



Niekontrolowane powietrze kosztuje krocie

Jak nie tracić na sprężonym powietrzu?

Sprężone powietrze występuje obecnie wszędzie, zarówno w przemyśle ciężkim, takim jak huty czy elektrownie, jak również w przemyśle lekkim, spożywczym czy farmaceutycznym. Sprężone powietrze wykorzystywane jest między innymi do pneumatyki siłowej, osuszania i transportowania materiałów sypkich, napowietrzania różnych mediów oraz w procesach pakowania. Wszędzie tam produkowane jest w znacznych ilościach, co przy rosnących cenach energii elektrycznej nabiera istotnego znaczenia dla optymalizacji kosztów.

ILE REALNIE KOSZTUJE SPRĘŻONE POWIETRZE?

Sprężone powietrze traktowano do niedawna jako coś co jest i nikt nie zastanawiał się nad jego kosztami wytworzenia. W jednej z firm na zadane przeze mnie pytania: „Czy Państwo kontrolujecie pracę sprężarek i produkcję sprężonego powietrza?” oraz „Jak radzą sobie Państwo z brakami sprężonego powietrza?”, otrzymałem odpowiedź mówiącą o tym, że sprężone powietrze jest niezbędne i jak go brakuje to wstawia się nową sprężarkę. Taka odpowiedź wzbudziła szereg moich wątpliwości:

- jak wiele takich sprężarek należy zakupić i czy zwiększenie parku sprężarek na pewno rozwiąże problemy zakładu?
- czy nie warto zastanowić się nad tym, jaki sprzęt posiada już firma i jak go wykorzystuje?
- czy nie wystarczy uszczelnić układ redukując straty podczas przesyłu?

Wszystkie wątpliwości sprowadzały się de facto do kwestii opłacalności zakupu nowej sprężarki (nowych sprężarek) bez wcześniejszej refleksji nad innym rozwiązaniem, które może być znacznie tańsze, a jednocześnie pozwoli na poprawną pracę układu ze sprężonym powietrzem. Rozwiązaniem, które mam na myśli jest **profesjonalny monitoring przepływu sprężonego powietrza**.

Większość kompresorów w zakładach pracy wytwarza powietrze sprężone do nadciśnienia od 5 do 10 barów, tak aby zapewnić ciśnienie robocze na urządzeniach rzędu 6 barów. Produkcja 1 m³ powietrza normalnego, czyli uwzględniającego ciśnienie atmosferyczne 1013hPa i temperaturę 0°C, wymaga zużycia energii elektrycznej ok. 0,5 do 0,7 kWh. Przy cenie energii elektrycznej od 0,35 zł do nawet 0,55 zł za 1 kWh. Wynika z tego, że 1 Nm³ (normalny m³) powietrza to koszt minimum 0,20 zł. Do wszelkich wyliczeń zawartych w artykule przyjąłem jednak kwotę 0,10 zł za 1 Nm³, po pierwsze ze względu na przejrzystość obliczeń, po drugie dlatego aby wykazać, że nawet przy tak zaniżonych cenach, straty związane z nieszczelnościami w układach sprężonego powietrza mogą być bardzo kosztowne. Należy dodatkowo zwrócić uwagę, że pomimo tego, iż energia elektryczna stanowi największy składnik kosztów wytworzenia sprężonego powietrza (około 70%), pozostają jeszcze koszty inwestycyjne w sieć sprężonego powietrza oraz koszty eksploatacyjne. Wynika z tego, że koszt wytworzenia 1 m³ powietrza często jest dużo większy od podanych wyliczeń, a cena jest mocno powiązana z ciśnieniem do jakiego sprężamy powietrze. Szacunkowo można przyjąć, że wzrost ciśnienia roboczego na sprężarkach o 1 bar powoduje całkowity wzrost kosztów wytworzenia 1 m³ powietrza o około 10% dotychczasowych kosztów.

JAKIE SĄ NAJCZĘSTSZE PRZYCZYNY STRAT?

