

PodKontrolą

automatyka i pomiary

wydawca:
Introl Sp. z o.o.

01/2024 (61)



w numerze:

temat
wydania



dobra
praktyka



akademia
automatyki



artykuł
specjalny



Pomiar stężenia w branży spożywczej, chemicznej
i papierniczej

Istota wilgotności powietrza,
czyli nawilżacze powietrza w przemyśle

CANopen: sygnały cyfrowe zamiast analogowych

Elementy sztucznej inteligencji w sterowaniu układów

spis treści

	nowości		4
	temat wydania	Pomiar stężenia w branży spożywczej, chemicznej i papierniczej Nowa generacja refraktometrów procesowych	5
	dobra praktyka	Istota wilgotności powietrza, czyli nawilżacze powietrza w przemyśle	10
	akademia automatyki	CANopen: sygnały cyfrowe zamiast analogowych	13
	artykuł specjalny	Elementy sztucznej inteligencji w sterowaniu układów	16

wydawca

introl

automatyka i pomiary

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

redakcja

Paweł Głuszek
Bogusław Trybus
Magdalena Pajor
Rafał Skrzypiciel
Adam Reimann

dodatkowe informacje i subskrypcja

www.podkontrola.pl

Drodzy Czytelnicy!

W pierwszy kwartał 2024 roku wkraczamy z pierwszym numerem „Pod Kontrolą”. Zapraszamy do lektury najnowszych artykułów od naszych specjalistów.

Refraktometry i procesowe pomiary stężenia były już niejednokrotnie tematem artykułów w „Pod Kontrolą”. Nic nie stoi jednak w miejscu i także w tym obszarze niedawno pojawiły się znaczące nowości. Jeden z czołowych producentów tego typu układów pomiarowych – firma VAISALA, wprowadził na rynek nową serię refraktometrów. O najważniejszych cechach, modelach, możliwościach i zastosowaniach przeczytacie Państwo w „Temacie wydania” skupiającym się na wykorzystaniu refraktometrów w branżach spożywczej, chemicznej i papierniczej.

Jednym z kluczowych parametrów środowiskowych wpływającym zarówno na nasze zdrowie, jak i procesy przemysłowe jest wilgotność powietrza. Jej zbyt niskie lub wysokie wartości niekorzystanie wpływają na nasze organizmy i mogą generować realne straty w zakładach. Tym razem autor **„Dobrej praktyki”** nie skupia się jednak na pomiarze tego parametru. W najnowszej „Dobrej praktyce” przedstawiamy rozwiązanie, które skutecznie „walczy” ze zbyt suchym powietrzem w przemyśle, czyli nawilżaczach parowych. Artykuł polecamy wszystkim, którzy wykorzystują w zakładzie parę wodną i mogą wykorzystać ją do kontroli wilgotności powietrza w miejscach, w których jest ona istotna z punktu widzenia prowadzonego procesu lub awaryjności parku maszynowego.

Analogowo czy cyfrowo? Wydawałoby się, że w wyniku dygitalizacji całego świata wokół nas pytanie to jest retoryczne. Nic bardziej mylnego, a w polskich zakładach nadal stosuje się wiele urządzeń analogowych, od prostych manometrów po przepływomierze. Najnowsza **„Akademia automatyki”** próbuje odpowiedzieć na pytania czy, kiedy i dlaczego warto rozważyć zmianę analogowych systemów pomiarowych na ich cyfrowe odpowiedniki. Analiza opiera się na przykładzie przetworników ciśnienia z technologią CANopen.

Sztuczna inteligencja wchodzi do naszego życia na różnych płaszczyznach. Choć budzi ona wiele obaw i wątpliwości, to raczej nie ma możliwości zejścia już z tej drogi rozwoju świata. Warto więc już teraz poznać różne technologie z pogranicza AI, w szczególności te, które mogą usprawnić nasze procesy. Szczególnie, że wbrew powszechnemu przekonaniu, wdrożenie rozwiązań opartych na sztucznej inteligencji nie zawsze wiąże się ze skomplikowanymi, długotrwałymi i kosztochłonnymi procesami zmian. Dzięki uprzejmości dwóch naszych przyjaciół z Politechniki Śląskiej w **„Artykule specjalnym”** możemy zaprezentować właśnie takie łatwe do wdrożenia elementy sztucznej inteligencji w układach sterowania, w pilotażowym procesie neutralizacji.

Zapraszam do lektury
Wojciech Mutwicki
prezes zarządu





Termoizolacje do wytłaczania i formowania tworzyw sztucznych

W ofercie działu armatury przemysłowej pojawiły się rozwiązania inżynierskie związane z systemem izolacji, który znacznie zmniejsza straty ciepła i temperatury. System przeznaczony jest do izolacji powierzchni urządzeń wytłaczających tworzywa sztuczne i do formowania wtryskowego. Zastosowanie termoizolacji Armstrong pozwala zaoszczędzić koszty energii nawet o 85%—dzięki temu zwrot inwestycji oscyluje w granicach 6 miesięcy. Izolacje termiczne są zdejmowalne, wielokrotnego użytku i stanowią wysokiej jakości prefabrykowane systemy. Są wytrzymałe na trudne warunki, elastyczne, łatwe w montażu, demontażu i ponownej instalacji, umożliwiają szybki dostęp i łatwe serwisowanie sprzętu. Na uwagę zasługuje podwójnie szyta konstrukcja, która zapewnia długą żywotność. System oparty o zdejmowalne izolacje to również gwarancja poprawy bezpieczeństwa dla pracowników i ochrona przed poparzeniem na skutek zetknięcia z gorącymi powierzchniami.



Czujnik wilgotności ACO BMMS

Pojemnościowy czujnik wilgotności BMMS do pomiaru materiałów sypkich to nowość firmy ACO. Pomiar wilgotności, podobnie jak w poprzednich wersjach: analogowej AMMS i cyfrowej DMMS, odbywa się w czasie rzeczywistym. Nowością jest większa dokładność nawet $\pm 0,05\%$, która uzależniona jest od materiału, zakresu pomiarowego oraz samej aplikacji. Zakres pracy czujnika temperatury został podwyższony o 10°C w stosunku do wersji AMMS i wynosi $4-80^\circ\text{C}$. Nowy czujnik BMMS dostępny jest obecnie w wersji standardowej. Istnieje możliwość rozszerzenia o zaawansowane wersje w przyszłości: z grubszą ceramiczną powierzchnią pomiarową, z kwasoodpornej stali nierdzewnej oraz wyjściem RS485. W przyszłości seria BMMS ma zastąpić serię AMMS.



Obrotowa kamera termowizyjna LAND PTZ-APH-LWIR640/MWIR640

Drugą nową kamerą marki AMETEK LAND jest obrotowa, inteligentna kamera termowizyjna LAND PTZ-APH-LWIR640/MWIR640 z samoistnym, bezobsługowym analizowaniem obrazu i pomiaru rozkładu temperatury. Kamera działa na średnich lub długich falach IR i przeznaczona jest do pomiaru temperatury od -20 do 1800°C w pięciu zakresach, z wyborem różnych optyk i pól widzenia. Kamera LAND PTZ-APH-LWIR640/MWIR640 stanowi część pojedynczych lub bardziej rozbudowanych systemów termowizyjnych (np. do monitoringu ppoż, do dynamicznej analizy procesów). Systemy zawierają tworzone pod wymagania aplikacji/użytkownika oprogramowanie INTROLsoft lub IMA-GEPro, które oferuje analizę obrazów termicznych w czasie rzeczywistym, m.in. rozpoznaje i pomija fałszywe alarmy i wskazuje miejsce zagrożenia.



Kamera termowizyjna LAND MWIR 640

Nasz brytyjski partner – AMETEK LAND wprowadził na rynek nową kamerę termowizyjną MWIR 640 działającą na średnich falach IR. Kamera przeznaczona jest do pomiaru temperatury od 300 do 1800°C w dwóch zakresach, z wyborem różnych optyk i pól widzenia. Pozwala na pełną integrację z systemem nadrzędnym, w tym z systemami opartymi na technologiach z zakresu Przemysł 4.0. Urządzenie cechuje autonomiczne działanie w wielu zastosowaniach przemysłowych, szeroki wybór akcesoriów i zaawansowane oprogramowanie termowizyjne do przetwarzania obrazu. Kamera LAND MWIR 640 przeznaczona jest w szczególności do powtarzalnych i dokładnych pomiarów w zastosowaniach związanych z obróbką cieplną (głównie metali), jest w stanie uzyskiwać wyraźne obrazy nawet przez dym lub cząstki stałe w procesach wysokotemperaturowych.



Przetwornik ciśnienia D-20-9

Nowy przetwornik ciśnienia D-20-9 przeznaczony jest do zastosowań przemysłowych m.in. w hydraulice i pneumatyce. Modele D-20-9 i D-21-9 (wersja z membraną czołową) to idealna propozycja dla aplikacji, w których wymagane są rozwiązania z interfejsem CANopen o wysokiej wydajności, jednocześnie atrakcyjne cenowo.

Przetworniki charakteryzują się dużą dokładnością, elastycznością w dostosowaniu do najszerszych zakresów pomiarowych. Wszystkie części zwilżane są wykonane ze stali nierdzewnej i są całkowicie spawane. Brak wewnętrznych elementów uszczelniających sprawia, że praktycznie nie ma ograniczeń w wyborze medium.





