

KONCEPCJA BUDOWY STANOWISKA DO BADANIA PARAMETRÓW SPRĘŻONEGO POWIETRZA

Karolina Perz

Zakład Maszyn Spożywczych i Transportu Żywności, Politechnika Poznańska

Streszczenie. Sprężone powietrze znalazło szerokie zastosowanie w przemyśle spożywczym. Jest bardzo często postrzegane jako tanie, a nawet darmowe, źródło energii. Nic bardziej błędnego. Liczne badania potwierdzają, że przemysł wykorzystuje tylko około 30% produkowanego sprężonego powietrza (Blaustein i Radgen, 2001) reszta jest tracona w wyniku nieszczelności, nieodpowiedniego ciśnienia przygotowanego powietrza, niewłaściwego użycia itp. Możliwości oszczędności energii w instalacjach sprężonego powietrza wiążą się przede wszystkim ze zmniejszeniem zużycia energii do napędu sprężarek, przesyłania sprężonego powietrza i sterowania systemami pneumatycznymi. Celem artykułu jest przedstawienie koncepcji budowy stanowiska do badania parametrów sprężonego powietrza. W artykule zostaną omówione podstawowe urządzenia służące do budowy takiej instalacji, ich rodzaje i zadania. W dalszej części pracy przedstawiona zostanie koncepcja zaadoptowania eksploatowanej w naszym zakładzie sieci sprężonego powietrza na potrzeby badań jego parametrów. Odpowiednie przygotowanie tego medium pod względem jakości jest w przemyśle spożywczym zadaniem priorytetowym ze względu na częsty bezpośredni jego kontakt z produktem.

Słowa kluczowe: sprężone powietrze, uzdatnianie powietrza, optymalizacja, parametry sprężonego powietrza

Wprowadzenie

Sprężone powietrze jest bardzo popularnym nośnikiem energii w zakładach produkcyjnych, również w zakładach przemysłu spożywczego. Częste jego wykorzystywanie jest spowodowane jego licznymi zaletami – takimi jak: łatwość transportu, bezpieczeństwo użycia, czystość czy odporność na wahania temperatury. Często też jest postrzegane jako medium tanie z racji jego ogólnej dostępności. Jednak nie do końca tak jest. Powietrze jest najdroższym medium energetycznym stosowanym w przemyśle. Proces przygotowania sprężonego powietrza jest procesem bardzo energochłonnym, ponieważ jego sprawność jest niska ze względu na wydzielanie się w nim sporych ilości ciepła. Dokładna analiza procesu – zarówno przygotowania, jak i dystrybucji sprężonego powietrza – pozwala na dostosowanie zapotrzebowania powietrza do potrzeb zakładu, co w istotny sposób wpływa

na zmniejszenie zużycia energii elektrycznej podczas jego wytwarzania i transportu (Dindorf, 2010; Halkiewicz, 2009; Koceuch, 2009).

