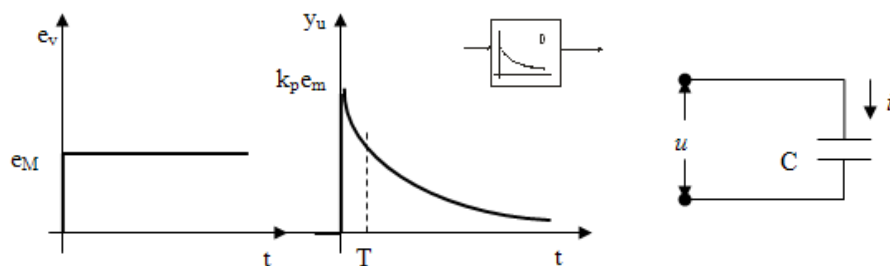


Слика 425. - I регулатор

„D” регулатор

Деловање оваквог регулатора код спорих промена улазне величине било би слабо. За изразито споре промене улазне величине реаговање регулатора би практично изостало. Ови регулатори се удружују са другим и чине PD и PID регулаторе, где својим деловањем у знатној мери доприносе стабилизацији система аутоматске регулације.

Диференцијално (D) деловање показује однос између излазне величине у зависности од брзине промене улазне величине, односно:

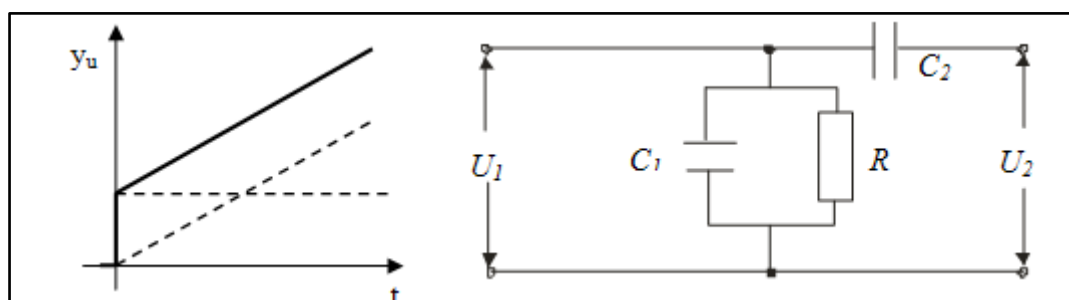


Слика 426. - D регулатор

„PI” регулатор

Константе K_p и T_i могу се независно подешавати, што је и циљ. При повећању константе T_i до у брсконачност, регулатор PI деловања прелази у регулатор P деловања. Ако K_p и T_i теже нули, добија се деловање I регулатора. Рад система са оваквим регулатором одликује се високом тачношћу у устаљеном стању, која потиче од интегралне компоненте регулатора, великом брзином одзива, која потиче од деловања пропорционалне компоненте.

За регулацију процеса, где је неопходно брзо и тачно регулисање, користе се комбиновани регулатори са обе врсте деловања, где брзину добијамо деловањем P-регулатора, а тачност I-регулатором.



Слика 427. - PI регулатор

„PD” регулатор

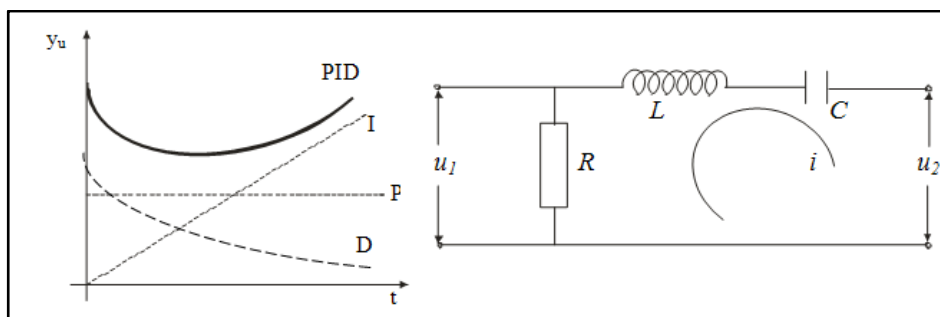
Брзина реаговања система овим се повећава, одступање регулисане величине у динамичком режиму је мање. У општем случају регулатори овог деловања не отклањају у потпуности одступање регулисане величине. С обзиром на начин обраде сигнала, овај регулатор има веома значајно место у регулацији променљивих технолошких процеса изазваних деловањем јаким поремећаја.

„PID” регулатор

Подешавање константи није погодно јер зависе од параметара импеданси, подешавање једне константе утиче на другу, а тежња је да узајамна зависност константни при подешавању буде што мања, што се постиже реализацијом регулатора из више основних јединица.

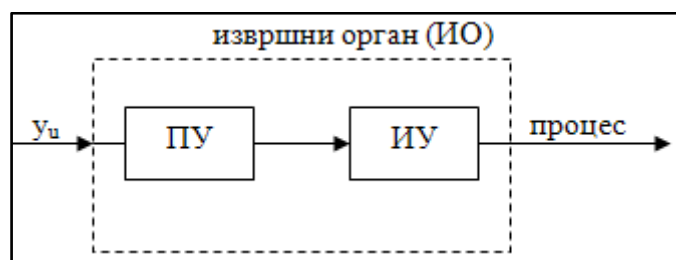
PID - регулатори представљају паралелну везу регулатора са пропорционалним, интегралним и диференцијалним деловањем.

Овакав регулатор има сва добра својства три основне врсте регулатора. Реагује веома брзо, спречава велика регулациона одступања, омогућава стално, довољно јако појачање и стабилност система и обезбеђује тачност. Карактеристика PID - регулатора има следећи облик



Слика 428. - PID регулатор

Извршни органи представљају уређаје или делове уређаја аутоматског управљања, чији је задатак да делују на процес према реализованом закону управљања. Састоје се из два основна дела: погонског уређаја (ПУ) и извршног уређаја (ИУ):



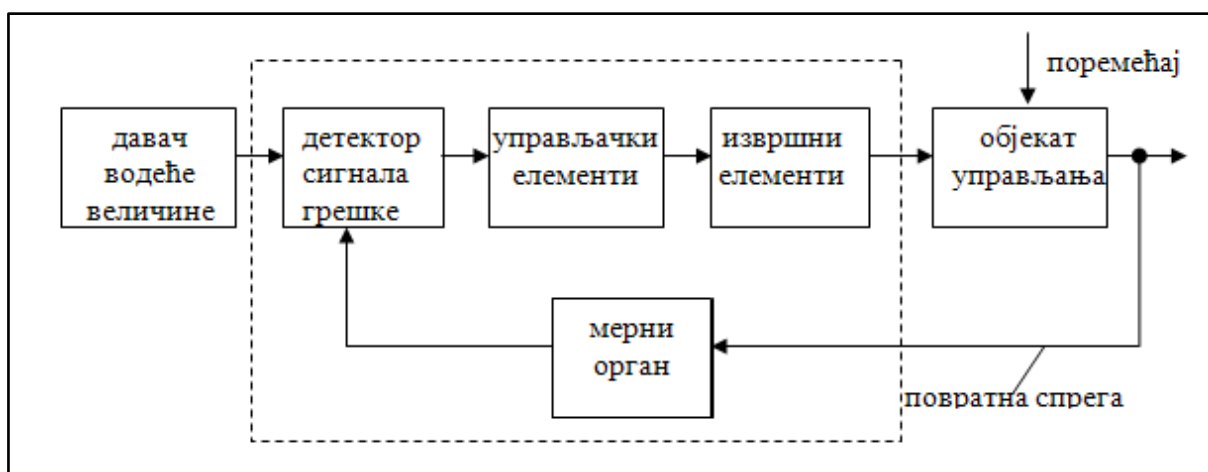
Слика 429. - Извршни органи

Погонски уређај представља део регулационог круга који излазну величину регулатора претвара у механичку снагу за покретање извршног уређаја, док је извршни уређај део извршног органа који директно делује на ток масе или енергије у управљаном објекту.

У зависности од врсте погонске енергије коју користе погонски уређаји врши се и класификација извршних органа на хидрауличне, пнеуматске и електричне, а постоје и њихове комбинације. Приликом избора извршних органа у склопу регулационог круга велику пажњу треба обратити на карактеристике погонских уређаја, који могу да праве велика кашњења и друга неповољна дејства.

Извршни уређаји се, такође, праве у великом броју комбинација конструкција, као што су вентили, засуни, заклопке и затварачи, а велику примену имају и тиристори као врста полупроводничких вентила.

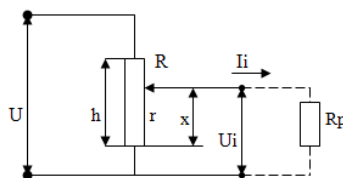
Код овог система помоћу повратне спреге се на улаз у систем доводи информација о излазној величини. Излазне величине се упоређују са задатом величином у детектору сигнала грешке, на чијем излазу се формира сигнал грешке. Повратна спрега може да буде позитивна и негативна. Позитивна повратна спрега је она спрега којом се повећава утицај улазног дејства на излазну величину, а негативна је она спрега којом се смањује утицај улазне величине на излазну.



Слика 430. - Блок шема САУ са повратном спрегом

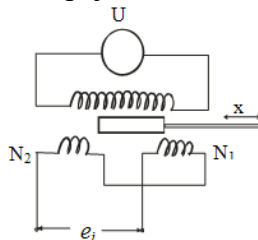
Питања за теоријску проверу знања

1. Сигнал грешке се обрађује у:
 - а. Актуатору
 - б. Мерном претварачу
 - в. Регулатору
2. На излазу из дискриминатора добија се
3. Скок неке величине система са једне на другу константну вредност и њен поновни повратак на претходну вредност после неког времена описује једну од основних функција система управљања. Коју?
4. На слици је приказан:
 - а. потенциометарски претварач помераја
 - б. трансформаторски претварач помераја
 - в. капацитивни претварач помераја



5. На слици је приказан:

- а. потенциометарски претварач помераја
- б. трансформаторски претварач помераја
- в. капацитивни претварач помераја



6. Регулатор врши:

- а. Формирање сигнала грешке на основу разлике улазних сигнала
- б. Формирање управљачког сигнала
- в. Директно деловање на објекат управљања
- г. Превођење физичке величине у електрични сигнал

7. Дискриминатор врши:

- а. Формирање сигнала грешке на основу разлике улазних сигнала
- б. Формирање управљачког сигнала
- в. Директно деловање на извршни орган
- г. Директно деловање на објекат управљања
- д. Превођење физичке величине у електрични сигнал

8. Погонски орган врши:

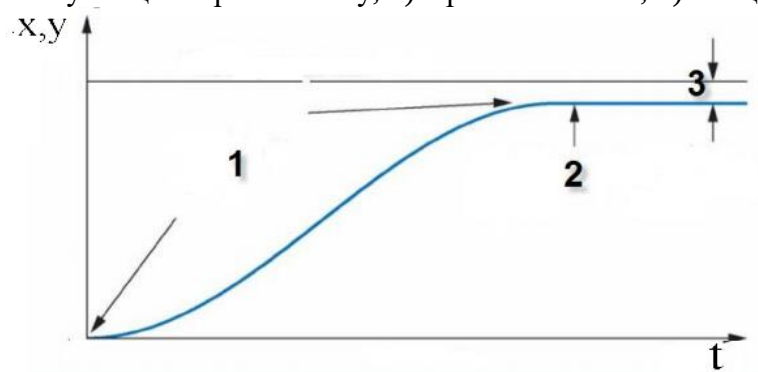
- а. Формирање сигнала грешке на основу разлике улазних сигнала
- б. Формирање управљачког сигнала
- в. Директно деловање на извршни орган
- г. Директно деловање на објекат управљања
- д. Превођење физичке величине у електрични сигнал

9. Мерни претварач врши:

- а. Формирање сигнала грешке на основу разлике улазних сигнала
- б. Формирање управљачког сигнала
- в. Директно деловање на извршни орган
- г. Директно деловање на објекат управљања
- д. Превођење физичке величине у електрични сигнал

10. На графику је дат пример побудног сигнала и његовог одзива. Поједина карактеристична стања одзива побудног сигнала су обележена бројевима. Заокружи слово испред тачног одговора.

- а. 1) Грешка у стационарном стању, 2) Прелазно стање, 3) Стационарно стање
- б. 3) Грешка у стационарном стању, 2) Прелазно стање, 3) Стационарно стање
- в. 3) Грешка у стационарном стању, 1) Прелазно стање, 2) Стационарно стање



11. Пронаћи уљеза:

- а. регулатор
- б. сигнал грешке
- в. извршни орган

12. Енкодери су

- а. сензори брзине и угаоног помераја
- б. сензори нивоа
- в. сензори температуре

13. Пронаћи уљеза

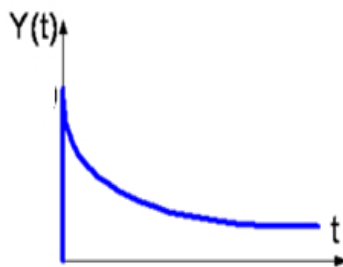
- а. инкрементални енкодер
- б. тахогенератор
- в. НТЦ термистор

14. Пронаћи уљеза

- а. корачни (степ) мотор
- б. мотор једносмерне струје
- в. термопар

15. На слици је дата карактеристика

- а. ПИ регулатора
- б. ПД регулатора
- в. ПИД регулатора



16. На слици је дата карактеристика

- а. ПИ регулатора
- б. ПД регулатора
- в. ПИД регулатора



4.5. ЕЛЕКТРИЧНА ОПРЕМА У МЕХАТРОНСКИМ СИСТЕМИМА

4.5.1. ИНСТАЛАЦИОНИ ПРОВОДНИЦИ

Електрични проводници служе за провођење електричне енергије. Електрична енергија, коју проводимо, може бити различитих напона, снаге или фреквенције. У електроенергетским електричним инсталацијама се изучавају само инсталациони водови називног напона до 1 kV.

Под водом у ширем смислу подразумевамо, осим самог вода, и сав прибор, направе и уређаје који служе за његово трајно ношење или полагање.

Основни елементи вода су:

- проводник,
- изолација проводника,
- заштитни плашт и остали слојеви за заштиту проводника и изолације од влаге, механичких, топлотних и хемијских утицаја.

Проводник је израђен најчешће од бакра или алуминијума, а служи за провођење електричне енергије.

Инсталациони водови за јаку струју израђују се с стандардним пресецима: 0,5; 0,75; 1; 1,5; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 35; 50; 70; 95; 120; 150; 185; 240; 300; 400; 500 (...1000) mm². Проводник се састоји од једне или више жица. Водови с пресецима од 1 до 16 mm² могу се израдити као масивни (пуни од једног комада). Водови пресека од 10 до 500(1000) mm² израђују се као поужени (округли вишежилни проводник од 7, 19, 37, 61 тањих жица) и то зато да би били савитљивији и да би се смањиле вртложне струје (скинефект). Облик пресека проводника може бити и секторски од 25 до 400 mm² вишежилно поужен од 7, 19, 37, 61 тањих жица и употребљава се за израду каблова (пуни секторски пресек

се ретко користи). Вртложне струје додатно загревају проводник, јаче су што је проводник масивнији, али ако га поужимо из танких жица на њиховој површини се формира танак слој металног оксида, који је добар изолатор, па међусобно изолује једну жицу од суседних и на тај начин спречава прелаз врдожних струја из једне жице у другу. Како те поужене жице имају мали пресек, отпор им је велики, па су у њима индуковане струје незнатне.

Да би се још више повећала савитљивост водова за преносне потрошаче и каблове (нпр. гумени каблови у рудницима) њихови проводници с пресецима од 0,5 до 500 (1000) mm² израђују се као финожичани из више танких жица (више финожичаних жила међусобно поужених).

Изолација се налази око проводника а као изолатор се употребљава:

- ваздух (код водова са голим проводницима) са стакленим, порцуланским или пластичним носачима за вешање,
- гума (природна) има велику савитљивост, термомеханичке особине осредње (неотпорна на хемикалије, озон убрзава старење),
- синтетичка гума (неопрен, силиконска гума, бутил гума...) се одликује високом постојаношћу према уљу, хабању, термичким напрезањима (силиконска гума до 180°C),
- „PVC” маса (поливинилхлорид),
- „PE” (полиетилен) је маса која се одликује већом диелектричном чврстоћом и знатно мањим упијањем влаге него „PVC” маса,
- „ХРЕ” (умрежени полиетилен) се одликује изванредним електричним својствима, а посебно због више температурне класе (90°C),
- „EPDM” (етилен - пропилен) је синтетичка гума одличних карактеристика у погледу термичког старења, флексибилност и на ниским температурама, отпорност на високе температуре (трајне 90°C, у кратком споју 250°C),
- и други материјали: папир, текстил и сл.

Плашт проводника штити изолацију од механичких оштећења, продора влаге, хемијских утицаја и сл. Плашт се израђује од гуме, термопластичних маса, текстила, метала.

Примери означавања:

Инсталациони изоловани вод са размакнутих жилама, изолован PVC масом узаједничком PVC плашту, има заштитни жуто-зелени проводник, трожила, пресека 2,5 mm², за називни напон 380 V, означава се:

PP/R - Y 3x2,5 380V

Кабл са изолацијом од PVC масе, плаштом од PVC масе, без механичке заштите, без заштите од корозије, са алуминијумским проводницима секторског пресека 70 mm², четворожила, за називни напон 1 kV означава се:

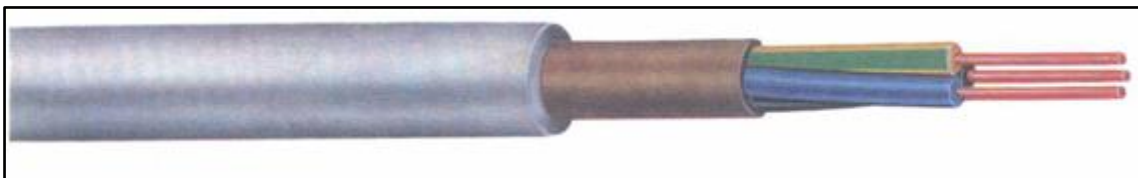
PP00 - AS 4x70 1 kV

Вод са изолацијом и плаштом од PVC масе, за преносне потрошаче, јаче конструкције, трожила, једна жила жуто-зелене боје, пресека 2,5mm² Cu - финожичан.

PP/J - Y 3x2,5

Вод са изолацијом и плаштом од гуме, за преносне потрошаче, јаче конструкције, петожила, једна жила жуто-зелене боје изолације, пресека 2,5mm² Cu-финожичан.

GG/J - Y 5x2,5



Слика 431. - Проводник типа „PP“

Изолација фазног проводника црне боје, изолација нултог проводника плаве боје и изолација заштитног проводника жуто - зелене боје



Слика 432. - Проводник типа „GG“

4.5.2. ОСИГУРАЧИ

Осигурачи су намерно ослабљена места у електричној инсталацији који прекидају струјно коло у коме се налазе уколико дође до превелике струје која би могла оштетити инсталацију. Прекомерна струја се може јавити услед преоптерећења или кратког споја.

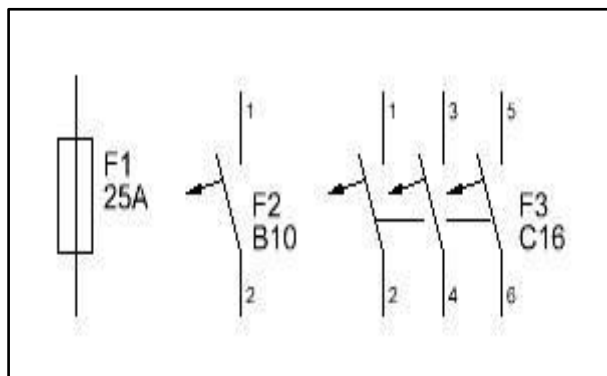
Осигурачи се постављају на почетку сваке електричне инсталације и на свим местима унутар инсталације где се мења пресек проводника. Осигуравају се фазни проводници, у мрежама са наизменичном струјом, а за једносмерне струје – проводници оба пола.

Осигураче можемо поделити на топљиве и аутоматске. Топљиве осигураче можемо поделити на осигураче типа Д, Б и НВ (Слика 432). Основни делови топљивог осигурача типа Д су подножје, калибрисани прстен, топљиви уметак, капа, сигнална значка. Топљиви осигурачи у моменту појаве струје веће од номиналне прекидају струјни круг топљењем калибрисане жице. Уметак са изгорелом калибрисаном жицом мора се заменити новим. У аутоматски инсталационом осигурачу струјни круг се прекида раздвајањем контаката. Окидање направе се може десити биметалом (термичка заштита у случају преоптерећења), електромагнетним брзим окидачем (заштита у случају кратких спојева) и ручном командом. Окидање полова вишеполног осигурача се врши истовремено. Изглед аутоматских осигурача приказан је на слици 433.



Слика 433. - Аутоматски осигурачи

За осигураче на шемама вежби у практикуму се користи ознака F (fuze – осигурач енг.) и обележаваће се као на слици 434.



Слика 434. - Символи осигурача: F1 и F2 једнополни, F3 трополни осигурач

Због временски знатно дужег покретања ЕМП од брзине реаговања обичних осигу - рача, потребно је користити осигураче с тромом карактеристиком. То, с друге стране, смањује ефикасност заштите од струја кратког споја, што повећава опасност од пожара и оштећења уређаја и инсталација. Троми осигурачи задовољавају потребе за ниже вредности номиналних струја и имају врло високу прекидну моћ. Са повећањем номиналних вредности струја, прекидна моћ нагло опада, па за јаче струје користе се осигурачи типа НВ, чије карактеристике такође могу бити брзе или троме или комбиноване.

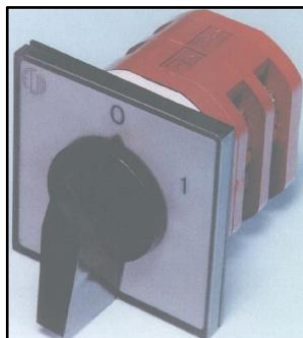
Троми осигурачи за ЕМП који су посебно погодни за места употребе удаљена од трафостанице димензионишу се за струје према обрасцу: $I_o \geq 1.5 * I_m$ (I_o : струја осигурача, I_m : струја мотора).

Често се користе и осигурачи с комбинованом, тзв. трофазном карактеристиком, који се израђују као обични и као НВ, означени знаком звезда у кружићу. Карактеристика им је комбинована из три фазе:

- брзо деловање до подручја струје и времена покретања,
- тромо деловање за подручје струје покретања (4 до 6)* I_n и 1-10 секунди и
- брзо деловање за струје веће од струје покретања.

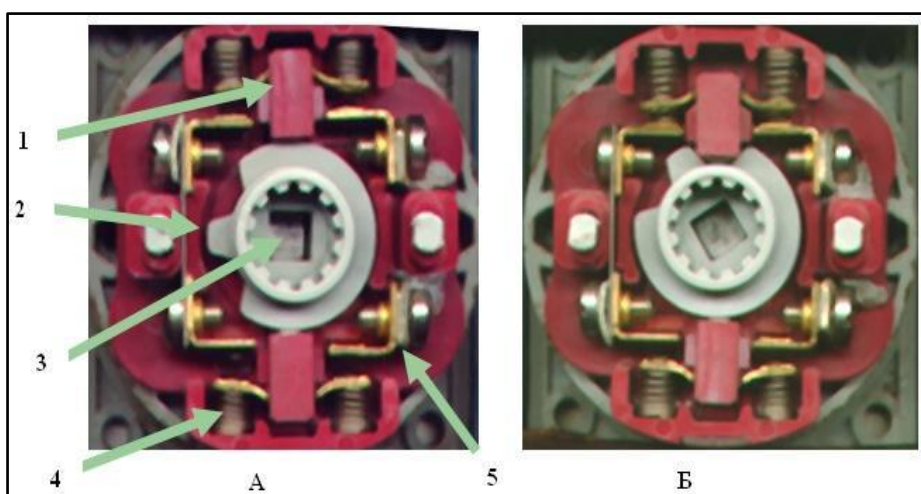
4.5.3. ГРЕБЕНАСТА СКЛОПКА

Гребенасте склопке су добар представник теретне склопке. То су вишеполне склопке за наизменичну струју напона до 660V и једносмерну струју напона до 600V. Најчешће се користе за струје 10,16,25,40,63,100 А. Могу се употребити у индустрији и дистрибуцији као теретне склопке за главне струјне кругове (трополне преклопке); разна упуштања монофазних и трофазних мотора (реверзионе склопке, склопке звезда-троугао, моторске склопке за 2,3 брзине...); управљање, сигнализацију и мерење у помоћним струјним круговима итд. Склопке се могу уграђивати у нисконапонским постројењима, трансформаторским станицама, разводним уређајима, на бродовима, крановима, дизалицама, кућним апаратима и сл.



Слика 435. - Гребенаста склопка

Основни делови гребенасте склопке су: 1 - покретни носач контакта, 2 - гребен, 3 - осовина са гребеном, 4 - опруга, 5 - непокретни контакт (прикључак). На слици 436 . приказани су делови гребенасте склопке и стање искључености (А) и укључености (Б).



Слика 436. - Гребенаста склопка, делови

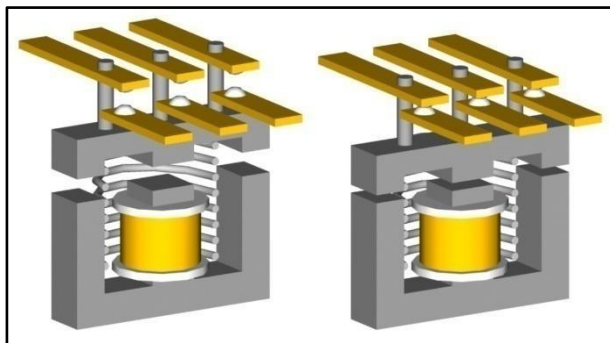
4.5.4. КОНТАКТОРИ

Контактори су механички склопови који служе за затварање и отварање струјних кругова. При томе неки контактори могу уклапати и прекидати у напонском стању само мале струје, други могу уклапати и прекидати струје нормалног погонског стања, а неки трећи могу уклапати и прекидати струје кратког споја. На слици 437. су приказане неке конструкције контактора.



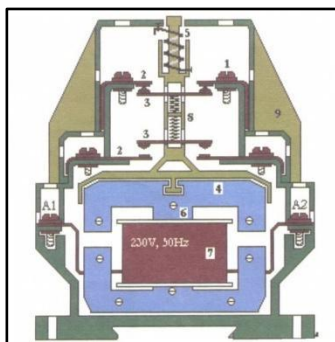
Слика 437. - Контактори

Контактор (у литератури се користи и назив – прекидач) је даљински управљан склопни апарат који се приликом исклапања (деактивирања) сам враћа у првобитно (стабилно или нормално) стање. За уклапање (активирање) и држање у уклопљеном положају служи посебан погонски уређај, најчешће електромагнетски, ретко пнеуматски. За електромагнетски погон контактора са даљинском побудом електромагнета може се применити наизменична или једносмерна струја. Језгро електромагнета је облика слова „Ш” са једним намотајем на средњем стубу. Када се на крајеве електромагнета доведе напон он привлачи котву за коју су причвршћени контакти и на тај начин отвара или затвара контакте (Слика 438).



Слика 438. - Отварање и затварање контаката контактора

Електромагнети напајани наизменичном једнофазном струјом брује услед пулсирања привлачне силе док су побуђени. Електромагнети са једносмерном струјом привлаче „меканије” од наизменичних, па се одликују тишим радом. Велики контактори често имају пнеуматски погон, јер су за њих потребни гломазни и тешки електромагнети. Механички пренос од погонског механизма на контакте се може извести на разне начине (разне конструкције контактора). Заједничко им је то да је на котву електромагнета причвршћен носач помичних контаката. Контактни систем се састоји од помичних и непомичних контаката и по потреби од лучних комора. Попречни пресек и принцип рада приказан је на слици 439.

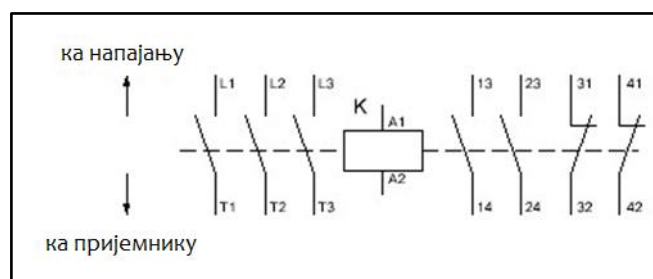


Слика 439. - Конструкција контактора: 1-стегаљка; 2-непомични контакт; 3-помични контакт; 4-котва електромагнета; 5-опруга; 6-језгро ел.магнета; 7-намот електромагнета; 8-носач помичних контаката; 9-кућиште

Код контактора се разликују главни, помоћни струјни контакти и контакти електромагнета контактора. Контактори за главне струјне кругове (моторни контактори) имају три или четири главна контакта и обележавају се помоћу суседних природних

бројева, на пример: 1-2, 3-4, 5-6, 7-8, с тим што се непарним бројем обележава онај крај контакта који је у стабилном стању под напоном, а парним бројем онај који у стабилном стању није под напоном.. Под стабилним стањем контактора подразумева се стање при ком електромагнет контактора није под напоном. Уместо бројева могу се користити и ознаке L1-T1, L2-T2, L3-T3.

Поред главних постоје и помоћни контакти који се обележавају са две цифре. Прва цифра је иста за оба краја једног помоћног контакта и означава редни број помоћног контакта у контактору. Ако контактор, на пример, има четири помоћна контакта, њихови редни бројеви су 1, 2, 3 и 4. У случају нормално отвореног помоћног контакта (често се узима и на самим елементима сусреће ознака NO – normaly open), друге цифре у ознакама његових крајева су 3 и 4 (као и у случају нормално отвореног тастера). А ако се ради о нормално затвореном помоћном контакту (ознака NC – normaly closed), друге цифре у ознакама његових крајева су 1 и 2. NO помоћни контакти се често називају „радни”, а NC помоћни контакти „мирни”. Крајеви електромагнета контактора се најчешће обележавају са A1 и A2. (Слика 440)



Слика 440. - Символ контактора са ознакама

Најважнија употреба контактора је у електричним колима мотора. Користи се за:

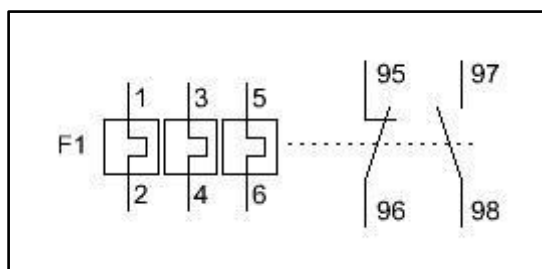
- укључење и искључење мотора,
- мењање смера обртања ротора мотор,
- укључење комбинације звезда-троугао,
- разна друга управљања са великим бројем промена стања мотора и пратећих система.

