

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Енергетика и процесна техника

Предмет: Инжењерски алати 1

Број индекса: 2009/2017

Милорад З. Новаковић

**3D моделирање пнеуматског разводника 3/2
завршни рад**

Комисија за преглед и одбрану:

1. доцент Владимир Вукашиновић

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

САДРЖАЈ

Резиме	2
Abstract	2
1. УВОД	3
1.1. ИСТОРИЈСКИ РАЗВОЈ ПНЕУМАТИКЕ.....	3
2. ОСОБИНЕ ВАЗДУХА ПОД ПРИТИСКОМ И ПНЕУМАТСКИХ КОМПОНЕНТИ.....	6
3. ВАЗДУХ.....	7
3.1. ВЕЛИЧИНА СТАЊЕ ВАЗДУХА	7
3.1.1. Једначина стања	10
3.1.2. Основне промене стања гаса	10
3.1.3. Влажност ваздуха и стварање кондензата.....	11
4. ПНЕУМАТСКЕ КОМПОНЕНТЕ	13
5. РАЗВОДНИЦИ.....	15
5.1. ОЗНАЧАВАЊЕ И ПРИКАЗИВАЊЕ РАЗВОДНИКА.....	15
6. ПОДЕЛА ПНЕУМАТСКИХ РАЗВОДНИКА	19
6.1. Подела разводника према основним карактеристикама	19
6.1.1. Подела разводника према протоку ваздуха	19
6.1.2. Подела разводника према начину активирања	19
6.1.3. Подела разводника према функцији	21
6.2. Подела разводника на основу дужине сигнала који је потребан за његово активирање.....	22
6.3. Подела разводника на основу конструкције.....	22
6.3.1. Разводници са седиштем.....	22
6.3.2. Разводници са клизним прекривањем	24
6.4. ПОДЕЛА РАЗВОДНИКА ПРЕМА ТИПУ И ВЕЛИЧИНИ.....	26
6.5. ОСТАЛЕ ПОДЕЛЕ РАЗВОДНИКА	26
7. ПНЕУМАТСКИ РАЗВОДНИК 3/2 МЕХАНИЧКИ АКТИВИРАН, ПОВРАТНИ ХОД - ОПРУГА	27
8. ИЗРАДА 3D МОДЕЛА РАЗВОДНИКА 3/2 МЕХАНИЧКИ АКТИВИРАНОГ СА ПОВРАТНИМ ХОДОМ – ОПРУГОМ.....	29
9. ЗАКЉУЧАК	39
Литература:.....	40

Резиме

Развој пнеуматике је ишао паралелно са развојем технике и проширивањем могућности примене у машиноградњи, хемијској индустрији, рударству, здравству и другим областима. Потреба за њеним унапређивањем и проналажењем нових технологија је био све већи због захтева за примену пнеуматике. Предмет овог рада је управљачка компонента пнеуматског система, разводник 3/2 са механичким активирањем и повратним ходом који успоставља опруга.

У уводном делу описује се сам развој пнеуматике још из античког доба до данас. У следећем делу значај је придодат ваздуху и његовим особинама као основном медију у пнеуматским системима. Централни део садржи пнеуматске компоненте где фокус пада на разводнике, њихову поделу, намену и симболе. Посебно се придодаје значај завршном делу рада где је представљен 3D модел пнеуматског разводника 3/2 са механичким активирањем и повратним ходом опруге као и свих његових компонената из производног програма фабрике „Прва петолетка“, Трстеник.

Abstract

The development of pneumatics has been carried out parallel with the technique development and by expanding the possibilities of application in mechanical engineering, chemical industry, mining, health care and other fields. The need for its improvement and the discovery of new technologies has been increasing due to the requirements for the use of pneumatics. The subject of this paper is the control system of the pneumatic system, distributor 3/2 with mechanical activation and a return stroke that establishes by spring.

The introductory part describes the development of pneumatics from the ancient times to the present. In the next section, the importance is attached to the air and its properties as the primary medium in pneumatic systems. The central part contain pneumatic components where focus is given to the distribution lines, their division, purpose and symbols. In particular, the importance of the final part of the work presented the 3D model of pneumatic distributor 3/2 with mechanical activation and return by spring, as well as all its components from the production program of the factory "Prva petoletka", Trstenik.

1. УВОД

Пнеуматика је врло широко подручје из области физике и технике уопште и није објективно очекивати да се кроз један рад оваквог формата може ући у дубину и детаље овако комплексне техничке гране.

Међутим, вредно је покушаја да се у оквиру основних академских студија, Факултета инжењерских наука, после изучавања предмета „Пренос снаге флуидом“, уђе у опис једног дела ове области, уз краћу анализу свих, битних елемената који су неопходни за функционисање пнеуматских система или за приступ пнеуматици, уопште.

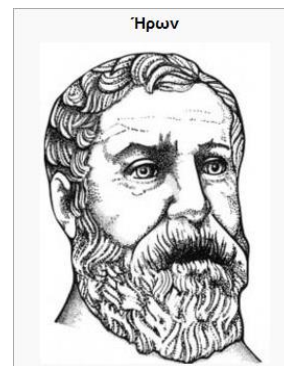
Наравно, са акцентом на једну од компоненти из широког спектра пнеуматских компонената, тачније, на један тип разводника, уз његов приказ у форми 3D модела, овај рад треба да представља и скуп информација који се могу добити од инжењера по завршетку овог дела академских студија.

1.1. ИСТОРИЈСКИ РАЗВОЈ ПНЕУМАТИКЕ

Ваздух под притиском је један од облика енергије, коју је човек врло успешно примењивао, још у далекој прошлости, као замену за физичку силу.

Назив „пнеуматика“, иначе наука о кретању ваздуха, настао је од грчке речи „*pneuma*“, која значи дисање или ветар.

Један од првих научника, који су се бавили „снагом ветра“, још 3. века пре нове ере, био је *Ktesibios* из Александрије, за кога је нешто млађи научник из доба Цезаревог Рима, *Vitruvius* у својим делима из грађевине и архитектуре, написао да је (*Ktesibios*) „открио снагу природног ваздуха и пронашао машине, које снагом ваздуха могу нешто да покрећу“ (слика 1.1). Један од научника и филозофа тога доба, *Philon*, пишући о *Ktesibios*-овим проналасцима, наводи да је значајно побољшао катапултирање уз помоћ сабијеног ваздуха.

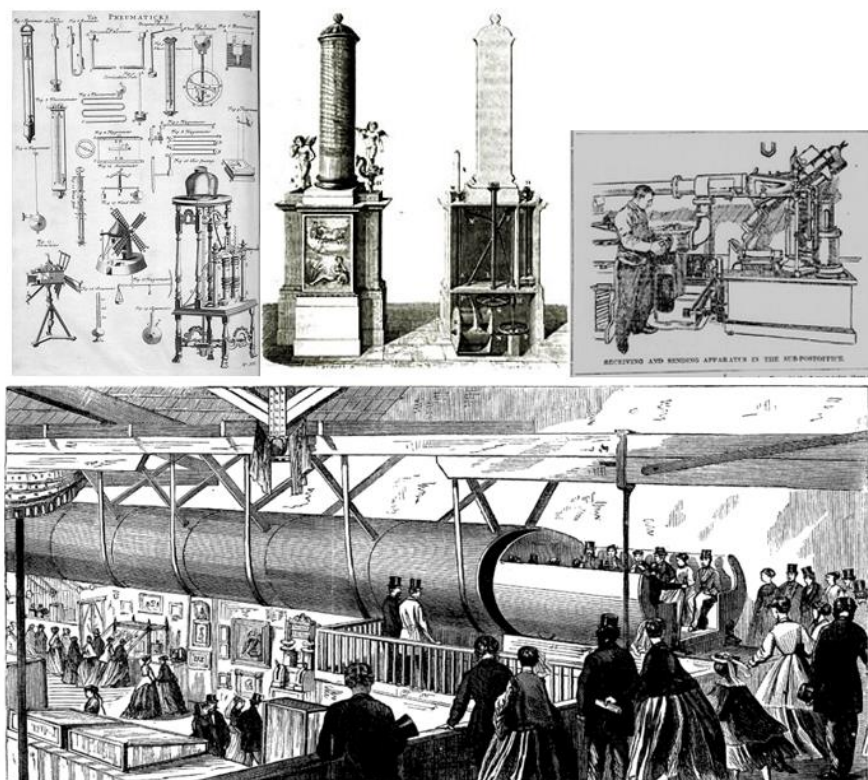


Слика 1.1 *Ktesibios*
(285–222 п.н.е.)

Тек много година касније, негде у XII веку у Европи помињу се ветрењаче са хоризонталном осовином, које представљају важан погонски извор.

Сабијени ваздух, у то време, користио се пре свега за проветравање рударских јама. Нажалост снага мехова, покретана помоћу водених точкова није била довољна да произведе неки озбиљнији пнеуматски ефекат. Тек са открићем парне машине и њеном широм применом, почео је и озбиљнији развој машина које су равноправно користиле и карактеристике сабијеног ваздуха.[1]

Још озбиљнији или, боље речено, прави развој пнеуматике настаје у другој половини XIX века. Проналасци карактеристични за тај период били су, пнеуматска пошта, пнеуматска железница и пнеуматски алати (слика 1.2). Прва два проналаска иако су били открићења у периоду свога настанка, нису остала у примени у савременом добу, због проналазака, који су их једноставно претекли ефикасношћу и оптимизираношћу (електрификација и аутоматизација) док су пнеуматски алати, временом доживљавали трансформацију и осавремењавање, па су се у модификованом и осавремењеном облику интензивно задржали до данашњих дана.



Слика 1.2 Развој пнеуматике кроз историју

Интересантан пример развоја пнеуматских алата је изградња тунела кроз Алпе у периоду око 1860. године, када су се пнеуматски алати интензивно развијали упоредо са изградњом тунела.

