

## w numerze:

akademia automatyki:

**Wybrane pomiary fizykochemiczne**

dobra praktyka:

**Modernizacja nawijarki transformatorowej  
czyli jak rozsądnie zmodernizować posiadaną maszynę**

temat wydania:

**Przepływ popiołu, cementu, granulatów  
Teraz możemy go zmierzyć**



nr 02/2010 (12)

wydawca



INTROL Sp. z o.o.  
ul. Kościuszki 112  
40-519 Katowice  
tel. 032/ 205 33 44  
fax 032/ 205 33 77

dodatkowe informacje i subskrypcja  
[www.podkontrola.pl](http://www.podkontrola.pl)

redakcja  
Paweł Głuszek  
Bogusław Trybus  
Rafał Skrzypiciel  
Adam Reimann



**Drodzy Czytelnicy**

Nie byłbym sobą gdybym przy okazji nowego numeru naszego kwartalnika, nie nawiązał do tego co mamy za oknem. Tak się przecież składa, że „Pod kontrolą” wydawane jest na przełomie kolejnych pór roku, a to one właśnie determinują większość naszego życia, w tym także sferę zawodową. Aby tradycji stało się więc za-  
dość, zapraszam serdecznie wszystkich do lektury nowego, wiosennego numeru naszego magazynu.

W przemyśle, obok niezliczonych mediów ciekłych i gazowych, równie często spotykane są materiały sypkie i masowe. Cement, popiół, zboża, półprodukty spożywcze, prefabrykaty, granulaty tworzyw sztucznych, piasek, węgiel i wiele wiele innych materiałów wykorzystywanych jest na co dzień w tysiącach polskich przedsiębiorstwach. Stosowanie materiałów sypkich w przemyśle wymaga jednak planowanego i kontrolowanego ich transportu i magazynowania, a co z tym związane – mierzenia. Pomiary przemysłowe mediów sypkich dotyczą różnych ich właściwości fizycznych, a jedną z nich jest przepływ. To właśnie aparaturze przeznaczonej do sygnalizacji i ciągłego pomiaru przepływu materiałów sypkich, poświęcony został „Temat Wydania”. Autor prezentuje w nim najważniejsze funkcje i możliwości nowej na polskim rynku aparatury, wskazując miejsca zastosowania i wynikające z niego korzyści.

Automatyka przemysłowa z racji swojej istoty, służy optymalizacji procesów technologicznych. Automatyzacja zachodzi przy tym zarówno w skali makro- jak i mikroprzedsiębiorstw. Nowe rozwiązania od kilkadziesiąt lat wdrażane są w całych sektorach gospodarki, od największych fabryk światowych koncernów, po małe, lokalne przedsiębiorstwa przemysłowe. O ile firmy duże, dysponujące znacznymi nakładami finansowymi, mogą pozwolić sobie na swobodę w testowaniu i doborze nowych układów, o tyle małe przedsiębiorstwa muszą szukać i znajdować rozwiązania optymalne i korzystne cenowo. To właśnie drobni przedsiębiorcy, w celu redukcji kosztów czy zwiększenia efektywności produkcji, decydują się na modernizację swoich maszyn i wyposażają je w nowoczesne komponenty automatyki. Przykład takiej przemyślanej i efektywnej modernizacji jednej z maszyn naszego Klienta, prezentuje autor „Dobrej Praktyki”.

Pomiary określonych własności fizykochemicznych były już tematem poprzednich numerów „Pod kontrolą”. Skupiły się one jednak tylko na jednym wybranym pomiarze. Tym razem „Akademia Automatyki” przedstawia zbiorczo różne pomiary fizykochemiczne, przybliżając ich teoretyczne podstawy oraz zasady działania jakie wykorzystują liczne urządzenia pomiarowe. Wykład polecany jest zatem wszystkim, którzy zawodowo związani są lub interesują się pomiarami pH, twardości wody, zawartości rozpuszczonego tlenu, stężenia roztworów, barwy i... ale o wszystkim dowiedzie się Państwo z artykułu „Akademii Automatyki”.

Życząc udanej lektury, pozdrawiam.

*Jerzy Janota*

wiceprezes zarządu Introl Sp. z o.o

## spis treści

- aktualności str. 3
- nowe produkty str. 4
- **Przepływ popiołu, cementu, granulatów**  
Teraz możemy go zmierzyć str. 6
- **dobra praktyka**  
**Modernizacja nawijarki transformatorowej**  
czyli jak rozsądnie zmodernizować posiadaną maszynę str. 8
- **akademia automatyki**  
**Wybrane pomiary fizykochemiczne** str. 10

## Vortek – nowy partner w przepływie



Z początkiem marca zostaliśmy wyłącznym przedstawicielem na teren Polski, amerykańskiego producenta przepływomierzy wirowych, firmy Vortek Instruments LLC. Dzięki temu, jako nieliczni możemy zaoferować polskim automatykom przepływomierze typu VTP (przepływomierze wieloparametrowe z możliwością pomiaru przepływu, temperatury, ciśnienia, a także masy i energii cieplnej). Nawiązanie współpracy z amerykańskim producentem ma na celu jeszcze pełniejsze dostosowanie naszej oferty do zmieniających się wymagań polskiego przemysłu.

## Nowy Katalog produktów

Nowy katalog produktów Introl jest już dostępny. Najnowsza publikacja to ponad 400 stron, na których prezentujemy jedną z najszerszych na rynku ofert aparatury kontrolno pomiarowej i systemów automatyki przemysłowej. Aby zostać posiadaczem **bezpłatnej** wersji nowego katalogu, wystarczy do nas napisać: [introl@introl.pl](mailto:introl@introl.pl) lub [marketing@introl.pl](mailto:marketing@introl.pl).



## 19 marca! Udanego dnia Automatyka!

W dniu naszego nieformalnego święta, chciałoby się rzecz „Automatycy wszystkich krajów łąćcie się”. My jednak powstrzymamy się od aż tak daleko idących postulatów i po prostu wszystkim ludziom z branży życzymy udanego i wygodnego Dnia Automatyka oraz wszystkiego dobrego w ciągu dalszych miesięcy tego roku.



## Kalifornijska wizyta

W połowie marca, przedstawiciele Introlu zawitali do siedziby naszego wieloletniego partnera, czołowego producenta przepływomierzy termicznych do gazów, firmy Fluid Components International LLC. W trakcie kilkudniowej wizyty w Carlsbad w stanie Kalifornia, nasz amerykański dostawca prezentował swoje najnowsze technologie w obszarze pomiaru przepływu gazów. Wkrótce nowe rozwiązania zostaną przetestowane w polskich warunkach i – jeśli testy zakończą się pomyślnie – zostaną wprowadzone do naszej oferty.



## Diamenty Forbesa” 2010 dla INTROL S.A

INTROL S.A., wiodąca spółka GRUPY INTROL S.A. znalazła się na dwudziestym pierwszym miejscu śląskiej listy „Diamentów Forbesa” – listy firm najszybciej zwiększających swoją wartość i odnotowujących ponadprzeciętne wyniki w biznesie.

Ranking powstający we współpracy z firmą Dun&Bradstreet, opracowano na podstawie szwajcarskiej metody wyceny wartości firm, uwzględniającej wyniki finansowe oraz wartość majątku. m.in.: poziom sprzedaży, zysk netto, wartość majątku trwałego, zapasów, należności oraz nakładów poniesionych na inwestycje.

Na liście ogólnopolskiej, Spółka zajęła 224 miejsce (na liście 1829 badanych przedsiębiorstw) w kategorii firm generujących od 5 do 50 milionów złotych przychodów ze sprzedaży. Ekspertom Dun&Bradstreet i Forbesa dziękujemy za uznanie.