4.5.5. БИМЕТАЛНИ РЕЛЕЈИ

Биметални релеј ради на чињеници да се разни метали различито растежу при загревању. Два згодно одабрана метала, међусобно спојена поступком топлог ваљања, чине биметал. Загревањем се биметал савија на једну страну. Загревање се постиже протицањем струје кроз биметал, протицањем струје кроз жарну жицу која је намотана око биметала или комбиновано, тј. да струја протиче и кроз биметал и кроз жарну жицу као код биметалног релеја на слици. Погонска струја мотора (и струја квара) пролази кроз биметале (а), који се загревају и савијају (б). Помоћу летве (с) и полуге (г) то савијање изазива исклапање помоћног контакта 95 - 96 (мирни контакт) и уклапање помоћног контакта 97 - 98 (радни контакт). Мирни контакт 95 - 96 делује на исклапање главне склопке (склопника), а радни контакт 97 - 98 служи за сигнализацију. Биметални релеји производе се за различита подручја струја, а сваки биметални релеј могуће је унутар предвиђеног подручја регулисати.



Слика 441. - Биметални релеј

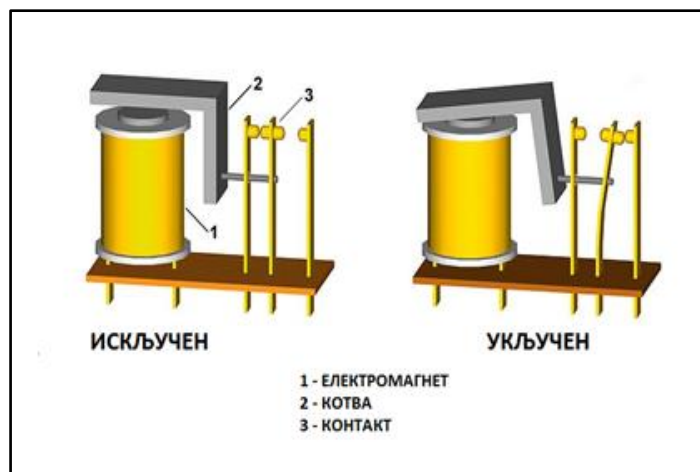


Слика 442. - Симбол биметалног релеја са ознакама

4.5.6. БИСТАБИЛНИ РЕЛЕЈИ

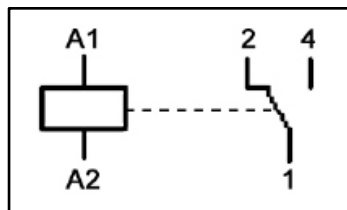
Релеј је механички склоп који се користи за прекидање или успостављање струјног кола путем електромагнета који отвара и затвара струјне контакте. Електромагнет се обично састоји од многобројних намотаја бакарне жице на гвозденом језгру. Када струја тече кроз жицу (примарно струјно коло), око електромагнета се ствара магнетно поље које привлачи гвоздену котву. Она носи на себи електричне контакте, који онда отварају или затварају секундарно струјно коло (струјни круг).

Када се прекине струја кроз електромагнет, електромагнет више не привлачи гвоздену котву и она се враћа у почетни положај, обично уз помоћ опруге. Тиме електрични контакти прекидају или успостављају струјно коло, у зависности од типа контаката (Слика 443).



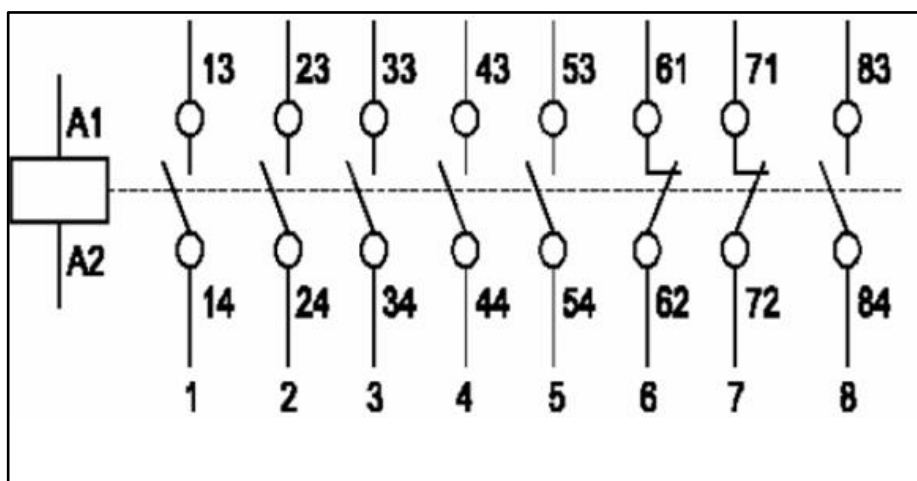
Слика 443. - Електромагнетни релеј

Контакти ближе електромагнету су затворени (нормално затворен контакт - NC), а контакти даље од електромагнета су отворени (нормално отворен контакт – NO). Електромагнетно поље привлачи котву која помера средњи контакт који сад успоставља везу са десним а прекида везу са левим. На слици 443. је, дакле, приказан релеј са наизменичним контактима чији је симбол приказан на слици 444.



Слика 444. - Симбол наизменичног релеја

Већина релеја има више парова контаката. Да би се разјаснило стање у коме се они налазе, узима се да је нормално стање када струја не тече кроз електромагнет (релеј је искључен). Разликујемо нормално отворене и нормално затворене контакте. Означавање контаката релеја приказано је на слици 445.



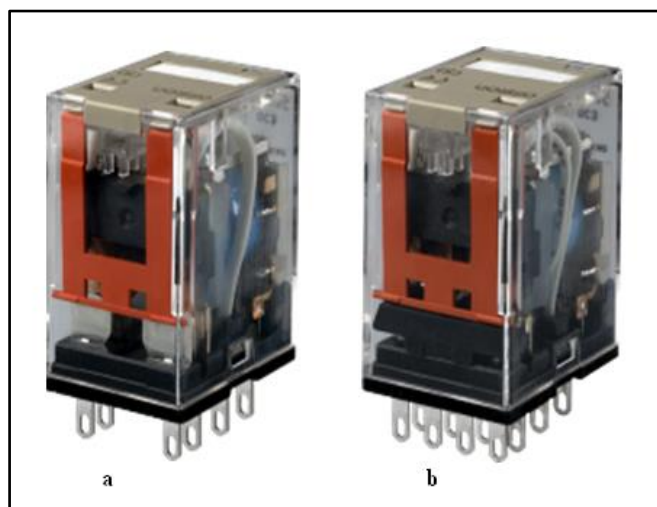
Слика 445. - Означавање контаката релеја

Ако је наведено да је одређени пар контаката нормално отворен (енг. *normaly open* - NO), то значи да су ти контакти отворени кад је релеј искључен (нема струје кроз електромагнет), а затворени кад је релеј укључен. Обрнут је случај за нормално затворене контакте (енг. *normaly closed* - NC).

Нормално отворени контакти се обележавају са бројчаним ознакама 3 и 4 или уколико их има више са 13/14, 23/24, итд, док се нормално затворени контакти обележавају са бројчаним ознакама 1 и 2 или уколико их има више са 11/12, 21/22, 31/32, итд.

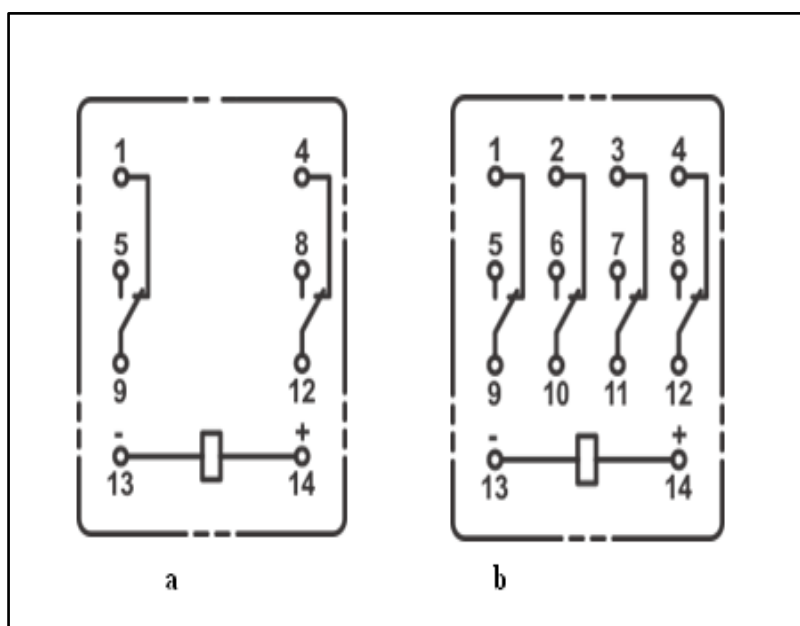
У случају да релеј поседује обе врсте контаката први број (1x, 2x, ...), означава физички који је по реду дотични контакт, а други број (x1, x2, x3 и x4) означава сам извод контакта, а самим тим и тип контакта. NO контакти се често називају „радни“, а NC контакти „мирни“. Крајеви електромагнета релеја се најчешће обележавају са A1 и A2.

Изглед релеја дат је на слици 446. То су електромагнетни релеји типа MY2 24VDC, са LED сигнализацијом (са по 2 NO и NC контакта) и MY4 24VDC, са LED сигнализацијом (са по 4 NO и NC контакта).

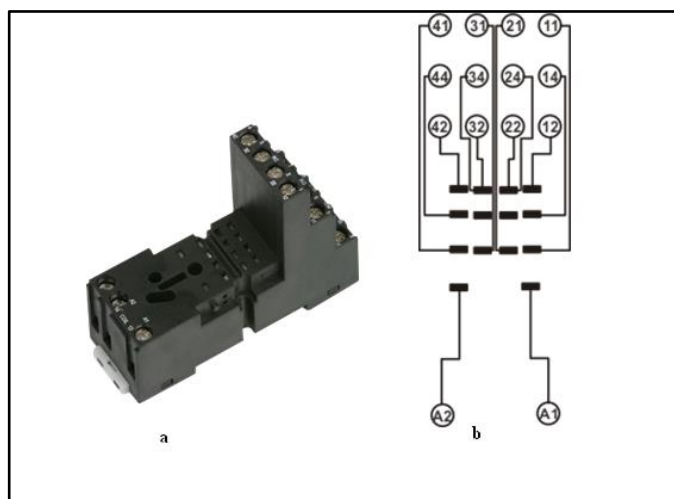


Слика 446. - Релеји типа а) MY2 24VDC и б) MY4 24VDC

Крајеви електромагнета контактора обележени су са A1 и A2. За активирање контактора потребно је довести напон од 24V на крајеве електромагнета A1 и A2, он ће реаговати затварањем својих NO контаката и отварањем NC контаката. По одвајању електромагнета од напајања контактор се враћа у своје стабилно стање. Обележавање крајева контаката релеја MY2 24VDC и MY4 24VDC је приказано на слици 447. док је обележавање крајева контаката на подножју релеја, чији је изглед приказан на слици 448. а, урађено сагласно горе наведеном правилу (Слика 448. б)



Слика 447. - Обележавање крајева контаката релеја (а: MY2 24VDC и б: MY4 24VDC)



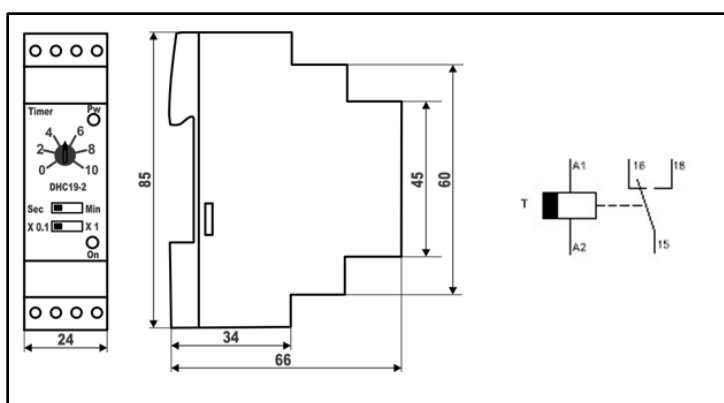
Слика 448. - а) Изглед подножја релеја, б) Обележавање крајева контаката на подножју релеја

Пример карактеристика релеја:

- командни напон 24 V,
- струја контаката: $I_{\max} = 5A$, $U_{\max} = 30V \text{ DC}/250V \text{ AC}$

4.5.7. ВРЕМЕНСКИ РЕЛЕЈ

Временски релеји користе се у аутоматизацији производних процеса, где постоји потреба за временским затезањем, импулсним, временски дефинисаним одвијањем процеса или периодичним укључењем или искључењем потрошача. Изглед неких конструкција временских релеја приказан је на слици 449.

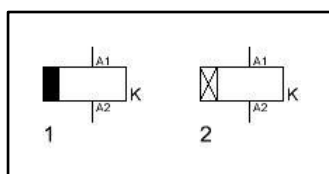


Слика 449. - Временски релеј

Временски релеји, као и контактори имају „напојне” крајеве (крајеве електромагнета) и помоћне NO и NC контакте који се најчешће обележавају исто као контакти контактора. На предњој страни временског релеја обично су смештени потенциометар за подешавање затезног времена и контролна лампица.

Међу најпознатије врсте временских релеја спадају временски релеји са кашњењем реаговања и временски релеј са кашњењем деактивирања. Дакле, када се на напојне

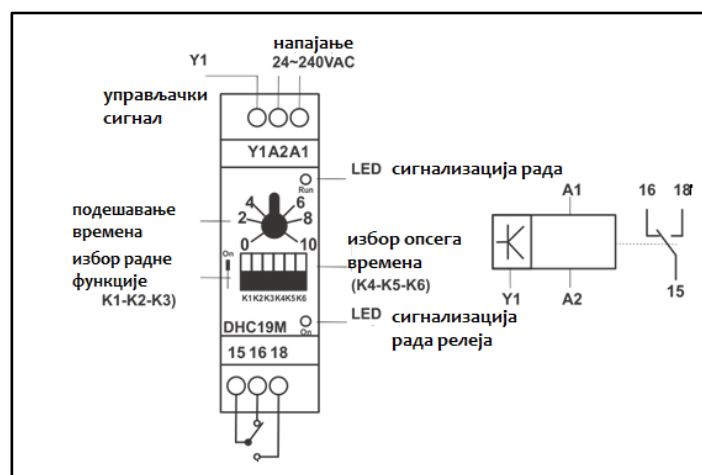
контакте временског релеја доведе напон релеј ће, ако се ради о релеју са кашњењем реаговања, реаговати са неким временом закашњења. Ако се ради о релеју са кашњењем деактивирања, он ће реаговати одмах по довођењу напона а деактивираће се после подешеног времена. Под реаговањем релеја подразумева се промена његовог стабилног стања, тј. отварање његових нормално затворених и затварање његових нормално отворених контаката. На тај начин омогућено је одложено деловање неких процеса у управљачким задацима. Данас се поред ове две најпознатије функције временских релеја израђују и друге, а најчешће у склопу мултифункционалних временских релеја са низом различитих функција. Мултифункционални релеји су данас знатно мањи и ефикаснији са низом најразличитијих функција којима се могу реализовати и најкомпликованији управљачки проблеми у погледу временски дефинисаног деловања. Временски релеји се означавају као на слици 450.



Слика 450. - Означавање временских релеја: 1) са одложеним деактивирањем, 2) са одложеним активирањем

Временски релеј који обједињује оба назначена временска релеја је мултифункционални временски релеј типа који може имати више модова рада.

Напајање ових релеја може бити једносмерно или наизменично и то 24 – 240 V. Поседује преклопни излазни контакт NO/NC обележен као на слици.



Слика 451. - Мултифункционални Временски релеј типа DHC19M са 8 модова рада

4.5.8. ТАСТЕРИ

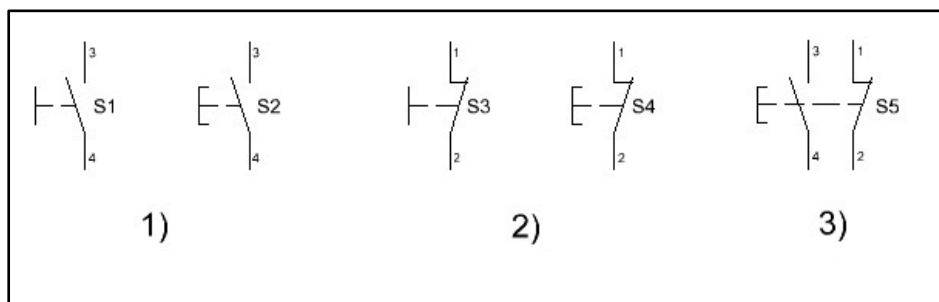
Тастери су моностабилни двоположајни прекидачи са непосредним дејством и приказују се у свом стабилном стању. Постоје различите врсте тастера са различитом конфигурацијом контаката. Уколико су контакти нормално затворени (појмови нормално затворен и нормално отворен објашњени су у даљем тексту), њихови крајеви се означавају цифрама 1 и 2, при чему се цифром 2 означава онај крај који при отвореном

тастеру није под напоном. Крајеви нормално отворених тастера означавају се цифрама 3 и 4, при чему се цифром 4 означава онај крај који при отвореном тастеру није под напоном. Обично су тастери зелене боје са нормално отвореним контактима, а тастери црвене боје са нормално затвореним контактима (конкретно на макети сви тастери могу бити и нормално отворени и нормално затворени премда су опремљени са оба улошка).



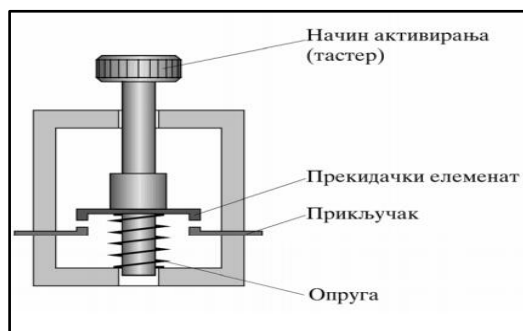
Слика 452. - Тастери

У шемама се користе различите ознаке за обележавање тастера. Неке од њих су приказане на слици испод.

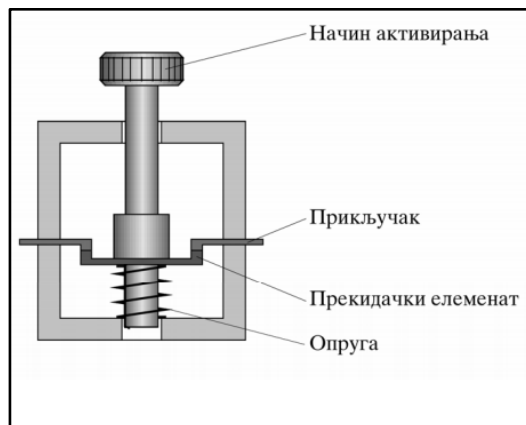


Слика 453. - Ознаке тастера: 1) NO тастери, 2) NC тастери и 3) NO-NC тастери

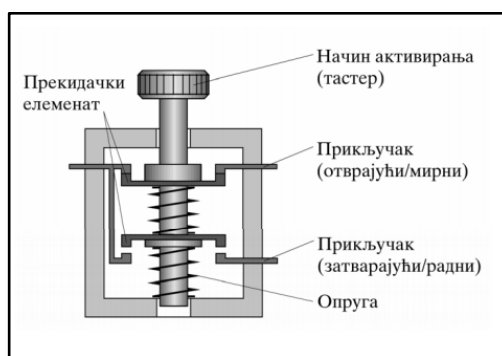
Појмове нормално отворен (normally open – NO) и нормално затворен (normally closed – NC) контакт веома је важно разумети, јер се често срећу у индустријској пракси. Оба појма се примењују на изразе, као што су контакти, тастер, улаз, излаз итд. Суштина је у следећем: нормално отворен прекидач неће провести струју док није притиснут, а нормално затворен прекидач ће проводити све док није притиснут.



Слика 454. - Конструкција NO тастера



Слика 455. - Конструкција NC тастера



Слика 456. - Конструкција NO-NC тастера.

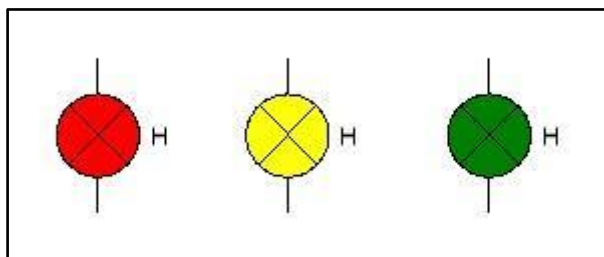
4.5.9. СИГНАЛНЕ ЛАМПИЦЕ

Сигналне лампице служе за светлосну сигнализацију одређених стања у различитим погонима. Постоје различите врсте сигналних лампица различитих облика, боја и попречног пресека, као и напона за које су намењене. Изглед неких сигналних лампица приказан је на слици испод.



Слика 457. - Сигналне лампице

Сигналне лампице у шемама се обележавају словом „Н” и представљају симболом као на слици испод.



Слика 458. - Сигналне лампице, симболи

Сигналне лампице се израђују за напоне 24V и 220 V.

Питања за теоријску проверу знања

1. Описати проводник: PP-Y 5x2.5 380V

2. Материјал од којих се израђују енергетски каблови и проводници је:

- а. бакар и алуминијум
- б. гвожђе и никл

3. Карактеристике проводника са ознаком PP/R 3x1,5 380V су:

- а. проводник са упоредним жилама
- б. трожилни проводник, површине попречног пресека 1,5 mm²
- в. у себи садржи проводник жуто-зелене боје
- г. изолација је од PVC масе
- д. проводник је за напон од 1000 V

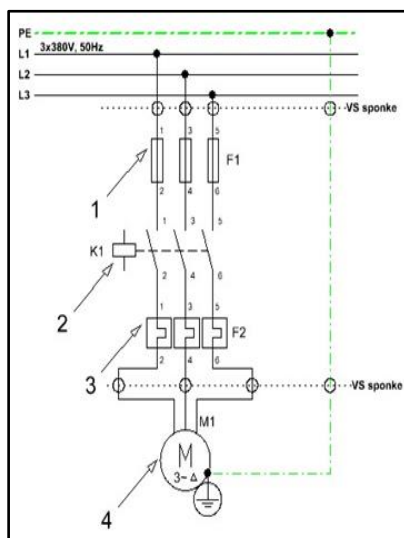
4. Инсталациони проводник на слици има следеће карактеристике:

- а. Проводник је од алуминијума
- б. Проводник је од бакра
- в. Изолација проводника је од PVC масе
- г. Проводник има заштитни вод
- д. Проводник је за напоне веће од 380V
- ђ. Проводник је кружног облика



PP-Y 3x1,5 380V

5. Изолација нултог проводника је _____боје, изолација фазног проводника је _____боје а уземљења је _____боје.
6. Осигурачи у колима наизменичне струје постављају се на _____
7. Инсталациони осигурачи штите проводнике и каблове од _____
8. Димензионисање осигурача врши се према _____
9. Набројати основне делове топливог осигурача.
10. Нацртати симбол за електромагнетни релеј са по два NC и NO контакта, извршити обележавање и објаснити на који начин функционише.
11. Нацртати симболе за сијалицу и мотор једносмерне струје.
12. Нацртати симболе за NO и NC тастер и NO и NC прекидач и објаснити шта ти појмови значе.
13. Нацртати симбол, дијаграм функционисања и објаснити начин рада временског релеја са одложеним активирањем.
14. Биметални релеји служе за заштиту мотора од _____.
15. На слици су приказани:
 - а. 1) осигурачи, 2) контактор, 3) биметални релеј, 4) трофазни асинхрони мотор
 - б. 1) осигурачи, 2) биметални релеј, 3) контактор, 4) трофазни асинхрони мотор



4.6. ПРОГРАМИРАЊЕ И ПРИМЕНА ПЛК - А „SIEMENS SIMATIC S7 - 1200”

4.6.1. ОСНОВНА СТРУКТУРА ПЛК УРЕЂАЈА

ПЛК је индустријски микроконтролерски систем у коме су хардвер и софтвер адаптирани индустријском окружењу.

Програмска јединица је обично рачунар који се користи за писање програма.

CPU (Central Processing Unit) – централна процесорска јединица је мозак контролера. То је обично неки од микроконтролера, раније су то били 8-битни, а сада су 16 - битни и 32 - битни микроконтролери. CPU се брине о комуникацији, међусобној повезаности осталих делова контролера, извршавању програма, управљању меморијом, надгледањем улаза и постављањем излаза.

Меморија – Системска меморија користи се од стране контролера за оперативни систем. Поред оперативног система у њој се налази и кориснички програм преведен из ледер дијаграма у бинарни облик.

Корисничка меморија је подељена на блокове који имају посебне функције. Неки делови меморије користе се за чување стања улаза и излаза (имају одговарајући бит у меморији), други делови меморије користе се за чување садржаја променљивих који се користе у корисничком програму.

Напајање – Електрично напајање се користи за довођење електричне енергије до централне процесорске јединице. Већина ПЛК ради или на 24V DC или на 220V AC. Обично се не користи за покретање спољашњих улаза и излаза.

Улаз у ПЛК – Служи за прихват сигнала са процеса. Мањи контролери поседују само дигиталне улазе, док већи имају и аналогне улазе. Сензори се најчешће користе као улази у контролере, али то могу бити и роботи, видео системи итд.

Излази из ПЛК – Служе за повезивање контролера са излазним уређајима којима се управља. Могу бити дигиталног и/или аналогног типа у зависности од самог контролера.

Линије за проширење – Сваки контролер има ограничен број улазно/излазних линија. Уколико је потребно, тај број се преко одређених додатних модула може повећати проширењем система преко линија за проширење.

4.6.2. НАЧИН РАДА ПЛК:

Основа рада ПЛК заснива се на континуалном скенирању програма. Под скенирањем се подразумева пролаз кроз све услове у неком одређеном времену.

Скенирање се састоји из три основна корака:

Први корак – Проверава стања на улазу

Прво, ПЛК прегледа стање на сваком улазу (вредност бита на адреси сваког улазног уређаја) да би „знао” да ли је укључен (1) или искључен (0). Другим речима, проверава да ли нпр. Сензор прикључен на први улаз проводи. После првог улаза провера други, па трећи итд. Ове податке уписује у меморију и користи их у другом кораку.

Други корак - Извршавање програма

После завршеног првог корака ПЛК извршава програм, инструкцију по инструкцију. Ако је на пример, програм написан да када је неки одређени улаз укључен, (1) укључује се неки излаз. Пошто из првог корака ПЛК чува податке, на основу њих „одлучује” које ће излазе укључити, а које не. Подаци за извршавање се похрањују у меморију и користе у следећем кораку.

Трећи корак – Ажурирање излаза

ПЛК ажурира статус излазних уредаја, на основу вредности улаза и извршавања програма – битови на адресама излазних уредаја се сетују (додељује им се вредност 1) или ресетују (додељује им се вредност 0).

По завршетку трећег корака ПЛК се враћа на први корак итд. Време скенирања (scan time) се дефинише ако време потребно за извршавање ова три корака. Оно је променљиво, зависи од броја улаза и излаза, дужине програма.

По укључењу напајања ПЛК се прво иницијализује (брисање одређених меморијских области, ресетовање системских тајмера, провера улазно- излазних прикључака). Уколико нису детектоване грешке, процес почиње циклично да се извршава.

Програмирање ПЛК-а

Најраспрострањеније програмирање ПЛК-а је помоћу „ladder” дијаграма, који се потом преводи у одговарајуће Булове једначине, које служе за извршавање задатих логичких функција.

Основне теореме „Booleove” алгебре:

$$A + B = B + A$$

$$AB = BA$$

$$A + 0 = A$$

$$A \cdot 0 = 0$$

$$A + 1 = 1$$

$$A \cdot 1 = A$$

$$AA = A$$

$$A + \bar{A} = 1$$

$$A\bar{A} = 0$$

$$\overline{\overline{A}} = A$$

$$(A + B) + C = A + (B + C)$$

$$(AB)C = A(BC)$$

$$AB + AC = A(B + C)$$

$$(A + B)(A + C) = A + BC$$

$$A + AB = A$$

$$A + \bar{A}B = A + B$$

$$A(A + B) = A$$

$$\overline{AB} = \bar{A} + \bar{B}$$

$$\overline{A + B} = \bar{A} \cdot \bar{B}$$

Слика 459. - Основне теореме Булове алгебре

Променљиве у Буловој алгебри могу имати само вредности „0” и „1” и логичке функције које садрже операције AND, OR, EXCLUSIVE OR, NOT, NAND, NOR, itd.

4.6.3. ВРСТЕ ПРОГРАМСКИХ ЕДИТОРА

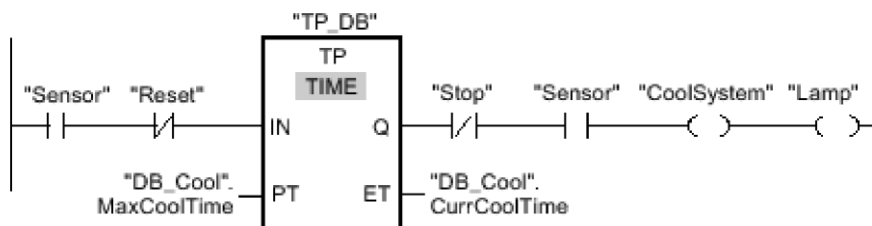
Временом и самим развојем ПЛК произвођачи, међу којима и Siemens, нуде корисницима три врсте програмских едитора за писање програма:

- ледер дијаграм (Ladder Logic) - LAD,
- исказну листу (Statement List) - STL, i
- функцијски блок дијаграм (Function Block Diagram) - FBD.

Главне карактеристике STL едитора, које су битне приликом опредељивања за овај приступ, су:

- STL је најпогоднији искусним програмерима,
- STL понекад омогућава решавање проблема који се не могу лако решити уз помоћ LAD или FBD едитора,
- STL се може користити само са SIMATIC сетом инструкција,
- STL едитором могу се прегледати и модификовати програми писани у LAD или FBD едитору, али обрнути процес није увек могућ. Не могу се увек искористити LAD и FBD едитори да би се приказао програм писан у STL едитору.

