

Слободан П. Дудић¹, Драган Д. Шешлија^{1*},
Бојан М. Славковић², Зоран Ђ. Голубовић³

¹ Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду, Нови Сад, Србија

² „Књаз Милош”, Аранђеловац, Србија

³ Машински факултет, Универзитет у Београду, Београд, Србија

Прилог развоју структуре енергетски ефикасног пнеуматског система

Стручни рад
UDC: 621.5.01/.02

Структура система за дистрибуцију ваздуха под притиском може да утиче на карактеристике енергетске ефикасности целокупног система за производњу, припрему и дистрибуцију ваздуха под притиском. У раду се даје детаљан приказ структуре система за дистрибуцију ваздуха под притиском и предлаже ново, енергетски ефикасно, решење система дистрибуције за снабдевање појединих производних линија. Поред предности у погледу енергетске ефикасности, предложено решење је боље и са аспекти менаџмента рада целокупног производног система.

Кључне речи: ваздух под притиском, енергетска ефикасности

Увод

Задатак пнеуматског система је да сваки део система добије ваздух припремљен онако како је за тај део дефинисано, како би се оствариле пројектоване радне карактеристике. Међутим, многи пнеуматски системи су резултат једноставног додавања компоненти које су надовезиване на претходни систем као последица повећаних потреба за ваздухом под притиском, тако да велики број пнеуматских система који функционишу дуго времена све мање могу да квалитетно испуне постављени задатак што намеће потребу њихове ревитализације. У раду се предлаже нов прилаз изградњи структуре пнеуматског система који ће, поред повећане енергетске ефикасности, имати и способност лакшег праћења потрошње и алоцирања трошкова ваздуха под притиском на поједине групе производа.

* Одговорни аутор; електронска адреса: seslija@uns.ac.rs

Пнеуматски системи

Систем ваздуха под притиском се, грубо гледајући, састоји од подсистема за снабдевање и подсистема за потрошњу ваздуха под притиском. Подсистем за снабдевање ваздухом под притиском обухвата производњу, припрему, складиштење и дистрибуцију ваздуха под притиском. Његов циљ је да се подсистему за потрошњу (потрошачима) правовремено достави ваздух под притиском са захтевима који су постављени од стране потрошача у погледу притиска, количине и квалитета ваздуха под притиском. Компоненте пнеуматског система морају да буду добро пројектоване и међусобно усклађене да би могле да испуне ове захтеве јер систем ваздуха под притиском најчешће представља редну везу елемената и његова поузданост зависи од поузданости најслабијег елемента система [1]. У овом раду, пажња је обрађена на део за дистрибуцију ваздуха под притиском.

Дистрибуција ваздуха под притиском

Овај подсистем интегрише све остале компоненте и отуда је његов велики значај. Колико год да су квалитетне компоненте, систем неће функционисати ако се не повеже добро. При развоју система за дистрибуцију ваздуха под притиском потребно је одабрати компоненте, димензионисати их и правилно одредити редослед. Систем за дистрибуцију ваздуха под притиском је спој између дела за производњу и дела за потрошњу. Сваком потрошачу треба обезбедити одређену количину ваздуха под притиском од компресора, преко накнадних хладњака, сушача, резервоара и цевовода. Дистрибуцију ваздуха под притиском можемо поделити на резервоаре и цевоводе.

Резервоари

Резервоари представљају акумулаторе енергије притиска, а главни задаци су им:

- усклађивање потрошње ваздуха са могућностима производње,
- стабилизација притиска, и
- умиривање пулсирајуће струје клипног компресора.

Резервоари спадају у категорију судова под притиском и зато подлежу стриктним прописима о пројектовању, изградњи и употреби. Могу да се постављају пре или после сушача, а најбоља варијанта је када постоји један резервоар (влажни) пре и један резервоар (суви) после сушача.

Цевоводи

Цевоводи (сл. 1) су сложени системи за транспорт флуида састављени од цеви и цевне арматуре, који могу бити спојени на различите начине. Пнеуматски цевоводи почињу од компресора и завршавају код потрошача. Спајање цевовода са компресором и осталим пратећим уређајима као и на местима где се захтева растављање врши се најчешће прирубницама.