Pomiar stężenia w branży spożywczej, chemicznej i papierniczej

Nowa generacja refraktometrów procesowych

Pomiar stężenia i gęstości cieczy to nieodzowny element wielu procesów produkcyjnych. Zaczynając od warzenia piwa, produkcji napojów, produktów mlecznych czy cukierniczych, przez przemysł farmaceutyczny, chemikalia, na energetyce i petrochemii kończąc. Wszędzie tam kontrola stężenia surowców, półproduktów i produktów gotowych jest niezbędna w celu zapewnienia odpowiedniej jakości i stabilności procesu. Pomiar można realizować ręcznie, w laboratorium, ale znacznie korzystniej prowadzić go on-line, bezpośrednio w procesie. Tym bardziej, że na rynku pojawiła się nowa rodzina refraktometrów, jeszcze lepiej dopasowana do wymagań użytkownika i nowoczesnych standardów komunikacji w zakładach branży chemicznej, spożywczej i farmaceutycznej. Przyjrzymy się najnowszej propozycji firmy VAISALA – refraktometrom Polaris™ PR-53, zaprojektowanym w celu optymalizacji procesów, oszczędzania zasobów, energii i czasu oraz zwiększania wydajności produkcji i jakości produktów.



KRÓTKIE PRZYPOMNIENIE

Refraktometry mierzą stężenie lub gęstość poprzez wyznaczenie współczynnika załamania światła, który jest charakterystyczny dla danego roztworu w danej temperaturze. Pomiar współczynnika załamania światła nD (z ang. R.I. – Refractive Index) jest w rzeczywistości pomiarem zmiany prędkości rozchodzenia się fali świetlnej w danym ośrodku, w stosunku do prędkości w innym ośrodku, będącym ośrodkiem odniesienia. Prędkość światła w ośrodku zależy od samego medium, temperatury

i długości fali. Ze względu na zależność od długości fali, refraktometry wyznaczają współczynnik załamania światła używając światła monochromatycznego. Jednocześnie wbudowany czujnik temperatury mierzy temperaturę T na powierzchni rozdziálu faz z cieczą procesu. Procesor przelicza następnie współczynnik załamania i temperaturę na wybrane przez użytkownika jednostki stężenia (np. g/cm, stopnie Brix, Ballinga, Plato).

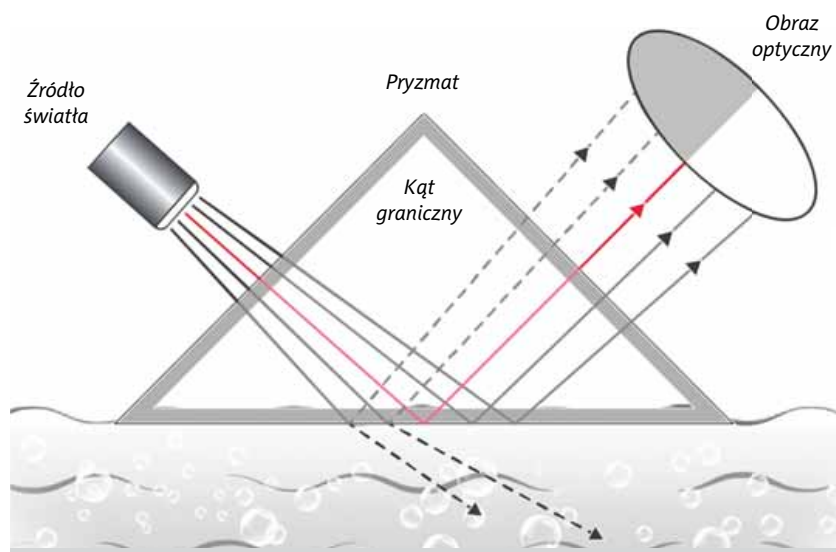
Z uwagi na metodę pomiaru, refraktometry procesowe stały się optymalną metodą pomiaru stężenia w cieczach, prowadzoną **bezpośrednio w pro-**



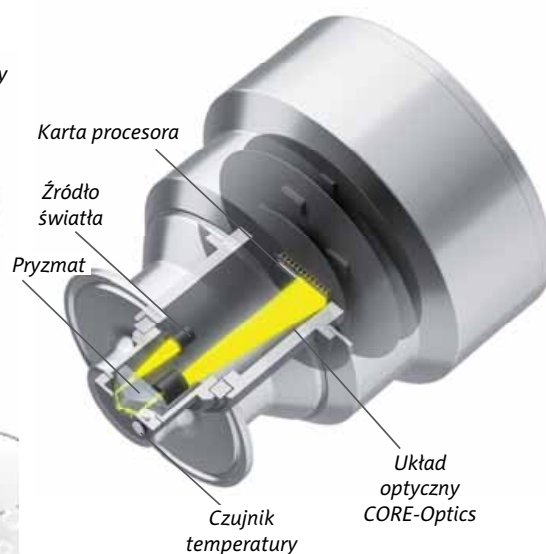
ARTUR ŻARSKI

Absolwent kierunku Ochrona środowiska (specjalizacja Fizyko-chemiczna) na Uniwersytecie Śląskim. W Intronu pracuje od 2016 roku na stanowisku menedżera produktu w dziale pomiarów fizykochemicznych.

tel. 32 789 00 69



Rysunek 1
Schemat pomiaru współczynnika załamania światła nD przez refraktometr



Rysunek 2
Budowa refraktometru procesowego



cesie. Refraktometry mierzą skutecznie przede wszystkim dzięki wysokiej dokładności, powtarzalności pomiaru oraz niewrażliwości na wtrącenia stałe, pęcherze powietrza czy zmianę barwy medium.



NOWOCZESNA SERIA REFRAKTOMETRÓW OD VAISALI

Należy podkreślić, że niezależnie od tego, czy produkcja dotyczy żywności i napojów, cukru, farmaceutyków czy chemikaliów, niezawodny i stabilny pomiar stężeń roztworów on-line jest koniecznością, aby zapewnić jakość, bezpieczeństwo i zgodność z przepisami.

Możliwość ciągłego i niezawodnego monitorowania stężeń cieczy w czasie rzeczywistym przynosi korzyści w całym łańcuchu produkcyjnym, od przyjęcia surowców po przetwarzanie produktu końcowego i kontrolę strumienia odpadów.



REFRAKTOMETRY SANITARNE

Refraktometr w wykonaniu sanitarnym **PR-53-A** został zaprojektowany z myślą o potrzebach użytkowników końcowych w branży napojów, mleczarskiej i przetwórstwa spożywczego. Nowe refraktometry to optymalne rozwiązanie także w branży farmaceutycznej, czy w browarnictwie i dla klientów OEM. Refraktometry sprawdzają się wszędzie tam, gdzie występuje potrzeba pomiaru koncentracji roztworów (m.in. stopniach Brix), także w procesach produkcyjnych i przetwórczych takich produktów jak: suplementy i dodatki żywności, słodczyce, przeciery czy koncentraty. Nie bez znaczenia pozostaje fakt, że refraktometryczne mierniki stężenia **PR-53-A** są także odpowiednie do procesów mycia Clean-In-Place, a dopuszczenia sanitarne 3-A oraz certyfikacja EHEDG potwierdzają spełnienie najwyższych wymagań higienicznych w produkcji żywności.

Refraktometry sanitarne PR-53-A mogą występować w wersji kompaktowej (krótkiej-AC) lub przedłużonej (-AP) stosowanej w zbiornikach, gotowalnikach czy mieszalnikach. Wersja dłuższa pozwala na instalację przez np. płaszcz grzejny i dystansuje elektronikę czujnika od wysokiej temperatury procesu. Dopuszczalna maksymalna temperatura medium to 150°C.

Zastosowanie dodatkowego automatycznego układu mycia pryzmatu zintegrowanego z pompą wysokociśnieniową wody, pozwala na realizację pomiaru nawet przy produktach bardzo gęstych i oblepiających.



REFRAKTOMETRY DO CIĘŻKICH WARUNKÓW

Wersja przemysłowa refraktometrów **PR-53-G** zapewnia dokładność, powtarzalność i niezawodność, nawet w najbardziej ekstremalnych warunkach procesowych. Refraktometry te są odporne na korozję, wysoką temperaturę, ciśnienie, zanieczyszczenia czy wilgoć. Dodatkowo istnieje możliwość doposażenia układu pomiarowego o automatyczny układ mycia pryzmatu refraktometru (np. w przypadku mediów oblepiających czy gęstych syropów). Do zastosowań wersji przemysłowej PR-53-G należą różnego rodzaju chemikalia, preparaty tworzyw sztucznych i żywic, chłodziwa i emulsje hydrauliczne, sole czy płyny na bazie glikolu lub mocznika.

Wersja ta znajdzie swoje zastosowanie również w przemyśle **cukrowniczym**, realizując pomiar Brix syropów, soku rzadkiego oraz gęstego, melasu lub wody poprasowej. Refraktometr w wersji przedłużonej z dodatkową dyszą myjącą pozwala na pomiar bezpośrednio w wariakach.



Rysunek 3
Refraktometr do ciężkich warunków
przemysłowych PR-53-GP



Rysunek 4
Refraktometry sanitarne PR-53-AC (z lewej) i PR-53-AP (z prawej)

”Możliwość
ciągłego
i niezawodnego
monitorowania
stężeń cieczy w czasie
rzeczywistym
przynosi korzyści
w całym łańcuchu
produkcyjnym.



