

Podkontrola

automatyka i pomiary

nr 3/2008 (5)

w numerze:

akademia automatyki:

**Regulacja w oparciu
o parametry PID – cz.2**

dobra praktyka:

**Czy to jest już czyste? My potrafimy odpowiedzieć!
Analizatory wody i ścieków.**

temat wydania:

**Przepływ cieczy, pary i gazów
– zadanie dla przepływomierzy wirowych**



nr 03/2008 (5)

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

redakcja
Paweł Głuszek
Bogusław Trybus
Rafał Skrzypiciel



Szanowni Państwo

Lato przynosi kolejny już numer naszego magazynu „Pod kontrolą”. Mamy nadzieję, że mimo pogody zachęcającej do spacerów na powietrzu, znajdą Państwo odrobinę wolnego czasu aby zapoznać się z najnowszymi informacjami na temat szeroko pojmowanej automatyki przemysłowej.

Przepływ to jedna z podstawowych własności, która w obecnych czasach podlega pomiarom i kontroli. Przepływ jako podstawowe pojęcie mechaniki płynów, w praktyce dotyczy także pary oraz różnych gazów wykorzystywanych w niemal każdej gałęzi przemysłu. Rynek automatyki oferuje kilka podstawowych metod pomiaru i tym samym kilka głównych typów aparatury. Mamy zatem rurki spiętrzające, stożki spiętrzające, przepływomierze kryzowe, ultradźwiękowe, elektromagnetyczne, wirowe, masowe (Coriolisa i termiczne), objętościowe i inne. Prezentacja jednego z tych typów – przepływomierzy wirowych (Vortex) – jest „Tematem Wydania” najnowszego numeru. Autorka artykułu skupia się na przedstawieniu teoretycznych założeń działania przepływomierzy wirowych, ich głównych elementów konstrukcyjnych oraz prezentuje najbardziej popularne modele. W kolejnych numerach „Pod kontrolą” omówimy także pozostałe typy przepływomierzy wykorzystywanych w przemyśle.

W połowie maja, w Bydgoszczy, odbyły się targi WOD-KAN 2008. Jako wystawcy, prezentowaliśmy na nich między innymi analizatory wody i ścieków. Z uwagi na rosnącą świadomość potrzeby dbania o środowisko naturalne oraz coraz bardziej restrykcyjne regulacje Unii Europejskiej, w całym kraju powstają nowe oczyszczalnie ścieków, stacje uzdatniania wody i inne przedsięwzięcia branży wodno-kanalizacyjnej. To głównie z myślą o tych, dla których kluczowe znaczenie ma jakość wody, jej chemiczne składniki oraz ich pomiar i kontrola, w dziale „Dobra praktyka”, autor artykułu omawia najważniejsze cechy analizatorów marki TETHYS INSTRUMENTS.

„Akademia Automatyki” to druga część wykładu na temat regulatorów PID. Pierwsza część – opublikowana w poprzednim numerze „Pod kontrolą” – przedstawiała historię rozwoju regulatorów oraz wyjaśniała znaczenie najważniejszych pojęć. Tym razem autor koncentruje się na praktycznym znaczeniu poszczególnych parametrów P, I, D oraz na metodach nastaw regulatorów.

Na zakończenie przypominamy, iż aby otrzymywać bezpłatny magazyn „Pod kontrolą” wystarczy skontaktować się z nami pod adresem e-mail introl@introl.pl lub dokonać subskrypcji bezpośrednio na stronie magazynu: www.podkontrola.pl.

Życzę udanej lektury

Jerzy Janota

Wiceprezes Zarządu Introl Sp. z o.o.

spis treści

aktualności	str. 3
nowe produkty	str. 4
temat wydania przepływ cieczy, pary i gazów – zadanie dla przepływomierzy wirowych	str. 6
dobra praktyka czy to jest już czyste?	str. 8
akademia automatyki regulacja oparta o parametry PID – cz. 2	str. 10

Nagroda dla Introlu

Dział pomiarów przepływu kolejny rok z rzędu otrzymał wyróżnienie za wyniki sprzedażowe przepływomierzy firmy FCI. Amerykański producent najwyższej jakości przepływomierzy termicznych ponownie docenił nasze starania. Otrzymanie wyróżnienia nie byłoby możliwe gdyby nie fakt, iż przepływomierze marki FCI cie-



szą się coraz większym zainteresowaniem polskiego rynku, znajdując zastosowanie w wielu branżach przemysłu. Jesteśmy przekonani, że z uwagi na wysoką jakość wykonania, połączoną z łatwością instalacji oraz niskim kosztem zakupu i eksploatacji, urządzenia marki FCI będą nadal spotykały się z zainteresowaniem polskiego przemysłu, mierząc przepływ powietrza i gazów wszędzie tam gdzie taki pomiar jest wskazany.

Grupa Introl większa o kolejną spółkę

W dniu 16 kwietnia 2008 roku została zawarta umowa inwestycyjna dotycząca nabycia przez INTROL S.A. udziałów w spółce Zakład Projektowania Technologii i Automatyki PRO-ZAP sp. z o.o. w Ostrowie Wielkopolskim oraz podwyższenia kapitału zakładowego w PRO-ZAP sp. z o.o.

PRO-ZAP sp. z o.o. oferuje usługi w zakresie automatyzacji procesów przemysłowych, koncentrując swoje działania na projektowaniu i dostawie systemów automatyki przemysłowej dla oczyszczalni ścieków, stacji uzdatniania wody i in-

nym przedsiębiorstwach branży wodno-ściekowej.

Tym samym Grupa Introl obejmuje już 13 spółek z branży automatyki przemysłowej, zapewniając kompleksowość świadczonych usług w zakresie kontroli i automatyzacji procesów technologicznych.



Rejestrator VR 06 „PRODUKTEM ROKU 2007”

Miło na poinformować, że w tegorocznym konkursie magazynu „Napędy i Sterowanie” rejestrator wideograficzny VR 06 otrzymał tytuł Produktu Roku 2007.

Nasz rejestrator głosami Czytelników oraz sześciosobowego jury pod przewodnictwem prof. zw. dr. hab. inż. Ryszarda Tadeusiewicza, kierownika Katedry Automatyki Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, został uznany za najlepszy produkt w zakresie urządzeń pomiarowych i czujników.



Jako jedyny w kraju dystrybutor rejestratorów marki BRAIN-CHILD, cieszy nas fakt, iż VR06 dzięki rozbudowanemu zakresowi swoich funkcji oraz atrakcyjnej cenie, spotkał się z uznaniem zarówno użytkowników jak i kadry akademickiej.

Z okazji otrzymania wyróżnienia, na każdy VR 06 i VR 18 udzielamy **10% rabatu**. Szczegóły na naszej stronie internetowej.



Targi targi i po targach

Okres wiosenny od lat związany jest z dużą aktywnością targową całej branży automatyki przemysłowej. Tego roku uczestniczyliśmy w dwóch targach, na których prezentowaliśmy swoją bogatą ofertę urządzeń kontrolno-pomiarowych i systemów automatyki przemysłowej.



W kwietniu byliśmy na AUTOMATICONIE, w maju natomiast zawitaliśmy do Bydgoszczy na targi WOD-KAN 2008.