LAD едитор представља програм као графички приказ сличан електричним шемама. Лева страна LAD дијаграма се напаја, затворени контакти омогућавају пролаз енергије, а отворени контакти прекидају ток. Логика је подељена у нивое - network, и програм се извршава један по један ниво, се лева на десно, и од врха ка дну. Такав изглед подсећа на лествице. По томе је овај приказ и добио име. Различите инструкције су представљене графичким симболима и укључују три основне форме. Контакти представљају стања логичких улаза, као што су прекидачи, тастери или унутрашњи услови. Калем обично представља логичке излазе, као што су лампе, мотори, стартери, релеји или стања логичких излаза. Блок представља додатне инструкције, као што су тајмери, бројачи или математичке функције.

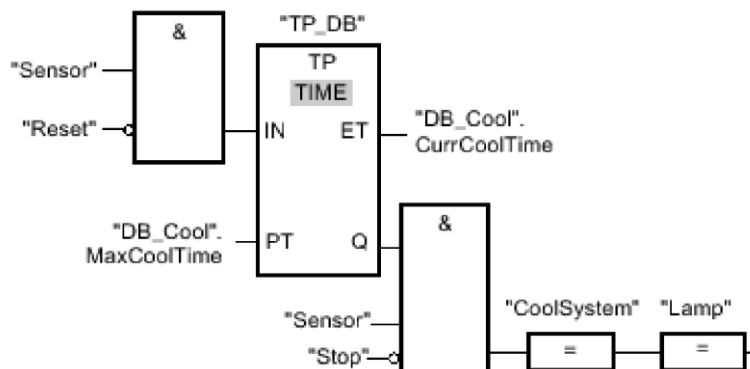


Слика 460. - Лествичасти дијаграм

Главне карактеристике LAD едитора, које су битне приликом опредељивања за овај приступ су:

- једноставан је за коришћење за почетнике,
- може се користити и са SIMATIC и са IEC 1131-3 инструкцијама,
- графичко представљање је једноставно за разумевање и распрострањено је у свету,
- увек се може искористити STL едитор за приказивање програма написаног уз помоћ SIMATIC LAD едитора.

FBD едитор приказује програм који графички подсећа на блок дијаграм. Не постоје контакти и калемови ако у LAD едитору, али постоје еквивалентне инструкције које се представљају блок инструкцијама. Концепт „тока струје” се користи да се изрази аналогија са LAD дијаграмом, мада FBD не користи концепт левог или десног извора напајања. Током струје сматра се пут логичке јединице кроз FBD елементе. Програмска логика се добија из веза између блок инструкција, односно излаз из једне инструкције (као што је AND блок) може се искористити да се омогући друга инструкција (као што је тајмер) да би се направила одговарајућа контролна логика. Оваква логика повезивања омогућава кориснику да реши широк скуп проблема.



Слика 461. - FBD едитор

У склопу дефиниција стандарда заједничких елемената ПЛК програмских језика стандардизују се следеће компоненте језика:

- типови података,
- променљиве,
- конфигурација, ресурси и таскови,
- програмске организационе целине,
- секвенцијални функционални дијаграми (SFC - Sequential Function Chart).

Секвенцијални функционални дијаграми (SFC - Sequential Function Chart) се користе за графичко описивање секвенцијалног понашања управљачког програма, односно представљају специфичан метод за графичко представљање машина стања које моделују управљачки програм. SFC се користе за опис интерне структуре и организације програма и олакшавају декомпозицију управљачког програма на мање целине које је лакше одржавати, без губитка општег прегледа целине програма. Основне компоненте су кораци (Steps), повезани акционим блоковима (Action Blocks) и прелазима (Transitions).

4.6.4. ОСНОВНЕ ИНСТРУКЦИЈЕ ЛЕСТВИЧАСТОГ ДИЈАГРАМА

Пошто ћемо урадити одређени број примера, односно програма написаних у LAD едитору, требало би ретроспективно да прођемо кроз основни сет инструкција и да о њима кажемо по коју реч.



Слика 462. - Листа инструкција

Сет инструкција развијен у SIEMENS-у за програмирање ПЛК из фамилије S7-1200 је јако широк. Као што је већ речено, инструкције су представљене графичким симболима и укључују три основне форме: контакте, калемове, и блокове. Према својој функцији могу се поделити на неколико група: генералне или основне инструкције, бит логичке инструкције, инструкције тајмера, инструкције бројача, инструкције поређења, математичке инструкције, претварачке инструкције, инструкције логичких операција, итд.

Пре него што се пређе на конкретне инструкције биће изнете основне конвенције везане за програмирање S7-1200.

EN (Enable IN) - укључен улаз - представља Булов улаз за блокове у LAD (и FBD) дијаграмима. Да би блок инструкција била извршена, потребано је да на улазу постоји ток струје.

ENO (Enable OUT) - укључен излаз - представља Булов излаз за блокове у LAD (и FBD) дијаграмима. Ако блок има ток струје на EN улазу и блок инструкција буде извршена без грешке, ENO излаз прослеђује ток струје следећем елементу. Ако се открије грешка приликом извршавања блок инструкције, ток струје је прекинут у блоку који је генерисао грешку.

Условни/безусловни улази - у LAD (и FBD) дијаграмима, блок или калем који је завистан од тока струје, представљен је са везом на неки елемент на левој страни. Блок или калем који је независан од тока струје, представљен је директним везивањем на леву шину извора напајања.

Инструкције поређења - извршавају се без обзира на стање тока струје. Ако нема тока струје (false), нема ни излаза (output is false). Ако постоји ток струје, излаз зависи од резултата поређења. Инструкције поређења се представљају као блокови, иако се операције обављају како контакт.

Бит логичке инструкције

Стандардни контакти могу бити Нормално отворени и Нормално затворени, а вредности добијају из меморије или регистра ако је тип податка I или Q. Нормално отворени контакт --||-- је затворен (укључен - on) када је бит једнак јединици, а Нормално затворени контакт --|/|-- је затворен (укључен - on) када је бит једнак нули.

Инструкција Негације --|NOT|-- мењају статус тока струје улаза, тј. мењају вредности из 1 у 0, или из 0 у 1.

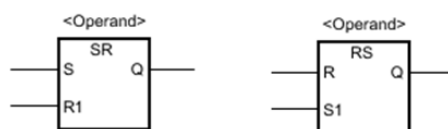
Bit logic	RESET_BF
-- --	SR
-- / --	RS
-- NOT --	-- P --
--()--	-- N --
--(O)--	--(P)--
--(R)--	--(N)--
--(S)--	P_TRIG
SET_BF	N_TRIG

Слика 463. - Бит логичке инструкције

Контакти Контролисање силазном ивицом операнда --|N|-- и Контролисање узлазном ивицом операнда --|P|-- контролишу сигнал у тренутка када сигнал мења стање, у првом случају са 1 на 0, а у другом случају са 0 на 1.

Инструкција Излазни калем--()-- се сетује појавом сигнала. Инструкције Излазни калем сетовања --(S)-- и Излазни калем ресетовања --(R)-- сетују (постављају, укључују) или ресетују (искључују) излаз у зависности од стања, логичка јединица или логичка нула.

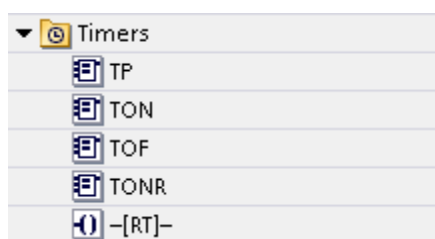
Инструкције доминантног сетовања „Set/reset flip-flop” (SR) и ресетовања „Reset/set flip-flop” (RS) су прекидачка кола са памћењем, где је сетовање, односно ресетовање доминантно. Ако су и сигнал сетовања (S) и ресетовања (R1) присутни (тачни), онда је и излаз тачан, односно нетачан, респективно.



Слика 464. - „Set/reset” и „Reset/set” флип-флон

Инструкције тајмера

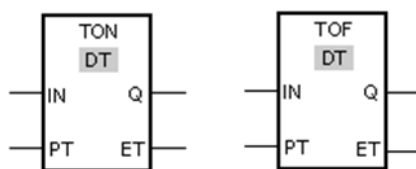
Тајмери који се најчешће користе и које ћемо укратко описати су Тајмер са кашњењем паљења (TON-On delay) и Тајмер са кашњењем гашења (TOF-On delay).



Слика 465. - Тајмери

Тајмер са кашњењем укључења (TON-On Delay)

TON тајмер инструкција броји време када је улаз укључен (ON). Након истека задатог периода времена по укључивању улаза, укључује се излаз. TON инструкција мери време од тренутка када се укључи улаз. Када је тренутна вредност већа или једнака преподешеној вредности PT, бит тајмера се укључује Q. Тренутна вредност TON тајмера се брише када се улаз искључи. Максимална вредност бројача тајмера је 2147483647ms.



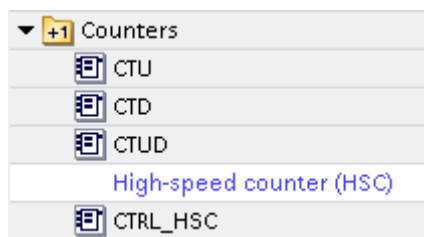
Слика 466. - „TON” и „TOF” тајмери

Тајмер са кашњењем искључења (TOF – Off Delay)

TOF тајмер се користи да се одложи искључење излаза за одређени период времена након што се улаз искључи. Након што се улаз укључи, бит тајмера се укључи, и тренутна вредност се поставља на нулу. Када се улаз искључи, тајмер мери док протекло време не достигне задату вредност. Када достигне задату вредност PT, бит тајмера се искључује и тренутна вредност престаје да расте. Међутим, ако се улаз опет укључи пре него што TOF достигне задату вредност, бит тајмера остаје укључен. Улаз, дакле, мора прећи из укљученог-у- искључено стање (on-to-off) да би TOF кренуо са мерењем.

Инструкције бројача

Бројачи „CTU” и „CTD” су најчешће у употреби.



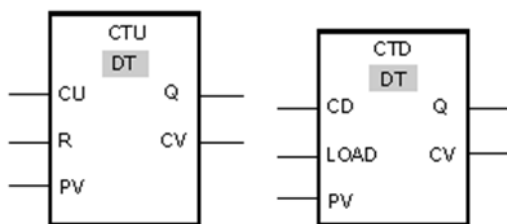
Слика 467. - Бројачи

Бројач на горе (Count up)

Инструкција *Бројач на горе (CTU)* броји на више, од тренутне вредности бројача, сваки пут када улаз *CU* промени стање из искљученог у укључено. Када је тренутна вредност већа или једнака преподешеној вредности *PV*, излаз бројача *Q* се укључи. Бројач се ресетује када се ресет улаз *R* укључи или када се изврши инструкција ресетовања. Када достигне максималну вредност од 32767, бројач се зауставља. Постоји још једна вредност, а то је тренутна вредност бројача *CV*.

Бројач на доле (Count down)

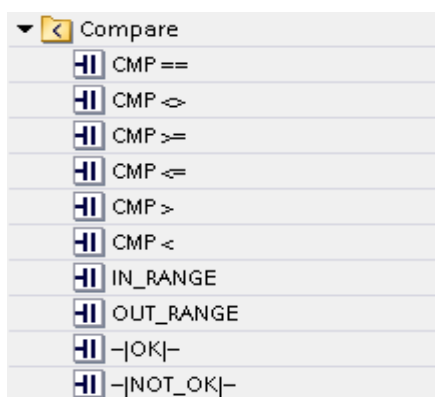
Инструкција *Бројач на доле (CTD)* броји на ниже од тренутне вредности бројача, сваки пут када улаз *CD* промени стање из искљученог у укључено. Када је тренутна вредност *CV* једнака нули, излаз бројача *Q* се укључи. Када се укључи *LOAD* улаз, бројач ресетује *CV* и учитава преподешену вредност *PV*. Када достигне нулту вредност, бројач се зауставља и бит бројача се укључује.



Слика 468. - Инструкције CTU и CTD бројача

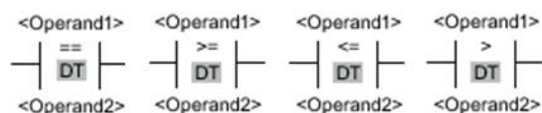
Инструкције поређења

Често приликом писања програма долазимо у ситуацију да неке добијене вредности треба упоредити да би се одређени процес завршио на жељени начин. Инструкције поређења нам служе баш за овај вид решавања проблема.



Слика 469. - Инструкције поређења

Инструкција *Једнако* ($CMP=$) служи да упоређи вредност $\langle Operand1 \rangle$ са вредношћу $\langle Operand2 \rangle$ и у случају да је испуњен услов пропушта сигнал даље. Исто важи и за све остале инструкције. Принцип је исти. Инструкција *Веће или једнако* ($CMP\geq$) упоређује да ли је прва вредност већа или једнака од друге, ако јесте пропустиће сигнал.



Слика 470. - Инструкције поређења $CMP=$, $CMP\geq$, $CMP\leq$ и $CMP>$

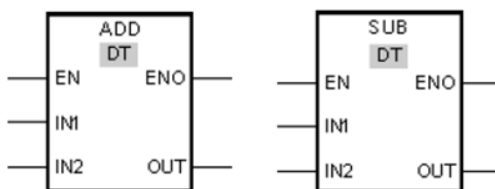
Математичке инструкције

Математичке инструкције користимо када желимо да манипулишемо са вредностима, било то да се односи на сабирање, одузимање, дељење или множење и чак неке компликованије математичке операције. Постоји велики број инструкција.

Math			
ADD	INC	SQR	TAN
SUB	DEC	SQRT	ASIN
MUL	ABS	LN	ACOS
DIV	MIN	EXP	ATAN
MOD	MAX	SIN	FRAC
NEG	LIMIT	COS	EXPT

Слика 471. - Математичке инструкције

Инструкција *Сабирање* (ADD) функционише по принципу $OUT = IN1 + IN2$. Када се изврши овај услов без грешке, на излазу ENO се јавља сигнал. Инструкција *Одузимање* (SUB) функционише по принципу $OUT = IN1 - IN2$. Када се изврши овај услов, на излазу ENO се јавља сигнал. Ове инструкције се извршавају само у случају појављивања сигнала на улазу EN .



Слика 472. - ADD и SUB инструкције

4.6.5. SIEMENS PLC S7-1200

Ново технолошко достигнуће SIEMENS-а јесте SIMATIC S7-1200 ПЛК, који је заснован на модуларном концепту и лако се прилагођава свим једноставним и оним мало захтевнијим апликацијама. SIMATIC S7-1200 је ПЛК који је засигурно безбедна инвестиција, контролер који је модуларан и компактан, разноврстан, па се самим тим

савршено уклапа у мноштво разних апликација. Скалабилан и флексибилан дизајн, комуникацијски интерфејсе који употпуњује највише стандарде у индустријској комуникацији, као и мноштво напредних функција чине овај контролер саставним делом комплетог и свеобухватног управљачког система.

Код новог SIMATIC-а, Siemens је нарочито развио савршену интеграцију између ПЛК-а, HMI-а и софтвера. Резултат тога је флексибилност и скалабилност S7-1200 ПЛК-а са којим се могу решавати и неки од најзахтевнијих процеса на машинама и производним линијама. За SIMATIC S7-1200 ПЛК и HMI постоји један софтвер за једноставно и брзо програмирање, умрежавање и конфигурацију, STEP7v10. SIMATIC S7 - 1200 PLC CPU јединице подржавају мноштво различитих улазно/излазних модула и комуникацијских картица. S7 - 1200 CPU се састоји од интегрираног PROFINET interface-а чиме се постиже једноставно умрежавање између „PC”- софтвера, контролера и HMI-а.



Слика 473. - „SIMATIC S7-1200 PLC”

Одлике:

- једноставан и ефикасан софтвер,
- скалабилан и флексибилан дизајн,
- интегрирани PROFINET interface,
- једноставно умрежавање,
- комуникација са страним уређајима,
- интегриране многе потраживане технологије,
- 100kHz улази за бројање и мјерење,
- 100kHz излази за позиционирање, регулацију брзине и цикличке операције,
- PLC-Опен готови функцијски блокови за управљање гигањем,
- ПИД инструкције у затвореној петљи,
- максимум 285 U/I.

Simatic S7 - 1200 је представљен помоћу три различите централне процесорске јединице CPU 1211C, CPU 1212C и CPU 1214C. У најкомплекснијој конфигурацији коју обезбеђује процесорска јединица CPU 1214C може се надоградити 8 сигналних модула и три комуникациона модула, чиме се добија конфигурација са укупно максималних 284 дигитална улаза/излаза, као и са укупно максималним 51-ним аналогним улазом/излазом. Оно што представља новину код архитектуре Simatic S7 - 1200 је мали хардверски додатак под називом signal board, помоћу кога се на једноставан и брз начин било која

процесорска јединица може проширити мањим бројем дигиталних и аналогних улаза и излаза.

Изабрани примери примене ПЛК

Задатак 1

Написати LAD програм за ПЛК, којим се на притисак тастера START стартује мотор, а на притисак тастера STOP, исти мотор зауставља.

Решење

Улазне променљиве су тастери „START_M” и „STOP_M”, а излазна променљива је „MOTOR”. У опцији *PLC tags* поставимо тагове за променљиве.

PLC tags						
		Name	Data type	Address	Retain	Comment
1		START_M	Bool	%I0.0	☐	Taster za startovanje motora
2		STOP_M	Bool	%I0.1	☐	Taster za zaustavljanje motora
3		MOTOR	Bool	%Q0.0	☐	Stanje motora
4					☐	

Слика 474. - PLC tags

На временском дијаграму можемо видети како се излазна величина мења на основу промене улазних вредности.



Слика 475. - Временски дијаграм

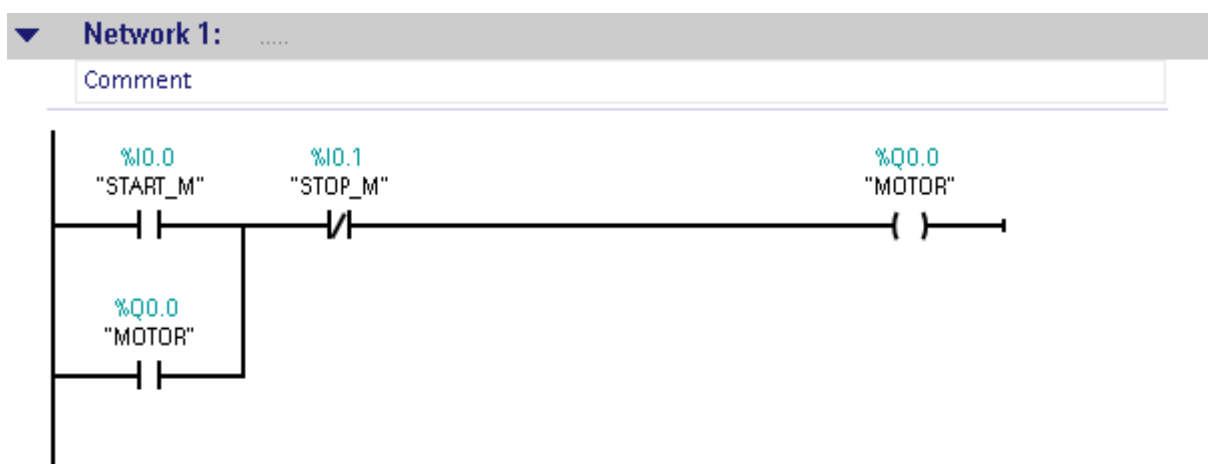
За писање овог програма користићемо бит логичке инструкције: *Нормално отворени контакт* (Normally open contact) – (1), *Нормално затворени контакт* (Normally closed contact) – (2) и *Излазни калем* (Output coil) – (3), као и опште инструкције: *Отварања гране* (Open branch) – (4) и *Затварања гране* (Close branch) – (5).



Слика 476. - Логичке инструкције

Превлачењем инструкција у *Network1* започињемо писање програма. На прво место постављамо бит логичку инструкцију Нормално отворени контакт и изнад ње, где је ознака <??.?>, унесемо променљиву „START_M”. У наставку додамо бит логичку инструкцију Нормално затворени контакт и изнад ње унесемо променљиву „STOP_M”. На крају гране додајемо бит логичку инструкцију Излазни калем и изнад ње уносимо променљиву „MOTOR”. Овако написан програм би радио тако што кад притиснемо

тастер за стартовање мотора, мотор би се укључио, али по пуштању тастера мотор би се искључио. Да би решили овај проблем, увешћемо нову грану која је паралелна са граном у којој се налази инструкција за „*START_M*”. Помоћу опште инструкције *Отварања гране* поставимо нову грану паралелно са претходном. На ову грану поставимо бит логичку инструкцију Нормално отворени контакт и изнад ње унесемо променљиву „*MOTOR*”. Општом инструкцијом *Затварање гране* затворимо грану између две бит инструкције „*START_M*” и „*STOP_M*” из прве гране. На овај начин смо омогућили да и по престанку деловања на тастер „*START_M*” мотор и даље ради, све док се не притисне тастер „*STOP_M*”. У овом задатку смо искористили принцип „самодржања”. Две паралелне гране представљају логичку *ILI* функцију.



Слика 477. - Network 1

Задатак 2

Написати програм за ПЛК којим се мотор покреће притиском на тастер и истим тастером зауставља.

Решење

Улазна променљива је тастер „*START_STOP_M*”, а излазна променљива је „*MOTOR*”. Помоћне променљиве су „*TrenutnaVred*”, „*CM1*” и „*CM2*”. У опцији *PLC tags* поставимо тагове за променљиве.

PLC tags						
	Name	Data type	Address	Retain	Comment	
1	START_STOP_M	Bool	%I0.0	☐	Taster za paljenje/gasenje motora	
2	MOTOR	Bool	%Q0.0	☐	Stanje motora	
3	TrenutnaVred	Int	%MW30	☐	Trenutna vrednost brojaca	
4	CM1	Bool	%M0.0	☐	Pomocna memorija	
5	CM2	Bool	%M0.1	☐	Pomocna memorija	

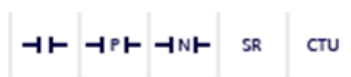
Слика 478. - PLC tags

На временском дијаграму можемо видети како се излазна величина мења на основу промене улазних вредности. Као што можемо видети стање излаза не зависи од дужине трајања улаза (деловања тастера).



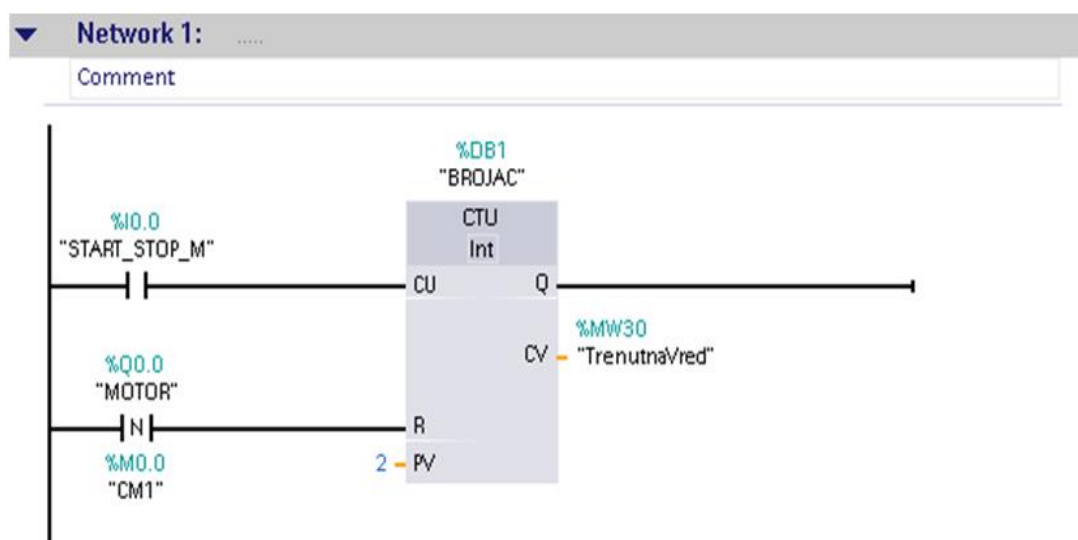
Слика 479. - Временски дијаграм

За писање овог програма користићемо бит логичке инструкције: *Нормално отворени контакт* (Normally open contact) – (1), *Контролисање улазном ивицом операнда* (Scan positive signal edge at operand) – (2), *Контролисање силазном ивицом операнда* (Scan negative signal edge at operand) – (3), *Set/reset флип-флон* (Set/reset flip-flop) – (4), као и инструкција бројача, *Бројач на горе* (Count up) – (5).



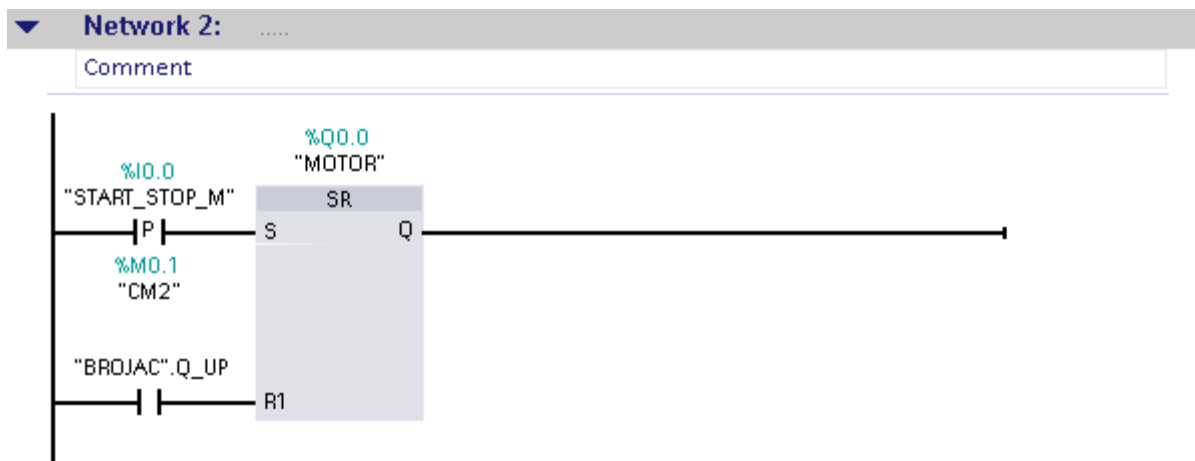
Слика 480. - Логичке инструкције

У пољу *Network1* поставимо инструкцију *Бројач на горе*. Отвориће се прозор *Call options* где *data block*-и дајемо назив „*BROJAC*” и потврдимо на *OK*. Изабрати да *Бројач на горе* буде *Int* (integer). На место у блоку са ознаком *CU* постављамо бит логичку инструкцију *Нормално отворени контакт* и изнад ње, где је ознака *<??.?>*, унесемо променљиву „*START_STOP_M*”. То представља улаз бројача. На место у блоку са ознаком *CV* унесемо променљиву „*Trenutna Vred*”. На овај начин смештамо на меморијску локацију *MW30* тренутну вредност бројача. На ознаку *R* поставимо бит логичку инструкцију *Контролисање силазном ивицом операнда*.



Слика 481. - Network 1

За горњу променљиву ставимо „*MOTOR*”, а за доњу помоћну променљиву „*CM1*”. Ознака R представља ресет улаз у бројач. На крају за жељену вредност, коју треба да достигне бројач, ставимо број 2 на место са ознаком PV. Q представља излаз из бројача. Излаз Q има вредност 0 све док бројач не достигне жељену вредност, а кад достигне жељену вредност, стање на излазу је 1.



Слика 482. - Network 2

У поље Network 2 постављамо бит логичку инструкцију *Set/reset флип-флоп*. Флип-флоп инструкцију сетујемо постављањем бит логичке инструкције *Контролисање улазном ивицом операнда* на место са ознаком S (Set), где за горњу променљиву узимамо „*START_STOP_M*”, а за доњу узимамо помоћну променљиву „*CM2*”. Флип-флоп инструкцију ресетујемо постављањем бит логичке инструкције *Нормално отворени контакт* на место са ознаком R1 и изнад ње унесемо променљиву „*BROJAC*”. *Q_UP* која представља излаз из бројача.

По укључивању ПЛК-а мотор је искључен, тренутна вредност бројача је нула. На притисак тастера „*START_STOP_M*” увећава се вредност бројача за један. Са преласком тастера из *Off* у *On* стање (Network 2) S улаз Флип - флоп инструкције добија сигнал и мотор се пали. Када престанемо са деловањем на тастер, ништа се неће променити, мотор ће и даље радити. Када поново притиснемо тастер, бројач увећава променљиву „*Trenutna Vred*” (Network 1) на два што је уједно и жељена вредност, створен је услов да се на излазу бројача појави сигнал, односно јединица. Појављивање јединице на излазу бројача проузрокује да се појави сигнал на Reset улазу (R1) у Флип-флоп инструкцију, што опет доводи до искључења мотора. Искључењем мотора у следећем циклусу скенирања својом силазном ивицом ресетује бројач (Network 2) и тиме се враћамо на почетно стање.

Задатак 3

Написати програм којим ће се обезбедити кашњење улазног сигнала од 2.5 секунде.

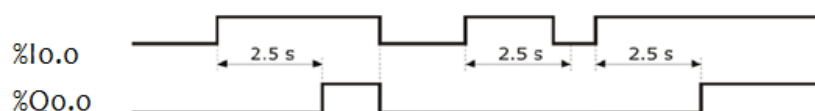
Решење

Улазна променљива је тастер „*ULAZ*”, а излазна променљива је „*IZLAZ*”. У опцији *PLC tags* поставимо тагове за променљиве.

PLC tags						
		Name	Data type	Address	Retain	Comment
1		ULAZ	Bool	%I0.0	☐	Ulazni element
2		IZLAZ	Bool	%Q0.0	☐	Izlazni element

Слика 483. - PLC tags

На временском дијаграму можемо видети како се излазна величина мења на основу промене улазних вредности. Као што можемо видети да стање излаза зависи од дужине трајања улаза (деловања тастера).