После овога периода почело је интензивно отварање фабрика чији је основни производни програм био пнеуматски алат. Најпознатије су биле у Америци, Шведској и Немачкој. Упечатљив је проналазак везан за то време је пнеуматски чекић за бушење са кугличним управљањем, кога је патентирао *Otto Heinrich Flottman* почетком XX века.[1]

Стварна и широка примена пнеуматике у индустрији почела је са појавом потребе за аутоматизацијом и рационализацијом радних процеса, негде после окончања глобалних ратних сукоба, тачније од 1950. године.

Модерна индустрија је незамислива без ваздуха под притиском. Опрема у виду уређаја и алата под притиском примењује се у свим гранама индустрије. Данас се сабијени ваздух, под притиском од око 8 бар-а користи и као погонски медиј радне опреме и за функције управљања. Производња пнеуматских елемената данас је високо стандардизована, тако да је уз евидентно олакшање произвођачима, драстично поједностављен посао пројектантима и извођачима, без обзира на ниво сложености задатака везаних за аутоматизацију опреме и самих процеса.

Оно што је данас карактеристично код пнеуматских елемената и што им даје предност над другим радним и управљачким компонентама је високи проценат лаких материјала од којих се производе, међу којима доминирају пластични материјали. Осим што је њиховом употребом спречено уношење нечистоћа (уља) у систем, лаки су за манипулацију и уградњу.

Све наведено је покушај да се укратко кроз историју технологије прикаже генеза пнеуматике од првих корака направљених у античком добу, када се тек уочавала могућност „снаге“ сабијеног ваздуха, па преко првих механизма и проналазака од ветрењача па преко радикално сложенијих насталих паралелно са парном машином, до данас када је незамисливо конципирати било коју врсту производње без пнеуматске опреме, како алата, тако и управљачких елемената.

2. ОСОБИНЕ ВАЗДУХА ПОД ПРИТИСКОМ И ПНЕУМАТСКИХ КОМПОНЕНТИ

Нема сумње да је пнеуматика врло брзо, рачунајући период аутоматизације у индустрији (или другу половину XX века), нашла широку примену. Највећи утицај на то има чињеница, да се за многе проблеме у аутоматизацији не могу применити друга средства, а да су једноставнија за изведбу и економичнија. Постоји више разлога због којих је ваздух под притиском, односно пнеуматска опрема, нашла широку примену.

Један од основних услова је да је ваздух, као радни медиј, у неограниченој количини, свуда око нас и без икаквих препрека за коришћење. Такође, битно је да се ваздух под притиском лако транспортује у пнеуматским инсталацијама, односно у цевним водовима, чак и на већа растојања. Ваздух под притиском, није неопходно стално производити (рад компресора, који је задужен за продукцију ваздуха под притиском не мора бити непрекидан за време коришћења), што значи да га је (ваздух под притиском) могуће, грубо речено, складиштити односно акумулирати. Саставни делови пнеуматских инсталација су резервоари, а ваздух под притиском у неким ситуацијама могуће је и транспортовати у боцама које су пројектоване за високе притиске.

Утицај околне температуре на ваздух је занемарљив, тако да при екстремним временским приликама рад пнеуматских система је несметан и безбедан. Не постоји опасност од експлозије и паљења, тако да нису потребни додатни услови везани за безбедност на раду. Ваздух под притиском је у основи врло чист, тако да приликом изласка из система, у случају пропуста у водовима или као последица рада, не загађује околину, што је један од битних услова, за задовољење законских али и еколошких стандарда, који су данас неопходан услов за функционисање производних целина. Овај услов је јако битан код неких специфичних грана индустрије, као што је прехранбена.

Радни пнеуматски елементи су релативно једноставне конструкције, па су као такви манипулативни приликом монтаже и рада и што је јако битно, нису високих цена. Ваздух под притиском је такође и брз радни медиј у поређењу са чисто механичким радним елементима (радне брзине пнеуматских цилиндара крећу се и до 2 m/sec). Контрола рада пнеуматских елемената, укључујући пнеуматске алате је лако остварљива, регулацијом притиска.

Поред низа предности пнеуматских система и ваздуха под притиском које су наведене у предходним редовима, треба имати у виду и неке од особина, о којима треба водити рачуна приликом инсталирања и експлоатације. Није пожељно да се у пнеуматским инсталацијама нађе вода, односно влага, као и прљавштина у виду механичких честица прашине, јер може утицати на рад односно на хабање и хаварију пнеуматских елемената. Овај проблем се решава уградњом припремних јединица или пречистача у пнеуматске системе. Такође, приликом експлоатације односно, изласком ваздуха из радних елемената може се производити и већи ниво буке. Наравно и ови проблеми се све ефикасније решавају инсталисањем пригушивача.[2]

3. ВАЗДУХ

Површина земљине кугле окружена је ваздушним омотачем (атмосферским ваздухом). Посматрајући, са становишта физике, атмосферски ваздух је мешавина различитих запреминских делова гасова који могу бити једноатомни, двоатомни и троатомни. У ваздуху су најзаступљенији азот (N_2) и кисеоник (O_2) али поред њих су присутни и други гасови (водоник, аргон, угљен-диоксид, неон, хелијум, криптон и ксенон) као и вода у виду паре и разне друге чврсте честице. Састав ваздуха се може приказати кроз запремински удео и масени удео (табела 3.1). [3]

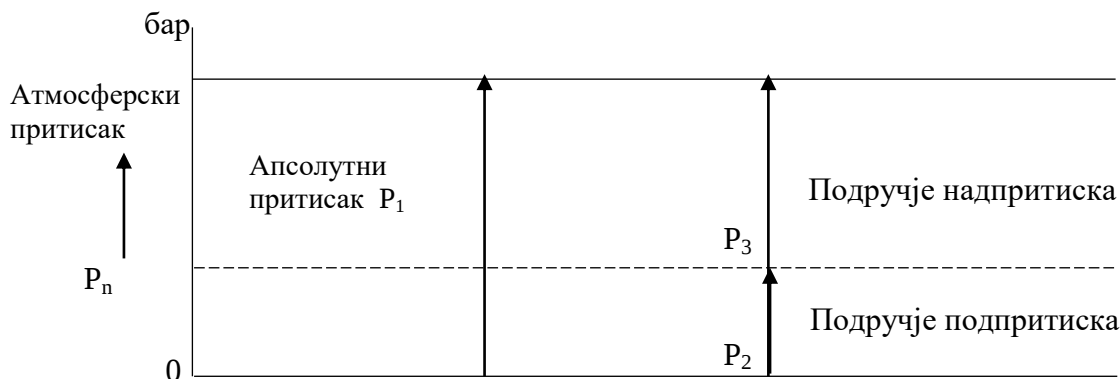
<i>Табела 3.1 Запремински и масени удео ваздуха</i>		
Врста гаса	Запремински удео (%)	Масени удео (%)
Азот	78,08	75,47
Кисеоник	20,95	23,2
Аргон	0,93	1,28
Угљен-диоксид	0,03	0,046
Водоник	0,01	0,001

3.1. ВЕЛИЧИНА СТАЊЕ ВАЗДУХА

Притисак, температура и специфична запремина или густина одређују стање ваздуха, па због тога ове вредности чине параметре стања. Променом једног параметра мењају се на одређен начин и други.

Пошто је све на земљиној кугли изложено атмосферском притиску, тај притисак не можемо ни осетити. Због тога се атмосферски притисак посматра као полазна тачка, а свако одступање од њега се дефинише као атмосферски надпритисак или атмосферски подпритисак.

Притисак ваздуха није увек исти, он се мења према географском положају и временским приликама. Област од апсолутне нуле до променљиве линије притиска ваздуха називамо област (подручје) подпритиска, а онај изнад њега област надпритиска. Апсолутни притисак P_1 је збир притисака P_2 и P_3 . У пракси се примењују мерни апарати који показују само надпритисак P_3 (слика 3.1). [1]



Слика 3.1 Подручје притиска

Јединица за мерење притиска у „SI“ систему је *Paskal* (Pa):

$$1 \text{ Pa} = \frac{1\text{N}}{\text{m}^2}$$

Дозвољена јединица ван „SI“ система је бар:

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$$

Температура (T) гаса карактерише степен његове загрејаности и мери се у Келвиновим степенима (°K). При вишим температурама молекули гаса се брже крећу, а на нижим спорије. На температури апсолутне нуле (°K = -273,15 °C) нема кретања молекула.

Ваздух као и свака материја у природи има своју масу. Маса је дефинисана као производ запремине и **густине**, па је самим тим густина маса јединице запремине.

$$\rho = \frac{m}{V} \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$$

Специфична запремина је дата кроз облик реципрочне вредности густине.

$$v = \frac{V}{m} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \right]$$

Па између ове две формуле постоји однос који их повезује.

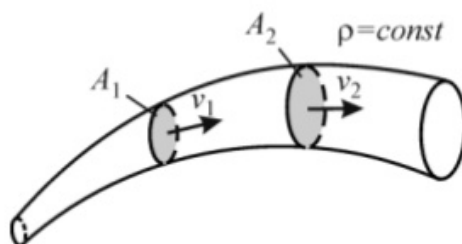
$$v = \frac{1}{\rho}$$

Вискозитет ваздуха карактеришу силе унутрашњег трења честица у току струјања. Користе се коефицијент динамичког вискозитета μ и коефицијент кинематског вискозитета ν .