Przyczyn strat sprężonego powietrza jest kilka. Do najczęściej spotykanych należy to, iż większość instalacji pracuje w zakładach od co najmniej 7 lat, co powoduje, że w układach tych pojawiają się pierwsze mechaniczne uszkodzenia oraz dodatkowe uszkodzenia na skutek korozji.



Ciągłość pracy w zakładach produkcyjnych powoduje brak czasu na zatrzymanie i ścisłą kontrolę rurociągów, co jest kolejną przyczyną powiększania się uszkodzeń przez penetrację powietrza.

Dodatkowo, kontrola nad mediami ogranicza się do sytuacji, w których pojawia się już duży problem grozący zatrzymaniem produkcji i trzeba natychmiast zareagować. Najczęściej nie zwraca się uwagi na niewielkie wycieki, traktując je jako naturalne. Takich sytuacji najczęściej nie zgłasza się do osób odpowiedzialnych za utrzymanie ruchu. W związku z tym, iż maszyna działa, a wyciek nie powoduje jej zatrzymania, traktuje się to jako nieszkodliwą usterkę. Wyciek ten jednak, jeżeli nie zostanie usunięty, powiększa się generując dodatkowe straty i może być przyczyną dalszych uszkodzeń.

Często można spotkać także inną sytuację, w której część zaworów na zakładzie jest niepotrzebnie otwartych lub niedomkniętych, także podczas postojów. Straty takich układów są znaczące, a zdarzają się także przypadki ekstremalne, w których podczas kilkutygodniowych postojów, stale, niepotrzebnie działają np. kurtyny powietrzne. W takim przypadku, którego świadkami byliśmy osobiście, straty na sprężonym powietrzu i energii elektrycznej sięgają **wielu tysięcy złotych na dobę**.

Doświadczenie z wizyt na różnych obiektach pozwala mi twierdzić, iż opisane sytuacje wcale nie należą do rzadkości. W związku z tym w wielu firmach coraz częściej pojawia się pytanie o zasadność i opłacalność monitoringu/kontroli produkowanego i wykorzystywanego sprężonego powietrza. Odpowiedź na pytanie zależy od stosunku kosztów inwestycji

Pomiar przepływu sprężonego powietrza

do oszczędności jakie ona przyniesie, bo przecież zwrot z inwestycji jest istotnym czynnikiem każdego projektu. Zanim przejdziemy do realnych wyliczeń, warto przytoczyć przykłady mówiące o tym, gdzie należy szukać oszczędności poprzez monitoring sprężonego powietrza.

Każda sprężarka ma określony czas pracy w godzinach i po tym okresie musi zostać przeprowadzony przegląd. Jeżeli sprężarka pracuje dłużej, przeglądy muszą być częściej wykonywane, co podnosi koszt eksploatacji. Wraz ze wzrostem zużycia sprężonego powietrza pojawia się konieczność uzupełnienia braków i konieczność zakupu nowej sprężarki. Koszt zakupu sprężarki jest znacząco wyższy niż monitoring i sprawdzanie co się dzieje na obiekcie z ubytkami. Wykrycie miejsc ubytków pozwala zaoszczędzić wydatki związane z zakupem nowej sprężarki, gdyż faktyczna moc obecnie działających nie jest w pełni wykorzystana i w zasadzie pracuje na nieszczelności.

Jeżeli powietrze jest używane w procesie technologicznym, złe gospodarowanie powoduje uszkodze-



nie produktu, brak powtarzalności i niejednokrotnie straty przez zniszczenie produktu końcowego. Potrzeba zachowania ciągłości procesu powoduje, że ubytki sprężonego powietrza są na bieżąco uzupełniane przez sprężarki. Nikt nie zwraca uwagi, że produkcja powietrza zwiększa się bez uzasadnienia. Przy zastosowaniu monitoringu, można określić, na której nitce pojawia się większe zużycie, co pozwala znaleźć wyciek w możliwie krótkim czasie.