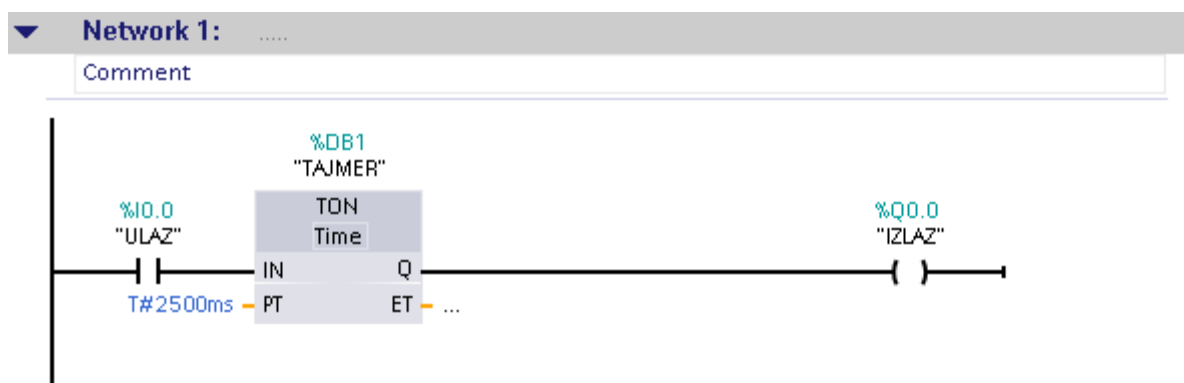
Слика 484. - Временски дијаграм

За писање овог програма користићемо бит логичке инструкције: *Нормално отворени контакт* (Normally open contact) – (1), излазни калем (Output coil) – (2), као и инструкцију тајмера, *Тајмер са кашњењем паљења* (TON - On delay) – (3).



Слика 485. - Логичке инструкције

У пољу *Network1* поставимо инструкцију *Тајмер са кашњењем паљења*. Отвориће се прозор *Call options*, где *data block*-и дајемо назив „*TAJMER*” и потврдимо на *OK*. На улаз у тајмер са ознаком *IN* постављамо бит логичку инструкцију *Нормално отворени контакт* и изнад ње, где је ознака *<??.?>*, унесемо променљиву „*ULAZ*”. На место у блоку са ознаком *PT* уписујемо вредност за колико ће милисекунди излазни сигнал каснити за улазним сигналом. Пошто је потребно кашњење од 2.5 секунде, унећемо вредност *2500*. Програм ће сам генерисати унуту вредност у облик *T # 2500 ms*. Излаз из тајмера је означен са *Q* и на њега постављамо бит логичку инструкцију *Излазни калем* и изнад ње унесемо променљиву „*IZLAZ*”.



Слика 486. - Network 1

Активирањем улазног контакта доводимо сигнал у тајмер. Тајмер ће одмерити 2.5 секунде и активирати излазни елемент.

Задатак 4

Написати програм којим излазни сигнал настаје 5 секунди после почетка улазног сигнала и који ће деловати још 7 секунди по престанку улазног сигнала.

Решење

Улазна променљива је тастер „ULAZ”, излазна променљива је „IZLAZ”, а помоћна променљива је „CM1”. У опцији *PLC tags* поставимо тагове за променљиве.

PLC tags						
		Name	Data type	Address	Retain	Comment
1		ULAZ	Bool	%I0.0	☐	Izlazni element
2		IZLAZ	Bool	%Q0.0	☐	Ulazni element
3		CM1	Bool	%M0.0	☐	Pomocna memorija

Слика 487. - PLC tags

На временском дијаграму можемо видети како се излазна величина мења на основу промене улазних вредности.



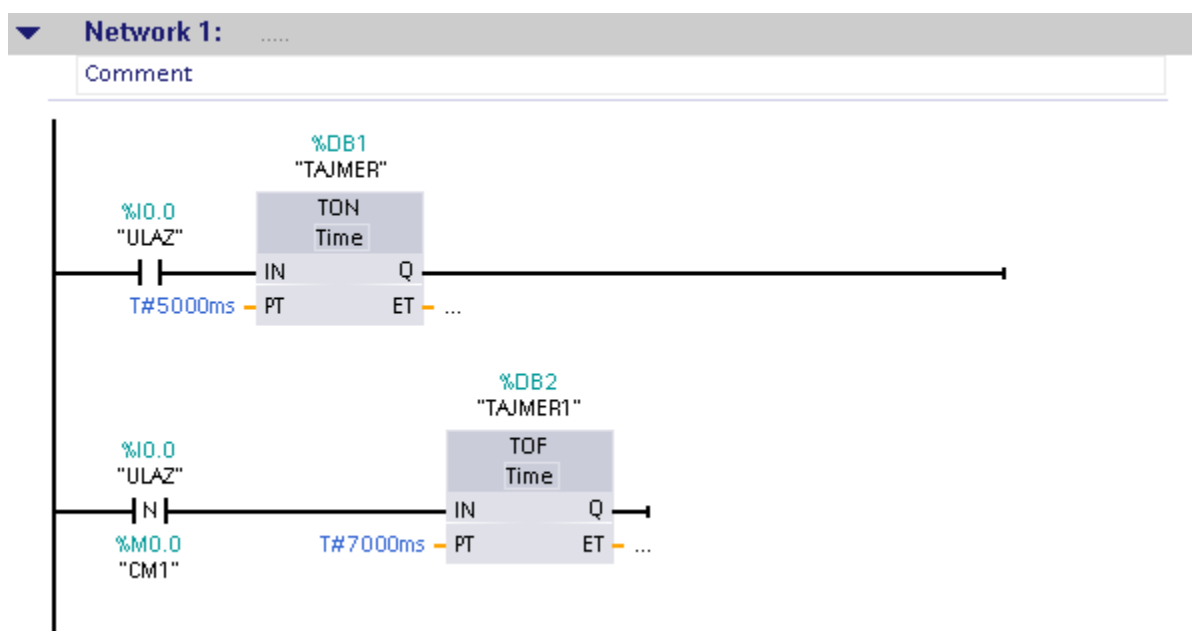
Слика 488. - Временски дијаграм

За писање овог програма користићемо бит логичке инструкције: *Нормално отворени контакт* (Normally open contact) – (1), *Излазни калем* (Output coil) – (2) и *Контролисање силазном ивицом операнда* (Scan negative signal edge at operand) – (3), онда инструкције тајмера: *Тајмер са кашњењем паљења* (TON-On delay) – (4) и *Тајмер са кашњењем гашења* (TOF-Off delay) – (5), као и опште инструкције: *Отварања гране* (Open branch) – (6) и *Затварања гране* (Close branch) – (7).



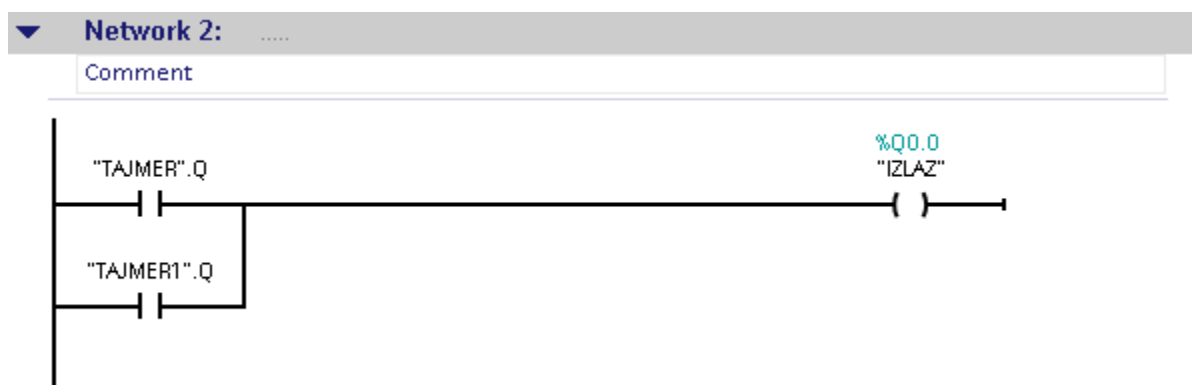
Слика 489. - Логичке инструкције

У пољу *Network 1* поставимо инструкцију *Тајмер са кашњењем укључења*. Отвориће се прозор *Call options*, где *data block*-и дајемо назив „TAJMER” и потврдимо на ОК. На улаз у тајмер са ознаком IN постављамо бит логичку инструкцију *Нормално отворени контакт* и изнад ње, где је ознака <???.?>, унесемо променљиву „ULAZ”. На место у блоку са ознаком PT уписујемо вредност за колико ће милисекунди излазни сигнал каснити за улазним сигналом. Пошто је потребно кашњење од 5 секунди, унећемо вредност 5000. Програм ће сам генерисати унуту вредност у облик T #5 000 ms.



Слика 490. - Network 1

Коришћењем опште инструкције *Отварања гране* отворићемо нову грану у коју ћемо поставити инструкцију *Тајмер са кашњењем искључења*. Отвориће се прозор *Call options*, где *data block*-и дајемо назив „*TAJMER1*” и потврдимо на *OK*. На улаз у тајмер са ознаком *IN* постављамо бит логичку инструкцију *Контролисање силазном ивицом операнда* и изнад ње унесемо променљиву „*ULAZ*”, а испод помоћну променљиву „*CM1*”. На место у блоку са ознаком *PT* уписујемо вредност за колико ће милисекунди излазни сигнал каснити за улазним сигналом. Пошто је потребно кашњење од 7 секунди, унећемо вредност 7000. Програм ће сам генерисати унуту вредност у облик *T # 7000 ms*.



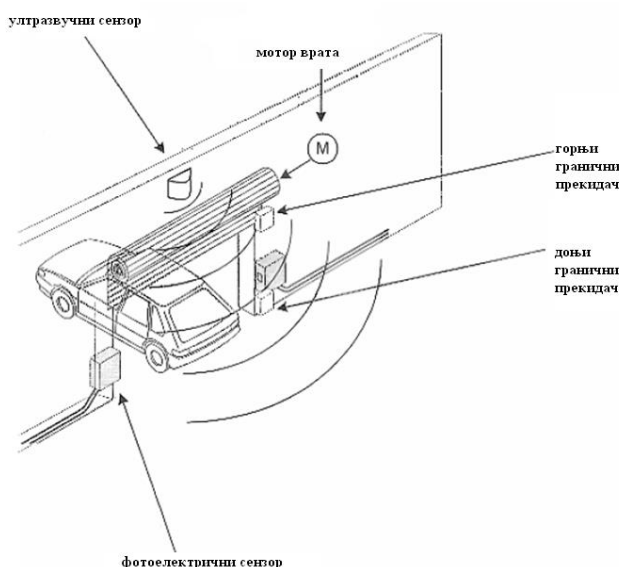
Слика 491. - Network 2

У *Network 2* постављамо инструкцију *Нормално отворени контакт* и изнад ње унесемо променљиву „*TAJMER*”.*Q*. Следећу инструкцију коју постављамо је инструкција *Излазни калем* и изнад ње унесемо променљиву „*IZLAZ*”. Помоћу опште инструкције отварања гране поставимо нову грану паралелно са претходном. На ову грану поставимо бит логичку инструкцију *Нормално отворени контакт* и изнад ње унесемо променљиву „*TAJMER 1*”. *Q*. Општом инструкцијом *Затварање гране* затворимо грану између инструкција „*TAJMER*”.*Q* и „*IZLAZ*” из прве гране.

На појаву улазног сигнала стартује се тајмер „*TAJMER*” који је описан у *Network1*. Након истека унете вредности од 5000 ms на излазу тајмера појавиће се сигнал који ће упалити „*IZLAZ*” преко контакта „*TAJMER*”*Q* који представља променљиву излаза из бројаца „*TAJMER*” (*Network 2*). У другој грани након престанка деловања улазног сигнала на силазну ивицу улазног сигнала стартује се тајмер „*TAJMER1*” који дефинише време које прође од искључења улазног сигнала до искључења излазног сигнала. Након што истекне време тајмера од 7000 ms његов излаз ће се искључити. У *PLI* логичкој функцији пошто су излази из тајмера „*TAJMER*”*Q* и тајмера „*TAJMER*”*Q* логичке нуле „*IZLAZ*” ће се искључити.

Задатак 5

Написати програм којим се управља отварањем и затварањем врата складишта. Као детектор возила користи се ултразвучни сензор/прекидач. Одвојени фотосензори детектују пролаз возила преко светлосног зрака. Као одзив ових сигнала, управљачка кола генеришу сигнале који погоне моторе који спуштају ли подижу врата.



Слика 492. - Скица положаја

Решење

Улазне променљиве су „*Ultra Zvucni Senzor*”, „*Senzor Gornjeg Pol*”, „*Senzor Donjeg Pol*” и „*Foto Senzor*”, излазне променљиве су „*Motor Na Gore*” и „*Motor Na Dole*”, док је помоћна променљива „*CM1*”. У опцији *PLC tags* поставимо тагове за променљиве.

PLC tags						
	Name	Data type	Address	Retain	Comment	
1	UltraZvucniSenzor	Bool	%I0.0	☐	Detektuje dolazak vozila	
2	SenzorGornjegPol	Bool	%I0.1	☐	Senzor gornjeg polozaja vrata	
3	SenzorDonjegPol	Bool	%I0.2	☐	Senzor donjeg polozaja vrata	
4	FotoSenzor	Bool	%I0.3	☐	Detektuje prolazak vozila	
5	MotorNaGore	Bool	%Q0.0	☐	Motor pokrece vrata na gore	
6	MotorNaDole	Bool	%Q0.1	☐	Motor pokrece vrata na dole	
7	CM1	Bool	%M0.0	☐	Pomocna promenljiva	

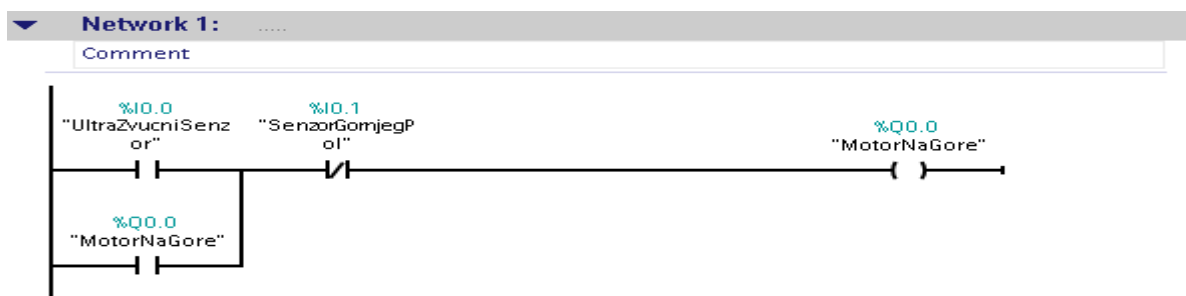
Слика 493. - PLC tags

За писање овог програма користићемо бит логичке инструкције: *Нормално отворени*

контакт (Normally open contact) – (1), Нормално затворени контакт (Normally closed contact) – (2), Контролисање силазном ивицом операнда (Scan negative signal edge at operand) – (3), и Излазни калем (Output coil) – (4); инструкцију тајмера, Тајмер са кашњењем укључења (TON-On delay) – (5) као и опште инструкције: Отварањагране (Open branch) – (6) и Затварањагране (Close branch) – (7). (Слика Z9.2.)



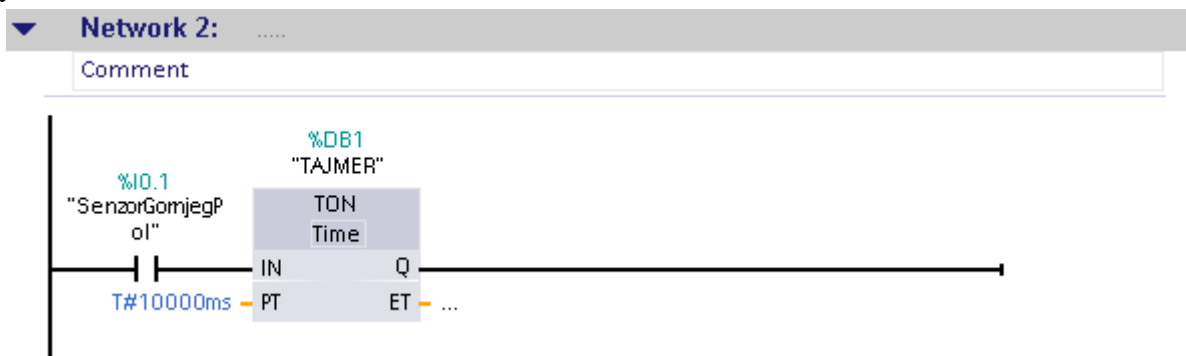
Слика 494. - Логичке инструкције



Слика 495. - Network 1

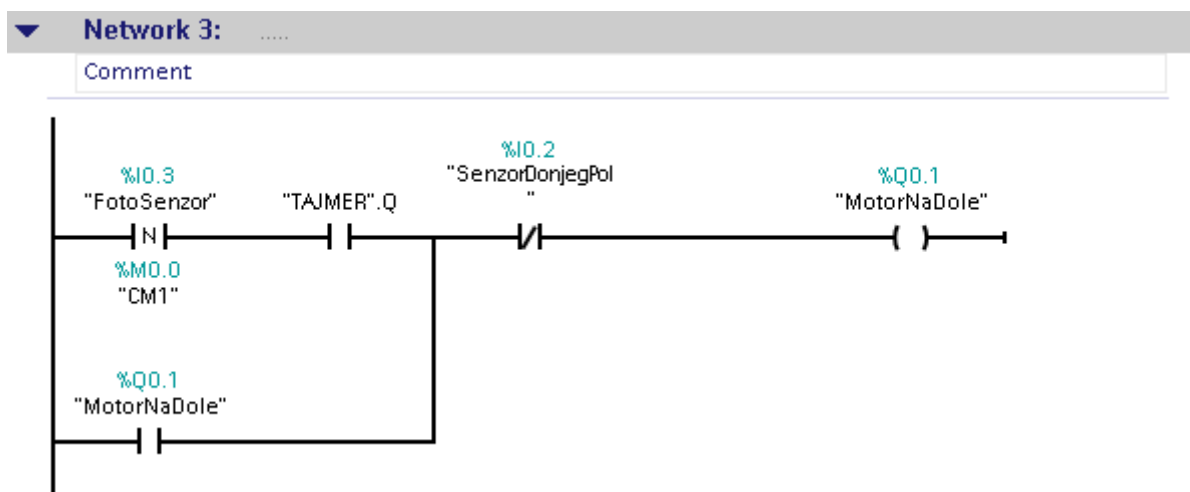
Поставимо бит логичку инструкцију *Нормално отворени контакт* у Network 1 и изнад ње, где је ознака <??.?>, унесемо променљиву „Ultra Zvucni Senzor”. До ње поставимо још једну инструкцију *Нормално затворени контакт* и изнад ње унесемо променљиву „Senzor Gornjeg Pol”. На крају гране додајемо бит логичку инструкцију *Излазни калем* и изнад ње уносимо променљиву „Motor Na Gore”. Помоћу опште инструкције *Отварање гране* поставимо нову грану паралелно са претходном. На ову грану поставимо бит логичке инструкције *Нормално отворени контакт* и изнад ње унесемо променљиву „Motor Na Gore”. Општом инструкцијом *Затварање гране* затворимо грану између две бит инструкције „Ultra Zvucni Senzor” и „Senzor Gornjeg Pol” из прве гране.

У пољу Network 2 поставимо инструкцију *Тајмер са кашњењем укључења*. Отвориће се прозор *Call options* где *data block*-и дајемо назив „TAJMER” и потврдимо на ОК. На улаз у тајмер са ознаком IN постављамо бит логичку инструкцију *Нормално отворени контакт* и изнад ње унесемо променљиву „Senzor Gornjeg Pol”. На место у блоку са ознаком PT уписујемо вредност за колико ће милисекунди излазни сигнал каснити за улазним сигналом. Унећемо вредност 10000. Програм ће сам генерисати унуту вредност у облик T#10000 ms.



Слика 496. - Network 2

У Network 3 поставимо инструкцију *Контролисање силазном ивицом операнда* и за променљиву узмемо „Foto Sensor” коју уписујемо изнад инструкције, док испод уписујемо помоћну променљиву „CM1”. До ове инструкције постављамо инструкцију *Нормално отворени контакт* изнад које уносимо променљиву излаза из тајмера „TAJMER”.Q. Следећа инструкција коју постављамо на грану је *Нормално затворени контакт* изнад које уносимо променљиву „Senzor Donjeg Pol”, И на крају гране постављамо инструкцију *Излазни калем* и изнад ње уносимо променљиву „Motor Na Dole”. Помоћу инструкција *Отварање гране* и *Затварање гране* формирамо паралелну грану на коју поставимо инструкције *Нормално отворени контакт*, чија је променљива „Motor Na Dole”.

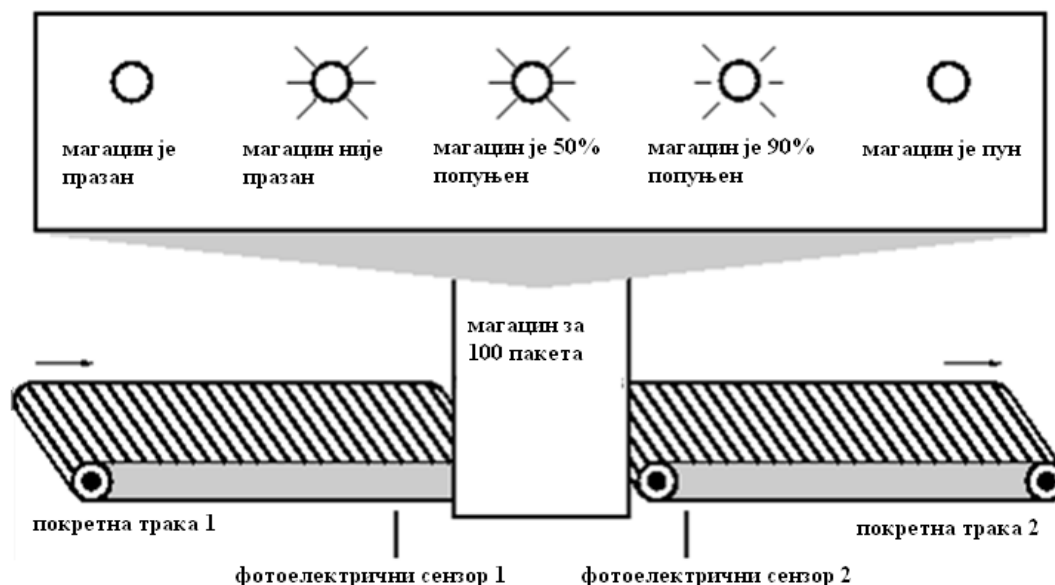


Слика 497. - Network 3

Долазак возила детектује се ултразвучним сензором „Ultra Zvucni Senzor” и уколико сензор горњег положаја врата „Senzor Gornjeg Pol” није активиран, шаље се сигнал за укључивање мотора који покреће врата на горе „Motor Na Gore”. Паралелна грана одржава мотор укљученим принципом „самодржања” све док се не активира сензор горњег положаја врата „Senzor Gornjeg Pol”. (Network 1) Када је активиран сензор горњег положаја врата „Senzor Gornjeg Pol”, укључује се тајмер који одбројава 10 секунди. (Network 2) На овај начин смо одредили минимално време за које ће се задржати врата отворена. Након истека 10 секунди („TAJMER”.Q) и проласка возила које је детектовао фото - сензор „Foto Sensor” својом силазном ивицом стартује се мотор који спушта врата на доле „Motor Na Dole”. Стављањем прекидача са променљивом „Motor Na Dole” „самодржањем” врата ће се спуштати све док се не активира сензор доњег положаја врата „Сензор Доњег Пол”. (Network 3)

Задатак 6

Написати програм за систем са две покретне траке и између којих се налази привремено складиште (магацин). *Покретна трака 1* смешта робу у магацин, а сензор који се налази на крају покретне траке детектује колико робе је допремљено у магацин. *Покретна трака 2* транспортује робу из привременог складишта (магацина) до дела где купац може преузети робу, односно до места за утовар. Фото - електрични сензор детектује на крају *покретне траке 2* колико је изашло робе из магацина. Екран са пет индикаторских светилки даје нам информацију о попуњености магацина.



Слика 498. - Скица положаја

Решење

Улазне променљиве су „Senzor ULAZ”, „Senzor IZLAZ”, „RESET” и „LOAD”, излазне променљиве су „Magacin Pun”, „Magacin Prazan”, „Magacin Nije Prazan”, „Magacin 50%” и „Magacin 90%”, док су помоћна променљива „Broj Paketa”. У опцији PLC tags поставимо тагове за променљиве.

PLC tags					
	Name	Data type	Address	Retain	Comment
1	SenzorULAZ	Bool	%I0.0	☐	Foto-elektricni senzor na ulazu
2	SenzorIZLAZ	Bool	%I0.1	☐	Foto-elektricni senzor na izlazu
3	RESET	Bool	%I0.2	☐	Taster za resetovanje brojaca
4	LOAD	Bool	%I0.3	☐	Load ulaz
5	BrojPaketa	UInt	%MW32	☐	Trenutni broj paketa u magacinu
6	MagacinPun	Bool	%Q0.0	☐	Signalna lampica popunjenosti magacina
7	MagacinPrazan	Bool	%Q0.1	☐	Signalna lampica popunjenosti magacina
8	MagacinNijePrazan	Bool	%Q0.2	☐	Signalna lampica popunjenosti magacina
9	Magacin50%	Bool	%Q0.3	☐	Signalna lampica popunjenosti magacina
10	Magacin90%	Bool	%Q0.4	☐	Signalna lampica popunjenosti magacina

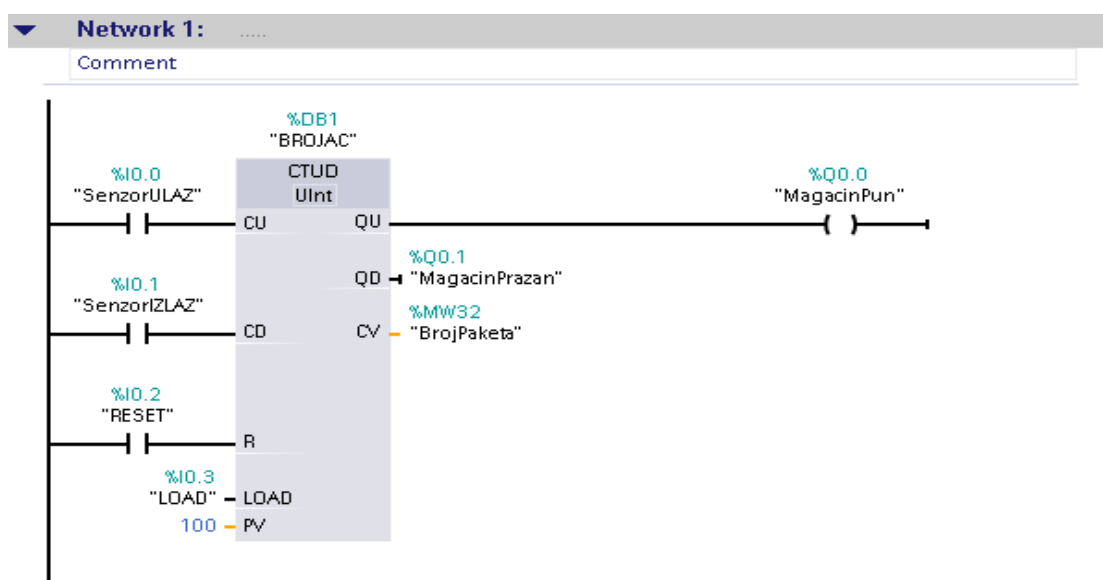
Слика 499. - PLC tags

За писање овог програма користићемо бит логичке инструкције: *Нормално отворени контакт* (Normally open contact) – (1), *Нормално затворени контакт* (Normally closed contact) – (2) и *Излазни калем* (Output coil) – (3); инструкцију бројача, *Бројач на горе и на доле* (Count up and down) – (4); инструкцију поређења: *Веће или Једнако* (Greater or equal) – (5) и *Мање од* (Less than) – (6).



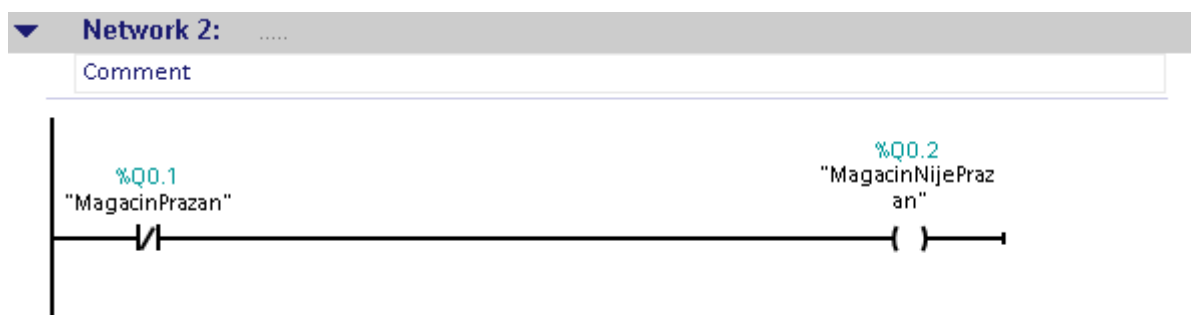
Слика 500. - Логичке инструкције

У *Network 1* поставимо инструкцију бројача, *Бројач на горе и на доле*. Отвориће се прозор *Call options*, где *data block*-и дајемо назив „*BROJAC*” и потврдимо на *OK*. На улаз за увећање бројача *CU* поставимо инструкцију *Нормално отворени контакт*, где је променљива „*Senzor ULA*” а на улаз за умањење бројача *CD* поставимо инструкцију *Нормално отворени контакт*, где је променљива „*Senzor IZLAZ*”. На улазу за ресет *R* поставимо инструкцију *Нормално отворени контакт*, где је променљива „*RESET*”. Жељена вредност до које бројач броји се уписује на место са ознаком *PV* и то је вредност *100*. На излаз из бројача, када достигне жељену вредност или по ознаци *QU* доводи се инструкција *Излазни калем*, где је променљива „*MagacinPun*”. На излаз из бројача, када је вредност бројача нула или по ознаци *QD*, постављамо променљиву „*Magacin Prazan*”. На место са ознаком *CV* (тренутна вредност) постављамо променљиву „*Broj Paketa*”.