PROCESOWY POMIAR STĘŻENIA ROZTWORÓW AGRESYWNYCH CHEMICZNIE

Dla mediów agresywnych chemicznie, przeznaczona jest wersja refraktometru **PR-53-W** oraz **PR-53-M** wraz z przepływową komorą wykonaną z teflonu. Refraktometry te sprawdzają się podczas kontroli stężenia w produkcji chemicznej, przetwórstwie petrochemicznym i innych gałęziach przemysłu, w których powszechne są **roztwory toksyczne i żrące**.

Refraktometr procesowy w wersji **PR-53-W** jest montowany w komorze przepływowej z korpusem wyłożonym membraną teflonową, bez metalowych części zwilżanych. Stosuje się go bezpośrednio na głównym rurociągu lub wygodniej i bezpieczniej na obejściu, co umożliwia wygodny montaż wykorzystujący przyłącza kotłownicowe.

Rozwiązanie to jest w pełni odpowiednie i bezpieczne dla kontaktu z agresywnymi chemikaliami i w rurociągach pod wysokim ciśnieniem. Baza aplikacji firmy VAISALA oferuje dostęp do ponad 500 krzywych stężeń dla produktów w przemyśle chemicznym, bez konieczności późniejszej rekaliibracji.

Możliwość pomiaru stężeń kwasów, zasad, alkoholi, węglowodorów, rozpuszczalników i innych roztworów bezpośrednio w rurociągach i zbiornikach podczas produkcji i transportu umożliwia natychmiastowe gromadzenie cennych danych procesowych, zamiast czekać na wyniki próbek laboratoryjnych. Pomiar stężenia online poprawia również znacząco bezpieczeństwo procesu i personelu.



POPRAWA BEZPIECZEŃSTWA, WYDAJNOŚCI I JAKOŚCI W PRODUKCJI MASY CELULO- ZOWEJ W PAPIERNIACH

Podobnie jak zakłady chemiczne, papiernie są miejscem procesów, w których wykorzystuje się wysoce toksyczne chemikalia oraz wysokie temperatury i ciśnienia procesowe. Utrzymanie

wydajności procesu i czasu sprawności ma kluczowe znaczenie dla rentowności, ponieważ przestoje związane z konserwacją, wymianą lub usunięciem sprzętu pomiarowego oznaczają utratę przychodów.

W produkcji masy celulozowej wykorzystuje się ciecze procesowe znacznie różniące się zarówno pod względem konsystencji, jak i składu. Są to często mieszaniny nieorganicznych i organicznych środków chemicznych, co może utrudniać dokładny pomiar.

Refraktometry procesowe VAISALA w wersji **PR-53-SD** sprawdzają się w papierniach doskonale i są one stosowane w przemyśle celulozowo-papierniczym przy wielu procesach, takich jak:

- pomiar stężenia ługu czarnego (zabezpieczenie kotła sodowego);
- pomiar gęstości ługu zielonego;
- w procesie płukania masy włóknistej (ługu brązowego), do usunięcia rozpuszczalnych związków organicznych i nieorganicznych (TDS) z zawiesiny masy włóknistej (tzw. Brown Stock Washing).
- pomiar stężenia skrobi używanej w procesie bielenia
- kontrola procesu kaustyzacji.

W tej specjalistycznej wersji, zawór Safe-Drive umożliwia operowanie refraktometrem na ruchu, bez konieczności zatrzymywania procesu,



Rysunek 6
Refraktometr PR-53-SD z systemem SAFE-DRIVE do papierni



Rysunek 5
Refraktometry PR-53-M (z lewej) i PR-53-W (z prawej)

Wersja przemysłowa refraktometrów zapewnia dokładność, powtarzalność i niezawodność, nawet w najbardziej ekstremalnych warunkach procesowych.



Refraktometry nowej serii dostępne są z komunikacją HART i Modbus RTU.

co eliminuje zakłócenia produkcji i kosztowne postoje.

System SAFE-DRIVE został opracowany w celu zwiększenia bezpieczeństwa operatorów i wytrzymania ekstremalnych warunków procesu, przy wykorzystaniu konstrukcji zapobiegającej przypadkowym błędom w użyciu. Wysuwany refraktometr wraz z dyszą myjącą i szeregiem zabezpieczeń to unikalne rozwiązanie, rekomendowane właśnie do branży papierniczej.



PROCESOWE REFRAKTOMETRY POLARIS™ – DLACZEGO WARTO?

Refraktometry zapewniają stabilny, dokładny, ciągły pomiar stężenia **bezpośrednio w procesie i bez konieczności okresowej kalibracji**. Dokładność refraktometrów określona jest na poziomie nawet do ± 0.00014 nD, a zwiększona powtarzalność pomiaru wynosi aż ± 0.00002 nD. Producent określa także tzw. stabilność długookresową – wynosi ona do 0,1% całej skali /rok.



Rysunek 7
Refraktometr zamontowany na rurociągu

W warunkach przemysłowych mamy do czynienia z różnymi instalacjami, roztworami, materiałami i wymaganiami. Dla różnych warunków pracy, dostępna jest szeroka gama rozwiązań



Rysunek 8
Refraktometr z wyświetlaczem Indigo520

konstrukcyjnych refraktometrów, różne wersje czujników i dodatkowy osprzęt. Refraktometry Polaris™ mogą być zbudowane z czujników zagłębiających do zbiorników, bądź montowanych w płaszczyźnie ściany lub dna (jeśli zbiornik ma mieszadło). Warto także wspomnieć o tym, że dla wygody użytkownika, nowa seria Polaris™ dostępna jest w wersji „stand alone” lub z wyświetlaczem Indigo520.

Nowością w porównaniu do poprzednich wersji jest komunikacja. Wychodząc naprzeciw wymaganiom użytkowników w zakresie nowoczesnych systemów sterowania, refraktometry nowej serii dostępne są z komunikacją **HART i Modbus RTU**. Warto zaznaczyć, że nowe refraktometry są w pełni kompatybilne ze starszymi akcesoriami montażowymi takimi jak układy mycia, cele pomiarowe, przyłącza. Wybierając nowy przyrząd, nie musimy zatem przerabiać instalacji.

W obecnych czasach istotny jest często czas dostawy – zamawiając nowy refraktometry użytkownik nie musi oczekiwać na dostawę tygodniami – nowa seria jest dostępna niemal od ręki, z bardzo szybkim czasem dostawy od producenta.



OPROGRAMOWANIE PC VAISALA INSIGHT

Refraktometry PR-53-A można łatwo połączyć z PC w celu konfiguracji, diagnostyki i monitorowania urządzenia. Łatwy dostęp umożliwia oprogramowanie „Vaisala Insight” i podłączenie refraktometru Polaris™ poprzez kabel serwisowy USB. Program posiada intuicyjny i przyjazny interfejs i możliwość jednoczesnej komunikacji z maksymalnie 6 czujnikami oraz zapis danych i trendów prowadzonego pomiaru.



Rysunek 9
Oprogramowanie VAISALA Insight



KALIBRACJA

Dzięki temu, że refraktometry są kalibrowane fabrycznie, czujniki można dowolnie zamieniać bez konieczności ponownego, optycznego wzorcowania lub zmiany parametrów.

Ponadto kalibrację każdego refraktometru można zweryfikować przy wykorzystaniu wbudowanej procedury weryfikacji oraz cieczy buforowych o znanym współczynniku załamania światła.



Rysunek 10
Serwis refraktometrów VAISALA



SPECJALNE WYKONANIA SZYTE NA MIARĘ

Oprócz szerokiej oferty standardowych przyłączy procesowych, producent oferuje możliwość dostosowania produktu do specyficznych potrzeb użytkownika. Niezależnie od tego, czy są to materiały części mających kontakt z medium, przyłącza procesowe o niestandardowych rozmiarach, czy też niestandardowa obudowa dla przetworników. Wszystko po to, aby dopasować się do różnych specyficznych warunków procesowych na obiekcie, nie tworząc zagrożeń związanych z nieodpowiednią kombinacją materiałów.



KOMPLEKSOWE WSPARCIE TECHNICZNE

Będąc autoryzowanym dystrybutorem firmy VAISALA w Polsce, oferujemy kompleksową obsługę obejmującą cały cykl życia refraktometrów Vaisala Polaris™. Usługi serwisowe obejmują przeprowadzanie zaplanowanych kontroli stanu technicznego i konserwację zapobiegawczą, a także weryfikację. Wszystko po to, aby przez lata zachować oryginalne specyfikacje instrumentów naszych użytkowników.

Nie możemy też nie wspomnieć o gwarancji. Istnieje możliwość uzyskania dodatkowych lat gwarancji wykraczającej poza gwarancję fabryczną. Przy zakupie nowego refraktometru procesowego możliwe jest przedłużenie gwarancji łącznie do 5 lat. Zapewnia to dodatkową ochronę inwestycji wykraczającą poza standardowy okres gwarancji.



NOWOCZESNY I DOKŁADNY POMIAR BEZPOŚREDNIO W PROCESIE

Najnowsze refraktometry procesowe serii Polaris™ to mierniki oparte na dziesięcioleciach doświadczeń inżynierów VAISALA. W porównaniu do poprzednich serii producent zwiększył precyzję swoich urządzeń, unowocześnił komunikację i wytrzymałość na trudne warunki pracy. Dzięki temu refraktometry procesowe VAISALA Polaris™ jeszcze lepiej niż dotychczas zapewniają poprawę jakości, optymalizację produkcji oraz oszczędności energii i surowców poprzez pomiar stężenia/gęstości bezpośrednio w procesie.

