

Karolina PERZ, Aleksandra REWOLIŃSKA, Damian SUCHY

e-mail: karolina.perz@put.poznan.pl

Instytut Maszyn Roboczych i Pojazdów Samochodowych, Wydział Maszyn Roboczych i Transportu, Politechnika Poznańska, Poznań

Wpływ parametrów powietrza wlotowego na zapotrzebowanie mocy sieci sprężonego powietrza w przemyśle spożywczym**Wstęp**

Sprężone powietrze jest traktowane jako czwarte medium energetyczne po energii elektrycznej, gazowej i wodnej. Znajduje również zastosowanie w procesach sterowania urządzeń pneumatycznych lub w bezpośrednim kontakcie z produktami (np. transport pneumatyczny).

W przemyśle spożywczym – oprócz odpowiedniego ciśnienia i odpowiedniej wydajności systemu – bardzo często wymagana jest odpowiednia klasa czystości sprężonego powietrza [Olberska i in., 2006; Perz i Rewolińska, 2014]. Wymusza to przygotowanie projektu instalacji uwzględniającego zastosowanie odpowiednich maszyn i urządzeń, jak np. odpowiednia sprężarka, osuszacz powietrza i filtry zależne od wymaganej klasy czystości powietrza [Perz, 2009; 2011; 2013].

Celem pracy było określenie wpływu parametrów (temperatury i wilgotności) powietrza wlotowego na zapotrzebowanie mocy wybranych elementów sieci sprężonego powietrza (osuszacze).

Struktura sieci sprężonego powietrza

Podstawowymi elementami tworzącymi instalację sprężonego powietrza są: sprężarka, osuszacz i elementy filtracyjne.

Sprężarka pełni kluczowe zadanie w sieci sprężonego powietrza. Jej zadaniem jest zmiana parametrów powietrza atmosferycznego (powietrza otoczenia) w procesie sprężania. Proces ten polega na zwiększeniu ciśnienia powietrza przez co zwiększa się energia kinetyczna powietrza.

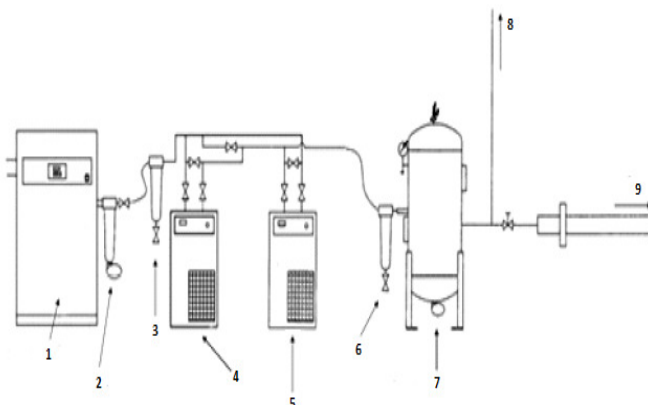
Chłodnica końcowa. Po wyjściu ze sprężarki, sprężone powietrze przepływa przez chłodnicę końcową. W chłodnicy następuje zmniejszenie temperatury sprężonego powietrza, zmniejszenie wilgotności właściwej, wzrost wilgotności względnej. Ciśnienie sprężonego powietrza utrzymywane jest na stałym poziomie.

Separator cyklonowy znajduje się za chłodnicą końcową. Poprzez kierownicę wprowadza sprężone powietrze w ruch turbulentny. Ruch ten powoduje wykraplanie się ze sprężonego powietrza kondensatu wodno-olejowego. Dzięki wykraplaniu kondensatu zmniejsza się zawartość wilgotności właściwej, nieznacznie zmienia się ciśnienie wskutek oporów przepływu.