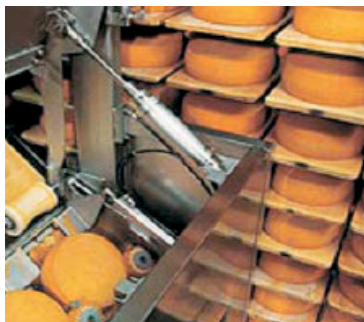
Czyste powietrze procesowe jest podstawą zapewnienia jakości w przemyśle spożywczym, dlatego też powinno być odpowiednio kontrolowane. Wiele standardów dotyczących regulacji jakości żywności narzucają dyrektywy związane z wprowadzaniem w zakładach systemem HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points). Odnosi się on również do czystości sprężonego powietrza jako potencjalnego źródła zanieczyszczeń żywności. Amerykańska Agencja ds. Żywności i Leków (Food and Drug Administration) (FDA HACCP) jest jedną z wielu organizacji, która uznała system HACCP jako wartościowy w odniesieniu do przygotowania, użycia i kontroli jakości sprężonego powietrza. Pozostałymi organizacjami są Międzynarodowa Organizacja Normalizacyjna (ISO), brytyjskie stowarzyszenie producentów, dystrybutorów, użytkowników sprężarek, pomp próżniowych, narzędzi pneumatycznych itp. – British Compressed Air Society (BCAS), brytyjskie konsorcjum handlowców British Retail Consortium (BRC) i organizacja zajmująca się bezpieczeństwem żywności Safe Quality Food (SQF). Ponadto kanadyjski Food Safety Enhancement Program (FSEP) określiła sprężone powietrze wykorzystywane w przetwórstwie i opakownictwie spożywczym jako potencjalne źródła zanieczyszczeń produktów spożywczych. Zanieczyszczenie powietrza procesowego w cząstki stałe, oleju, wody, jak i zanieczyszczenia mikrobiologiczne, może mieć negatywne skutki dla jakości produktu końcowego, co w konsekwencji może prowadzić nawet do niedopuszczenia produktu do sprzedaży. Organizacja BCAS opracowała kodeks postępowania (Bordiak, 2006) przy eksploatacji sieci sprężonego powietrza, który spotkał się z ogólną akceptacją ze strony producentów żywności. Określa on trzy podstawowe sposoby przygotowania powietrza uzależnione od wykorzystania w procesach produkcyjnych. Tym grupom odpowiadają odpowiednie klasy czystości powietrza (wg PN-ISO 8573.1).

Celem artykułu jest przedstawienie koncepcji budowy stanowiska do badania parametrów sprężonego powietrza. W artykule zostaną omówione podstawowe urządzenia służące do budowy takiej instalacji, ich rodzaje i zadania. W dalszej części pracy przedstawiona zostanie koncepcja zaadoptowania eksploatowanej w Zakładzie Maszyn Spożywczych i Transportu Żywności Politechniki Poznańskiej sieci sprężonego powietrza na potrzeby badań jego parametrów. Odpowiednie przygotowanie tego medium pod względem jakości jest w przemyśle spożywczym zadaniem priorytetowym ze względu na częsty bezpośredni jego kontakt z produktem (FDA HACCP; Bordiak, 2006).

Zastosowanie sprężonego powietrza w przemyśle spożywczym

Sprężone powietrze w przemyśle jest często wykorzystywane do napędu maszyn, narzędzi, w transporcie pneumatycznym, jako nośnik informacji w systemach sterowania, jak również wykorzystywane jest jako czynnik technologiczny podczas realizacji procesów przetwórczych. W przemyśle spożywczym również to medium jest użytkowane w szerokim zakresie, między innymi w liniach napełniających, do drylowania, rozdrabniania, siekania, rozpylania, suszenia rozpyłowego, pakowania próżniowego, homogenizacji, fluidyzacji, odpowietrzania, zagęszczania materiałów proszkowych (poprzez odsysanie powietrza) lub do filtrowania cieczy i gazów, napowietrzania, udrażniania, spulchniania, podcinania nawisów i transportu materiałów sypkich. Sprężone powietrze w przemyśle

spożywczym w zależności od zastosowania powinno posiadać odpowiednią klasę czystości. W operacjach technologicznych, w których powietrze nie ma bezpośredniego styku z produkowaną żywnością, nie jest konieczne jego bardzo dokładne oczyszczanie. Powietrze o niskim stopniu oczyszczenia znalazło zastosowanie między innymi we wszystkich



Źródło: Olborska i in., (2006)

Rysunek 1. Siłownik pneumatyczny do prasowania serów żółtych
Figure 1. Air cylinder for pressing cheese

siłownikach pneumatycznych. Siłowniki takie stosowane są często w przemyśle mięsny i owo-cowo-warzywnym, w procesach cięcia i siekania produktów. Stosuje się też je w procesach oczyszczania produktów zwierzęcych i do wciskania orzechów laskowych do czekolady. Jednym z ciekawszych rozwiązań są siłowniki prasujące do formowania serów żółtych (Olborska i in., 2006).