**Refraktometry
zapewniają
stabilny, dokładny
i ciągły pomiar
stężenia bezpośrednio
w procesie i bez
konieczności
okresowej kalibracji.**





dobra praktyka

Istota wilgotności powietrza, czyli nawilżacze powietrza w przemyśle



PAWEŁ HOŁA

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

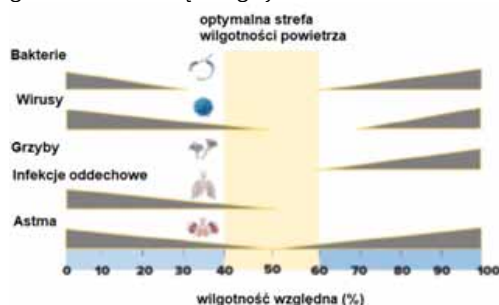
tel. 601 55 33 61

Czy zastanawialiście się kiedyś jak wilgotność powietrza wpływa na nasze życie? Co to tak naprawdę jest ta wilgotność i jak można uzyskać wymagane przez nas wartości? I w końcu – czy w przemyśle, przy produkcji materiałów jest ona istotna? Przyjrzyjmy się wilgotności powietrza w kontekście zbyt suchego powietrza i rozwiązaniom pozwalającym na utrzymanie tego parametru na optymalnym poziomie.



WILGOTNOŚĆ POWIETRZA A ZDROWIE

Wilgotność to nic innego jak ilość pary wodnej w powietrzu. Analizując ją w aspekcie zdrowia, nie może być ona ani za mała ani za duża. Jej wartość powinna oscylować w granicach 40-60%. Zbyt duża wilgotność powoduje problemy oddechowe, szybciej się męczymy, mogą pojawiać się dolegliwości reumatyczne, szybko rozwijać się mogą drobnoustroje, grzyby, pleśnie. Z kolei zbyt suche powietrze to ryzyko pojawienia się problemów górnych dróg oddechowych, czy problemów skórnych. Ponadto zbyt suche powietrze powoduje łatwe unoszenie się kurzu, więc ma negatywny wpływ na nasze zdrowie, a szczególnie narażeni są alergicy.



Rysunek 1
Wykres Scofielda–Sterlinga

Wykres Scofielda–Sterlinga doskonale obrazuje wpływ wilgotności powietrza na nasze zdrowie. Zmniejszenie szerokości wskaźnika obrazuje zmniejszenie efektu oddziaływania wilgotności na rozwój zjawisk niepożądanych, więc wyraźnie widać jaka wilgotność jest najlepsza dla nas samych.



ISTOTA WILGOTNOŚCI POWIETRZA W PRZEMYŚLE

Problemy z suchym powietrzem nie tylko odnoszą się do naszego zdrowia. Suche powietrze może powodować wiele kosztownych, kłopotliwych i niebezpiecznych w skutkach problemów, a najbardziej narażony jest przemysł produkujący materiały higroskopijne, takie jak: drewno, papier, tekstylia, substancje chemiczne. Suche powietrze, czy zmienna wilgotność mogą powodować poważne problemy produkcyjne i pogorszenie jakości materiałów. W suchych warunkach atmosferycz-

nych mogą gromadzić się ładunki elektrostatyczne i zakłócać efektywną pracę maszyn produkcyjnych lub elektronicznych urządzeń biurowych. W strefach ATEX jest to niezwykle niebezpieczne. Dlatego też odpowiednia wilgotność powietrza w przemyśle, ale także w budynkach publicznych, jest niezwykle istotna. Dotyczy to w szczególności zakładów farmaceutycznych, zakładów tytoniowych, papierniczych, a także szpitali, drukarni, lakierni, muzeów, hoteli czy ośrodków edukacyjnych lub badawczo-rozwojowych.



OPTYMALIZUJEMY WILGOTNOŚĆ POWIETRZA

Do uzyskania prawidłowych wartości wilgotności powietrza w określonej temperaturze stosuje się nawilżacze, wśród których możemy wyróżnić te wykorzystujące parę wodną jako czynnik roboczy (izotermiczne) lub te wykorzystujące wodę (adiabatyczne). Dodatkowo, wśród nawilżaczy parowych możemy wyróżnić nawilżacze wykorzystujące parę wodną produkowaną w zewnętrznym kotle/wytwornicy pary lub nawilżacze z własną wytwornicą pary (elektryczne).

Skupmy się na najpopularniejszej formie nawilżaczy parowych, czyli tych wykorzystujących zewnętrzne źródło pary, z bezpośrednim wtryskiem. Powszechnie istnieje błędne przekonanie, że gorąca para znacznie podnosi temperaturę powietrza. Nie jest to prawdą, gdyż – w odróżnieniu do innych metod nawilżania – nawilżacze parowe mają minimalny wpływ na temperaturę mierzoną suchym termometrem (DB). Para wylatująca z nawilżacza przez lance wtryskowe o ciśnieniu atmosferycznym



Rysunek 2
Kanałowy nawilżacz z pojedynczą lancą wtryskową pary w kanale powietrza



miesza się z powietrzem i redukuje szybko swoją temperaturę do wartości temperatury powietrza.

Z punktu widzenia eksploatacji i konserwacji nawilżacze te wymagają bardzo niewielkiej ingerencji w okresie użytkowania. W odróżnieniu do nawilżaczy adiabatycznych (wodnych) nie ma tu problemów z osadami mineralnymi. Wynika to z tego, że para wlatująca do nawilżacza działa jako środek czyszczący, a osady odprowadzane są z kondensatem przez odwadniacz dzwonowy. **Precyzyjna regulacja** nawilżacza i **szybkość działania** na zmieniające się warunki to kolejne dwa znaczące atuty nawilżaczy kanałowych z bezpośrednim wtryskiem pary. Jako że dostarczamy do nawilżacza wytworzoną parę na wcześniejszym etapie, należy ją tylko odpowiednio wymieszać w proporcjach odpowiadających wymaganiom systemu. Za prawidłowe proporcje dozowania pary odpowiada zawór regulacyjny, który może się dowolnie pozycjonować – od całkowitego otwarcia do szczelnego zamknięcia. Dzięki temu nawilżacz bardzo szybko przechodzi w odpowiedni tryb pracy, adekwatny do zmieniających się warunków.

Biorąc pod uwagę, że para wodna jest o wysokiej temperaturze i woda dostarczana do kotła jest zadowalającej jakości, możemy praktycznie uznać, że wtryskiwana para jest sterylnym czynnikiem wolnym od bakterii i nieprzyjemnych zapachów. Ponadto, posiadając prawidłowy system parowy ze sprawnie działającymi odwadniaczami rzadko spotyka się problem korozji. Powstający kamień czy osad odprowadzany jest na bieżąco przez odwadniacz nawilżacza.

linii pary zasilającej, bezpośrednio przed nawilżaczem, stosuje się filtry siatkowe typu „y” celem wyłapania większych cząstek stałych.

Para mknąc przez rurociągi kondensuje się, więc i tym należy się zająć. Za to odpowiedzialna jest komora separująca nawilżacza, składająca się z przegród, które mają zapewnić redukcję prędkości i maksymalne oddzielenie kondensatu i mikrocząstek od pary. Kondensat poprzez otwór spustowy spływa grawitacyjnie do odwadniacza i odprowadzany jest linią powrotu kondensatu. Z uwagi na to, że mamy do czynienia z parą nasyconą moką należy pamiętać, że nadal znajdują się w niej drobinki wody. Zatem czas na kolejny etap – suszenie pary, które odbywa się w specjalnie przygotowanej, dodatkowej komorze suszącej znajdującej się w płaszczu parowym, a para dozowana jest tam poprzez układ regulacji pary. Wewnątrz niej znajduje się specjalnie przygotowany element nierdzewny, którego zadaniem jest redukcja poziomu hałasu.

Ostatni element nawilżacza, tj. lanca wtryskowa również otoczona jest płaszczem parowym, w którym cyrkuluje para o wejściowych parametrach. Ma to na celu zapobieganie kondensacji pary podczas jej wtrysku do kanału powietrza. W standardowych kanałach wentylacyjnych stosuje się jedną lancę montowaną poprzecznie na całą szerokość kanału. Natomiast w kanałach o większych gabarytach konieczna jest ich wielokrotność. Wówczas musimy zapewnić kolektor na rozprowadzeniu pary do lanc z odpowiednim odwodnieniem i odpowiednie grzanie lanc parą zasilającą, tak więc niezbędny jest kolejny odwadniacz. Najlepiej zresztą zobrazuje to Rysunek 4.

