

# PodKontrola

wydawca: Introl Sp. z o.o.

automatyka i pomiary

02/2013 (24)

## PRAKTYCZNY PUNKT WIDZENIA



temat wydania

**Przewodność, tlen rozpuszczony, pH  
Inteligentne czujniki serii ARC**



akademia automatyki

**Zintegrowany System Zarządzania Wzorcowaniem**



dobra praktyka

**Utrzymanie ruchu zyskuje nowego sprzymierzeńca**



szkolenie

**Szkolenie PLC cz. 6**

**aktualności****str. 3****nowości****str. 4****temat wydania**
**Przewodność, tlen rozpuszczony, pH**  
**Inteligentne czujniki serii ARC 6**
**str. 6****dobra praktyka**
**Utrzymanie ruchu zyskuje nowego sprzymierzeńca,**  
**czyli jak ultradźwięki pomagają w wykrywaniu awarii**
**str. 8****akademia automatyki**
**Zintegrowany System Zarządzania Wzorcowaniem**
**str. 11****szkolenia**
**Szkolenie PLC cz. 6**  
**Regulacja PID z wykorzystaniem sterownika SG2**
**str. 14**

## od redakcji



### Drodzy Czytelnicy!

Kalendarzowa wiosna jak co roku przynosi swoje przebudzenie w branży. Po długiej i nieco senniejszej zimie następuje dynamiczny okres pełen wielu spotkań, seminariów i targów branżowych. Za nami między innymi największe targi automatyki przemysłowej Automaticon, dla których nie zabrakło miejsca w tym numerze.

Zapraszamy zatem do lektury artykułów poświęconych rozwiązaniom, które prezentowaliśmy podczas minionych targów.

Stabilne, precyzyjne i pewne pomiary pH, przewodności czy tlenu rozpuszczonego odgrywają istotną rolę w wielu zakładach, decydując często o jakości produktów końcowych lub wydajności procesowej.

Z uwagi na zróżnicowany charakter aplikacji i mierzonych właściwości, rynek czujników oferuje mnogość rozwiązań dedykowanych do różnych branż przemysłu. Idealnie byłoby, gdyby obok stabilności i pewności, dostępne czujniki cechowały się także wygodą w stosowaniu czy możliwością szybkiego tworzenia układów pomiarowych. Połączenie trwałości użytkowania, stabilności pomiarów oraz wygody było ideą, jaką przyświecała firmie Hamilton. Skutkowało ona stworzeniem czujników wyposażonych w technologię ARC. Nie bez powodu więc poświęciliśmy im miejsce w „Temacie Wydania”.

Jednym z prezentowanych przez nas urządzeń w czasie targów Automaticon, cieszącym się ogromnym zainteresowaniem był miernik SDT270. Jest to

wielozadaniowe urządzenie łączące pomiary i rejestrację ultradźwięków i drgań. Pozwala na kontrolę i analizę warunków pracy odwadniaczy, zaworów, przekładni i łożysk a także inspekcję elektryczną urządzeń o napięciach powyżej 2kV w kierunku wyładowań niezupełnych.

O mierniku, który ma szansę stać się narzędziem, bez którego wkrótce nie będą w stanie wyobrazić sobie pracy służby utrzymania ruchu, przeczytajcie Państwo w „Dobrej Praktyce”.

„Akademia Automatyki” tym razem prezentuje Zintegrowany System Zarządzania Wzorcowaniem stworzony przez producenta zaawansowanych narzędzi do kalibracji przyrządów pomiarowych – firmę BEAMEX. Autor „Akademii Automatyki” koncentruje się na prezentacji elementów wspomnianego Systemu, jego możliwościach w procesie automatyzacji wzorcowań na obiekcie oraz wymiernych korzyściach, jakie System może przynieść przedsiębiorstwu.

Kontynuując cykl szkoleń z zakresu programowania sterowników PLC w kolejnej części prezentujemy jeden z bardziej interesujących sposobów wykorzystania sterowników TECO SG2 – jako regulatora PID.

Zapraszam do lektury  
*Jerzy Janota*  
 Dyrektor ds. technicznych



## AUTOMATICON 2013 i nie tylko... już za nami

Nietypowo, bo przy zimowej aurze, w dniach 19-22 marca tego roku odbyły się największe targi branży automatyki przemysłowej. Warszawskie Expo XXI już po raz 19 gościło setki przedstawicieli z branż automatyki, pomiarów przemysłowych, pneumatyki, robotyki i branż pokrewnych. I tym razem nie zabrakło żółtego stoiska A31, czyli stoiska INTROL.



W tym roku na targach AUTOMATICON prezentowaliśmy wyjątkową ilość zupełnie nowych rozwiązań zarówno w zakresie monitoringu parametrów procesowych, jak i układów napędowych i sterowania oraz urządzeń dedykowanych utrzymaniu ruchu. Nasi Goście mogli zatem zobaczyć między innymi:

- nowe sondy radarowe poziomu z falowodem VEGAFLEX 80
- wielofunkcyjny miernik ultradźwięków i wibracji SDT270
- Zintegrowany System Zarządzania Kalibracją Beamex
- nowe, japońskie przepływomierze masowe Coriolisa marki OVAL
- inteligentne czujniki pH/REDOX, przewodności serii ARC marki HAMILTON
- przetwornik wilgotności i temperatury do stref zagrożenia wybuchem EE300EX
- elektryczny siłownik wieloobrotowy marki PS Automation
- przetwornicę częstotliwości A510 marki TECO.

AUTOMATICON to nie jedyne spotkania branżowe, w których mieliśmy okazję uczestniczyć. Nasi inżynierowie obecni byli także na VII Targach Techniki Gazowniczej EXPO-GAS, które odbyły się w Kielcach w dniach 17-18 kwietnia oraz na zorganizowanym w Poznaniu przez wydawcę „Control Engineering Polska” seminarium „Mechanika i Utrzymanie ruchu”. Na EXPO-GAS prezentowaliśmy przede wszystkim przepływomierze bezinwazyjne do gazów marki FLEXIM oraz System Zarządzania Kalibracją BEAMEX. Podczas poznańskiego seminarium na naszym stoisku można było zobaczyć między innymi miernik ultradźwięków i wibracji SDT270.



Minione spotkania targowe były dla nas okazją do naprawdę wielu interesujących dyskusji. Za wszystkie Państwa wizyty, uwagi, spostrzeżenia i relacje serdecznie dziękujemy. Do zobaczenia jeszcze w tym roku na targach ENERGETAB w Bielsku-Białej.

## Przepływomierze do paliw z zatwierdzeniem MID i certyfikatem PRS

W poprzednim wydaniu „Pod kontrolą” informowaliśmy o uzyskaniu przez przepływomierze do paliw VZOA i VZFA wchodzące w skład systemu CONTOIL, certyfikatu MID pozwalającego na stosowanie przepływomierzy do rozliczeń. Od tego czasu przepływomierze marki AQUAMETRO uzyskały także **zatwierdzenie morskie zgodnie z dyrektywą MED – certyfikat PRS**. Zatwierdzenie dotyczy wszystkich modeli z systemu CONTOIL czyli VZO, VZOA, VZF, VZFA, VZD, VZP, DFM. Przypomnijmy, iż przepływomierze z rodziny CONTOIL należą do grupy przepływomierzy objętościowych i dedykowane są do pomiaru przepływu olejów mineralnych (napędowych, opałowych lekkich, średnich i ciężkich), pomiaru zużycia paliwa w przemyśle palników olejowych i kotłów. CONTOIL najczęściej stosowany jest w budynkach, systemach przemysłowych, elektrociepłowniach, pojazdach, maszynach budowlanych i statkach.



## Zamów katalog produktów „Nowości 2013”



Na targach AUTOMATICON 2013 zadebiutował nasz nowy mini-katalog produktów „Nowości 2013”. To zbiór wszystkich nowych urządzeń w naszej ofercie, w tym tych prezentowanych podczas targów. Wszystkich zainteresowanych otrzymaniem **bezpłatnej** wersji katalogu prosimy o kontakt pod adresem: [marketing@introl.pl](mailto:marketing@introl.pl). Wersja multimedialna „Nowości 2013” jest dostępna na stronie [www.introl.pl](http://www.introl.pl).



## Przetwornik wilgotności i temperatury EE160

Przetwornik EE160 przeznaczony jest głównie dla segmentu HVAC i zastępuje oferowany do tej pory przetwornik EE16.

EE160 skonstruowano wg zupełnie nowej koncepcji, oferując wiele ciekawych rozwiązań zapewniających jeszcze dokładniejszy pomiar. Głównym atutem EE160 jest nowy sensor pomiarowy HCT01, który zapewnia stabilny pomiar wilgotności w zakresie  $10\div 95\%$  z dokładnością  $\pm 2,5\%$  oraz w temperaturze  $-15\div 60^\circ\text{C}$ . Sensor w standardzie pokryty jest powłoką HC01, znaną z przetworników przemysłowych, chroniącą przed zanieczyszczeniami chemicznymi oraz korozją. Cały przetwornik posiada budowę modułową, która umożliwia wymianę czujnika, kalibrację oraz zmianę skalowania wyjścia temperaturowego przez



użytkownika. Obudowa przetwornika pozwala na montaż ścienny bądź kanałowy bez konieczności jej otwierania, co znacznie skraca czas instalacji i chroni elektronikę przed uszkodzeniami spowodowanymi pracami montażowymi.

