

Ile kosztuje powietrze?

Pomiary przepływu powietrza i wynikające z nich oszczędności.

Sprężone powietrze jest jednym z najczęściej spotykanych mediów na obiektach przemysłowych. Prawdopodobnie dlatego jest również traktowane jako coś naturalnego, coś co zawsze jest dostępne. Zazwyczaj nikt nie zwraca uwagi na koszty wynikające z produkcji powietrza, ponieważ zabudowanie kilku sprężarek w zupełności wystarcza na zasilenie wszystkich układów i nie ma potrzeby analizowania tej kwestii. Nic bardziej mylnego!

Z uwagi na to obojętne i często mylne podejście do problemu kontroli produkcji powietrza, skutkujące zawyżonymi kosztami, w artykule tym postaram się przybliżyć tematykę związaną z produkcją sprężonego powietrza, jej kosztami oraz korzyściami związanymi z pomiarem i kontrolą przepływu w wielu typach aplikacji. W artykule przedstawiam główne metody pomiaru, skupiając się na prezentacji zasad działania i zaletach termicznych przepływomierzy masowych. Analiza problemu wzbogacona jest przykładami rzeczywistych zastosowań omawianej aparatury na obiektach naszych Klientów.

Dlaczego warto mierzyć przepływ?

Odpowiedź na pytanie ile kosztuje wyprodukowanie 1m³ powietrza nie jest jednoznaczna. Aby poznać koszt produkcji powietrza, potrzebna jest znajomość rzeczywistego jego zużycia, wielkości ciśnienia w układzie, kosztów energii oraz kosztów związanych z konserwacją sprężarki i dodatkowego osprzętu. Koszty energii są proste do oszacowania – producent sprężarki zazwyczaj określa wielkość zużycia energii przy maksymalnym obciążeniu. Znając rzeczywisty przepływ możemy określić czy ilość zużywanego powietrza jest adekwatna do zapotrzebowania. Tym samym dajemy sobie możliwość optymalizacji produkcji sprężonego powietrza i - monitorując parametry przepływu – możemy znacznie obniżyć koszty.

Po wykonaniu pomiarów kontrolnych lub zabudowaniu stałych układów pomiarowych często ujawniają się problemy z bilansem całego układu. Sprężarki pracują z pełną mocą dostarczając znacznie więcej powietrza niż – zgodnie z kartami katalogowymi – potrzebują urządzenia.

Wówczas powstaje pytanie co się dzieje z pozostałym powietrzem?

W takiej sytuacji należy znacznie bliżej przyjrzeć się całej sieci. Bardzo często okazuje się bowiem, że na sieci pojawiły się nieszczelności, urządzenia z uwagi na zużycie materiałów zwiększyły swój pobór lub – co osobiście doświadczyłem na dużych obiektach – obce firmy czy wydziały „wpiwały” się w rurociąg bez wiedzy wytwórców sprężonego powietrza.

Po wykonaniu przeglądu sieci oraz czynności konserwacyjnych okazuje się, że dana sprężarka może swobodnie pracować przy znacznie mniejszym obciążeniu, co bezpośrednio wpływa na zużycie energii i generuje istotne oszczędności kosztów. Zazwyczaj ograniczenie kosztów jest jednym z głównych argumentów przemawiającym za wykonaniem instalacji pomiarowej lecz nie jest to korzyść jedyna. Dzięki pomiarze i kontroli można znacznie bardziej racjonalnie i efektywnie rozdyponować sprężone powietrze. Dotyczy to głównie dużych obiektów, w których występują rozliczenia międzydziałowe, gdzie wydział „sprężarkowni” produkuje sprężone powietrze i sprzedaje je innym wydziałom lub firmom. Na takich obiektach częstym rozwiązaniem jest podział kosztów produkcji przez liczbę odbiorców i rozliczanie ryczałtowe. W takim wypadku wydziały inwestujące w modernizację i szukające oszczędności nie mają możliwości redukcji kosztów. **To właśnie pomiar przepływu powietrza dostarcza danych niezbędnych do minimalizacji kosztów.**

Metody pomiaru

Pomiar sprężonego powietrza w warunkach przemysłowych można przeprowadzać za pomocą kilku metod. Do najpopularniejszych należą pomiary kryzowe, rurki spiętrzające, przepływomierze wirowe (w rzadkich przypadkach) oraz coraz bardziej popularne – termiczne przepływomierze masowe. Każda z tych metod ma swoje zalety i wady. Z uwagi na to, iż pomiar przepływu powietrza w warunkach przemysłowych najkorzystniej realizować za pomocą termicznych przepływomierzy masowych, na potrzeby artykułu analiza pozostałych metod wydaje się zbędna. Skupmy się zatem na najbardziej optymalnej metodzie.

