

PodKontrolą

automatyka i pomiary

wydawca:
Introl Sp. z o.o.

02/2025 (66)



w numerze:

temat
wydania



dobra
praktyka



akademia
automatyki







Wszystko co musisz wiedzieć o doborze odwadniaczy

Jak dane zmieniają zarządzanie biogazem?
Czyli efektywne strategie kontroli H₂S

Programowa zmiana przepływu do korekty
wpływu wysokości podnoszenia dla pompy

spis treści

 nowości		4
 temat wydania	Wszystko, co musisz wiedzieć o doborze odwadniaczy	5
 dobra praktyka	Jak dane zmieniają zarządzanie biogazem? Czyli efektywne strategie kontroli H₂S	9
 akademia automatyki	Programowa zmiana przepływu do korekty wpływu wysokości podnoszenia dla pompy	13

wydawca

introl
kontrola procesu

Introl Sp. z o.o.
ul. Kościuszki 112, 40-519 Katowice
www.introl.pl

redakcja

Paweł Głuszek
Bogusław Trybus
Magdalena Pajor
Rafał Skrzypiciel
Adam Reimann

dotatkowe informacje i subskrypcja

www.podkontrola.pl

Drodzy Czytelnicy!

Zapraszamy do lektury drugiego w 2025 roku numeru naszego magazynu. Tym razem nasi autorzy przygotowali między innymi artykuły będące kontynuacją i rozwinięciem problematyk poruszanych już na łamach „Pod Kontrolą”. Mam nadzieję, że nowe spojrzenie na wybrane kwestie będą dla Państwa interesujące.

Instalacje pary i kondensatu to temat często poruszany przez naszych autorów. Wynika to z istotności problemu i wciąż wielu zaniedbań, jakie widzimy w polskich zakładach oraz licznych pytań naszych klientów. Wychodząc naprzeciw wszystkim, którzy mają do czynienia z instalacjami parowymi, **„Temat Wydania”** przedstawia swoistą checklistę prawidłowego doboru odwadniaczy do instalacji. Mamy nadzieję, że ta „ściągą” pozwoli Państwu dobrać odwadniacze idealnie dopasowane do konkretnych warunków procesowych i wymagań danego zakładu.

Tak jak obiecywaliśmy w „Pod Kontrolą” 1/2025, kontynuujemy omówienie zagadnienia siarkowodoru w biogazie. Podczas gdy poprzednio autor skupiał się na ogólnym opisie tematyki H₂S i zagrożeń jakie za sobą niesie dla działania biogazowni, tym razem koncentruje się na omówieniu założeń strategicznego podejścia do problemu. **„Dobra praktyka”** przedstawia przy tym praktyczne wdrożenia strategii radzenia sobie z siarkowodorem i korzyści, jakie przyniosło ich wykorzystanie w dwóch zakładach.

„Akademia automatyki” to artykuł naszych zaprzyjaźnionych pracowników Politechniki Śląskiej. Panowie przedstawiają w swoim artykule badanie-eksperyment, który ma na celu przetestowanie możliwości i wariantów programowej zmiany przepływu do korekty wpływu wysokości podnoszenia dla pompy wolumetrycznej.

Zapraszam do lektury
Wojciech Mutwicki
prezes zarządu





Nowe wyświetlacze INOR

INOR, znany szwedzki producent między innymi przetworników temperatury, wprowadził do swojej oferty nowoczesne wyświetlacze, które współpracują z przetwornikami temperatury, ciśnienia, poziomu, przepływu, wilgotności itp. Jedną z kluczowych cech nowych LCD H210 oraz LCD H300 jest ich doskonała jakość obrazu. Dzięki zastosowanej technologii wyświetlania, obraz jest wyraźny, kontrastowy i nasycony kolorami. Producent zadbał także o to, aby wyświetlacze LCD-H210 i H300 sprawdzały się nawet w najbardziej wymagających aplikacjach. Wysoka odporność na uszkodzenia mechaniczne oraz zmienne warunki atmosferyczne (IP 65/68) sprawiają, że nowe wyświetlacze to świetna propozycja



dla lokalizacji, w których urządzenia muszą działać niezawodnie mimo trudnych warunków zewnętrznych.

Nowe propozycje oferują intuicyjny interfejs użytkownika dostępny poprzez aplikację INOR Connect, która łączy się z wyświetlaczem poprzez komunikację NFC. Szybkie i proste programowanie możliwe jest za pomocą smartfona lub przycisków na wyświetlaczu. LCD H20 oraz LCD H300 działają w pętli prądowej 4 ... 20 mA i świetnie sprawdzają się jako wyświetlacze lokalne, bez konieczności stosowania dodatkowych obwodów.

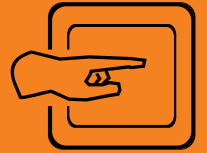
Sygnalizatory poziomu Emerson Rosemount

Nasza współpraca z firmą Emerson w zakresie pomiarów poziomu daje nam możliwość dobrania najlepszego rozwiązania pomiarowego do każdej aplikacji. Szeroki wybór urządzeń tego amerykańskiego producenta to nie tylko sondy do pomiarów ciągłych, ale także sygnalizatory poziomu materiałów sypkich i cieczy. Urządzenia te służą jako alarm wysokiego poziomu (przepełnienie) i niskiego poziomu (brak materiału) w zbiornikach, silosach, bunkrach.

Szeroki wybór dopuszczeń, od ATEXu, przez SIL2/SIL3, po atesty higieniczne, pozwala na zastosowanie sygnalizatorów w większości aplikacji. W rodzinie sygnalizatorów do cieczy wyróżnia się model 2140, gdyż jest to jedyny na świecie wibracyjny sygnalizator poziomu z komunikacją HART. Z kolei wśród sygnalizatorów poziomu materiałów sypkich warto wspomnieć o modelu 2521, którego czułość to zaledwie 5 g/l, co pozwala na zastosowanie go w pomiarze bardzo lekkich materiałów.

Sygnalizatory Emerson Rosemount to sprawdzone i niezawodne urządzenia wykorzystywane praktycznie w każdej branży od spożywczej, maszynowej, chemicznej do najbardziej wymagających użytkowników z branży paliwowej i energetycznej (często w systemach zabezpieczeń).