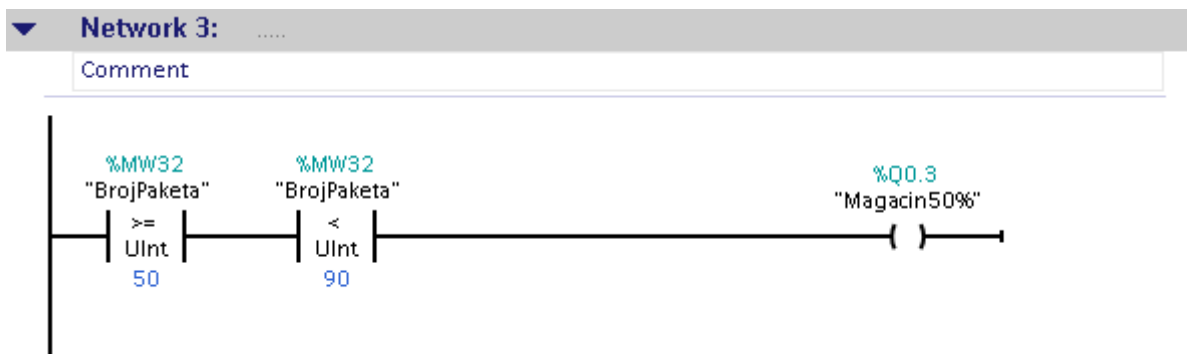
Слика 501. - Network 1

У *Network 2* постављамо инструкцију *Нормално затворени контакт* и изнад ње унесемо променљиву „*Magacin Prazan*”. Следећу инструкцију, коју постављамо је инструкција *Излазни калем* и изнад ње унесемо променљиву „*Magacin Nije Prazan*”.



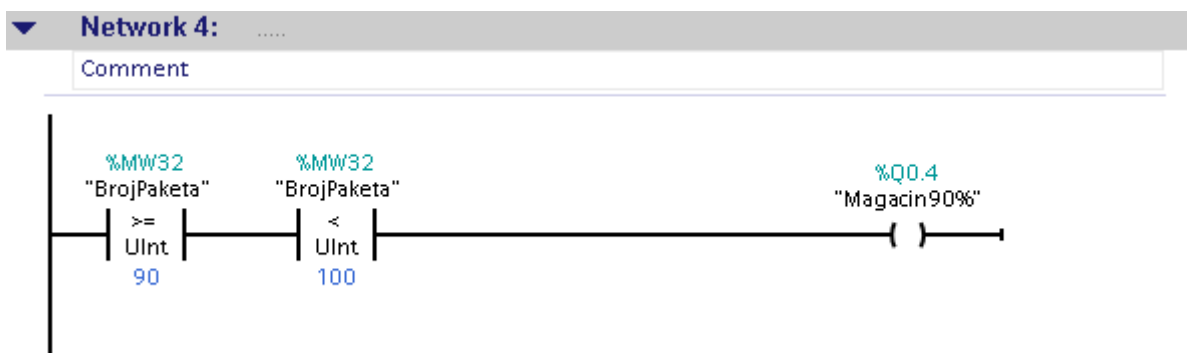
Слика 502. - Network 2

Поставимо инструкцију поређења *Веће или Једнако* у *Network 3*, где је променљива коју уписујемо изнад инструкције „*Broj Paketa*”. Поредимо је са вредношћу 50, коју уписујемо испод инструкције. Додамо још једну инструкцију поређења *Мање од*, где је променљива коју уписујемо изнад инструкције „*Broj Paketa*”, а коју поредимо са вредношћу 90, што је уписано испод инструкције. На крају гране поставимо *Изазми калем* изнад којег уносимо променљиву „*Magacin 50%*”.



Слика 503. - Network 3

У *Network 3* поставимо инструкцију поређења *Веће или Једнако*, где је променљива коју уписујемо изнад инструкције „*BrojPaketa*”, а коју поредимо са вредношћу 90, што се уписује испод инструкције. Додамо још једну инструкцију поређења *Мање од*, где је променљива коју уписујемо изнад инструкције „*Broj Paketa*”, а коју поредимо са вредношћу 100, што је уписано испод инструкције. На крају гране поставимо *Изазми калем* изнад којег уносимо променљиву „*Magacin 90%*”.



Слика 504. - Network 4

У овом програму ћемо користити бројач који истовремено броји и пакете који улазе у магацин и који излазе из њега. Кад одреагују сензори, шаљу сигнал на улазе бројача и повећавају, односно смањују тренутну вредност. Пре него што у магацин уђе први пакет, тренутна вредност бројача биће нула, што значи да ће на излазу *QD* постојати сигнал који ће упалити лампицу „*Magacin Prazan*”. Исто тако, када тренутна вредност достигне 100 пакета, на излазу *QU* појавиће се сигнал који ће активирати лампицу „*Magacin Pun*”. (Network 1). У Network 2 можемо видети да онога тренутка, када уђе први пакет у магацин, активираће се лампица „*Magacin Nije Prazan*”. У Network 3, када су испуњени услови у инструкцијама поређења да тренутна вредност бројача се налази у опсегу од 50 до 90 пакета, активираће се лампица „*Magacin 50%*”. Исто важи и за Network 4, само што

су вредности између 90 и 100 пакета. У том случају активираће се лампица „*Magacin 90%*“. Тастером „*RESET*“ се ресетује бројач.

4.7. ПРОГРАМИРАЊЕ ПЛК

Софтвер који ћемо користити овом приликом је *Step7v10.5*.

Процес програмирања ПЛК-а можемо представити у четири корака. У првом кораку креирамо пројекат. У другом кораку подешавамо конфигурацију уређаја и мреже и креирамо сам програм, односно исписујемо ледер дијаграм. У трећем кораку програм који смо написали, пребацујемо у сам ПЛК. И у четвртном кораку надгледамо процес.

4.7.1. КРЕИРАЊЕ НОВОГ ПРОЈЕКТА

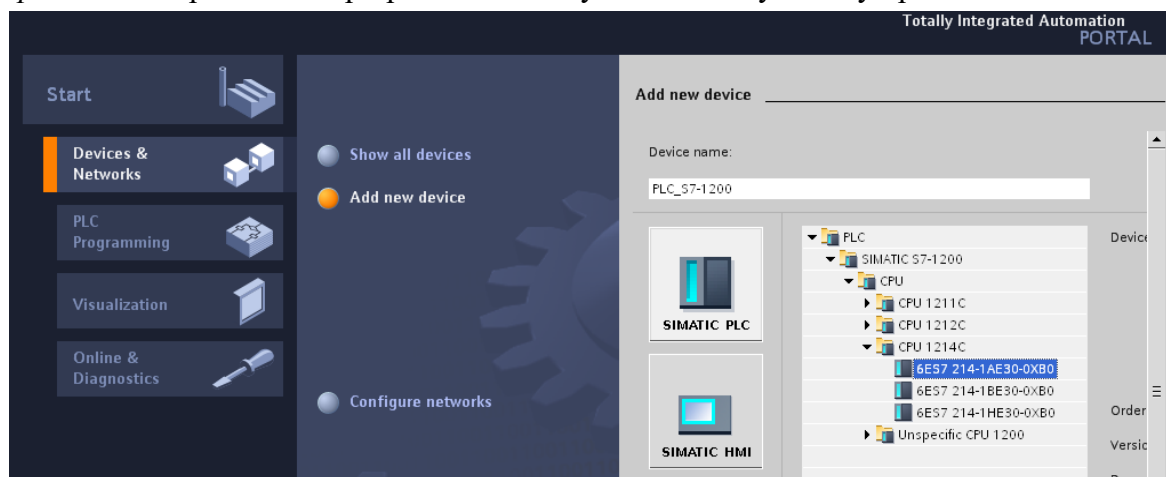
По стартовању програма на екрану ћемо имати портал, где под ставком *Start* изберемо команду *Create new project* да бисмо креирали нови пројекат. Задајемо назив пројекту, локацију за чување пројекта, име аутора и кратак опис. Све потврдимо на дугме *Create*. (slika R7.)



Слика 505. - Креирање новог пројекта

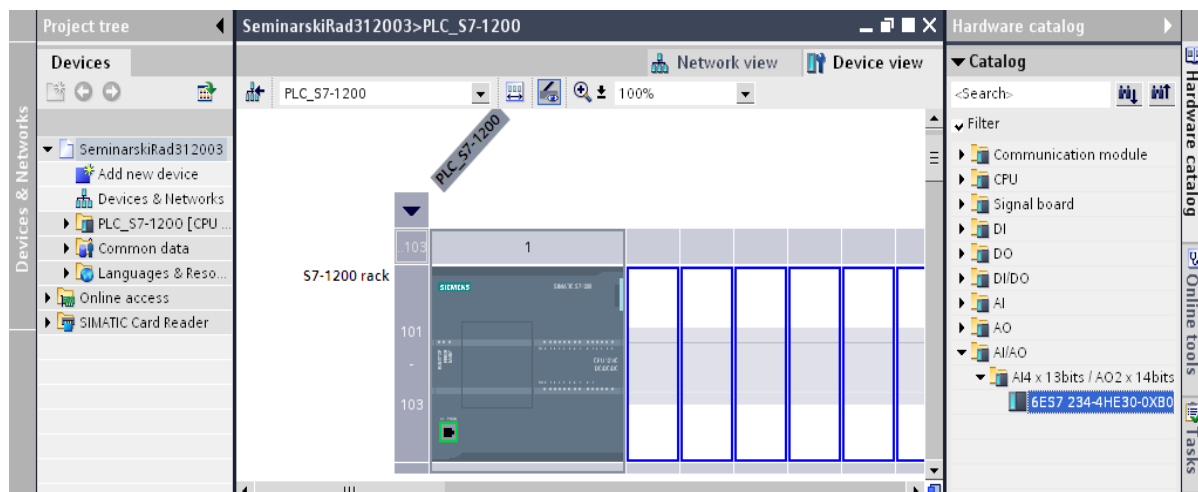
4.7.2. ПОДЕШАВАЊЕ УРЕЂАЈА И МРЕЖЕ

Када је пројекат успешно креиран, следи подешавање уређаја. То су ПЛК и додатни модул за аналогне улазе и излазе и мреже. Под ставком *Devices & Networks* изберемо команду *Add new device*. У десном делу прозора дајемо назив уређају, затим изберемо иконицу SIMATIC PLC и у листи са процесорима (CPU) нпр. изберемо CPU 1214C са ознаком 6ES7 214-1AE30-0XB0, која представља модел *CPU 1214C DC/DC/DC који се користи*. Потврдимо избор притиском на дугме *Add*. Ову ознаку прочитати са ПЛК.



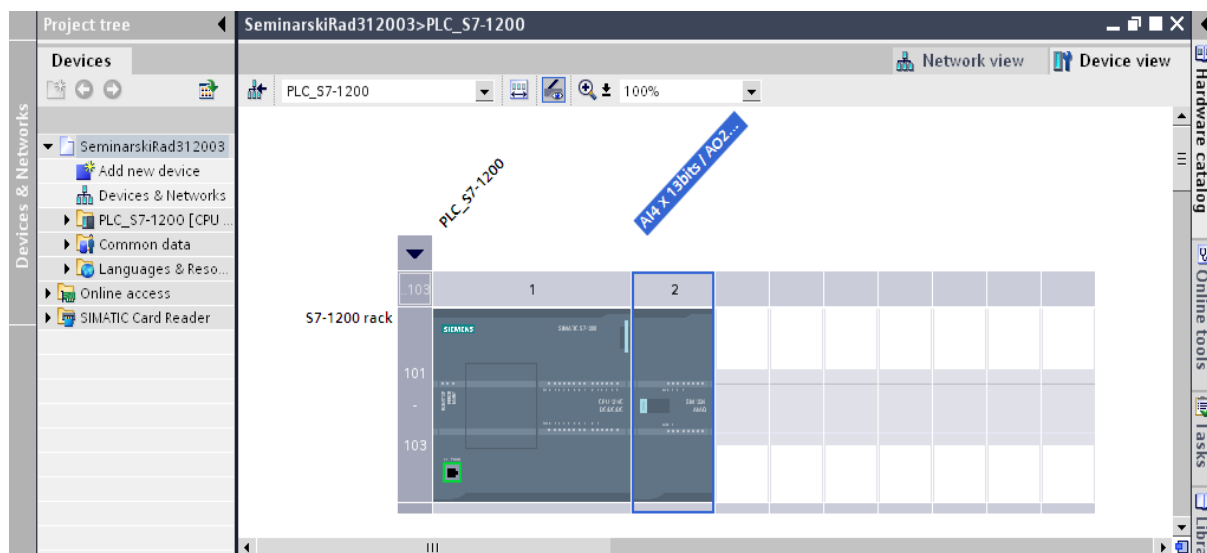
Слика 506. - Додавање уређаја

У делу прозора под називом *Project tree* изаберемо опцију *Devices & Networks* и под картицом *Device view* можемо погледати визуелно како изгледа PLC након његовог додавања у пројекат. Иначе, овај прозор се аутоматски отвара након додавања PLC-а. Сада треба додати модул за аналогне улазе и излазе. На десној страни прозора налази се каталог са уређајима *Hardware catalog*, где изаберемо последњу групу уређаја *AI/AO*, аналогни улази и излази, па нпр. изаберемо уређај *AI4x13bit/AO2x14bit* под ознаком *6ES7 234-4HE30-0XB0*. Видети који се аналогни улази користе.



Слика 507. - Додавање модула

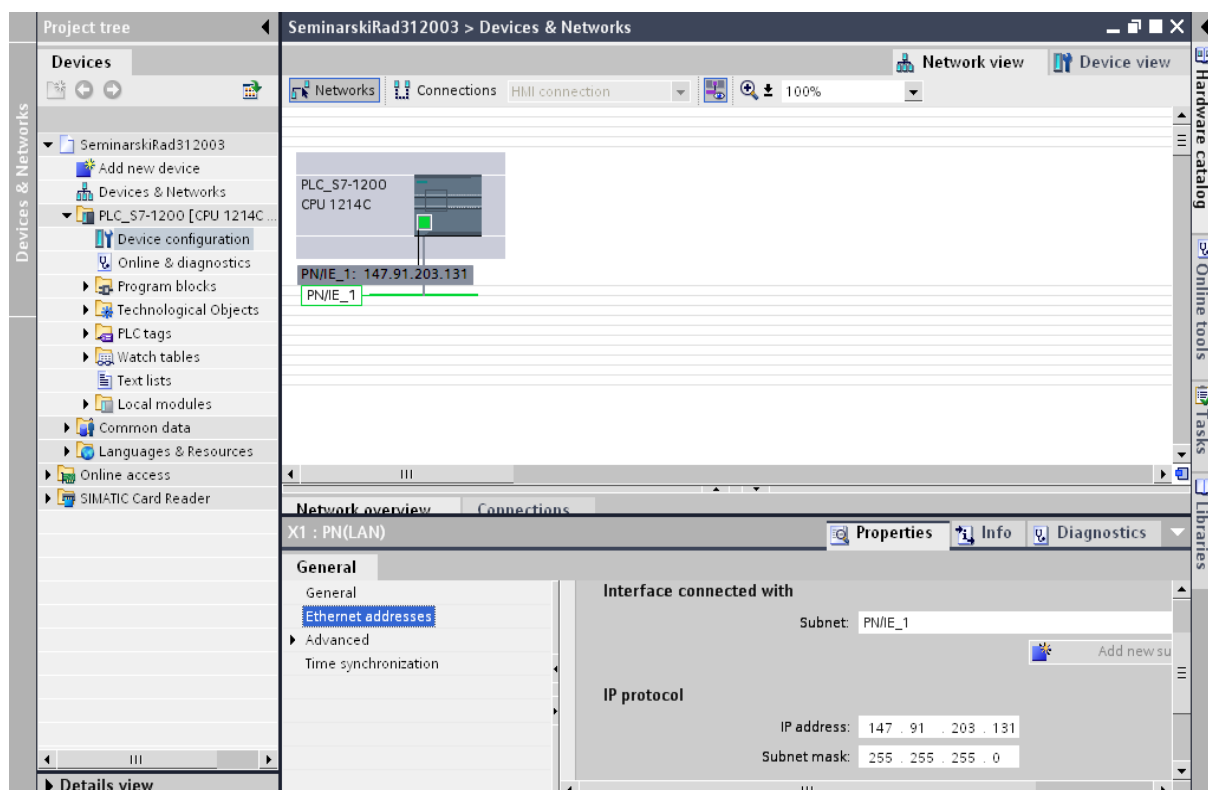
Изаберемо и превучемо уређај до слободног поља, до графичког приказа самог ПЛК уређаја S7-1200.



Слика 508. - Изглед додатих уређаја

Пошто смо додали уређаје, сад треба и да их повежемо са рачунаром. У делу прозора под називом *Project tree* изаберемо опцију *Devices & Networks* и изаберемо картицу *Network view*. Десним тастером миша притиснемо на површину уређаја и у падајућем менију изаберемо *Create subnet*. Појавиће се зелена линија са ознаком *PN/IE_1*. На дну у

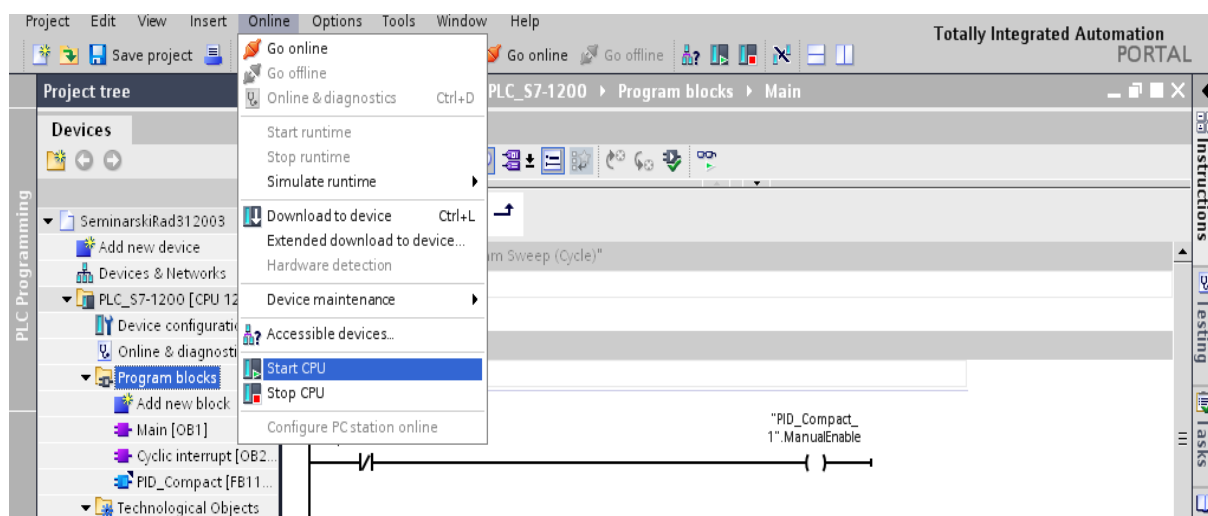
прозору *X1: PN(LAN)* изаберемо картицу *Properties*, па картицу *General*, изаберемо *Ethernet addresses* и под пољем *IP addresses* унесемо адресу уређаја, нпр. *147.91.203.131*. Видети која је адреса.



Слика 509. - Изглед мреже

4.7.3. ПУШТАЊЕ У РАД СИСТЕМА

Најбитнији део рада је да све што смо до сада урадили проверимо да ли ради. У командној линији изаберемо *Online*, па *Start CPU*. Са овим поступком ПЛК је спреман за рад.



Слика 510. - Стартовање ПЛК

5. ПРОЈЕКТОВАЊЕ, МОНТАЖА, ИСПИТИВАЊЕ И ОДРЖАВАЊЕ МЕХАТРОНСКИХ КОМПОНЕНАТА И СИСТЕМА

Кључне речи: пројектовање, монтажа, тестирање, одржавање, мехатронске компоненте

5.1. ПРОЈЕКТОВАЊЕ МЕХАТРОНСКИХ СИСТЕМА

Пројектовање почиње добијањем ПРОЈЕКТНОГ ЗАДАТКА од будућег корисника система. Корисник ће обично расписати ТЕНДЕР (лицитацију) и од више пројеката изабрати најбољи.

Пројектни задатак садржи одговоре на питања:

1. Где ће се уградити систем (аутомобил, авион, струг, термо-електрана...)
2. Колико времена ради систем (повремено, 24/7, у две смене...)
3. Каква је околина (Антарктик, Африка, у мору, прљава околина...)
4. Шта ради, на какве отпоре и оптерећења наилази, ходови, углови, брзине...
5. Ко ће послуживати и одржавати систем током експлоатације.

После проучавања пројектног задатка приступа се процесу пројектовања:

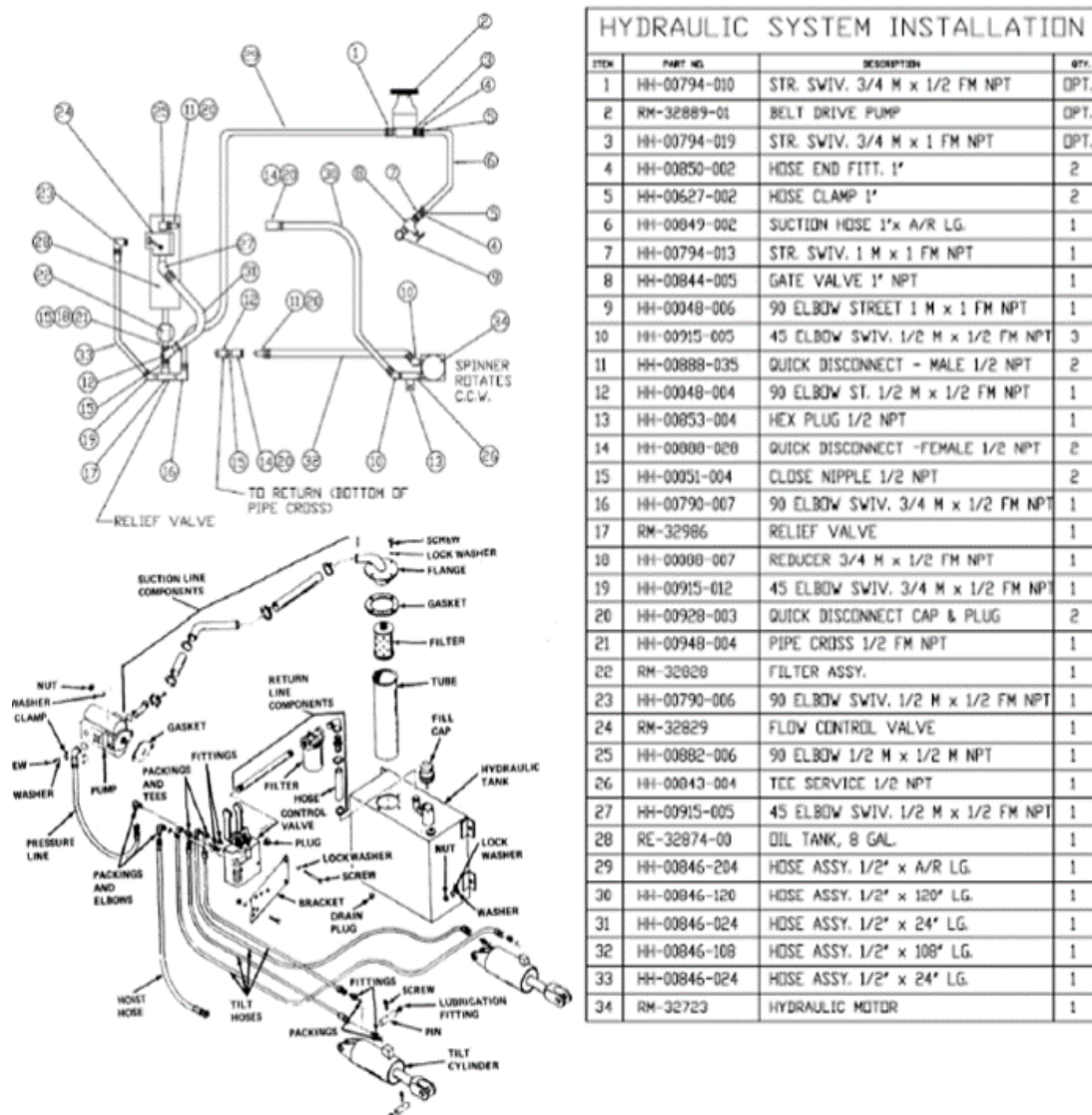
- идејно решење,
- пнеуматске, електричне и друге шеме система,
- избор стандардних компоненти,
- тродимензионално моделовање нестандартних компоненти,
- прорачун параметара система (пре свих притисак и проток),
- израда модела система ради промоције пројекта,
- изради детаљних цртежа,
- израда монтажних цртежа и упутства за монтажу,
- детаљна анализа система,
- прорачун трошкова, односно цене система, укључујући пројектовање, монтажу, одржавање, обуку послужилаца итд.
- израда и испитивање прототипа.

Анализа система обухвата различите прорачуне и провере:

- статички, кинематски и динамички прорачун компоненти,
- прорачун хидрауличних параметара, у првом реду протока и притиска,
- веза масе делова система са хидрауличним и механичким параметрима (закључено је да је најповољнији притисак у систему 300 bar са становишта масе система и силе коју производи),
- термодинамичка провера, енергетски биланс,
- енергетска ефикасност,
- еколошки параметри (бука, загађења...),
- провера цурења, кавитације, пада притиска, степена корисности.

5.2. МОНТАЖА МЕХАТРОНСКИХ СИСТЕМА

Монтажа се врши према упутству произвођача, чија је основа монтажни цртеж (шематски или 3D модел), са спецификацијом делова. Најчешће се користи универзални алат. Осим малих система, уградња се врши на лицу места. Понекад постоје посебни захтеви, нпр. монтажа серво разводника врши се у апсолутно чистој околини. Пример је дат на слици 511.



Слика 511. - Упутство за монтажу хидрауличних компонента

5.3. ИСПИТИВАЊЕ КОМПОНЕНАТА

За проверу компоненти, прототипа система или проверу система који ради, користи се ПРОБНИ СТО, посебно направљени систем са одговарајућим мерним инструментима.

При пројектовања хидрауличног система користе се посебни програмски пакрети, који омогућавају: цртање симболичке шеме система, генерисање функционалне шеме,

симулација рада система, дефинисање параметара система ради симулирања њихових вредности током рада система, симулација управљања системом.



Слика 512. - Пробни сто за проверу компонената

Испитивањем се утврђују карактеристике и исправност компоненти и система у целини. Мере се различити параметри (притисак, проток, брзина, број обртаја, снага, обртни момент, температура...).

Испитивање се врши пре уградње и током експлоатације као мера текућег одржавања, може бити на пробном столу у лабораторијама или на месту уградње мерним уређајима за проток, притисак...

За испитивање на лицу места најчешће се користе комбиновани, преносни уређаји, којима се брзо и једноставно снимају основни параметри у појединим деловима система.



Слика 513. - Преносни уређаји за проверу компонената

5.4. ОДРЖАВАЊЕ КОМПОНЕНАТА И СИСТЕМА

У основно хидраулично одржавање спадају мере и радње које се спроводе током рада система у циљу спречавања појаве и отклањања сметњи у раду и кварова. Мере одржавања препоручује произвођач.

Неке од тих мера су:

- контрола нивоа радне течности у резервоару,

- замена радне течности (први пут после 200 радних часова, касније после 2000 до 6000, према препоруци произвођача),
- замена или чишћење улошка филтера,
- контрола вентила сигурности,
- редовно мерење параметара система (притисак, проток),
- контрола цурења,
- замена заптивки према препоруци произвођача,
- отклањање неисправности у случају појаве сметњи или отказа, при чему се често користи табела кварова.

Пример квара „Пумпа сувише бучна”, дат је у табели 31.

Табела 31. - Пумпа сувише бучна

Узрок неисправности	Поступак
Низак ниво уља	Напуни резервоар. Провери цурење. Испразни и испри систем.
Превелика вискозност уља	Замени „лакпим” уљем
Превелика брзина пуме	Покрени пумпу препорученом брзином
Усисни вод загушен	Очисти и замени водове између резервоара и пумпе
Талог у пумпи	Растави и очисти пумпу. Замени оштећене делове. Откриј узроке појаве талога.
Одушак резервоара загушен	Очисти одушке
Ваздух у уљу	Притегни или замени усисни вод. Провери заптивку вратила пумпе.
Истрошени лежајеви вратила пуме	Замени делове или целу пумпу. Ако је истрошеност ненормално велика, ишчитај узроке.
Поломљени или оштећени делови пуме	Поправи или замени пумпу. Испитај узроке оштећења или појаве превеликог притиска.
Зарибавање делова	Замени деформисане делове или целу пумпу.

5.4.1. ПУШТАЊЕ УПРАВЉАЧКИХ СИСТЕМА У РАД, ОДРЖАВАЊЕ И ОТКЛАЊАЊЕ КВАРОВА

У овом поглављу дат је кратак осврт на поступак пуштања управљачких система у рад по први пут, затим на савремени приступ одржавању пнеуматских система, као и на системски приступ тражењу места и узрока отказа пнеуматских аутоматизованих система..

Код сваког новог, проширеног или поправљеног управљачког система постоји опасност да дође до незгоде при првом пуштању у рад, јер увек постоји могућност да се неки од цилиндара почне кретати на неочекиван начин.

Како би се спречило повређивање радника и оштећење алата и материјала, за сваки управљачки систем је обавезно издати детаљно упутство за пуштање у рад.

При овоме треба водити рачуна о доле наведеним моментима, и то по датом редоследу:

- проверити да се управљачки систем не налази под притиском, односно да нема напајања ваздухом под притиском,
- проверити да ли се извршни елементи налазе у почетном положају,
- проверити да ли се меморијски елементи налазе у исправном стању (положају). По потреби, извршити промену стања меморијских вентила ручним активирањем или уз примену усмерених импулса који долазе од посебних тастера реализованих у склопу такозване мануелне функције,
- затворити све пригушне вентиле којима се регулише брзина кретања клипова цилиндра,
- полако повишавати притисак ваздуха којим се напаја систем: ручним подешавањем регулатора притиска ваздуха, даљинским командама ако је присутан даљински управљан регулатор притиска или аутоматски, помоћу сигурносно вентила за укључивање са лаганим стартом,
- полако отворити пригушне вентиле до жељеног нивоа,
- пробати функционисање система без коришћења делова који се обрађују или којим се манипулише. Укупни ток радног циклуса разложити на појединачне кораке. На пример, може се користити помоћно ручно активирање вентила или тастери за, такозвани, погон корак по корак,
- испитати начин функционисања, причвршћеност и подешеност крајњих прекидача. Проверити да ли крајњи прекидачи функционишу безбедно. Такође, проверити да ли су преоптерећени елементи за активирање крајњих прекидача,
- извести пробни рад са коришћењем делова који се обрађују са смањеном брзином пригушити пригушнице или пригушно неповратне вентиле на 50% нормалне брзине.. ,
- ако је у претходном кораку све било у реду, постепено подизати брзину кретања актуатора док се не остваре предвиђене вредности,
- испитати да ли се остварују предвиђене силе и брзине током рада, а ако не, установити узроке и отклонити их.