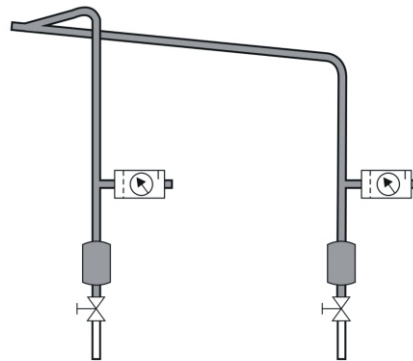
Уобичајени делови цевовода су:

- главни (магистрални, централни) вод,
- одвојни (помоћни) водови,
- одвајачи кондензата,
- резервоари и међурезервоари, и
- цевна арматура

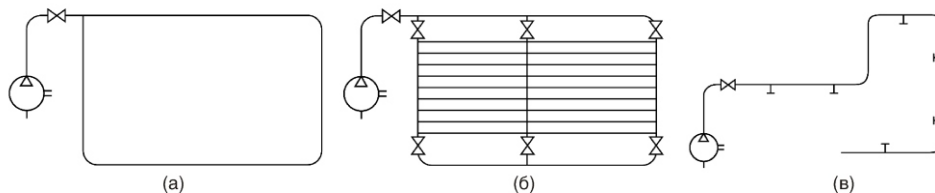
Основни облици цевовода (сл. 2) су:

- прстенасти,
- мрежни,
- отворени, и
- комбиновани.

Прстенасти цевоводи су најчешће у употреби, а главна карактеристика им је да се ваздух под притиском до сваког потрошача доводи са две стране тако да је на тај начин у великој мери елиминисан утицај потрошње једног потрошача на друге. Осим тога, код оваког решења смањена је брзина протицања ваздуха под притиском у односу на отворени тип цевовода.



Слика 1. Приказ дела цевовода



Слика 2. Просторне форме цевовода; (а) – прстенасти, (б) – мрежни, (в) – отворени

Мрежни цевоводи се најчешће примењују у великим системима као што су веће фабрике, велика складишта, болнице, итд. Овде су појединачне гране снабдевене вентилима којима је могуће изоловати поједине потрошаче или целе сегменте мреже ради одржавања, оправки или у случају хаварије.

Отворени цевоводи имају довод притиска само са једне стране док је други крај цеви затворен. Ови цевоводи представљају најједноставнију форму цевовода али им је недостатак да снабдевање ваздухом под притиском сваког наредног потрошача зависи од потрошње претходног потрошача. Примењују се само у мањим радионицама, лабораторијама, као и за појединачне потрошаче.

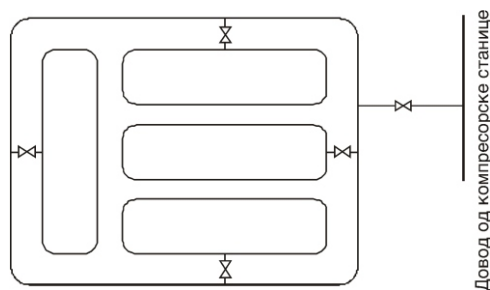
Комбиновани цевоводи могу бити састављени од више отворених цевовода (типа разгранатог стабла) или споја отворене и прстенасте структуре.

У раду [2] је описана комбинована структура са цевоводом у више нивоа где се прстенови затварају и по вертикали и по хоризонтали.

У циљу повећања енергетске ефикасности познато је решење да се поједини фабрички погони искључују са напајања ваздухом под притиском у периодима када не

раде помоћу вентила постављених на местима уласка цевовода у погон или на местима одвајања гране која снабдева погон од главног цевовода [3].

Ради даљег повећања енергетске ефикасности у овом раду је предложена нова, енергетски ефикасна, структура пнеуматског система. Уместо да се искључивање са напајања ваздухом под притиском обавља на нивоу целог погона, предлаже се да се направе додатни прстени, унутар главног прстена у једном погону, који би снабдевали појединачне производне линије тако да би се искључивање довело до нивоа када не раде поједине линије. На споју помоћног прстена са главним прстеном у погону треба уградити даљински управљани вентил за прекид напајања и, по могућству, протокомер како је приказано на сл. 3.



Слика 3. Нова, енергетски ефикасна, структура пнеуматског система

На тај начин се не мора чекати да цео погон престане са радом да би се откачио са снабдевања ваздухом под притиском већ се са завршетком рада на појединим линијама оне одвајају од снабдевања. Поред тога, на овај начин је могуће установити тачну потрошњу ваздуха под притиском по појединим производним линијама што је са менаџерског аспекта веома битно јер се могу тачно алоцирати трошкови који оптерећују поједине производе.