Diament  
miesięcznika  
**Forbes**  
2010

## Przeptywomierze wirowe VORTEK

Nasza oferta wirowych przepływomierzy do gazów i cieczy poszerzyła się o dwa modele o unikalnej na polskim rynku funkcjonalności. Nowe, wieloparametrowe przepływomierze dają możliwość jednoczesnego pomiaru przepływu objętościowego i masowego, ciśnienia oraz temperatury (wszystkie pomiary przy wykorzystaniu jednego przyłącza!!!), dla temperatur do 400°C. Urządzenia wykorzystujące zjawisko powstawania wirów za przeszkodą w strudze przepływającego medium (tzw. wirów Karmana), dostępne są w dwóch wersjach montażowych. M22 to wersja „in-line”, a M23 jest wersją „insert” wpuszczaną przez króciec, bez konieczności rozszczelnienia rurociągów.

**M22 i M23 występują w różnych wersjach wykonania decydujących o ich zastosowaniu:**

- V – wersja do pomiaru przepływu objętościowego cieczy, gazów i pary
- VT – wersja do pomiaru prędkości przepływu i temperatury, z przelicznikiem



przepływu (przeznaczona do pomiaru przepływu masowego pary nasyconej i cieczy z kompensacją temperaturową).

- VTP – wersja do pomiaru prędkości przepływu, temperatury i ciśnienia, z przelicznikiem przepływu (przeznaczona do pomiaru przepływu masowego pary i gazów z kompensacją od temperatury i ciśnienia)
- VTEP – wersja do pomiaru prędkości przepływu i temperatury, posiadająca wejście 4-20 mA do podłączenia zewnętrznego

przetwornika ciśnienia, z przelicznikiem przepływu (przeznaczona do pomiaru przepływu masowego pary i gazów z kompensacją od temperatury i ciśnienia).

- VT-EM – wersja do pomiaru prędkości przepływu i temperatury, z wejściem RTD do podłączenia drugiego czujnika temperatury w celu odejmowania energii wracającej wody, z przelicznikiem przepływu i energii (przeznaczona do pomiaru przepływu masowego i energii cieplnej cieczy i pary wodnej nasyconej).
- VTP-EM – wersja do pomiaru prędkości przepływu, temperatury i ciśnienia, z wejściem RTD do podłączenia drugiego czujnika temperatury w celu odejmowania energii wracającej wody, z przelicznikiem przepływu i energii (przeznaczona do pomiaru przepływu masowego i energii cieplnej pary).

Wieloparametrowe przepływomierze firmy Vortek, dzięki łączeniu kilku urządzeń pomiarowych w jednym, cieszą się uznaniem na światowych rynkach. Teraz technologia ta dostępna jest także w Polsce.

*pomiary przepływu  
przeplwyw@introl.pl*

## Laboratoryjny wilgotnościomierz z chłodzonym lustrem Optisonde

Optisonde to stacjonarny analizator wilgotności działający na zasadzie chłodzonego lustra. Urządzenie produkowane przez Ge Sensing, przeznaczone jest do zastosowania w laboratorium lub w aplikacjach przemysłowych, w których wymagany jest dokładny pomiar punktu rosy. Analizator mierzy punkt rosy badanego gazu, a przy zastosowaniu opcjonalnego czujnika temperatury, wynik można podawać w różnych jednostkach (m.in. wilgotność względna i temperatura). W zależności



od wymaganego zakresu, Optisonde może być dostarczony z różnymi czujnikami punktu rosy.

**Podstawowe właściwości:**

- funkcja automatycznego czyszczenia lustra PACER (patent)
- zakres pomiarowy -35°C do 25°C punktu rosy
- dokładności  $\pm 0,2^\circ\text{C}$ .
- łatwa instalacja
- wyświetlanie wilgotności w różnych jednostkach
- zapamiętywanie danych
- współpraca z oprogramowaniem PanaView
- dwa wyjścia RS485/232 z protokołem Modbus RTU

*punkt rosy  
kalibratory@introl.pl*

## Analizator laserowy wilgotności do gazu naturalnego AURORA

Analizator Aurora został specjalnie zaprojektowany do pomiaru wilgotności gazu naturalnego. Mierzy bezpośrednio ciśnienie parcjale wody w stanie gazowym, na zasadzie analizy promienia laserowego. Jednocześnie, oprócz wilgotności, AURORA mierzy także ciśnienie i temperaturę próbki. Analizator posiada stopień ochrony IP66 i może być montowany w trudnych warunkach, bezpośrednio w pobliżu rurociągu. Standardowo analizator dostarczany jest z oprogramowaniem AuroraView. Oprogramowanie umożliwia podgląd on-line wybranych parametrów oraz ich zapis w postaci trendu. Zebrane dane mogą być zapisane w formacie ASCII, a następnie importowane do innych aplikacji jak np. Excel. Ważną zaletą nowego analizatora jest jego bezobsługowa praca i konieczność pierwszego przeglądu dopiero po 5 latach. AURORA posiada dwa wyjścia RS485/232 z protokołem Modbus RTU do komunikować z systemami nadzorującymi lub sterującymi procesami wydobywania i przesyłu gazu ziemnego.



*punkt rosy  
kalibratory@introl.pl*

## PLICS®PLUS – nowa technologia sond radarowych VEGAPULS

Od listopada 2009, VEGA rozpoczęła produkcję nowych, zmodyfikowanych sond radarowych, wyposażonych w nową elektronikę serii plics®plus.

Modyfikacja elektroniki pozwoliła za uzyskanie najlepszych parametrów dostępnych dla technologicznych radarów impulsowych. Nowa technologia to między innymi:

- 110 dB odstęp sygnału od szumu pozwalający na:
  - pomiar 98% mediów, od popiołu lotnego po ciecz silnie pniące – za pomocą tej samej elektroniki,
  - możliwość montażu w wyższym niż dotychczas kominku,
  - większa niewrażliwość na obłepienie/zaparowanie anteny
- dokładność 2 mm przy zakresie 70 m



- zasilanie od 9,6 V DC w pętli prądowej (możliwość zasilania z instalacji 12 V np.: akumulatorów, oraz stosowania barier Zenera dla wersji Ex ia zamiast separatorów)
- szybkość działania niespotykana dotąd dla urządzeń radarowych: 500 ms dla wersji 2-przewodowej oraz 250 ms dla wersji 4-przewodowej (aplikacje do pomiaru odległości, wysokości przym, zabezpieczania przesypów)
- nowy układ do diagnostyki, obejmujący rejestrację 500 zdarzeń np.: braku zasilania, zmiany parametrów z zapisem czasu rzeczywistego (wbudowany zegar z 2-letnim podtrzymaniem), zapis 100 000 wyników pomiarów z czasem próbowania od kilku sekund do kilku godzin (czyli zapis pracy z kilku do kilkunastu miesięcy) oraz zapamiętanie 10 ech radarów w przypadku pojawienia się błędu.

Dzięki nowym parametrom pracy, nowa seria plics®plus jeszcze lepiej sprawdza się w trudnych i zróżnicowanych warunkach przemysłu.