Међусобна веза је дефинисана као $\mu = \rho \nu$. Вискозитет ваздуха зависи од температуре, што се означава на следећи начин:

- μ_d – коефицијент динамичког вискозитета при апсолутној температури T и
- μ_{do} – коефицијент динамичког вискозитета при температури $273K$
($\mu_{do} = 17,2 \times 10^{-6} \text{ Pa s}$). [1]

Струјање представља кретање материје (ваздуха) из области вишег притиска у област нижег притиска. Захваљујући струјању рад материје, а посебно ваздуха се може остварити и на даљину са одређеним падом притиска у зависности од дужине водова. На брзину струјења као и пад притиска утиче трење унутар материје и честица материје о зидове вода кроз које се изводи струјање. У идеалним случајевима када се струјање може посматрати стационарним, закон одржања енергије и закон одржања масе се може описати једначином континуитета тј. закон одржању масе (слика 3.2). Једначина континуита представља облик закона по коме масени проток радног флуида у струјној цеви променљивог проточног пресека остаје непромењен.[4]



Слика 3.2 Шематски приказ једначине континуитета

$$Q_m = Q_{m1} = Q_{m2} = \text{const}$$

У случају нестишљивог флуида ($\rho = \text{const}$) једначина поприма облик:

$$Q = v_1 A_1 = v_2 A_2 = \text{const}$$

где су:

- v_1 и v_2 брзине флуида кроз одговарајуће попречне пресеке,
- A_1 и A_2 површине попречних пресека.

3.1.1. Једначина стања

Једначина стања гаса повезује три основне величине стања гаса и у општем облику изгледа:

$$f(p, V, T) = 0$$

Ова сложена функција, која би важила за све гасове, није пронађена. Зато постоје једначине које важе за неке одређене случајеве. За пнеуматику средњих притисака и за ваздух као радни флуид може да се користи *Klapejronov*-а једначина тј. једначина стања идеалног гаса која гласи:

$$pV = \frac{RT}{M}$$

где је:

- $R=8314 \left[\frac{\text{Nm}}{\text{kmol K}} \right]$ – универзална гасна константа,
- $M=29 \left[\frac{\text{kg}}{\text{kmol}} \right]$ – молекулска маса ваздуха.

3.1.2. Основне промене стања гаса

При промени стања гаса мењају се основне величине стања. У пракси се дешава да је једна од основних величина стања гаса стална, па настају следећи случајеви:

Изотермска промена стања ($T=\text{const}$). Температура је стална, а притисак и запремина се мењају. Из једначине стања гаса добија се:

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{V_2}{V_1}$$

Овај однос изражава *Bojl-Mariot*-ов закон који гласи: При сталној температури промена запремине гаса обрнуто је сразмерна притиску.

Изобарска промена стања ($p=\text{const}$). Притисак је константан, а запремина и температура се мењају. Из једначине стања гаса добија се:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

Овај однос изражава *Gej-Lisak*-ов закон који гласи: при сталном притиску специфичне запремине гаса су сразмерне температурама.

Изохорска промена стања ($V=\text{const}$). Специфична запремина је стална, а притисак и температура се мењају. Из једначине стања гаса добија се:

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

Тај однос изражава *Šarl*-ов закон који гласи: при сталној запремини притисци гаса су сразмерни температурама.

Адијабатска промена стања је промена стања гаса без размене топлоте са околином, при чему се све три основне величине стања гаса мењају. Из једначине стања гаса добија се:

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} = \text{const}$$

У пнеуматским системима сматра се да су промене адијабатске јер се процеси брзо обављају па нема времена за размену топлоте са околином.

Политропска промена стања је најсложенија промена, при чему се мењају све три основне величине стања гаса. Ова промена се изражава као:

$$pV^n = \text{const}$$

где је:

- n - експонент политропе.

3.1.3. Влажност ваздуха и стварање кондензата

Да би смо говорили о влажности ваздуха и стварању кондензата неопходно је да се подсетимо основних појмова.

Влажност ваздуха представља присуство водене паре у ваздуху која је веома важна за атмосферски ваздух јер је једина компонента која може битно утицати на његове особине.

Ваздух који не садржи водену пару назива се **суви ваздух**.

Под појмом **засићен ваздух** подразумева се онај ваздух који садржи водену пару у одређеном проценту који дозвољава стабилну равнотежу између ваздуха и воде.

Температура орошавања представља температуру код које је ваздух засићен воденом паром при константном притиску.

Презасићен ваздух представља стабилну равнотежу јер у већем проценту садржи водену пару од оне која је потребна за његово засићење.

Специфична влажност се дефинише као однос масе водене паре и масе сувозасићеног ваздуха у датој запремини мешавине.

Релативна влажност се дефинише као однос масе водене паре у јединици запремине мешавине према маси водене паре засићене мешавине при истој температури.

Апсолутна влажност је количина воде која се налази у једном метру кубном ваздуха.

Вода односно влага се у компресор и у ваздушну мрежу доводи са спољним усисаним ваздухом. У зависности од релативне влажности усисаног ваздуха, зависи и садржај влаге, а релативна влажност усисаног ваздуха зависи од температуре ваздуха, односно од временске ситуације.

Максимална влажност представља количину воде коју један метар кубни ваздуха може да прими при одговарајућој температури. Тада релативна влажност износи 100 %.

На пример при температури засићења од 293 К (20 °C) садржи воде у једном метру кубном ваздуха износи 17,3 грама.

У незасићеном ваздуху водена пара је прегрејана јер је њена температура виша од оне температуре којој одговара парцијални притисак ваздуха на температури засићења. Ако се загрева засићени ваздух добија се већа количина незасићене паре, а ако се хлади засићени ваздух издваја се вода све док се не достигне притисак засићења. С обзиром да се вода издваја морају се поставити одвајачи воде централно или испред сваког уређаја, јер би у супротном настала рђа, дошло би до замрзавања зими, а самим тим и оштећење управљачких органа, контролних инструмената и самих машина. Да би се спречили ови недостаци ваздух који излази из компресора мора да се хлади на температури нижој од температуре места где се примењује. Уколико је на месту потрошача температура виша, ваздух је незасићен, а пара прегрејана, па самим тим не долази до одвајања воде.

Температура ваздуха који се сабија се повећава, супротно томе при експанзији температура опада због пада притиска. Температура ваздуха у млазници нижа је од температура у воду током струјења због адијабатске експанзије компроминованог ваздуха. Уколико ваздух експандира од 5 до 0 бар охлади се за око 100 °C. Непосредно изван млазнице долази до најинтензивнијег хлађења ваздуха јер се тада ваздух под притиском меша са околним ваздухом. Након што дође до експандирања ваздуха водена пара се претвара у капљице које новољно утичу на квалитет офарбане површине. Управо због тога се ваздух претходно посебно осуши на уобичајне начине.

Ваздух под притиском који долази из компресорске станице садржи у себи уље и водену пару. Да би компримовани ваздух могао да се користи у пнеуматским уређајима, треба да буде очишћен од свих страних састојака. Нечистоћа или присуство уљаних пара и капљица воде штетно делују на пнеуматске уређаје, а у неким случајевима функционисање уређаја је онемогућено.[1]

4. ПНЕУМАТСКЕ КОМПОНЕНТЕ

Подела компонената у пнеуматском систему може се извршити према њиховој улози. Пнеуматски систем на једном уређају састоји се од следећих компоненти, односно елемената (слика 4.1):

- за припрему ваздуха (обављају припрему ваздуха што укључује чишћење, подмазивање и регулацију притиска): филтери, зауљивачи, регулатори притиска;
- управљачког дела (управљају токовима енергије и информација): вентили, давачи сигнала, притисни прекидачи, разводници, пнеуматски бројачи;
- извршног дела (снагу ваздуха претварају у механички рад): пнеуматски цилиндри, мотори;
- за сигнализацију и мерење основних параметара (добављају информације о стању система);
- помоћни елементи (испуњавају различите додатне функције): прикључне плоче, пригушивачи буке.



Слика 4.1 Пример пнеуматског система

Ваздух притиска 5 до 6 бара се користи за рад извршних органа, док компоненте управљачког дела система могу радити и са нижим притиском. Уколико говоримо о системима са једноставнијим задатком обично све компоненте користе ваздух нормалног притиска, док у сложенијим пнеуматским системима (у којима се налази већи број компонената у управљачком делу система) компоненте нормалног притиска би захтевале велики смештајни простор. Због тога се током развоја ових компоненти тежило габаритном смањењу. С обзиром да се извршни органи морају снабдевати довољном количином ваздуха у јединици времена, њихово смањење било је ограничено.

Током даљег развоја компоненти ишло се ка томе да компоненте за управљачки део система треба да поседују логичке функције. Самим тим ове компоненте су биле знатно мањих димензија од класичних, а уз то су се могле међусобно повезивати и заузимати мањи простор.

Са циљем смањења габаритних мера отпочело се са развојем струјних елемената без покретних делова који су радили са притиском од 0,001 до 0,01 бар, чија је брзина одзива 0,001 секунд (што је код обраде информације врло важно).

Да би систем са струјним елементима адекватно и исправно радио неопходан је квалитетан ваздух без влаге и других нечистоћа, а уз то и фино регулисање притиска ваздуха малих вредности. Врло слаб излазни сигнал треба знатно појачати па је потребно располагати са двоструким појачивачким компонентама. Више од деценију се трагало за компонентама које би испуниле претходно наведене захтеве.[1]

5. РАЗВОДНИЦИ

Разводни вентили (разводници) су вентили чија је основна улога да усмеравају ток радног медија – пропуштањем, затварањем, променом смера тока. Своју улогу остварују тако што померају разводни елемент, чиме се отварају или затварају управљачки пригушни отвори у самом вентилу. С обзиром да разводници имају велики број функција, не чуди ни чињеница да постоји велики број њихових конструктивних облика.[5]

Разводници могу имати више прикључака (отвора), па самим тим и разводни елементи могу заузимасти два, три, четири или више одговарајућих положаја. Проточне површине кроз разводник морају бити одређене тако да обезбеђују да ваздух без великог пада притиска дође до потрошача за што краће време, а попречни пресек свих канала кроз разводник мора одговарати слободном попречном пресеку цевовода који води до потрошача.[2]

5.1. ОЗНАЧАВАЊЕ И ПРИКАЗИВАЊЕ РАЗВОДНИКА

У техничкој документацији, поготово кад се ради о функционалној шеми, све компоненте и разводне вентиле приказујемо шематски. Од елементата функционалности разликујемо:

- број могућих положаја,
- број прикључака,
- отвореност,
- односно затвореност прикључка,
- енергетски извор за пребацивање,
- место и начин пригушивања излазећег ваздуха из разводног вентила итд.