Targi AUTOMATICON 2008 były okazją do prezentacji naszej szerokiej oferty urządzeń przeznaczonych dla różnych branż, nie tylko przemysłu. Targi WOD-KAN 2008 dały nam możliwość przedstawienia rozwiązań dla przedsiębiorstw branży wodno-kanalizacyjnej.

Miniaturowy moduł CO₂ dla aplikacji OEM/HVAC serii EE89

Firma E+E Elektronik wprowadziła do swojej oferty serię miniaturowych modułów EE89 do pomiaru stężenia CO₂. Nowe moduły zostały specjalnie zaprojektowane dla aplikacji OEM i HVAC. Technologia pomiaru oparta jest na technologii podczerwieni (NDIR). Czujniki przetworników serii EE89 nie starzeją się i nie wymagają kalibracji, ponieważ zawierają funkcję autokalibracji. Cyfrowe wyjście umożliwia proste odczytywanie danych w systemie komputerowym.

- bezobsługowy
- autokalibracja
- wysoka dokładność
- długoterminowa stabilność
- interfejs cyfrowy

zastosowanie: aplikacje HVAC

o wysokich wymaganiach, zarządzanie budynkami, aplikacje OEM

czujnik CO₂: technologia nierozszczepialnej podczerwieni (NDIR)

zakres pracy: 0÷2000ppm, 0÷5000ppm

dokładność: w 20°C i 1013bar:

0÷2000ppm ± (50ppm + 2% wartości pomiarowej);

0÷5000ppm ± (50ppm + 3% wartości pomiarowej)

próbkowanie: około 15s

wyjście: cyfrowy interfejs E2

zasilanie: 4.75÷7.5 V DC

warunki pracy: -10÷50°C; 5÷95% RH; 85÷110kPa

warunki magazynowania: -25÷60°C; 5÷95% RH; 70÷110kPa



analiza gazów

Pirometr do pomiaru temperatury spalin LAND CDA

Specjalistyczny pirometr, który w odróżnieniu od wszystkich pozostałych w ofercie pirometrów, przeznaczony jest do pomiaru temperatury gazu – cząsteczek CO₂. Pirometr mierzy temperaturę maksymalną wzdłuż pola widzenia, a zatem jest znacznie dokładniejszy od termoelementów, które z uwagi na trwałość osłon (często kilka miesięcy) zazwyczaj instaluje się zaraz przy ścianie bocznej. W praktyce wszystkie termoelementy (często również osłony termoelementów) muszą być wymieniane na nowe co 3-6 miesięcy, co powoduje, że koszt zakupu pirometru zwraca się całkowicie po 1-2 latach eksploatacji. Pirometr posiada również minimalną bezwładność wskazań (1 sekunda) co pozwala na znaczne poprawienie procesu sterowania kotłem. Warunki stosowania: koncentracja CO₂ powyżej 5%, temperatura spalin minimum 600 °C, odległość od przeciwległej ściany kotła minimum 5 m.

- pomiar temperatury cząsteczek CO₂
- zakres 400÷1800 °C
- dokładność 0,5 % wartości zmierzonej
- niezawodność i trwałość urządzenia

Pirometry stosowane są w elektrociepłowniach, ciepłowniach, elektrowniach oraz spalarniach śmieci (główne zastosowanie w UE).



pomiary temperatury – pirometry

Panele operatorskie HMI 201 oraz HMI 401

Panele operatorskie HMI 201 oraz HMI 401 to nowa propozycja firmy BrainChild Electronic Co., Ltd. Dostępne są rozmiary 16 x 2 linijki (panel tekstowy) oraz 4.1" do 12.1" (panel graficzny). Panele posiadają wsparcie do popularnych sterowników PLC oraz protokołów transmisji. Oprócz typowych dla paneli funkcji rejestracji (bargraf, linie trendów, alarmy) i animacji, wyświetlania i wprowadzania danych, posiadają również funkcję sterownika programowalnego poprzez możliwość programowania w języku drabinkowym LAD. Język programowania wspiera zaawansowane funkcje matematyczne zmienno-przecinkowe.



- do 65535 ekranów dla każdego projektu, okna typu pop-up
- obsługa zmiennej przecinka
- rejestry dla zegara czasu rzeczywistego
- unikalna baza Tag dla rejestrów HMI i PLC
- 256 alarmów czasu rzeczywistego oraz 30 lub 2000 alarmów historycznych
- gotowe obiekty (lampki, przyciski, wyświetlanie danych, trend, alarmy i inne obiekty graficzne)
- kilka języków dostępnych dla operatora
- współpraca z wieloma sterownikami PLC
- rejestracja: bargraf, linie trendów i alarmy
- predefiniowane akcje dla graficznych obiektów
- darmowe oprogramowanie konfiguracyjne dla PC

rejestracja i wizualizacja

Humimap 20

Wielokanałowy system pomiaru wilgotności względnej, temperatury, punktu rosy i wilgotności bezwzględnej

Dokładny pomiar wilgotności i temperatury w wielu punktach jest kluczowym elementem zapewnienia jakości pracy nowoczesnych komór klimatycznych. Nowy system pomiarowo – rejestracyjny (opcja) E+E Elektronik – Humimap 20 został zaprojektowany specjalnie do tego celu. Zaletą systemu jest jego architektura modułowa tzn. użytkownik może połączyć ze sobą wymaganą w aplikacji ilość modułów pomiaru wilgotności i temperatury. System Humimap 20 oprócz pomiaru wilgotności i temperatury oblicza również takie jednostki jak:

- temperatury punktu rosy,
- skład mieszanki i wilgotność bezwzględną.

Główne cechy:

- wyświetlacz lokalny, wartości MIN, MAX,
- obliczanie parametrów h, r, dv, Tw, Td, Tf, e,
- maksymalnie 32 kanały pomiarowe,
- zdalna sonda pomiarowa do 20 m (wymienialna),
- oprogramowanie do rejestracji i analizy danych,
- **zakres pomiarowy:** 0÷100% RH; -40÷180°C,
- **wyjścia:** RS485 / RS232,
- **dokładność:** ±1% RH (specjalna kalibracja), min 0,2°C ±2% RH (standardowa kalibracja); min 0,2°C,
- **zasilanie:** 90÷250V AC (50/60 Hz),
- **osłona czujnika:** siateczka metalowa do 180°C.

pomiary wilgotności i punktu rosy



Przetwornik różnicy ciśnień dla ciśnienia statycznego do 1035 bar!

Firmy zajmujące się wydobywaniem ropy i gazu, starając się zaspokoić popyt, zmuszone są do poszukiwania surowców wykonując coraz głębsze odwierty. Tradycyjne przetworniki różnicy ciśnień nie są przystosowane do pracy powyżej 6000 PSI (414 bar) i pojawiają się trudności, gdy zachodzi potrzeba działania przy wyższym ciśnieniu. Aby sprostać temu wyzwaniu, potrzebne jest rozwiązanie zaprojektowane specjalnie do pracy z wyższym ciśnieniem statycznym, agresywnym procesem i czynnikami środowiskowymi.