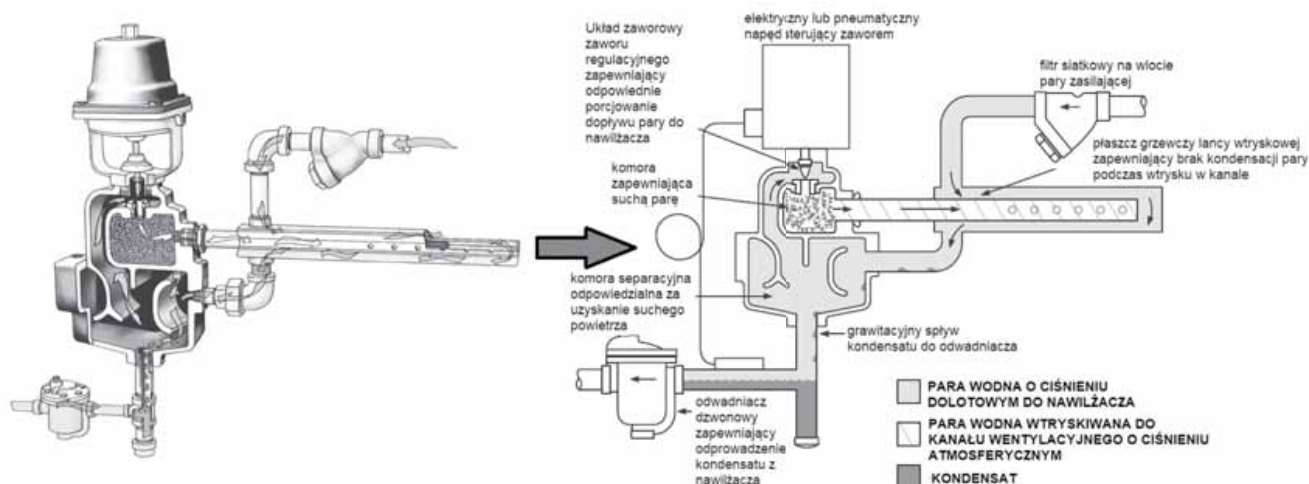
Warto nadmienić jeszcze kilka słów o dozowaniu pary. Jak już wcześniej wspomniałem, odbywa się ona za pomocą układu zaworowego. Sterowanie nawilżaczem musi zapewniać natychmiastową reakcję i płynną regulację celem dokładnego utrzymania wymaganej wilgotności względnej. Jeżeli na tym etapie pojawiają się problemy z prawidłową regulacją, może dochodzić do zawodnienia kanałów wentylacyjnych i powstawanie mokrych plam. Dokładność pracy nawilżacza jest więc niezwykle istotna i dobór prawidłowej średnicy

„Suche powietrze może powodować wiele kosztownych, kłopotliwych i niebezpiecznych w skutkach problemów.



NAWILŻACZE Z BEZPOŚREDNIM WTRYSKIEM PARY – JAK TO WSZYSTKO DZIAŁA?

Jak już wcześniej wspomniałem, nawilżacze kanałowe z bezpośrednim wtryskiem pary wymagają dostarczenia przygotowanej wcześniej pary. W zależności od stanu instalacji i długości rurociągów, należy wziąć pod uwagę, że wraz z parą mogą być obecne elementy niepożądane takie jak kamień, czy osad. W związku z tym na



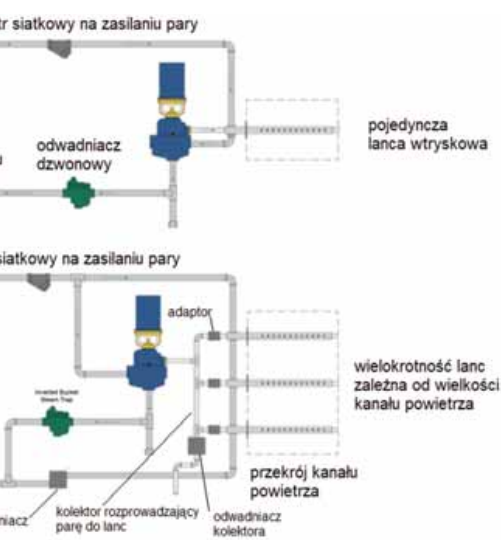
Rysunek 3
Schemat działania nawilżacza z bezpośrednim wtryskiem pary



otworu zaworowego, odpowiedniej konstrukcji grzyba i napędu zapewniającego płynną jego pracę są kluczowe. Uznaje się, że dokładniejsze są grzyby paraboliczne zapewniające większy skok i dokładną regulację na całym dystansie skoku zaworu. Rysunek 5 przedstawia grzyby paraboliczne o różnych średnicach dobierane adekwatnie do parametrów roboczych oraz charakterystyka stopnia otwarcia zaworu nawilzacza.

Za regulację stopnia otwarcia/zamknięcia zaworu odpowiedzialny jest oczywiście napęd, który w zależności od upodobań użytkownika może być elektryczny lub pneumatyczny. Jednakże ze względu na precyzję działania przy otwarciu i zamknięciu zaworu zaleca się napęd elektryczny.

Stosując nawilzacze parowe warto rozważyć zastosowanie dodatkowego osprzętu zabezpieczającego zarówno nawilzacza, jak i samą instalację. Najważniejszym z nich jest wyłącznik temperatury umiejscowiony przed odwadniaczem nawilzacza. Jego zadaniem jest pomiar temperatury kondensatu, by zawór regulacyjny nie otworzył się podczas rozruchu. Inaczej mówiąc, ma zagwarantować odprowadzenie całego kondensatu z nawilzacza. Bez tego, podczas rozruchu, lance „plułyby” wodą zamiast dozować parę. Kolejnym urządzeniem zabezpieczającym jest czujnik ciśnienia powietrza umiejscowiony w kanale, który w przypadku braku przepływu, ma nie dopuścić do uruchomienia nawilzacza. Następnym zabezpieczeniem jest kanałowy ogranicznik wilgotności, który w razie wystąpienia awarii nie pozwoli na nadmierne nawilżanie powietrza. Na koniec warto wspomnieć o urządzeniu do regulacji wilgotności, czyli higroście. Można stosować higrostaty zarówno naścienne, jak i kanałowe. To na nim ustawiamy oczekiwaną przez nas wilgotność powietrza, a ten przekazuje nasze



Rysunek 4
Schematy instalacji nawilżania zależne od wielkości kanału powietrza

żądania do napędu nawilzacza. Ważne jest przy tym to, aby higrostat nie był umieszczony zbyt blisko lanc wtryskowych.



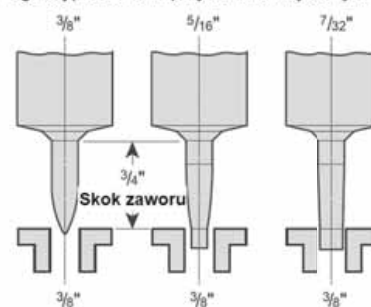
WYKORZYSTAJ PARĘ DO NAWILŻANIA

Nawilzacze powietrza pełnią istotną rolę zarówno w życiu i zdrowiu każdego z nas, jak i w procesach przemysłowych. Decydując się na wybór odpowiedniego rodzaju nawilzacza przemysłowego należy wziąć pod uwagę przede wszystkim to, jakimi mediami dysponuje dany zakład. Tam, gdzie para wykorzystywana jest w procesie wytwarzania lub do osiągnięcia odpowiedniej temperatury wody, warto zastosować nawilzacze parowe z bezpośrednim wtryskiem pary. Ze względu na znikome elementy ruchome, nawilzacze te zapewniają długą, bezawaryjną pracę i brak konieczności częstych ingerencji służb utrzymania ruchu. Ich konstrukcja zapewnia stabilną, cichą pracę i szybkie dostosowanie się do zmieniających warunków otoczenia.

Zmodyfikowana charakterystyka liniowa nawilzacza zapewniająca bardziej precyzyjną regulację dla minimalnych przepływów pary

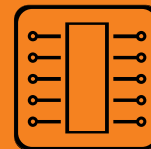


grzyby paraboliczne zapewniające precyzyjną regulację dozowania pary do lanc wtryskowych



Rysunek 5
Charakterystyka regulacji nawilzacza wykorzystującego grzyb paraboliczny

Decydując się na wybór odpowiedniego rodzaju nawilzacza przemysłowego należy wziąć pod uwagę to, jakimi mediami dysponuje dany zakład.



CANopen: sygnały cyfrowe zamiast analogowych

W przeciwieństwie do sygnału analogowego, który może przyjmować dowolne wartości z przedziału ciągłego, sygnał cyfrowy składa się z wartości dyskretnych. Wyobraźcie sobie długi ciąg zer i jedynek dryfujących we wszechświecie: 0101 0111 0100 1001 0100 1011 0100 0001 0011 1101 0101 0001 0111 0101 0110 0001 0110 1100 0110 1001 0111 0100 0110 0001 0110 0101 0111 0100. No dobrze, ale co to właściwie znaczy i dlaczego warto wymienić sygnały analogowe – dobrze znane i sprawdzone – na cyfrowe? W niniejszym artykule postaramy się wyjaśnić istotę sygnału cyfrowego w jak najbardziej przystępny sposób. Analiza obejmuje pięć obszarów: dokładność, niezawodność, diagnostyka, architektura systemu i możliwości w zakresie zarządzania cyfrowym sygnałem wyjściowym CANopen, oferowanym jako standard w czujnikach firmy WIKA.

TOMASZ BIAŁAS

Ukończył studia wyższe techniczne na Uniwersytecie Śląskim.

W Introlu pracuje od 2005 roku zajmując się doborem urządzeń do pomiaru ciśnienia.

tel. 601553389



DO CZEGO SŁUŻY CANopen?

Zapewne wszyscy słyszeli już o CANopen w kontekście sygnału cyfrowego. CANopen to protokół komunikacyjny oparty o szeregową magistralę komunikacyjną CAN (Controller Area Network), którym od 1995 roku opiekuje się organizacja CAN in Automation (CiA). Został określony jako standard w normie Europejskiej EN 50325-4. Protokół w zamierzeniu miał być ustandary-

zowaną, wbudowaną siecią o wszechstronnych możliwościach konfiguracyjnych.