Obudowa otwierana jest tylko w celu wykonania połączeń elektrycznych, a zastosowane w niej opatentowane śrubki otwierają obudowę po 1/4 ich obrotu. Po otwarciu uzyskujemy dostęp wyłącznie do kostki zaciskowej, ponieważ wszystkie elementy elektroniczne, w celu dodatkowej ochrony, umieszczone zostały od spodu płyty. Te drobne, aczkolwiek bardzo przydatne w praktyce rozwiązania znacznie upraszczają montaż przetwornika.

Niska cena urządzenia, niskie koszty montażu, duża odporność na uszkodzenia oraz dokładny i stabilny pomiar wilgotności to cechy wyróżniające EE160 spośród innych przetworników.

[hvac@introl.pl](mailto:hvac@introl.pl)

## Przetwornik wilgotności i temperatury EE300EX do stref wybuchowych

Przetwornik EE300EX to nowa propozycja firmy E+E Elektronik do pomiaru wilgotności w strefach zagrożonych wybuchem. Od swojego poprzednika – modelu EE300EX, wyróżnia go przede wszystkim możliwość pracy w strefie pyłowej oraz możliwość pracy całego urządzenia w strefie. Przetwornik EE300EX przeznaczony jest do trudnych warunków przemysłowych. Zarówno obudowa jak i sonda wykonane zostały w całości ze stali nierdzewnej, a sprawdzone i niezawodne czujniki z powłoką ochronną HC01 zapewniają dokładny pomiar w długim okresie użytkowania urządzenia.

Prosta i bezpieczna integracja w aplikacjach przemysłowych, w tym możliwość umieszczenia całego przetwornika w strefie niebezpiecznej oznacza, że EE300EX może znajdować się bezpośrednio w środowisku z łatwopalnymi gazami lub pyłami. Urządzenie posiada dwa wyjścia przy pomocy których może



wskazywać wilgotność względną, temperaturę, temperaturę punktu rosy, punkt szronu, wilgotność bezwzględną, stosunek mieszania oraz inne jednostki fizyczne. Oprócz pomiaru wilgotności w powietrzu, EE300EX umożliwia także pomiar zawilgoceń olejów i smarów.

[temperatura@introl.pl](mailto:temperatura@introl.pl)

## System oszczędzania energii elektrycznej w obwodach oświetleniowych

Z początkiem roku, wprowadziliśmy do oferty reduktory mocy dedykowane do tworzenia systemów oszczędzania energii w obwodach oświetleniowych. Reduktor umożliwia obniżenie kosztów energii elektrycznej poprzez obniżenie napięcia zasilania obwodu oświetleniowego. Poziom redukcji napięcia może być dostosowany do konkretnego typu źródeł światła. Reduktory idealnie nadają się do pracy w obwodach oświetleniowych, na których zainstalowano **lampy żarowe, halogenowe, rtęciowe, metalohalogenowe, sodowe oraz neonowe**. Optymalne rezultaty redukcji uzyskujemy na lampach rtęciowych, sodowych oraz halogenowych. Urządzenia zapewniają redukcję zużycia energii elektrycznej na poziomie 20%. Istnieje możliwość uzyskania **oszczędności nawet**

**na poziomie 30%**, w zależności od typu lamp zainstalowanych w obwodzie oświetleniowym. Reduktor posiada szereg bardzo praktycznych funkcji, z których najważniejsze to konfiguracja i dostęp do reduktora przez stronę WWW, zabezpieczenie przed nieautoryzowanym dostępem czy też awaryjne podtrzymanie zasilania reduktora. Funkcjonalność reduktora daje także możliwość monitorowania wielu istotnych parametrów podczas pracy sieci elektrycznej, między innymi takich jak:

- napięcie wejściowe i wyjściowe dla poszczególnych faz
- prąd wyjściowy
- moc i energia: czynna, bierna, pozorna
- współczynnik mocy ( $\cos \varphi$ )
- temperatura transformatorów i ogólna temperatura urządzenia

Reduktor wychodzi naprzeciw globalnym problemom energetycznym, takim jak ogromne i nieefektywne zużycie energii, jej stale rosnące ceny i zapotrzebowanie, a także ograniczenia i możliwości produkcyjne elektrowni oraz rosnące globalne ocieplenie, emisja gazów cieplarnianych i  $\text{CO}_2$  do atmosfery.

[systemyautomatyki@introl.pl](mailto:systemyautomatyki@introl.pl)





## Regulator i kalibrator ciśnienia BEAMEX POC6

Po debiucie wielofunkcyjnego kalibratora MC6, który zdołał już zyskać sporą popularność na polskim rynku, Beamex wprowadza do swojej oferty nowy model kalibratora ciśnienia – POC6. Beamex POC6 to dokładny, łatwy w obsłudze regulator i kalibrator ciśnienia pozwalający na wzorcowanie przetworników ciśnienia, czujników, manometrów itp. POC6 można używać jako urządzenie do pomiaru oraz precyzyjnego zadawania ciśnienia (wymagane jest źródło ciśnienia – np. butla z azotem). Wraz z kalibratorami dokumentującymi MC6 i MC5 oraz oprogramowaniem zarządzającym kalibracją Beamex CMX, możliwa jest **całkowicie automatyczna kalibracja przetworników ciśnienia**. Kalibrator w ta-



kim przypadku stanowi jednostkę nadrzędną, sterującą pracą regulatora poprzez port RS232. Regulator POC6 precyzyjnie ustawia wartość ciśnienia na wejściu urządzenia badanego. Zapisane w procedurze wzorcowania, kolejne punkty wzorcowania przesyłane są do regulatora po wcześniejszym przyjęciu wyników z poprzedniego punktu. Poprzez port RS232 kalibrator odbiera również informację o stabilności pomiaru i na tej podstawie zapisuje

wyniki. Obsługa użytkownika ogranicza się jedynie do przycisku „Start” oraz zapisu końcowych wyników. Zapisane wyniki można przesłać do oprogramowania CMX, co umożliwia wydrukowanie świadectwa wzorcowania. Regulator dostępny jest również z opcjonalnym modulem ciśnienia barometrycznego umożliwiając pomiar ciśnienia absolutnego standardowym modulem.

[kalibratory@introl.pl](mailto:kalibratory@introl.pl)

## MFS – rozruch częstotliwościowy silników średniego napięcia

Starter częstotliwościowy MFS (z ang. Multi Frequency Starter) jest innowacyjnym w skali światowej starterem częstotliwościowym do łagodnego rozruchu silników asynchronicznych i synchronicznych średniego napięcia. **Rozwiązuje on największą wadę standardowych układów rozruchowych** (np. softstarter), tj. mały moment rozruchowy, dochodzący najczęściej do 30-40 % momentu znamionowego. MFS, dzięki opatentowanej metodzie, wykorzystuje stopniową zmianę częstotliwości i bezstopniową regulację napięcia poprzez odpowiednie wysterowanie zabudowanych tyrystorów. Ma to na celu zachowanie stałego strumienia magnetycznego w silniku, a przez to osiągnięcie maksymalnego momentu silnika. Stosunkowo nowo wdrożona technologia staje się **najbardziej ekonomiczną dostępną technologią rozruchu silników średniego napięcia**.



MFS posiada układ stopniowej częstotliwości 12,5 Hz – 25 Hz – 50 Hz, gdzie poprzez odpowiednie utrzymywanie stosunku napięcia do częstotliwości, ograniczany jest prąd rozruchowy **zachowując do 90% momentu maksymalnego silnika**. Jest to aktualnie jedyna alternatywa rozruchu silników średniego napięcia dostępna na rynku, w stosunku do rozruchu przy pomocy przemiennika częstotliwości. Pełna rodzina

MFS obejmuje napięcia 2,3 kV, 3,3 kV, 4,16 kV, 6 kV, 6,6 kV, 10 kV, 11 kV oraz 13,8 kV. Standardowe wykonania starterów MFS obejmuje zakres mocy **od 160 kW do 50 MW**.

W celu zdalnego sterowania i kontroli urządzenia, starter wyposażony jest standardowo w interfejs komunikacyjny Modbus, Profibus lub RS-485 oraz w moduł zabezpieczeń silnika.

Startery MFS mają zastosowanie praktycznie w każdej gałęzi przemysłu w rozruchach silników bez obciążenia lub z obciążeniem o lekkim i ciężkim rozruchu (pompy, wentylatory, sprężarki, młyny, miksery, przenośniki taśmowe itp.).

