

PodKontrolą

automatyka i pomiary

wydawca:
Introl Sp. z o.o.

04/2024 (64)



w numerze:

temat
wydania



dobra
praktyka



akademia
automatyki



artykuł
specjalny



Wprowadzenie do Internetu Rzeczy

Kluczowe aspekty diagnostyki i serwisu
przeptywomierzy ultradźwiękowych

Skale i jednostki temperatury oraz ich konwersja

Chlor i technologia suchej neutralizacji chloru

spis treści

	aktualności		4
	nowości		5
	temat wydania	Wprowadzenie do Internetu Rzeczy	6
	dobra praktyka	Kluczowe aspekty diagnostyki i serwisu przepływomierzy ultradźwiękowych	10
	akademia automatyki	Skale i jednostki temperatury oraz ich konwersja	13
	artykuł specjalny	Toksyczne gazy pod kontrolą – chlor i technologia suchej neutralizacji chloru	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!

Czas szybko płynie i docieramy już do końca roku. W ostatni kwartał 2024 roku wkraczamy z czwartym numerem „Pod Kontrolą”. Zachęcam do lektury ostatnich w tym roku artykułów przygotowanych przez naszych specjalistów.

Internet Rzeczy, IoT, Przemysłowy Internet Rzeczy IIoT, Industry 4.0, M2M... to pojęcia często pojawiające się w wielu publikacjach branżowych ostatnich kilku lat. Myślą przewodnią autora „Tematu Wydania” było przybliżenie czym jest Internet Rzeczy, jaka jest jego istota i na czym opierają swoje działanie urządzenia i systemy go wykorzystujące. Artykuł charakteryzuje warstwy komunikacyjne składające się na IoT, będąc jednocześnie wstępem do dalszych rozważań o technologiach wykorzystywanych do komunikacji między elementami systemów IoT wykorzystywanym w Przemysle 4.0.

Tematyka bezinwazyjnych pomiarów przepływu cieczy, gazów i pary wodnej gościła już niejednokrotnie na łamach naszego czasopisma. Tym razem chcieliśmy skupić się na serwisowych aspektach stosowania przepływomierzy ultradźwiękowych. Dlatego autor „Dobrej praktyki” koncentruje się na istocie i kluczowej roli diagnostyki sygnałowej oraz zasadności przeprowadzania prewencyjnych prac serwisowych. To właśnie te dwie czynności zapewniają skuteczny, dokładny i niezawodny pomiar przepływu bez konieczności ingerencji w rurociąg.

Kto z nas nie spotkał się z pomiarem temperatury i koniecznością przeliczanie jej jednostek? Wszystkim znane stopnie Celsjusza, stopnie Fahrenheita czy Kelwiny nie są jedynymi skalami jakie powstały na przestrzeni wieków. „Akademia Automatyki” przybliży temat historycznych i współczesnych skal temperatury, opisuje pewne charakterystyczne punkty w różnych skalach oraz sposoby przeliczanie jednych jednostek na drugie.

Zapraszam do lektury
Wojciech Mutwicki
prezes zarządu





Targi, szkolenia, konferencje.

Jesień to dla nas i wielu ludzi branży okres wzmożonej aktywności. Domykamy duże tematy inwestycyjne, kończymy uruchomienia, dopinamy ostatnie szczegóły nowych zamówień. Jest to też okres, w którym dużo dzieje się w obszarze bezpośrednich spotkań z inżynierami z polskich zakładów. W ostatnich tygodniach byliśmy na największych targach energetycznych ENERGETAB w Bielsku-Białej oraz targach SYMAS®/MAINTENANCE w Krakowie. Na obu wydarzeniach mieliśmy okazję do niezliczonych dyskusji o potrzebach, problemach i wyzwaniach przed jakimi stoją pracownicy polskich zakładów. Na obu targach mieliśmy także okazję zaprezentować naszym Gościom prototypową instalację z wbudowanymi: wagoprzełożnikiem, wagą odważającą oraz czujnikiem wilgotności materiałów sypkich.