*pomiary poziomu  
poziomy@introl.pl*

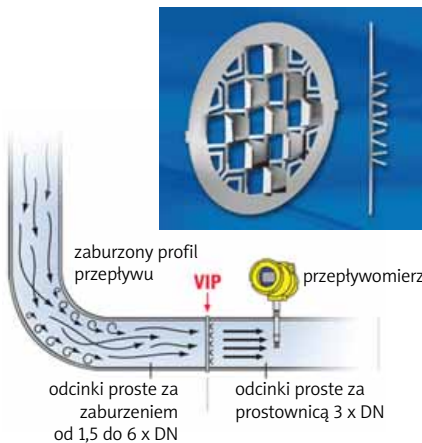
## Prostownica strumienia VIP w wykonaniu panelowym typu „insert”

Jak każda prostownica, także i najnowszy typ VIP służy do zmniejszenia długości wymaganych odcinków prostych przy pomiarze w miejscu o zaburzonym przepływie gazu (np. kolano rurociągu). Praktyka pomiaru przepływu wymaga bowiem zapewnienia odpowiednio długich odcinków prostych. Odcinki te wynoszą 20 x DN przed, oraz 10 x DN za przepływomierzem. Wykorzystanie prostownicy VIP pozwala na skrócenie tych odcinków nawet do 4,5 x DN przed przepływomierzem.

Najnowszy typ różni się znacząco od swych poprzedników (np. typ VIS). Prostownica VIP jest bowiem panelową wersją typu "insert", dzięki czemu zapewnia bardzo łatwy montaż (można ją zbudować zarówno pomiędzy istniejące połączenia kotłownicze, jak i w nowych instalacjach).

Nowe prostownice dedykowane są do współpracy z przepływomierzami termicznymi

### VIP – zabudowa międzykotłownicza



nymi marki FCI i znajdują zastosowanie w rurociągach o średnicy od 50 mm.

- Wyższość typu VIP nad poprzednikami:
- niski koszt (w zależności od średnicy - cena niższa o 15-75%)
- szybsza i łatwiejsza instalacja
- zmniejszenie strat ciśnienia o 15-38% i związana z tym oszczędność energii
- zmniejszenie wagi o 90 do 94%
- skrócony czas produkcji i dostawy

Specjalna konstrukcja oraz niespotykane do tej pory rozmiary decydują o tym, że prostownice VIP zapewniają naukowo udowodnione wyrównanie profilu przepływu, przy jednoczesnej nieskomplikowanej zabudowie i niskim koszcie zakupu i eksploatacji.

*pomiary przepływu  
przeptywy@introl.pl*

## Przetwornica częstotliwości 7300PA firmy TECO

Seria 7300PA to niezawodne przetwornice zaprojektowane do pracy w trudnych warunkach przemysłowych, szczególnie przydatne w aplikacjach zmiennomomentowych (pompy, wentylatory). Urządzenia posiadają funkcję automatycznego dopasowania do obciążenia, co pozwala efektywnie oszczędzać energię elektryczną. Regulator PID z funkcją usypiania oraz przetaczania wartości zadanych, pozwala na realizację układów regulacji ciśnienia czy temperatury. Opcjonalna karta umożliwia realizację kaskadowych układów do 8 pomp. Programowana charakterystyka U/f pozwala na dostosowanie przetwornicy do momentu obciążenia silnika oraz realizację układów stałomomentowych. Programowanie i uruchomienie nie sprawia

trudności dzięki alfanumerycznemu panelowi operatorskiemu oraz logicznemu pogrupowaniu parametrów. Opcjonalne moduły komunikacyjne pozwalają na włączenie przetwornicy do sieci DeviceNet, Profibus, Modbus.

### Podstawowe zalety serii 7300PA:

- moc od 18,5 kW do 370 kW
- wielofunkcyjne wejścia i wyjścia
- regulator PID do układów kaskadowych
- automatyczne oszczędzanie energii
- interfejsy sieci przemysłowych
- atrakcyjna cena



*systemy automatyki  
systemy automatyki@introl.pl*

## Przepływ popiołu, cementu, granulatów Teraz możemy go zmierzyć

*Mimo, iż przepływ jest pojęciem związanym z mechaniką płynów, w praktyce dotyczy także gazów i materiałów sypkich. O ile pomiar gazów i cieczy jest na rynku polskim tematem znanym od wielu lat, o tyle mierzenie przepływu (czyli de facto przesuwania się) materiałów sypkich, jest kwestia niejasną. Istotne jest zatem przyjrzenie się bliżej tematyce sygnalizacji i pomiarów ciągłych przepływu materiałów sypkich w rurociągach, zsykach i innych przemysłowych układach transportu i magazynowania.*

### Niemiecki partner

Nasz nowy partner – firma DYNA Instruments Gmb – od 1994 roku rozwija swoje technologie, wykorzystując niszę rynkową w dziedzinie sygnalizacji i pomiaru przepływu materiałów sypkich. Z końcem 2009 roku, dzięki nawiązanej przez nas współpracy, polskie przedsiębiorstwa mają dostęp do oferty nowoczesnej aparatury mierzącej przepływ materiałów sypkich. A oferta jest bogata.

Najbardziej praktycznym podziałem aparatury marki DYNA wydaje się być klasyfikacja według funkcjonalności urządzeń z punktu widzenia użytkownika:

- sygnalizatory serii DYNAguard
- urządzenia do pomiaru ciągłego: DYNAvel, DYNA M flow, DYNAchut, DYNArad

### Detekcja obecności czyli sygnalizatory

Urządzenia serii DYNAguard służą do sygnalizacji przepływu materiałów sypkich w aplikacjach takich jak transport pneumatyczny, wszelkiego typu podajniki oraz zsyki grawitacyjne, w szerokim zakresie przepływu masy od g/h do t/h. Dzięki wykorzystaniu DYNAguard, możliwe jest szybkie wykrycie problemów związanych z przepływem materiału, transportem i dostawą pyłu, proszku, pelletu oraz innych granulatów. Zapobiega to poważnym skutkom zatkania rurociągu lub utraty materiału powstałej na skutek nieszczelności.

Sygnalizatory DYNAguard w wersji K, P, V oraz GM wykrywają poruszające się ładunki elektrostatyczne powstałe na skutek tarcia np. o ścianki rurociągu lub inne obiekty. Ładunki te w sposób naturalny przylegają do powierzchni materiału sypkiego i – przemieszczając się wraz z nim – sygnalizują przepływ materiału. Ustrój pomiarowy mierzy poziom szumów wywołanych przemieszczaniem się naładowanych elektrycznie cząsteczek.





Sygnalizator DYNAguard M służy do monitorowania przepływu materiałów sypkich o prędkościach minimum 0,1 m/s. Zasada działania tego urządzenia oparta jest na zupełnie innym zjawisku fizycznym niż w przypadku wersji K, P, GM oraz V. DYNAguard M wykorzystuje w swoim działaniu technikę radarową i opiera się na zjawisku fizycznym znanym jako EFEKT DOPPLERA. Urządzenie wysyła radarową falę elektromagnetyczną o częstotliwości 24 GHz, która odbija się od poruszających się cząsteczek i wraca do urządzenia. Przebieg fali odbieranej posiada inną amplitudę i częstotliwość względem fali nadawanej, co umożliwia detekcji obecności materiału. Przy wykorzystaniu sygnalizatora mikrofalowego należy pamiętać o zamontowaniu go pod kątem 45÷90° względem kierunku przepływu materiału. Istotne jest również to aby w zasięgu pracy sygnalizatora nie znajdowały się żadne elementy mechaniczne lub konstrukcyjne, takie jak np. klapy lub zasuwki, ponieważ mogą one zostać „rozpoznane” jako mierzony materiał.