Osuszacz jest kolejnym elementem instalacji, a jego zadaniem jest usunięcie pary wodnej z powietrza. Powietrze opuszczające chłodnicę końcową jest ciepłe i gdy zetknie się z chłodniejszymi elementami, następuje wykroplenie się wody. Zastosowanie w sieci określonego rodzaju osuszaczy zależy od wymaganej klasy jakości sprężonego powietrza. Najczęściej stosuje się osuszacze ziębnicze i adsorpcyjne. W osuszaczu następuje obniżenie temperatury, a czynnik roboczy osiąga temperaturę ciśnieniowego punktu rosy. Uzyskuje się zmniejszenie wilgotności właściwej i wilgotności względnej, a ciśnienie zmienia się nieznacznie wskutek oporów przepływu. Powietrze wychodzące z osuszacza zostaje ogrzane do temperatury otoczenia. Osuszacze adsorpcyjne stosuje się, gdy wymagana jest wysoka jakość sprężonego powietrza. Ciśnieniowy punkt rosy może osiągać temperaturę -70°C . W końcowej części instalacji znajdują się filtry o odpowiednich parametrach pozwalające na zapewnienie wymaganej klasy czystości powietrza.

Badania doświadczalne**Stanowisko badawcze**

Badania zostały przeprowadzone na instalacji znajdującej się na



Rys.1 Schemat instalacji sprężonego powietrza [Perz, 2013]
1-sprężarka, 2-separator cyklonowy, 3-filtr wstępny, 4-osuszacz ziębniczy nr 1, 5-osuszacz ziębniczy nr 2, 6-filtr dokładny, 7-zbiornik sprężonego powietrza, 8-urządzenia odbiorcze sprężonego powietrza, 9- tłumik sprężonego powietrza

terenie Politechniki Poznańskiej. Na rys. 1 przedstawiono schemat wykorzystywanej linii sprężonego powietrza [Perz, 2013].

Sprężone powietrze wytwarzała sprężarka śrubowa (olejowa) firmy *Aripol - 1* o wydajności $57 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. Sieć była wyposażona w urządzenia uzdatniające sprężone powietrze. Oprócz filtrów zainstalowane były osuszacze ziębnicze powietrza do oddzielania zanieczyszczeń w postaci cząstek stałych, wody, oleju.

W instalacji zamontowano dwa osuszacze ziębnicze połączone szeregowo. Stanowiły one główny przedmiot badań. Pierwszy badany osuszacz PP – 4 został skonstruowany przez pracowników *Politechniki Poznańskiej* [Grobelski i in., 2000]. W górnej części znajdował się wymiennik powietrze-powietrze. W dolnych zwojach następowała wymiana ciepła między powietrzem a czynnikiem chłodniczym. Drugi badany osuszacz – 5 był wyprodukowany przez firmę *Hiross*.

Metodyka

Zastosowano następujący tryb pracy osuszaczy:

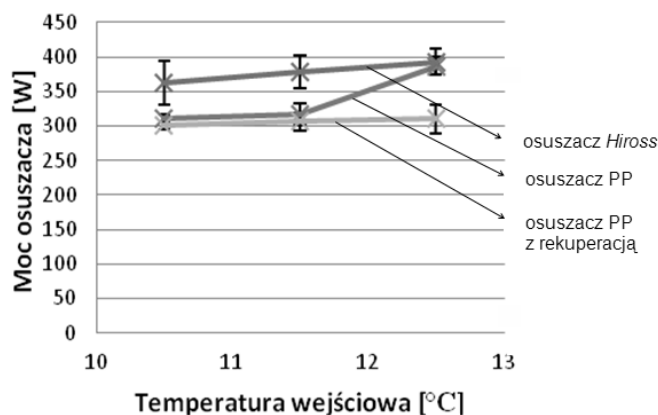
- osuszacz PP pracował z rekuperacją i bez rekuperacji w trybie ciągłym, przy zmiennym przepływie powietrza,
- osuszacz firmy *Hiross* pracował w trybie włącz-wyłącz, przy zmiennym przepływie powietrza,
- praca osuszaczy była przeprowadzona przy porównywalnej temperaturze wejściowej.

Podczas badań kontrolowane były takie parametry powietrza jak: wilgotność, temperatura wejściowa do instalacji, temperatura wyjściowa z instalacji, temperatura punktu rosy, ciśnienie. Ocena kosztów uzdatniania sprężonego powietrza została określona poprzez pomiar zużycia mocy osuszacza.