Ostatnie miesiące to także szkolenia i konferencje, jakie zorganizowaliśmy dla naszych klientów lub w jakich braliśmy udział jak prelegenci. 3-dniowa konferencja „Pomiary w przemyśle”, którą zorganizowaliśmy w Porębie zgromadziła ponad 30 przedstawicieli polskich zakładów z różnych branż. Przekrojowy program uwzględniał takie tematy jak: bezinwazyjne pomiary przepływu, pomiary poziomu, pomiary w układach HVAC, rozwią-

zania oszczędzające energię w systemach pary i kondensatu, diagnostyka ultradźwiękowa i automatyzacja procesu wzorcowania.

Z kolei na konferencjach „Nieawodność i Utrzymanie Ruchu w zakładach przemysłowych” w Łodzi, Krośnie i Wrocławiu uczestnicy mieli okazję zobaczyć i usłyszeć jak mierniki ultradźwięków i wibracji pomagają w diagnostyce maszyn, wykrywaniu nieszczelności i kontroli smarowania łożysk.



Tradycyjnie jesień i zima to także czas Akademii AKP. Podczas tych 3-dniowych szkoleń w naszej katowickiej siedzibie uczestnicy mieli sposobność poznać teoretyczne i praktyczne informacje z zakresu pomiarów przemysłowych.

Spotkanie partnerów Armstrong International

Pod koniec października we włoskiej miejscowości Muggiò odbyło się spotkanie partnerów firmy Armstrong International – czołowego producenta rozwiązań poprawiających efektywność instalacji parowych i innych wykorzystujących gorące media. Miejsce ARMSTRONG 2024 EMEA REPS MEETING nie było przypadkowe, bo właśnie tam znajduje się zakład produkcyjny Armstronga. Zakład ten w ostatnich latach rozwija się dynamicznie po rozszerzeniu swojego portfolio o produkcję zaworów wysokociśnieniowych.

W pierwszym dniu spotkania prezentowane były innowacyjne technologie zerowej emisji netto. Na spotkaniu byli także nasi przedstawiciele – eksperci od efektywności energetycznej instalacji pary i kondensatu. Nasi koledzy z działu armatury podsumowali najciekawsze projekty oszczędnościowe, jakie zrealizowali w ostatnim czasie w różnych polskich zakładach.





Inteligentny system automatycznego smarowania

Urządzenia z rodziny SDT LUBExpert to rozwiązania usprawniające proces diagnozowania i smarowania łożysk. Nowością w tym obszarze jest system, który **automatycznie smaruje** łożyska. SDT LUBExpert ON-Guard wykorzystuje pomiar ultradźwięków w celu diagnozy stanu smarowania, a następnie aplikuje odpowiednią ilość smaru we właściwym czasie.

System składa się z 5 głównych elementów: czujników ultradźwięków COMMONSense TRUE 4 ... 20 mA, specjalnie zaprojektowanych smarownic elektromechanicznych; sterownika wykorzystującego algorytm LU-Brain 2; webserwera do komunikacji internetowej, a także oprogramowania. Oprogramowanie systemu pozwala na stworzenie zindywidualizowanych, autonomicznych i niezawodnych planów smarowania dla każdej maszyny w oparciu o wiele wybieralnych kryteriów. Obok tych 5 podstawowych elementów system zawiera w sobie procesor, pamięć RAM, kartę pamięć SD, do 8 wejść analogowych i 10 wyjść przekaźnikowych do sterowania smarownicami oraz protokół MODBUS RTU do komunikacji z zewnętrznymi systemami.

Dzięki wykorzystaniu systemu SDT LUBExpert ON-Guard cały proces kontroli i smarowania jest całkowicie zautomatyzowany, zapewniając długotrwłą, bezawaryjną pracę urządzeń obrotowych i redukcję zużycia smaru.