Jak wszyscy czytelnicy z pewnością wiedzą, do sygnalizacji zabrudzenia czy zatkania filtra stosuje się z powodzeniem

sygnalizatory różnicy ciśnień. Mają one za zadanie poinformować użytkownika o eksploatacyjnym zużyciu filtra (zatkanie, zabrudzenie). Uszkodzenia filtra polegające na mechanicznym rozerwaniu wkładu lub jego przemieszczeniu, najczęściej nie jest już jednak monitorowane przez żadne urządzenie. I tutaj pojawia się zadanie dla DYNAguard GM, urządzenia służącego do sygnalizacji pojawienia się cząsteczek materiału sypkiego za wkładami filtra. Zasada działania DYNAguard GM oparta jest na elektrostatyce – podobnie jak urządzeń DYNAguard K, P, V. Zaskakującą jest czułość tego sygnalizatora, która wynosi 0,1 mg/m<sup>3</sup>. Tak dużą czułość udało się uzyskać dzięki zastosowaniu sensora w postaci specjalnie skonstruowanego pręta. Zalecana długość sygnalizatora to 1/3 do 2/3 szerokości duktów filtra, a najdłuższy dostępny sygnalizator ma długość 250 mm. Niestety nie można wykorzystać tego typu urządzenia w aplikacjach z transportem pneumatycznym oraz w podajnikach i zsykach, ponieważ ze względu na ścierny charakter medium, jego żywotność byłaby bardzo krótka.

Wersje K, P, GM posiadają trzy rodzaje wyjść sygnałowych: przekaźnikowe, tranzystorowe lub analogowe, natomiast wersja M posiada wyłącznie wyjście przekaźnikowe. Prosta, intuicyjna kalibracja urządzeń odbywa się po zabudowaniu, bezpośrednio na obiekcie. Każde urządzenie ma możliwość ustawienia czułości wstępnej i dokładnej, opóźnienia czasowego oraz punktu pracy.

Sygnalizatory DYNAguard znajdują zastosowanie w wielu różnych gałęziach przemysłu, ze szczególnym uwzględnieniem elektrowni, cementowni i przedsiębiorstw branży tworzyw sztucznych.

	M – mikofalowy	P – punktowy	K – kołnierzyowy	GM – prętowy
Model				
Zasięg	1 m	30 mm	wewnątrz celi	200mm
Temperatura	max +90°C	max +90°C (opcjonalnie 200°C)	max +90°C (opcjonalnie 200°C)	max +90°C
Ciśnienie	2 bar (opcjonalnie 25 bar)	6 bar (opcjonalnie 40 bar)	40 bar	6 bar
Przyłącze mech.	G 1 1/2A	G 1 1/2A	DN 10÷DN 100	G 1 1/2A
ATEX	BRÁK	Strefa 22	Strefa 22	Strefa 22

Wersja „V” jest wersją „K” z rozdzieloną elektroniką, dla średnic od DN 200 do DN 500

## Pomiar prędkości czyli przepływomierze

DYNAvel jest urządzeniem pomiarowym, które działa w oparciu o prawa elektrostatyki. Urządzenie mierzy czas pomiędzy charakterystycznymi punktami przebiegu szumów, powstającymi w skutek ruchu cząsteczek ciał stałych między dwiema niezależnymi elektrodami. Z uwagi na to, że jest to urządzenie do pomiaru ciągłego, posiada ono dwa pierścienie pomiarowe (w przypadku sygnalizatorów pierścieni jest tylko jeden). Zasadniczo urządzenie składa się z dwóch części: sensora będącego przepływową celą pomiarową do zabudowy na rurociągu, oraz jednostki sterującej do zabudowy w szafie sterującej. Jednostka sterująca połączona jest z sensorem kablem 4-przewodowym w ekranie. Sygnał wyjściowy z jednostki sterującej to 2 x 4÷20 mA. Urządzenie posiada także 3 wyjścia przekaźnikowe, oraz interfejsy komunikacyjne: CAN – Bus, Ethernet oraz RS 485. Zakres pomiarowy DYNAvel wynosi 0,2÷100 m/s, a jego dokładność: <0,5%. DYNAvel z powodzeniem może być stosowany w elektrowniach, cementowniach, przemyśle spożywczy, tytoniowym oraz wszędzie tam, gdzie zbyt duża prędkość transportu może spowodować niechcianą deformację lub uszkodzenie produktu (także w strefach zagrożenia wybuchem – ATEX dla strefy 22).

Miernik przepływu materiałów sypkich DYNA M flow został zaprojektowany do pomiaru przepływu w metalowych rurociągach w zakresie od kilku kg/h do wielu t/h. Urządzenie przeznaczone jest do pomiaru on-line pyłu, proszku, pelletu lub innych granulatów o średnicy od 1 nm do 2 cm, w aplikacjach z transportem pneumatycznym lub grawitacyjnym. DYNA Mflow nadaje się do pomiaru przepływu materiałów sypkich o stałej granulacji i wilgotności, w aplikacjach o stałej prędkości transportowanego materiału. Zasada działania urządzenia, podobnie jak w przypadku sygnalizatorów mikrofalowych, bazuje na zjawisku zwanym EFEKTEM DOPPLERA. Miernik DYNA M flow składa się z czujnika oraz przetwornika do montażu na szynie DIN. Do zaprogramowania miernika służy oprogramowanie PC – DYNAvisual. Czujnik jest połączony z przetwornikiem za pomocą kabla 4-przewodowego. Przetwornik posiada wyjście 4÷20 mA, wyjście impulsowe, wyjście przekaźnikowe błędów, RS232 oraz RS485. Wyjście COM pozwala na podpięcie komputera z oprogramowaniem DYNAvisual lub



DYNA M flow

podłączenie urządzenia z systemem wykorzystując np. RS485. Możliwa do uzyskania dokładność aplikacyjna wynosi 5%.

## Pomiar masy czyli układy pomiarowe „szyte na miarę”

Dla Klientów poszukujących pomiaru przepływu masy w rurociągu, zsywie lub podajniku, dla transportu grawitacyjnego lub pneumatycznego, o **zmiennej prędkości** przemieszczania się materiału sypkiego, firma DYNA proponuje trzy rozwiązania będące kombinacją pomiaru prędkości, masy i gęstości.

DYNA M flow + DYNAvel jest to kompaktowy układ mierzący jednocześnie prędkość i masę. Do pomiaru prędkości wykorzystywany jest miernik prędkości DYNAvel, natomiast do pomiaru masy – miernik mikrofalowy DYNA M flow. Oba pomiary są przeliczane przez mikroprocesor na wielkość przepływu masy. Zakres pomiarowy układu: od 1 kg/h, a rzeczywista dokładność aplikacyjna to 3%, (należy pamiętać, iż wymagany jest niezmienny skład, granulacja oraz wilgotność mierzonego materiału).

DYNArad jest układem pomiarowym służącym do pomiaru przepływu masy za pomocą miernika prędkości DYNAvel oraz gęstościomierza izotopowego LB 491 produkcji BERTHOLD TECHNOLOGIES. W rozważanym układzie DYNAvel mierzy prędkość, natomiast miernik LB 491 mierzy gęstość materiału sypkiego. Jednostka sterująca DYNAvel posiada wejście analogowe służące do podłączenia miernika gęstości w celu skalkulowania przepływu masy. Zakres pomiarowy od 1t/h, przy dokładności <1%.

DYNArad w porównaniu z DYNA M flow posiada mnóstwo zalet. Przede wszystkim gęstość materiału poruszającego się wewnątrz zsywu lub rurociągu jest mierzona w sposób ciągły, niezależnie od granulacji czy też rodzaju materiału. Zmiana granulacji, wilgotności czy też prędkości z jaką przemieszcza się materiał, nie mają wpływu na dokładność pomiaru.