Termiczne przepływomierze masowe

Tego typu urządzenia od kilku lat goszczą na naszym rynku i zyskują coraz większą popularność.

Niewątpliwą ich zaletą jest łatwość montażu. Przepływomierz jest wpuszczany

do rurociągu przez króciec z zaworem kulowym. Posiadając odpowiednie narzędzia, zabudowę przepływomierza można przeprowadzić na ruchu, bez potrzeby kłopotliwego rozprężania rurociągów. Urządzenie nadaje się zarówno do suchego jak i wilgotnego powietrza (dla wilgotnego powietrza stosujemy inną zabudowę) oraz do powietrza o wysokim zapyleniu. Bardzo istotna jest także zakresowości, która wynosi aż 100:1. W zależności od warunków aplikacji dokładność przepływomierzy termicznych wynosi nawet $\pm 1\%$ przepływu chwilowego lub $\pm 0,5\%$ zakresu. Jedyną istotną wadą przepływomierzy termicznych – w porównaniu do poprzednich metod – jest ich ograniczenie temperaturowe. Urządzeń tych nie można stosować do mediów o temperaturze wyższej niż 177°C (choć niedawno powstała wersja, która sprawdza się w aplikacjach z mediami o temperaturze do 454°C)

Jako działają termiczne przepływomierze masowe

Termiczny czujnik przepływu działa na zasadzie pomiaru zmian rezystancji elementu schładzanego przez przepływające medium z wartością rezystancji czujnika podgrzewanego RTD. Pomiar przepływu określa się jako funkcję różnicy temperatur pomiędzy nagrzewanymi czujnikami RTD a schładzanymi czujnikami RTD. Układ elektroniczny wykonuje jednocześnie linearyzację sygnału wyjściowego. Kalibrowanie przepływomierzy odbywa się na stanowiskach producenta.



Ciekawe aplikacje, czyli termiczne przepływomierze masowe w akcji

Powietrze w cementowniach

Jedna z cementowni poprosiła nas o wykonanie układu pomiaru sprężonego powietrza. Klient wyznaczył jedenaście istotnych dla procesu punktów pomiarowych. Celem realizacji pomiaru było określenie wielkości przepływu oraz optymalizacja zużycia sprężonego powietrza. Nasze zadanie polegało na doborze urządzeń, wykonaniu projektu rejestracji z wizualizacją oraz wykonaniu prac me-



chanicznych czyli zabudowa i uruchomienie urządzeń.

Do wykonania pomiaru użyto termicznych przepływomierzy masowych firmy FCI. Ze względu na to, iż Klient nie miał informacji odnośnie wielkości przepływu, zaproponowaliśmy wykonanie pomiarów kontrolnych. Każdy z punktów pomiarowych był monitorowany przez ok. 24 godzin. Na podstawie tych pomiarów wykonano charakterystyki $Q = f(t)$. Po analizie charakterystyk określono maksymalne, rzeczywiste wielkości przepływu sprężonego powietrza. Następnie przyjęto, iż maksymalna wykryta wartość przepływu zostanie zwiększona dwukrotnie aby podczas zwiększonego (nie powstałego w czasie pomiarów kontrolnych) poboru zużycia powietrza, przepływ nie przekroczył zakresu urządzenia. Dzięki uruchomionym układom pomiarowym, Klient mógł znacznie racjonalniej rozdysonować określoną ilość produkowanego powietrza i przystąpić do modernizacji urządzeń.

W innej cementowni powietrze jest stosowane do doprowadzenia pyłu z filtrów na młynie cementu.

Firma zajmująca się konserwacją i modernizacją urządzeń na terenie cementowni zwróciła się do nas z prośbą o wykonanie układu pomiarowego. Celem pomiaru było zautomatyzowanie procesu regulacji wielkości przepływu powietrza doprowadzonego do filtrów. Problem z pomiarem polegał na tym, że przepływomierz został zabudowany na mieszance powietrza z cementem o temperaturze ok 70°C, w kanale prostokątnym o wymiarach 1200 mm x 980 mm. Dla takiej aplikacji idealnym rozwiązaniem był termiczny przepływomierz masowy z sondą w specjalnym wykonaniu (z węgla chromu). Próba zabudowy jakiegokolwiek innego układu pomiarowego kończyła się mechanicznym uszkodzeniem czujnika.

Zabudowany przepływomierz termiczny pracuje już kilka lat, podczas prac konserwacyjnych wykonano oględziny czujnika i nie stwierdzono widocznego zużycia. Ze względu na bezawaryjność, Klient zdecydo-

wał się na montaż układu pomiarowego dla pozostałych trzech identycznych filtrów.