Ogólnie rzecz biorąc, CANopen zapewnia kilka obiektów komunikacyjnych, które umożliwiają wdrożenie pożądanego zachowania sieciowego w przyrządzie. Dzięki wspomnianym obiektom komunikacyjnym, przyrząd lub czujnik zyskuje możliwość komunikowania danych procesowych, wyświetlania komunikatów o wewnętrznych błędach urządzenia, oraz wpływania na zachowanie sieciowe i sterowania nimi.





BLIŻSZE SPOJRZENIE NA SYGNAŁY WYJŚCIOWE

W celu odpowiedzi na pytanie o zasadności wymiany analogowych sygnałów na cyfrowe musimy porównać oba w kontekście 5 kluczowych właściwości. To właśnie te właściwości dla jednego typu sygnału są wadą, a dla drugiego zaletą.



PODATNOŚĆ NA BŁĘDY

Już w roku 2015 dwóch pracowników firmy WIKA przeprowadziło szczegółową analizę różnic w dokładności pomiędzy czujnikami analogowymi i CANopen (*Bildstein & Heusel – Digital transmission in pressure sensors, WIKA Alexander Wiegand SE & Co. KG, CAN-Newsletter, 1/2015, CAN in Automation*, str. 24-27) i dowiodło, że czujniki analogowe są bardziej podatne na błędy. Wynika to z faktu, że sygnał jest przetwarzany trzykrotnie: najpierw z analogowego na cyfrowy (AD), następnie z cyfrowego na analogowy (DA), a na koniec jest ponownie digitalizowany w sterowniku. Zazwyczaj sygnał jest jeszcze linearyzowany, co dodatkowo zwiększa prawdopodobieństwo wystąpienia błędów.

Droga sygnału od czujnika przez kable z połączeniem wtykowym do przyrządu końcowego to najstarszy punkt analogowej technologii pomiarowej.

rowej. Błąd daje się wykryć tylko wtedy, gdy sygnał wykracza poza zwyczajowy zakres. Ponadto identyfikacja czujnika na podstawie takiego sygnału nie jest możliwa.



niezawodność

Jeśli chodzi o niezawodność, przewaga sygnału cyfrowego nad analogowym wynika z precyzyjnego zdefiniowania przewidywanych wartości. Transmitowane bity mogą zostać sprawdzone pod kątem wiarygodności przez stałe pola, jak również przez długość komunikatu. Jeśli przykładowo spodziewamy się zestawu 16 cyfr (np. 0101 0111 0100 1001), a otrzymujemy zestaw 14-cyfrowy, to oczywiste, że coś poszło nie tak w trakcie transmisji. Tym samym podatność na błędy w wyniku oddziaływania czynników zewnętrznych zostaje znacząco zmniejszona. Także przekroczenie limitu czasu oczekiwania w trakcie przesyłu danych może wskazywać na błąd.

Co więcej, jedyne cyfry, które wymagają poprawnej identyfikacji w sygnale cyfrowym, to 1 i 0. Nieważne, czy sygnał wynosi 0 V czy 0,5 V, ponieważ wciąż jest rozpoznawany jako 0. Innymi słowy – ograniczone zostaje prawdopodobieństwo zakłócenia sygnału przez, np. wahania temperatury, szumy lub zakłócenia elektromagnetyczne.

”Droga sygnału od czujnika do przyrządu końcowego to najstarszy punkt analogowej technologii pomiarowej.



Rysunek 1.
Przetworniki ciśnienia z technologią CANopen



DIAGNOSTYKA

Układy elektroniczne ze „skaczącym sygnałem” zostały opracowane specjalnie dla konkretnych czujników siły. Mogą być używane do sprawdzania, czy odpowiednie czujniki zwracają taki sygnał analogowy, jakiego należałoby oczekiwać. Jednak tak wyspecjalizowane obwody to rzadkość.

Z drugiej strony, szczegółowa kontrola struktury systemu, np. który typ przyrządu jest zainstalowany, w jakiej pozycji, a także weryfikacja czujników cyfrowych, wchodzi w zakres standardowego procesu rozruchu. Wielokrotna weryfikacja sygnału cyfrowego jest możliwa nawet w trakcie pracy (np. przez protokół Heartbeat lub limity czasu oczekiwania). Nie jest to możliwe w przypadku czujników analogowych.

Co ciekawe, magistrala może przesyłać nie tylko sygnały, ale także dowolną ilość innych danych. Pojedynczy czujnik jest w stanie przestać różne zmierzone zmienne: siłę i temperaturę, ciśnienie i poziom, lub zupełnie inne kombinacje.



ROZSZERZENIE SYSTEMU

Istotną zaletą systemu cyfrowego jest możliwość łączenia sygnałów. W ramach jednego systemu sterowania można połączyć do 127 kanałów. Początkowo mało skomplikowany układ daje się bez problemu rozszerzyć w terminie późniejszym. Okablowanie jest proste, a sterowniki są coraz tańsze, ponieważ nie jest konieczne stosowanie 127 osobnych, wysoce precyzyjnych kanałów analogowych.



MOŻLIWOŚĆ PONOWNEGO UŻYTKU I ŁATWOŚĆ KONSERWACJI

Z punktu widzenia potencjalnej wymiany i regulacji, czujniki analogowe wypadają korzystnie. Jeśli korzysta się ze standardowych sy-

gnałów wyjściowych, wymiana lub modernizacja przyrządu nie wymaga zmiany oprogramowania, niezależnie od producenta. Procesy logistyczne są więc proste i nie wpływają na zachowanie systemowe. Z kolei w przypadku czujników cyfrowych napotyka się na przeszkodę – praktycznie żaden producent czujników cyfrowych nie zapewni dokładnie takiego samego produktu co konkurencja.

Z drugiej strony, całość skalowania i kalibracji wykonuje sam czujnik: jeśli np. czujnik 150 barowy wymienimy na 250 barowy, nie będzie to stwarzało problemu. Kalibracji czujników dokonuje wyłącznie producent, więc klient nie musi się martwić o parametryzację.



CANopen KONTRA SYGNAŁY ANALOGOWE – WNIOSKI KOŃCOWE

„Nie naprawiaj tego, co nie jest zepsute” – to powiedzenie możemy odnieść do czujników systemowych. Tak długo, jak czujniki obsługujące tradycyjne sygnały analogowe działają prawidłowo, nie należy zakłócać ich pracy. Jednak w przypadku rozbudowy systemu, napraw lub renowacji, warto wziąć pod uwagę korzyści wynikające z przejścia na sygnały cyfrowe.

Przykładem oferowanego przez nas przetwornika ciśnienia wyposażonego w protokół CANopen jest przetwornik ciśnienia D-20-9. Jest on kompatybilny z dowolnym systemem CANopen zaprojektowanym zgodnie z CiA. Jako usługi komunikacyjne przetwornik może obsługiwać m.in. LSS, Ochrona Node, puls, dane synchroniczne i asynchroniczne. Szybkość transmisji można ustawić w zakresie od 20K bodów do 1M bodów. Dla ułatwienia konfiguracji przetworników tej serii dostępne jest narzędzie EasyCom CANopen.

Artykuł opracowany na podstawie materiałów firmy **WIKAPolska sp. z o.o. sp. k.**
<https://blog.wikapolska.pl>

”W ramach jednego systemu sterowania można połączyć do 127 kanałów.”



KRZYSZTOF STEBEL,
DARIUSZ CHOINSKI

Katedra Automatyki i Robotyki,
Wydział Automatyki, Elektroniki
i Informatyki na Politechnice
Śląskiej

Elementy sztucznej inteligencji w sterowaniu układów

Sztuczna inteligencja nie musi być czymś bardzo skomplikowanym, niezrozumiałym i wymagającym dużych zasobów obliczeniowych. Wręcz przeciwnie, a jej elementy mogą być intuicyjne i możliwe do aplikacji w standardowych PLC. Ważne, aby gwarantowały prawidłowe działanie systemów sterowania, które jest niezbędne do osiągnięcia dobrych wyników ekonomicznych i zmniejszenia kosztów sterowania. Prezentowany moduł sztucznej inteligencji (MSI) został z powodzeniem zaimplementowany w pilotażowym procesie neutralizacji i czeka na swój finał w instalacjach przemysłowych.

„Można coś poprawić nie pogarszając innego.

Zagadnienia związane z analizą poprawności działania systemów sterowania są bardzo ważne w nowoczesnym przemyśle ze względu na jakość i koszty produkcji. Elementem skutecznego prowadzenia procesu jest prawidłowa stabilizacja istotnych parametrów procesu. Określenie prawidłowa stabilizacja jest bardzo różnie rozumiana w zależności od możliwości technologicznych, ale również świadomości określonych technik i otwarcia na nowości kadry inżynierskiej. Minimalizacja kosztów produkcji nie jest zwykle oparta na agresywnym działaniu pętli regulacji, co ma wiele zalet. Istnieją dodatkowe parametry, które można regulować w celu osiągnięcia celów technologicznych, zmniejszając równocześnie koszt sterowania. Istnieje wiele sposobów na dokonanie tej poprawy, które są nauczane na uniwersytetach. W związku z tym wiedza teoretyczna i praktyczna inżynierów stale

rośnie. Najpopularniejsze układy są zrealizowane w oparciu o regulator PI, który może być rozszerzony o część pochodną (PID). Algorytm ten można ulepszyć, dodając odpowiednio dobrany filtr wejściowy. Chociaż PI/PID jest bardzo popularny, w przypadku niektórych trudnych systemów sterowania może nie spełniać wszystkich oczekiwań.