Często też sprężone powietrze stosowane jest w procesach mycia i pianowania maszyn i urządzeń w przemyśle spożywczym. Stosowane są do tego celu myjki ciśnieniowe o parametrach od 2,5 do 12 MPa (mycie wysokociśnieniowe). Zadaniem mycia wysokociśnieniowego i pianowania jest przede wszystkim usunięcie zanieczyszczeń. Do usuwania zanieczyszczeń w liniach technologicznych często też stosowane są linie centralnego odkurzenia stanowisk paczkujących, gdzie pojawiają się zanieczyszczenia z produktu, np. pako-

wanie paluszków, przypraw, kawy – których operacją składową jest przedmuch sprężonym powietrzem (Olborska i in., 2006).

Struktura sieci sprężonego powietrza

Urządzenia służące do przygotowania sprężonego powietrza

Elementy służące do budowy sieci sprężonego powietrza można podzielić na dwie grupy – pierwsza to urządzenia służące do wytworzenia sprężonego powietrza, druga to urządzenia mające wpływ na jakość powietrza, czyli służące do uzdatniania sprężonego powietrza. Do pierwszej grupy zaliczyć można sprężarki. Zgodnie z definicją (PN-89/M-43100) sprężarka jest to maszyna, która zwiększa ciśnienie czynnika sprężanego powyżej ciśnienia początkowego, równego lub bliskiego ciśnieniu atmosferycznemu. Głównym kryterium podziału sprężarek jest ich konstrukcja i zasada działania. Zgodnie z podziałem przyjętym w normie (PN-89/M-43100) można wyróżnić dwie podstawowe grupy sprężarek: sprężarki wporowe i sprężarki przepływowe. W procesie sprężania powietrza w instalacjach w znacznej ich części wykorzystuje się sprężarki wporowe, dlatego też w dalszej części artykułu skupiono się na tej grupie sprężarek.

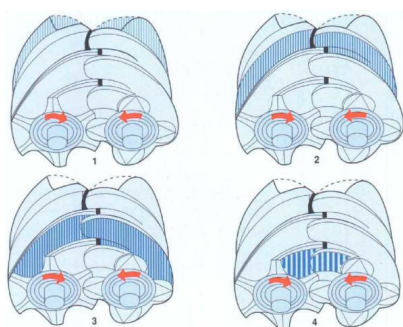
W sprężarkach wporowych zwiększenie ciśnienia statycznego uzyskuje się przez zasysanie i wypieranie objętości gazu (powietrza) w zamkniętej przestrzeni za pomocą elementu wporowego członu napędzanego. Ze względu na rodzaj wykonywanego ruchu przez element wporowy, sprężarki te można podzielić na posuwisto-zwrotne i obrotowe. W sprężarkach posuwisto-zwrotnych zasysanie gazu i sprężenie gazu osiąga się poprzez

pracę tłoka w ruchu posuwisto-zwrotnym, zaś w sprężarkach obrotowych funkcję tłoka przejmuje jeden lub kilka wirników poruszających się ruchem obrotowym, a wypieranie gazu uzyskuje się za pomocą łopatek, elementów zazębiających lub za pomocą ruchu obrotowego samego wirnika.

Innym rodzajem sprężarki wyporowej jest sprężarka śrubowa, której komora sprężania jest przestrzenią utworzoną pomiędzy dwoma zazębiającymi się wirnikami w kształcie śruby i wewnętrzną ścianą korpusu. W miarę obrotu wirników komora sprężania zostaje w pierwszej kolejności odcięta od otworu wlotowego w korpusie, a następnie miejsce zetknięcia wirników przemieszcza się wzdłuż ich osi, zmniejszając w ten sposób objętość komory sprężania, aż do momentu połączenia się jej z wylotem.

Każdy element śrubowy ma stały, zintegrowany stosunek ciśnień, który jest zależny od jego długości, skoku śruby i kształtu szczeliny wylotowej. Aby osiągnąć najlepszą skuteczność, stosunek ciśnień musi być dostosowany do wymaganego ciśnienia roboczego.