[systemyautomatyki@introl.pl](mailto:systemyautomatyki@introl.pl)



## Przepływomierz masowy Coriolisa OVAL ALTmass U

Jednoczesny pomiar trzech wielkości

- Przepływ masowy [kg/h]
- Gęstość [kg/m<sup>3</sup>]
- Temperatura [°C]

Wysoka dokładność pomiaru

- Przepływ  $\pm 0,1\%$
- Gęstość 0,0005g/ml

Pomiar dla cieczy, gazów, zawiesin

Pomiar dwukierunkowy

Nie wymagane odcinki proste



tel.: (32) 789 00 90, e-mail: [przeplywy@introl.pl](mailto:przeplywy@introl.pl), [www.introl.pl](http://www.introl.pl)

# Przewodność, tlen rozpuszczony, pH

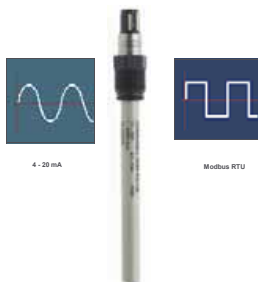
## Inteligentne czujniki serii ARC

*Przewodność elektrolityczna, tlen rozpuszczony i pH są istotnymi parametrami charakteryzującymi ciecz zarówno w laboratoriach jak i w aplikacjach przemysłowych. Konieczność ich monitorowania dotyczy wielu różnych procesów, co przekłada się na bardzo bogatą ofertę dostępnych czujników. Przyjrzyjmy się nowym na polskim rynku czujnikom marki Hamilton wyposażonym w innowacyjną technologię ARC.*

Czujniki w technologii ARC umożliwiają właściwą kontrolę pH, przewodności oraz tlenu rozpuszczonego w roztworach wodnych, co ułatwia monitorowanie prawidłowości przebiegającego procesu technologicznego oraz umożliwia utrzymanie należytej jakości produktu końcowego.

### INTELGENTNA TECHNOLOGIA ARC

Klasyczny układ do pomiaru pH, przewodności i tlenu rozpuszczonego składa się z czujnika mającego kontakt z analizowanym roztworem oraz osobnego elektronicznego urządzenia przetwarzającego i wyświetlającego dane pomiarowe. W technologii ARC czujniki ze **zintegrowaną elektroniką** umożliwiają bezpośrednie połączenie z systemem PLC poprzez interfejs 4÷20 mA lub Modbus zależnie od tego, czy układ sterowania technologicznego posiada wejście analogowe czy cyfrowe. Jeśli zachodzi potrzeba, interfejs cyfrowy i analogowy mogą pracować równocześnie.



►►  
Diafragma typu  
otwartego

►  
Czujnik ARC  
ze zintegrowaną  
elektroniką

System ARC firmy Hamilton umożliwia przewodową lub bezprzewodową komunikację z 30 czujnikami pH, przewodności i tlenu rozpuszczonego umożliwiającą **zdalny monitoring, konfigurację, diagnostykę oraz kalibrację on-line**.

W inteligentnym sensorze przechowywane są wszystkie istotne dane procesowe takie jak: dane identyfikacyjne i kalibracyjne czujnika, godziny pracy, ilość cykli sterylizacji i mycia, stan czujnika, błędy, ostrzeżenia itp., co umożliwia identyfikację i możliwość odtworzenia historii działań związanych z kalibracją oraz eksploatacją elektrody.

### CZUJNIKI PH SERII ARC

W sensorach pH serii ARC wykorzystywana jest potencjometryczna metoda pomiaru. Wartość pomiarową ustala się na podstawie pomiaru siły elektromagnetycznej (SEM) ogniwa utworzonego z elektrody wskaźnikowej (zanurzonej w roztworze mierzonym) i elektrody porównawczej (zanurzonej w roztworze wzorcowym o znanym pH).

Czujniki pH serii ARC to tzw. elektrody kombinowane zawierające w jednej obudowie elektrodę wskaźnikową pH i odniesienia. Dzięki specjalnemu wykonaniu charakteryzują się długą żywotnością i stabilnością pomiarową.

Największy wpływ na poprawność pracy, dokładność pomiaru oraz żywotność elektrody ma membrana. W zależności od parametrów fizyko-chemicznych oraz ciśnieniowo-temperaturowych mierzonego me-

dium membrany czujników serii ARC wykonywane są z różnego typu szkła (H, HB, PHI).

Na wydłużenie żywotności czujników pH serii ARC ma również wpływ zastosowanie układu odniesienia EVEREF posiadającego długą strefę dyfuzji dla substancji zatrzymujących elektrolit. Elektrody firmy Hamilton znacznie trudniej ulegają zatruciu np. związkami H<sub>2</sub>S. Dodatkowo, wypełnienie układu odniesienia elektrolitem żelowym POLISOLVE (nie zawiera akryloamidu) mającym bezpośredni kontakt z mierzonym medium, gwarantuje szybki czas odpowiedzi oraz bezobsługową pracę elektrody.



Dzięki zastosowaniu w układzie odniesienia diafragmy typu otwartego, elektrody pH ARC przeznaczone są do pomiaru silnie zanieczyszczonych mediów. Jej specjalne wykonanie zapobiega zatykaniu mikrocząsteczkami, a zastosowanie tego rodzaju czujników zapewnia użytkownikowi szybkie i łatwe czyszczenie sondy.

W czujnikach pH ARC EASY-FERM PLUS/FOOD przeznaczonych do pracy w aplikacjach biotechnologicznych, farmaceutycznych i spożywczych występuje tzw. ciśnieniowy układ odniesienia. Zapobiega on przedostawaniu się do układu mikrocząsteczek mogących przyczynić się np. do mutacji bakterii przy produkcji leków, szczepionek itp.

Ważnym parametrem w pomiarze pH jest temperatura. Czujniki serii ARC posiadają zintegrowany czujnik temperatury Pt1000 kompensujący wpływ zmian temperatury.

Za pomocą elektrod serii ARC możemy dokonywać pomiaru w pełnym zakresie pH od 0 do 14 przy temperaturach pracy od -10°C do +130 °C w bardzo wielu gałęziach przemysłu takich jak np. biotechnologicznym, farmaceutycznym, energetycznym, wodnościekowym itp.



### CZUJNIKI DO POMIARU PRZEWODNOŚCI SERII ARC

Przewodność elektrolityczna zaraz po pomiarze pH jest najważniejszym parametrem pozwalającym na monitorowanie wszystkich procesów, w których istotna jest obecność jonów soli, kwasów oraz za-

►►  
Easyferm food ARC  
i Polilyte Plus ARC



Pomiar przewodności elektrolitycznej czujników serii ARC opiera się na elektrochemicznym pomiarze rezystancji. Sensory serii Conducell ARC są 4-elektrodowymi czujnikami konduktometrycznymi, w których dwie elektrody zasilane są z zewnętrznego źródła, a dwie pozostałe wykorzystywane są do pomiaru potencjału między elektrodami zasilanymi. Tego typu czujniki stosowane są w szerokim zakresie mierzonej przewodności.

Prąd płynący między elektrodami określa przewodność roztworu wyrażoną w jednostkach S/cm.

Z uwagi na fakt, że 1 Siemens jest bardzo dużą jednostką, wyniki pomiarów próbek roztworów wodnych są zazwyczaj podawane w  $\mu\text{S/cm}$ .

Czynnikiem wpływającym na wynik pomiaru przewodności jest temperatura, dlatego oferowane sensory wyposażone są w czujnik kompensujący zmiany temperatury.

Czujniki przewodności serii ARC, za pomocą których określone jest stężenie jonów rozpuszczonych lub zasolenie, szeroko stosowane są w takich aplikacjach jak:

- demineralizacja wody zasilającej;
- odsalanie w wieżach chłodniczych;
- instalacje uzdatniania wody (kontrola wytwarzania wody najwyższej czystości, wody czystej oraz wody pitnej);
- procesy mycia i czyszczenia, w przemyśle spożywczym, farmaceutycznym, biotechnologicznym;
- i inne.

## CZUJNIKI TLENU ROZPUSZCZONEGO ARC

W wielu procesach istotnym parametrem charakteryzującym roztwór wodny jest również tlen rozpuszczony. W aplikacjach przemysłowych występują dwie techniki pomiaru: polarograficzna oraz optyczna wykorzystująca zjawisko wygaszenia fotoluminescencji.

W serii ARC dostępne są zarówno polarograficzne jak i optyczne czujniki. W metodzie polarograficznej wykorzystywane jest zjawisko dyfuzji gazów (tlenu) przez teflonową membranę oraz zjawisko polarograficzne w układzie – anoda Ag (srebro), roztwór KCl, katoda Pt (platyna). Czujnik pracuje z zewnętrznym napięciem polaryzującym 0,6 V. Tlen rozpuszczony w badanym roztworze dyfunduje przez półprzepuszczalną membranę (o grubości 10-20  $\mu\text{m}$ ) do roztworu wewnętrznego czujnika. Szybkość dyfuzji zależy od różnicy ciśnienia cząstkowego gazu po obu stronach membrany, temperatury i właściwości membrany. Czujniki polarograficzne mają zastosowanie w szerokim zakresie pomiarowym od kilku mikrogramów na litr do wielokrotnego przesylenia. Tego typu sensory wykorzystywane są głównie do pomiaru śladowych zawartości tlenu w energetyce, farmacji, biotechnologii.