Wszystko, co musisz wiedzieć o doborze odwadniaczy

Czy wiesz, że odwadniacze, czyli zwykle niewinnie wyglądające urządzenia w systemie pary i kondensatu, odgrywają niezwykle istotną rolę? Ich prawidłowy dobór jest bardzo ważny, gdyż konsekwencje błędów popełnionych przy ich doborze mogą spowodować olbrzymie problemy w przesyle pary wodnej, czy w procesach technologicznych wytwarzania różnorodnych dóbr. W niniejszym artykule na warsztat weźmiemy wszystkie parametry, które należy rozważyć przy prawidłowym doborze odwadniaczy tak, aby wycisnąć z tych urządzeń wszystko co najlepsze.



PARA I JEJ ZASTOSOWANIE

Zacznijmy jednak od początku, czyli od procesów wytwarzania pary wodnej. Jak powszechnie wiadomo, para wodna to niewidzialny gaz wytwarzany w kotle lub wytwornicy pary powstały w wyniku dodania energii cieplnej do wody. Innymi słowy, aby ją wytworzyć, należy dostarczyć wystarczającą ilość energii zewnętrznej, by podnieść temperaturę wody do punktu wrzenia. Para jest bardzo wydajnym i łatwym do kontrolowania czynnikiem przenoszącym ciepło. Najczęściej używana jest do transportu energii z kotła do dowolnej liczby miejsc w zakładzie, gdzie używana jest do ogrzewania powietrza, wody lub do zastosowań procesowych. Dostarczona energia w procesie wytwarzania pary nie znika. Jest ona przechowywana w parze i gotowa do uwolnienia w celu ugotowania produktów spożywczych, podgrzania powietrza, wysuszenia papieru, proszkowania mleka, pasteryzacji, uwędzenia produktów mięsnych, czy ryb itd. Energia, czyli ciepło wymagane do zmiany wrzącej wody w parę, nazywa się ciepłem parowania lub ciepłem utajonym. Ilość ta jest inna dla każdej kombinacji ciśnienia/temperatury i możemy ją w każdym momencie odczytać z tablic parowych.

Gdy wyższe ciśnienie w kotle wypycha parę w podróż do swojego miejsca przeznaczenia, przemieszcza się ona z prędkością 25-30 m/s rurociągami przesyłowymi. Mimo dużych prędkości przemieszczania, następują procesy wymiany ciepła ze ściankami rur, czego efektem jest skraplanie części pary i powstawanie wody. Oczywiście jest to efekt niepożądany, dlatego stosuje się różne formy izolowania rur i armatury, aby zminimalizować marnotrawienie energii. Gdy para finalnie dociera do urządzeń wymiany ciepła, historia jest zgoła inna. Na tym etapie, przenoszenie ciepła z pary jest pożądane i nic nie powinno zakłócać tego procesu. Oczywiście, w wyniku oddania energii, para przemienia się w wodę zwaną kondensatem, którą koniecznie musimy odprowadzać. Tu dochodzimy do meritum.



KONIECZNOŚĆ ODPROWADZANIA KONDENSATU Z RUROCIĄGÓW PRZESYŁOWYCH

Jak już wspomnieliśmy, kondensat jest produktem ubocznym przenoszenia ciepła w systemie parowym. Powstaje w systemie dystrybucji z powodu nieuniknionego promieniowania, czyli wymiany ciepła, jak również w wyniku pożądanego przenoszenia ciepła z pary do ogrzewanego czynnika w urządzeniach grzewczych i procesowych. Gdy para się skropli i odda swoje cenne ciepło utajone, gorący kondensat **musi zostać natychmiast usunięty**. Chociaż dostępne ciepło w kilogramie kondensatu jest znikome w porównaniu z kilogramem pary, kondensat jest nadal cenną gorącą wodą i powinien zostać zawrócony do zbiornika kondensatu i ponownie wykorzystany przy produkcji pary.

Kondensat zalegający na dnie rurociągów przesyłowych może być przyczyną powstawania **uderzeń wodnych**, gdyż para poruszająca się z dużą prędkością stworzy tam piętrzenia cieczy. Jeśli powstanie większa ilość kondensatu, para popchnie go tworząc niszczycielskie „fale tsunami”, na które szczególnie narażone będą złączki



PAWEŁ HOŁA

Absolwent Politechniki Śląskiej, od 2007 roku zawodowo zajmuje się armaturą przemysłową. W Introlu pracuje na stanowisku kierownika działu armatury przemysłowej.

tel. 601 55 33 61





»» *Gdy para się skropli i odda swoje cenne ciepło utajone, gorący kondensat musi zostać natychmiast usunięty.*



KONIECZNOŚĆ ODPROWADZANIA KONDENSATU Z URZĄDZEŃ WYMIANY CIEPŁA

Kiedy dostarczana para do urządzeń wymiennikowych wchodzi w bezpośredni kontakt z zalegającym schłodzonym kondensatem o temperaturze znacznie niższej niż temperatura pary wodnej, może nastąpić inny rodzaj uderzenia wodnego znanego jako **szok termiczny**. Charakterystyczne uderzenia metaliczne słyszalne w instalacji świadczą o tym, że zimny kondensat nie został odprowadzony na czas. Oczywiście, mamy w takim przypadku poważne zagrożenie uszkodzenia urządzenia wymiennikowego. Dziury w wymiennikach, czy nagrzewnicach są tego efektem. Ponadto, spada wtedy efektywność energetyczna wymiennika i wydłuża się czas grzania produktu. Szybkie usunięcie kondensatu z urządzenia sprawi, że wypełni się ono parą, która skondensuje się na skutek przekazania swojej energii do czynnika grzewczego. Niestety, w wymienniku znajdują się również niekondensujące się gazy, które już

w ciecz się nie zamieniają. Gazy gromadzą się na powierzchni wewnętrznej wymiennika ciepła wraz z kamieniem i innymi ciałami stałymi, które do niego napłynęły i są potencjalnymi barierami wymiany ciepła. To stanowi kolejne wyzwanie!



KONIECZNOŚĆ ODPROWADZANIA POWIETRZA I CO₂

Powietrze zawsze jest obecne podczas rozruchu instalacji oraz w wodzie zasilającej kocioł parowy. Mało tego, woda zasilająca może również zawierać rozpuszczone węglany, które uwalniają dwutlenek węgla. Patrząc przekrojowo, powietrze i inne gazy zajmują część objętości, która w idealnych warunkach byłaby przeznaczona dla pary. Co więcej, mieszanina pary i powietrza powoduje spadek temperatury poniżej wartości pary nasyconej i redukcję wartości energii. Pamiętajmy również, że powietrze jest doskonałym izolatorem, które w naszym przypadku powoduje zmniejszenie wymiany ciepła. Gdy nieskraplające się gazy (głównie powietrze) nie będą sukcesywnie usuwane, mogą stopniowo wypełniać powierzchnie wymiennika ciepła i zatrzymać przepływ pary tworząc korki powietrzne. Z kolei dwutlenek węgla, obok tlenu, jest główną przyczyną powstawania kamienia i korozji. Jak wspominałem, CO₂ dostaje się do systemu w postaci węglanów rozpuszczonych



Rysunek 1
Czym powinien cechować się odwadniacz?



w wodzie zasilającej i, po zmieszaniu ze schłodzonym kondensatem, tworzy kwas węglowy. **Kwas węglowy jest niezwykle żrący** i może przeżerać zarówno rury, jak i wymienniki ciepła. Tlen z kolei dostaje się do systemu pary w postaci gazu rozpuszczonego w zimnej wodzie zasilającej. Intensyfikuje on działanie kwasu węglowego, przyspieszając korozję i wżery na powierzchni żelaza i stali.