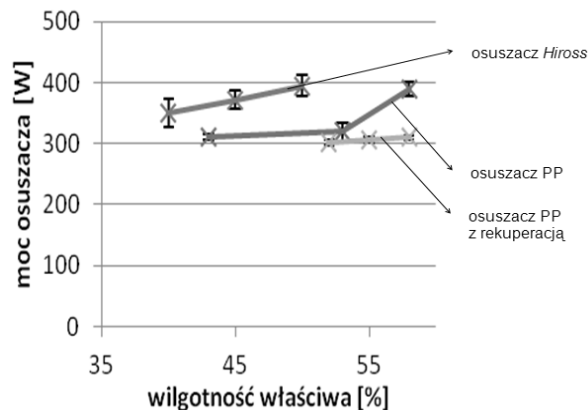
Przeprowadzone badania umożliwiły określenie, który element instalacji miał największy wpływ na parametry sprężonego powietrza, był bardziej wydajny i bardziej ekonomiczny.

Wyniki i dyskusja

Badania wpływu temperatury powietrza wlotowego na zapotrzebowanie mocy osuszaczy przeprowadzono w okresie styczeń-luty 2014 r. Urządzenie pomiarowe zapisywało wyniki co dziesięć sekund. Do porównania pracy osuszaczy ziębniczych z otrzymanych



Rys. 2 Zależność mocy badanych osuszaczy od temperatury wejściowej powietrza pobieranego przez osuszacz przy stałej wilgotności powietrza



Rys. 3 Zależność mocy badanych osuszaczy od wilgotności powietrza wejściowego dostarczanego do osuszacza przy stałej temperaturze powietrza

wyników pomiarów wybrano następujące przedziały temperatury wejściowej: 10÷11°C, 11÷12°C, 12÷13°C. Wilgotność powietrza podczas badania była stała i wynosiła 42%.

Analizując pracę osuszaczy zastosowanych w układzie można zauważyć, że ze wzrostem wartości temperatury wejściowej wzrastała wartość mocy wszystkich zastosowanych osuszaczy (Rys. 2).

Osuszacz pierwszy PP zarówno w wersji standardowej, jak i w wersji z odzyskiem ciepła wykazywał niewielki wzrost poboru mocy elektrycznej w funkcji temperatury. Gwałtowny wzrost wartości mocy można zauważyć dla osuszacza PP bez rekuperacji.

Dla temperatury wejściowej ok. 12,5°C można zauważyć że osuszacz *Hiross* i osuszacz PP bez rekuperacji osiągały podobne wartości mocy w zależności od temperatury.

Wzrost poboru mocy jest uzasadniony, ponieważ głównym zadaniem osuszaczy jest utrzymanie na wyjściu z osuszacza temperatury ciśnieniowego punktu rosy na wymaganym w procesie technologicznym poziomie. Dla danego badania temperaturę tę przyjęto na poziomie 8°C. Zgodnie z założoną prawidłowością: im wyższa temperatura wejściowa powietrza, tym wyższa jest temperatura sprężonego powietrza. Aby zmniejszyć temperaturę sprężonego powietrza osuszacz musiał pracować z większą mocą.

Najmniejszym zużyciem mocy charakteryzuje się osuszacz PP z rekuperacją. Może to być spowodowane faktem, że w trakcie przepływu sprężonego powietrza przez rekuperator zmniejszyła się temperatura sprężonego powietrza. Dzięki zastosowaniu rekuperatora osuszacz wykonał mniej pracy. Stanowisko nie pozwala jednak na określenie temperatury sprężonego powietrza za osuszaczem przed rekuperacją.

Określenie wpływu wilgotności powietrza na pobór mocy badanych osuszaczy było kolejnym etapem badań. Badania zostały przeprowadzone w analogicznym okresie styczeń-luty 2014 r.

W celu porównania pracy osuszaczy ziębniczych z otrzymanych wyników pomiarów wybrano zakres wilgotności wejściowej 40÷58%. Podczas badań temperatura powietrza wejściowego była utrzymywana na stałym poziomie ok. 12 °C.