Należy pamiętać, iż w polarograficznej metodzie pomiaru wymagany jest minimalny przepływ. W przypadku tej metody dochodzi także do rozkładu anody oraz zużycia elektrolitu, co prowadzi do powstawania błędów pomiarowych. W celu utrzymania prawidłowości wskazań konieczna jest regularna kalibracja oraz wymiana membrany i elektrolitu.

W bardziej popularnej, optycznej metodzie pomiaru tlenu rozpuszczonego czujnik nie wymaga okresowej kalibracji czy przepływu cieczy. Metoda charakteryzuje się wysoką czułością przy niewielkich stężeniach i odpornością na zatrucie, co gwarantuje stabilny i dokładny pomiar.

Metoda pomiaru optycznego opiera się na zjawisku luminescencji czyli emitowaniu światła przez określone materiały (tzw. luminofory) pod wpływem dostarczonej energii. Czujnik składa się z diody niebieskiej wzbudzającej promieniowanie luminescencyjne, diody czerwonej spełniającej zadanie kontrolne i diagnostyczne oraz fotodekodera mierzącego czas trwania luminescencji. Dioda niebieska emituje światło bezpośrednio na powłokę luminofora, a czuły materiał reaguje w postaci emisji światła czerwonego. Intensywność oraz czas zaniku promieniowania czerwonego są zależne od koncentracji otaczającego tlenu.

Za pomocą **optycznego czujnika tlenu rozpuszczonego serii ARC model VISIFERM DO ARC** możemy dokonywać pomiarów już od **4 ppb**.

Ze względu na możliwość wykorzystania w bardzo szerokim zakresie, sondy do pomiaru tlenu rozpuszczonego mogą być stosowane m.in. w aplikacjach takich jak:

- oczyszczalnie ścieków: regulowanie/optimalizowanie ilości tlenu w komorach osadu czynnego (oczyszczanie biologiczne) oczyszczalni ścieków,
- woda pitna: optymalizacja napowietrzania w procesie uzdatniania wody,
- ochrona środowiska: ocena jakości wód powierzchniowych,
- obwody wodno-parowe w energetyce: zapobieganie procesom korozji.

## DLACZEGO ARC?

Czujniki serii ARC to bardzo szeroki asortyment urządzeń dostosowanych do konkretnych aplikacji i mediów. Wszystkie je łączy jedna kluczowa właściwość, którą jest wbudowany przetwornik. Połączenie w jednym urządzeniu elementu pomiarowego z przetwornikiem, oprócz oczywistych korzyści natury ekonomicznej (brak potrzeby zakupu przetworników, ograniczone okablowanie) to także szereg udogodnień funkcjonalnych:

- przewodowa lub bezprzewodowa komunikacja do 30 czujników: pH, przewodności i tlenu rozpuszczonego serii ARC;
- bezpośrednio z czujnika sygnał analogowy (4÷20 mA) i cyfrowy (MODBUS RTU);
- monitoring danych identyfikacyjnych i kalibracyjnych czujnika, ilości cykli sterylizacji i mycia, stanu czujnika, błędów, ostrzeżeń, itp. bezprzewodowo lub przewodowo;
- kalibracja, konfiguracja oraz diagnostyka online;
- krótsze okresy przestoju;
- niezawodny sygnał, brak wpływu wilgoci i długości kabla;
- oszczędności czasowe przy konfiguracji i uruchomieniu czujnika;
- łatwe zaadaptowanie czujników do istniejących już warunków instalacyjnych (sieci cyfrowych).



▲ Conducell 4USF ARC

▼ Visiferm DO ARC



### Ewa Słomska



Absolwentka Wydziału Paliw i Energii na Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. W Introlu pracuje na stanowisku menadżera produktu w dziale pomiarów fizykochemicznych.

Tel: 32 789 00 67



# Utrzymanie ruchu zyskuje nowego sprzymierzeńca, czyli jak ultradźwięki pomagają w wykrywaniu awarii

*Pracując w Dziale Utrzymania Ruchu niezależnie od zakładu pracy mamy do czynienia z wieloma urządzeniami i instalacjami, których poprawna praca jest sprawą priorytetową. Nagła awaria, na którą nie jesteśmy przygotowani niesie za sobą opóźnienia w produkcji oraz często dodatkowe koszty wynikające z braku części zamiennych. Chcąc zmniejszyć częstość występowania tego typu przypadków staramy się zabezpieczać przez monitoring stanu urządzeń i instalacji. W tym właśnie celu firma SDT International, stworzyła nowy model miernika ultradźwięków i wibracji SDT270.*



Monitoring stanu  
nasmarowania łożysk

Innowacyjny miernik ultradźwięków i wibracji SDT270 w połączeniu z oprogramowaniem Ultranalysis Suite do zarządzania przeglądami tworzy doskonałe narzędzie pozwalające **oszczędzić czas i pieniądze** poprzez **wykrywanie pierwszych symptomów awarii**. Miernik umożliwia monitoring stanu łożysk, kontrolę ich nasmarowania, monitoring przekładni, analizę pracy odwadniaczy i zaworów, wykrywanie nieszczelności w instalacjach ciśnieniowych i podciśnieniowych, testy szczelności z zastosowaniem generatora ultradźwięków a także wykrywanie wylądowań niezupełnych w sieciach średniego i wysokiego napięcia.

## MONITORING STANU ŁOŻYSK

Jedną z najczęstszych przyczyn awarii maszyn są właśnie uszkodzenia łożysk. Monitorując ich pracę za pomocą ultradźwiękowych sond pomiarowych możemy określić stopień zużycia, stan nasmarowania oraz zlokalizować uszkodzone łożysko, co nierzadko jest utrudnione przez konstrukcję maszyny i drgania powodowane uszkodzeniem. SDT270 to narzędzie dające operatorowi **pełen pakiet środków do określenia stanu łożysk**. Poza kontaktowymi sondami



W przypadku łożysk wymagających okresowego smarowania często spotykaną praktyką jest wtłaczanie smaru aż do momentu, kiedy wycieknie on przez uszczelnienie łożyska. Stosowanie takiej praktyki jest równie groźne dla łożysk jak niedobór środka smarnego. Nadmiar smaru powoduje w łożysku niekorzystne oddziaływanie hydrodynamiczne na elementy toczne a w konsekwencji wzrost temperatury i szybkie uszkodzenie. Jak zatem zapewnić odpowiednią kontrolę podczas smarowania? Doskonałym rozwiązaniem jest wykorzystanie ultradźwięków. SDT270 w połączeniu z ultradźwiękową sondą kontaktową i przystawką do smarownicy **umożliwia operatorowi podstuch procesy smarowania i jednoczesny pomiar natężenia ultradźwięków generowanych przez łożysko**. Zmniejszenie poziomu dźwięku, jego ustabilizowanie a następnie nieznaczny wzrost podczas dodawania kolejnych partii smaru jest sygnałem do zakończenia smarowania. Taka metoda kontroli zwiększa żywotność łożysk przy jednoczesnym zmniejszeniu zużycia środka smarnego.



Monitoring stanu  
zużycia łożysk



ultradźwiękowymi, dzięki którym możemy usłyszeć i zarejestrować ultradźwiękowy szum (przekształcony do postaci słyszalnej przez ludzkie ucho), możemy również podłączyć do miernika akcelerometr jednoosiowy dający obraz drgań łożyska i określić jego temperaturę poprzez wbudowany pirometr. Zarejestrowane dane z pomiarów możemy wygodnie **analizować i katalogować w oprogramowaniu Ultranalysis Suite**.

## MONITORING PRZEKŁADNI ZĘBATYCH

Monitoring przekładni zębatych sprowadza się do **wykonania pomiarów kontrolnych na obudowie przekładni, ich rejestracji i analizie w oprogramowaniu**. Wbudowany

tachometr laserowy zapewnia dokładny odczyt prędkości obrotowej wału wejściowego. Możemy wykorzystać ten pomiar oraz znajomość przełożeń przekładni w analizie uszkodzenia i określić konkretnie źródło i przyczynę awarii. Mając taką informację przed demontażem obudowy jesteśmy w stanie zaplanować przestój maszyny. Zyskujemy także czas niezbędny do sprowadzenia części zamiennych.



## ANALIZA PRACY ODWADNIACZY TESTY SZCZELNOŚCI

Kolejną sprawą są instalacje parowe, które stwarzają konieczność stosowania odwadniaczy. Co ważne, uszkodzony odwadniacz kiedy jest otwarty powoduje utratę cennej pary (koszt ponad 60zł/m<sup>3</sup>), a kiedy jest zamknięty gromadzenie się kondensatu. Z tego względu zasadna jest dbałość o poprawne ich działanie. Metoda wykrywania uszkodzeń odwadniaczy za pomocą ultradźwięków jest powszechnie znana. Stosując SDT270 **szybko zdiagnozujemy wadliwy odwadniacz słysząc jego pracę**. W przypadkach, gdzie nie mamy pewności z pomocą przychodzi oprogramowanie, w którym przeanalizujemy zarejestrowane dane.