Практична примена

Као експериментални полигон за примену приказаних теоријских поступака одабран је један од највећих произвођача минералне воде у нашој земљи.

Пројектована је компресорска станица и цевни развод од компресорске станице ка свим потрошачима. При томе је било потребно опрему и цевоводе сместити тако да се омогући добра приступачност и могућност надзора и одржавања, а за компресорску станицу да се обезбеде све потребне мере заштите опреме, особља и објекта у складу са важећим прописима и нормативима.

Полазни технички подаци су били:

- *Притисци:* Притисак (манометарски) иза компресорске станице мора да износи минимално $p_n = 6,5$ бар. Притисак (манометарски) испред потрошача мора да износи минимално 6 бара, а максимално 8 бар.
- *Пројекци:* Захтевани проток за потрошаче износи $Q = 1230$ m³/h ако се узме резерва од 20% због губитака у систему или планираног повећања производног система захтевани проток износи $Q = 1480$ m³/h.
- *Остали потребни подаци:* Компресорску станицу сместити у постојећи грађевински објекат. Искористити постојећу опрему ако је могуће. Компресорску станицу изградити од компресора који не користе уље при раду. Све цеви у систему треба да буду од нерђајућег челика.

Компресорска станица се састојала од седам компресора који су приказани у табл. 1. Компресори „FAGRAM” су стари клипни компресори који користе уље. Због њихове дотрајалости долази до убацивања велике количине уља у систем ваздуха под притиском што има негативне последице по цео систем.

Таблица 1. Компресорска станица – полазно стање

Назив	Проток [m ³ h ⁻¹]	Притисак [bar]	Комада
Компресор „Atlas Copco GA 55”	522	10	1
Компресор „Atlas Copco GA 75”	709	10	1
Компресор „СМС SR-25(1)”	167	10	1
Компресор „СМС SR-25(2)”	198	10	1
Компресор „FAGRAM ES-702-1”	266	10	3

Анализом постојећег цевног развода система ваздуха под притиском уочене су следеће карактеристике:

- комбинована структура (део је линијски, а део је састављен од прстенова),
- снабдевање ваздухом потрошача зависи од претходних потрошача,
- повећани губици ваздуха под притиском,
- отежано одржавање и поправке, и
- отежано даљинско управљање системом.