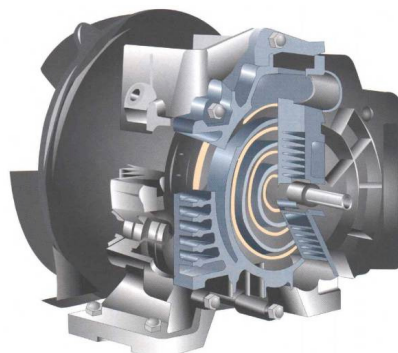
Sprężarka wyporowa, w której komorą sprężania jest przestrzeń pomiędzy dwoma elementami w kształcie luźnej, spiralnej wstęgi, umieszczonymi jeden w drugim, oraz boczny, płaskimi ścianami korpusu, to sprężarka spiralna. Jeden z elementów spiralnych pozostaje nieruchomy, drugi natomiast wykonuje mimośrodowe oscylacje tak, że miejsce zetknięcia wstęg przesuwa się, zmniejszając cyklicznie objętość komory sprężania.



Źródło: materiały Atlas Copco, (2011)

Rysunek 2. Sprężanie powietrza w sprężarce śrubowej

Figure 2. Compressing air in a screw compressor.



Źródło: materiały Atlas Copco, (2011)

Rysunek 3. Sprężarka spiralna – przekrój

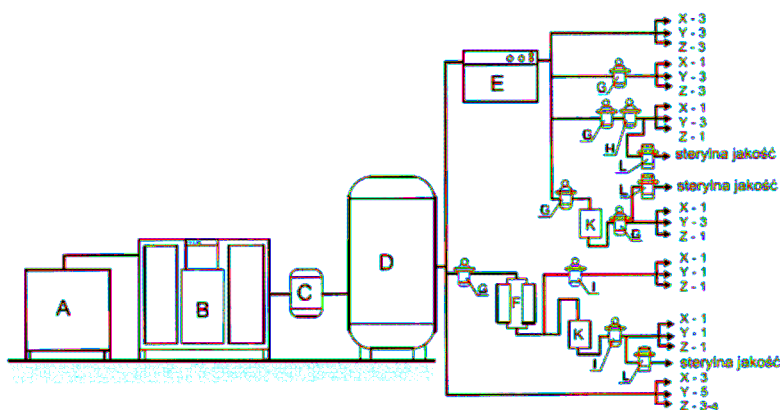
Figure 3. Spiral compressor – cross section

Sprężarki spiralne są typem bezolejowych, rotacyjnych sprężarek wyporowych, tzn. sprężają określoną ilość powietrza w stale zmniejszającej się przestrzeni. Element sprężający składa się z jednej zamontowanej w stałym położeniu spirali w obudowie elementu i drugiej napędzanej silnikiem, poruszającej się ruchem mimośrodowym. Spirale są zamontowane z fazowym przesunięciem ruchu o 180° , co umożliwia tworzenie się kieszeni powietrznych przy zmieniającej się objętości. Zapewnia to stabilność elementu sprężającego. Nieszczelności (przecieki) sprężonego powietrza są zminimalizowane, ponieważ różni-

ca ciśnień w niszach powietrznych jest mniejsza od różnicy ciśnień między wlotem i wylotem (Materiały Atlas Copco, 2011).

Urządzenia służące do uzdatniania sprężonego powietrza

Kolejną grupę elementów tworzących instalację sprężonego powietrza są urządzenia służące do uzdatniania powietrza. Uzdatnianie sprężonego powietrza przeprowadzane jest w układzie wielostopniowym (Olberska i in., 2006). Oczyszczanie powietrza zasysanego przez sprężarkę z atmosfery odbywa się bowiem stopniowo.



Źródło: Olberska i in., (2006)

Rysunek 4. Schemat instalacji zasilania sprężonym powietrzem. Objaśnienia: A – filtr wlotowy, B – sprężarka, C – separator cyklonowy, D – zbiornik wyrównawczy, E – osuszacz ziębniczy, F – osuszacz adsorpcyjny, G – mikrofiltr, I – filtr dokładny, K – aktywny węgiel, L – filtr sterylny. Jakość powietrza: X – pod względem wielkości zanieczyszczeń, Y – pod względem ciśnieniowego punktu rosy, Z – pod względem zawartości oleju