SDT270 to również **narzędzie do sprawdzania szczelności zaworów**. Mierząc poziom ultradźwięków na zasilaniu zaworu, gnieździe i wyjściu określimy szczelność zamknięcia zaworu bez jego demontażu.

Ograniczając straty energii niejednokrotnie poszukujemy nieszczelności instalacji parowych lub sprężonych gazów. Nasłuch ultradźwięków to najszybsza i najwygodniejsza metoda wykrywania przecieków. Odczytana z miernika wartość natężenia dźwięku daje obraz wielkości przecieku. Dane te po przeliczeniu na L/h pozwalają nam określić koszty strat związanych z nieszczelnościami. Przy

zastosowaniu parabolicznej sondy ultradźwiękowej połączonej z miernikiem SDT270 możemy zlokalizować przecieki nawet z odległości powyżej 20 metrów np. na rurociągach prowadzonych pod dachem hali. Poza wykrywaniem nieszczelności w instalacjach ciśnieniowych **miernik pozwala wykrywać dużo trudniejsze do lokalizacji nieszczelności instalacji podciśnieniowych**.



Są miejsca, w których musimy sprawdzić szczelność uszczelnień a w badanym obiekcie nie ma nadciśnienia lub podciśnienia. Do tego typu obiektów należą chłodnie, samochody, amfibie, komory klimatyczne czy piece piekarnicze. W takiej sytuacji pomocny okazuje się generator ultradźwięków. Wystarczy umieścić go wewnątrz badanego obiektu a sondę ultradźwiękową przemieścić wzdłuż uszczelnienia. W przypadku uszkodzenia uszczelnienia odnotujemy znaczny wzrost sygnału ultradźwiękowego.

## WYKRYWANIE WYŁADOWAŃ NIEZUPEŁNYCH

Źródłem ultradźwięków są także wyładowania niezupełne w sieciach elektroenergetycznych o napięciach powyżej 2 kV. Stosując miernik SDT270 z sondą paraboliczną **jesteśmy w stanie w prosty sposób zlokalizować iskrzenia, wyładowania niezupełne takie jak drzewienie i efekt korony**. Wykrycie wczesnego stadium wyładowań niezupełnych ma istotny wpływ na koszty napraw. Osadzające zabrudzenia i wilgoć tworzą na izolatorach warstwę obniżającą ich wytrzymałość elektryczną. Doprowadza to do wzmożonej jonizacji powierzchniowej i wyładowań ulotowych, które w dłuższej perspektywie



◀◀  
Monitoring pracy  
przekładni zębatych

◀  
Monitoring nieszczelności  
instalacji parowych lub  
sprężonych gazów

◀◀  
Monitoring pracy  
odwadniaczy



## Monitoring uszczelnień



sond pomiarowych oraz wprowadzić okresowość wykonywania przeglądów. Przy wskazanym okresie miernik sam zgłosi operatorowi konieczność powtórnego pomiaru. Każdy zarejestrowany pomiar jest w pełni identyfikowalny od operatora do czujnika. Zebrane dane dynamiczne w oprogramowaniu przedstawione są jako wykres dBμV w funkcji czasu lub jako rozkład częstotliwościowy (FFT). Dane statyczne charakteryzują energię sygnału i jego amplitudę. Zapisane w postaci trendów umożliwiają przykładowo określenie stopnia zużycia to-

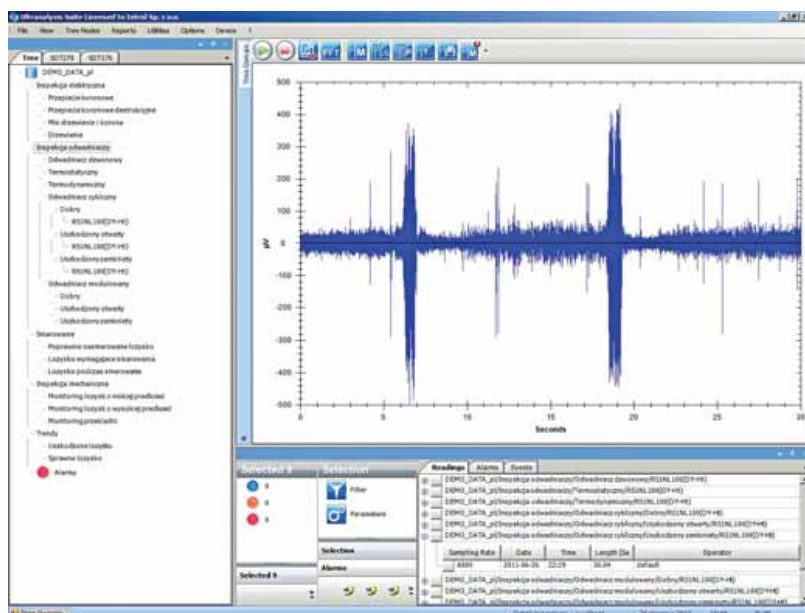
## Monitoring iskrzenia w sieciach elektroenergetycznych

trwale uszkadzają izolator. Dzięki wczesnej lokalizacji wyładowań niepełnych możemy usunąć zabrudzenia i pozbyć się problemu. Sonda paraboliczna daje możliwość sprawdzenia połączeń i izolatorów w rozdzielniach średniego i wysokiego napięcia oraz linii napowietrznych ze znacznej odległości, co dodatkowo wpływa na komfort i bezpieczeństwo pracy.

Mnogość zastosowań jakie posiada miernik ultradźwięków i wibracji SDT270 przyczyniła się do powstania **oprogramowania Ultranalysis Suite**, które w połączeniu z miernikiem tworzy profesjonalne narzędzie do **pełnej analizy zarejestrowanych danych pomiarowych**. Umożliwia stworzenie bazy danych organizowanej za pomocą struktury katalogów. Struktura ta może być dokładnym opisem miejsc pomiarowych jakie chcemy kontrolować. Dla każdego punktu pomiarowego można określić własne poziomy alarmów, dodać kilka



## Wykres natężenia ultradźwięków



zysk, konieczności smarowania oraz okresowość ich ponownej kontroli.

Wymienione powyżej zastosowania diagnostyki ultradźwiękowej w celu wykrywania różnego rodzaju awarii obrazują tylko część zagadnień mogących ułatwić codzienną pracę w Dziale Utrzymania Ruchu. Ogromną zaletą tego typu rozwiązań jest krótki czas pomiarów rzędu kilku do kilkudziesięciu sekund. Większość uszkodzeń jesteśmy w stanie zdiagnozować i zlokalizować poprzez słuchanie przekształconego sygnału ultradźwiękowego. Jest to bardzo prosta i wygodna forma diagnostyki a w bardziej skomplikowanych sytuacjach z pomocą przychodzi oprogramowanie.



**Stanisław Stanisław**

Ukończył Wydział Odlewnictwa na Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. W Introlu pracuje od 2003 roku, obecnie na stanowisku kierownika działu czujników.

tel. 32 78 90 150

# Zintegrowany System Zarządzania Wzorcowaniem

*Masz dość ciągłego przerzucania ton papierów w poszukiwaniu właściwej procedury lub historycznych wyników wzorcowań? Nużącego, ręcznego przepisywania wyników po każdym wzorcowaniu? Irytują Cię powstałe przypadkowe błędy przy notowaniu wyników pomiarowych? Z pomocą przychodzi Zintegrowany System Zarządzania Wzorcowaniem firmy Beamex.*

## CZYM JEST SYSTEM BEAMEX?

Zintegrowany System Zarządzania Wzorcowaniem to zestaw narzędzi w postaci oprogramowania, kalibratora, pieca kalibracyjnego, regulatora ciśnienia oraz zespołu akcesoriów umożliwiających zautomatyzowanie procesu wzorcowania. System pozwala na obniżenie nawet do 50% czasu pracy poświęcanego na tworzenie procedur wzorcowania czy dokumentowanie wyników wzorcowań. Najkrócej ujmując, system podnosi wydajność i efektywność wzorcowania jednocześnie obniżając jego koszty.

## ZAAWANSOWANE OPROGRAMOWANIE BEAMEX CMX

Kluczowym elementem **Zintegrowanego Systemu Zarządzania Wzorcowaniem** jest oprogramowanie Beamex CMX będące bazą wszystkich urządzeń podlegających wzorcowaniu. Przedstawione w czytelny i spójny sposób poszczególne węzły i punkty pomiarowe przedsiębiorstwa prezentowane są w postaci drzewa odzwierciedlającego całą strukturę zakładu. Z każdym punktem możemy powiązać odpowiednie urządzenie oraz funkcję jaką on pełni (przetwornik ciśnienia, manometr, czujnik temperatury itp.). Można również dodać informację o rodzaju wejść i wyjść, zakresie pomiarowym oraz określić charakterystykę przetwarzania.

Warte uwagi jest to, że określoną funkcję pomiarową może realizować urządzenie od dowolnego dostawcy a CMX pozwala na dodanie takiego urządzenia wraz z informacją o producencie i numerze seryjnym jako oddzielny element punktu pomiarowego. Bazę dostawców/producentów urządzeń pomiarowych można na bieżąco uzupełniać o nowych dostawców oraz powiązane z nimi odpowiednie urządzenia i modele. Niezależnie od producenta, z danym punktem pomiarowym związana jest procedura według której należy wykonać wzorcowanie. To w tym miejscu podajemy interwał czasowy między wzorcowaniami, rozdzielczość oraz definiujemy w ilu punktach wzorcowanie ma się odbywać.