Transport tytoniu

Sprężone powietrze jest używane nie tylko do zasilania urządzeń pneumatycznych ale również jako medium transportowe. W pewnym zakładzie tytoniowym, za pomocą powietrza transportowana jest krajanka tytoniowa do maszyn wytwarzających papierosy. Na terenie obiektu znajdują się 33 takie maszyny. Problem z transportem krajanki polega na tym, że tytoń przy pewnej prędkości zaczyna się rozpadać i traci na jakości. Naszym zadaniem było zaprojektowanie oraz wykonanie układu zapobiegającego temu zjawisku. Aby można było nadzorować ten proces, należało monitorować ciśnienie (w tym przypadku podciśnienie) i prędkość krajanki. Problem z pomiarem prędkości wynikał z tego, że powietrze było zapyłone pyłem tytoniowym i z uwagi na to jedynym rozwiązaniem było zastosowanie termicznych przepływomierzy masowych. Aby mieć pewność co do zaproponowanego rozwiązania, udostępniliśmy Klientowi jedno z naszych urządzeń do wykonania testów. Pomiary testowe trwały około 2 miesięcy i po tym okresie Klient zdecydował się na montaż układów pomiarowych we wszystkich 33 maszynach.



Na każdej z maszyn zabudowano szafkę ze wskaźnikami podciśnienia i prędkości przepływu z dodatkową kolumną świetlną służącą do sygnalizacji gotowości urządzenia do pracy, nieszczelności klapy oraz przekroczenia zadanej wartości przepływu.

Układy zostały wpięte w sieć aby osoby nadzorujące produkcję mogły monitorować pracę. W jednym z pomieszczeń został umieszczony komputer z oprogramowaniem, które pozwala na podgląd aktualnych wielkości przepływu, archiwizację oraz dozwolną modyfikację poziomów alarmu. Efektem montażu układów pomiarowych jest zwiększona wydajność pracy przy zachowaniu niezmiennie wysokiej jakości tytoniu.

Pomiary kontrolne

Na zlecenie jednej z firm zajmującej się zabudową i konserwacją sprężarek,

nasza firma wykonała pomiary kontrolne, będące częścią większego audytu. Miało to na celu uzyskanie informacji dotyczących rzeczywistych rozpyłów powietrza na obiekcie. Klient chciał zmodernizować cały układ oraz przebudować sprężarkę.

Określonych zostało pięć punktów pomiarowych o przypuszczalnie największych przepływach. Pomiary trwały siedem dni a ich wyniki dostarczyły zaskakujących informacji o wielkości poborów oraz ich niestabilnym odbiorze. Po kilku analizach i z uwagi na brak racjonalnego wyjaśnienia ich wyników, wykonano przegląd układu. Firma modernizująca sprawdziła połączenia rurociągów szukając ewentualnych wycieków. Co ciekawe, okazało się, iż do rurociągów były podpięte obce firmy mające siedzibę na terenie zakładu. W efekcie przeprowadzenia pomiarów powstał projekt przebudowy układu, w którym zmieniono miejsce zabudowy sprężarek oraz ograniczono instalację rurociągów do niezbędnego minimum.

Podsumowując

Jak pokazują przytoczone przykłady, pomiar przepływu powietrza ma niebagatelne znaczenie dla kosztów produkcji i wykorzystywania sprężonego powietrza. Jak się bowiem nierzadko okazuje, koszt poniesiony przy zakupie sprężarki jest jedynie procentem kosztów związanych z jej eksploatacją (koszty energii). Przy systematycznie rosnących cenach energii elektrycznej, monitoring wielkości przepływu powietrza, dający możliwość racjonalnego jego rozdysponowania, staje się znaczącym czynnikiem kontroli i minimalizacji kosztów wielu przedsiębiorstw. Odnosząc się do zadanego na wstępie pytania należy zaznaczyć, iż koszt produkcji sprężonego powietrza jest znaczny i będzie coraz wyższy. Dlatego też tak ważnym jest pomiar i kontrola przepływu.



Autor artykułu:
Krzysztof
Abrahamczyk

Ukończył Wydział Elektrotechniki i Automatyki na Politechnice Opolskiej. W Introlu pracuje od 2005 roku, w dziale pomiaru przepływu, na stanowisku specjalisty ds. AKPiA. Do jego głównych zadań należą montaż, uruchomienie i konfiguracja układów pomiarowych na obiektach przemysłowych.

tel. 032/7890090
e-mail: przeplywy@introl.pl