Chociaż zaproponowano wiele wartościowych rozwiązań, wiele systemów sterowania w pętli zamkniętej nadal działa nieprawidłowo, głównie z dwóch powodów. Pierwszy z nich wiąże się z problemami ze sprzętem pomiarowym lub elementami wykonawczymi, a drugi jest spowodowany niewłaściwym doborem parametrów strojenia. Prawidłowa diagnostyka pojedynczej pętli regulacji za pomocą bezpośredniej analizy systemu przez operatora jest bardzo czasochłonna. Biorąc pod uwagę fakt, że w jednej firmie produkcyjnej mogą istnieć



setki, a nawet tysiące takich pętli, problem wydaje się niemożliwy do rozwiązania. W złożonych procesach zawsze występują odchylenia, których analiza statystyczna może dostarczyć informacji o występowaniu składnika deterministycznego. Pojawienie się określonego odchylenia jest często charakteryzowane właśnie przez zachowanie deterministyczne.

Naszym zdaniem w przypadku pogarszającej się jakości sterowania z powodu quasi-okresowych zakłóceń, niestacjonarnego charakteru procesu, słabej wydajności urządzeń wykonawczych i pomiarowych, możliwe jest automatyczne zapobieganie. Takie podejście jest nowe i do tej pory nie było omawiane w fachowych publikacjach. Przeprowadzone eksperymenty wykazały, że w przypadku procesu neutralizacji, który wykazuje pewne cechy niestacjonarne i/lub quasi-okresowe zakłócenia, proponowane podejście jest wykonalne. Praktycznie sobie łagodne nastawy algorytmów regulacji, jednak w pewnych sytuacjach powoduje to niewystarczającą reakcję na pojawiający się dryft lub inne zakłócenie. Przez 90% czasu łagodne działanie układów regulacji jest pożądane i w pełni wystarczające. Czy te 10% czasu działania i straty z nim związane należy uważać za coś co należy zaakceptować? Naszym zdaniem można zachować pożądane i wystarczające działanie przez wspomniane 90% czasu, a jednocześnie poprawić działanie podczas pozostałych 10% czasu działania.

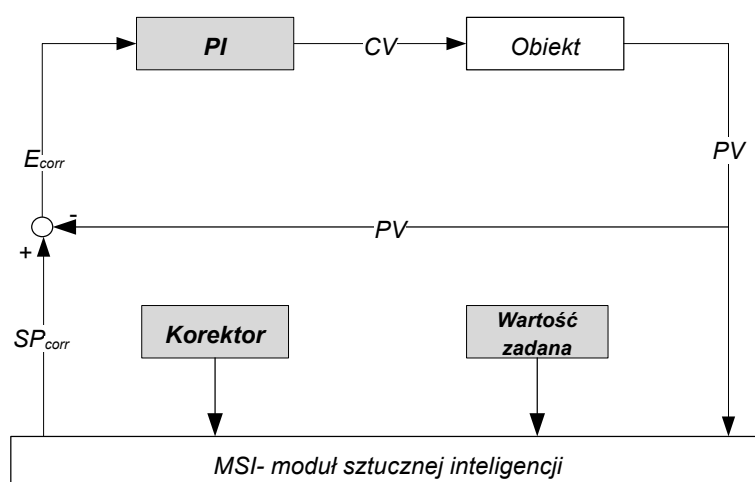
Możliwa jest poprawa jakości sterowania bez konieczności zwiększania agresywności strojenia.

Dla przykładowego procesu neutralizacji, zakłócenie występuje w odstępach 1,5 h, co znacznie pogarsza chwilową jakość sterowania. W przerwach między zakłóceniami, działanie systemu jest zadowalające dla zachowawczych (konserwatywnych) nastaw, dlatego nie ma potrzeby wprowadzania żadnych ulepszeń. Aby sformułować problem z innego punktu widzenia, można stwierdzić, że przez większość czasu działania systemu działa on poprawnie, przy strojeniu konserwatywnym, umożliwiając ekonomiczną pracę. Problemy stwa-

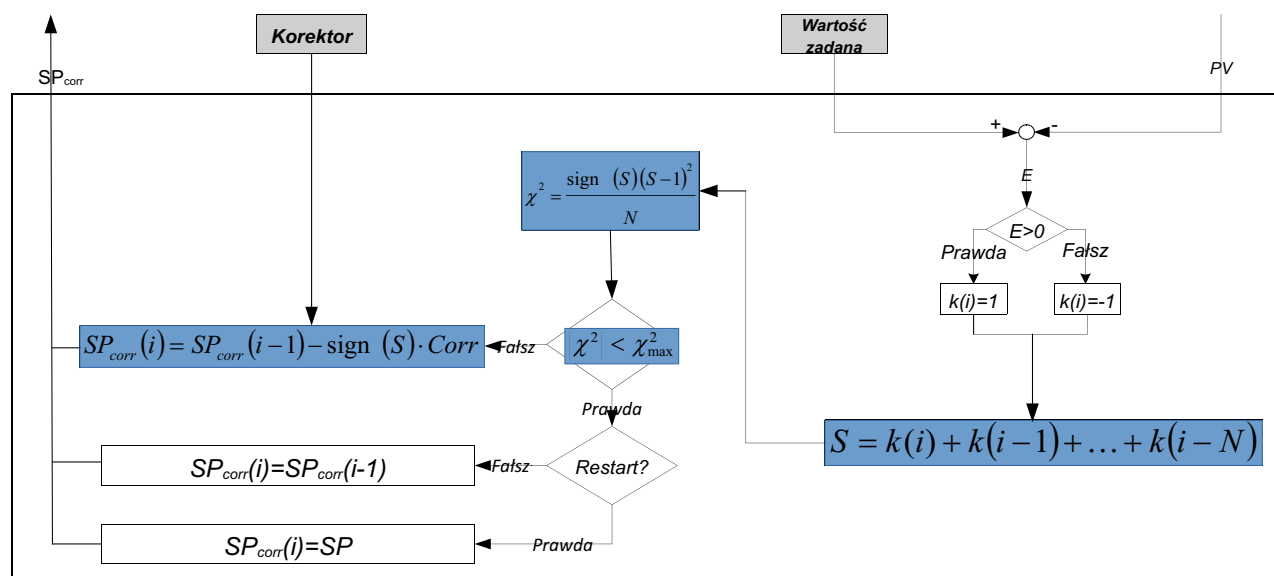
rzają okresowe lub incydentalne zakłócenia, które z drugiej strony nie są na tyle częste, aby uzasadniać ekonomiczność stałego wzrostu agresywności regulacji. W związku z tym pojawia się pytanie: czy możliwe jest nieznaczne zwiększenie agresywności działania regulatora w warunkach pogorszonej jakości jego pracy? Aby udzielić odpowiedzi na to pytanie, należy zająć się dwoma problemami: jak wykryć pogorszenie jakości sterowania i jak zwiększyć agresywność działania układu? Tu z pomocą mogą przyjść elementy sztucznej inteligencji zrealizowane w prosty sposób.

Rozwiązaniem pierwszego problemu może być znany test χ^2 . To użyteczne narzędzie statystyczne do wykrywania zakłóceń w systemie z odpowiednim poziomem ufności. Możliwym rozwiązaniem drugiego problemu jest zmiana wartości zadanej z określonym krokiem, co wymusza natychmiastową zmianę wartości wyjścia regulatora, ale nie zwiększa bezpośrednio agresywności na stałe. Obrazowo to ujmując, można co jakiś czas dać ukła-

”Możliwa jest poprawa jakości sterowania bez konieczności zwiększania agresywności strojenia.



Rysunek 1. Struktura systemu z modulem sztucznej inteligencji (MSI)