Figure 4. Diagram of supplying the installation with compressed air. Legend of abbreviations: Symbols: A – inlet filter, B – compressor, C – cyclone separator, D – break tank, E – refrigeration drier, F – adsorption drier, G – microfilter, I – fine filter, K – active carbon, L – sterile filter. Air quality: X – on account of the amount of pollution, Y – on account of pressure dew point, Z – on account of the oil content

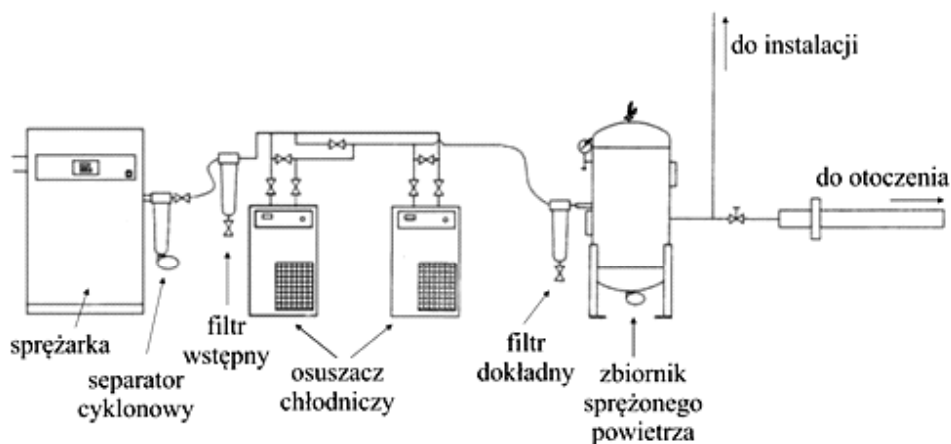
W pierwszym etapie filtry wlotowe sprężarki, tzw. wstępne lub zgrubne, zatrzymują tylko duże cząstki pyłów do rozmiarów 25 μm . Dalsze uzdatnianie odbywa się za sprężarką. Zaraz za sprężarką znajduje się separator cyklonowy. Jego zadaniem jest odprowadzenie ze sprężonego powietrza kondensatu wodno-olejowego. Sprężone powietrze po dostaniu się do separatora zostaje silnie zawirowane poprzez specjalnie ukształtowaną kierownicę. Wykroplony kondensat zostaje odrzucony na ścianki separatora, po których

spływa na dno zbiornika, skąd odprowadzany jest na zewnątrz przy użyciu zaworu odwadniającego (Materiały firmy Airpol). Kolejny etap uzdatniania powietrza odbywa się w urządzeniu zwanym osuszaczem. Jego zadaniem jest wyeliminowanie wody z układu. Powietrze opuszczające sprężarkę jest ciepłe i w momencie zetknięcia się z chłodniejszymi elementami powoduje skroplenie się wody. W celu wyeliminowania tej wody wykorzystuje się osuszacze, w których schładza się powietrze do temperatury poniżej ciśnieniowego punktu rosy, tj. 3°C. Po obniżeniu temperatury powietrza oddzielają one wodę i usuwają ją poza układ. W zależności od wymagań jakościowych powietrza stosuje się najczęściej dwa rodzaje osuszaczy: chłodniczy i adsorpcyjny. W osuszaczu chłodniczym dopływające, sprężone powietrze o temperaturze 30–45°C jest wstępnie schładzane w wymienniku powietrze/powietrze do temperatury 14–23°C. Następnie w parowniku obiegu chłodniczego ulega dalszemu schłodzeniu i osiąga zadaną temperaturę ciśnieniowego punktu rosy +3°C potrzebną do skondensowania pary wodnej, znajdującej się w obiegu sprężonego powietrza. Osuszacze absorpcyjne stosuje się w przypadku bardzo wysokich wymagań dotyczących czystości sprężonego powietrza, którym nie mogą sprostać osuszacze chłodnicze. Zasada działania tego osuszacza polega na przepuszczaniu powietrza przez złożo adsorbentu, na którym wytrąca się wilgoć. Punkt rosy tych osuszaczy może być ustawiony na –25°C, –40°C lub nawet –70°C.