Korzystając z doświadczenia w dostarczaniu przetworników do takich wymagających zastosowań, Fuji Electric France z dumą ogłosiła wypuszczenie na rynek najnowszego przetwornika różnicy ciśnień, będącego bezpośrednią odpowiedzią na zapotrzebowanie klientów. Nowy przetwornik został specjalnie skonstruowany do pracy przy wyższym ciśnieniu, jakie tradycyjnie można spotkać w sektorze pomiaru przepływu ropy i gazu.

Doświadczenie, wiedza i możliwości inżynierów Fuji Electric pozwoliły na stworzenie urządzenia, które może dokonać pomiaru różnicy ciśnień rzędu 130 mbar przy ciśnieniach statycznych do 1035 bar (15 000 Psi). Nowy przetwornik różnicy ciśnień jest unikalnym rozwiązaniem, którym zainteresowanym może być głównie rynek petrochemiczny.



pomiary ciśnienia

Piece kalibracyjne serii Microcal TCS

MicroCal TCS to seria pieców kalibracyjnych z wymiennymi wkładami, doskonale nadających się do kalibracji i sprawdzenia czujników rezystancyjnych i termoparowych. Jedną z podstawowych zalet urządzeń serii Microcal TCS jest fakt, iż w razie potrzeby piec (model TCS 140) może zostać zmieniony w wannę kalibracyjną. Odbywa się to poprzez wymianę wkładu suchego na pojemnik na płyn.

Wanna kalibracyjna wykorzystywana może być do wzorcowania czujników temperatury o nietypowych kształtach i np. czujników szklanych. Piece kalibracyjne serii Microcal TCS znajdują zastosowanie w branży spożywczej, przemśle energetycznym, elektrociepłowniach i laboratoriach.



kalibratory

Nowa wersja przepływomierza ST98

W naszej ofercie pojawiła się nowa wersja przepływomierza termicznego ST98 o oznaczeniu ST98HT. Przepływomierz przeznaczony jest do pomiaru przepływu gorących gazów o temperaturze do 454°C.

Dzięki wprowadzeniu nowego modelu FCI, INTRON posiada większy



zakres przepływomierzy termicznych przeznaczonych do pracy w wysokich temperaturach, niż jakiegokolwiek inny producent.

pomiary przepływu

Przepływ cieczy, pary i gazów – zadanie dla przepływomierzy wirowych

Pomiary przepływu mają długą tradycję, sięgającą 5 000 lat p.n.e. Jednak dopiero na przestrzeni ostatnich kilku dekad zaobserwować można szczególnie znaczący rozwój tej techniki pomiarów.

Chociaż tradycyjne urządzenia pomiarowe, jak np. przepływomierze turbinkowe i kryzowe są powszechnie wciąż stosowane, to dostępne są już mierniki, w których wykorzystano zaawansowane technologie. Dają one użytkownikowi możliwości uzyskania znacznie więcej informacji niż tylko pomiar przepływu, w dodatku niejednokrotnie bywając rozwiązaniami tańszymi. Takimi urządzeniami pomiarowymi są przepływomierze wirowe.

Trochę historii, a więc o rozwoju przepływomierzy wirowych

Pierwsze przepływomierze wirowe ukazały się na rynku amerykańskim i japońskim na początku lat siedemdziesiątych. Głównymi ich zaletami były stosunkowo mała strata ciśnienia na przepływomierzu, szeroki zakres temperatury mierzonego czynnika oraz brak części ruchomych. W początkowej fazie rozwoju tego typu przepływomierzy, ze względu na ograniczone możliwości ówczesnej elektroniki, główny nacisk kładziono na jakość przetwarzania sygnału pomiarowego. W późniejszym okresie więcej uwagi poświęcono samym generatorom wirów ścieżki von Karmana, koncentrując się na tym aby generowany sygnał miał względnie dużą amplitudę oraz by generowana częstotliwość wirów zachowywała proporcjonalność do prędkości przepływu płynu. Współczesny rynek przepływomierzy wirowych oferuje szeroki wachlarz urządzeń, zróżnicowanych pod względem sposobu detekcji ścieżki wirowej (metoda piezoelektryczna, ultradźwiękowa), sposobu zabudowy przepływomierza (pomiaru uśrednionego profilu prędkości lub prędkości lokalnej), jak i odmian wyposażonych w dodatkowe czujniki temperatury, pozwalające określić gęstość płynu, a docelowo strumień masy płynu.

Obecnie, liczne zalety przepływomierzy wirowych i wysokie standardy ich produkcji decydują o tym, że stają się one coraz powszechniejszymi, przemysłowymi miernikami natężenia przepływu, będąc elementami składowymi systemów automatycznej kontroli i sterowania w różnych układach technologicznych.

Jak one działają?

Przepływomierze wirowe wykorzystują zjawisko powstawania wirów za przeszkodą umieszczoną w strumieniu przepływu. Mierzą one częstotliwość wywołanych przez ścieżkę

wirową pulsacji ciśnienia w płynie. Ścieżka ta wytwarzana jest przez generator wirów umieszczony w strudze płynu. Struga, napotykając ciało, rozdziela się. Istnienie warstwy przyściennej powoduje, że płyn w bezpośrednim sąsiedztwie ciała porusza się wolniej niż w warstwach zewnętrznych. Na powierzchni opływającego ciała (po obu stronach) następuje oderwanie warstwy przyściennej. Dla małych wartości liczby Reynoldsa (Re), charakterystycznych dla opływu, warstwy łączą się ponownie praktycznie zaraz za opływającym kształtem. Przy wzroście wartości liczby Re w odrywającej się warstwie przyściennej pojawiają się wiry. Następujące po sobie w jednoczesnych odstępach czasu, raz z jednej, raz z drugiej strony wiry, tworzą ścieżkę wirową określaną również jako ścieżka wirowa von Karmana.

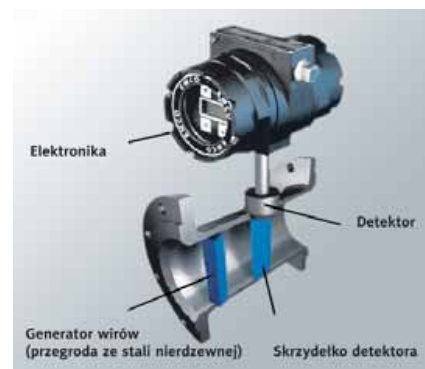
Wiry powstające w wyżej opisany sposób są nieregularne. Wystarczy jednak aby opływający element miał niewielkie wymiary poprzeczne aby odrywające się z jednej jego strony wiry, stwarzały dobre warunki do powstawania wiru po przeciwnej stronie opływającego ciała. Wpływa to na zwiększenie stabilności i trwałości wytworzonej formacji wirowej, która składa się z szeregu wirów odrywających się w równych odstępach czasu raz z jednej, a raz z drugiej strony elementu nieopływowego. Stabilna ścieżka wirowa została zaobserwowana już przez Leonarda da Vinci, a matematycznie opisana przez Theodora von Kármána. Z kolei inny uczony, Strouhal, stwierdził liniową zależność między częstotliwością odrywania się wirów a prędkością przepływu. Zależność ta jest przy budowie przepływomierzy wirowych.

Generator, detektor...

Konstrukcje wszystkich przepływomierzy wirowych zawierają trzy podstawowe części:

- element tworzący w przepływającym strumieniu ścieżkę Karmana, zwany generatorem wirów
- czujnik wykrywający wzbudzone wiry tworzący system detekcji,
- system elektronicznej analizy sygnału.