Општа правила:

- Број могућих положаја симболички приказујемо са бројем квадрата.
- Отвореност прикључка означавамо са стрелицом ↑.
- Затвореност прикључка означавамо са "те" ⊥.
- Број прикључака означавамо са великим словима абецедне или бројевима.

A – прикључак који спаја један крај пнеуматског извршног органа.

B – прикључак који спаја други крај пнеуматског извршног органа.

P – прикључак за напајање, прикључен цев од компресора – резервоара.

R, S, T... – прикључци за испуштање ваздуха у атмосферу.

X, Y, Z... – прикључак за управљање вентилом.

Означавање разводних путева изводи се словима или бројчано према ISO 5599, на следећи начин:

- P ili 1 - вод (прикључак) на хидрауличну или пнеуматску мрежу под притиском;
- A, B, C ili 2, 4... - водови до радних елемената, односно радни водови;
- R, S, T ili 3, 5... - (T) водови за одвођење (хидраулични систем) или (R, S) одзрачивање (пнеуматски систем) – одводни (одзрачни) водови;
- Z, X, Y ili 12, 14 – управљачки водови;
- 10 – управљачки вод за поништавање сигнала.

Означавање положаја разводника изводи се малим словима (o, a, b, c):

- o - нулти положај (положај у коме се разводник налази, када се на њега не делује - ова дефиниција има смисла ако се разводник после престанка дејства враћа у радни положај);

Означавање разводника се изводи следећом ознаком a/b

- a – број радних прикључака (путева);
- b – број разводних положаја.

Приказивање разводника у функционалним шемама се врши упрошћено, помоћу симбола, према стандарду. Симбол показује функцију разводника, али не и његову конструкцију.

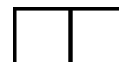
Разводник се у шемама приказује квадратима.

- положај укључивања



Број хоризонтално постављених квадрата представља број разводних положаја.

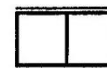
- са два разводна положаја (двоположајни)



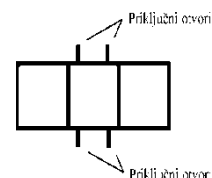
- са три разводна положаја (троположајни)



- разводник без утврђеног положаја укључивања са два крајња положаја



- прикључни отвори - везују се за квадрат неактивираниог (нултог) положаја



Уцртане линије у квадрату означавају разводне путеве односно водове, а стрелице смер кретања радног флуида.

- проточни положај - директан



- проточни положај - инверзан

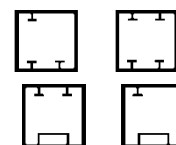


Затворени путеви означавају се хоризонталним (попечним) цртама у квадратним пољима.

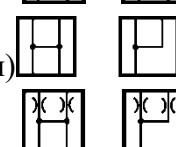
- затворен положај



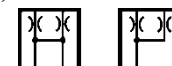
- краткоспојени положај



- слободни (“пливајући”) положај (сви прикључци су повезани)



- проточни положај са пригушењем



Симболи који описују начине активирања разводника:

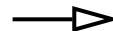
– Физичко активирање, нпр. симбол дугмета:



– Механичко активирање, нпр. симбол опруга:



– Активирање притиском:



– Електричко активирање, симбол електромагнета:



6. ПОДЕЛА ПНЕУМАТСКИХ РАЗВОДНИКА

6.1. Подела разводника према основним карактеристикама

Према својим основним карактеристикама могу се груписати према: протоку ваздуха, начину активирања и функцији.

6.1.1. Подела разводника према протоку ваздуха

Разводници представљају пнеуматске компоненте за управљање извршним органима (цилиндрима). Ваздух под притиском пролази кроз разводник чиме се у пнеуматском цилиндру добија сила на клипњачи. У разводнику се ваздух усмерава ка цилиндру или се цилиндар преко разводника повезује са атмосфером. Разводником се упушта ваздух у једну или другу страну пнеуматског цилиндра двосмерног дејства. Постоје две врсте пнеуматских цилиндра (цилиндри једносмерног и двосмерног дејства), па се и разводници групишу према две основне функције: разводници за цилиндри једносмерног дејства и разводници за цилиндри двосмерног дејства.

Разводници за цилиндри једносмерног дејства омогућавају пролазак ваздуха до цилиндра да би ваздух преко клипњаче извршио неки рад. Том приликом се врши радни ход клипа у цилиндру. Када у разводнику дође до успостављања везе цилиндар - атмосфера под дејством опруге у цилиндру, клип се враћа, чиме се извршава повратни ход.

Разводници за цилиндри двосмерног дејства су повезани са обе стране цилиндра тако да се и радни и повратни ход врше под дејством притиска ваздуха који се преко разводника усмерава једном у једну, а други пут у другу страну цилиндра.

Битно је напоменути да се разводници не користе само за рад пнеуматских цилиндра, већ и свих других пнеуматских компонената који у функционалном смислу раде као цилиндри.[2]

6.1.2. Подела разводника према начину активирања

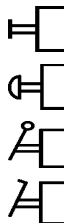
Активирање, у зависности од дејства управљачког сигнала, може бити непосредно и посредно (непосредни и посредни разводници). Када спољашњи управљачки сигнал делује непосредно на радни орган разводника назива се непосредно односно директно активирање. Када спољашњи управљачки сигнал делује на предуправљани разводник који пнеуматски активира главни разводник назива се посредни или индиректни.

Начини активирања, односно померање радног елемента из једног у други положај разводника могу бити:

- физички (мануелно);
- механички;
- пнеуматски (директно или индиректно);
- електрични;
- комбиновани.

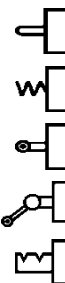
Мануелно или физичко активирање може бити:

- опште
- тастером или дугметом
- ручицом
- папучицом



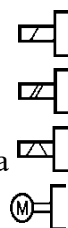
Механичко активирање може бити:

- тастером
- опругом
- точкићем - тастером
- тастером - точкићем са повратком у првобитни положај
- забрављачем



Електрично активирање може бити:

- електромагнетом са једним намотајем
- електромагнетом са два истосмерна намотаја
- електромагнетом са два супротносмерна намотаја
- електромотором



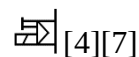
Пнеуматско активирање може бити:

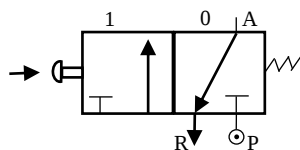
- повећањем притиска
- индиректно - повећањем притиска
- индиректно - смањењем притиска



Комбиновано активирање може бити:

- електрорагнетом и посредно физичким активирањем



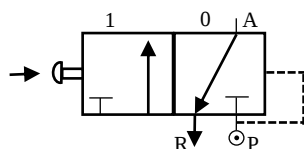
*-Примери активирања разводника-***Разводник са ручним активирањем и опружним искључивањем**

Слика 6.1 Пример разводника са ручним активирањем и опружним искључивањем

Разводник 3/2 који без икакве силе активирања заузима одређени положај укључивања. Нулти положај се заузима помоћу спиралне опруге, тањирасте опруге (слика 6.1).

Предност: нулти положај одређује се и при паду притиска.

Недостатак: сила враћања мења се аналогно коефицијенту крутости опруге преко целокупног пута укључивања

Разводник са ручним активирањем и пнеуматским искључивањем

Слика 6.2 Пример разводника са ручним активирањем и пнеуматским искључивањем 3/2

Заузимање нултог положаја помоћу компримованог ваздуха (помоћу ваздушне опруге). Разводник 3/2, у чијем је кућишту уграђена ваздушна опруга за враћање клипа разводника у основни положај приказан на слици (слика 6.2).

Предност: сила враћања је константна на целом путу укључивања и пропорционално се повећава са порастом радног притиска.

Недостатак: клип разводника остаје у уклопљеном положају „1“ и у случају нестанка компримованог ваздуха из мреже.[1]

6.1.3. Подела разводника према функцији

Према начину остваривања функције разводници могу бити дискретни и аналогни.

Дискретни разводници се карактеришу потпуно отвореним или затвореним положајем. Налазе се у унапред задатим положајима, без способности да заузму међуположај и тиме утичу на количину радног флуида. Овакви разводници користе се за остваривање унапред задатих функција константних брзина.

Аналогни разводници са пригушењем могу да заузму било који међу положај. Они мењају положај клипа и проточну површину кроз коју пролази радни флуид, па континуално мењају проток односно притисак на излазу. Овакви разводници се користе у хидрауличним системима.

6.2. Подела разводника на основу дужине сигнала који је потребан за његово активирање

На основу дужине трајања сигнала који је потребан за активирање разводника, деле се на: моностабилне и бистабилне разводнике.

Моностабили разводници су са трајним активирањем (који су активирани у времену док траје сигнал).

Бистабилни разводници су са тренутним активирањем (који су трајно активирани кратким сигналом - функција пнеуматске меморије).

6.3. Подела разводника на основу конструкције

Конструкција је битна у погледу трајности, силе потребне за активирање, величине, начина активирања, одржавања, поузданости рада разводника итд. На основу конструкције разводници се деле на:

- разводнике са седиштем и
- разводнике са клизним прекривањем.