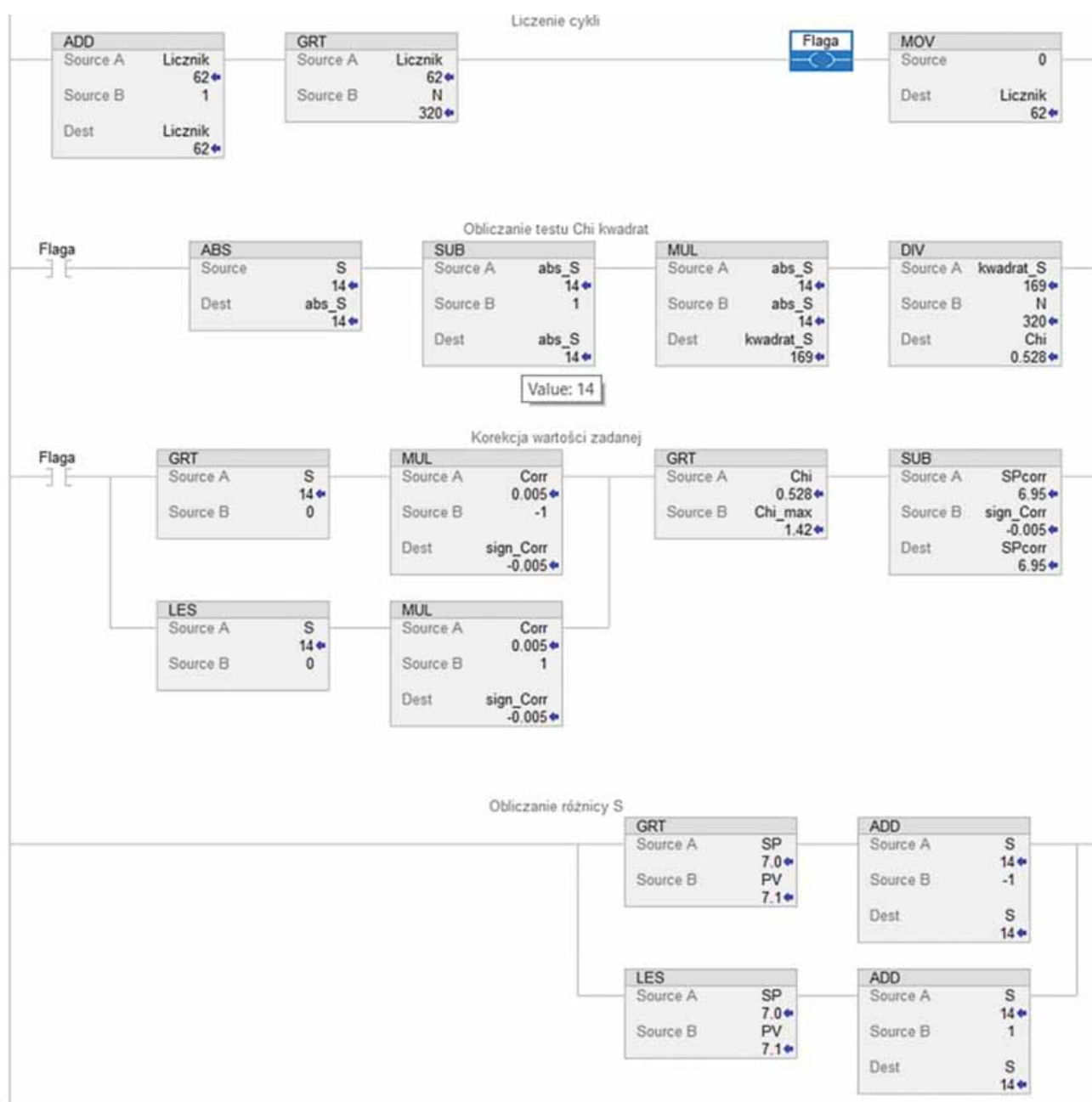


Rysunek 2. MSI realizujący funkcję korektora dryfu

dowi „kopniaka”, jeśli w danym czasie pracuje zbyt wolno. Jedną z zalet proponowanego algorytmu jest możliwość jego współpracy z dowolnym regulatorem, począwszy od powszechnie stosowanych regulatorów PI, a skończywszy na zaawansowanych algorytmach sterowania nieliniowego. Ta cecha może przemawiać do praktykującego inżyniera przemysłowego, który chce zapobiec pogorszeniu jakości sterowania.

Ogólną strukturę systemu z modułem sztucznej inteligencji (MSI) przedstawiono na rysunku nr 1. Regulator PI nie otrzymuje bezpośrednio wartości zadanej, która powinna być utrzymywana w systemie, ale jej skorygowaną wartość. Różnica pomiędzy wartością zadaną a skorygowaną wynika z MSI. Z punktu widzenia sterowania MSI, jest modulem korekcji wartości zadanej.

Ze statystycznego punktu widzenia oczekuje się, że odchylenie będzie miało charakter białego szumu o średniej wartości równej zero. Jeśli błędy sterowania nie są ze sobą skorelowane, to nie można już poprawić jakości sterowania. W praktyce takie okoliczności nigdy nie występują, a zatem analiza błędów sterowania, a dokładniej ich zmian w czasie, może dostarczyć cennych informacji o procesie. Założono, że różnica (S) między czasem wartości procesu (PV) powyżej lub poniżej punktu nastawy (SP) powinna być bliska zeru z pewną wariancją. Jeśli takie założenie jest prawdziwe, do oceny jakości sterowania można wykorzystać testy statystyczne, takie jak χ^2 . Dotychczas wyniki uzyskane takimi metodami musiały być interpretowane przez operatora, który musiał podejmować decyzje o ewentualnych korektach.



Rysunek 3.

Praktyczna realizacja modułu MSI na sterowniki Allen-Bradley dla $N=320$, $Corr=0.005$ and $\chi^2_{max}=1.42$

Omawiany test ma rzeczywiście prostą postać i sprowadza się do równania

$$\chi^2 = \frac{(|S| - 1)^2}{N}$$

Za pomocą testu określono różnicę czasów (S) występowania PV powyżej i poniżej punktu nastawy (SP) w zakresie okna czasowego o szerokości $N[s]$. Założono, że hipoteza zerowa (różnica czasów S równa zero) może zostać odrzucona, jeśli bieżąca wartość testu na końcu okna czasowego obserwacji (N wartości) jest większa niż wartość krytyczna (χ^2_{max}) dla wybranego poziomu istotności. Jeśli hipoteza zerowa zostanie odrzucona, korekta wartości zadanej SPcorr regulatora PI następuje automatycznie. Korekta odbywa się tylko raz, na koniec kolejnego okna czasowego o szerokości N . Jeśli korekta nie przyniesie wymaganych rezultatów w czasie następnego okna czasowego, na końcu następuje kolejna korekta.

Działanie MSI można opisać w następujących krokach (rys. 2):

- wykonaj pomiary w określonym czasie
- obliczyć sumę S
- na koniec określonego czasu (N próbek) obliczyć χ^2 zgodnie z równ. 1
- porównać wartości χ^2 i χ^2_{max}

Jeśli χ^2 jest większa niż χ^2_{max} , skoryguj wartość zadaną regulatora PI o wartość korekty; jeśli nie, zachowaj poprzednią wartość.

Przykład praktycznej implementacji MSI w schemacie drabinkowym przedstawiono na rysunku nr 3 i mieści się w czterech liniach. W zilustrowanym przypadku moduł wykonuje zadania okresowe co 1[s]. Implementacja modułu została wykonana na sterowniku Allen-Bradley firmy Rockwell zapewniającym światowej klasy możliwości sterowania procesami. Należy jednak stwierdzić, że algorytm składa się z prostych funkcji matematycznych, a zatem może być uruchamiany na dowolnym programowalnym sterowniku PLC, w praktycznie dowolnym języku programowania.

specjal

PODSUMOWANIE

W artykule skupiono się na praktycznych możliwościach poprawienia jakości procesu za pomocą elementów sztucznej inteligencji. Omawiany algorytm został z powodzeniem zaimplementowany w pilotażowym procesie neutralizacji. Eksperymentalnie wyznaczono optymalne parametry algorytmu korektora. Można stwierdzić, że agresywnie nastrojone układy sterowania nie mogą poprawić swojej wydajności z pomocą proponowanego MSI. Jednak w przypadku agresywnie nastrojonych układów koszty sterowania mogą wzrosnąć nieproporcjonalnie w stosunku do jakości sterowania. Wpływ MSI będzie widoczny, jeśli regulator zostanie nastrojony zachowawczo. Zachowawcze strojenie regulatorów jest powszechnie stosowaną praktyką przemysłową w celu ochrony siłowników. Oczywiście i decydującą zaletą proponowanej metodologii jest brak wymogu wprowadzania dodatkowych zakłóceń do procesu. Błędy regulacji są analizowane, a w razie potrzeby, automatycznie jest realizowana niewielka korekta wartości zadanej. Działanie systemu nie ogranicza się bynajmniej do działań korekcyjnych, ale może również służyć do sygnalizowania awarii w przypadku przekroczenia założonych wartości błędów. Proces neutralizacji nie jest jedynym, który wykazuje takie trudności w sterowaniu, stąd proponowane podejście jest uniwersalne i znajduje zastosowanie daleko poza wąskim obszarem procesów neutralizacji. Przedstawiony algorytm może być łatwo zaimplementowany przez inżynierów w dowolnych sterownikach programowalnych, zmniejszając koszty sterowania.

LITERATURA

K. Stebel, D. Choinski, 2015, Performance Improvement for Quasi Periodical Disturbances in PH Control. Advances in Electrical and Computer Engineering, Vol. 15, No. 1, 2015, pp. 123-134.

”Algorytm składa się z prostych funkcji matematycznych, a zatem może być uruchamiany na dowolnym programowalnym sterowniku PLC, w praktycznie dowolnym języku programowania.



Przetwornik wilgotności i temperatury HTS801 do ciężkich warunków

E+E

- podgrzewany sensor
– redukcja zanieczyszczeń i kondensacji

- sondy „plug&play”
– szybka wymiana bez przerywania pracy

- rejestrator danych
– podgląd historii pomiarów na wyświetlaczu

- rejestr zdarzeń i histogram
– analiza ekstremalnych warunków pracy

- szeroki zakres pracy
od -80...180 °C, do 300 bar

Typowe aplikacje:

- Procesy suszenia cegły, ceramiki, drewna, betonu, poliestru itp.
- Pomieszczenia magazynowe o dużej wilgotności
- Komory klimatyczne, testowe i utwardzające
- Pomiary meteorologiczne dla NMI i systemów ostrzegania o lodzie
- Stanowiska do testowania ogniwo paliwowych i samochodów
- Zastosowania farmaceutyczne i chemiczne

wilgotnosc@introl.pl

Introl Sp. z o.o.

www.introl.pl