GAME CHANGER, CZYLI ODWADNIACZ W INSTALACJACH PAROWYCH

Podsumowując wszystkie omówione do tej pory aspekty można je spuentować następująco – chcąc zachować maksymalną efektywność energetyczną instalacji i uniknąć problemów związanych z uderzeniami wodnymi, czy korozją, musimy odprowadzać z systemu parowego kondensat, powietrze i nieskondensowane gazy. Do tego zadania przeznaczone są zawory, które w automatyczny sposób (bez konieczności ingerowania człowieka w ich pracę) będą odprowadzały kondensat i gazy z instalacji nie tracąc przy tym pary. Ponadto będą sprawnie radziły sobie zarówno w okresie letnim jak i zimowym. Będą odprowadzały kondensat przy zmieniających się przepływach zależnych od chwilowych poborów pary jak i różnych ciśnieniach, a w przypadku dopłynięcia elementów stałych, nie zakończą swojego żywota. **Tego typu zawory zwane są odwadniaczami** i można je licznie spotkać w zakładach przemysłowych wykorzystujących parę wodną. Zbierzmy zatem w całość to, czego powinniśmy oczekiwać po takich urządzeniach.

Żeby spełnić nasze wszystkie oczekiwania, odwadniacz powinien być prawidłowo dobrany, a wbrew pozorom nie jest to takie proste. Musimy wziąć wiele czynników pod uwagę, począwszy oczywiście od wydajności, aż do wykonania materiałowego. Jeżeli sami chcemy dobrać tego typu urządzenia, warto pamiętać o kilku zasadniczych punktach.



CHECK LIST'A DOBORU ODWADNIACZA

• Prawidłowa wydajności odwadniacza.

To bez wątpienia jeden z najważniejszych parametrów. Popelniając tutaj błąd możemy negatywnie wpłynąć na proces technologiczny wydłużając jego czas lub spowodujemy, że nie zostaną uzyskane wymagane temperatury grzania. Przy doborze wydajności należy pamiętać o współczynnikach bezpieczeństwa, by odwadniacz był odpowiednio przewymiarowany na czas rozruchu instalacji. Ponadto technologia pracy odwadniacza powinna być odpowiednia dla danego procesu. Szerzej omówiliśmy ten aspekt w poprzednich artykułach, w których pisaliśmy o prawidłowym odwadnianiu urządzeń technologicznych i doborze odpowiednich typów odwadniaczy adekwatnie do danego procesu.

• Odpowiednia klasa ciśnieniowa odwadniacza.

Oprócz wydajności, odwadniacz musi spełniać maksymalne parametry robocze, jakie mogą pojawić się w systemie parowym. W tym celu warto sprawdzić maksymalne parametry obliczeniowe podawane w karcie technicznej urządzenia. W przypadku odwodnień pary przegrzanej warto zweryfikować, czy odwadniacz spełnia jednocześnie warunki pracy dla ciśnienia i temperatury.

• Odpowiednie wykonanie materiałowe adekwatne do lokalizacji.

Jeżeli rozpatrujemy montaż odwadniaczy na zewnątrz np. na odwodnieniu rurociągów przesyłowych, pamiętajmy o odpowiednim wykonaniu materiałowym korpusu. Należy stosować odwadniacze ze stali węglowej lub nierdzewnej, gdyż w przypadku zamarzania kondensatu, wykonanie żeliwne grozi pęknięciem.






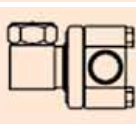









• Przestrzeń do zabudowy.

Najczęstsze błędy popełniane w montażu odwadniaczy wynikają z braku miejsca do jego zabudowy. Czasem zdarza się, że rurociąg jest blisko ściany i odwadniacz płytakowy, który z jednej strony ma występującą komorę płytaka, nie mieści się. Wówczas montażyści chcąc, mimo wszystko, zamontować odwadniacz, montują go odwrotnie. Efektem tego jest przepuszczanie pary żywej i straty energii. Pamiętajmy również o montażu odwadniacza zgodnie z kierunkiem przepływu. Na korpusie przeważnie mamy strzałkę, która jest podpowiedzią dla montażysty. Warto również montować odwadniacze jak najbliżej urządzeń, z których odprowadzamy kondensat.

• Analiza kierunku przepływu kondensatu.

Pamiętajmy, że jedynie odwadniacze termostaticzne lub termodynamiczne można montować dowolnie, tj. na rurociągu poziomym lub pionowym. W przypadku odwadniaczy dzwonowych i płytakowych jest oczywiście

„Chcąc zachować maksymalną efektywność energetyczną instalacji oraz uniknąć problemów i awarii, musimy odprowadzać z systemu parowego kondensat, powietrze i nieskondensowane gazy.

		odwadniacze płytakowe	odwadniacze montowane na konektorach montażowych (każdego rodzaju)
		odwadniacze dzwonowe poziome	 
		odwadniacze dzwonowe pionowe	 
		odwadniacze termostaticzne	
		odwadniacze termodynamiczne	

Rysunek 2

Kierunki przepływu odwadniaczy



» Dobrze dobrane i sprawnie działające odwadniacze to niższe wydatki przeznaczane na energię, sprawnie działający system paro-kondensatu, wysoka efektywność i czystsze powietrze.

taka możliwość, ale należy to określić przed zamówieniem urządzenia. Ponadto, odwadniacze płytakowe mają, w przypadku montażu pionowego, grawitacyjny kierunek przepływu kondensatu (z góry na dół), a dzwonowe odwrotnie – z dołu do góry (z racji umiejscowienia otworu zaworowego na górze odwadniacza). Alternatywą jest stosowanie konektorów montażowych, do których możemy zamontować dowolny rodzaj odwadniacza. Rysunek nr 2 przedstawia kierunki przepływu dla danego typu odwadniaczy.