Dotychczas z powodzeniem zrealizowaliśmy cztery tego typu aplikacje w jednej z polskich elektrowni. Urządzenia zabudowane są na rurociągach, którymi transportowany jest popiół ze zbiorników retencyjnych na podajnik taśmowy. Popiół ze zbiorników przemieszcza się przez rurociąg grawitacyjnie. W przypadku tego

typu aplikacji, najlepszym rozwiązaniem jest zabudowanie celi pomiarowej DYNAvel w wersji z podgrzewaniem, które zapobiega zawilgoceniu celi pomiarowej i oblepieniu popiołem.

DYNAchute jest urządzeniem zaprojektowanym do ciągłego i dokładnego pomiaru materiałów sypkich w zsywach grawitacyjnych. Metoda pomiarowa bazuje na równoczesnym pomiarze masy materiału oraz jego prędkości. Wynikiem pomiaru tych dwóch wielkości jest przepływ masy w kg/h. Zaletą tego rozwiązania jest brak konieczności kalibracji urządzenia. Układ pomiarowy składa się z zsywu, w którym zabudowany jest ustrój pomiarowy oraz z przetwornika z wyjściem analogowym i cyfrowym. Zakres pomiarowy wynosi: od 200 kg/h, a dokładność: 0,5%.

## Dyna – skazana na sukces

Czy interesuje nas detekcja obecności/przemieszczania, czy prędkość z jaką produkt jest transportowany, czy w końcu całkowita masa przemieszczającego się materiału sypkiego, wszystkie te wielkości możliwe są do zmierzenia i kontroli dzięki aparaturze DYNA. Mam nadzieję, że udało mi się przybliżyć wszystkie najważniejsze aspekty pomiarów przepływu materiały sypkich z wykorzystaniem aparatury tego niemieckiego producenta. Jestem wreszcie przekonany, że te unikalne rozwiązania staną się wkrótce standardem w większości polskich przedsiębiorstw wykorzystujących materiały sypkie w zróżnicowanych procesach technologicznych.



DYNArad



*Autor artykułu:*

Stawomir Wąsowicz

*Absolwent Wydział Elektrycznego Politechniki Śląskiej, o specjalności Automatyka i Metrologia Elektryczna. W Intronlu pracuje od 2006 roku, obecnie na stanowisku kierownika Działu pomiaru poziomów. Do jego podstawowych zadań należy koordynacja projektów związanych z wdrażaniem nowoczesnych rozwiązań pomiarowych na obiektach przemysłowych.*

tel. 032/7890021  
e-mail: poziom@introl.pl

## Modernizacja nawijarki transformatorowej czyli jak rozsądnie zmodernizować posiadaną maszynę

Wizytując polskie obiekty przemysłowe, obok nowoczesnych systemów pełnych złożonych układów automatyki, nie sposób nie dostrzec także starych, wystużonych maszyn, których data produkcji to nawet połowa zeszłego stulecia. Co z pozoru może okazać się dziwne, ich wiek często nie idzie w parze ze stanem technicznym, a mające kilkadziesiąt lat urządzenia cechuje jeszcze bardzo wysoka sprawność i niezawodność. Jedynym problemem jest brak automatyki, której po prostu nie było w okresie wyprodukowania danej maszyny. W takich sytuacjach zakup nowych, kosztownych maszyn, wyposażonych w rozbudowane funkcje komunikacji i automatyzacji pracy, jest często zabiegiem zbędnym. Zupełnie wystarczającą staje się natomiast modernizacja tego co już mamy.

### Nieprogramowalna nawijarka transformatorowa

Rosnące zapotrzebowanie na energię elektryczną jest głównym czynnikiem wzrostu rynku transformatorów. O pozyskaniu kontrahenta decyduje czas realizacji zamówienia oraz cena. Przyjęło się, że okres wykonania takiego urządzenia to około 3-4 tygodni, a producenci aby być bardziej konkurencyjnym, dążą do ciągłego skracania terminów realizacji. Ta presja czasu i kosztów powoduje, że proces produkcji musi być optymalizowany, a tutaj niezawodna okazuje się automatyka.

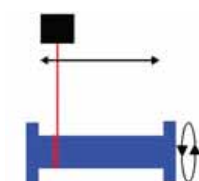
Z chęcią modernizacji swoich maszyn zwrócił się do nas Klient działający w branży elektroenergetycznej; rozpoczynający produkcję transformatorów żywicznych. Klient posiadał dość przestarzałe – pod względem automatyki – nawijarki transformatorowe. W wyniku oględzin jednej z maszyn, zapadła decyzja o jej częściowej modernizacji, a zdecydowały o tym względy ekonomiczne. Jak się bowiem okazało, część mechaniczna maszyny pochodzącej z lat 70. poprzedniego stulecia, była w bardzo dobrym stanie. Wymiany na nowsze i bardziej niezawodne wymagały natomiast układy odpowiedzialne za dokładne układanie izolacji. Najważniejsza rzecz, która musiała zostać wykonana (a niedostępna przeszło 40 lat temu) to wprowadzenie możliwości programowania maszyny przez operatora.

### Trafiona propozycja

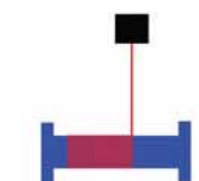
W wyniku analizy całego procesu i uwarunkowań technologicznych, zaproponowane zostało rozwiązanie bazujące na serwonapędzie i współpracującym z nim sterownikiem PLC. Po wykonanej modernizacji, cała maszyna składa się z trzech elementów:

- bębna, na który nawijane są warstwy izolacji i drutu (niemodernizowana część mechaniczna)
- serwonapędu połączonego ze „stołem” za pomocą przekładni ślimakowej,
- sterownika PLC współpracującego z układem nadzorującym pracę serwonapędu.

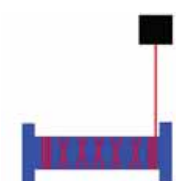
Napęd bębna stanowi silnik prądu stałego wraz z regulatorem, pochodzące jeszcze ze starej maszyny (ciągle sprawne elementy), sterownik programowalny TECO TP03-30HR-A z modułem analogowym TP03-3MA oraz serwozasilacz TECO JSDA-75A3 współpracujący z serwonapędem TECO JSMA-MC30ABK. Dodatkowy element stanowi panel operatorski Weintek, umożliwiający wprowadzanie danych do programu, jak również jego nadzór podczas pracy maszyny. Zarówno sterownik PLC, jak i serwozasilacz oraz panel operatorski, wyposażone są w porty komunikacyjne RS485, pozwalające na przesyłanie danych pomiędzy urządzeniami za pomocą protokołu Modbus RTU.



Rys. 1: Ruchome elementy maszyny



Rys. 2: Nawijanie izolacji „zwoj przy zwoju”



Rys. 3: Izolacja krzyżowa

### Zasada działania

Zadaniem maszyny jest nawijanie kolejnych warstw izolacji lub drutu w taki sposób, aby kolejne zwoje znajdowały się jeden za drugim (Rys. 2). Aby nawijanie było możliwe, potrzebna jest współpraca dwóch elementów szablonu – bębna oraz stołu (Rys. 1). Szablon obraca się wokół własnej osi dając efekt nawijania, a stół rozmieszcza kolejne zwoje izolacji na bębnie.

Innym przypadkiem jest nawijanie izolacji rovingowej – krzyżowej tzn. zwoje na-

wijane są w znacznej odległości od siebie tworząc wzór krzyża na szablonie (Rys. 3). Ten typ izolacji można porównać do szpuli nici, którą nawija się najpierw w jednym kierunku, następnie w drugim, a przecinające się nitki układają się w kształcie krzyża.