Głównym elementem przepływomierza wirowego jest – zanurzony w medium – generator



ścieżki wirowej von Karmana. Jest to podłużny profil mocowany na stałe, w gardzieli przepływomierza. Do pomiaru pulsacji ciśnienia służy czujnik, który jest przymocowany do generatora lub zespolony z osobnym elementem (skrzydełkiem), umieszczonym w medium.

Generator wirów winien posiadać następujące cechy:

- być bryłą symetryczną względem płaszczyzny przekroju równoległej do osi strumienia,
- geometryczne stosunki między szerokością generatora i jego długością oraz szerokością generatora i średnicą rurociągu winny być dobrane pod kątem wysokiej wartości natężenia, wartości liczby Strouhala i liniowości charakterystyki, jak również oporów przepływu,
- trzeci wymiar generatora powinien być dostatecznie długi (najczęściej przez całą szerokość – średnicę przewodu), aby nie zakłócał dwuwymiarowego charakteru zjawiska spływu wirów,
- kształt generatora powinien zapewnić jednocześnie stabilność i regularność wzbudzonych wirów w szerokim zakresie liczby Re (liniowość charakterystyki) oraz łatwość zainstalowania czujników, przetworników sygnału i łatwość „współpracy” z systemem detekcji.



Rodzaje stosowanych generatorów

Systemy detekcji:

Systemy detekcji pracują zawsze wg jednej zasady: mierzą częstotliwość generowania wirów, a nie amplitudę zaburzeń.

Rodzaje stosowanych detektorów

• Detektory termiczne

Jedne z pierwszych modeli przepływomierzy wirowych były wyposażone w układy pomiarowe z termooanometrami w postaci termistorów, które samopodgrzewały się płynącym przez nie prądem. Pulsacje prędkości, które towarzyszyły odrywającym się wirom, powodowały cykliczne chłodzenie termistora, a przez to zmienia-

ta się w sposób cykliczny jego rezystancja (częstotliwość odrywania się wirów zmienia – modeluje w sposób cykliczny jego rezystancję). Dłagazów elementem kluczowym jest grzane włókno, natomiast w cieczach, gdzie siły masowe są większe i wymagana jest większa trwałość elementu cieplnego, stosuje się platynowe lub platynowo-irydowe filmy napylane np. na kwarcowe rdzenie. Obecnie urządzenia te najczęściej spotyka się w laboratoriach.

• Detektory ultradźwiękowe

Do detekcji okresowych zmian w przepływie za generatorem, stosowane są detektory ultradźwiękowe. W tym przypadku nadajnik i odbiornik są zamontowane za generatorem, w korpusie przepływomierza, prostopadłe do kierunku przepływu. Wiązka ultradźwięków jest przepuszczana przez ścieżkę wirową. W tym przypadku fala ultradźwiękowa jest modulowana amplitudowo ze względu na to, że zawirowania powodują jej uginanie.

• Detektory optyczne

Innym rozwiązaniem jest układ optyczny składający się z diod laserowych. Różnice gęstości płynu wywołane przez wiry powodują załamanie wiązki światła, która jest emitowana przez diodę laserową, następnie skupiana przez zespół soczewek. Po refrakcji wiązka jest ponownie skupiana przez soczewki i kierowana do fotodiody. Dioda posiada moc rzędu 20 mW, a długość fali wynosi 780 nm.

• Detektory piezoelektryczne

Najbardziej popularną metodą detekcji pulsacji ciśnienia jest metoda piezoelektryczna, stosowana w przepływomierzach wirowych firmy EMCO. Detektory piezoelektryczne odpowiadają na oscylację ciśnienia niskonapięciowym sygnałem o takiej samej częstotliwości jak częstotliwość oscylacji. Czujniki mogą być zamontowane wewnątrz lub na zewnątrz korpusu przepływomierza. Na detektory wewnętrzne oddziałuje bezpośrednio ciśnienie pochodzące od pulsacji wirowych. Czujniki zewnętrzne umieszczone są poza kanałem przepływomierza, a siły pulsacji ciśnienia pochodzące od ścieżki wirowej, przekazywane są za pośrednictwem profilu, bądź osobnego elementu zwanego skrzydełkiem.

Aktualnie, przepływomierze wirowe to urządzenia oparte przede wszystkim na czujnikach piezoelektrycznych.

Po pierwsze odporność, po drugie dokładność

Zaletą przepływomierzy wirowych jest możliwość pracy w dużym zakresie temperatury (od temperatury -200 °C, panującej w instalacjach kriogenicznych, do 400°C występującej przy przepływie pary przegrzanej), oraz ciśnie-

niu do 100 bar. Zakres pomiarowy dla cieczy zawiera się w granicach od 0,5 m/s do 9 m/s, dla gazów od 2 m/s do 80 m/s. Dolne granice mierzonych wartości wynikają z faktu, iż przy małych prędkościach, wartość liczby Strouhala jest ściśle związana z liczbą Reynoldsa (ma przebieg nieliniowy), a pulsacje ciśnienia są często niedostatecznie duże do poprawnej detekcji sygnału. Dolne wartości mierzonych strumieni określone są poprzez podanie minimalnej wartości liczby Re (określonej dla średnicy rurociągu). Liczba Reynoldsa określa w sposób jednoznaczny charakter przepływu wiążąc ze sobą: gęstość, lepkość, prędkości przepływu i rozmiar rurociągu. Mała liczba oznacza przewagę sił lepkości nad siłami bezwładności, duża zaś – przewagę sił bezwładności nad siłami lepkości. Należy przyjmować, że dla $Re < 2320$ mamy do czynienia z przepływem laminarnym, a dla Re od 3 000 do 10 000 z przepływem turbulentnym. Minimalne wartości liczby Reynoldsa, przy zastosowaniu przepływomierzy wirowych, mieszczą się w granicach 10 000 – 20 000. Zbyt niska liczba Reynoldsa powoduje, iż siły tarcia wewnętrznego są na tyle duże w porównaniu z siłami bezwładności, że drobne zaburzenia są tłumione. W celu osiągnięcia jak największej dokładności pomiaru powinno się zapewnić możliwie długi, prosty odcinek rurociągu przed i za przepływomierzem (ze względu na szczególnie zaburzeniowy charakter pracy układu) oraz odpowiednio oddaloną lokalizację wszelkiej armatury.

Dokładność przepływomierzy wirowych wynosi dla cieczy: 0,7%-1%, natomiast dla gazów: 1%-1,5%.

Są niemal wszędzie czyli o zastosowaniu

Przepływomierze wirowe znajdują zastosowanie w wielu gałęziach przemysłu. Mogą służyć do pomiaru strumienia powietrza, gazu ziemnego, innych gazów i ich mieszanin, wody zasilającej kotły, pary nasyconej i przegrzanej. Doskonale sprawdzają się w sieciach ciepłowniczych oraz instalacjach wykorzystujących parę wodną do celów technologicznych. Przepływomierze są przeznaczone do pomiaru płynów czystych, jednofazowych.