• **Wybór odpowiedniego rodzaju i wielkości przyłączy montażowych.**

Często wielkość przyłączy odwadniaczy mylona jest z jego maksymalną wydajnością. Z reguły, odwadniacz danego modelu ma taką samą wydajność dla średnicy DN15/DN20/DN25. Wybierając rodzaj przyłączy kierujemy się bardziej aspektami serwisowymi niezbędnymi do przeprowadzania w przyszłości. Ponadto, weźmy pod uwagę ciśnienie robocze i maksymalną temperaturę, bo te parametry związane są z odpowiednim uszczelnieniem połączeń. Warto również rozważyć opcje spawaną w przypadku pary wysokoparametrowej, szczególnie przegrzanej.

• **Dodatkowy osprzęt odwadniacza.**

Szereg odwadniaczy ma wbudowane filtry siatkowe. Niemniej warto je dodatkowo zabezpieczać montując filtry przed samym urządzeniem. Za odwadniaczem dobrze jest wyposażyć instalację także w zawory zwrotne, szczególnie, gdy odwadniacz może pracować na niskim ciśnieniu roboczym. Nie zapominajmy również o zaworach odcinających, które na pewno pomogą nam w sytuacji wymiany urządzenia oraz o zaworze na by-passie, który może uratować nam skórę w przypadku konieczności odcięcia odwadniacza i dokonania jego wymiany. Powyższy dodatkowy osprzęt można zastąpić konek-

torem montażowym, który wszystkie wymienione urządzenia posiada w jednej konstrukcji i zajmuje zdecydowanie mniej miejsca. Stosowanie konektorów zapewnia również prostą i szybką ich wymianę. Przykładowe rozwiązania konektora i zestawienie co zawiera przedstawia rysunek nr 3

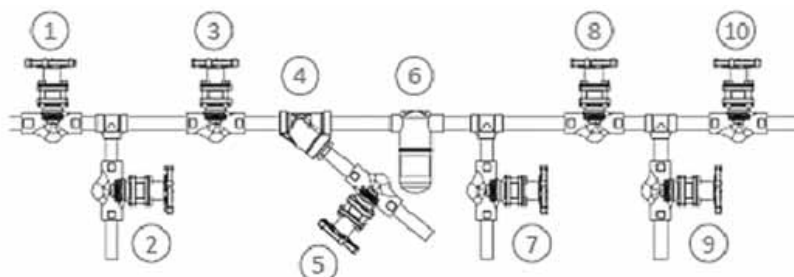
• **Chuchaj na zimne – bądź przygotowany na awarię.**

Jeżeli ma już dojść do uszkodzenia odwadniacza, zastanów się, czy lepiej będzie jeśli odwadniacz będzie w pozycji otwartej, czyli dalej będzie odprowadzał kondensat i generował straty pary, czy w pozycji zamkniętej, tj. nie będzie odprowadzał ani kondensatu ani pary. Z reguły, jeżeli odwadniacz bierze udział w procesie, to lepszą opcją jest uszkodzenie w pozycji otwartej. Może to uratować proces produkcyjny i uniknąć awarii maszyn.



DOBRE DOBRANY ODWADNIACZ SIĘ OPŁACA

Na zakończenie warto nadmienić kilka prawdę oczywistych spraw. Dobrze dobrane i sprawnie działające odwadniacze to niższe wydatki przeznaczane na energię, sprawnie działający system paro-kondensatu, wysoka efektywność i czystsze powietrze. To również mniej pracy dla służb utrzymania ruchu. Oczywiście, odwadniacze, podobnie jak wszystkie urządzenia, w miarę zużycia tracą swoją sprawność i zaczynają marnować energię. Dlatego warto przeprowadzać regularną ich diagnostykę, by w takich przypadkach szybko reagować. Kończąc, mam nadzieję, że bez zbyt dużego patosu posłużę się swoistym apelem – niech redukcja zużycia energii i dbanie o środowisko naturalne będzie naszą wspólną misją, a pierwszy krok postawmy prawidłowo dobierając nasze odwadniacze.



1	Zawór przed odwadniaczem	6	Odwadniacz
2	Zawór testowy	7	Zawór testowy
3	Zawór przed odwadniaczem	8	Zawór za odwadniacz
4	Filtr siatkowy	9	Zawór spustowy
5	Zawór spustowy	10	Zawór za odwadniacz

Rysunek 3
Zestawienie wszystkich elementów wchodzących w skład stacji odwadniającej



Jak dane zmieniają zarządzanie biogazem? Czyli efektywne strategie kontroli H₂S

W pierwszej części naszego cyklu pokazaliśmy, jak groźnym przeciwnikiem dla biogazowni jest siarkowodor (H₂S) – gaz nie tylko toksyczny, ale i destrukcyjny dla infrastruktury oraz rentowności całego procesu. Dowiedliśmy, że podstawą skutecznej kontroli H₂S są wiarygodne, ciągłe pomiary w czasie rzeczywistym. Teraz czas przejść do praktyki. Omówmy więc, jak nowoczesne strategie oparte na danych przekładają się na realne korzyści operacyjne. Zobaczmy też, jak nowoczesne czujniki H₂S pomogły konkretnym zakładom biogazowym zoptymalizować procesy, ograniczyć koszty i poprawić bezpieczeństwo.



GRZEGORZ GRUSZKA

Absolwent Politechniki Śląskiej w Gliwicach, na Wydziale Automatyka, Elektronika i Informatyka, o specjalności Aparatura elektroniczna.

W Introlu pracuje od 2005 roku, obecnie na stanowisku kierownika działu pomiarów fizykochemicznych.

tel. 32 789 00 63



MODEL CZTERECH KROKÓW

Nowoczesne podejście do zarządzania siarkowodorem w biogazowni oparte jest na 4 podstawowych krokach, których przejście pozwala na opracowanie i wdrożenie strategii w zakładzie. Taka strategia umożliwia kompleksowe zajęcie się problemem H₂S i zarządzanie nim w taki sposób, aby minimalizować negatywne skutki jego oddziaływania. Przynosi to wymierne korzyści zarówno po stronie kosztów eksploatacyjnych i eliminacji ryzyka przestojów, jak i jakości biogazu.



KROK 1 USTALENIE CELÓW

Określenie celu monitoringu H₂S to fundament strategii. Celami prowadzenia pomiarów siarkowodoru mogą być:

- ochrona silników CHP przed korozją
- spełnienie norm jakości biometanu
- redukcja emisji zapachowych
- optymalizacja zużycia środków chemicznych.