Nawijarka posiada trzy tryby pracy: automatyczny, nożny oraz swobodny. W trybie automatycznym program jest realizowany linijka po linijce, zgodnie z prędkością zadaną przez operatora (z potencjometru) oraz kierunkiem nawijania. Maszyna automatycznie wyznacza punkt startu, końca oraz długość niezbędną do nawinięcia izolacji lub drutu. Z kolei w trybie nożnym operator nastawia prędkość za pomocą przycisku nożnego. Tryb ten, w odróżnieniu od trybu automatycznego, nie realizuje programu linijka po linijce, lecz niezbędna jest obecność operatora w celu zatwierdzenia przejścia do następnej linijki programu. W trybie swobodnym, nawijana cewka obraca się w pożądanym kierunku, jednak bez posuwu stołu. Konieczność zastosowania tego trybu występuje zwłaszcza przy tzw. odczepach, kiedy operator musi odciąć drut dochodzący do szablonu i zablokować w ten sposób posuw stołu, jednocześnie nie blokując obrotu wrzeciona. Dzięki takiemu działaniu, żywica pokrywająca szablon nie ocieka i nie dochodzi do spowodowania zanieczyszczeń lub zgrubienia w szablonie.

### Innowacyjne rozwiązania

W trakcie prac nad modernizacją nawijarki zdecydowaliśmy się na innowacyjne rozwiązanie polegające na zastosowaniu tzw. „receptur” w panelu operatorskim Weintek oraz wykorzystaniu trybu pracy „Position/Speed mode” w serwonapędzie.

Wykorzystanie tzw. „receptur” ma szczególne znaczenie dla procesu wprowadzania danych do systemu sterownia. Wszystkie dane standardowo mogą być wprowadzone na dwa sposoby. W pierw-

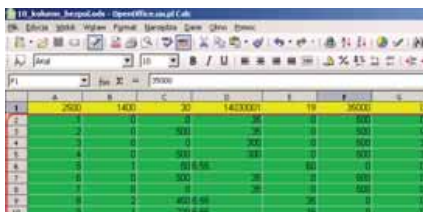


szym z nich użytkownik samodzielnie wprowadza dane do panelu operatorskiego na kilku ekranach HMI. Niektóre informacje odnoszą się stricte do procesu nawijania transformatora, inne z kolei pełnią rolę informacyjną dla pracowników obsługujących urządzenie. Zaletą wprowadzania danych tym sposobem jest niewątpliwie możliwość wizualnej oceny poprawności wpisywanych informacji, które na ekranie panelu wyświetlają się w postaci graficznej (Rys. 4). Istotną wadę



Rys. 4: Wprowadzenie danych za pomocą ekranu w HMI

stanowi natomiast czasochłonność, ponieważ operator musi wprowadzić każdą linię programu (a przeciętnie występuje ich ok. 250), bez możliwości kopiowania powtarzających się linii (receptury). Niemal dokładnie odwrotna sytuacja ma miejsce przy posługiwaniu się drugim sposobem – przygotowanie danych w plikach „Microsoft Excel” bądź „OpenOffice Calc” (Rys. 5). Korzystanie z popularnych arku-



Rys. 5: Wprowadzenie danych za pomocą programu OpenOffice Calc

szy kalkulacyjnych pozwala na znaczną oszczędność czasu. Wadą tej metody jest jednak brak graficznej ilustracji danych. Wobec wad i zalet obu metod, idealnym dla użytkownika wydaje się być rozwiązanie kompromisowe, czyli wprowadzenie danych na komputerze PC, a weryfikacja ich poprawności na graficznym interfejsie (Rys. 6). Takie też rozwiązanie



Rys. 6: Podgląd aktualnie wykonywanej linii programu.

zastosowaliśmy, dzięki czemu uprzednio wprowadzone do arkuszy kalkulacyjnych dane, przenoszone są z komputera PC do panelu, za pomocą nośników informacji w postaci pendrive'a bądź kart CF. Wspomnianymi danymi są wartości takie jak: drut/izolacja, punkt startu w milimetrach, wymiar drutu/szerokość izolacji, liczba zwojów/szerokość izolacji, kierunek nawijania, dowijanie zwojów.

Drugim zastosowanym rozwiązaniem jest użycie trybu „Position/Speed mode”, czyli naśladowanie ruchu wrzeciona przez serwonapęd, przy wykorzystaniu elektronicznej przekładni obrotów serwo (electronic gear ratio). Aby wytłumaczyć pokrótce zasadę działania wymienionej przekładni, założmy sytuację, w której na jeden obrót wrzeciona przypada jeden obrót serwo, co powoduje posuw stołu o 3 mm (wartość stała). Posuw stołu ściśle zależy od szerokości izolacji – jeżeli izolacja ma wymiar 35 mm, stół musi się przesunąć o taką samą odległość. Szerokość izolacji nawijanej na



Rys. 7: Schemat wymiany danych pomiędzy urządzeniami

szablon jest jednak zmienna i mieści się w zakresie od 6 mm (dwa obroty serwo na obrót bębna) do 225 mm (75 obrotów serwo na obrót bębna). Zachodzi więc potrzeba regulacji ilości obrotów serwo, przypadających na jeden obrót bębna i właśnie do tego celu służy elektroniczna przekładnia obrotów serwo. Dane o szerokości izolacji pobierane są z panelu operatorskiego, przetwarzane przez sterownik, a następnie wysyłane do serwo.

### Proste programowanie

Do oprogramowania panelu Weinteka wykorzystano oprogramowanie EasyBuilder 8000 v3.01 dostarczone przez producenta HMI. W celu konwersji plików Excel i OpenOffice na postać zrozumiałą dla panelu, użyto funkcji „Recipe/Extended Memory Editor”. Niezastąpionym narzędziem okazała się wbudowana funkcja Macro, w której możemy napisać praktycznie dowolny skrypt, pomocny przy przeliczaniu jedno-

stek. Pomimo tego, że soft jest zupełnie darmowy, jego funkcjonalność i niezawodność znacznie przewyższają niektóre płatne oprogramowania. Program na sterownik PLC został wykonany w środowisku drabinkowym LAD, za pomocą oprogramowania TP3-PCLink, dostarczonego przez producenta sterownika. Wbudowany w urządzeniach protokół Modbus RTU znacznie ułatwił i przyspieszył wymianę danych, a standard RS485 okazał się niezastąpiony w środowisku, w którym występują zakłócenia.

### Optymalne dopasowanie

W modernizacji nawijarki transformatorowej, połączenie nowoczesnego systemu sterowania, opartego na serwomechanizmie ze sterownikiem programowalnym TECO, okazało się strzałem w dziesiątkę. System świetnie spisuje się we współpracy z nieco starszymi elementami mechanicznymi takimi jak stół, bęben i przekładnia. Dzięki częściowej modernizacji posiadanej nawijarki, Klient zautomatyzował proces, przy relatywnie niskich kosztach (nieporównywalnych z zakupem nowego systemu automatycznego nawijania). Dalsza modernizacja maszyny będzie zmierzać w kierunku wymiany silnika prądu stałego z regulatorem, na silnik prądu zmiennego z falownikiem. Zredukuje to powstające zakłócenia.

Opisana w artykule modernizacja jest tylko przykładem takich przemysłowych inwestycji, realizowanych dla naszych Klientów z przeróżnych branż. Często bowiem, zamiast inwestować ogromne pieniądze w nowe maszyny, wystarczy poszukać rozwiązań alternatywnych, pozwalających na optymalizację procesów przy zdecydowanie mniejszych nakładach finansowych.