Przepływomierze firmy EMCO

EMCO Hydro-Flow



Bardzo ekonomiczne przepływomierze wirowe, służące do pomiaru przepływu cieczy w zakresie średnic od 0,5" do 20"

- montaż w osi rurociągu
- pomiar przepływu wody także zdeminiaralizowanej
- pomiar cieczy agresywnych
- brak części ruchomych
- zakresowość 50:1
- zakres pomiarowy od 0,09 do 4,5 m/s
- norma jakości ISO 9001
- nie posiada żadnych uszczelke

EMCO Phd

Przepływomierze wirowe w wersji „in-line”, służące do pomiaru cieczy, gazów i pary w temperaturze medium do 400°C

- czujnik piezoelektryczny wbudowany w belkę spiętrzącą
- lokalny wyświetlacz LCD, wskazania bierzące i sumaryczne
- pomiar przepływu cieczy, pary i gazów
- wykonanie Ex d[ib] C T6

EMCO V-bar

Przepływomierze wirowe w wersji „insert”, służące do pomiaru

cieczy, gazów i pary w zakresie średnic od DN65 do DN2000

- media: gazy, ciecze, para
- dla średnic DN 80 do DN 2000
- niezawodne
- brak części ruchomych
- niski koszt i prosty montaż
- szeroki zakres prędkości przepływu
- lokalnie programowalne
- wysoka dokładność
- ISO 9001



Opracowanie:
Barbara Sokół

Ukończyła Wydział Inżynierii Materiałowej i Metalurgii, o specjalności Energetyka Procesowa i Ochrona Środowiska na Politechnice Śląskiej w Katowicach. W Introlu pracuje na stanowisku asystentki działu pomiaru przepływu, w którym zajmuje się między innymi przepływomierzami wirowymi.

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

Czy to jest już czyste? My potrafimy odpowiedzieć!

Być może naszej cywilizacji grozi zagłada. Czy zacznie nas zabijać środowisko, w którym żyjemy, a z którym obchodzimy się bezceremonialnie i bezlitośnie? Ludzka krótkowzroczność jest przerażająca. Czy w końcu zatrujemy się powietrzem i wodą, które zanieczyściliśmy?

Ten czarny scenariusz jest prawdopodobny, choć – na szczęście – nie przesądzony. Widać poczynania, niosące nadzieję. Coraz więcej ludzi, krajów, całych wspólnot zdaje sobie sprawę, że coś trzeba zrobić z zanieczyszczeniem środowiska. Zaczyna się chronić powietrze, glebę, wody. Do ideału jeszcze daleko ale początki zawsze są trudne.

Niestety, nasz kraj nie należy do liderów tego kierunku działań. Sprawa podstawowa; ilość i stan oczyszczalni ścieków pozostawia wiele do życzenia. Szczęśliwie, m.in. dzięki Unii Europejskiej, dość szybko zaczyna przybierać nowych oczyszczalni ścieków. Wiele z nich to obiekty małe; dla gminy, dla kilku wiosek. Problemem małych oczyszczalni jest kontrola jakości ścieków w trakcie bądź po ich obróbce. Te małe obiekty przeważnie nie mają laboratoriów i wykwalifikowanego personelu. Jedynym rozwiązaniem są niedrogie, automatyczne analizatory, niewymagające skomplikowanej obsługi.

Propozycja nie do odrzucenia

Od jakiegoś czasu takie analizatory są dostępne na polskim rynku. Są to urządzenia francuskiej firmy TETHYS INSTRUMENTS do kontroli wszystkich ważnych parametrów ścieków oraz wody. Analizatory uzewnętrzniają najnowsze trendy w konstrukcji tego typu urządzeń.

Konstruktorzy przeanalizowali główne wady wielu dotąd stosowanych przyrządów, takie jak: wysoka cena zakupu, skomplikowana obsługa techniczna, wysokie koszty eksploatacji. Postanowiono wprowadzić na rynek urządzenia pozbawione tych niedogodności. Najłatwiej (!) poszło z ceną. Analizatory mogą kontrolować od jednego do kilku parametrów. Już analizatory jednoparametrowe są konkurencyjne cenowo. Bezkonkurencyjne stają się w wersji wieloparametrowej.

Modułowa budowa urządzenia pozwala niemal dowolnie konfigurować układy pomiarowe zgodnie z zapotrzebowaniem użytkownika. Ważnym przy tym jest fakt, iż zakup kilku modułów nie oznacza zwielekrotnienia ceny pojedynczego analizatora. Np. analizator dokonujący pomiarów trzech parametrów nie kosztuje sumy trzech analizatorów a jedynie ok. 75% tej kwoty.



Kolejnym elementem obniżającym jednostkowy koszt pomiaru jest możliwość pobierania próbek z większej ilości źródeł (do sześciu). Analizator, za pomocą przełączników, może sterować elektrozaworami załączającymi sekwencyjnie kolejne dopływy próbek.

Do analizatora można przyłączyć dodatkowe sondy (do pomiaru pH, przewodności, tlenu rozpuszczonego), dzięki czemu wszystkie wyniki z oczyszczalni wyświetlane są na jednym ekranie.

Oczywiście, konfigurując analizator do pomiaru kilku parametrów z wielu źródeł, należy zachować – jak zawsze – zdrowy rozsądek. Mimo, iż z przemnożenia ilości parametrów przez ilość kanałów, plus sondy zewnętrzne, wychodzi możliwość uzyskania kilkudziesięciu wyników, maksymalną do wykorzystania jest ilość 8-miu pomiarów. To i tak nieźle.

Następny, zrealizowany przez producenta cel to uproszczenie obsługi. Obsługa bieżąca sprowadza się do dbałości o to aby nieliczne pojemniki z odczynnikami były zawsze napełnione, co przeważnie wymaga interwencji raz w tygodniu a nawet rzadziej. Pełną obsługę techniczną, bardzo zresztą niekłopotliwą: przegląd, ewentualnie wymianę drobnych elementów (wężyki), czyszczenie, wystarczy wykonać raz w roku.

Najbardziej spektakularnie zmniejszono koszty eksploatacji. W wielu konkurencyjnych rozwiązaniach stosuje się dużo drogich chemikaliów; koszt eksploatacji może sięgać tysięcy złotych rocznie. W przypadku TETHYSA, w większości przypadków odczynniki do wykonywania analiz nie są potrzebne. We wszystkich wersjach urządzenia stosowany jest jedynie 5% roztwór kwasu siarkowego do płukania układu pomiarowego w cyklu automatycznym. Kwas siarkowy jest sub-

stancją niedrogą, roczny koszt mycia analizatora wynosi ok. 200 PLN.

Pomiar azotu amonowego wymaga użycia niewielkiej ilości wodorotlenku sodowego, a w pomiarze siarkowodoru potrzebny jest dodatek kwasu solnego. Cena obu tych związków jest niska. Nieco droższe (choć bez przesady) są odczynniki do analizy fosforu. Natomiast zupełnie nie wymagają dodatkowych chemikaliów pomiary azotanów, węglowodorów aromatycznych, chemicznego zapotrzebowania tlenu (ChZT) podobnie pomiary barwy i mętności.

Jak to jest zrobione?

Te znakomite urządzenia bynajmniej nie stosują sztuczek magicznych w celu uzyskania wyników. Ich działanie opiera się głównie na znajomości zasad rządzących zjawiskami fizycznymi. Konstruktorzy wykorzystali nowoczesne metody detekcji związków chemicznych, stanowiących główne obciążenie ścieków.