CMX umożliwia wprowadzenie granicznych błędów zarówno w wartościach bezwzględnych jak i względnych. W drugim przypadku często zdarza się, iż taki błąd podawany jest jako błąd składany od zakresu jak

i wartości odczytywanej co nie stanowi problemu dla oprogramowania. Mając podany interwał czasowy pomiędzy wzorcowaniami, CMX sam obliczy datę następnego wzorcowania. Jeżeli data kolejnego wzorcowania danego punktu będzie odpowiednio blisko zostanie to sygnalizowane żółtym kolorem w strukturze zakładu. Natomiast po przekroczeniu tej daty, punkt zacznie świecić się na czerwono. Co istotne, oprogramowanie



ma rozbudowane funkcje wyszukiwania i sortowania urządzeń, procedur wg dowolnego parametru.

▲ Kalibrator MC6 + oprogramowanie CMX + piecyk kalibracyjny

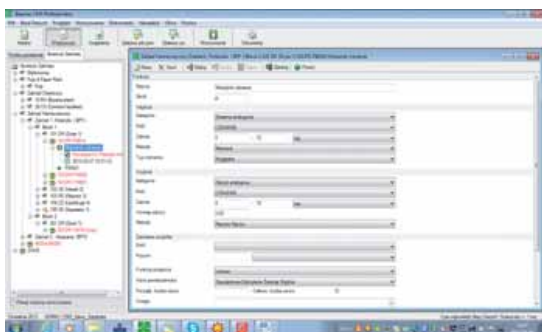
## PRZENOŚNY KALIBRATOR WIELOFUNKCYJNY

Jeśli CMX to pierwszy krok w zautomatyzowaniu procesu wzorcowania to krokiem drugim jest odpowiedni kalibrator dokumentujący, do którego można przesłać z bazy CMX procedury wzorcowania urządzeń. Odpowiednim do tego celu rozwiązaniem jest najnowszy **Zaawansowany Kalibrator i Komunikator – Beamex MC6**. Kalibrator ten posiada pięć trybów pracy jako **miernik, kalibrator, rejestrator, komunikator**, ale również to co jest dla nas najistotniejsze tryb **kalibratora dokumentującego**.

Dzięki MC6 nie musimy już idąc na obiekt zabierać ze sobą uciążliwych protokołów wzorcowania



◀ Kalibrator MC6



◀◀ Oprogramowanie CMX

i wypełniać ich ręcznie. Ograniczamy tym samym możliwość popełnienia błędów, zwiększając wydajność i wygodę. Wyniki są zapisywane w zasadzie nieograniczonej wewnętrznej pamięci kalibratora. MC6 umożliwia szybkie dodanie brakującego punktu na obiekcie wraz z najważniejszymi parametrami oraz procedurą wzorcowania. Ponadto, struktura zakładu utworzona w CMX jest przenoszona do MC6, dzięki czemu można łatwo znaleźć odpowiednią procedurę. Dzięki MC6 nie ma konieczności przeglądania instrukcji obsługi aby sprawdzać w jaki sposób podłączyć kalibrator do urządzenia. Przy uruchomieniu danej procedury kalibrator wyświetla informację w postaci graficznej, gdzie należy podłączyć przyrząd badany.

▶▶  
Przetwornik ciśnienia  
i głowicowy czujnik  
temperatury

## MC6 TO NIE TYLKO KALIBRATOR ALE TAKŻE KOMUNIKATOR I REJESTRATOR

Jeżeli w trakcie wzorcowania inteligentnego przetwornika wykorzystującego np. protokół HART okazało by się, iż jest on poza klasą, dzięki wbudowanemu komunikatorowi bezpośrednio przechodzimy do adiacji urządzenia. Dzięki MC6 nie ma konieczności zabierania dodatkowego urządzenia w postaci komunikatora. MC6 jest komunikatorem trzech najpopularniejszych przemysłowych protokołów komunikacyjnych Hart, Profibus PA oraz Fieldbus. Kalibrator może zasilić urządzenie z każdym wymienionym protokołem bez potrzeby podłączania dodatkowych rezystorów.

▶▶  
Piecze kalibracyjne  
MB i FB



▶  
Tryby pracy MC6

Kalibrator MC6 może służyć także jako rejestrator wielokanałowy. I to nie tylko z posiadanych wejść prądowych, temperatury czy ciśnienia. Może również rejestrować każdy zmienny parametr inteligentnego przetwornika.

## CIŚNIENIE I TEMPERATURA WZORCOWANE AUTOMATYCZNIE

Wysoki poziom automatyzacji możemy uzyskać w przypadku wzorcowania przetworników i czujników temperatury oraz przetworników ciśnienia. Dla przetworników temperatury kalibrator jednocześnie może symulować wartości na jego wejście oraz mierzyć prąd na wyjściu. Ustawiając w procedurze, iż zapis ma być automatyczny po ustabilizowaniu się sygnałów w ciągu 5 sekund wzorcowanie w 5 punktach pomiarowych w górę oraz w dół może zająć jedynie 1 minutę. Działania operatora są ograniczone do naciśnięcia START oraz zapisu wyników.



W przypadku czujników temperatury sytuacja nieco się komplikuje ponieważ niezbędny jest trzeci element w postaci źródła czyli odpowiedniego pieca kalibracyjnego. Jednak i w tym przypadku automatyzacja jest możliwa, ponieważ MC6 może kontrolować pracę takiego pieca. Zgodnie z procedurą, kalibrator poprzez port USB przesyła informację do pieca o konieczności ustawienia określonej temperatury zgodnie z punktem wzorcowania. Następnie oczekuje on na informację zwrotną o ustawieniu i stabilności temperatury. Dopiero na tej podstawie wyniki z wzorca oraz czujnika badanego są zapisywane.



W ofercie Beamex znajdują się dwie serie pieców kalibracyjnych. Pierwszą z nich jest Metrology Temperature Block (MB) o dokładności na poziomie wanny kalibracyjnej, natomiast drugą jest Field Temperature Block (FB) do pracy na obiekcie. Sprawdzając czujnik temperatury z wykorzystaniem któregoś z piecyków do dyspozycji mamy aż trzy rozwiązania:

Jeżeli dokładność pieca kalibracyjnego jest wystarczająca możemy jego pomiary potraktować jako wzorcowe. Nie ma wówczas konieczności stosowania dodatkowego czujnika referencyjnego. Wówczas jako wyniki wzorcowania zapisywany jest odczyt z wewnętrznego czujnika pieca oraz czujnika badanego podpiętego do kalibratora.

W przypadku, gdy dokładność pieca kalibracyjnego jest niewystarczająca, jako wzorca możemy użyć dodatkowego czujnika referencyjnego. Dostępne są platynowe czujniki referencyjne z wbudowaną pamięcią zawierającą wszystkie współczynniki korekcyjne danego czujnika. Kalibrator jako wyniki wzorcowania zapisze wówczas przesłany przez piec poprzez kabel USB odczyt z czujnika referencyjnego oraz czujnika badanego podpiętego do kalibratora.

Ostatnim rozwiązaniem jest podłączenie czujnika referencyjnego do kalibratora. W tym rozwiązaniu żadne informacje z pieca nie są zapisywane. Kalibrator jedynie steruje pracą piecyka i czeka na sygnał o stabilności temperatury. Jako wyniki wzorcowania zapisywane są pomiary z obu kanałów temperatury MC6.



Podobne rozwiązanie oferowane jest przy wzorcowaniu przetworników ciśnienia. W tym zakresie jako urządzenie sterujące zadawanym ciśnieniem wykorzystać możemy precyzyjny regulator kalibracyjny POC6. Wraz z zewnętrznym źródłem ciśnienia np. butlą ze sprężonym azotem mamy możliwość przeprowadzenia w pełni automatycznego wzorcowania. I w tym przypadku kalibrator będzie sterował regulatorem co do kolejnych wartości zadawanego ciśnienia.



## CMX – WYBRANE FUNKCJE DODATKOWE

Po przeprowadzeniu wszystkich wzorcowań możemy ich wyniki przestać z powrotem do bazy CMX, gdzie zostaną zapisane. Od tej chwili w dowolnym momencie, gdy tylko będzie to konieczne możemy wydrukować gotowe świadectwo zgodnie z wcześniej przygotowanym szablonem. Posiadając wszystkie wyniki wzorcowań w jednym miejscu, oprogramowanie umożliwia przeprowadzenie szeregu analiz dla każdego z urządzeń, np. analizy trendu historycznego. Dzięki temu narzędziu jest możliwość dokładnego zdefiniowania dla poszczególnych urządzeń czasookresu między kolejnymi wzorcowaniami, kolejny raz pozwalając zaoszczędzić czas jak i obniżyć koszty. Z jednej strony gdy dane urządzenie zachowuje swoje parametry i jest bardzo stabilne podczas kolejnych sprawdzeń, wzorcowanie można wykonać rzadziej. Z drugiej strony gdy któreś z urządzeń będzie wymagało częstszych wzorcowań, nie dojdzie do znacznego przekroczenia jego parametrów granicznych – w szczególności w przypadkach gdy w grę wchodzi życie lub zdrowie człowieka lub ochrona środowiska. Analiza trendu pozwala jeszcze na jedną istotną rzecz tym razem w stosunku do producenta lub dostawcy aparatury pomiarowej. Możliwe jest bowiem **sprawdzenie czy deklarowany przez producenta maksymalny dryft mieści się w deklarowanych granicach**. Na tej podstawie można określić czy zastosowane urządzenie jest odpowiednie dla danej aplikacji.