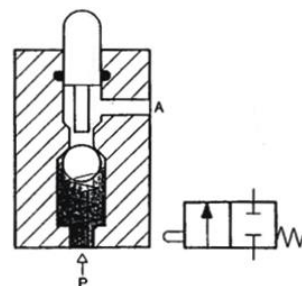
Разводници са седиштем могу бити равни (тањираст), конусни или кугласти, док **разводници са клизним прекривањем** могу бити клипни, плочасти или кулисни.

6.3.1. Разводници са седиштем

Разводник са седиштем се отвара или затвара помоћу запорног тела (облика тањира, плоче или кугле) који може прекрити или открити и притискањем затворити отвор који се назива седиште. Седиште је најчешће обложено гуменим заптивачем. Разводник реагује у врло кратком временском интервалу, а силе за његово активирање је велика јер су сила опруге за враћање вентила у почетни положај и притисак ваздуха високи. Пун проточни пресек се успоставља после релативно малог помака запорног тела. Овакви вентили ниси нарочито осетљиви на нечистоће, јер струја ваздуха под притиском односи нечистоће и чисти седиште самим тим је и њихов век трајања релативно дуг.

Разводник са седиштем и затварањем са куглицом (слика 6.3) су веома једноставне конструкције и због тога се сматрају економичним. Одликују се врло малим габаритом и најчешће се примењују када није потребно остварити непрекорно заптивање.

Помоћу опруге притиска се куглица у седиште вентила чиме се затвара проток ваздуха под притиском од П према А. Активирањем тастера куглица се потискује са њеног лежишта и сила опруге која делује у супротном смеру као и сила притиска ваздуха се савладавају. Ово активирање може бити мануелно, или пак механичко. Уградњом одводног вода кроз тастер може се добити разводник 3/2.

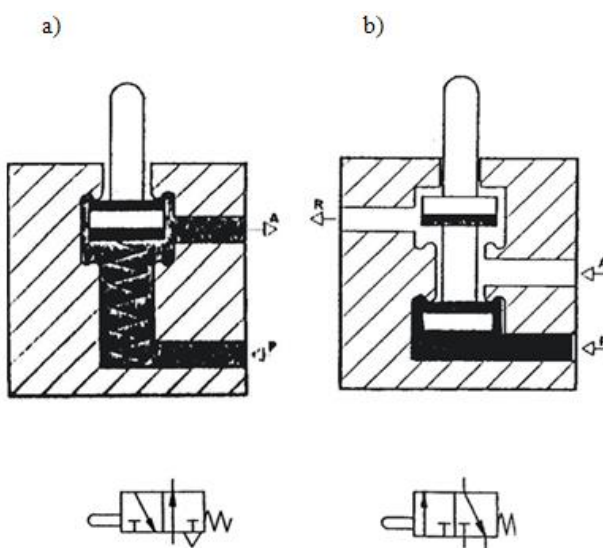


Слика 6.3 Пример разводника 2/2 са куглицом

Разводници са тањирећем (слика 6.4) се могу извести са отвореним или затвореним нултим положајем. Заптивање код ових разводника је ефикасно и једноставно, а време потребно за укључивање је врло кратко.

Разводници са тањирећем немају губитке радног флуида под притиском и нежељени шум услед преструјавања радног флуида у одводни вод. Робусне су конструкције и трпе велика оптерећења.

Током активирања тастера у кратком периоду долази до стања у коме су сви прикључци (Р, А, R) повезани. Услед тога код мањих брзина активирања долази до струјања ваздуха од П према Р у атмосферу при чему ваздух под притиском не врши никакав рад. Активирање ових разводника може бити мануелно, механички, електрично или пнеуматски. У зависности од конструкције, разводници са тањирећем примењују се за управљање цилиндрима једностраног или двостраног дејства, већих разводника или као давачи сигнала у пнеуматском управљању.

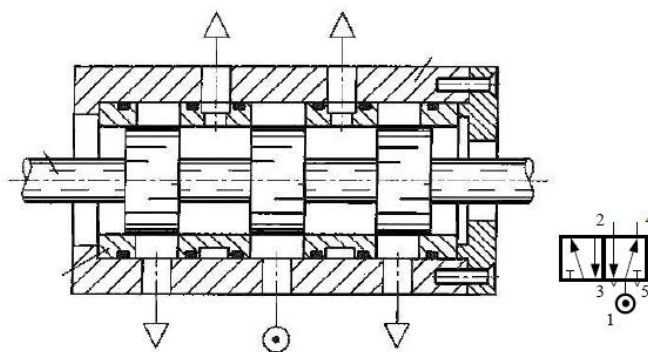


Слика 6.4 Пример тањирастог разводника 3/2 у нултом положају;
а) отворен, б) затворен

6.3.2. Разводници са клизним прекривањем

Разводник са клизним прекривањем отварање или затварање остварује помоћу површине (клип, плоча или кулиса) која клизањем прелази преко струјног отвора и тако га постепено открива или прекрива. Предности овог разводника су могућност промене начина активирања, мања сила активирања и једноставније функционисање, а мане сто има потешкоћа са дихтовањем и нечистоћама. Битно је напоменути да дужина пута активирања који прелази разводни клип је знатно дужа него код разводника са седиштем.

Клипни разводници (слика 6.5) као разводни елемент имају разводни клип који међусобно повезује или затвара одговарајуће прикључке. То се постиже померањем клипа лево или десно, а није потребна велика сила активирања јер не мора да се савладава никаква сила опруге или ваздуха са супротне стране клипа.

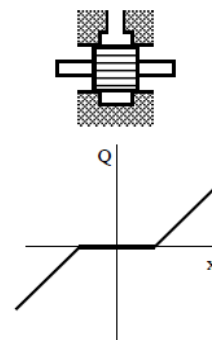


Слика 6.5 Клипни 5/2 разводник

Ови разводници могу бити активирани мануелно, механички, електрично или пнеуматски. За враћање разводника у почетни положај могу се применити све наведене врсте активирања. Код овог типа разводника заптивање разводног клипа унутар кућишта разводника је отежано. Принцип заптивања „метал на метал“ који се најчешће примењује у хидраулици захтева прецизно подешавање клипа и кућишта. Наиме, зазор између клипа и отвора у кућишту не сме бити веће од 0,002 до 0,004 мм, јер у супротном ће губици ваздуха кроз зазоре бити исувише велики. Да би се трошкови свели на минимум, на разводни клип се уграђују О-прстенови и двоструке манжетне или се заптивање изводи преко кућишта уградњом О-прстенова. При кретању разводног клипа у кућишту може доћи до оштећења, а да би се оно смањило уграђују се прикључни отвори разводника по омотачу кућишта.

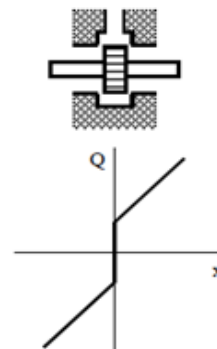
Једна од основних карактеристика разводних вентила са аксијалним кретањем разводног клипа је величина преклапања у нултом положају. Нулто преклапање се дефинише као релативни аксијални позициони однос између непокретне ивице на телу разводника и тела ивице разводног клипа. Преклапање у нултом положају може да се изведе са позитивним, негативним и нултим преклапањем.[8]

Код позитивног преклапања (слика 6.6) приликом преласка из један у други разводни положај, ни у једном тренутку доводни, одводни и радни водови нису заједно спојени. Код позитивног преклапања појас на клипу је дужи од отвора на телу разводника па се заптивање остварује по цилиндру висине x_0 . Најзначајнија предност је што нема бескорисног отицања радног флуида. Разводници стандардне конструкције су обично са овим преклапањем.



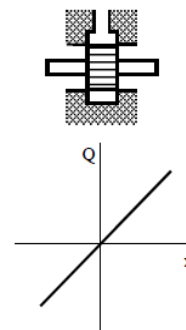
Слика 6.6 Пример позитивног преклапања код клипних разводника

Негативно преклапање (слика 6.7) се карактерише тиме што ни у једном тренутку не долази до затварања комуникације између водова и дужина клипа је недовољна да затвори отвор на телу разводника у неутралном положају тако да радна течност протиче кроз разводни вентил. Померањем клипа у леву, односно десну страну за вредност од величине негативног преклапања x_0 затвара се веза између два вода. Осим губитка радног флуида, код негативног начина преклапања може доћи до померања радног цилиндра.



Слика 6.7 Пример негативног преклапања код клипних разводника

Нулто преклапање (слика 6.8) је врло тешко извести, па се најчешће користи код servo разводника. Код нултог преклапања важи да је $x_0=0$ и проток расте одмах након померања клипа из неутралног положаја.[4]



Слика 6.8 Пример нултог преклапања код клипних разводника

6.4. ПОДЕЛА РАЗВОДНИКА ПРЕМА ТИПУ И ВЕЛИЧИНИ

Тип разводника одређен је бројем прикључака и разводних положаја (поља у симболу). Као што је већ речено, разводник може имати више прикључака и више положаја. На основу броја прикључака и броја положаја разводници се стандардно означавају “х/у“, при чему “х“ представља број прикључака, а “у“ број положаја. Ознака типа разводника ставља се испред назива, нпр. “3/2 разводник” (чита се три кроз два) означава разводник са три прикључка и два разводна положаја. Број разводних положаја зависи од функције које разводник треба да изврши.

Величина разводника описана је прикључном мером односно називним промером (нпр. ”1/4”) који се бира према протоку медија.[1]

6.5. ОСТАЛЕ ПОДЕЛЕ РАЗВОДНИКА

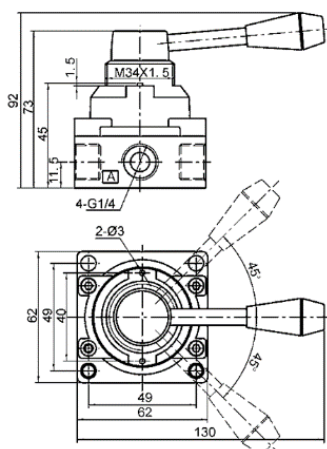
Разводници се могу поделити и према следећим критеријумима: према намени, према облику радног елемента и према врсти кретања радног елемента.