W większości pomiarów wykorzystuje się zasady spektroskopii. Inne, bardziej absorbujące metody zastosowano jedynie w nielicznych przypadkach. Opiszmy zatem, jak przebiegają pomiary.

Chemiczne Zapotrzebowanie Tlenu (ChZT)

Metoda wykorzystuje zjawisko absorpcji promieniowania ultrafioletowego o długości fali 254 nm, przez cząstki organiczne, zawarte w ściekach.

Próbka, przepływając przez kwarcową rurkę, będącą komorą pomiarową, jest prześwietlana światłem UV. Zgodnie z prawem Lamberta-Beera, spadek intensywności światła po przejściu przez komorę jest proporcjonalny do ilości cząstek absorbujących to światło. Pomiar referencyjny kompensuje zmętnienie i spadek natężenia lampy UV, dzięki czemu wynik jest pozbawiony błędów. Wartość ChZT,

w mg/l, wyświetlana jest na ekranie po ok. 10 sekundach.

Azotany

Zawartość azotanów w próbce mierzone jest w identyczny sposób, z tą jedynie różnicą, że stosuje się światło o długości fali 210-220 nm, absorbowane przez azotany. Pomiar daje sumę azotanów z azotynami, jednak z uwagi na śladowe ilości azotynów w ściekach komunalnych, są one pomijane.

Podobnie wygląda sprawa z chloranami i chlorynami, które mogłyby wpływać na wynik; na szczęście nie są spotykane w wodzie pitnej bądź w ściekach komunalnych.



Węglowodory aromatyczne (także chlorofil A, rodamina)

W tym pomiarze wykorzystywane jest zjawisko fluorescencji. Światło lampy dostarcza energię określonej substancji, zawartej w ściekach (w tym wypadku węglowodonom aromatycznym). Substancja zostaje pobudzona i w efekcie sama zaczyna emitować światło o długości fali innej, niż światło wzbudzające. To właśnie jest fluorescencja. Wystarczy zmierzyć natężenie fluorescencji aby móc określić zawartość wykrywanej substancji w ściekach. Badanie trwa ok. 10 sekund.

Azot amonowy

W pomiarze niezbędne jest dodanie do próbki niewielkiej ilości roztworu NaOH, po czym pH próbki wzrasta do ok. 11. W tych warunkach zawarte w próbce związki amonowe przechodzą w amoniak gazowy, częściowo rozpuszczony w próbce, a częściowo znajdujący się w gazie nad próbką (w proporcji, określonej prawem Henry'ego). Pomiar polega na prześwietleniu światłem ultrafioletowym gazów nad próbką, wyodrębnieniu z uzyskanego widma prążków, odpowiadających amoniakowi (metodą Szybkiej Transformacji Fouriera) i przeliczeniu na azot amonowy. Wynik uzyskuje się po ok. 3,5 min. Metoda jest bardzo pewna w odniesieniu do ścieków komunalnych i wody.

Siarkowodor

Podobnie jak w poprzednim badaniu, pomiar polega na analizie widma absorpcyjnego, gazowego siarkowodoru w równowadze z rozpuszczonym w próbce. Wcześniej dodanie małej ilości kwasu solnego przesunęło reakcję chemiczną w kierunku powstawania siarkowodoru. Uzyskane widmo również jest obrabiane przy pomocy Szybkiej Transformacji Fouriera pod kątem określenia sygnału, odpowiadającego szczytowej wartości siarkowodoru. Zarówno w tej jak i w poprzedniej analizie mierzona jest temperatura próbki, w celu automatycznej kompensacji pomiaru.

Fosforany

W zależności od mierzonego zakresu, stosowane są dwie metody analityczne.

Dla zakresu niskiego (0 – 2 mg/l), wykorzystuje się reakcję ortofosforanów z molibdenianem amonowym w środowisku kwaśnym. Powstały kwas molibdenofosforowy jest redukowany chlorkiem cynowym, w wyniku czego powstaje barwny błękit molibdenowy. Następnie mierzy się intensywność zabarwienia próbki i z natężenia barwy wylicza się zawartość ortofosforanów.

W zakresie wysokim (0,2 – 20 mg/l), dokonuje się pomiaru absorpcji wytworzonego kompleksu wanadowo-molibdenowego, powstałego w wyniku dodania odczynnika do próbki.

Zmętnienie

Pomiar może być wykonywany dwoma sposobami: jako towarzyszący pomiarowi ChZT, z wykorzystaniem tego samego strumienia światła, bądź za pomocą zewnętrznej komory pomiarowej, dostarczanej przez producenta.

Barwa

Typowy pomiar fotometryczny, w którym mierzy się absorpcję światła, przechodzącego przez strumień cieczy. Stosowana jest powszechnie przyjęta skala barwy żółtej (APHA/HAZEN) w jednostkach platynowo-kobaltowych (Pt-Co).

Pomiary pH, REDOKS, przewodności, tlenu

Te pomiary wykonywane są przy użyciu standardowych sond zewnętrznych, przyłączonych do odpowiednich wejść analizatora. Do pomiarów można zastosować większość czujników firm obecnych na rynku. Wyniki pomiarów wyświetlane są na głównym ekranie ciekłokrystalicznym urządzenia.

Zalet ciąg dalszy

Dzięki zastosowaniu przewodów o dużych przekrojach, a także specjalnych, opatentowanych elektrozaworów wlotowych, udało się wyeliminować największą zmoretradycyjnych analizatorów, mianowicie systemy ultrafiltracji. W analizatorach stosujących metody chemiczne, próbka musi być dokładnie oczyszczona, zatem ultrafiltracja jest niezbędna. Tymczasem ultrafiltry, obok wysokiej ceny, wymagają także częstej i pracochłonnej obsługi technicznej. Urządzenia TETHYS mogą analizować surowe ścieki z osadami, pozbawione jedynie dużych zanieczyszczeń (patyki, folia, grudki).

W urządzeniach zastosowano odporne i niekłopotliwe elementy. Lampa ksenonowa, stanowiąca źródło światła, ma 10 lat żywotności. Pompki perystaltyczne są bardzo trwałe, wymagają tylko niezbyt częstej wymiany wężyków. Utrzymanie urządzenia w czystości odbywa się automatycznie. Roztwór płuczący ze zbiornika (5% r-r kwasu siarkowego) jest automatycznie przetłaczany przez cały układ pomiarowy, z zadaną częstotliwością – przeważnie 1-2 razy na dobę. W trakcie czyszczenia urządzenia, każdorazowo wykonywana jest także operacja zerowania analizatora.

Poza wyświetleniem wyników pomiarów, dzięki wszelkim potrzebnym użytkownikowi wyjściom: analogowym, cyfrowym a także przekątnikom, analizatory mogą sterować procesem obróbki ścieków lub wody. Urządzenia mogą być głównymi elementami pełnej automatyzacji oczyszczalni ścieków bądź stacji uzdatniania wody a także służyć do monitoringu wód (rzeki, jeziora).

Analizatory TETHYS INSTRUMENTS są zatem niedrogim, łatwym w obsłudze i oszczędnym w eksploatacji rozwiązaniem, dedykowanym przedsiębiorstwom, dla których jakość wody ma kluczowe znaczenie.