Często w strategii określa się nie jeden, ale kilka współistniejących celów i ustala się ich hierarchię ważności.





„Podstawą skutecznej kontroli H_2S są wiarygodne, ciągłe pomiary w czasie rzeczywistym.



KROK 2 INSTALACJA CZUJNIKÓW W ODPOWIEDNIH MIEJSCACH

Nowoczesne czujniki typu plug and play umożliwiają łatwe wdrażanie monitoringu w wielu punktach procesowych, bez konieczności kondycjonowania gazu. Biorąc pod uwagę cele, jakie ma spełniać monitoring oraz warunki aplikacyjne i specyfikę zakładu, opracowywany jest plan rozmieszczenia czujników. Wszystko po to, aby określić kluczowe miejsca prowadzenia pomiarów i maksymalizować korzyści z ich prowadzenia.



Rysunek 1
Czujnik SulfiLogger™



KROK 3 INTEGRACJA DANYCH Z SYSTEMAMI SCADA

Pomiar bezpośrednio w procesie ma jedną podstawową zaletę – mierzy bez zbędnej zwłoki, w czasie rzeczywistym, dając dokładne dane o stężeniu H_2S w danym punkcie, w danej chwili. Przesłanie tych danych do systemu nadrzędnego daje jeszcze większy wgląd w sytuację procesową, umożliwiając powiązanie i wyznaczenie współzależności pomiędzy poszczególnymi punktami pomiarowymi. Dzięki automatycznemu przesyłaniu danych z czujników, operatorzy mogą w czasie rzeczywistym reagować na zmieniające się warunki procesu.



KROK 4 ANALIZA DANYCH I CIĄGŁA OPTIMALIZACJA

Pomiar w czasie rzeczywistym daje możliwość natychmiastowej reakcji na zbyt wysokie stężenie H_2S . System monitoringu pozwala także na zbieranie i analizę historycznych wyników prowadzonych pomiarów. Historyczne dane pozwalają na wyznaczenie trendów, prognozowanie zużycia filtrów, optymalizację dozowania chemikaliów oraz lepsze planowanie serwisów. To wpływa na ciągłość i efektywności ekonomiczną całej produkcji.

No dobrze, wiemy już jak zaplanować i zamienić pomiary siarkowodoru w strategię zarządzania H_2S w biogazowni. Ale czy to nie jest przypadkiem tylko teoria, w praktyce trudna do realizacji lub niedająca odczuwalnych korzyści? Prześledźmy przykłady dwóch nowoczesnych biogazowni w Europie, które działają w oparciu o tak opracowaną strategię i zobaczymy, jakie przyniosło im to korzyści.



PRAKTYCZNE WDROŻENIA – VESTHIMMERLAND BIOGAS: OPTIMALIZACJA TRWAŁOŚCI FILTRÓW WĘGLOWYCH

Vesthimmerland Biogas to nowoczesna duńska instalacja, przetwarzająca rocznie 275 000 ton biomasy. Jednym z kluczowych elementów jej operacji jest produkcja biometanu dostarczanego do sieci gazowej.

Problem. Wcześniej kontrola skuteczności filtrów węglowych była prowadzona manualnie. Operatorzy bazowali na sztywnych harmonogramach wymiany filtrów lub na pomiarach ręcznych wykonywanych raz na kilka dni. To prowadziło albo do zbyt wczesnej wymiany



Rysunek 2
Rejestracja i wizualizacja pomiaru stężenia H_2S



Źródło: Vesthimmerland Biogas

(i niepotrzebnych kosztów), albo do przekroczenia dopuszczalnych stężeń H_2S , co obniżało jakość biometanu.

Rozwiązanie. Zainstalowano dwa czujniki Sulfi-Logger™ – jeden przed filtrami węglowymi, drugi za nimi. Dzięki temu operatorzy mogą w czasie rzeczywistym monitorować różnicę stężeń H_2S i natychmiast zauważyć, kiedy filtr zaczyna tracić swoją skuteczność.

Efekty.

- Wydłużenie cyklu życia filtrów średnio o 15–25%.
- Redukcja liczby niepotrzebnych wymian filtrów, co przyniosło oszczędności finansowe.
- Poprawa jakości biometanu i zwiększenie bezpieczeństwa dostaw do sieci gazowej.
- Możliwość precyzyjnego planowania serwisów bez ryzyka awarii.

Wnioski. Dzięki stałemu monitoringowi H_2S , Vesthimmerland Biogas może teraz dostosowywać harmonogram wymiany filtrów do rzeczywistych warunków eksploatacyjnych, a nie teoretycznych założeń.

struktury odpornej na wysoką wilgotność, działat bez potrzeby kondycjonowania próbki.

Efekty.

- Stała ochrona silników przed nagłymi wzrostami stężenia H_2S .
- Automatyczne alarmy przy przekroczeniu ustawionych progów.
- Skrócenie średniego czasu przestoju o ponad 30%.
- Zmniejszenie kosztów serwisowania jednostek CHP.

Wnioski. Bezpośredni, wiarygodny pomiar H_2S pozwolił Haerup Biogas znacznie wydłużyć żywotność sprzętu i ograniczyć ryzyko kosztownych napraw awaryjnych.



Źródło: Haerup Biogas

Rysunek 3
Silnik instalacji kogeneracji



PRAKTYCZNE WDROŻENIA – HAERUP BIOGAS: OCHRONA SILNIKÓW CHP I ZMNIEJSZENIE RYZYKA PRZESTOJÓW

Haerup Biogas to zakład średniej wielkości specjalizujący się w kogeneracji energii elektrycznej i ciepła z biogazu.

Problem. W instalacji wykorzystywano tradycyjny analizator wieloskładnikowy do pomiaru gazu przed jednostkami CHP. Analizator często zawodził: parowanie wody i zanieczyszczenia blokowały linie pomiarowe, a nieprawidłowe odczyty prowadziły do sytuacji, w których silniki były narażone na pracę przy zbyt wysokim poziomie H_2S . Skutkowało to korozją, zwiększoną awaryjnością i kosztownymi przestojami.

Rozwiązanie. Zainstalowano czujnik SulfiLogger™ bezpośrednio w linii gazowej za biofiltrem i przed silnikiem CHP. SulfiLogger™, dzięki kon-



” *Pomiar w czasie rzeczywistym daje możliwości natychmiastowej reakcji na zbyt wysokie stężenie H₂S.*



PRAKTYCZNE WDROŻENIA – C. VESTHIMMERLAND BIOGAS KONTROLA EMISJI ODORÓW

We wspomnianym już zakładzie, który korzystał z czujników H₂S w celu kontroli pracy filtrów, istniał także problem wszystkim znanego, specyficznego zapachu siarkowodoru. Wiemy dobrze, że emisje zapachowe są jednym z najczęstszych powodów skarg społeczności lokalnych na biogazownię, a ich źródłem bardzo często jest siarkowodor.