Према **намени** разликујемо командни, пријемни (сигнални), логички (обични и меморијски).

Према **облику радног елемента** разликујемо разводнике са вентилским седиштем, са цилиндричним клипом, са плочастим разводним елементом.

Према **врсти кретања радног елемента** разликујемо разводнике са уздужним (као што је претходно описан клипни разводник, слика 6.5) и разводнике са обртним кретањем.

Обртни разводници се најчешће производе за пнеуматско, ручно или ножно активирање, и углавном су 3/3 или 4/3 разводници. За њих је карактеристично да у свом нултом (средњем) положају сви прикључци су затворени. Код пнеуматских цилиндара међуположај клипњаче није строго одређен јер је сабијен ваздух компресибилан. Приликом промене оптерећења мења се и положај клипњача (слика 6.9).[6]

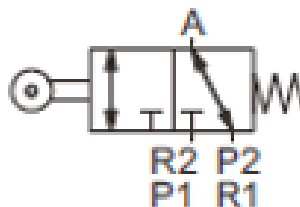


Слика 6.9 Пример обртног разводника

7. ПНЕУМАТСКИ РАЗВОДНИК 3/2 МЕХАНИЧКИ АКТИВИРАН, ПОВРАТНИ ХОД - ОПРУГА

Механичко активирање подразумева активирање тастером, опругом, точкићем (тастером), тастером-точкићем са повратком у првобитни положај или забрављачем на разводник. Моностабилни разводници се активирају само на једном месту. По активирању разводник промени положај, а одмах по деактивирању се сам враћа у почетни положај.

Симбол којим се означава разводник:



Слика 7.1 Пнеуматски разводник
3/2 механички активирањем,
повратни ход - опруга

Технички подаци механички активiranог разводника 3/2 са повратним ходом помоћу опруге из првоизводног програма „Прва петолетка, Трстеник“ дати су у табели 7.1.

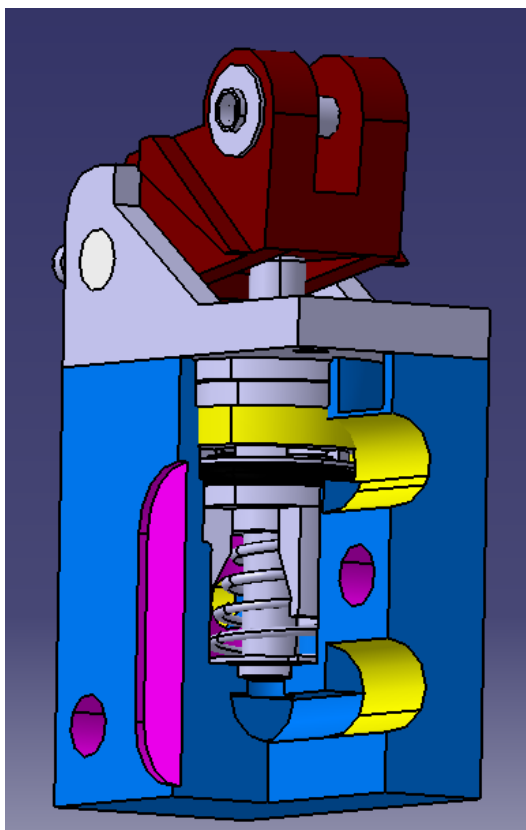
Табела 7.1 Технички подаци механичког разводника 3/2	
Фабрички број	236-285000
Максимални радни притисак	10 бар
Дозвољени медијум	Ваздух под притиском филтриран, зауљен или незауљен
Називни отвор	4 mm
Проток при 6 бара, $\Delta p=1$ бар	350 l/min
Температурна област примене	-25 до +80 °C
Сила активирања при 10 бара	30 N (довод на P1) 60 N (довод на P2)
Маса (кг)	0,20 kg

У погледу поступка и пописа о одржавању ових пнеуматских компонената приложене су препоруке "Индустријске пнеуматике", предузећа "Прва петолетка", Трстеник:

- Разводници (мах. 5 000 000 укључивања / година)
- Степен одржавања: П (оправка) - Оправку уређаја треба да врши стручно лице. Уређаји се расклапају у делове и очисте. Похабане и оштећене делове заменити. Опруге такође испитати и по потреби заменити. При склапању уређаја применити назначено средство за подмазивање. На крају проверити функционисање уређаја, а затим поново уградити.
- Интервали: Сваке две године
- Средство за чишћење-прање: НЗ
- Средство за подмазивање и рад: В1 (Врста масти) - Примењује се за гумене заптивке и њихове клизне површине у пнеуматским уређајима и хидрауличним уређајима који раде са минералним уљима.
- Време одржавања и сервисирања пнеуматских уређаја одређује се према радним условима.[9]

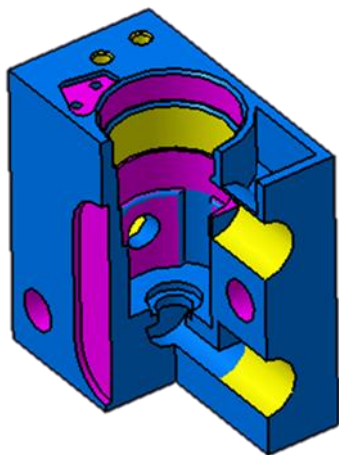
8. ИЗРАДА 3D МОДЕЛА РАЗВОДНИКА 3/2 МЕХАНИЧКИ АКТИВИРАНОГ СА ПОВРАТНИМ ХОДОМ – ОПРУГОМ

3D модел разводника 3/2 механички активираног са повратним ходом – опругом из производног програма фабрике „Прва петолетка“ са фабричким бројем 236-285000 израђен је у програму CATIA V5 (*Computer Aided Three Dimensional Interactive Application*). Све компоненте моделиране су у модулу *Part Design*, а састављене у *Assembly Design*.

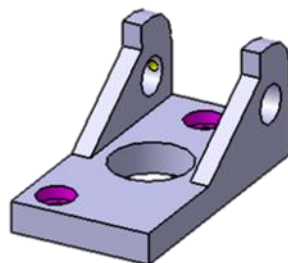


*Слика 8.1 3D модел пнеуматског
разводника 3/2 механички
активиран, повратни ход - опруга*

Компоненте пнеуматског разводника 3/2 механички активираног са повратним ходом опруге.



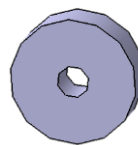
Слика 8.2 3D модел кућишта разводника



Слика 8.3 3D модел поклопца кућишта



Слика 8.4 3D модел тела активатора разводника



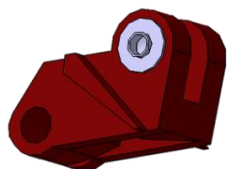
Слика 8.5 3D модел точкића активатора



Слика 8.6 3D модел осовине точкића



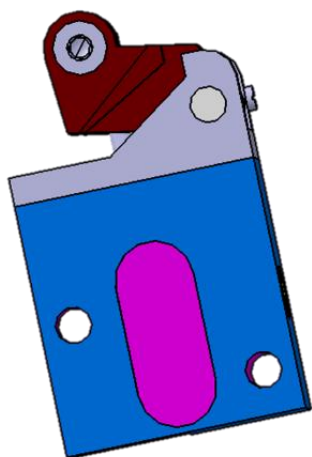
Слика 8.7 3D модел подлошке активатора



Слика 8.8 3D модел активатора



Слика 8.9 3D модел осовине активатора



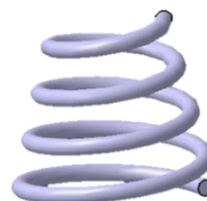
Слика 8.10 бочни поглед 3D модела
разводника



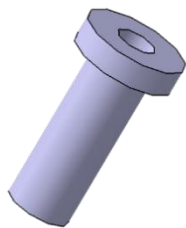
Слика 8.11 3D модел завртања



Слика 8.12 3D модел доњег ослоња опруге



Слика 8.13 3D модел конусне опруге



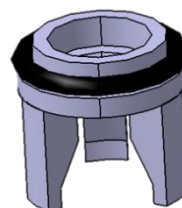
Слика 8.14 3D модел клипа



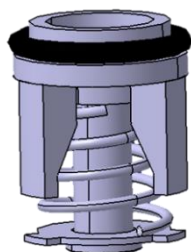
Слика 8.15 3D модел треножног држача клипа



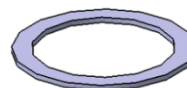
Слика 8.16 3D модел заптивног прстена



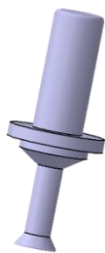
Слика 8.17 3D модел треножног држача клипа са заптивним прстеном



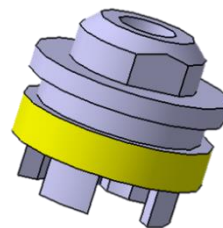
Слика 8.18 3D модел склопа доњег клипа



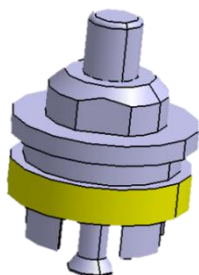
Слика 8.19 3D модел ослонца горње опруге