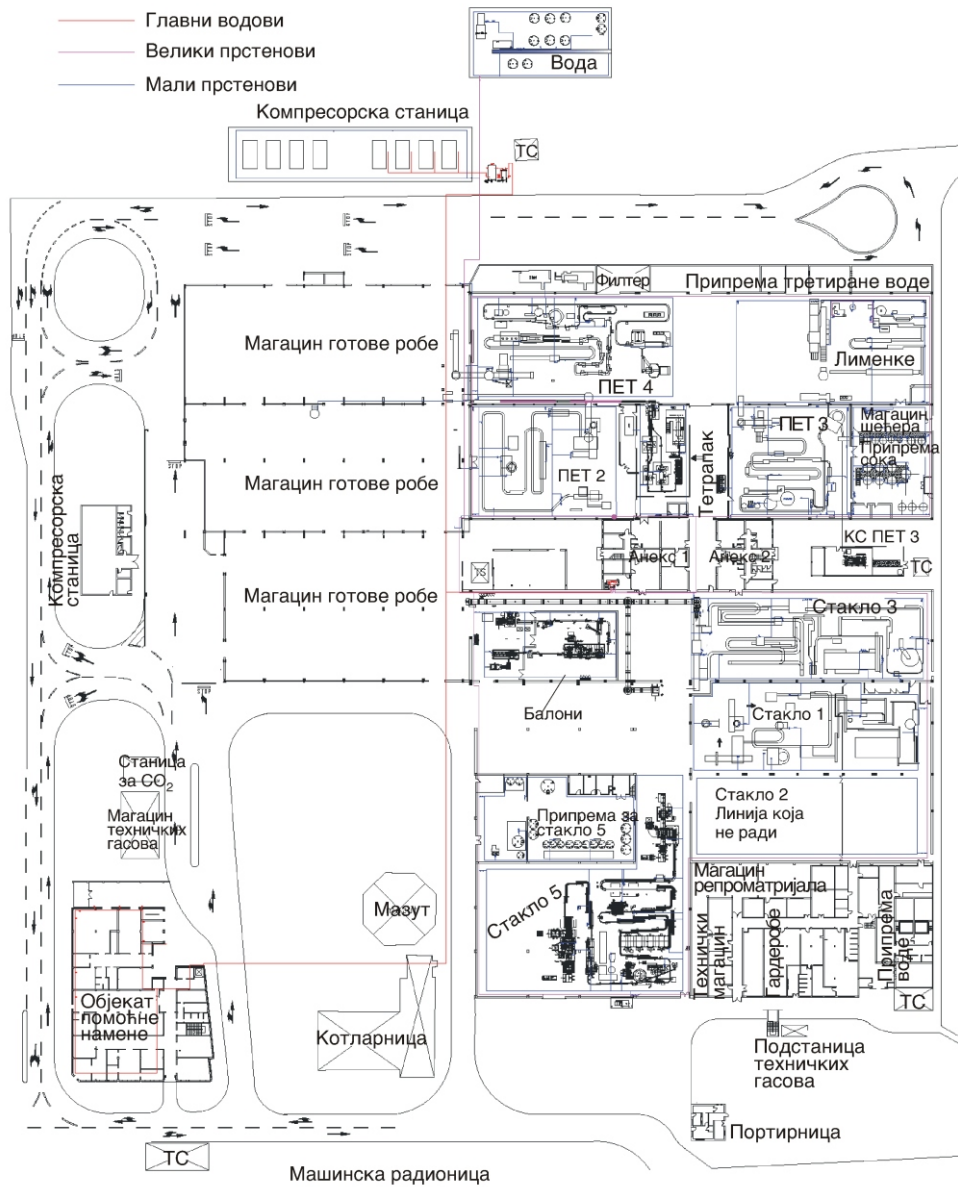
Предложено решење

Капацитет компресорске станице без компресора „FAGRAM” износи $Q = 1596 \text{ m}^3/\text{h}$. С обзиром да је потребан капацитет $Q_{\text{пот}} = 1230 \text{ m}^3/\text{h}$ компресорска станица би могла и без компресора „FAGRAM” да задовољи захтеве потрошача у количини ваздуха под притиском, али је узето у обзир и планирано проширење система па је предложено избацивање компресора „FAGRAM” из система и набавка још једног компресора „Atlas Copco GA 90”.

Анализирајући уочене недостатке постојећег система за дистрибуцију ваздуха под притиском, при пројектовању новог система цео систем је подељен у три нивоа (сл. 4).

Први ниво дистрибуције ваздуха под притиском обухвата главни вод који иде од резервоара до сушача са граном која се одваја ка радионици. У радионици се ваздух под притиском користи за издување као и за пнеуматске увртаче (пиштоље). Ради уштеде, ваздух под притиском који иде за радионицу редукује се на 2 бар, колико је довољно за рад у радионици.

Детаљ А приказује место одвајања гране која иде ка радионици од главног вода и садржи редом искључни вентил (лептир затварач), вентил за редукацију притиска и протокомер, а шематски је приказан на сл. 5.



Слика 4. Предложено решење

Други ниво дистрибуције ваздуха под притиском обухвата три главне гране од којих су две прстенови. Циљ гранања главног вода је да се сви потрошачи ваздуха под притиском групишу у целине које ће бити лакше за управљање, надзор и

одржавање. После сушача главни вод иде у разделник где се грана на три гране како је приказано на сл. 5. Три гране које се јављају на овом нивоу дистрибуције ваздуха под притиском су велики прстен за СТАКЛО, велики прстен за ПЕТ, и грана која снабдева станицу високог притиска и погон за производњу воде.

Са великог прстена за СТАКЛО се напаја ваздухом под притиском 6 линија (линија балона, линија припреме стакла 5, линија стакло 5, линија стакло 3, линија стакло 1, линија стакло 2) са мањим прстенастим структурама цевовода које су приказане на сл. 5.

Са великог прстена за ПЕТ се напаја пет погона (линија) који су и сами прстенасте структуре и приказани су на сл. 6 (ПЕТ 2, ПЕТ 3 са припремом сока, ПЕТ 4, лименке и тетра пак).