Problem. Vesthimmerland Biogas wcześniej bazował na sporadycznym pobieraniu próbek do analizy laboratoryjnej. To podejście było czasochłonne, kosztowne i nie pozwalało na wychwycenie krótkotrwałych, gwałtownych wzrostów emisji H₂S.

Rozwiązanie. Zakład zainstalował dwa czujniki SulfiLogger™ w strumieniu wyływowego CO₂ – bezpośrednio za skruberem i biofiltrem.

Efekty.

- Stałe monitorowanie emisji H₂S do atmosfery.
- Wczesne wykrywanie awarii w systemie oczyszczania gazu.
- Szybsze reagowanie na potencjalne skargi środowiskowe.
- Wyeliminowanie kosztów zewnętrznych audytów zapachowych.

Wnioski. Vesthimmerland Biogas zyskał pełną kontrolę nad emisjami odorów, minimalizując ryzyko sporów z lokalną społecznością i regulatorami środowiskowymi.



DANE JAKO FUNDAMENT INTELIĞENTNEJ BIOGAZOWNI

Analiza trzech przypadków pokazuje, że dane z ciągłego monitoringu H₂S pozwalają na

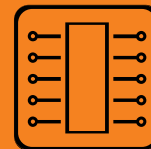
oszczędności finansowe, wydłużają żywotność sprzętu, zmniejszają ryzyko przestojów i kar oraz poprawiają zgodność z wymaganiami jakościowymi i środowiskowymi. Uzyskanie tych korzyści nie byłoby możliwe gdyby nie... dane. To właśnie dane z czujników dostosowanych do problematycznego siarkowodoru pozwoliły zakładom na realne oszczędności i zwiększenie efektywności procesowej. W nowoczesnych biogazowniach decyzje nie mogą być bowiem podejmowane „na wycucie”, lecz muszą opierać się na rzetelnych danych.



KONTROLA H₂S – INWESTYCJA, KTÓRA SIĘ ZWRACA

Pełna i świadoma kontrola H₂S to dziś konieczność, a nie luksus. To nie tylko kwestia spełniania norm. To fundament bezpiecznej, efektywnej i opłacalnej pracy biogazowni. Pełna kontrola siarkowodoru nie byłaby jednak możliwa, gdyby nie rozwój technologii czujników plug and play. Są one znacznie tańszym i prostszym w obsłudze rozwiązaniem, aniżeli skomplikowane analizatory. Dzięki temu można je instalować w wielu, do tej pory nie opomiarowanych punktach instalacji. Oczywiście czujniki nie zastąpią kompleksowej analizy składu biogazu, a rozbudowane analizatory nadal są i będą montowane w kluczowych dla instalacji punktach. Jednakże to dzięki nowoczesnym i prostym w obsłudze czujnikom in-line oraz opracowanym strategiom zarządzania H₂S, zakłady mogą zmienić podejście z reaktywnego na proaktywne. Mogą wyprzedzać problemy związane z działaniem H₂S, zanim one się pojawią.





Programowa zmiana przepływu do korekty wpływu wysokości podnoszenia dla pompy wolumetrycznej

Ciągły rozwój w dziedzinie automatyki niesie za sobą potrzebę podnoszenia dokładności generowania przepływów w celu optymalizacji pracy danej instalacji. Optymalizacja często jest rozumiana jako generowanie przepływu z niezbędnym naddatkiem w stosunku do minimalnego koniecznego przepływu. Ten niezbędny naddatek może być coraz mniejszy, jeśli dokładność dozowania rośnie. Wartości przepływu generowane przez pompy, co do zasady, są wrażliwe na zmiany parametrów po stronie ssania.

W przypadku pomp wolumetrycznych bardzo istotna jest wysokość podnoszenia pompy. Uwzględnienie tej wielkości i poprawa dokładności przepływu stała się możliwa wraz z rozwojem automatyzacji, przez wprowadzenie sterowników PLC i nadzorujących systemów informatycznych. Elementem niezbędnym do przygotowania systemu o takiej funkcjonalności jest pomiar charakterystyki wiążącej wysokość podnoszenia z wydajnością pompy. Celem tego artykułu jest przedstawienie praktycznego zastosowania korekcji przepływu pomp wolumetrycznych dla różnych zastosowań – stacje uzdatniania wody, instalacje neutralizacji, przygotowanie wody kotłowej itp.

od 0 do 1 m. Ze względu na cylindryczny kształt, można określać zamiennie stopień zapętnienia beczki poprzez wysokość lub objętość. Zakres zmian wysokości podnoszenia w granicach 1 m

**KRZYSZTOF STEBEL,
SZYMON BRZEZIŃSKI**

Katedra Automatyki i Robotyki,
Wydział Automatyki, Elektroniki
i Informatyki, Politechnika Śląska

e-mail: Krzysztof.Stebel@polsl.pl
e-mail: szymbz356@student.polsl.pl



PRZEBIEG BADAŃ

Typowa instalacja wyposażona jest w sterownik PLC połączony z komputerowym systemem sterowania. Jeśli w instalacji pracuje więcej pomp w podobnych warunkach, to na potrzeby badań można wykorzystać tylko jedną pompę, a otrzymane wyniki można rozszerzyć na pozostałe pompy. Generowany przepływ przez taką pompę ma charakter pulsacyjny, a jego wartość może być tylko określona jako wartość średnia chwilowych impulsów. Ze względu na taki rodzaj przepływu, jego dodatkowy pomiar jest bardzo utrudniony. Z tego powodu najlepszym rozwiązaniem jest dokładne generowanie przepływu, bez konieczności pomiaru.