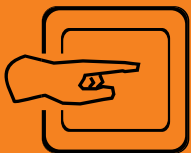
Nowy manometr cyfrowy

W 2003 roku firma Crystal Engineering wypuściła na rynek cyfrowy manometr XP2i, który udowodnił swoją niezawodność tysiącom klientów na całym świecie. Uznany manometr doczekał się udoskonalenia i niedawno na rynku pojawił się model XP3i.

Cyfrowy manometr XP3i ma dwa razy lepszą dokładność niż XP2i i wynosi ona teraz **0,05%** odczytu w standardowej wersji. Ponadto, posiada on komunikację bluetooth oraz większą pamięć rejestrowania wyników pomiaru, która obecnie wynosi do 200 milionów odczytów (przy XP2i było to 32 tysiące odczytów). Manometr cyfrowy XP3i posiada pełną kompensację w zakresie od -20°C do +50°C. Nowy manometr wyposażony został w większy wyświetlacz w porównaniu do XP2i oraz złącze USB typu C. XP3i cechuje się też wyjątkową wytrzymałością – wyposażony w gumowy ochroniacz przeszedł pozytywne testy wytrzymałościowe na upadek z wysokości 3 metrów na metalową płytę.

XP3i to obecnie jedyny na rynku manometr dostarczany ze świadectwem wzorcowania z laboratorium akredytowanego w temperaturach: -20°C, +10°C, +20°C, +30°C, 50°C, co jest dowodem na to, że manometr XP3i rzeczywiście posiada kompensację temperaturową.





temat wydania

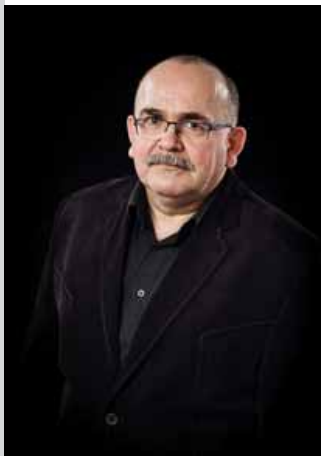
Wprowadzenie do Internetu Rzeczy

[. . .] w sprawie antymaterii (tuż po jej syntezie), powiedziałem, że antymaterii obawiam się mniej aniżeli Internetu [. . .]

[. . .] „Świat”, czyli „wszystko istniejące”, składa się z „rzeczy”, o których można się dowiedzieć dzięki „informacji”.

Tę „informację” rzeczy wprost mogą „wysłać” [. . .]

Stanisław Lem, *Bomba Megabitowa*, 1999 r.



MACIEJ WAWRZYSZKO

Absolwent Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Elektryczny, na kierunku Metrologia. W Introilu pracuje od 2004 roku, obecnie jest kierownikiem działu analiz przemysłowych.

tel. 32 789 00 62

Przytoczone cytaty z wydanej prawie ćwierć wieku temu książki autorstwa Stanisława Lema, pokazują z jednej strony obawy, jakie już wtedy wywoływała powszechność internetu, z drugiej zaś są prorocze w stwierdzeniu, które można uznać za opis aktualnych kierunków rozwoju światowej sieci komunikacyjnej. Schodząc jednak nieco na ziemię (na poziom praktyki) postaramy się przybliżyć w wielkim skrócie pojęcia związane z IoT (Internet of Things) oraz spróbujemy uzyskać odpowiedzi na pytanie – czy i w jaki sposób można połączyć istniejące urządzenia z Internetem Rzeczy?

Internet rzeczy **IoT** jest jednym z najszybciej rozwijających się kierunków zmian, jakie postęp technologiczny wprowadza w naszym życiu. Pojawia się wszędzie dookoła nas, począwszy od sprzętów domowych, poprzez parkingi przy centrach handlowych, systemy kierowania ruchem w aglomeracjach miejskich, oświetlenie miast i układy kontroli dostępu, na monitoringu mediów i przemysłowych systemach kontroli maszyn i linii technologicznych kończąc. Tak jak jego starszy brat, sieć www, Internet Rzeczy jest tworem nie do końca jednoznacznie zdefiniowanym. Wbrew pozorom, brak sztywnej definicji jest zaletą, a nie wadą. IoT jest tworem wielowarstwowym, realizującym zadania i usługi za pomocą różnorodnych urządzeń, mediów komunikacyjnych,

programów i systemów przekazywania i gromadzenia informacji.