Bardziej dobitnym przykładem jest fakt, iż w niektórych firmach produkujących sprężone powietrze w celu odsprzedaży innym odbiorcom, można spotkać sytuację nielegalnych podłączeń innych nieuprawnionych podmiotów. W tym przypadku straty są już oczywiste.

Każda z opisanych wyżej sytuacji jaka może występować przy sprężonym powietrzu, pokazuje straty oraz obszary gdzie należy szukać oszczędności. Należy przy tym zaznaczyć, że każde działanie urządzeń bez jednoczesnego pomiaru przepływu sprężonego powietrza prędzej czy później powoduje **straty, których nikt nie kontroluje**, a przez to wzrost kosztów utrzymania sprężarek drastycznie rośnie. Tyle w teorii, zobaczymy teraz o jakich konkretnych kosztach mówimy.

ENERGIA + POWIETRZE = KOSZTY

W ciągu ostatnich kilku lat wszystkie firmy w Polsce zanotowały zdecydowany wzrost kosztów za energię elektryczną. Co ważniejsze jednak, europejskie normy emisji spalin oraz ogromne potrzeby inwestycji w polską energetykę wskazują na długoterminową tendencję do wzrostów cen energii elektrycznej. Z uwagi na fakt, że produkcja sprężonego

powietrza wymaga znacznych zasobów energii, wiele zakładów zdecydowało się na szukanie oszczędności na tym coraz to droższym medium.

Szukając strat w sprężonym powietrzu, w pierwszej kolejności należy sprawdzić stan szczelności posiadanych układów. Poniżej znajduje się kilka przykładowych podliczeń ubytków sprężonego powietrza na rurociągach, przy pojawieniu się na nich uszkodzeń.

	Ciśnienie w [bar]						
	2	3	4	5	7	10	12
średnica otworu w [mm]	Strata – przepływ powietrza [Nm³/min]						
1,5	0,063	0,084	0,104	0,125	0,167	0,23	0,272
2	0,111	0,148	0,185	0,222	0,296	0,408	0,482
3	0,251	0,334	0,418	0,501	0,668	0,919	1,09
4	0,447	0,595	0,745	0,894	1,19	1,64	1,94
5	0,695	0,927	1,16	1,39	1,86	2,55	3,01
6	1	1,34	1,67	2,01	2,68	3,68	4,35
8	1,78	2,38	2,97	3,57	4,76	6,54	7,73
10	2,78	3,71	4,64	5,57	7,42	10,21	12,1

Przyjmując, że przy ciśnieniu 4bar i uszkodzeniu na rurociągu 4 mm mamy stratę 0,745 Nm³/min – na dobę jest to strata 1072,8 Nm³. Uwzględniając przyjętą cenę 0,10 zł/ 1 Nm³, otrzymujemy kwotę 107,28 zł netto na dobę. Przypominam, że założyłem 0,20 zł za 1 kWh (0,10 zł za 1 Nm³) dla ułatwienia podliczeń – **obecnie jest to 0,55 zł za 1kWh**.

Warto zastanowić się ile takich rozszczelnień może być w całym zakładzie. A co z tym związane – **czy zakład stać na taką stratę**.

WYLICZ STRATY TWOJEGO ZAKŁADU

Dokładne wyliczenie strat powietrza możliwe jest po wykonaniu indywidualnych analiz na konkretnych rurociągach w zakładzie. Można to zrobić samemu stosując następujący wzór:

$$Q_{sm} = [V_z * (p_1 - p_2)]$$

Wynik pokaże w jakim czasie następuje uzupełnienie zbiorników buforowych. Występują też układy nie wykorzystujące zbiorników buforowych, tylko utrzymujące stałe ciśnienie w układzie ze sprężonym powietrzem, uzupełniając ilość powietrza w momencie spadku ciśnienia. W takich układach kontrola przepływu jest najbardziej konieczna.