Kolejny etap uzdatniania to filtracja dokładna. Wykorzystywane filtry (dokładne zwane też wgłębnymi) wykonane są z wielowarstwowej gęstej mikrowłókniny. Wykorzystując zjawisko dyfuzji oraz koalescencji, usuwają 99,9% cząstek stałych większych niż 1 mikron oraz zapewniają uzyskanie resztkowej zawartości oleju za filtrem nie większej niż 0,1 (mg·m⁻³) (2 klasa wg normy ISO 8573.1). Mikrofiltr (filtr końcowy) działa na tej samej zasadzie co poprzedni filtr, ale z większą dokładnością: skuteczność oczyszczania 99,9999% w odniesieniu do cząstek o wielkości 0,1 μm; pozostałość oleju nie więcej niż 0,01 mg·m⁻³ (1 klasa). W zależności od oczekiwań co do jakości powietrza można jeszcze zastosować filtry węglowe, pozwalające na usunięcie resztkowych zawartości zanieczyszczeń gazowych, takich jak opary oleju, wilgoci i zapachy. Zastosowanie wkładu gwarantuje zawartość oleju poniżej 0,005 mg·m⁻³. W celu uzyskania najwyższej klasy powietrza wykorzystuje się także filtr sterylny. Jest on plisowanym filtrem wgłębnym używanym w sterylnej filtracji sprężonego powietrza, powietrza procesowego, gazów technicznych i w zastosowaniach wentylacyjnych. Filtry te posiadają walidowaną zdolność zatrzymywania bakterii i wirusów, zapewniają wysokie bezpieczeństwo przy septycznych zastosowaniach, szczególnie w przemyśle spożywczym.

Stanowisko do monitorowania parametrów sprężonego powietrza

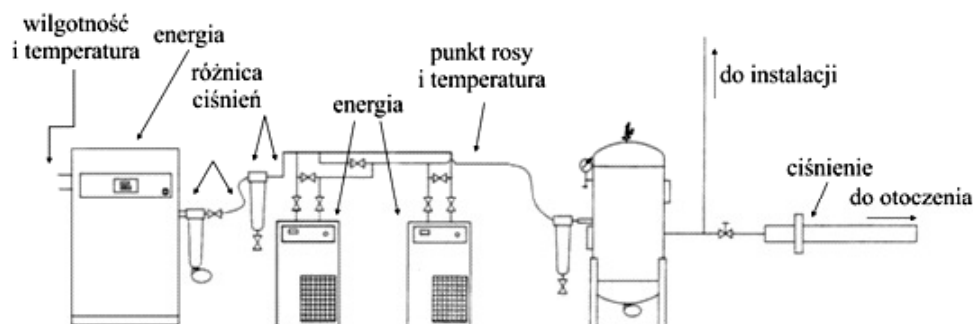
W Zakładzie Maszyn Spożywczych i Transportu Żywności Politechniki Poznańskiej funkcjonuje sieć sprężonego powietrza, która przygotowuje medium na potrzeby Zakładu i istniejących przy nim laboratoriów i warsztatów. Schemat istniejącej instalacji został przedstawiony na rysunku 5.



Rysunek 5. Schemat instalacji sprężonego powietrza w Zakładzie MSiTŻ Politechniki Poznańskiej

Figure 5. Diagram of installation of compressed air in the Unit MSiTŻ of Poznań University of Technology

W instalacji zastosowano sprężarkę śrubową firmy Airpol o wydajności nominalnej $57 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ przy ciśnieniu 1 MPa. Dalsza część instalacji służy do uzdatnienia powietrza i tak: za sprężarką zainstalowano separator cyklonowy o wydajności $126 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, którego zadaniem jest oddzielenie od powietrza mieszaniny wodno-olejowej. Pod separatorem znajduje się automatyczny spust kondensatu. Kolejny element to filtr wstępny firmy Hiross, który oddziela zgrubnie większe cząstki zanieczyszczeń stałych, oleju i wody. Pozwala on na osiągnięcie 3 klasy czystości powietrza pod względem wielkości cząstek stałych. Następnie zainstalowano dwa osuszacze, które są połączone szeregowo. Jeden z nich to produkt firmy Hiross, drugi zaś jest konstrukcją autorską pracowników zakładu. Dalej zastosowano filtr dokładny firmy Hiross, którego zadaniem jest oczyszczenie powietrza z resztek cząstek stałych i oleju (klasa 2 wg normy ISO). Klasa jakości przygotowanego powietrza zależy od zastosowanego stopnia filtracji powietrza. Tak więc przedstawiona instalacja pozwala na przygotowanie sprężonego powietrza o klasie jakości 3 w odniesieniu do zawartości wody, klasie 2 w odniesieniu do zawartości oleju i klasie 2 w odniesieniu do zawartości cząstek stałych (wg normy ISO 8573.1). Istniejący układ opomiarowano w celu monitorowania parametrów pracy sieci. Miejsca zainstalowania czujników przedstawiono na rysunku 6.