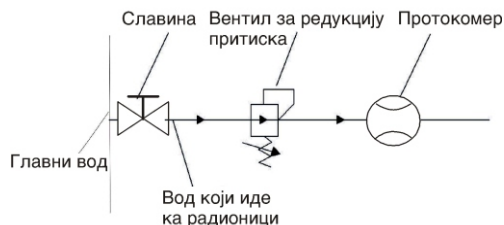
Грана за погон воде и компресорску станицу високог притиска представља линијску (отворену) структуру у мрежи ваздуха под притиском због релативно малих захтева за ваздухом под притиском. Са главне гране се напајају два погона прстенасте структуре приказана на сл. 5, станица високог притиска (није стални потрошач) и погон за производњу воде.

Трећи ниво дистрибуције ваздуха под притиском обухвата тринаест малих прстенова. Сваки од малих прстенова снабдева ваздухом под притиском по један производни погон. Мали прстенови се напајају са великог прстена или гране (са другог нивоа дистрибуције ваздуха под притиском). Детаљ Б представља структурну шему начина прикључења сваког малог прстена на главну грану и он садржи искључни вентил и протокомер, а симболички је приказан на сл. 6.

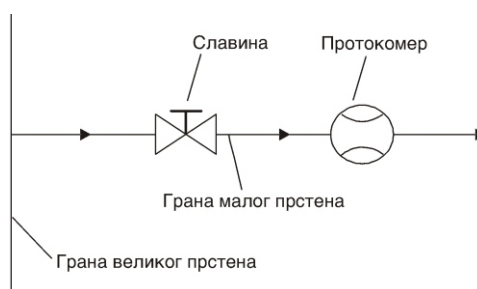
Закључак

У раду је дат детаљан приказ структуре система за дистрибуцију ваздуха под притиском и предложено је ново, енергетски ефикасно, решење система дистрибуције за снабдевање појединих производних линија. На примеру великог производног система приказана је реализација таквог решења које се одликује следећим предностима:

- структура цевовода омогућава добру приступачност систему,
- смањење губитака ваздуха под притиском у систему,



Слика 5. Шематски приказ детаља А



Слика 6. Шематски приказ прикључења малог прстена на велики (детаљ Б)

- снабдевање потрошача ваздухом под притиском не зависи од претходних потрошача,
- олакшано одржавање и поправке у случају хаварије, и
- олакшани надзор над системом, могућност даљинског управљања мрежом ваздуха под притиском.

Поред наведених предности у техничком домену, предложено решење омогућава праћење потрошње ваздуха под притиском по појединим производним линијама што је са менаџерског аспекта веома битно јер се могу тачно алоцирати трошкови који оптерећују поједине производе.

Даљим радом на испитивању у раду овако конципираног система моћи ће и да се квантификују ове предности.

Литература

- [1] Шешлија, Д., Производња, припрема и дистрибуција ваздуха под притиском, ИКОС, Нови Сад, Србија, 2002, 89–90
- [2] Шешлија, Д., Утицај додатних потрошача на рад система ваздуха под притиском, Зборник радова (уредник М. Стојиљковић), 29. Конференција са међународним учешћем ХИПНЕФ 2004, СМЕИТС, Врњачка Бања, Србија, 2004, 153–158
- [3] Шешлија, Д., Системски прилаз повећању енергетске ефикасности пнеуматских система, *Процесна техника*, 19 (2003), 1, 237–240

Abstract

**Contribution to the Development of
Energy Efficient Structure of the Pneumatic System**

by

Slobodan P. DUDIĆ¹, Dragan D. ŠEŠLIJA^{1},
Bojan M. SLAVKOVIĆ² and Zoran Dj. GOLUBOVIĆ³*

¹ Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad, Novi Sad, Serbia

² A. D. Knjaz Miloš, Arandjelovac, Serbia

³ Faculty of Mechanical Engineering, University of Belgrade, Belgrade, Serbia

The structure of the system for compressed air distribution can affect the characteristics of the energy efficiency of the entire system for the production, preparation, and distribution of compressed air. The paper gives a detailed outline of the structure of the system for compressed air distribution and proposes a new, energy efficient solution, for distribution system for the supply of particular production lines. In addition to advantages in terms of energy efficiency, the proposed solution is better in terms of management of the entire production system.

Key words: *compressed air, energy efficiency*

* Corresponding author; e-mail: seslija@uns.ac.rs

Рад примљен: 15. јуна 2010.

Рад ревидиран: 28. септембра 2010.

Рад прихваћен: 1. октобра 2010.