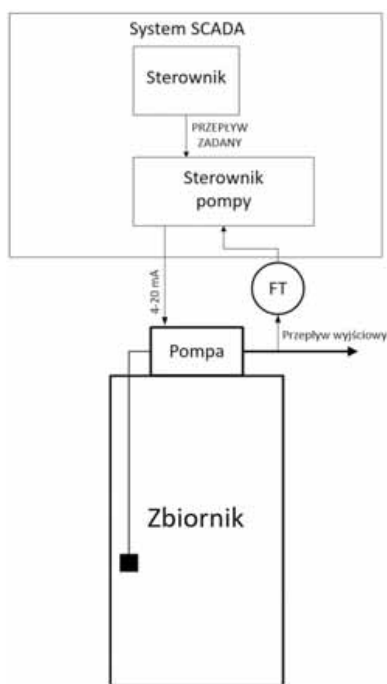
Wydajność pompy jest zmienna oraz zależy od poziomu w zbiorniku magazynowym, z którego ciecz jest pobierana. Różnicę wysokości pomiędzy osią tłoka pompy, a lustrem cieczy w zbiorniku magazynowym, traktujemy jako wysokość podnoszenia. Zbiornikiem magazynowym może być przykładowo beczka, w której określona substancja chemiczna została zakupiona i bezpośrednio z niej jest pobierana przez pompę. W tej sytuacji, ze względu na typową objętość beczki przemysłowej 220 litrów i wysokości około 1 m, poziom będzie też zmieniał się w zakresie



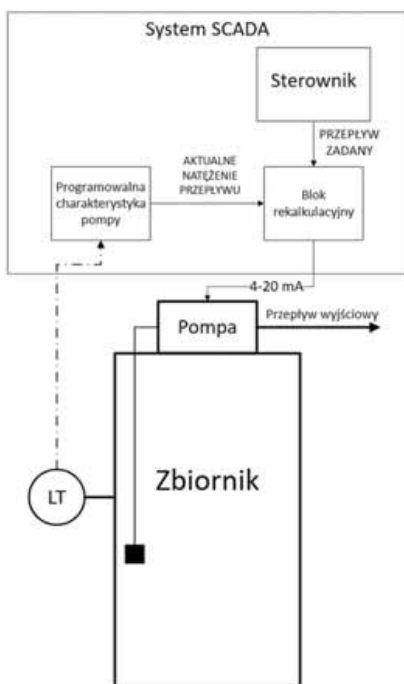
Zródło:
I4tech sp. z o.o.

Rysunek 1
Stacja uzdatniania wody jako przykład zastosowania pompy wolumetrycznych

jest wystarczająco duży, aby istotnie wpływać na wartość przepływu. Co najważniejsze, aby uniezależnić się od stopnia wypełnienia zbiornika magazynowego, potrzebny jest jakiś rodzaj korekcji, umożliwiający uzyskanie zadanego przepływu z zadowalającą dokładnością. Najefektywniejszą metodą mogłaby być korekcja przepływu w pętli zamkniętej sterowania, która rozwiązuje problem wpływu wszystkich czynników, zarówno po stronie ssawnej, jak i tłocznej pompy. Jednak ze względu na sygnalizowane problemy pomiaru przepływu dla pomp wolumetrycznych, korekcja ta jest najczęściej niemożliwa do zastosowania. Rysunek 2 przedstawia typowe rozwiązanie układu sterowania przepływem.



Rysunek 2
Sterowanie przepływem w pętli zamkniętej



Rysunek 3
Schemat korekcji przepływu w pętli otwartej

Z uwagi na to, że przepływ zależy od poziomu cieczy w zbiorniku, należy zaproponować alternatywne rozwiązanie pomiaru lub estymacji poziomu cieczy w zbiorniku. Mając informację o poziomie, można wprowadzać korektę przepływu w pętli otwartej. W takiej sytuacji przepływ wyjściowy nie jest mierzony bezpośrednio. Jeśli jednak wydajność pompy dla określonych poziomów cieczy w zbiorniku jest powtarzalna, dokładność przepompowywania może być znacząco poprawiona. Idea korekcji przepływu w pętli otwartej jest przedstawiona na rysunku 3.

Do otrzymania charakterystyki pompy, zbiornik o pojemności maksymalnej 500 litrów został napełniony do 50, 100, 150, 200 oraz 250 litrów wody. Ponieważ zbiornik ma kształt cylindra, poziom cieczy w zbiorniku jest funkcją liniową wypełnienia zbiornika. W praktyce wypełnienie zbiornika może być mierzone lub estymowane poprzez całkowanie przepływu wyjściowego. Przyjęto, że docelowa wydajność pompy będzie w zakre-

su od 0 do 800 ml/min. Charakterystyka została sprawdzona dla 300, 450, 550, 650 i 800 [ml/min]. Przepływ był mierzony pośrednio poprzez pomiar objętości przepompowanej wody w ciągu 2 minut. Dokładność pomiaru wynosi około ± 5 [ml/min].



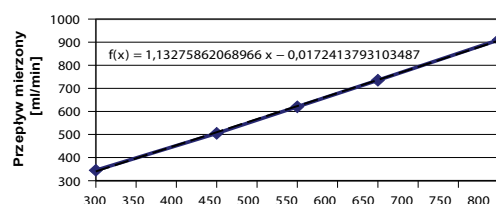
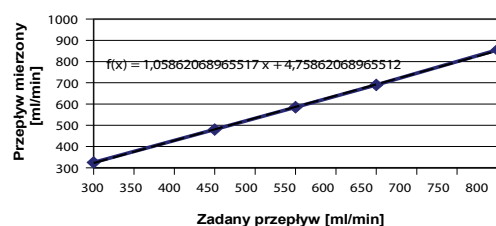
WYNIKI BADAŃ

Otrzymana charakterystyka pompy jest przedstawiona w tabeli 1.

Przepływ zadany [ml/min]	Napełnienie zbiornika [l]	Przepływ zmierzony [ml/min]
300	50	325
300	100	330
300	150	335
300	200	335
300	250	345
450	50	480
450	100	495
450	150	500
450	200	505
450	250	505
550	50	585
550	100	600
550	150	605
550	200	615
550	250	620
650	50	690
650	100	705
650	150	715
650	200	725
650	250	735
800	50	855
800	100	870
800	150	885
800	200	900
800	250	910

Tabela 1
Charakterystyka pompy

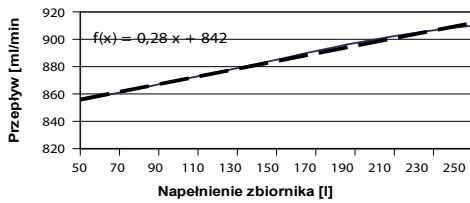
Prezentowane na rysunku 4 charakterystyki pompy są liniowe z punktu widzenia każdego wypełnienia zbiornika, ale mają różne przesunięcia



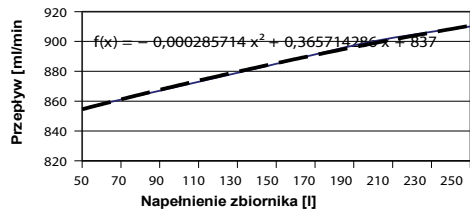
Rysunek 4
Charakterystyki pompy dla 50 [l] oraz 250 [l]

oraz nachylenia prostych. Najważniejszą informacją jest to, jak zmienia się napięcie przepływu wraz z wypełnieniem zbiornika – rysunek 5 i 6.