W tym miejscu warto się zastanowić nad pojęciem „przekazywanie informacji”. Pojęcie to można uznać za kluczowe zarówno dla definicji Internetu rozumianego jako światowa sieć www, jak i Internetu Rzeczy. Jeden jak i drugi bazuje na przesyłaniu informacji.

Informacja (łac. *informatio* – przedstawienie, wizerunek; *informare* – kształtować, przedstawiać) – termin interdyscyplinarny, definiowany różnie w różnych dziedzinach nauki; najogólniej właściwość, relacja między elementami zbiorów pewnych obiektów, której istotą jest zmniejszanie niepewności, nieokreśloności.





Można wyróżnić dwa podstawowe punkty widzenia w definiowaniu pojęcia informacji:

1. obiektywny – informacja oznacza pewną właściwość fizyczną lub strukturalną rozpatrywanych obiektów, układów, czy systemów;
2. subiektywny – informacja istnieje jedynie względem pewnego podmiotu, najczęściej rozumianego jako umysł, gdyż jedynie umysł jest w stanie nadać elementom rzeczywistości znaczenie (sens) i wykorzystać je do własnych celów.

Definicja informacji jako takiej w pewnym stopniu wyjaśnia przyczyny, dla których „klasyczny” internet niejako szturmem zawładnął populacją ludzką. Definicja ta rozumiana zarówno obiektywnie, jak i subiektywnie, znajduje odzwierciedlenie w tym, w jaki sposób internet wykorzystywany jest w codziennym życiu ludzi.

Internet Rzeczy koncentruje się na informacji w sensie obiektywnym. Mnogość sposobów przekazywania informacji, różnorodność mediów używanych do jej przesyłania, czy wreszcie brak ograniczeń w sposobach wykorzystania pozyskanej informacji, czyni go bardzo użytecznym narzędziem.



Struktura Internetu Rzeczy



Rysunek 1
Warstwy IoT

lub bezprzewodowych łączy i różnorodnych protokołów komunikacyjnych.

STRUKTURA INTERNETU RZECZY

Technologia Internetu Rzeczy ma wiele różnych zastosowań, a jej wykorzystanie rośnie coraz szybciej. W zależności od różnych obszarów zastosowań, do tworzenia Internetu Rzeczy wykorzystywane są różne dostępne technologie przesyłu danych. Nie ma jednak standardowo zdefiniowanej architektury pracy, która byłaby ściśle przestrzegana na całym świecie. Architektura IoT zależy od oczekiwanej funkcjonalności i możliwości implementacji w różnych sektorach życia i zastosowaniach. Mimo swobodnego rozmycia, istnieje podstawowy przepływ procesów, na podstawie którego budowany jest IoT.

W tym artykule wykorzystamy architekturę IoT, pokazaną na rysunku 1.

Na schemacie ukazano czterowarstwową strukturę IoT, w skład której wchodzi:

- warstwa sensoryczna wykrywania i pozyskiwania informacji,
- warstwa sieciowa transmisji i przesyłania informacji,
- warstwa przetwarzania danych,
- warstwa aplikacji.

Pokrótkie postaramy się scharakteryzować każdą z nich.

WARSTWA SENSORYCZNA

Warstwa sensoryczna jest pierwszą warstwą architektury IoT i jest odpowiedzialna za zbieranie danych z różnych źródeł. Warstwa ta obejmuje czujniki i przetworniki pomiarowe, które są umieszczane w środowisku w celu gromadzenia pożądanych informacji np. o temperaturze, wilgotności, świetle, dźwięku i innych parametrach fizycznych. Urządzenia te są połączone do warstwy sieciowej za pośrednictwem przewodowych