**Autor artykułu:**  
Przemysław Ziółkowski

Absolwent kierunku Automatyka i Robotyka na Politechnice Śląskiej  
W Intronie pracuje od 2009 roku, na stanowisku specjalisty ds. automatyki. Zajmuje się programowaniem sterowników PLC, tworzeniem wizualizacji na panelach operatorskich oraz doбором elementów automatyki do konkretnych aplikacji.

tel. 032/7890134  
e-mail: systemyautomatyki@intron.pl

## I Wybrane pomiary fizykochemiczne

*Wyniki pomiarów fizykochemicznych to często jedne z podstawowych informacji istotnych dla automatyków czy technologów. Stężenie substancji, pH, barwa, ilość tlenu – dostęp do tych i wielu innych danych decyduje nierzadko o efektywności prowadzonych procesów. Wyjaśnijmy więc, co kryje się po tym pojęciami i jakie zasady wykorzystują urządzenia pomiarowe.*

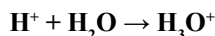
### Pomiar pH

Jak wiadomo, wartość pH określa kwasowość bądź zasadowość roztworu. Roztwory obojętne posiadają pH równe 7 (czysta woda), powyżej pH 7 mamy do czynienia z zasadami (do pH 14), poniżej – z kwasami (do pH=0).

Pojęcie pH wprowadził duński biochemik Søren Sørensen w roku 1909. Jego definicja określała pH jako ujemny logarytm ze stężenia jonów wodorowych:

$$\text{pH} = -\log(\text{H}^+)$$

Z czasem okazało się, że wolne jony wodorowe ( $\text{H}^+$ ) – wolne protony – nie występują w roztworach wodnych, ponieważ natychmiast ulegają solwatowaniu:



Definicja została zmieniona i obecnie mówi ona, że pH jest to ujemny logarytm aktywności jonów hydroniowych w molach na decymetr sześcienny:

$$\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+]$$

Dziś pH jest mierzone metodami galvanometrycznymi. Najbardziej poprawnie określa tę wartość norma ISO i Unia Chemiczna Czystej i Stosowanej, stosując następujący wzór:

$$\text{pH(X)} = \text{pH(S)} + \frac{(E_s - E_x) F}{RT \ln 10}$$

gdzie **F** to stała Faradaya, **R** uniwersalna stała gazowa, **T** temperatura w skali Kelvina a **E<sub>s</sub>** i **pH(S)** siła elektromagnetyczna ogniwa standardowego.



Czujniki pH

Ze wzoru wynika, że pH jest wielkością bezwymiarową i porównawczą, bez odwoływania się do aktywności jonów hydroniowych.

Pierwotnie skala pH została zdefiniowana dla rozcieńczonych roztworów kwasów, zasad i soli. W takim przypadku pH mieści się w przedziale 0-14. Odnośnie roztworów stężonych, w których działają inne mechanizmy, pH może wykraczać poza tradycyjny zakres tak w dół jak i w górę (np. -2 lub + 16).

### Przewodność roztworów

Aby roztwór przewodził prąd elektryczny, muszą się w nim znajdować substancje, które uległy dysocjacji, czyli rozpadowi na jony. Taki roztwór nazywamy elektrolitem, a przewodzenie prądu jest efektem migracji znajdujących się w nim jonów.

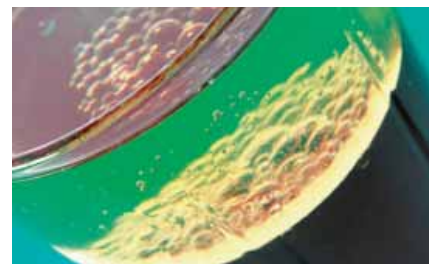
Jednostką podstawową przewodności w układzie SI jest S/m (simens/metr). W praktyce postępujemy się przeważnie jednostkami podrzędnymi  $\mu\text{S}/\text{cm}$  lub  $\text{mS}/\text{cm}$ .

Jednym ze sposobów pomiaru przewodności jest metoda konduktancyjna. Czujnik stanowi naczynko konduktometryczne, wyposażone w dwie elektrody, których wzajemna odległość jest określana jako stała **K**. Im roztwór zawiera mniej zdysocjowanych substancji, tym stała **K** musi być mniejsza (i odwrotnie, im więcej substancji rozpuszczonej, tym większa stała **K**). Prąd płynący między elektrodami określa przewodność roztworu.

Ten rodzaj pomiaru może być stosowany do roztworów niezabrudzonych, bez zawiesiny i wtrąceń stałych.

W przypadku cieczy i roztworów brudnych (np. ścieków), stosuje się pomiar metodą indukcyjną. Czujnik indukcyjny składa się z dwóch cewek. Zasilana prądem cewka pierwotna wytwarza w cieczy pole elektromagnetyczne, indukujące prąd w cewce wtórnej. Przy stałej wartości zasilania, natężenie powstałego pola elektromagnetycznego, a więc i wielkość indukowanego prądu, jest proporcjonalna do ilości jonów w roztworze.

Praktycznie w każdej, najczystszej nawet wodzie, znajdują się niewielkie ilości zdysocjowanych substancji. Np. woda pit-



na ma przewodność 0,5 – 1  $\text{mS}/\text{cm}$ , woda w czystym, górskim potoku ok. 10  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , woda destylowana ok. 0,5  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a woda kottowa od 0,05 do 1  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

### Pomiar tlenu rozpuszczonego.

Tlen rozpuszczony w wodzie stanowi warunek konieczny życia wielu organizmów. Zarówno w wodach otwartych (jeziorach, rzekach) jak i w różnych zbiornikach (w oczyszczalniach ścieków, stawach rybnych), obecność tlenu jest niezbędna. Z drugiej strony istnieją miejsca, gdzie rozpuszczony tlen jest elementem szkodliwym. Tak jest np. w przypadku wody kottowej. W każdej sytuacji zawartość tlenu trzeba zmierzyć.

Znanym od dawna rodzajem pomiaru jest metoda polarograficzna. Zasada polega na pomiarze prądu elektrycznego, płynącego w ogniwie pomiarowym, proporcjonalnego do zawartości tlenu.

Podstawowym elementem czujnika jest komora wyposażona w półprzepuszczalną membranę; wewnątrz której znajdują się dwie elektrody i elektrolit. Membrana nie stanowi przeszkody dla rozpuszczonego tlenu, jest natomiast nieprzepuszczalna dla wody, w której jest zanurzony czujnik. Membrana to przeważnie błonka z teflonu o grubości ok. 50  $\mu\text{m}$ . Molekuły tlenu swobodnie dostają się do środka komory w ilości odpowiadającej ich stężeniu w roztworze.

Do elektrod wewnątrz komory przykłada się stałe napięcie polaryzacyjne. Przenikający przez membranę tlen, dyfundując przez elektrolit, jest redukowany na katodzie. Generowany prąd jest przeliczany na zawartość tlenu.

Nowatorskim pomysłem, górującym nad dotychczasowymi sposobami pomiaru jest metoda luminescencyjna. W pomiarze wykorzystuje się zjawisko luminescencji, czyli zdolności niektórych substancji (luminoforów) do emisji światła pod wpływem dostarczonej energii (też w postaci światła o innej długości fali). Mówiąc prościej, luminofor, po oświetleniu światłem o odpowiednio dobranej barwie (czyli o odpowiedniej długości fali elektromagnetycznej), zaczyna sam świecić ale światłem o innej barwie.

Głównymi elementami czujnika są: dioda niebieska pobudzająca luminofor, dioda czerwona spełniająca zadanie kontrolne i diagnostyczne oraz fotodetektor mierzący czas trwania luminescencji.

Światło błysku diody niebieskiej powoduje wzbudzenie luminoforu, który zaczyna świecić światłem czerwonym. Czas świecenia jest zależny od stężenia tlenu. Jest to zależność odwrotnie proporcjonalna; im więcej tlenu rozpuszczonego, tym krótszy czas luminescencji i na odwrót. Dioda czerwona, błyskająca pomiędzy rozbłyskami diody niebieskiej, kontroluje poprawność pracy układu.