»» *Mając informację o poziomie, można wprowadzać korektę przepływu w pętli otwartej.*



Rysunek 5
Wyniki aproksymacji liniowej – linia przerywana.
Charakterystyka pompy – linia ciągła.

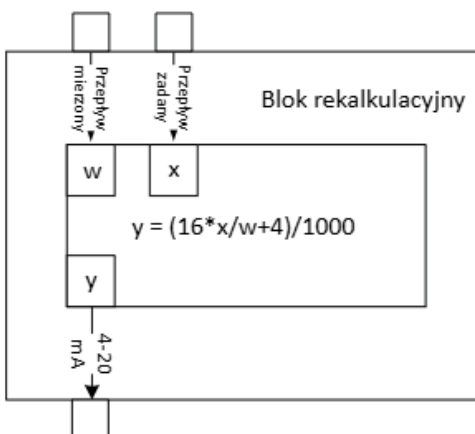


Rysunek 6
Wyniki aproksymacji nieliniowej – linia przerywana.
Charakterystyka pompy – linia ciągła.

Bazując na tych danych, liniowa lub nieliniowa aproksymacja otrzymanej charakterystyki może zostać przeprowadzona. Aproksymacja nieliniowa jest nieco lepsza od aproksymacji liniowej ale w praktyce tak małe różnice mogą zostać pominięte.

Analizując oryginalną charakterystykę pompy można zauważyć, że jej nachylenie rośnie wraz ze wzrostem napełnienia zbiornika. Z koncepcyjnego punktu widzenia, algorytm korekcji zapewni dobrą dokładność tylko dla przepływów bliskich maksimum. Dokładność w innych przedziałach zostanie zachowana, jeśli wartość przepływu będzie proporcjonalna do natężenia przepływu w każdym punkcie. Tak właśnie zakładamy. Jeśli ten warunek nie zostanie spełniony, to w celu poprawy dokładności, należy przeprowadzić korekcje dla innych zakresów przepływu. Finalnie, natężenie przepływu z punktu widzenia operatora procesu jest stałe z zakresu od 0 do 800 [ml/min], jednak w bloku funkcyjnym jest wprowadzana korekta, aby otrzymać wartość dla aktualnego poziomu cieczy w zbiorniku – rysunek 7

Po zastosowaniu liniowej korekcji otrzymane wyniki są bardzo zadowalające. Błąd pomiędzy



Rysunek 7
Schemat bloku rekalkulacyjnego

wartością oczekiwaną, a wartością rzeczywistą przepływu znajduje się w zakresie założonej dokładności. Kolejnym ważnym elementem jest to, że charakterystyka pompy znacząco się poprawiła – nachylenie prostej jest stałe i nie zależy od napełnienia zbiornika. (rysunek 8).

Aproksymacja nieliniowa również zapewniła zadowalające wyniki. Charakterystyka pompy również uległa poprawie. Wykorzystanie aproksymacji nieliniowej nie zapewniło jednak lepszych wyników w porównaniu do aproksymacji liniowej. Nachylenie prostej dla 50 [l] i 250 [l] jest prawie równe i bliskie jedynce, co świadczy o ich poprawności.

Te same eksperymenty przeprowadzono dla innych poziomów wypełnienia zbiornika (100, 150 i 200 [l]), a wyniki są bardzo zbliżone do tych opisanych. Wszystkie eksperymenty przeprowadzono używając wody w tej samej temperaturze – około 21-22°C – w taki sposób wyeliminowano wpływ temperatury na wyniki. W praktyce temperatura wody może spaść do 6-7°C zimą, z tego powodu można określić jak temperatura wpłynie na wyniki korekcji. To czy wpływ temperatury będzie istotny zależy od parametrów fizycznych jak lepkość. Dla typowych roztworów wodnych zdaniem autorów tej publikacji wpływ ten może zostać pominięty. Unika się w ten sposób trójwymiarowej postaci charakterystyki korekcyjnej.

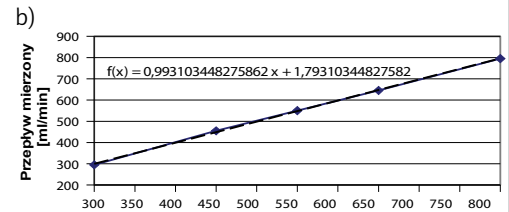
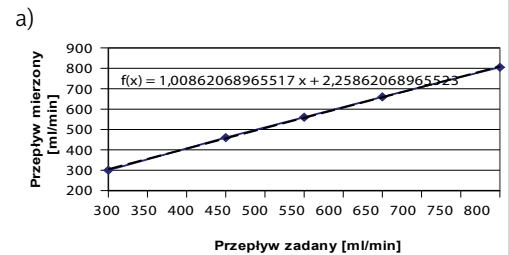


PODSUMOWANIE

Zastosowanie korekcji zakończyło się sukcesem. Dokładność dozowania dla pompy została poprawiona, a dzięki temu niezbędny naddatek, w stosunku do minimalnego koniecznego przepływu, może zostać zmniejszony. Pozwala to na bardziej optymalną pracę układu. Oryginalna charakterystyka pompy była mocno zależna od poziomu cieczy w zbiorniku (wysokości podnoszenia). Przepływ jest powtarzalny dla konkretnych poziomów cieczy, tak więc utworzenie odpowiedniej charakterystyki pomogło w korekcji przepływu w pętli otwartej. Wyniki doświadczeń pokazały, że aproksymacja liniowa jest wystarczająca, a wykorzystanie aproksymacji nieliniowej nie zmienia niczego jakościowo w kontekście dokładności z jaką możemy mierzyć przepływ.

LITERATURA

K. Stebel, „Programmable flow correction in application to neutralization pilot plant,” in Programmable devices and systems 2003: (PDS 2003). A proceedings volume from the 6th IFAC Workshop, Ostrava, Czech Republic, 11-13 February 2003, Pergamon Press, 2003, pp. 335–338.



Rysunek 8
Charakterystyka pompy dla napełnienia zbiornika 50 [l] po zastosowaniu korekcji a) liniowej, b) nieliniowej

” Uwzględnienie nieliniowości niekoniecznie poprawia finalny efekt.

Zobacz **INTROL.PL** z nowej strony



już **wkrótce**

introl.pl
w przemyśle niezastąpieni

introl
kontrola procesu