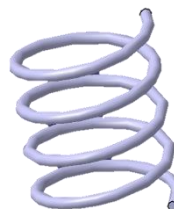
Слика 8.20 3D модел горњег клипа



Слика 8.21 3D модел кућишта горњег клипа

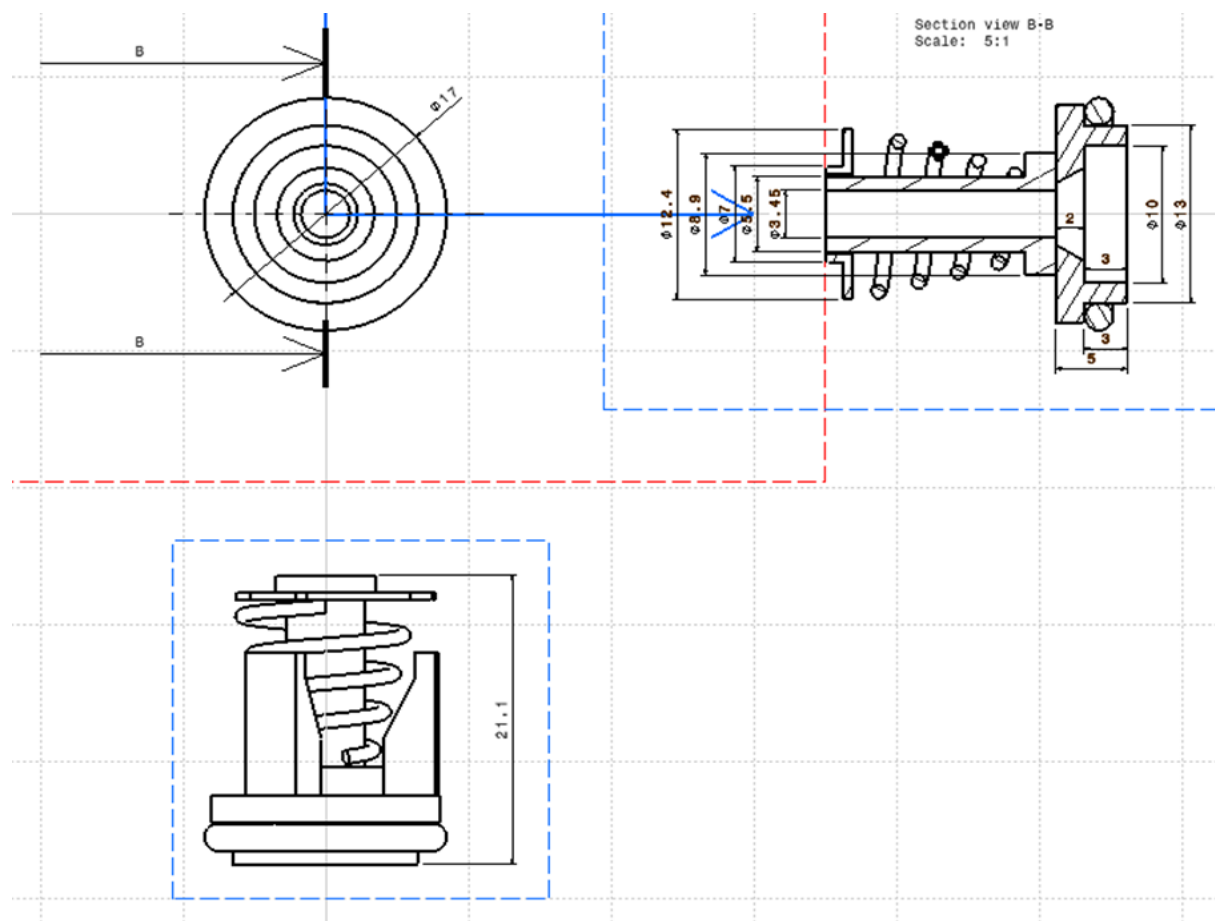


Слика 8.22 3D модел склопа горњег клипа

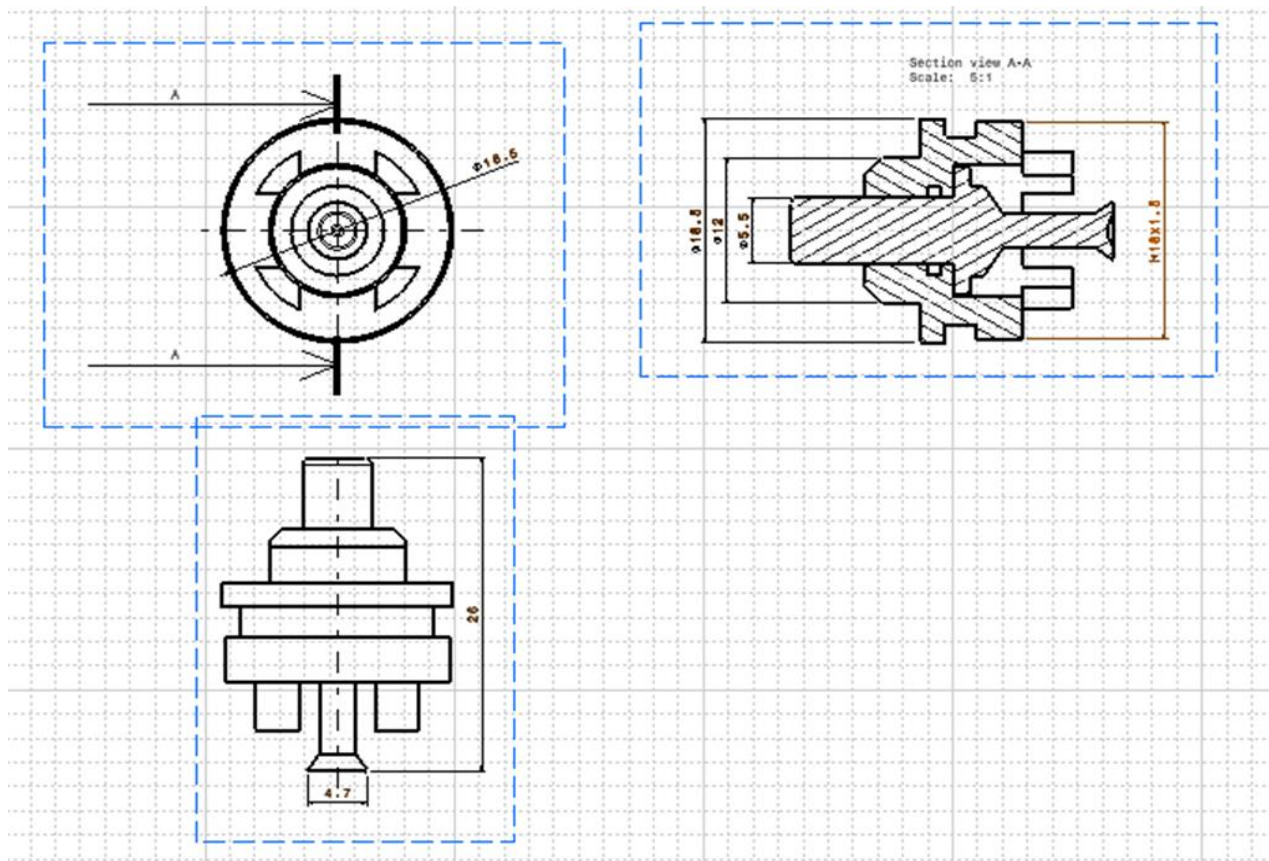


Слика 8.23 3D модел опруге

Технички цртежи са пресеком горњег и доњег кућишта са клипом разводника (слике 8.24 и 8.25).

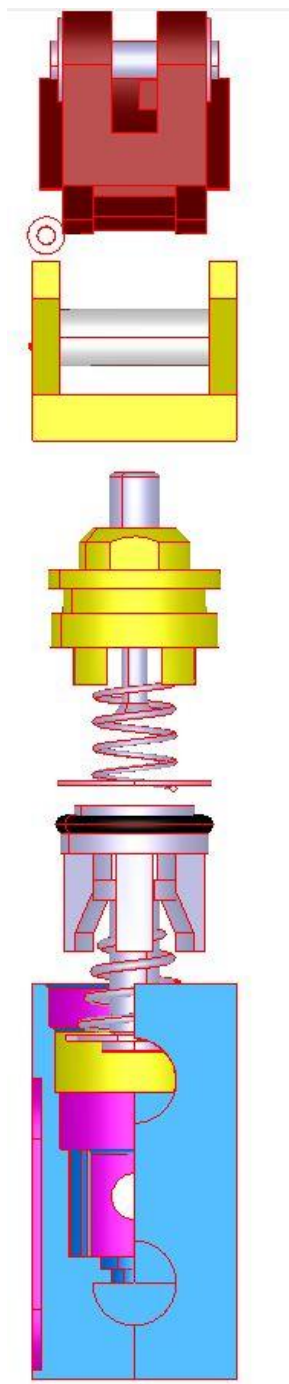


Слика 8.24 Цртеж склопа доњег клипа

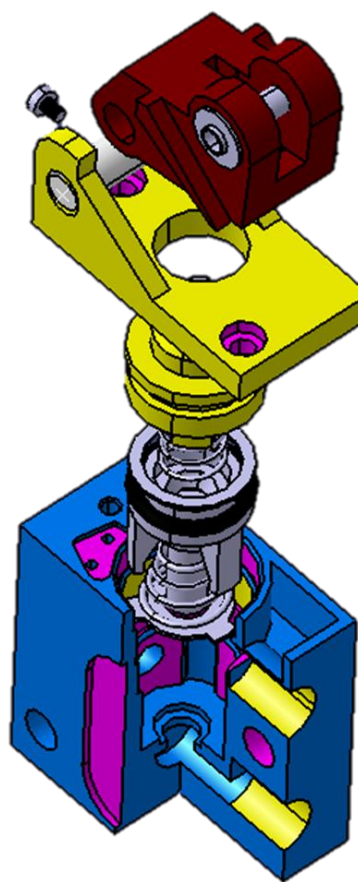


Слика 8.25 Цртеж склопа горњег клина

Дводимензионални (слика 8.26) и тродимензионални (слика 8.27) приказ склапања разводника.