Metoda jest bardzo precyzyjna i pozbawiona wad wcześniej wymienionego sposobu pomiaru. Nie wymaga ruchu cieczy (przepływu), jest odporna na obecność siarkowodoru (częstego składnika ścieków), nie wymaga okresowej kalibracji.

### Twardość wody

Twardość wody jest miarą zawartości soli wapnia, magnezu (kationów podstawowych) oraz jonów żelaza, glinu, manganu i metali ciężkich (arsenu, ołowiu, niklu, chromu). Ogólna twardość wody jest sumą twardości przemijającej i trwałej. Twardość przemijająca (zwana także węglanową) powodowana jest przez węglany (sole kwasu węglowego). Twardość trwałą jest efektem zawartości soli innych kwasów: chlorków, siarczanów, azotanów.

Twardość wody wpływa na jej napięcie powierzchniowe, czego zauważalnym efektem jest trudność w zwilżaniu powierzchni, a więc problem z myciem i praniem. Zastosowanie detergentów zmniejsza twardość wody, ułatwiając jej użycie do celów higienicznych.

W przemyśle problem jest znacznie poważniejszy. Twardość przemijająca jest przyczyną osadzania się kamienia kotłowego, co prowadzi do niebezpiecznych i kosztownych awarii. Z tego względu, w przemyśle stosuje się różne metody zmiękczenia i demineralizacji wody. Jedne sprowadzają się do dodawania substancji

chemicznych (wapna, kwaśnego węgla sodu, wodorotlenku sodu, fosforanu sodu), inne polegają na przepuszczaniu wody przez kolumny jonitowe (wymienne jonowe) – w kolumnach następuje wymiana kationów czyli powstają inne, niegroźne związki.

Twardość wody jest oznaczana metodą laboratoryjną. Do tego celu wykorzystuje się kwas wersenowy, powszechnie znany jako EDTA (skrót jego angielskiej nazwy), a właściwie jego sól, wersenian dwusodowy. Substancja ta ma własność tworzenia barwnych tzw. kompleksów, związków z kationami takich metali jak wapń, magnez lub żelazo.

Próbkę wody miareczkuje się mianowanym roztworem wersenianu do zmiany barwy. Z ilości zużytego wersenianu wylicza się twardość wody, stosując różne jednostki. Najpopularniejsze to: stopnie niemieckie (°dH), stopnie francuskie (°f) a także mval/l (milival/l), często stosowane w Polsce. Zależność między tymi jednostkami jest następująca:  $1 \text{ mval/l} = 5 \text{ °f} = 2,8 \text{ °dH}$ .

Pomiary laboratoryjne z powodzeniem może zastąpić prosty i niedrogi automatyczny analizator twardości wody. Urządzenie wykorzystuje metodę laboratoryjną. Próbkę wody wypełniająca komorę pomiarową, jest miareczkowana roztworem wersenianu podawanym małymi porcjami pompką perystaltyczną z pojemnika, z ciągłym mieszaniem. Koniec miareczkowania (zmianę barwy roztworu) określa fotometr. Zużycie odczynnika wyliczane jest z ilości obrotów pompki perystaltycznej. Elektronika przelicza ilość zużytego wersenianu na twardość wody. Urządzenie jest programowalne i w pełni bezobsługowe (wymaga jedynie dostarczenia pojemnika z roztworem wersenianu, średnio raz na trzy miesiące).

### Pomiar mętności i barwy

Pomiar mętności polega na określeniu natężenia światła promieni, odchylonych przez cząstki zawieszone w cieczy.

Ciecz przepływająca przez komorę pomiarową, prześwietlana jest strumieniem światła. Po drugiej stronie komory znajdują się promiennice usytuowane detektory, wyłapujące promienie, które zmieniły tor na skutek odbicia się od cząstek zawartych w przepływającej cieczy. Im więcej cząstek w cieczy, tym więcej promieni trafiających do detektorów.

Pomiar wykorzystywany jest do kontroli klarowności produktów (piwo!) oraz sprawności filtrów.

Pomiar barwy ma nieco inną zasadę. Wykorzystuje się w nim prawo Lamberta-Beera. Prawo to mówi, że spadek natę-

żenia światła przechodzącego przez ciecz, jest proporcjonalny do stężenia substancji zawartej w tej cieczy. Innymi słowy, im bardziej intensywna barwa roztworu, tym większa różnica między natężeniem światła wchodzącego i wychodzącego. Oczywiście kluczową sprawą jest dobór właściwej dla danego pomiaru (barwy) długości fali świetlnej i tzw. długości drogi optycznej.

### Pomiar stężenia roztworów

Pomiar stężenia roztworów jest ważny a jednocześnie – wbrew pozorom – niezbyt łatwy. Wyróżniającą się metodą jest pomiar współczynnika załamania światła roztworu.

Zasada pomiaru wykorzystuje sposób zachowania się promieni świetlnych, padających na granicę dwóch ośrodków, z których jednym jest mierzony roztwór, a drugim „szkiełko” przyrządu pomiarowego (faktycznie jest to syntetyczny diament). Na granicy tych ośrodków, promienie odbijają się całkowicie bądź częściowo. Obrazy jakie na zespole fotodetektorów dają te odbicia, oddzielone są ostrą granicą umożliwiającą (po odpowiedniej obróbce sygnałów przez elektronikę i przeliczeniu) pomiar stężenia z dokładnością 0,1% (lub 0,1°Brix) w całym zakresie od 0 do 100%. Najważniejszymi zaletami tej metody są: kompletna niewrażliwość na stałe wtarczenia bądź zanieczyszczenia roztworu (kryształki, zaśmiecienia, pęcherzyki gazów, zmiana barwy) oraz brak dryftu kalibracji (co skutkuje zbędnością kalibracji przez cały okres użytkowania).

Urządzeniami wykorzystującymi tę metodę są refraktometry procesowe.

Powyższa lista pomiarów fizykochemicznych nie jest oczywiście kompletna. W przemyśle wykorzystuje się jeszcze wiele innych pomiarów z tej dziedziny. Te wymienione w artykule są jednak stosunkowo najpopularniejsze.



**Autor artykułu:**  
Grzegorz Posz

ukończył Wydział Chemiczny Politechniki Śląskiej w Gliwicach. Doświadczenie zawodowe zdobywał m.in. w przemyśle samochodowym oraz w zakładach produkujących urządzenia automatyki dla górnictwa.

W INTROLU pracuje od 1997 roku, obecnie na stanowisku Product Managera w Dziale Analiz przemysłowych.

tel. 032/7890050  
e-mail: fizchem@introl.pl



Fotometryczny pomiar barwy i mętności

# Odwadniacze dzwonowe



niemal **100 lat** niezawodności

Żeliwne od 322 PLN  
Nierdzewne od 444 PLN



## Odwadniacze dzwonowe marki Armstrong

- najtrwalsze
- w pełni mechaniczne
- najskuteczniejsze
- najmniej problemowe

Armstrong produkuje odwadniacze dzwonowe już od 1911 roku. Dzięki blisko stuletniemu doświadczeniu oraz stosowaniu materiałów o najwyższej jakości, armatura amerykańskiego producenta uznawana jest na całym świecie jako ta najmniej zawodna i dostosowana do najtrudniejszych warunków.

armatura@introl.pl  
tel: 32 7890103

Przedsiębiorstwo Automatykacji i Pomiarów  
Introl Sp. z o.o.

[www.introl.pl](http://www.introl.pl)

**introl**

automatyka i pomiary  
w przemyśle niezastąpieni