Rysunek 6. Miejsca pomiarowe instalacji sprężonego powietrza w Zakładzie MSiTŻ Politechniki Poznańskiej

Figure 6. Measurement place of the installation of compressed air in the Unit MSiTŻ of Poznań University of Technology

Do pomiaru parametrów otoczenia (wilgotności i temperatury) na wlocie powietrza do sprężarki służy przetwornik wilgotności i temperatury. Zakres pomiarowy tego przetwornika wynosi: wilgotność 0–100% RH, temperatura (-30) – 80°C . Pomiar poboru mocy przez sprężarkę i osuszacze jest realizowany przez dwa przetworniki mocy. Do pomiaru ciśnienia i określenia różnicy ciśnień na filtrach zastosowano przetworniki ciśnienia o zakresie pomiarowym 0,1–16 MPa i błędzie pomiarowym 0,3%. Czujniki te pozwalają na pomiar ciśnienia, ciśnienia absolutnego gazów, par, cieczy, a także mediów oleistych. Za osuszaczami dokonywany jest pomiar temperatury i ciśnieniowego punktu rosy. Temperatura mierzona jest za pomocą termopary, a punkt rosy przy wykorzystaniu dwuprzewodowego czujnika firmy CS Instruments. Zastosowany model czujnika mierzy różnicę wysokości punktu rosy i uruchamia alarm, jeżeli różnica w wysokości punktu rosy (temperatura otoczenia minus temperatura punktu rosy) obniży się poniżej ustalonej wartości progowej. W przypadku tego układu czujnik jest zaprogramowany na kontrolowanie poziomu ciśnieniowego punktu rosy. Wszystkie sygnały pomiarowe są zbierane za pomocą mikroprocesorowego przyrządu pomiarowego, który pozwala na elektroniczną rejestrację wyników. Posiada on wewnętrzną pamięć o pojemności 2 GB, jak również pozwala na przeniesienie zarchiwizowanych danych do pamięci zewnętrznej za pomocą łącza USB. Do rejestratora został dołączony program, który w jasny i czytelny sposób pozwala na obróbkę danych pomiarowych. Na rysunku 7 przedstawiony został rzeczywisty obraz omówionej instalacji.



Rysunek 7. Widok rzeczywisty instalacji sprężonego powietrza w Zakładzie MSiTŻ Politechniki Poznańskiej

Figure 7. Actual view of the installation of compressed air in the Unit MSiTŻ of Poznań University of Technology

Przedstawiony układ pozwala na śledzenie parametrów pracy sieci sprężonego powietrza wraz z określeniem wpływu zmian tych parametrów na koszty wytwarzania powietrza. Można również ocenić efektywność pracy poszczególnych elementów tworzących sieć sprężonego powietrza, np.: ocenić wpływ zanieczyszczenia filtra na koszty pracy instalacji, jak wpływają parametry pracy osuszacza na energochłonność całej sieci itp. Można również wykonać w instalacji „kontrolowaną” nieszczelność i badać jej wpływ na koszty wytwarzania sprężonego powietrza. Można również określić wpływ parametrów powietrza zewnętrznego na parametry sprężonego powietrza i na energochłonność sieci sprężonego powietrza. Pozwoli to na opracowanie optymalnych parametrów pracy sieci sprężonego powietrza przy najmniejszych nakładach finansowych na energię służącą do zasilania urządzeń, przy jednoczesnym spełnieniu wymagań co do jakości wytwarzanego medium.