Zakładając, że zakład posiada dwie sprężarki o wydajności każda 5 m³/min, całkowita wydajność układu to 10 m³/min. Główne rurociągi w większości mają rozmiar od DN50 do DN100. W tym przypadku przyjmujemy, że w zakładzie jest zbiornik buforowy, w którym ciśnienie jest utrzymywane na poziomie nominalnym 5 bar – 6 bar i w przypadku spadku ciśnienia następuje uzupełnienie zbiornika.

$$Q_{sm} = [V_z * (p_1 - p_2)]$$

Obliczenie:

$$Q_{sm} = [V_z * (p_1 - p_2)]$$

$$Q_{sm} = [8 \text{ Nm}^3 * (6 \text{ bar} - 4 \text{ bar})]$$

$$Q_{sm} = 16 \text{ Nm}^3$$

Jeżeli wykonamy kontrolę ubytku powietrza przez określony czas pracy układu np. 2 minut, okaże się, że ubytek jaki możemy zaobserwować to 16 Nm³. Po upływie 2 minut w zbiorniku ciśnienie spadnie do wartości 4 bary. W takiej sytuacji zaobserwować

Przykład
wyliczenia strat
na rozszczelnieniach

Czujnik przepływomierza
FCI serii ST50

gdzie:
Q_{sm} – ubytek sprężonego powietrza w Nm³/min.
V_z – pojemność zbiornika w m³
p₁ – ciśnienie początkowe w zbiorniku, w barach
p₂ – ciśnienie końcowe w zbiorniku, w barach

Dane:
Q_{sm} – ubytek sprężonego powietrza
V_z – 8 m³
p₁ – 6 bar
p₂ – 4 bar



można, że aby układ mógł pracować dobrze, zbiornik musi być uzupełniany cały czas. Wynika to z faktu, że nieszczelność jest na tyle duża, iż zakłóca działanie układu i wymusza w tym przypadku ciągłą pracę sprężarki. **Okazuje się, że na minutę tracimy 8 Nm³.**

Przyjmujemy, że temperatura na zewnątrz i wewnątrz jest taka sama, uwzględniając także ciśnienie atmosferyczne na poziomie 1013 hPa. Zakładamy, że przy ciągłej pracy, bez wykrycia takiej nieszczelności, pracują 3 zmiany, czyli zakład pracuje 24 godziny na dobę, 20 dni miesięcznie. Przy tych założeniach uzyskujemy wyliczenie:

$$Q_s = 8 \text{ Nm}^3/\text{min} * 60 \text{ min} * 24 \text{ h} * 20 \text{ dni} = 230\,400 \text{ Nm}^3/\text{miesiąc}$$

230 400 Nm³/miesiąc! Nie licząc strat jakie powstają w czasie przestoju, kiedy nie ma nikogo w zakładzie, a sprężarka cały czas uzupełnia straty w zbiorniku, aby utrzymać stałe ciśnienie. Można oczywiście wyłączyć układ, jednak po przestoju, musimy cały układ uzupełnić od początku, ponieważ okazuje się, że po 2 dniach cały układ jest pusty. Konieczność uzupełniania generuje kolejny nieplanowany przestój, a operatorzy maszyn muszą czekać, tak długo aż układ będzie gotowy do pracy.

Przy założeniu, że koszt wytworzenia przez sprężarkę 1 m³ to 0,10 zł, miesięczna kwota strat to:

$$230\,400 \text{ Nm}^3/\text{miesiąc} * 0,10 \text{ gr} = 23\,040,00 \text{ pln netto}$$

Każdy Czytelnik może zastosować podane wzory dla swoich zakładów. Pozwoli to oszacować straty i zadać sobie pytanie: **Czy stać Państwa zakład na takie wydatki?**



►
Układ monitoringu
sprężonego powietrza
FCI

SPRAWDZONE W MONITORINGU SZCZELNOŚCI

Opłacalność kontroli przepływu sprężonego powietrza jest sensowna w sytuacji, jeżeli można wykryć, a przez to ograniczyć straty na rurociągach. Straty jakie mogą powstać uzależnione są w znacznej mierze od wielkości nieszczelności jakie występują na rurociągach i innych urządzeniach wykorzystujących sprężone powietrze. **Stosując przepływomierze możemy te straty eliminować.** Dzięki kontroli przepływu i informacjom o maksymalnych poborach, możemy szybko zauważyć nagłe wzrosty wynikające z powstałego uszkodzenia lub niewłaściwego wykorzystania sprężonego powietrza w danej części fabryki.