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. Od 9 lat jest kierownikiem działu pomiarów fizykochemicznych.

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

Regulacja w oparciu o parametry PID – cz. 2

Regulatory PID znajdują zastosowanie wszędzie tam gdzie konieczne jest sterowanie procesami technologicznymi. Są zatem niezbędnym elementem niemal każdego procesu przemysłowego. Wiedza na temat ich działania wydaje się więc bezwzględnie użyteczna w codziennej działalności.

Pierwsza część artykułu – przedstawiona w poprzednim wydaniu „Pod kontrolą” – skupiała się na prezentacji zarysu historycznego rozwoju regulatorów PID oraz wyjaśnieniu pojęć poszczególnych parametrów P , I , oraz D . W część drugiej skupimy się na bardziej praktycznych kwestiach, wyjaśniając zasady funkcjonowania oraz nastaw regulatorów PID.

PID w teorii

Teoretycznie, sterownik PID może zostać użyty w każdym procesie, w którym mamy do czynienia z wartością mierzoną PV , wartością nastawy SP i wartością regulacji MV zależną od błędu pomiędzy SP - PV . Idealny sterownik PID działa w oparciu o trzy składniki P , I , D i za ich pomocą wylicza wartość manipulacyjną.

$$MV(t) = Pwy + Iwy + Dwy$$

Człon proporcjonalny bezpośrednio wpływa na wyjście regulatora, proporcjonalnie do bieżącej wartości uchybu. Operator może zmieniać wartość zmiany wartości wyjściowej regulatora przez pomnożenie wartości błędu poprzez stałą K_p nazwaną wzmocnieniem.

Człon proporcjonalny opisuje się, jako:

$$Pwy = K_p e(t)$$

gdzie:

Pwy : składnik proporcjonalności
 K_p : wzmocnienie proporcjonalne (jest parametrem dostępnym dla operatora)
 e : błąd = $SP - PV$

t : czas

Duże wzmocnienie wpływa na dużą zmianę wyjścia w stosunku do uchybu.

Jeśli wzmocnienie jest zbyt duże, obiekt regulacji staje się niestabilny. Zbyt małe wzmocnienie powoduje natomiast zbyt małeysterowanie wyjścia.

Tak więc dla zbyt dużego uchybu generowana jest zbyt mała odpowiedź wyjściowa, nieodporna na zakłócenia wpływające na obiekt regulacji. Uwaga – w regulatorach zmniejszanie wartości P powoduje zwiększanie wzmocnienia, a dla wartości $P = 0$ prowadzi do regulacji dwustanowej (termostatu) z określoną histerezą (Rysunek 1).

Człon całkujący jest proporcjonalny zarówno do amplitudy jak i czasu trwania uchybu. Dodawanie błędu uchybu w czasie (jego całkowanie) daje całkowitą wartość, która pomnożona przez stałą wzmocnienia całkującego K_i powinna być dodana do wartości MV , aby całkowicie wyeliminować błąd regulacji.

Człon całkujący opisuje się, jako:

$$Iwy = K_i \int_0^t e(t) dt$$

gdzie:

Iwy : człon całkujący wyjścia
 K_i : wzmocnienie całkowania (jest parametrem dostępnym dla operatora)
 e : błąd = $SP - PV$

t : czas całkowania

Dodanie składnika całkowania do składnika proporcjonalności przyspiesza

szybkość reakcji regulatora oraz niweluje błąd stanu ustalonego, który pojawiłby się w przypadku regulacji wyłącznie za pomocą składnika proporcjonalnego. Niestety, całkowanie nie zapewnia idealnej regulacji za pomocą sprzężenia zwrotnego. Regulator może przesadnie zareagować na uchyb i spowodować nowy, nawet większy – z przeciwnym zwrotem. W takiej sytuacji, regulator wypracowuje na przemian maksymalne wartości dodatnie i ujemne. Zjawisko to w efekcie wprowadzi regulator w pracę niestabilną.

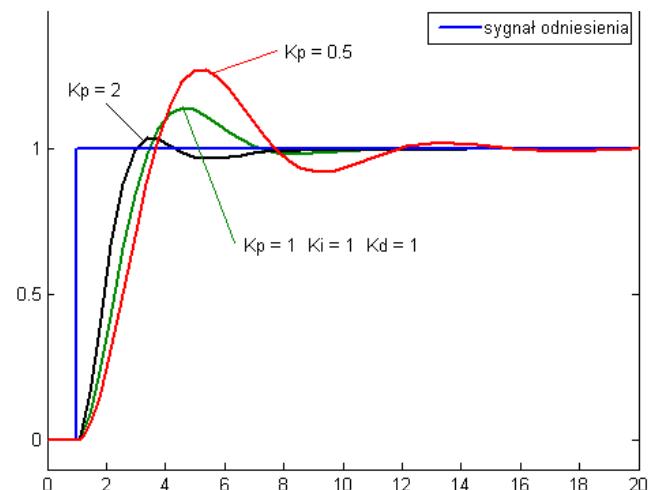
Składnik różniczkujący działa tylko wtedy, gdy zmienia się uchyb. W przypadku, gdy wartość zadana jest stała, uchyb zmienia się jedynie wówczas, gdy zmienia procesowa zaczyna się od niego oddalać. To szczególnie pomocne, gdy poprzednie działania regulatora spowodowały, że zmienna osiąga wartość nastawy zbyt szybko. Spowolnienie wywołane przez akcję różniczkową zmniejsza prawdopodobieństwo przeregulowania i niestabilności regulatora.

Człon różniczkujący zapisuje się, jako:

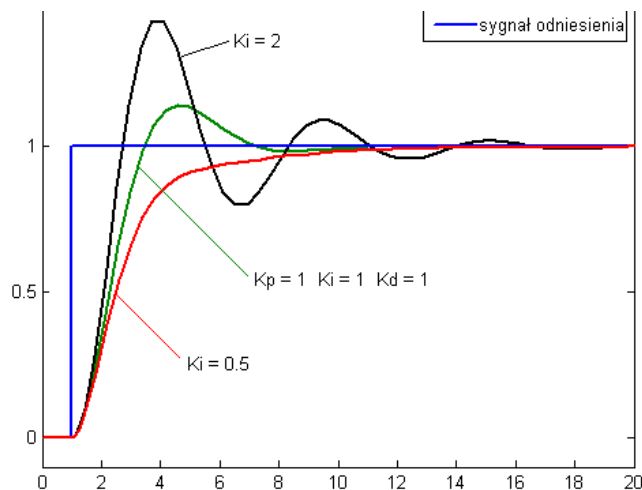
$$Dwy = K_d \frac{de}{dt}$$

gdzie:

Dwy : człon proporcjonalny wyjścia
 K_d : wzmocnienie proporcjonalności, (jest parametrem dostępnym dla operatora)