Podsumowanie

Sprężone powietrze jest medium bezpiecznym, łatwo dostępnym i tanim. Jednakże dokładnie analizując rachunek kosztów jego wytworzenia, można zauważyć, że oprócz nakładów inwestycyjnych (15%), potrzebna jest energia – najczęściej elektryczna, która pochłania 80% kosztów. Pozostałe 5% to koszty serwisu (Materiały seminaryjne...). Dlatego też bardzo istotne jest monitorowanie zużycie energii przy jego wytwarzaniu, a także założenie takich parametrów pracy sieci, aby przy założonej klasie jakości powietrza, uzyskać

powietrze przy najmniejszych możliwych nakładach finansowych. Przedstawione stanowisko pozwoli na określenie parametrów pracy sieci, przy których praca układu jest najbardziej korzystna ze względu na koszty eksploatacyjne poniesione w procesie przygotowania i dystrybucji powietrza.

Literatura

- Blaustein, Edgar; Radgen, Peter (wyd.) (2001). *Compressed Air Systems in the European Union. Energy, Emissions, Savings Potential and Policy Actions*. Stuttgart.
- Dindorf, R. (2010). Ocena możliwości oszczędzania energii w systemach sprężonego powietrza. *Energetyka*, 1, 7-14.
- Halkiewicz, W. (2009). *Jak oszczędzać energię w systemach sprężonego powietrza?* Fundacja na rzecz Efektywnego Wykorzystania Energii Katowice.
- Koceluch, A. (2009). Sprężone powietrze generatorem kosztów cz. I. *Utrzymanie ruchu*, 4, FDA HACCP, Pobrano z: <http://www.fda.gov/food/foodsafety/HACCP>
- Bordiak, Greg: *Food grade compressed air. A code of practice*. Pobrano z: <http://www.airpower.co.uk/assets/docs/bcasfoodgrade.pdf>.
- Olborska, K.; Duszyński, J.; Lewicki P.(2006). Zastosowanie sprężonego powietrza w zakładach spożywczych. *Przemysł Spożywczy*, 8, 60-63
- Materiały Atlas Copco (2011) Praca zbiorowa. *Technika sprężonego powietrza. Poradnik* Wydanie 7 Atlas Copco Airpower NV
- Olborska K., Duszyński J., Lewicki, P.(2006). Sprężone powietrze w zakładach spożywczych – uzdatnianie. *Przemysł Spożywczy*, 9, 33-35.
- PN-89/M-43100. *Sprężarki – podział*
- PN-ISO 8573.1. *Sprężone powietrze ogólnego stosowania. Materiały informacyjne firmy Airpol 2012*. Pozyskano z: <http://www.airpol.pl>.
- Materiały seminaryjne (2012). „*Outsourcing dostaw sprężonego powietrza*”. Pozyskano z: <http://www.seminaria.trademedias.us>

A CONCEPT OF CONSTRUCTION OF THE STAND FOR TESTING COMPRESSED AIR PARAMETERS

Abstract. Compressed air is widely applied in food industry. It is often seen as a cheap and even free energy source. However, it is not true. Numerous research prove that industry uses only approximately 30% of the produced compressed air (Blaustein, Radgen 2001) the rest is lost as a result of leak, improper pressure of the prepared air, improper use, etc. Possibilities of saving energy in installations of the compressed air are related to mainly the decrease of energy consumption for compression drive, sending compressed air and controlling pneumatic systems. The objective of the article is to present the concept of construction of the stand for testing compressed air parameters. The article will discuss the basic devices for construction of such installation, their types and tasks. A concept of adapting the compressed air net, used in our unit, for the needs of the research on its parameters. Proper preparation of this medium on account of quality is a priority task due to its frequent direct contact with a product.

Key words: compressed air, air treatment, optimization, compressed air parameters

Adres do korespondencji:

Karolina Perz; e-mail: Karolina.Perz@put.poznan.pl
Instytut Maszyn Roboczych i Pojazdów Samochodowych
Politechnika Poznańska
ul. Piotrowo 3
60-965 Poznań