Чак и сасвим мали пнеуматски цилиндри могу да доведу до озбиљних повреда. Због тога, при подешавању пнеуматског система, треба увек држати руке изван зоне у којој се врши кретање клипаче цилиндра. Честа је грешка да се провера активирања крајњих прекидача ради руком уместо неким алатом, штапом или другим помоћним средством.

5.4.2. ОПШТИ ПРИСТУП ОДРЖАВАЊУ ВАЗДУХА ПОД ПРИТИСКОМ

У пракси се врло често констатује да одређене пнеуматске компоненте имају изненађујуће дуг век трајања и да могу да поднесу веома велики број радних циклуса. Ово, понекад, доводи до убеђења да су све пнеуматске компоненте практично неуништивне. У суштини, пнеуматске компоненте заиста представљају робусне и дуговечне елементе. Поред правилног избора и димензионисања пнеуматских елемената, од велике важности је и читав низ превентивних мера које почињу са адекватном припремом ваздуха под притиском, па све до поседовања сопствене радионице специјализоване за отклањање отказа и одржавање пнеуматских компонената и система.

Ради олакшања евентуалних интервенција неопходно је да се сви елементи система поставе и причврсте тако да буду приступачни и да се, при интервенцијама, може користити стандардни алат. Такође је важно и да сви прикључци буду приступачни.

Требало би, још при формирању управљачких шема, водити рачуна о томе да сви давачи сигнала буду активно прикључени, односно да, по могућности, буду прикључени директно на извор притиска. На овај начин се пад притиска одржава у прихватљивим границама јер су, по правилу, путеви преношења сигнала дугачки, а пружа се и могућност директне провере да ли одређени давач сигнала даје сигнал.

5.4.3. НАДЗОР РАДА ПНЕУМАТСКИХ УПРАВЉАЧКИХ СИСТЕМА

За надзор над радом управљачких система са редоследним управљањем могуће је користити следећа правила:

- обезбедити показивање корака који се тренутно изводи, као и сигнализацију унутрашњих и спољашњих сигнала, који су значајни за иницирање наредног корака. У најједноставнијем случају се могу користити оптички показивачи стања, који се уграђују на највећи број компоненти. Ово, међутим, захтева да се при тражењу узрока отказа интервенише у управљачком орману и подразумева да су ови елементи и њихов распоред познати оном ко трага за узроком отказа. Контрола је бржа и поузданија ако се ови показивачи стања изведу из ормана и прегледно поставе,
- размотрити могућност да се редослед корака показује помоћу припадајућих сигнала, који активирају даљи ток процеса или да се, као што је то често случај у процесној техници, поједина стања представе на одговарајућој шеми тока процеса која се, у савременим аутоматизованим системима, реализује помоћу одговарајуће надзорно-управљачке функције - SKADA система,
- надзор треба да обухвати и све начине рада система, као и све блокаде и услове за стартовање система како би се, нарочито код сложенијих система, избегло тражење грешке у случајевима када нису испуњени сви услови за стартовање,
- применити, у што већој мери, одговарајуће сигнализаторе са ЛЕД диодама за магнетне главе на електропнеуматски активираним вентилима, као и на сензорима позиције постављеним на цилиндрима или на крајевима хода цилиндара тако да се стање укључености или искључености сигнализира директно на овим елементима,
- посебну пажњу треба поклонити снабдевању ваздухом под притиском. При тражењу узрока отказа увек **ПРВО** треба узети у обзир и могућност да је до отказа дошло услед краткотрајног престанка дотока ваздуха под притиском или услед краткотрајног опадања притиска испод границе реаговања елемената,
- реализовати праћење притиска напајања уз одговарајући показивач и аутоматизовати изазивање стања НОТ-СТОП у случају пада притиска испод дозвољеног. Ове мере могу, уз релативно скромна улагања, да доведу до знатног повећања поузданости у раду система и смањења потенцијалних већих штета.

5.4.4. СМЕТЊЕ И ОТКАЗИ

Ради брзог откривања и отклањања сметњи неопходно је:

- постојање одговарајуће управљачке шеме са јасним ознакама елемената и водова,

- да унутрашњи дизајн командног ормана буде прегледан, обезбедити лаку приступачност и замењивост елемената,
- правилно поставити водове и
- да кадрови буду одговарајуће образовани за овај тип послова.

Сметње и откази могу настати услед:

- нормалног хабања компоненти система и водова,
- интензивирања природног хабања услед спољних утицаја (утицаја околине) или услед унутрашњих утицаја, који су у пнеуматици везани, пре свега, за квалитет ваздуха под притиском,
- похабаности компоненти која може да доведе до лома, блокирања (зарибавања), престанка нормалног функционисања или до појаве места цурења ваздуха,
- нечистоћа присутних у ваздуху под притиском које могу да доведу до отказа у раду елемената услед зачепљења, лепљења (нарочито ако је присутан вишак уља у систему) и до интензивирања хабања,
- зачепљења, кидања, превијања водова или убрзаног старења водова под дејством спољних утицаја (агресивна средина, излагање директном сунчевом светлу итд.),
- таложења нечистоће због чега може да дође до појаве додатних отпора у водовима и компонентама, што доводи до већег пада притиска и до, евентуалног, тиме изазваног, погрешног реаговања система,
- цурења ваздуха које може да доведе до појаве додатног пада притиска или до појаве флукутирајућег притиска напајања система,
- лоше одржаваних филтера који, такође, могу да буду узрок паду притиска,
- неправилне уградње цилиндара и недозвољених оптерећења који доводе до превременог хабања и
- неодговарајућег причвршћења крајњих прекидача и
- превише дугих водова који спроводе пнеуматске сигнале (спори сигнали).

Чак и интензивно одржавање има мало смисла уколико постројење садржи грешку која се поткрала у фазама планирања или пројектовања. То може да изазива отказе који се током времена манифестују превременим хабањем, истрошеношћу и на крају престанком функционисања компоненти система.

Пажљиво пројектовање, које само мало повећава трошкове пројектовања, може знатно да смањи учесталост отказа, а тиме и време изгубљено због застоја рада система.

Превентивне мере које треба применити су:

- изабрати одговарајуће даваче сигнала, који треба да буду прилагођени условима околине и начину рада управљачког система. Водити рачуна о техничким подацима компоненти и, евентуално, применити посебне конструкције,
- користити стабилне конструкције цилиндара са одговарајућим начином ослањања и вођења цилиндара. То је поготову важно у случајевима великих оптерећења и деловања знатних бочних сила,
- у случају великих убрзања актуатора и/или руковања великим покретним масама, применити додатне амортизере удара и тиме смањити силе активирања крајњих прекидача,

- ако је радна средина задрљана, користити заштитне покривке елемената или елементе који поседују особину самочишћења (уграђени стругачи на клипњачама итд.),
- осигурати вијке за причвршћење цилиндара и давача сигнала против случајног одвијања,
- користити, где год је то могуће, кратке водове и, по потреби, користити појачиваче притиска ради смањења утицаја спорих сигнала,
- обезбедити поуздано одзрачивање (излазак одзраченог ваздуха у атмосферу) свих вентила.

Једна од ефикасних превентивних мера, за спречавање отказа, представља системско обухватање и праћење отказа који се појављују. На овај начин се узроци отказа могу успешно одстранити из система. Препоручује се да се води листа отказа и оштећења према узорку датом у табели 32.

Табела 32. - Листа отказа

Подручје	Настала штета	Дејство	Датум/учесталост	Врста оштећења	Мере за отклањање

5.4.4.1. СМЕТЊЕ УСЛЕД НЕАДЕКВАТНОГ ДИМЕНЗИОНИСАЊА НАПАЈАЊА СИСТЕМА ВАЗДУХОМ ПОД ПРИТИСКОМ

Често се дешава да се одређени делови пнеуматског система привремено прошире, а да се, при томе, не обезбеди напајање повећаном количином ваздуха. Према изведби тог дела система и према току процеса, до појаве сметњи не долази стално, већ повремено тако да је знатно отежано откривање узрока отказа.

Могуће манифестације оваквог стања система су:

- поремећен потребни редослед извођења покрета цилиндара, јер долази до наглих падова притиска - услед активирања нежељених вентила или цилиндара и
- у току краћих временских периода, за време пада притиска, долази до опадања силе на цилиндру.

Исти симптоми могу да се појаве услед смањења попречних пресека водова за ваздух због таложења прљавштине или услед цурења на делимично запушеним прикључцима црева. Треба имати на уму да смањење пречника вода за 20% доводи до смањења протока од скоро 40% и, одговарајуће томе, успореног остварења потребног притиска.

Отклањање ових сметњи често захтева системске мере, као што је реконструкција цевовода а, ако се делује локално, препоручује се постављање додатних резервоара или, у крајњем случају, примена пнеуматског бустера.

5.4.4.2. СМЕТЊЕ УСЛЕД ПРИСУСТВА КОНДЕНЗАТА

Припрема ваздуха под притиском има велики утицај на количину кондензата која ће се појавити у разводној мрежи система ваздуха под притиском. Многе лоше последице могу да се појаве када је садржај кондензата у ваздуху под притиском превише висок. Са

једне стране, постоји могућност да дође до оштећења површина пнеуматских компоненти услед корозије јер, у неким случајевима, кондензат може да има врло агресивно дејство. Са друге стране, присутна је опасност да дође до заглављивања (лепљења) делова вентила уколико они проведу дуже време у истом положају, а под дејством опруге треба да буду враћени у основни положај. Нарочито је то случај када су клипови вентила пресвучени металним слојем, када се ради о металним трновима који служе за навођење итд. Нека средства за подмазивање су склона, нарочито у присуству веће количине издвојене воде у ваздуху, формирању емулзије и стварању смола. При томе, посебно су угрожена места на вентилима која имају fine толеранције са минималним зазорима.

Отклањање ових сметњи, такође, захтева системске мере, почевши од структуре компресорске станице, преко начина реализације цевовода и одвојака вертикала, броја и типа одвајача кондензата, па све до типа припремне групе која се користи на самој машини.

5.4.4.3. СМЕТЊЕ УСЛЕД ЗАПРЉАНОСТИ

У оквиру система ваздуха под притиском најчешће су, на улазу у систем, постављени груби филтери. Међутим, уколико се пре прикључивања главног вода у систем не изврши продување вода ради прочишћавања, честице нечистоће (зрнца метала настала при заваривању, рђа са зидова цеви, шпен настао при резању навоја итд.) несметано доспевају до крајњих потрошача.

Међутим, и код постројења која су дуже у раду, ако ваздух садржи веће количине кондензата, а водови нису изнутра заштићени од корозије, може да дође до одвајања честица рђе са зидова. Услед запрљаности водова може да дође до следећих појава:

- заглављивање или блокирање компоненти на седиштима вентила,
- шпен утиснут у вулканизирано седиште, код вентила са седиштем, доводи до непрекидног цурења ваздуха и
- прстенасте млазнице вентила за регулацију протока су посебно осетљиве на присуство прљавштине. Долази до промене времена за активирање и деактивирање извршних елемената. Код цилиндара, код којих је пригушен излазни ваздух, долази до смањења брзине кретања клипа.

Отклањање ових сметњи захтева реконструкција система филтрирања ваздуха под притиском.

5.4.4.4. СМЕТЊЕ КОЈЕ СЕ ЈАВЉАЈУ КОД ОТКАЗА ЦИЛИНДАРА

Пре него што дође до отказа пнеуматског цилиндра, долази често до сигнализирања оштећености још у стадијуму када је цилиндар у стању да без проблема обавља своју функцију. Редовна инспекција омогућава да се довољно рано уоче откази који предстоје.

Оптичко (визуелно) испитивање:

Уколико се установи да се стално повећава број уздужних рисева на клипњачи пнеуматског цилиндра, може се рачунати са тим да ће, услед похабаности, ускоро отказати заптивач на страни клипњаче цилиндра. Такође, појава црних, сувих и чврсто прилепљених наслага на већим површинама на клипњачи указује на нестабилно стање заптивача клипњаче услед којег брзо долази до пропадања заптивача и вођице клипњаче. У случају малих притисака ваздуха овде долази до изразитије појаве стицк-слип ефекта (рад са трзајима). Рад цилиндра постаје немиран и онда, када се похаба заптивач на клипу цилиндра, дође до таложења осушене мешавине масти и честица гуме на зидовима цилиндра.

Акустичко испитивање:

Уколико је незаптивеност на цилиндру толико велика да се може чути шиштање ваздуха који истиче, потребно је интензивисати веома брзо. И непрекидно истицање ваздуха на разводним вентилима, који се налазе у стању мировања, представља опомену да је или оштећен заптивач на клипу цилиндра или су оштећени заптивни елементи.

Мерење времена реаговања вентила:

Уколико се, уз непромењене радне услове, установи да је одједном дошло до уочљивог продужетка времена реаговања вентила, то је поуздан знак да ће доћи до појаве сметњи у раду.

Превентивне мере за спречавање отказа цилиндара

Ради превенције лошег рада пнеуматских компоненти и система, појаве кварова и последичних отказа, препоручује се примена следећих превентивних мера:

- у оквиру планираног одржавања, на основу препоруке произвођача о периоду рада без ремонта, обавезно изменити све заптивне елементе, укључујући и статичке заптивне прстенове. Цилиндре темељно очистити од остатака уља и масти и извршити поново подмазивање одговарајућим, свежим, средством за подмазивање,
- клипњаче цилиндара морају бити заштићене од стварања наслага на њима, јер оне могу да оштете заптивач клипњаче,
- цилиндри су намењени само за то да примају силе у аксијалном правцу. Треба још у фази конструисања спречити евентуалне појаве превременог отказа цилиндра тако што ће се избећи неколинеарно дејство силе,
- уколико, у току рада цилиндра, није могуће спречити појаву радијалних сила, морају се користити вођене клипњаче како би се обезбедило смањење специфичног притиска у вођици клипњаче или применити посебне екстерне вођице како је описано у глави 1,
- уколико се мора зауљивати ваздух, потребно је пазити да буде исправно подешена количина уља коју додаје зауљивач. То треба да буде по препоруци произвођача опреме. Ако је нема, држати се правила 1 капљица у минути. При томе треба користити само дозвољене врсте уља. Препоручује се хидраулично уље са вискозношћу од 32 mm²/s. Никако не дозволити да се постројење превише зауљи!

5.5. ОПШТЕ ПРЕВЕНТИВНО ОДРЖАВАЊЕ ВАЗДУХА ПОД ПРИТИСКОМ

Многи су узроци кварова у систему ваздуха под притиском, а међу најчешће спада неодговарајуће припремљен (прљав и мокар ваздух), као и дотрајалост делова. Да би се боље изашло на крај са отказима, потребно је што више ствари урадити превентивно.

Корисник треба да именује одговорно лице које је задужено да врши редовне инспекције и одржавање опреме. Ако је пнеуматски систем велик и постоји велики број компоненти, треба користити планско одржавање или макар неку његову редуквану верзију. Поред тога, треба чувати евиденцију свих спроведених тестова, поправки и модификација.

У оквиру општег превентивног одржавања за све системе ваздуха под притиском дају се препоруке генералне природе које се могу користити само ако произвођач дотичне компоненте није посебно специфицирао потребне акције и периоде одржавања.

Опште мере предострожности

Пре него што се било која компонента под притиском демонтира, она треба да буде ефикасно изолована од свих извора притиска и, претходно, потпуно отворена ка атмосфери. Треба предузети мере предострожности како би се спречиле могућности повреде које може да изазове изненадно ослобођени извор енергије.

Када се открије да су компоненте, посебно вентили, похабани и када се користе сервисни комплети заптивача за обнову, треба водити рачуна о темељној провери функција обновљеног вентила пре његовог стављања у погон. Произвођачи сервисних комплета често укључују довољно заптивки за сервисирање низа или фамилије вентила, мада нису све заптивке у комплекту потребне за сваки вентил. Ако се, при замени, деси да се постави погрешна заптивка, то може потпуно изменити функцију вентила и ако је такав вентил стављен у опрему може представљати озбиљну опасност. Произвођачи би требало да дају јасне инструкције о томе како да се правилно користе такви сервисни комплети, а супервизори треба да обезбеде да се ове информације пренесу на лице које обавља одржавање.

У наставку је дат предлог општих операција превентивног одржавања терминиран по потребној учестаности.

Свакодневно:

Активности које треба спроводити сваког радног дана су:

- ако нису уграђени аутоматски уређаји за испуштање кондензата, а ваздух садржи веће количине воде, испустити кондензат из кућишта филтера. На већим резервоарима би, по правилу, требало користити аутоматско испуштање кондензата,
- проверити ниво уља у резервоару уређаја за зауљивање и исправност подешености додаване количине уља,
- проверити цурење система и обавити поправке по потреби.

Једном недељно:

Активности које треба спроводити једном недељно је пожељно да се раде ван редовног радног времена, ако је то могуће, тако да их треба планирати за викенд. То су:

- проверити да није дошло до таложења прљавштине или струготине на давачима сигнала. Испитати исправност манометара на регулаторима притиска,
- испитати да ли зауљивачи добро функционишу и да ли су добро подешени (одговарајући број капи у минути),
- проверити ниво уља у њима и, по потреби, допунити са одговарајућим, квалитетним, уљем,
- на машинама и уређајима који захтевају регулацију притиска на нижем нивоу од притиска у доводној грани, треба да се провери регулатор притиска, да није неовлашћено измењен и да се одржава исправан притисак.

Месечно:

Најмање једном месечно, такође, ако је могуће, ван радног времена фабрике, треба урадити следеће:

- сва црева која се, током рада, развлаче и/или механички оштећују треба проверити да ли имају знакове пуцања и пропадања и, по потреби, заменити их. Посебну пажњу треба обратити на критична подручја одмах до места спајања водова.

Свака 3 месеца:

Четири пута годишње треба урадити следеће:

- испитати заптивеност прикључака. Уколико је то потребно, извршити дотезање прикључака,
- испитати да ли истиче ваздух из отвора за одзрачивање на разводним вентилима,
- очистити улошке филтера помоћу детерџентне воде (не користити раствараче) и након тога их издувати помоћу ваздуха под притиском са стране супротне оној са које филтеру долази ваздух у току нормалног рада,
- проверити функционисање аутоматских вентила за испуштање кондезата,
- проверити да ли су сви вентили за блокирање чврсто обезбеђени и да ли се на одговарајући начин активирају,
- проверити да хабање није претерано, односно да ли је толико да је вентил у опасности од отказа.

Сваких 6 месеци:

Два пута годишње треба урадити следеће:

- испитати стање вођица клипњача на пнеуматским цилиндрима и, у случају похабаности, заменити их,
- заменити прстене за стругање прљавштине као и заптивне прстене,
- све СТОП и НОТ-СТОП вентиле треба проверити,
- проверити да ли се приступ вентилу одржава слободним, да ли је ручка у позицији, да ли ће затворити довод ваздуха и да ли ће се потпуно отворити и радити како је предвиђено.

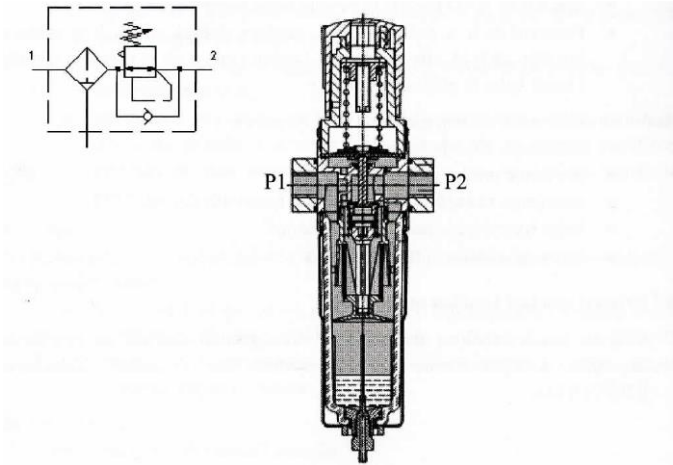
Резултати овако спроведеног планског одржавања су:

- смањење трајања застоја,
- повишење продуктивности,
- везаних средстава у виду резервних делова,
- боље искоришћење особља одржавања и
- смањење обима рутинских радова.

5.6. ПРИМЕРИ СМЕТЊИ И НАЧИНИ ОТКЛАЊАЊА

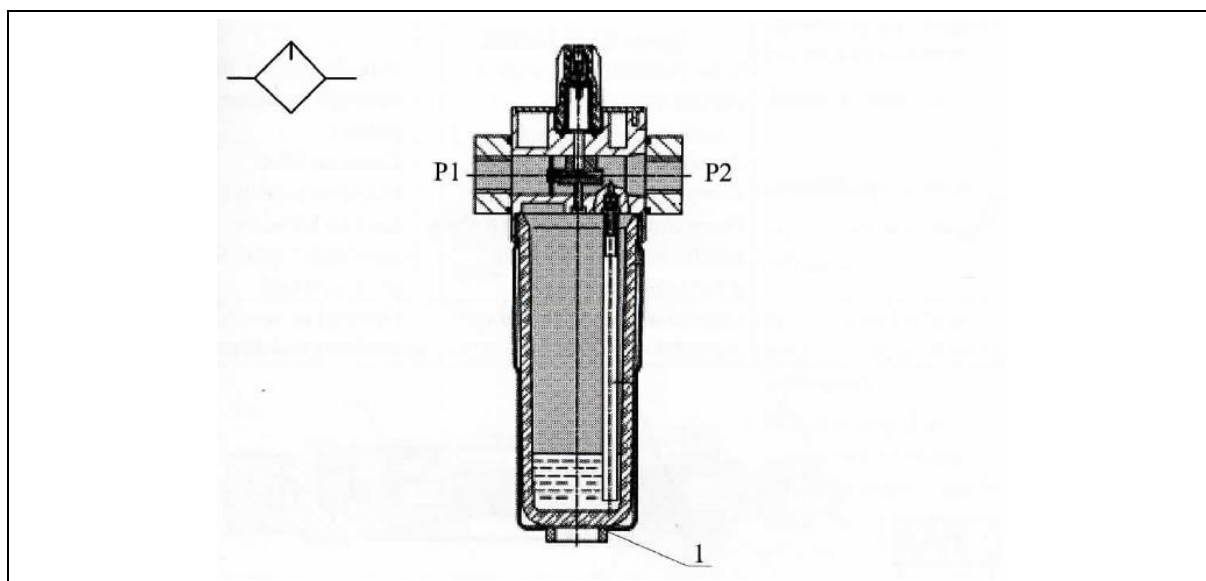
У наставку су, у табелама 33. до 39. дати примери сметњи на појединим пнеуматским компонентама, њихових узрока као и начина отклањања.

Табела 33. - Филтер регулатор

Сметња	Могући узрок	Начин отклањања
Лоша филтрација	Загушен филтерски уложак	Очистити или заменити филтерски уложак
На вентилу за регулацију притиска ваздух истиче у околину	Регулатор је погрешно уграђен с обзиром на смер протицања ваздуха	Коректно уградити регулациони вентил
Континуално цурење на одзрачном отвору	Оштећена запривка главног вретена или мембрана	Заменити заптивку или мембрану
Филтер не издваја прљавштину и кондензат	Филтер је погрешно уграђен Кондензат је изнад дозвољеног нивоа	Уградити и повезати филтер уз респектовање смера протицања ваздуха Испустити кондензат, евентуално уградити вентил за аутоматско испуштање кондензата
		

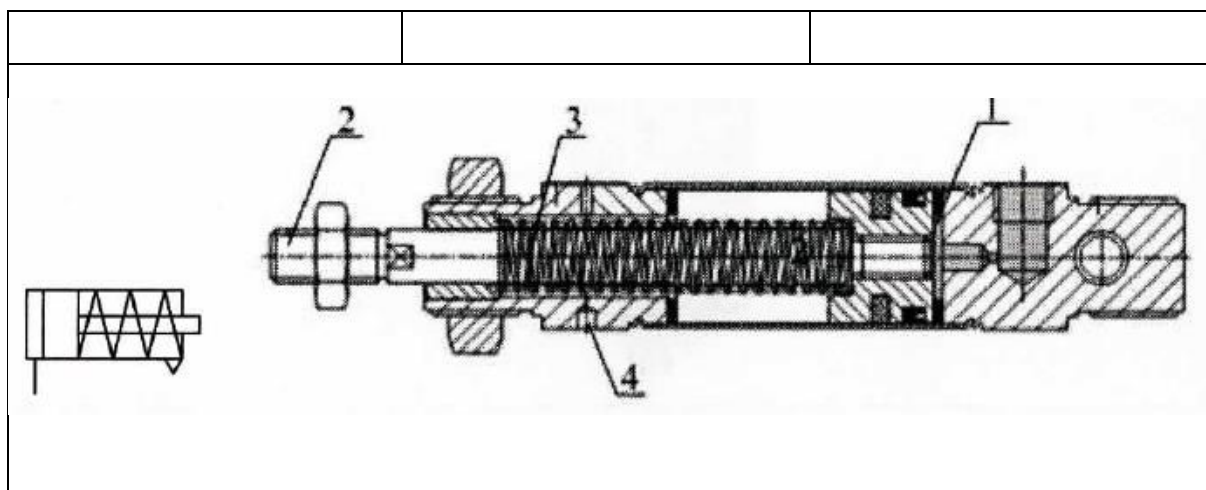
Табела 34. - Зауљивач уља

Сметња	Могући узрок	Начин отклањања
Зауљивач не функционише како треба	Зауљивач је погрешно уграђен	Стрелица на зауљивачу показује потребни смер протицања ваздуха
Уље постаје смоласто	Коришћено је погрешно уље	Изменити уље
У систему је превише уља	Зауљивач је погрешно подешен, уље је сипано у резервоар изнад ознаке	Подесити зауљивач како треба Испустити нешто уља
Ниво уља у зауљивачу се смањује	О-ринг заптивач не заптива добро, зауљивач је погрешно подешен	Изменити заптивач Исправно подесити зауљивач



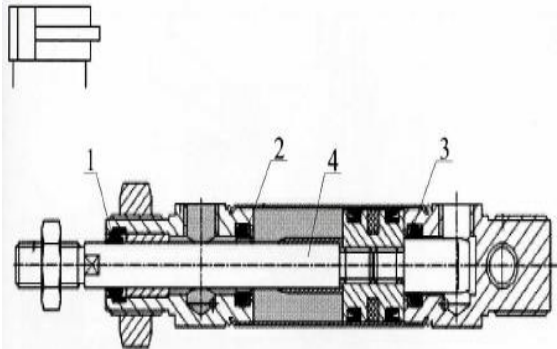
Табела 35. - Цилиндри једносмерног дејства

Сметња	Могући узрок	Начин отклањања
Истицање ваздуха из отвора за одзраку вентила	Заптивач (1) не заптива добро или належа лабаво	Притегнути заптивач
Клипњача (2) неће да се врати у крајњи увучени положај	Оштећење опруге (3) Чеп са филтером (4) за одзраку је зачепљен	Уградити нове опруге Очистити
Ваздух истиче у атмосферу на месту везне чауре	Заптивач (1) не заптива како треба и оштећена је везна чаура. Заптивач је обрнуто монтиран	Изменити заптивач и везну чауру Окренути заптивач
Цилиндар се креће превише споро	<u>Превелико пригушење</u> Вентил за регулацију протока погрешно подешен Загушен пригушивач звука Цурење ваздуха Загушен филтер Оштећен цилиндар или заптивка <u>Сувише низак притисак</u> Лоше подешен или оштећен регулатор притиска Загушен филтер Цурење у систему Разводник стално отворен због прљавштине Оштећен цилиндар, клип или заптивке	Поново подесити вентил Заменити или очистити Отклонити цурење или заменити вод Заменити филтер Замена Подесити притисак или заменити регулатор притиска Заменити филтер Отклонити цурења Лоцирати оштећени разводник и очистити га или заменити Оправити или заменити те делове



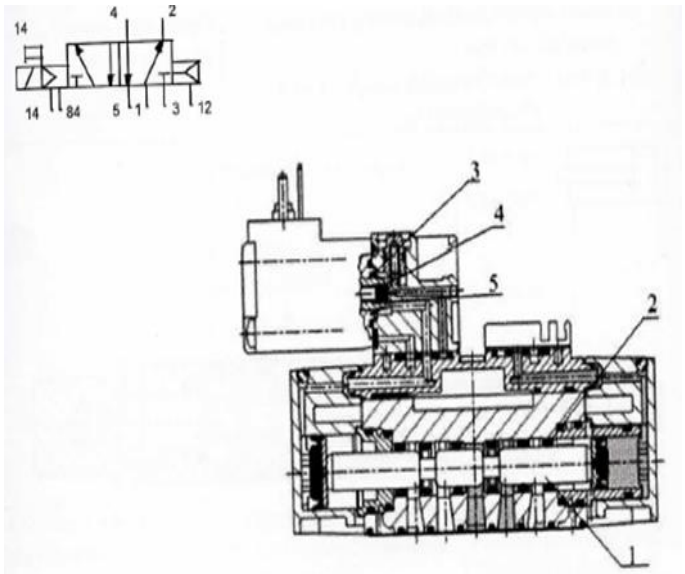
Табела 36. - Цилиндри двосмерног дејства дејства

Сметња	Могући узрок	Начин отклањања
Око клипњаче истиче ваздух	Оштећен заптивач	Заменити заптивке
Вентил, преко кога је цилиндар прикључен, губи ваздух на одзрачном воду	Оштећени су заптивачи на клипу (3) и прстен за вођење клипа (3)	Уградити нови заптивач
Клип (4) тврдо доседа у оба крајња положаја	Оба прстена за пригушивање су оштећена	Заменити оба прстена за пригушење
Непредвиђено кретање цилиндра	Цурење заптивки између клипа и цилиндра	Заменити заптивке
Цилиндар се не покреће	Притисак сувише низак	Проверити вредност притиска на самом цилиндру да ли је већа од минимално потребне Заменити заптивке Очистити клип и цилиндар Елиминисати прљавшћину
Цилиндар се креће трзајно и непредвиђено	Неподударање правца кретања терета и цилиндра Велика разлика између статичког и динамичког трења	Подесити осе кретања терета и цилиндра Поставити пригушно-неповратне вентиле на одзрачну страну како би се повећао повратни притисак
Цурење заптивке на телу цилиндра	Олабављена заптивка Превелик притисак Уштинута заптивка Пропадање заптивке	Поправити или заменити Подесити Заменити Заменити Заменити