WARSTWA SIECIOWA

Warstwa sieciowa architektury IoT jest odpowiedzialna za zapewnienie komunikacji i łączności między urządzeniami w systemie IoT. Obejmuje ona protokoły i technologie, które umożliwiają urządzeniom łączenie się i komunikowanie ze sobą oraz z szerszym Internetem. Przykłady technologii sieciowych, które są powszechnie stosowane w IoT, obejmują WiFi, Bluetooth, Zigbee i sieci komórkowe, takie jak 4G i 5G. Ponadto warstwa sieciowa może obejmować bramy i routery, które działają jako pośrednicy między urządzeniami a szerszym Internetem. Warstwa sieciowa to także funkcje bezpieczeństwa, takie jak szyfrowanie i uwierzytelnianie w celu ochrony przed nieautoryzowanym dostępem.

WARSTWA PRZETWARZANIA DANYCH

Warstwa przetwarzania danych w architekturze IoT odnosi się do oprogramowania i komponentów sprzętowych, które są odpowiedzialne za gromadzenie, analizowanie oraz interpretowanie danych z urządzeń IoT. Warstwa ta jest odpowiedzialna za odbieranie nieprzetworzonych danych z urządzeń, przetwarzanie ich i udostępnianie do dalszej analizy lub dzia-



”Przemysłowy Internet Rzeczy (IIoT) jest podkategorią IoT, opiera się o te same założenia i struktury, co szersze pojęcie Internetu Rzeczy.

łania. Warstwa przetwarzania danych obejmuje różne technologie i narzędzia, takie jak systemy zarządzania danymi, platformy analityczne i algorytmy uczenia maszynowego. Warstwa przetwarzania danych bywa określana również jako warstwa brzegowa w aplikacjach wykorzystujących rozwiązania oparte na technologii chmury danych.



WARSTWA APLIKACJI

Warstwa aplikacji architektury IoT jest najwyższą warstwą, która wchodzi w bezpośrednią interakcję z użytkownikiem końcowym. Warstwa ta obejmuje różne oprogramowanie i aplikacje, takie jak aplikacje mobilne, portale internetowe oraz inne interfejsy użytkownika, które są zaprojektowane do komunikowania się z podstawową infrastrukturą IoT. Obejmuje ona również usługi oprogramowania pośredniczącego, które umożliwiają różnym urządzeniom i systemom IoT płynną wymianę danych. Warstwa aplikacji obejmuje również funkcje analityczne i funkcje przetwarzania, które umożliwiają analizowanie danych i przekształcanie ich w znaczące spostrzeżenia. Mogą one obejmować algorytmy uczenia maszynowego, narzędzia do wizualizacji danych i inne zaawansowane funkcje analityczne. Warstwa aplikacji często bywa realizowana z wykorzystaniem chmury danych.



INTERNET RZECZY – BUDOWA I DZIAŁANIE

Jak dotąd nie pojawiło się żadne nowe pojęcie, którego byśmy nie napotkali w dotychczas istniejących systemach komunikacji, wymiany i przetwarzania danych zarówno tych przemysłowych, jak i tych powszechnego użytku. Co zatem spowodowało, iż IoT szturmem wdarł się do otaczającego nas świata?

Prawdopodobnie jest wiele odpowiedzi na to pytanie obejmujących aspekty techniczne, ekonomiczne i socjologiczne. Skala zjawiska jakim jest IoT, mnogość możliwych do wykorzystania już istniejących rozwiązań i technologii informatycznych, elastyczność i podatność na kreatywność twórców powodują, iż szczegółowy opis zjawiska wydaje się być praktycznie niemożliwy, a z pewnością wykracza poza ramy tego artykułu. Tu postaramy się przybliżyć kilka aspektów technicznych, które stanowią o sile IoT. Zaczniemy od stwierdzenia będącego swoistym truizmem.

Podstawą istnienia IoT jest wymiana informacji.

Powyższe stwierdzenie wymaga uzupełnienia i uściślenia. Wymiana informacji w IoT jest asynchroniczna i, w przeciwieństwie do niektórych stosowanych na skalę przemysłową systemów zbierania danych, nie jest skorelowana czasowo. Te właśnie cechy ma światowa sieć internetowa, z której korzystamy w codziennym życiu.