Funkcja projektowania raportów (report design) umożliwia tworzenie szablonów wydruków świadectw wzorcowania, dowolnych raportów i wydruku etykiet (naklejek) na urządzenia, które właśnie zostały wywzorcowane.

System CMX jest przygotowany do pracy w przemyśle, gdzie występują wysokie wymagania i regulacje do spełnienia – w szczególności przemysłu farmaceutycznego. CMX spełnia wymogi FDA (21 CFR Part 11), GMP/GAMP, ISO 17025.

Na koniec chyba najważniejsza kwestia – **System CMX można integrować z innymi systemami nadrzędnymi jak SAP czy Maximo**. Gdy struktura zakładu istnieje już w innym nadrzędnym systemie zarządzania (CMS) np. SAP, nie ma konieczności tworzenia jej od podstaw w CMX. Możemy wykorzystać funkcjonalność oprogramowania CMX w zakresie komunikacji i wymiany danych z takim systemem.

## ZINTEGROWANY SYSTEM ZARZĄDZANIA WZORCOWANIA – DLA KOGO?

Zintegrowany System Zarządzania Wzorcowania to połączenie oprogramowania kalibracyjnego CMX oraz wielofunkcyjnego kalibratora (modele MC4, MC5 lub MC6) oraz innych przyrządów dostosowanych do specyfiki procesu wzorcowania (np. piece kalibracyjne czy regulatory ciśnienia). Warto przy tym zaznaczyć, że elastyczność systemu pozwala na dopasowanie go do zakładów o różnej wielkości i organizacji. Możliwe jest to dzięki temu, że oprogramowanie CMX występuje w 3 różnych wersjach – Light, Professional i Enterprise, a kalibratory wielofunkcyjne mają budowę modułową. Niezależnie jednak od wersji oprogramowania i wyposażenia kalibratora, Zintegrowany System Zarządzania Wzorcowania polecany jest w szczególności:

- zakładom muszącym spełniać wysokie wymagania regulacyjne
- gdy obecne procedury wzorcowania wymagają dużo pracy ze względu na ich skomplikowanie, dużą liczbę przyrządów do wzorcowania i uciążliwy nadzór nad nimi
- gdy większość przyrządów w zakładzie musi być wzorcowana w stałym okresie ze względu na wymagania, bezpieczeństwo lub jakość
- jeśli przyrządy wzorcowane muszą spełnić wiele wymagań, takich jak: tolerancja, bezpieczeństwo, czy jakość, szczególnie kiedy jedno wymaganie jest bardziej surowe niż inne
- zakładom, w których rozbudowany personel musi koordynować prace dotyczące wzorcowania czy przeglądania wyników.



### Sławomir Kowalczyk

ukończył wydział Automatyki Elektroniki Informatyki Politechniki Śląskiej w Gliwicach, Specjalność Systemy Pomiarowe. Po studiach przez 5 lat pracował jako konstruktor w firmie FAMAK S.A. w Kluczborku. W Introlu pracuje od 17 lat z czego od 2000 r. na stanowisku kierownika działu kalibratorów.

tel. 32 789 00 80



Regulator POC6



Analiza trendu historycznego

## Szkolenie PLC cz. 6

# Regulacja PID z wykorzystaniem sterownika SG2

Nasz cykl szkoleń dotyczących obsługi i programowania sterowników PLC już w poprzednim wydaniu wszedł w obszar stosowania przekładników TECO SG2 w praktyce. Tym razem przedstawiamy zagadnienie wykorzystania sterownika PLC jako konfigurowalnego regulatora PID.

### REGULACJA PID

Na początku przypomnijmy sobie zasady działania algorytmu PID (ang. *proportional-integral-derivative*), czyli algorytmu proporcjonalno-całkująco-różniczkującego. Jest to algorytm zaszyty w ogromnej ilości regulatorów, które sterują różnorodnymi procesami we wszystkich gałęziach współczesnego przemysłu. Różne źródła podają mniej lub bardziej rozbieżne dane dotyczące jego zastosowania, jednakże można przyjąć, że procentowy udział regulatorów typu PID w światowym przemyśle jest znaczący i wynosi około 90%. Widzimy więc, jak dużą rolę odgrywa regulacja PID w automatyce.

Objaśnienie nazwy algorytmu jest jednocześnie objaśnieniem zasady działania regulatora. Wyjście sterujące procesem określane jest jako superpozycja każdego z członów zawartych w nazwie, czyli kolejno członu proporcjonalnego, całkującego oraz różniczkującego. Wymienione działania dotyczą operacji na sygnałach wejściowych algorytmu, który przeważnie stanowi tzw. uchyb regulacji, czyli różnicę pomiędzy wartością zadaną (ang. *set point* – SP), a zmienną procesową (ang. *process value* – PV). Każdy z wymienionych członów odpowiedzialny jest za konkretne działania. Człon proporcjonalny kompensuje uchyb bieżący, a człon całkujący zapewnia eliminację uchybu statycznego. Natomiast człon różniczkujący o działaniu wyprzedzającym gwarantuje szybkość regulacji w przypadku skokowych zmian wartości zadanej, a także ogranicza zbyt gwałtowne zmiany wartości procesowej, a co za tym idzie, ogranicza zmiany sygnału uchybu, co może wpłynąć na stabilizację układu regulacji. Odpowiedni dobór parametrów regulatora stanowi podstawowy problem z którym borykają się automacyści od momentu powstania teorii regulacji, jednakże istnieje wiele metod, które w mniejszym lub większym stopniu pomagają w procesie strojenia, a nowoczesne regulatory są bardzo często wyposażone w funkcję auto-tuningu.

Na temat regulacji PID powstało wiele artykułów, publikacji a nawet rozpraw doktorskich, co może świadczyć o potencjale i poziomie skomplikowania tego zagadnienia. Jednakże w szkoleniu tym, postaramy się w sposób bardzo prosty przybliżyć czytelnikowi zarówno sposób tworzenia pętli regulacji jak i sam proces parametryzacji algorytmu.

### ALGORYTM PID W STEROWNIKU SG2

Najnowsza wersja przekładników programowalnych SG2, wyposażona została w instrukcję, która

$\Delta y = K_p ((e_n - e_{n-1}) + \frac{T_s}{T_i} e_n + D_n)$ , gdzie  $e_n$  oznacza wartość uchybu w kroku  $n$

$$D_n = \frac{T_d}{T_s} (2PV_{n-1} - PV_n - PV_{n-2})$$

$$y = \sum \Delta y$$

realizuje algorytm PID według poniższej zależności matematycznej:

Zależność funkcyjna sygnału wyjściowego od wejściowego została przedstawiona w taki sposób, aby łatwo można było określić jak wyznaczany jest przyrost wartości sterującej. Jednak powyższe dyskretny wzory realizują dokładnie ten sam algorytm co ciągła, tradycyjna forma regulatora, przedstawiona poniżej.

$$y(t) = K_p' (e(t) + \frac{1}{T_i'} \int_0^t e(\tau) d\tau + T_d' \frac{d}{dt} e(t))$$

Zależności pomiędzy nastawami regulatora ciągłego i dyskretnego przedstawiają się natomiast następująco:

$$K_p' = K_p$$

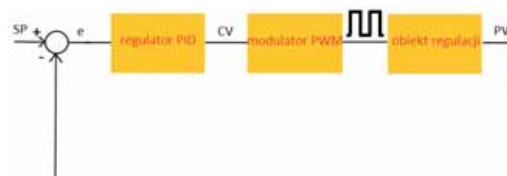
$$T_i' = \frac{T_i}{T_s}$$

$$T_d' = \frac{T_d}{T_s}$$

Widzimy więc, iż niezależnie od postaci matematycznej regulatora (dyskretny lub ciągły), realizowany jest ten sam algorytm.

### PĘTLA SPRZĘŻENIA ZWROTNEGO

Aby można było mówić o regulacji procesem według algorytmu PID, należy w odpowiedni sposób skonstruować cały układ sterowania. W zależności od aplikacji, regulator może być wykorzystany w tzw. pętli otwartej lub zamkniętej. Jednak z punktu widzenia regulacji stałowartościowej, zajmiemy się tylko regulacją w pętli zamkniętej, czyli pętli ze sprzężeniem zwrotnym. Na ilustracji 1 przedstawiony został schemat blokowy analizowanego układu regulacji.