	Пропадање заптивке - истрошеност	
Цурење заптивке клипњаче	Олабављена заптивка Превелик притисак Уштинута заптивка Пропадање заптивке Пропадање заптивке - истрошеност	Поправити или заменити Подесити Заменити Заменити Заменити
Цилиндар се креће превише споро	<u>Превелико пригушење</u> Вентил за регулацију протока погрешно подешен Загушен пригушник звука Цурење ваздуха или прикљештен вод Загушен филтер <u>Сувише низак притисак</u> Лоше подешен или оштећен регулатор притиска Загушен филтер Цурење у систему Оштећен цилиндар, клип или заптивке	Поново подесити вентил Очистити или заменити Отклонити цурење или заменити вод Заменити филтер Подесити одговарајући притисак или заменити регулатор притиска Заменити филтер Лоцирати оштећени разводник, очистити га или заменити Поправити или заменити оштећене делове
		

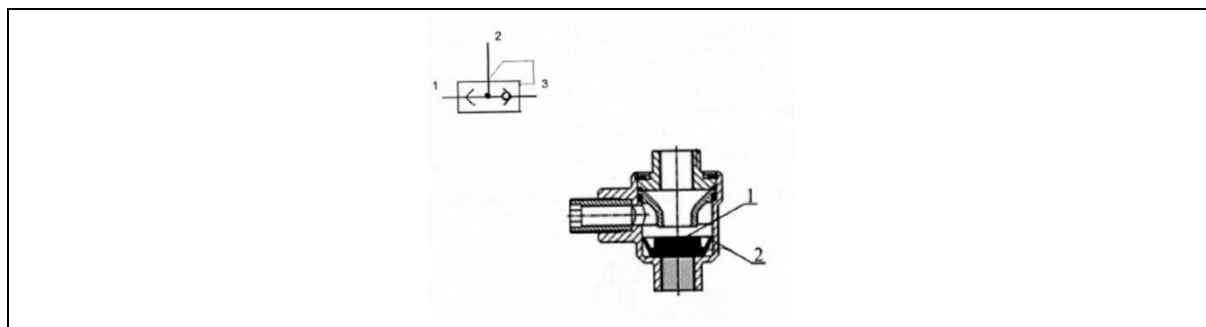
Табела 37. - Електромагнетно управљани вентил

Сметња	Могући узрок	Начин отклањања
Управљачки клип се не покреће	Управљачки клип (1) је заглављен (запрљаност) Намотај не реагује на доведени напон, нема отварања управљачких канала	Очистити седиште вентила или заменити прстен (2) Заменити намотај Испитати и подесити вредност притиска

	Притисак ваздуха није довољан да изврши промену стања вентила Пилот вентил не ради	Очистити или заменити пилот вентил
Ваздух истиче из цеви за вођење анкера (5)	Оштећен гумени заптивач у анкеру (4) Оштећена млазница	Изменити анкер Изменити кућиште
Брујање главе електромагнета	Јака запрљаност намотаја (3) Превелик зазор између анкера и цеви за вођење анкера (5)	Очистити електромагнете Изменити комплетну главу електромагнета
		

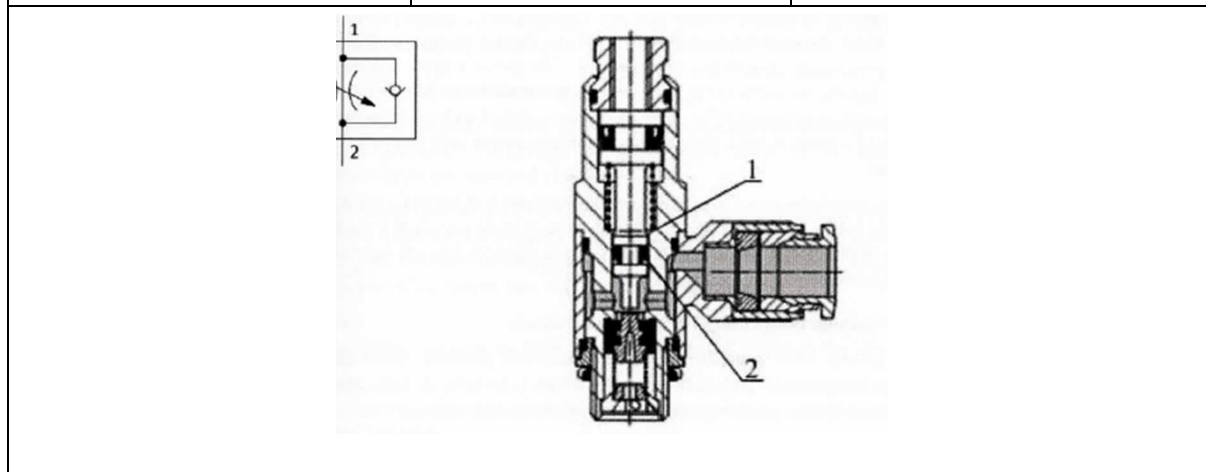
Табела 38. - Брзоиспусни вентил

Сметња	Могући узрок	Начин отклањања
На одзрачном прикључку ваздух истиче у атмосферу	Погрешно прикључен вод под притиском Заптивач (1) не заптива како треба	Заменити прикључке са места (1) и (2) Изменити заптивач
Ваздух истиче између горњег и доњег дела кућишта вентила	Оштећен О-ринг заптивач	Заменити заптивач



Табела 39. - Пригушно-неповратни вентил вентил

Сметња	Могући узрок	Начин отклањања
Вентил пропушта ваздух при затвореном вијку за регулацију	Притисна опруга (1) је заглављена или је погрешно монтирана Оштећен вијак за регулисање вентила Оштећен је тањирасти прстен (2)	Уградити нову опругу или уградити постојећу како треба Заменити вијак за регулацију Уградити нови тањирасти прстен
Вентил производи шумове	Оштећен је тањирасти прстен (2)	Уградити нови тањирасти прстен



5.7. ПРЕГЛЕД И ОДРЖАВАЊЕ КОМПРЕСОРА И ПРАТЕЋЕГ ПОСТРОЈЕЊА

Постоје посебни законски услови за испитивање и одржавање система под притиском, укључујући резервоаре ваздуха под притиском. Поред посебних услова, послодавац мора да обезбеди и одржава постројења свих технолошких система који су, колико је то изводљиво, безбедни и без ризика по здравље.

Проналажење кvara на пнеуматски погоњеним и/или управљаним машинама може бити опасно ако се не планира и спроводи правилно. Пројектовање машине треба да обухвати начине минимизирања потребе за методама лоцирања кvara. Укључивањем, већ при пројектовању, дијагностичке технике која указује на област где се грешка у раду јавља, добија се велика помоћ у будућем раду система.

Ефикасно и безбедно коришћење система ваздуха под притиском, у великој мери, зависи од:

- чистоће,
- филтрације,
- одговарајућег хлађења и
- потребног зауљивања.

Најбољи начин за реализацију ових услова је да фабрика послује у складу са унапред прописаним упутствима за оператера и да сачини и прати специфицирани распоред радова на одржавању који се могу ревидирати у светлу искуства. Специфицираним распоредом треба да се идентификују области на које треба обратити пажњу, колико често их треба надгледати, као и одговорности оних који спроводе и надзиру рад.

Учесталост инспекције зависи у великој мери од околности и окружења у којима се постројење користи. Из тог разлога, учесталости које су овде наведене, треба узети само као водич и треба их подесити, такође, у светлу искуства тако да одговарају коришћеној инсталацији.

Посебну пажњу треба посветити спровођењу редовних прегледа, одржавању и испитивању компресора и пратеће опреме. Процедуре за то треба да буду унапред утврђене и неопходно је вођење евиденције о њиховом спровођењу.

Менаџмент фабрике треба да именује одговорно лице које ће вршити надзор правилног рада и одржавања компресорског постројења у складу са упутствима произвођача.

Ова особа треба да редовно проверава да ли се сва упутства за рад и одржавање правилно спроводе и да се компресор, његова додатна опрема и безбедносни уређаји чувају у добром радном стању. Одговорно лице треба да се увери да се радови на одржавању врше само од стране адекватно обученог особља.

5.7.1. МЕРЕ ПРЕДОСТРОЖНОСТИ

Све послове на одржавању, осим рутинске контроле на филтерима који су пројектовани тако да могу да се чисте при раду, треба обављати само када је компресор заустављен, искључен и када му је блокирано напајање а сви могући унутрашњи извори притиска су испражњени.

Остале мере предострожности могу бити неопходне. На пример, компресор мора да се уклони да би се спречило покретање његових делова током радова унутар његовог механизма.

Ни под каквим околностима не би требало да се користе запаљиве течности за чишћење. Одговарајуће мере безбедности треба да буду предузете како би се спречило удисање токсичних испарења која се ослобађају током коришћења неких течности за чишћење и одмашћивање. Отворен пламен никада не треба користити за проверу унутрашњости компресора, посуда за притисак или цевовода.

5.7.2. ПРОВЕРА СТАЊА КОМПРЕСОРА

Иако постоје законски захтеви који покривају неке аспекте одржавања, следеће додатне процедуре одржавања се препоручују како би се минимизирала вероватноћа појаве опасности.

Клипни компресори су велики проблем у савременим системима за производњу, припрему и дистрибуцију ваздуха под притиском јер убацују велике количине уља, уљних пара и осталих контаминаната у систем па се, у наредном делу, посебна пажња посвећује поступцима њихове провере и одржавања.

Дневно

Компресорско постројење треба, што је више могуће, чувати чистим и без наслага уља.

На њему треба спроводити дневне рутине провере које треба, где је то могуће, да укључују следеће:

- визуелно проверити воду за хлађење ради уверавања да исправно циркулише, посматрањем излазног тока или индикатора протока,
- проверити ниво уља у кућишту радилице коришћењем шипке за мерење и мерача нивоа или неког другог уређаја. Сваку прекомерну потрошњу уља треба испитати,
- проверити притисак уља,
- проверити зауљивање цилиндара ради уверавања да је адекватно, али не претерано. Потрошњу уља треба забележити, јер прекомерна потрошња може довести до експлозије у систему после компресора,
- проверити излазни притисак и температуру ваздуха,
- проверити перформансе компресора, на пример слушањем проверити било какве необичне звуке током рада система или за то повремено користити ултразвучни детектор,
- исправити и евидентирати било какве установљене грешке и
- на крају сваког дана, свака акумулација уља и воде треба да се испразни из резервоара ваздух под притиском, интерног хладњака, накнадног хладњака, као и из главних цеви за снабдевање ваздуха под притиском.

Недељно

Вентиле сигурности треба, сваке недеље, проверавати ручним активирањем где то конструкција дозвољава.

После 600 сати рада

После сваких 600 сати рада потребно је:

- проверити квалитет уља у кућишту радилице и, у складу са препоруком произвођача, извршити замену уља и
- проверити стање филтера на улазу ваздуха у систем и темељно их очистити или заменити. Интервал између узастопних замена зависи од локалних услова, али и од капацитета филтера. Ако се користе коалесцентни филтери за уље, треба обезбедити резервне уложке и вишак уља треба испразнити из филтерских уложака најмање четири до осам сати пре него што се намерава замена уложака осим ако произвођач саветује другачије.

Шестомесечно

Ако је таложење уља неизбежно, ризик од експлозије се може смањити обављањем шестомесечне инспекције прикључака за напајање и ценовода и, по потреби, одговарајућим чишћењем. Период између инспекција може бити измењен у светлу искустава стечених у раду са одређеном инсталацијом.

На 2000 сати рада или годишње (зависно од тога шта је пре) Потребно је:

- у случају зауљиваних компресора треба прегледати напојне вентиле, прикључке и целокупан цевовод, посуде и осталу опрему између напојног прикључка и тачке у систему на којој се за температуру,
- ваздух са сигурношћу може очекивати да буде испод 80 °С. Свака наслага уља треба да се ефикасно уклони,
- заменити топљиве осигураче или целе топљиве утикаче,
- проверити и тестирати стање заштитних уређаја да би се утврдило да ли су исправни,
- очистити делове унутрашњег и накнадног хладњака,
- испразнити и опрати радијаторе,
- очистити и прегледати излазну управљачку опрему и
- темељно очистити и интерно испитати резервоаре ваздуха под притиском.

5.8. САВРЕМЕНИ ПРИСТУПИ ОДРЖАВАЊУ

Процеси одржавања увек прате развој производних система. Тако се и данас, у првим годинама развоја концепта Индустија 4.0, већ јављају и одговарајући системи одржавања прилагођени за одржавање високо интегрисаних производних система. Како Индустија 4.0 почива на потпуно умреженој, адаптивној производњи са интелигентним производима који имају многе уграђене функције (кибернетско - физички системи), у таквом окружењу треба реализовати и одговарајући систем одржавања.

Наравно да је, у том случају, пожељно да и компоненте пнеуматског система буду, у што је могуће већој мери, опремљене оваквим функционалностима, што ће допринети изградњи савременог система одржавања.

5.8.1. ДИГИТАЛНО УПРАВЉАЊЕ ОДРЖАВАЊЕМ

Водећи произвођачи у свету аутоматизације већ опремају своје компоненте таквим функционалностима како би задовољиле хардверске и софтверске захтеве окружења званог Интернет ствари (Internet of Things - IoT) и тиме крче пут за ширу примену концепта Индустија 4.0.

Ови производи могу бити инкорпорирани у IoT или такозвана cloud окружења која се управо развијају као што су:

- Siemens MindSphere,
- Festo Cloud i
- Rockwell FactoryTalk/TeamONE.

У складу са тим се развијају и одговарајући концепти управљања одржавањем пнеуматских система који, у великој мери, користе предности нових технологија. Превентивно одржавање постројења се, у већини случајева, још увек реализује и документује на класичан начин, помоћу писане документације.

5.9. ТРАЖЕЊЕ ГРЕШАКА

Након што је пројектован и израђен и након што су изведене корективне мере у фази уходавања система, нови пнеуматски систем по правилу функционише без сметњи током одређеног временског периода. Евентуалне грешке или превремено хабање могу се уочити тек након више недеља или месеци рада. Нормално хабање постаје приметно тек после неколико година. Недостаци и похабаност се, врло често, не манифестују директно

тако да оштећени елемент није могуће непосредно уочити. Много чешће се прво манифестују сметње у току циклуса, чији је узрок потребно открити.

Овде се разматрају сметње које се често појављују, симптоми који указују на оштећеност компоненти и начини интервенисања за отклањање сметњи. Наравно, није могуће обухватити све сметње до којих може да дође. Стога је избор ограничен на сметње које се учестало јављају и на сметње које је у оквиру пнеуматских система релативно тешко локализовати. На основу изнетог могуће је чак и комплексне управљачке системе виртуелно разложити на мање целине (декомпозиција на подсистеме) и тако извршити испитивање.

Руководилац системом може самостално да отклања грешке, или, у најмању руку, може да установи узрок отказа. Уколико је, у том случају, потребно ангажовати сервисера, ситуација је повољна јер он може да се припреми за интервенцију и може са собом да понесе потребан алат и резервне делове. У неким случајевима руководилац системом може након разговора са сервисом да самостално изврши поправку.

6. ТЕСТИРАЊЕ И ДИЈАГНОСТИКА

Савремени мехатронски систем представља софистициран електро-механички систем, опремљен сензорима и извршним органима, којим управљају индустријски рачунари.

6.1. ПУШТАЊЕ У РАД МС

- Уводна разматрања
- Инструкције за пуштање у рад
- Процедуре за пуштање у рад инсталације/система
- Функције заштите

6.2. УВОДНА РАЗМАТРАЊА

Пуштање у рад аутоматизованог система следи након комплетне инсталације. Инсталационе грешке и грешке настале током писања програма се елиминишу у овој фази.

Брига, и предострожност су главне речи на које се мора мислити када се систем пушта у рад.

Чак и када је подсистем/инсталација већ радио/ла у тест условима, могућност рада компоненти при непажљивом руковању не сме се занемарити.

Неправилан рад може проузроковати личне повреде или оштећења опреме/инсталације. На пример, изненадно померање покретног клипа може изазвати лом ручице или стартовање обртне индексне табле у погрешно време, може довести до прелома бургије.

Приоритет код пуштања у рад управљачког система је да електричне инсталације морају бити проверене. Тако је много лакше открити грешке током повезивања осталих компоненти за рад.

Пуштање у рад би требало бити подељено на функционалне целине. Ове се целине пуштају у рад **појединачно**, затим **сукцесивно** и на крају **обједињено**.

Користан предлог је да се стартује са појединачним компонентама функционалних целина.

На крају процеса пуштања у рад мора се добити завршни сертификат, у којем испоручилац опреме и његов корисник потврђују захтевану исправност и функционалност.

6.3. ИНСТРУКЦИЈЕ ЗА ПУШТАЊЕ У РАД

Листа инструкција за пуштање у рад у форми контролне листе је доказана као корисна, чиме је пуштање у рад подељено на појединачне кораке, који, такође, садрже сва неопходна мерења, номиналне вредности, вредности тајмера (такође софтверских тајмера).

Припрема извора напајања

Пре него је инсталација повезана, одговарајући извор напајања мора бити проверен. Све функције управљачког ормара морају бити искључене. Прекидач „СТОП У СЛУЧАЈУ ОПАСНОСТИ” на управљачком ормару и прекидач „СТОП У СЛУЧАЈУ ОПАСНОСТ” на инсталацији морају бити блокирани.

Пуштање у рад пнеуматски управљаних елемената

Као прво, поставити мануелно граничнике вентила у нулту позију. С обзиром на могућност да двоструко управљани вентили буду у неодређеној позицији, могу настати неконтролисана кретања приликом укључивања. У случају механички узајамних функција, колизије могу настати, тамо где су двоструко управљани вентили укључени у рад. Одговарајуће мере предострожности морају бити узете у обзир. Извршни уређај се помера у безбедну позицију а крај цеви који може довести до колизије, у случају притиска се уклања. Да би спречили било каква Изненадна кретања када постоји притисак, регулациони вентил притиска треба да је затворен. Једном када су ове припреме комплетирани, прекидач „СТОП У СЛУЧАЈУ ОПАСНОСТИ” може бити отпуштен, главни прекидач укључен и прикључен компресовани ваздух. *Притисак треба да равномерно расте до одређеног оперативног притиска преко регулационог вентила.* Тачке цурења на овај начин могу бити откривене и одмах елиминисане.

Пуштање у рад електричне опреме

Одговарајући осигурач мора бити постављен за свако управљачко струјно коло. Јединствена ознака и кодирање веза између управљачког ормара и опреме/инсталације мора бити проверена визуалним прегледом да би се избегле грешке. Утикачи треба да су утакнути, а везе остварене са главним прекидачем искључене. Треба да се води рачуна да игле утикача нису оштећене или искривљене, јер то може довести до проблема у контакту и погрешног преноса сигнала.

Код завршетка ових припрема, главни прекидач се укључује и управљачки напон је повезан.

Пуштање у рад функционалних група

Овај део, као и пуштање у рад целокупног система је контролисан заједнички од пројектаната софтвера, електрике, пнеуматике и хидраулике.

Електрични или пнеуматски извршни органи који су оштећени морају бити искључени.

Инструкције за пуштање у рад програмабилно логичких контролера могу се наћи у њиховим одговарајућим приручницима.

- аје неопходно, референтна путања се тестира,
- почетне позиције треба да су остварене,
- функционалне групе треба да се пуштају у погон постепено.

Пуштање у рад целокупног система

Целокупно функционисање система се проверава након пуштања у рад појединачних елемената и провере функција на бази њихове међузависности у складу са одређеним захтевима. Појединачне захтеване мере за пуштање у рад су приказане у контролној листи у тексту који следи. Контролна листа је пример процедура које треба пратити приликом пуштања у рад индустријских управљачких система.

Завршни сертификат

Завршни сертификат је документ који се саставља након успешног пуштања у рад дате инсталације. Завршни сертификат не укључује листу грешака, с обзиром да инсталација мора бити без грешака у тренутку достављања кориснику.

Завршни сертификат показује да је инсталација извршена у стварним условима и да је процес пуштања у рад завршен. Могући изглед Завршног сертификата је дат на табели 40. 1.

Извештај пуштања у рад

Приликом издавања завршног сертификата погодно је применити извештај са пуштања у рад (као на примеру са слике), у којем се може видети које су активности биле урађене приликом пуштања у рад.

Табела 40. - сертификат

Завршни сертификат	
Функционисање инсталације	
је потврђено данас у присуству чланова особља у име корисника	
ПЛЦ ознака:	Корисник софтвера
Цртеж број:	Пројектант:
Корисник:	Локација инсталације:
Наведене компоненте одговарају прописаној примени. Ометајућа поља емитована од инсталације су испод допуштених граница.	
Инсталација је прописано пуштена у рад у складу са закљученим завршним сертификатом.	
Корисника заступа:	Добављача заступа:
Датум:	Датум:
Име:	Име:
Потпис:	Потпис:

Следеће технолочке карактеристике су праћене у пројектовању и конструкцији унсталације/система:	
- ас - оо -	

Табела 41. - Завршни сертификат

Механички систем		
	Механички систем је проверен да је потпун Све механичке везе су проверене Тест механичких могућности завршен	☐ ☐ ☐
Пнеуматика		
	Цевовод “проверен” према датим шемама Тест могућности пнеуматских компонената комплетиран	☐ ☐
Електрични систем		
	Мрежа инсталација проверена према датим шемама Мрежа управљачког кућишта проверена према датим шемама Тест могућности електричних компонената комплетиран	☐ ☐ ☐
Пуштање у рад		
	Инсталације су пуштене у рад и подешене коришћењем тест програма Рад инсталација из подршку ПЛЦ програма проверен Извршни ПЛЦ програм смештен на ЕПРОМ-у и имсталиран на ПЛЦ-у Резервна батерија инсталирана на ПЛЦ Екран и радни елементи означени Кључ управљачког ормара закључан Брава за кључ извршног уређаја (2х) закључана Главни кабл доступан Инструкције за пуштање у рад (краћа верзија) доступне Тест извештаја доступан	☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐
Пуштање у рад извршено од:		
Датум пуштања у рад:		

6.4. ПРОЦЕДУРА ЗА ПУШТАЊЕ У РАД ИНСТАЛАЦИЈЕ/СИСТЕМА

Процедура за пуштање у рад неке инсталације/система садржи све инструкције за пуштање у рад пнеуматских/електричних радних инсталација/система. Редослед извршавања инструкција у оквиру ове процедуре је следећи:

Уверити се да су компресовани ваздух и напон искључени.

Поставити све извршне уређаје у почетну позицију у складу са дијаграмом пут-корака.

Поставити све ручне граничнике вентила у неутралну позицију. Ако је могуће, затворити једносмерне проточно управљачке вентиле да би се смањила брзина кретања цилиндра током почетног стартовања.

Затворити вентиле за регулацију притиска.

Повезати компресовани ваздух и равномерно повећавати притисак до радног притиска.

Припремити пуштање у погон ПЛЦ-а, као што је приказано у корисничком приручнику произвођача.

Укључити напајање.

Проверити функционисање улаза/излаза преко ЛЕД - приказа или програмског софтвера.

Ручно подесити позицију извршних уређаја и сензора.

Тестирати ПЛЦ програм стартовањем програмског модула „СТОП У СЛУЧАЈУ ОПАСНОСТИ”. Након што су сви делови програма тестирани и инсталација механички подешена, изабрати начин рада *сингле степ* и стартовати инсталацију/систем. Наставити покретање система/инсталације корак по корак без радног предмета. Сензор за радне предмете мора бити прескочен због тога. Пустити да инсталација/систем прође кроз све кораке програма неколико пута и тестирати све функције управљачког ормара да би се осигурали да нема колизије унутар инсталације/система.

Сада учитати радне делове и тестирати функционисање инсталације/система у начину рада *сингле степ*.

Поставити одређена времена круга (нпр. отворити једносмерни проточни управљачки вентил) и радити са њим под производним условима.

Проверити све начине рада инсталације/система укључујући реакцију на потенцијалне грешке. Оптимизовати инсталацију/систем да би постигли све наведене радне параметре.

Проверити да ли инсталација/систем достизе све захтеване вредности.

На крају је потребно документовати процедуру праћену током пуштања у рад. Бележити све вредности и параметре инсталације/система. Ове РЕФЕРЕНТНЕ вредности могу бити коришћене да се процене побољшања у каснијим фазама и као база за статистику грешака.

6.5. ФУНКЦИЈЕ ЗАШТИТЕ

Да би техничка инсталација радила сигурно, важно је придржавати се одређеног броја безбедносних предлога.

ДИН ЕН 60 204, део 1 садржи захтеве и предлоге за електричну опрему машине којом треба дасе унапреди:

- безбедност особља и објеката,

- одржавање функционисања машине, и
- олакша одржавање машине.

Старт функција

Није могуће стартовати машину све док сви заштитни уређаји нису постављени и потпуно функционални. Ово почетно стање је опште познато као почетна позиција машине.

Стоп функција

Има доста различитих разлога за заустављање машине зато стандард ДИН ЕН 60 204 дефинише три категорије стоп функција:

- Категорија 0

Заустављање машине као резултат директног прекида напајања (неконтролисано заустављање).

Категорија 1

Контролисано заустављање, где је напајање извршних органа машине неопходно за њено заустављање. Једном, када је машина заустављена, напајање је прекинуто.

- Категорија 2

Контролисано заустављање, где је напајање извршних органа машине неопходно.

Свака машина мора бити опремљена стоп функцијом категорије 0. Ова стоп функција је најчешће остварена као „**СТОП У СЛУЧАЈУ ОПАСНОСТИ**”. Категорија 1 и 2 стоп функције мора бити омогућена у случајевима где је ово захтевано из разлога безбедности или функционисања машине. Као таква, категорија 2 стоп функција може бити коришћена да заустави процес производње, нпр. када се напуни магацин складишта. Активирање СТАРТ тастера омогућава да се прекинути процес настави. Ако процес не сме бити заустављен нагло, већ једино постепено, ово може бити учињено преко категорије 1 стоп функције (нпр. у случају низа технолошких процеса).

Категорија 1 и 2 стоп функција се углавном извршавају преко управљачког програма на ПЛЦ. Категорија 0 или 1 стоп функције мора бити функционална без обзира на начина рада, а категорија 0 мора имати предност. Шта више, стоп функције увек имају предност над било којим паралелно покренутим функцијама.

Поништавање стоп функције не сме покренути потенцијално опасно стање. У наставку се бавимо искључиво са специјалним функцијама „**СТОП У СЛУЧАЈУ ОПАСНОСТИ**”. Функција „**СТОП У СЛУЧАЈУ ОПАСНОСТИ**” је средство намењено за заштиту човека и машине.

Активирање функције „**СТОП У СЛУЧАЈУ ОПАСНОСТИ**” мора довести у стање које безопасно и по човека и по машину. Задатак ове функције је да сместа искључи извршни уређај и управљачки програм који могу створити опасну ситуацију. Са друге стране постоје извршни уређаји и управљачки програми, чије искључење може представљати опасност оператерима и машини, па због тога морају наставити рад, чак и у случају опасности (нпр. стезање уређаја). Активирање функције „**СТОП У СЛУЧАЈУ ОПАСНОСТИ**” мора бити омогућено у било којој фази.

Једном када је функција „**СТОП У СЛУЧАЈУ ОПАСНОСТИ**” активирана, не сме бити омогућено да машина поново стартује свој рад аутоматски.

Следећи захтеви се примењују за функцију „**СТОП У СЛУЧАЈУ ОПАСНОСТИ**” као додатак за стоп функције:

- њено првенство над било којом другом функцијом или покретањем било којег дела операције,
- напајање управљачког програма машине који може узроковати опасне ситуације, мора бити искључено што је пре могуће, без стварања додатних опасности (нпр. преко механичких стоп уређаја које не захтевају спољно напајање, преко супротних кочница у случају стоп категорије 1),
- поништавање ове функције не сме покренути поновно стартовање.

Функција „СТОП У СЛУЧАЈУ ОПАСНОСТИ” мора деловати као категорија 0 или као категорија 1 стоп функције. Категорија зависи од типа машине. Функција „СТОП У СЛУЧАЈУ ОПАСНОСТИ” категорије 0 не сме бити остварена преко ПЛЦ-а. Њено повезивање мора бити извршено независно од ПЛЦ-а, преко засебних електромеханичких компоненти које су повезане независно од стандардног рада радних органа и сензора. Само на овај начин ефективност функције „СТОП У СЛУЧАЈУ ОПАСНОСТИ” може бити гарантована, чак и ако је ПЛЦ оштећен.

Након престанка сигнала функције „СТОП У СЛУЧАЈУ ОПАСНОСТИ” машина има све могућности код новог стартовања:

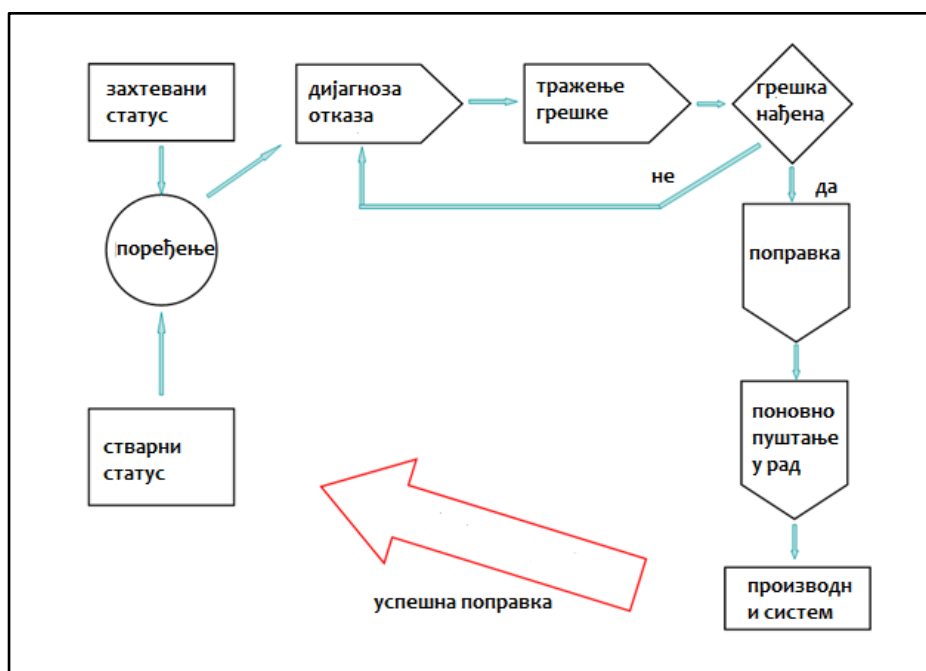
- наставак са истог места,
- повратак у почетну позицију.

У случају додатних захтева за функцију „СТОП У СЛУЧАЈУ ОПАСНОСТИ” могуће је поставити додатне заштитне релеје или чисто пнеуматске управљачке системе.