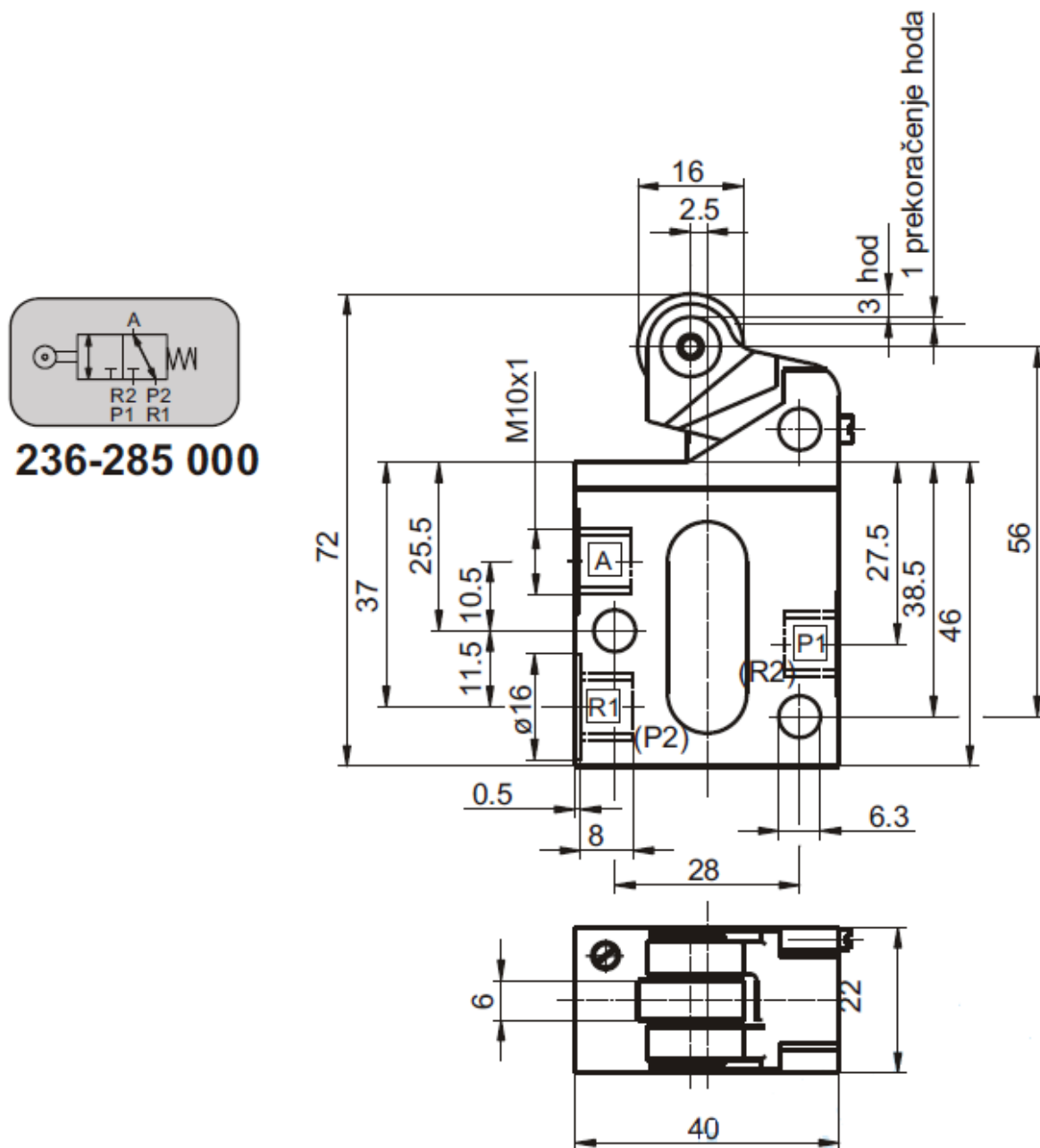


Слика 8.26 2D приказ склопа разводника



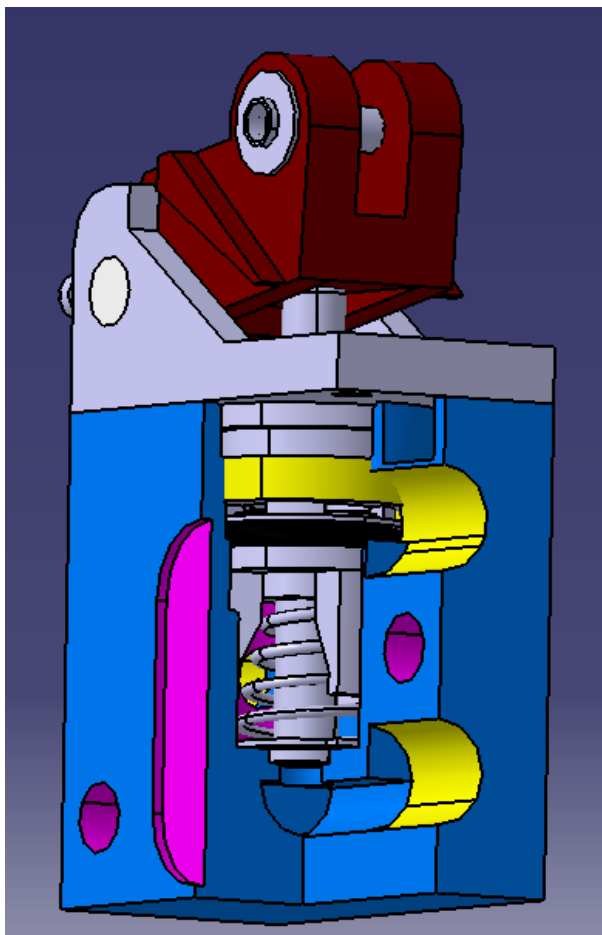
Слика 8.27 3D модел склопа разводника

Технички цртеж разводника 3/2 механички активираног са повратним ходом који успоставља опруга из производног програма фабрике „Прва петолетка“ са фабричким бројем 236-285000 (слика 8.28).

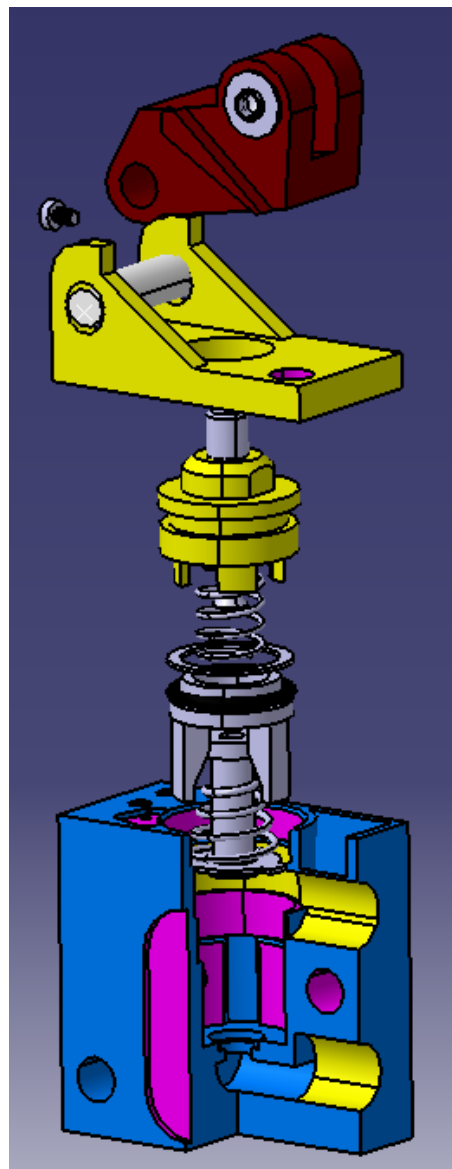


Слика 8.28 Технички цртеж разводника са спољним мерама

Тродимензионални приказ склопљеног (слика 8.29) и растављеног (слика 8.30) разводника.



Слика 8.29 3D модел склопљеног разводника



Слика 8.30 3D модел растављеног разводника

9. ЗАКЉУЧАК

Пнеуматски системи су неопходни у готово свим гранама индустрије због чега се стално тежи њиховом унапређивању и усавршавању. Познавање пнеуматике, њених компонената и примене од изузетног је значаја јер омогућава отклањање недостатака на постојећим пнеуматским уређајима, проналажење и конструкцију нових, као и модернизацију читавог система.

Са овом техничком и 3D презентацијом пнеуматског разводника 3/2 механички активираног са повратним ходом опруге, заједно са позицијама који су саставни део овог разводника приказан је и графички овај пнеуматски елемент уз претходни текстуални опис сопствених карактеристика, али и као део сложеног пнеуматског система. Наравно, све то је наведено у склопу са осталим пнеуматским компонентама, уз опис и карактеристике ваздуха као неопходног медија за рад пнеуматских система, као и основне физичке једначине и закони на које су ослоњени радни пнеуматски елементи.

За овај формат рада уз краћу презентацију историјског развоја пнеуматике, могуће је у сажетим цртама створити представу, како о овом конкретном пнеуматском елементу, тако и о пнеуматици, као веома експлоатисаној грани технике.

Литература:

1. Зоран М. Радојевић: „Основи пнеуматике“, Крагујевац 1976. године
2. В. Зрнић: „Пнеуматика“, ИИ измењено и допунско издање, Београд 1980. године
3. Његош Јожеф: „Пнеуматика“, Суботица 2001. године
4. Душан Гордић: „Пренос снаге флуидом-хидраулика“, Крагујевац 2007. године
5. С. Зарић: „Приручник из индустријске пнеуматике“, Београд 1995. године
6. Д. Узелац: „Хидропнеуматске компоненте“, Нови Сад 1995. године
7. Радослав Корбар: „Пнеуматика и хидраулика“, Карловац 2007. године
8. Гојко Николић: „Пнеуматика“, шесто допуњено издање, Загреб 2008. године
9. Прва петолетка: „Индустријска пнеуматика АД“, Трстеник 2006. године