Sygnał pomiarowy z przetwornika wartości procesowej (w tym przypadku jest to temperatura), porównywany jest z wartością zadaną procesu – w ten sposób otrzymywany jest wyżej wspomniany uchyb regulacji ( $e$ ), na podstawie którego wyznaczany jest chwilowy sygnał wyjściowy regulatora CV. Dla uproszczenia przyjmujemy, iż sygnał ten zmienia się w zakresie 0÷100%, gdyż jego fizyczna realizacja może przyjmować różne formy, w zależności

Wzór algorytmu PID w formie ciągłej

Transformacja nastaw regulatora ciągłego i dyskretnego

Ilustracja 1  
Stałowartościowy układ regulacji oparty o regulator PID oraz modulator szerokości

Dyskretna zależność wyjściowa algorytmu PID



od wybranego standardu (sygnał prądowy w zakresie 0÷20 mA, 4÷20mA, sygnał napięciowy 0÷10 V itd.). Wartość wyjściowa algorytmu, zwana wartością sterującą jest z założenia sygnałem wielostanowym. W przypadku regulatorów mikroprocesorowych lub sterowników PLC, sygnał ten jest konwertowany bezpośrednio poprzez przetwornik CA z postaci cyfrowej na postać analogową, fizyczną. Mówimy wtedy o ciągłym sygnale sterującym, ograniczonym jednak przez parametr jakim jest rozdzielczość przetwornika wyjściowego. Zaletą takiego sygnału sterującego jest dokładność oraz zdecydowanie lepsza jakość regulacji w porównaniu do regulatora dwupołożeniowego, w którym wartość sterująca może przyjmować tylko jeden z dwóch określonych stanów. W naszym przypadku zastosowany został kompromis pomiędzy dokładną regulacją, ciągłym sygnałem analogowym a zdecydowanie prostszym sterowaniem dwupołożeniowym w postaci układu zbudowanego z regulatora PID oraz tzw. modulatora szerokości impulsów PWM (ang. *Pulse Width Modulation*). Modulator jest urządzeniem, które zamienia ciągły sygnał analogowy (lub cyfrowy w obrębie cyfrowego systemu sterującego, w momencie kiedy zarówno regulator i modulator są urządzeniami cyfrowymi) na sygnał dwustanowy, prostszy i zdecydowanie bardziej popularny w sterowaniu przede wszystkim obciążeniami rezystancyjnymi niskich i średnich mocy. Sterowanie takimi układami polega na okresowym podawaniu zasilania do układu (najczęściej poprzez przełączniki półprzewodnikowe) przez czas określany przy pomocy algorytmu PID. Zasada działania jest następująca: sygnał wyjściowy algorytmu, podawany jest na wejście modulatora. W zależności od poziomuysterowania regulatora PID, zmieniającego się w zakresie 0÷100%, modulator stanowi zwarcie lub przerwę przez czas określony w parametrze jakim jest okres cyklu. Przykładowo, w sytuacji gdy okres cyklu modulatora wynosi 3 sekundy a wyjście regulatora PID 25%, przełącznik stanowi zwarcie przez 0,75 sekundy ( $0.25 \cdot 3$ ). Przez pozostały czas cyklu, czyli przez 2,25 sekundy, przełącznik stanowi przerwę w układzie zasilania elementów wykonawczych (w przypadku naszego układu są to elementy grzejne, rezystancyjne). Ostatecznie sterowanie czasem otwarcia wyjścia przełącznika skutkuje modyfikacją wartości skutecznej napięcia zasilającego, a co za tym idzie, modyfikacji ulega także moc układu. To z kolei wpływa na możliwość doprowadzenia wartości procesowej (u nas - temperatury), do zadanego poziomu.

## PARAMETRIZACJA REGULATORA PID W STEROWNIKU SG2

Na ilustracji 2 (po prawej) przedstawiony został ekran konfiguracyjny regulatora PID. Wśród koniecznych do określenia parametrów znajdują się:

- SV** – (ang. *Set Point Variable*), czyli wartość zadana procesu. Regulator wymusza na procesie dążenie do jej osiągnięcia,
- PV** – (ang. *Process Variable*), czyli aktualna wartość pomiarowa zmiennej procesowej,
- $T_s$**  – czas próbkowania, będący jednocześnie interwałem czasowym obliczania kolejnych wartości sterujących regulatora,
- $K_p$**  – wzmocnienie regulatora,
- $T_i$**  – stała całkowania, określająca dynamikę członu całkującego,
- $T_d$**  – stała różniczkowania, wyznaczająca dynamikę członu różniczkującego.

Zakres wyjścia regulatora zmienia się w przedziale <-32768 : 32767>, co stanowi wspomniane wyżej 0÷100%. Ze względu na stosunkowo duży przedział CV, parametry regulatora określone są w następujący sposób:

$$T_s(1 - 32767 \cdot 0.01 \text{ sek.})$$

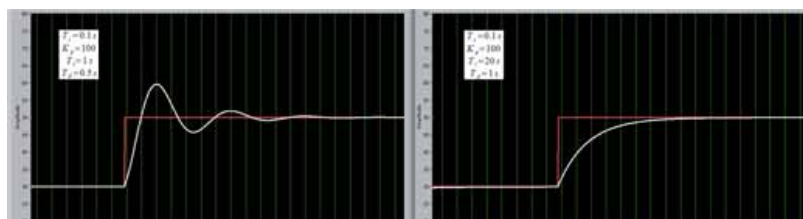
$$K_p(1 - 32767)$$

$$T_i(1 - 32767 \cdot 0.1 \text{ sek.})$$

$$T_d(1 - 32767 \cdot 0.01 \text{ sek.})$$

Istnieje wiele metod wyznaczania parametrów odpowiednich dla konkretnego obiektu regulacji, jednak w przypadku każdej z nich należy pamiętać o podstawowym zakresie zmienności wyjścia regulatora, żeby określić je w sposób poprawny. Istotny jest także odpowiedni wybór źródła wartości zadanej SP oraz wartości procesowej PV (w analizowanym układzie wartość zadana jest stała i wynosi 30°C, natomiast wartość procesowa pochodzi z przetwornika (wejścia) analogowego A01). W zależności od rodzaju przetwornika pomiarowego oraz jego zakresu, konieczne może być przeliczenie sygnału na określoną wartość pomiarową zmiennej procesowej. Pomocne mogą okazać się dodatkowe instrukcje sterownika SG2 takie jak dodawanie, odejmowanie (instrukcja **AS**) oraz dzielenie i mnożenie (instrukcja **MD**). W takim przypadku, źródłem wartości procesowej będzie jeden z rejestrów przechowujących wyniki powyższych działań.

Bazując na schemacie z ilustracji 1, stworzony został testowy układ regulacji. Obiekt regulacji składał się ze źródła ciepła (żarówka) i rezystancyjnego czujnika temperatury PT100. Regulator PID wraz z modulatorem PWM, stworzony został w sterowniku SG2. Poniżej przedstawione zostały przebiegi czasowe wartości procesowej w odpowiedzi na skok wartości zadanej z poziomu  $SP_1 = 30^\circ\text{C}$  na  $SP_2 = 50^\circ\text{C}$ , dla dwóch różnych zestawów nastaw PID.



Jak można wywnioskować z ilustracji 3, wydłużenie czasu całkowania a także minimalne zwiększenie czasu różniczkowania, wpływa stabilizująco na układ. Poprawiają się wskaźniki jakości regulacji dotyczące zarówno czasu regulacji jak i minimalizacji przeregulowania. Z pewnością możliwe byłoby jeszcze bardziej optymalne wyznaczenie nastaw regulatora, jednakże należy zastanowić się nad celowością takiego działania. Wskaźniki jakości tworzone są indywidualnie dla każdego procesu, dlatego też jeśli dane parametry PID spełniają konkretne założenia, nie ma konieczności dalszych modyfikacji.

Na koniec należy pamiętać o tym, że w przypadku rzeczywistych obiektów regulacji, nastawy poprawnie określone dla jednego punktu pracy, niekoniecznie muszą być odpowiednie dla innego. Jest to związane z bardzo często występującą, nieliniową charakterystyką statyczną obiektów.

◀ Zakresy parametrów regulatora

▼ Ilustracja 2  
Instrukcja PID



▶ Ilustracja 3  
Odpowiedzi czasowe układu regulator + obiekt

Szkolenie prowadzi:  
**Dominik Szewczyk**



tel.: 32 789 00 13

# Rodzina detektorów

**BW**  
Technologies  
by Honeywell

Wear yellow. Work safe.

## GasAlert



GasAlertMicro 5 Series



GasAlertMax XT II



GasAlertQuattro



GasAlertMicroClip XT



GasAlertClip EXTREME



GasAlertEXTREME



**ZABEZPIECZ SIĘ W PRACY!**

**ZAMÓW JUŻ DZIŚ.**

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

kontakt bezpośredni:

tel.: 32 789 00 66

e-mail: [kkucharowska@introl.pl](mailto:kkucharowska@introl.pl)

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

**introl**

automatyka i pomiary

w przemyśle niezastąpieni