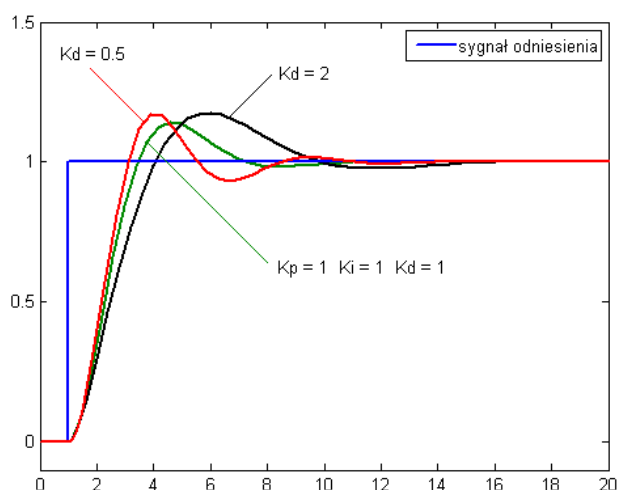
Rysunek 1. Odpowiedź układu regulacji P na skok jednostkowy



Rysunek 2. Odpowiedź układu regulacji I na skok jednostkowy

e : błąd = $SP - PV$
 t : czas

Niestety, gdy działanie różniczkujące jest wyjątkowo silne, może spowodować takie spowolnienie akcji regulacyjnej, że samo powoduje przeregulowanie. Ten efekt szczególnie widać w urządzeniach, które szybko reagują na działania regulatora, takich jak silniki i roboty. Z drugiej strony, błyskawiczne zmiany regulacji mogą sprawiać kłopoty w pewnych zastosowaniach (takich jak regulacja temperatury dużego pomieszczenia), które wymagają wolnych i spokojnych zmian na wyjściu regulatora. W takich zastosowaniach korzystne jest całkowite pominięcie akcji różniczkującej. Działanie różniczkujące jest problemem również w zastosowaniach, w których występują zakłócenia. Składnik różniczkujący wpłynie na wyjście regulatora zawsze, gdy wartość zmiennej ulega zmianie nawet jeśli są to jedynie zakłócenia pomiarowe.



Rysunek 3. Odpowiedź układu regulacji D na skok jednostkowy

Podsumowując

K_p – parametr wzmocnienia proporcjonalnego – oznacza bezpośrednią reakcję na zakłócenie. Zbyt duże lub zbyt małe wzmocnienie wprowadza układ w niestabilność.

K_i – parametr wzmocnienia Ki określa szybkość eliminację błędów stanu ustalonego. Możliwe są jednak duże oscylacje przez całkowanie dużych uchybów.

K_d – większe K_d zmniejsza przesterowanie, ale spowalnia od-

powieź układu, co może prowadzić do niestabilności.

Metody automatycznych i ręcznych nastaw – tuningu regulatorów

Złe dobranie parametrów regulacji **P**, **I**, oraz **D** przez użytkownika zawsze prowadzi do niestabilności układu regulacji. Producenci regulatorów starają się wprowadzać nastawy fabryczne zapewniając dobrą pracę regulatorów w typowych procesach grzejnych, ale przecieź niewszystkie procesy wyglądają tak samo. Wielką pomocą w dzisiejszych regulatorach stanowią funkcje auto-dostrajania parametrów PID. Operator wprowadzając regulator w tryb auto tuningu tak naprawdę uruchamia jedną z metod (lub jej modyfikację) automatycznego doboru parametrów. Wiele regulatorów posiada też specjalne opatentowane funkcje redukujące przeregulowania (np. funkcja **SF** – target value function regulatory firmy **Shimaden** lub technologia **Fuzzy Logic** zastosowana w regulatorach **TROL**). Wyjątek stanowi nowy regulator firmy **Shimaden** serii **SR23/FP23** gdzie mamy do czynienia już z adaptacyjnym procesem dostrajania.

Metoda Zieglera-Nicholsa

Metoda ta polega na wyłączeniu z procesu regulacji parametrów **I** i **D** i zwiększaniu wartości **K_p**, dopóki układ nie osią-

gnie poziomu tzw. wzmocnienia **K_c** – krytycznego, w którym operator zaczyna obserwować oscylację układu. Operator odmierza okres oscylacji wprowadzając mianą **P_c**. Wadą tej metody jest wprowadzenie układu w oscylację, co w niektórych przypadkach może okazać się niemożliwe.

Sterowanie typu	K _p	K _i	K _d
P	0.5 · K _c	–	–
PI	0.45 · K _c	1.2 K _p / P _c	–
PID	0.6 · K _c	2 K _p / P _c	K _p P _c / 8

Tabela 1. Dobór nastaw PID w oparciu o metodę Zieglera-Nicholsa

Gdy trzeba zrobić to samemu

Aby dokonać nastaw własnoręcznie, trzeba niewątpliwie posiadać doświadczenie w tej dziedzinie oraz wnikliwie obserwować zachowanie się obiektu. Należy również wyciągać odpowiednie wnioski znając znaczenia poszczególnych parametrów PID. Przykładowo, mając do dyspozycji układ regulujący falownikiem, ustawienie zbyt dużego parametru proporcjonalności będzie działało wyniszczająco na silnik, gdyż wartość manipulacyjna będzie silnie się zmieniać. Tabele 2 i 3 mogą służyć jako poradnik, z pomocą którego każda osoba może spróbować dokonać nastaw własnoręcznie.

Kończąc chciałbym zaznaczyć, iż powyższy artykuł – ze względów redakcyjnych – ma charakter skrótowy, prezentując moim zdaniem najważniejsze informacje na temat regulatorów PID. Mam nadzieję, że zawarte w nim informacje na temat zasad funkcjonowania regulatorów PID przydadzą się każdej osobie, która na co dzień ma do czynienia z regulatorami.

Efekty zmian wartości parametrów – poradnik

Parametr	Czas narastania	Przeregulowanie	Czas opadania	Błąd stanu ustalonego
K_p	zmniejszyć	zwiększyć	wprowadzić małą zmianę	zmniejszyć
K_i	zmniejszyć	zwiększyć	zwiększyć	wyeliminować
K_d	wprowadzić małą zmianę	zmniejszyć	zmniejszyć	–

Tabela 2. Dobór nastaw PID

Symptom	PB	I	D
Wolna odpowiedź	zmniejszyć	zmniejszyć	zmniejszyć
Duże oscylacje	zwiększyć	zwiększyć	zwiększyć

Tabela 3. Dobór nastaw PID



Opracowanie
Tomasz Kawka

Ukończył Wydział Automatyki, Elektroniki i Informatyki na Politechnice Śląskiej w Gliwicach. W Introlu pracuje od 2004 roku na stanowisku specjalisty ds. aparatury pomiarowej w dziale pomiaru temperatur, w którym zajmuje się między innymi urządzeniami do regulacji procesów technologicznych.

tel. 032/7890110
e-mail: temperatura@introl.pl

**Przetworniki wilgotności
i temperatury
serii EE32/33**



Nowa seria przetworników przeznaczonych do pracy w ciężkich warunkach przemysłu.

180°C

- » substancje chemiczne
- » kondensacja
- » wysoka wilgotność

100bar

Wyłączny przedstawiciel marki E+E Elektronik w Polsce:

Przedsiębiorstwo Automatykacji i Pomiarów Introl Sp. z o.o.
Katowice, ul. Kościuszki 112
tel. +48 32 789 0 110, e-mail: temparatural@introl.pl
www.introl.pl

introl

automatyka i pomiary

w przemyśle
niezastąpieni