Sprawdzonym od wielu lat rozwiązaniem problemu strat sprężonego powietrza są układy pomiarowe oparte o termiczne przepływomierze amerykańskiego producenta, firmy **Fluid Components International LLC (FCI)**. Urządzenia FCI pozwalają na skuteczny pomiar przepływu powietrza w rurociągach, czyli

de facto na wykrywanie ubytków (nieszczelności). O efektywności tych układów świadczą nasze doświadczenia w wielu polskich zakładach. Po analizach przeprowadzonych w firmach realizujących pomiary za pomocą przepływomierza termicznego FCI zauważyliśmy, że możliwe jest całkowite wyeliminowanie straty wraz z dokładną analizą tego, gdzie wysyłany jest każdy m³ powietrza. Pozwala to na racjonalizację zarządzaniem sprężonym powietrzem, przynosząc naszym Klientom realne korzyści finansowe.

Konkretnym przykładem jest zakład jednego z naszych Klientów, w którym działały dwie sprężarki – jedna o mocy 1750kW, a druga o mocy 330kW. Dzięki zastosowaniu układów opartych o przepływomierze FCI udało się wyeliminować straty w wysokości ok. 60 tysięcy złotych w skali miesięcznej. Układ ten został zabudowany 3 lata temu (wyliczenie wykonane przy takiej stawce za kWh, jaką zakład miał ustaloną z dostawcą energii elektrycznej).

Wracając do kwestii opłacalności i zwrotu inwestycji należy wspomnieć, że przy dobieraniu rozwiązania zawsze staramy się zweryfikować i przeprowadzić przegląd układów pracujących u Klienta. Nasz serwis wyjazdowy może dobrać odpowiednie urządzenia pomiarowe poprzez wykonanie prób na rurociągach. Próby takie polegają na wykonaniu pomiarów kontrolnych i przygotowaniu raportu, dzięki czemu można wnioskować co do zasadności wykonania układu pomiarowego na stałe. Po analizie Klient sam może zdecydować, czy stać go na takie straty i czy po wyliczeniu kosztów, czas zwrotu inwestycji jest korzystny. Co więcej, dzięki analizie Klient może rozważyć czy ewentualny zakup kolejnej sprężarki rozwiąże na pewno wciąż rosnące zapotrzebowanie na sprężone powietrze.

FCI A SPRĘŻONE POWIETRZE W SKRÓCIE

Szereg naszych doświadczeń w wielu polskich zakładach pozwala nam z czystym sumieniem rekomendować rozwiązanie oparte o przepływomierze termiczne FCI. Stosowanie ich daje bowiem naszym Klientom szereg wymiernych korzyści, z których najważniejsze to:

- wczesne wykrywanie nieszczelności;
- oszczędność energii elektrycznej;
- wydłużenie żywotności sprężarek – dłuższy czas pracy, rzadsze przeglądy;
- dokładne rozliczenie sprężonego powietrza w całym zakładzie;
- brak spadków ciśnienia, w przeciwieństwie do układów opartych na kryzach pomiarowych;
- weryfikacja sprawności maszyn (czy mimo szczelnych rurociągów nie występuje wyciek na uszczelnieniach maszyn).



Sylwester Król

Ukończył Informatykę Stosowaną. W Introlu pracuje od roku 2003, obecnie na stanowisku specjalisty ds. automatyki pomiarowej w Biurze Terenowym Handlowym Góra Kalwaria. Do jego podstawowych zadań należą doradztwo techniczne oraz uruchomienie układów pomiarowych.

tel. 601 589 936