6.6. ТРАЖЕЊЕ ГРЕШКЕ

Систематска поправка у случају отказа

У случају непчекиваног отказа, поправке треба да се одвијају према следећем плану, као што је приказано на слици .



Слика 514. - Редослед поправки

Предуслов за систематску поправку

Основни предуслов за систематску поправку и проналажење грешке је познавање система. То значи да тек када се упозна са системом и његовом структуром, могуће је да се изведе систематска поправка. Основни кораци за упознавање са системом су:

- пажљиво посматрање инсталације,
- помогућити документацију целог система доступним,
- упознавање са технологијом датог процеса,
- разменом информације са руковаоцима машине и оператерима.

Структура посматраног система се може сагледати кроз:

- Системску и управљачку структуру:

- а. дијаграм тока програма,
- б. дијаграм рада,
- в. опис рада.

- Машински план:

- а. машине и помоћне јединице,
- б. функционалне јединице,
- в. подешаварија;

- Извршни органи (погони):

- а. електрични,
- б. хидраулични,
- в. пнеуматски,
- г. механички системи.

- Управљачки систем:

- а. електропреносни надзор,
- б. програмабилно логички контролер.

- Сензори

- а. бинарни сензори,
- б. аналогни сензори,
- в. дигитални сензори.

- Извори напајања:

- а. електрични,
- б. хидраулични,
- в. пнеуматски.

Процедура у случају појаве отказа

Прва ствар која се мора урадити у случају откривања грешке је установити стварно стање. Стварно стање се може прикупити, као што је приказано на слици. Препорука у тражењу грешке је да се прво разговара са руковођцем (оператером), и то што кроз питања треба да се установи у којим стањима настаје грешка.

Та стања могу бити:

- приликом старта рада,
- у неком кораку процеса,
- погрешно одвијање процеса,
- погрешно одвијање појединих операција.

Проналажење грешке

Проналажење грешака почиње након поређења стварног и захтеваног стања. Ово поређењем често води до откривања извора грешке. У случају да грешка није видљива (нпр. механичко оштећење на сигналном генератору), звучна (нпр. цурење на вентилу), препознатљива по мирису (нпр. изгорео кабл), тада се грешка може пронаћи и елиминисати једино путем процедуре за систематско проналажење грешке.

Документација за грешке

Када је грешка једном пронађена, није довољно само је исправити, већ у исто време потребно је да се узрок проблема одреди. Корисно средство за то је листа грешака која треба да се чува са инсталацијом. Ова листа описује неправилности у раду и њихове узроке. Један од примера попуњене табеле са грешкама је дат у табели.

Табела 42. - Документација за грешке

Број машине	Датум Време	Грешка	Узрок	Ознак а грешке	Исправљен а од
13.03	31.01.99.	Разводна станица: Гравитационо складиште не функционише исправно	Микропрекидач 1С1 неусклађен	М	Оператер

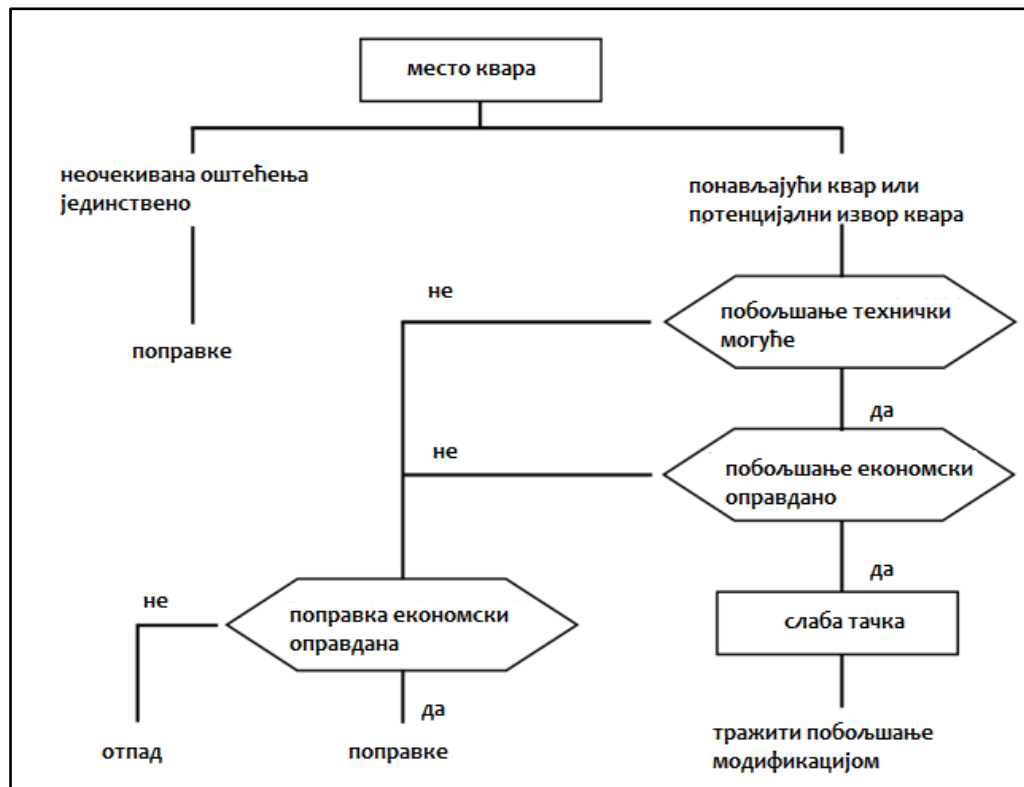
Анализе грешке

Помоћу табеле са грешкама могуће је утврдити која грешка или квар настаје и да то указује на слабе тачке система. Једном када је откривен узрок настајања грешке,

пожељно је увести техничка унапређења за њено отклањање. Ако је квар настао, на крају је потребно изградити завршну анализу.

Завршна анализа

Проналажење и елиминисање грешке не значи само чинити систем поново оперативним, већ и идентификовати и побољшати слабе тачке система. Основни предуслов за ово је познавање свих аспеката управљачке технологије и разумевање функционисања и међуделовања хибридних система. Због тога се на крају врши завршна анализа чији је дијаграм приказан на слици .



Слика 515. - Завршна анализа

Питања за теоријску проверу знања

1. Навести поступке тестирања.
2. Навести кораке отклањања квара.
3. Написати пример завршног сертификата.
4. Написати пример радног налога.

7. МЕРЕ ЗАШТИТЕ НА РАДУ И ОЧУВАЊА ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ

Кључне речи: личне заштитне мере на раду, заштита од електричног удара, загађење и заштита животне средине

7.1. МЕРЕ ЗАШТИТЕ НА РАДУ

Безбедност и здравље на раду подразумева остваривање услова рада у којима се предузимају одређене мере и активности у циљу заштите живота и здравља запослених и других лица који на то имају право. Системским приступом безбедности и здрављу на раду даје се потребан превентивни значај свим фазама рада.

Концепт заштите запослених на раду утемељен је, пре свега, на потреби заштите њиховог здравља, физичког и моралног интегритета, будући да нарушавање здравља запослених има многоструке негативне последице (здравствене, социјалне, економске, радно-правне) не само по њих већ и послодаваца и друштва у целини.

Безбедност и здравље на раду је изузетно значајан и захтеван сегмент рада за сваког послодавца – без обзира на врсту делатности. Постоје, међутим, и одређене делатности у којима је значај безбедности и здравља на раду још више изражен. Данашње друштво функционише у окружењу великим системима и индустријским постројењима. Рад у индустрији сам по себе намеће теже факторе радне средине и радног окружења. Због изложености великом броју штетности и опасности, у индустрији, безбедност и здравље се морају ставити на прво место, а сви евидентирани ризици третирати озбиљно и систематски.

7.1.1. СВРХА И ЦИЉЕВИ БЕЗБЕДНОСТИ НА РАДУ

У документима Организације Уједињених нација налазе се многе одредбе које посредно или непосредно говоре о заштити и безбедности на раду. Оно што карактерише ове одредбе јесте чињеница да се право на безбедне и здраве услове рада третира као важно људско, односно социјално - економско право. Ова карактеристика се односи нарочито на Општу декларацију о правима човека и Међународни пакт о економским, социјалним и културним правима.

Сам циљ заштите на раду јесте спречавање повреда и здравствених оштећења на раду и у вези са радом или бар отклањање или минимизирање штетних дејстава и последица. Заштита на раду се не ограничава само на професионалне болести већ је сврха спречити било коју болест и нарушавање здравља, али се на професионалне болести ставља већи акценат. Основно полазиште за формирање организације, уређивање и спровођење заштите на раду у радној средини јесте процена опасности.

Као основни циљ и сврха свих фактора система безбедности и здравља на раду, издваја се дакле смањење свих ризика на радним местима. Ово се најефикасније постиже применом превентивних мера и мера заштите које представљају скуп различитих активности које се предузимају ради спречавања повређивања или оштећења здравља запослених. Основне групе превентивних мера и мера заштите према приоритету су:

- елиминација опасности или смањење ризика кроз спровођење редизајна технолошких процеса и реконструкције средстава за рад,

- измештање радног места ван опасне зоне,
- коришћење заштитних направа и других средстава заштите,
- коришћење средстава личне заштите и
- спровођење организационих мера заштите (обука, информисање, развој безбедних радних рутина, знаци упозорења, звучна и светлосна сигнализација, итд.)

Све околности, стања, фактори, дејства, узроци или ситуације које могу да изазову повреду или да угрозе здравље радника на радном месту, називају се опасности или штетности. Опасности делују у кратком временском периоду (често у секунди) и изазивају повреде радника, укључујући и фаталне. Најчешће опасности на радним местима су:

- механичке опасности (ротирајући и покретни делови машина и опреме, слободно кретање делова и материјала, различити обрадни процеси, итд.),
- електричне опасности (директан и индиректан контакт са деловима електроинсталација и опреме под напоном, електрични лук или удар грома),
- опасности везане за карактеристике радног места (рад на дубини или висини, рад у скученом простору, клизање и спотицање, опасне површине са којима је радник у додиру) (18).

Штетности по правилу делују у дужем временском периоду, изазивајући различита професионална обољења, односно обољења у вези са радом. Основне групе штетности на радном месту су:

- штетности које се појављују у процесу рада (хемијске, физичке, биолошке, микроклиматске и климатске, штетно зрачење и осветљење),
- психички и психофизички напори (ручна манипулација теретом, положај тела приликом рада, стрес, монотонија, различити облици одговорности, рад са странкама и новцем),
- везане за организацију рада (прековремени рад, ноћни рад, рад по сменама, приправност за случај интервенција),
- остале штетности (насиље на радном месту, рад са животињама, рад у близини или на површини воде, итд.).

С обзиром да се сваки радник у току свог радног века сусреће са бројним опасностима и штетностима, неопходно је ове потенцијалне узрочнике повреда вредновати и рангирати. У том смислу ризик се односи на својеврстан индикатор који представља дефинисање степена опасности.

Процена ризика заснива се на утврђивању штетности и опасности, психичких стања запослених, на радном месту и у радној околини које могу да узрокују повреду на раду или обољење запослених радника. Познато је да радна околина има знатан утицај на ефикасност рада, па о исправном распореду и одржавању елемената радне околине зависе и поступци радника. Писмени акт о обављеној анализи и процени ризика од повреда на раду или оштећења здравља представља основни документ у области безбедности и здравља на раду којим послодавац сагледава укупно стање услова рада на сваком радном месту и у радној околини и утврђује мере за побољшања услова рада и отклањања ризика или њихово свођење на најмању могућу меру.

7.2. СРЕДСТВА ЛИЧНЕ ЗАШТИТЕ

У процесу заштите запослених средства и опрема личне заштите на раду има незаобилазну улогу и јако је важно да се изврши њихов одговарајући избор, обезбеди

правилна употреба и одржавање. Избор личне заштите опреме зависи од распореда радних места, врсте посла и потенцијалних опасности као могућих узрока повреда на радном месту, као и од вероватноће њиховог дешавања.

Законска регулатива прописује да се категоризацијом лична заштитна опрема дели на следеће категорије:

- категорија I (једноставна),
- категорија II (обична) и
- категорија III (захтевна).

7.2.1. ЗАШТИТА НОГУ И СТОПАЛА

Заштита ногу врши се коришћењем заштитних ципела које треба да гарантују добру заштиту од електричних удара, влаге и хемикалија, различитих пробијања, да имају амортизацију (да буду меке) као и да не буду клизаве.

Стандарди који то регулишу су:

- SRPS EN ISO 20345:2013 Технички подаци за сигурносну обућу за професионалну употребу (удар 200 J),
- SRPS EN ISO 20346:2009 Технички подаци за заштитну обућу за професионалну употребу (удар 100 J),
- SRPS EN ISO 20347:2013 радна обућа.



Слика 516. - Врсте заштитних ципела

7.2.2. ЗАШТИТА РУКУ И ШАКА

Током одређених радних процеса обавезна је употреба заштитних рукавица. Рукавице нам током рада штите руке од опекотина, зрачења као и контакта са електричном струјом. Рукавице се иначе могу користити и током уобичајених послова у којима њихова употреба не представља опасност.

Стандард који то регулише је:

- SRPS EN 388:2010 – заштитне рукавице које штите од механичких ризика.



Слика 517. - Врсте заштитних рукавица

Средства за заштиту руку и шака могу се сврстати у три категорије.

I – за заштиту од средстава за чишћење (прање судова), за заштиту од механичког деловања са површинским учинком (за шивење, прљави послови и сл.), за заштиту од врућине (до 50°C).

II – Сва опрема за заштиту руку и шака.

III – за заштиту од опасности у вези са електричном струјом, високим напоном, при екстремно високим и ниским температурама (100°C и - 50°C), за азаштиту од хемијских штетности и јонизујућег зрачења.

7.2.3. ЗАШТИТА ЛИЦА И ОЧИЈУ И ОРГАНА ЗА ДИСАЊЕ

Током различитих радних процеса неопходно је користити незатамњене наочари, док се за друге радне процесе користе наочари различитих нивоа затамњења. Заштита за лице штити од хемикалија, гасова, боја, зрачења итд.



Слика 518. - Врсте заштитних наочара

Када су у питању испарења, потребна је заштита органа за дисање. То се штити маскама за лице.



Слика 519. - Заштитна маска за органе за дисање

7.2.4. СРЕДСТВА ЗА ЗАШТИТУ СЛУХА

Бука и вибрације долазе као резултат рада различитих машина. Смањење буке има велики значај и остварује се употребом новијих машина које производе мање буке и вибрација. Спољна бука у радном простору елиминише се изоловањем радног локалитета, док се унутрашња елиминација буке врши употребом заштитних средстава.

Као лична средства за заштиту од буке користе се штитници за уши (тампони) различитих облика. Одабир врсте заштите слуха врши се у односу на ниво буке. Употреба тампона је дозвољена од 85 – 100 dB (A) за високе фреквенције, од 85 - 95 dB (A) за ниске фреквенције, где тампони умањују буку за 20 - 25 dB (A). Употреба

штитника за уши саветује се од 90dB (A) па навише. Штитници за уши треба да гарантују минимални дозвољени праг слуха у циљу комуникације.



Слика 520. - Облици штитника за уши

7.2.5. ЗАШТИТНА РАДНА ОДЕЛА

Радно одело треба да буде одговарајућа за дато радно место, израђена од адекватних материјала и у складу са хигијеном, отпорна на температуре и различите радне услове, лагана и комотна, као и да не омета кретање. Током рада на машинама, радна униформа треба да буде припијенија у зони руку и да се омогуће ужи кројеви, уз тело.



Слика 521. - Радна униформа

7.2.6. СРЕДСТВА ЗА ЗАШТИТУ ГЛАВЕ

Сва лица која се налазе на специфичним радним местима морају носити заштитни шлем. Врста шлема зависи од опасности које прете на радном месту, као што су: пад различитих предмета одозго, опасност од удара, електричног удара, опекотина, зрачења, као и опасности од хемикалија.



Слика 522. - Заштитни шлемови

Препоручени задатак: Осмислити сценарио у којем радник треба да одабере одређену врсту заштитних средстава и опреме у некој специфичној радној ситуацији. На пример, радник је изложен од просипања уља, цурењу ваздуха под притиском и слично.

7.3. ЕЛЕКТРИЧНЕ ОПАСНОСТИ И МЕРЕ ЗАШТИТЕ

Неправилно коришћење електричне енергије може изазвати струјни удар који може имати тешке последице (опекотине, оштећење вида), а често и фаталан исход.

Радници су у највећој могућој мери изложени опасностима од штетног дејства електричне енергије, јер су радна места углавном обезбеђена електричним алатима, машинама и инсталацијама, који могу бити неисправни, оштећени, изложени атмосферским утицајима или се неправилно користе.

Правилником о општим мерама заштите на раду од опасног дејства ел.струје у објектима намењеним за рад, радним просторијама и на радилиштима утврђују се опште мере заштите на раду од опасног дејства ел.струје у објектима намењеним за рад, радним просторијама и на радилиштима.

Опште мере заштите на раду од опасног дејства електричне струје примењују се и при обављању радова на електричним постројењима.

Електротехнички инсталациони материјал, као и све електричне направе, постројења, уређаји и средства заштите на раду морају одговарати важећим прописима, стандардима и опште признатим правилима заштите на раду.

У опасности од повређивања електричном струјом спадају:

- директан додир делова електричних уређаја и инсталација под напоном,
- приближавање деловима уређаја под високим напоном,
- превисоки додирни напон као последица кvara на изолацији електричних уређаја ниског напона,
- индиректан додир,
- превисоки напон додира изазван проласком струје кроз уземљење,
- индуковани напон,
- електрични лук,
- заостали напон,
- статички електрицитет,
- атмосферски електрицитет,
- утицај електричног поља и магнетског поља на човека.

Извори опасности при коришћењу ел.енергије на радном месту:

- Неадекватна електрична инсталација,
- Опасност од незаштићених електричних делова,
- Високонапонски каблови за дистрибуцију ел.енергије,
- Електрични проводници са лошом или оштећеном изолацијом,
- Опасност од неправилног уземљења,
- Опасност од влажних услова на радном месту,
- Интервенције на електричним инсталацијама под напоном,
- Неадекватна средства личне заштите,
- Нестручно одржавање ел.инсталација.

Највећи број несрећа од ел.струје догађа се електричарима, професионалцима посебно монтерима, који су запослени на разводним постројењима и далеководима високог напона. Најчешће несрећу проузрокују неопрезност и непажња. Такође, они врло често занемарују мере безбедности и не придржавају се обавезних правила и упутстава.

Опасност код високог напона је много већа, велики проценат завршава се смрћу унесрећеног. Број смртних случајева код ниског напона је много мањи, али ни у ком случају није за потцењивање.

Мере заштите на раду

Како би се заштитили од електричног удара, потребно је придржавати се следећих мера заштите:

- када је у питању замена неисправних делова на уређају, обавезно искључити уређај,
- при раду на било ком месту које може доћи под напон или је већ под напоном обезбедити сигуран прекид напајања,
- проверити да ли је обезбеђено безнапонско стање,
- користити изоловани алат,
- обавезна лична средства заштите (радно одело, заштитне наочаре, заштитна кацига, гумене рукавице, ципеле са гуменим ђоном итд...)

Сваки радник треба да се придржава основних безбедносних мера и процедура и да пажљиво и опрезно користи ел.уређаје и опрему.

Како би се смањило број повреда на раду, неопходно је да се максимално поштују техничке норме као и поштовање и придржавање свих техничких прописа. Пажња, концентрација, озбиљност, трезвеност и одговорност на послу чине важне карактеристике којима се, такође, у значајнијој мери смањују повреде.

Препоручени задатак: Осмислити сценарио у којем радник треба да одабере одређену врсту заштитних средстава и опреме у некој специфичној радној ситуацији. На пример, радник је изложен опасности од струјног удара.

7.4. ЗАГАЂЕЊЕ И ЗАШТИТА ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ

Током рада хидрауличних и пнеуматских система могу се јавити три облика загађујуће емисије у животну средину и то:

- **бука** - проузрокована пре свега производњом и /или отпуштањем ваздуха под притиском,
- **уљна магла** - изазвана средствима за подмазивање (лубрикантима) која се уводе у хидрауличне системе, али и у компресоре или припремне групе а која се испуштају у атмосферу током издувавања ваздуха који је обавио користан рад,
- **кондензат** -проузрокован средствима за подмазивање која се уводе у мехатронске системе, или остали загађивачи (чврсте честице, уљне паре и вода) које систем усисава и који се скупљају унутар система и испуштају, у том облику у околину.

7.4.1. ЗАШТИТА ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ ОД БУКЕ

Када је у питању бука треба разликовати две категорије коју производе системи ваздуха под притиском:

- бука при производњи ваздуха под притиском,
- бука при коришћењу ваздуха под притиском.

Бука коју праве компресори успешно решавају произвођачи компресора и купцима је на располагању велики број различитих компресора који се, између осталог, разликују и по нивоу заштите од буке.

Много већи проблем представља бука која настаје при коришћењу ваздуха под притиском.

За пригушивање буке која настаје услед истицања ваздуха из пнеуматских компоненти користе се једноставни пригушници различитих конструкција. Они, претежно раде на принципу пригушења струје ваздуха који истиче из тих компоненти.

Стандардни пригушници само у малој мери успоравају брзину кретања клипњаче. Међутим, у случају пригушника протока који је интегрисан са пригушником звука, отпор протицању ваздуха се намерно прави и подесив је.

Друга могућност за смањење буке је примена сабирних водова са прикључцима за прикупљање ваздуха који се издувава из разводних вентила. Овако прикупљени ваздух се или води у атмосферу преко једног заједничког, већег, пригушника буке, који је обично комбинован и са филтером или се одводи у резервоар који је посебно предвиђен за то.

Адекватно смањење буке понекад се може постићи без пригушника, једноставним пражњењем кроз дуже водове односно измештањем издува. Овај метод решава проблем загушења пригушника али смањење буке је значајно мање. Такође, померање издува захтева продужавање водова, а то може смањити брзину ваздуха под притиском. Због тога је, као меру опреза, потребно користити адаптере и црева који су за једну величину већи од одзрачног прикључка.

7.4.2. ЗАШТИТА ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ ОД УЉА И УЉНИХ ПАРА

Ваздух који излази из хидраулични и пнеуматски погоњених алата или пнеуматски управљаних машина може да садржи уље и виду фино распршених капљица. Оне често остају у околном ваздуху дуже време и људи их удишу заједно са ваздухом.

Највеће количине уља се избацују на отворима за одзрачивање разводних вентила и брзоиспусних вентила. Зависно од количине уља која се додаје, у систему пре или касније долази до засићења уљем. Како се уље и даље додаје а количина уља у ваздуху под притиском остаје константна, присутно је прекомерно зауљивање. Ово има за последицу вишак уља који се одаје околини, што доводи до прљања околног ваздуха.

Уље у систему ваздуха под притиском може да има три облика:

- емулзија уља и воде,
- мале честице уља суспендоване у ваздуху,
- уљна испарења.

Стандардни филтери могу да уклоне емулзије али аеросоли и испарења захтевају другачији третман.

Нормални филтери уклањају довољне количине течног уља, заједно са водом и тиме обезбеђују исправан рад цилиндара, вентила и алата. Међутим, одређени процеси захтевају да ваздух буде у потпуности без уља.

Једно од решења је коришћење безуљног компресора. Међутим, ово решење ће и даље генерисати ваздух загађен прашином и водом.

Боље решење је користити зауљивани компресор у комбинацији са накнадним хладњаком и стандардним филтерима, и да се након тога поставе високо ефикасни филтери за уклањање уља само на оним местима у систему који захтевају ваздух без уља.

Загађење животне средине је посебно изражено када ради велики број пнеуматских мотора или цилиндара великих пречника. У том случају, препоручује се употреба филтера са коалесцентним пригушником, при чему се највећи део уљне магле филтрира и не долази до атмосфере.

7.4.3. КОНДЕНЗАТИ И ЗАШТИТА ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ

Кондензат, који се формира у мехатронским системима, углавном се формира у системима ваздуха под притиском и примарно настаје као последица апсорпције усисаних контамината из атмосфере. Поред тога, тако усисаним контаминатима се додају угљоводоници из уља за подмазивање компресора, као и различите честице микропрашине које настају у сушачима и процесом ерозије цеви. Ови контаминати, заједно са издвојеном водом, формирају прљаву, зауљену течност-кондензат, коју је неопходно пречистити пре него што се испусти у канализацију.

Поступање са кондензатима, као и са осталим отпадним уљима, на територији целе Европе, треба да се обавља у складу са директивом Европске комисије. Према њој, отпадна уља и кондензати треба да се прикупљају и одлажу без икаквих штетних последица по човека и животну средину.

Да би фабрика могла да испуни услове законом прописане, неопходно је да обезбеди систем за прикупљање кондензата.

Сви уређаји на којима постоји отвор за испуштање кондензата морају се повезати системом цеви или црева, са посебним резервоаром за привремено складиштење кондензата.

Могућности за управљање овако прикупљеним кондензатом су следеће:

- овлашћени оператер се позива и односи кондензат,
- уградња једноставног гравитационог сепаратора кондензата,
- уградња савременог сепаратора кондензата са одговарајућим филтерима.

Прва варијанта је најјефтинија у погледу инвестиција јер захтева само набавку и инсталирање обичног резервоара довољне запремине. Међутим, одношење кондензата се наплаћује по маси или запремини однетог отпада, а у прикупљеном кондензату је одромна количина воде што знатно повећава запремину.

Уградња једноставног гравитационог сепаратора кондензата значајно смањује количину отпада коју преузима овлашћени дистрибутер јер је из њега издвојена вода па се преузима само концентрат кондензата. Међутим, у овим случајевима се мора доказати да је вода довољно чиста да се може испустити у канализацију.

Савремени сепаратори кондензата се базирају на активном одстрањивању загађујућих материја коришћењем и комбиновањем више поступака. Примењу је поступци филтрације који могу да укључују активни угаљ, апсорбере уља или глину.

Питања за теоријску проверу знања

1. Од чега настаје бука у фабрики и које су мере заштите од буке?
2. Где и како се издваја уље у системима и како се може решити заштита животне средине?
3. Како се поступа са кондензатима и који су начини заштите животне средине?

8. ЗАКЉУЧАК

Обука за занимање Индустијски мехатроничар-специјалиста је веома комплексна јер је сам наставни садржај који је потребно савладати доста широк, обухвата широк спектар знања из различитих области машинства, електротехнике и рачунарске технике. Осим теоријских знања потребне су и одређене вештине које је неопходно савладати кроз практичне вежбе.

Циљ овог приручника је да пружи смернице наставницима који изводе обуку кроз стручно-теоријску наставу, на иновативан, холистички приступ реализацији стручно-теоријске и практичне наставе и помаже да се повежу наставни садржаји кроз теоријску наставу, вежбе и практичну наставу, са једне стране, а са друге стране даје потпуно јасне неопходне теоријске садржаје, вежбе и практичне вежбе које полазницима пружају лак и једноставан начин савладавања ове сложене материје и лаку проверу усвојених знања и вештина кроз кратка питања после сваког дела.

Наставни материјал за учење конципиран је кроз два дела. Први део представља приручник, односно материјал за учење и вежбање (стручно - теоријских и практичних задатака), док је други део приручника намењен као водич са задацима за полагање завршног испита, правилима, бодовању итд.

Први део приручника подељен је на више делова и то су:

1. Општа начела хидраулике
2. Општа начела пнеуматике
3. Управљање у електрохидрауличним и електропнеуматским системима
4. Електрични погони и опрема у мехатроници
5. Одржавање мехатронских компонената и система
6. Тестирање и дијагностика
7. Мере заштите на раду и очувања животне средине
8. Закључак и
9. Литература

Други део приручника садржи:

1. Прилог - наставни материјал за полагање завршног испита (теоретски и практични део)
2. Прилог – радне свеске за полазнике

9. ЛИТЕРАТУРА

1. Николић С. (2000). Хидрауличне, пнеуматске и електричне компоненте. Београд: Завод за уџбенике и наставна средства, Београд.
2. Шешлија Д. (2013). Компоненте технолошких система. Нови Сад: Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду.
3. Митровић П., Митов П. и Радојевић З. (1998). Хидраулика и пнеуматика за машинске школе. Београд: Завод за уџбенике и наставна средства, Београд.
4. Адамовић Ж. и Радовановић Љ. (2005). Хидраулика и пнеуматика. Нови Сад: Технички факултет „Михајло Пупин”, Зрењанин
5. Илић Б. (2018). Елементи аутоматизације. Нови Сад: Висока техничка школа струковних студија, Нови Сад.
6. ФЕСТО ДИДАКТИКА. (2008). Увод у пнеуматику - приручник. Нови Сад: Фесто дидактика.
7. Јовановић З. (2015). Хидраулика и пнеуматика. Београд.
8. Марковић Р. (2007). Хидраулика - увод са примерима управљања. Београд: Микроелектроника Београд.
9. Петрић Ј. (2012). Хидраулика и Пнеуматика, Загреб: Факултет стројарства и бродоградње Свеучилиште у Загребу.
10. Шешлија Д. (2020). Имплементација аутоматских система - Пнеуматски системи. Нови Сад: Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду.
11. Јоцановић М. (2021). Аутоматизација процеса рада - Основе хидрауличног управљања. Нови Сад: Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду.
12. ФЕСТО ДИДАКТИКА. (2008). Увод у електропнеуматику- приручник. Нови Сад: Фесто дидактика.
13. ФЕСТО ДИДАКТИКА. (2008). Увод у електрохидраулику - приручник. Нови Сад: Фесто дидактика.
14. Пендић З. И Николић Ј. (1993). Електричне машине са регулацијом електромоторног погона. Београд: Завод за уџбенике и наставна средства, Београд и Завод за школство Подгорица.
15. Николић Г. и Мартиновић Д. (2006). Основе аутоматског управљања. Београд: Завод за уџбенике и наставна средства, Београд.
16. Николић Ј. (2006). Електромоторни погон. Београд: Завод за уџбенике и наставна средства, Београд.
17. Вучковић В. (1997). Електрични погони. Београд: Електротехнички факултет Београд.
18. Завод за унапређивање образовања и васпитања и Центар за стручно образовање и обрађивање одраслих. (2018). Приручник о полагању матурског испита у образовном профилу техничар мехатронике.
19. Вуковић В. (2010). Програмирање и примена „PLC” контролера Siemens SIMATIC S7-1200, Дипломски рад. Машински факултет Крагујевац.
20. Јустинијановић М. (2003). Електричне инсталације јаких струја. Београд: Завод за уџбенике и наставна средства, Београд.
21. Николић Ј. (2006). Електроенергетика. Београд: Завод за уџбенике и наставна средства, Београд.