Na podstawie przeprowadzonych pomiarów stwierdzono (Rys. 3), że ze wzrostem wilgotności wzrasta zapotrzebowanie mocy osuszacza. Dzieje się tak dla każdego osuszacza. Wzrost mocy jest spowodowany pracą osuszacza, która polega na usunięciu wilgoci ze sprężonego powietrza. Najmniejszym zapotrzebowaniem mocy przy największej wilgotności charakteryzował się osuszacz PP z rekuperacją. Zużywał on najmniej energii. Stwierdzono że osuszacz *Hiross* zużywał najwięcej energii przy najmniejszej wilgotności w porównaniu z pozostałymi osuszaczami. Można również zauważyć, że dla wilgotności ok. 51% i ok. 54% zużycie mocy przez osuszacz PP z rekuperacją i bez rekuperacji było bardzo zbliżone. Zróżnicowana wilgotność mogła być spowodowana zastosowaniem dodatkowego wentylatora podczas badania osuszacza PP.

Podsumowanie i wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań i porównania pracy osuszaczy ziębniczych stwierdzono:

- Najniższe zużycie mocy oraz niewielkie różnice zużycia mocy w stosunku do analizowanych parametrów czynnika roboczego osiąga osuszacz PP z rekuperacją. Zastosowanie rekuperacji przed wymiennikiem powietrze-czynnik chłodniczy pozwala na zmniejszenie temperatury sprężonego powietrza. Obniżenie temperatury sprężonego powietrza przez rekuperator skutkuje zmniejszeniem zapotrzebowania mocy osuszacza.
- Ze wzrostem wilgotności wzrasta zużycie mocy osuszaczy.
- Cechą wspólną badanych osuszaczy jest wzrost zapotrzebowania mocy przy wzroście wartości temperatury wejściowej.
- Zastosowanie rekuperacji wpływa pozytywnie na pracę osuszacza przez zmniejszenie zużycia energii.
- Osuszacz PP bez rekuperacji i osuszacz *Hiross* dla temperatury wejściowej powietrza ok. 12°C wykazują prawie takie samo zużycie mocy.
- Przy wysokiej wilgotności i wysokiej temperaturze wejściowej powietrza zle dobrany osuszacz nie gwarantuje osiągnięcia określonej temperatury punktu rosy.

Dodatkowe spostrzeżenia są następujące:

- Osiąganie przez sprężarkę osuszacza ziębniczego PP wysokiej temperatury podczas pracy, znacząco wpływa na temperaturę wejściową czynnika roboczego i utrudnia badanie porównawcze osuszaczy.
- Osuszacz PP nie jest wyposażony w urządzenia, które pozwalają na pracę w trybie włącz-wyłącz.

LITERATURA

- Olberska K., Duszyński J., Lewicki P.P., 2006. Sprężone powietrze w zakładach spożywczych – uzdatnianie. *Przem. Spoż.*, nr 9, 33-35
- Perz K., Rewolińska A., Grześkowiak K., 2014. Wyznaczanie strat ciśnienia w instalacji sprężonego powietrza. *Inż. Ap. Chem.*, **53**, 2, 101-102
- Perz K., 2009. Możliwości wykorzystania ciepła odpadowego w przemyśle spożywczym. *Inż. Ap. Chem.*, **48**, 2, 110-111
- Perz K., 2011. Zanieczyszczenia sprężonego powietrza stosowanego w przemyśle spożywczym. *Inż. Ap. Chem.*, **50**, 2, 44-45
- Perz K., 2013. Koncepcja budowy stanowiska do badań parametrów sprężonego powietrza. *Inż. Roln.*, **17**, 149-159
- Grobelski, Z., Bieńczyk, K., Rochatka, T., Stachowiak, A., Tyczewski P., 2000. Zagadnienia związane z projektowaniem i badaniem chłodniczych osuszaczy sprężonego powietrza. *Chłodnictwo*, 35, 10, 5-7