Wracając do przywołanej wcześniej struktury, spróbujmy przyrzeć się w jaki sposób realizowane są dwie pierwsze warstwy tworzące IoT.



WARSTWA SENSORYCZNA IOT

Warstwa ta składa się z tak zwanych inteligentnych urządzeń. Stopień zaawansowania zaimplementowanej inteligencji nie jest istotny dla naszych rozważań. Do IoT może przecież być podłączony tak prosty czujnik temperatury, czujnik obecności pojazdu na parkingu, jak i licznik ludzi w pomieszczeniu, działający na bazie analizy obrazu, dokonywanej przy użyciu zaawansowanych algorytmów sztucznej inteligencji.

Istotną cechą stanowiącą o inteligencji elementów warstwy sensorycznej jest możliwość komunikowania się. Jeżeli urządzenie posiada interfejs komunikacyjny pracujący w jednym z obowiązujących standardów, to może zaistnieć w sieci IoT. Drugim aspektem wbudowanej inteligencji jest możliwość samodzielnego inicjowania przesyłu informacji w ustalonych interwałach czasowych lub jako skutek zajścia określonych zdarzeń.

Rozwój elektroniki i technologii chemicznych źródeł zasilania doprowadził do upowszechnienia urządzeń zasilanych z wbudowanych baterii. W efekcie, możliwe jest rozprzestrzenienie wszelkiego rodzaju czujników bez konieczności doprowadzenia do nich linii zasilających i komunikacyjnych. Jest to jedna z odpowiedzi na postawione wcześniej pytanie o przyczyny ekspansji IoT. Możliwe stało się względnie tanie uzyskanie wielu pożytecznych informacji, począwszy od bezprzewodowej kontroli otwarcia/zamknięcia czegoś, poprzez wielopunktowe pomiary poziomu cieczy, temperatury, wilgotności, stężenia CO₂, na kontroli zajętości pomieszczeń kończąc. W dobie obiektów użyteczności publicznej takich jak hipermarkety i galerie handlowe, w których gromadzą się w jednym czasie i miejscu rzesze ludzi, możliwości te często stanowią o ich bezpieczeństwie.

Warto przy okazji zaznaczyć, że urządzenia bateryjne nie wyczerpują zakresu możliwości stosowania IoT. Istniejące urządzenia zasilane ze źródeł stacjonarnych również mogą być urządzeniami końcowymi w IoT. Warunkiem jest posiadanie interfejsu komunikacyjnego.



WARSTWA SIECIOWA IOT

Technologie wymienione w charakterystyce warstwy sieciowej są stosowane w aplikacjach Internetu Rzeczy. Jednak o ekspansji IoT zdecydowało głównie pojawienie się nowych metod łączności bezprzewodowej.

Dotychczas do bezprzewodowej wymiany danych na krótkich dystansach, do 100 m w zależności od otoczenia, były wykorzystywane technologie Bluetooth i WiFi. Istotną cechą tych technologii jest możliwość przesyłania strumieni danych, co znajduje zastosowanie w transferze plików oraz sygnałów audio i wideo. Otwartość



standardów WiFi i Bluetooth zaowocowała ich rozpowszechnieniem. Obecnie spotykamy się z nimi niemalże wszędzie.

Do bezprzewodowego przesyłania informacji na duże odległości wykorzystywane są sieci telefonii komórkowej. Istotną zaletą tego rozwiązania jest duży zasięg wynikający z pokrycia zamieszkałych terenów stacjami sieci komórkowej. Wadą jest konieczność ponoszenia kosztów opłat abonentowych.

Internet Rzeczy postawił nowe wymagania odnośnie własności funkcjonalnych systemu komunikacji z „inteligentnymi rzeczami”. Nie wykluczając stosowania wszystkich dostępnych wcześniej metod przesyłania danych, stworzono nowe standardy, dostosowane do pracy w urządzeniach zasilanych z wbudowanych baterii. Grupa nowych standardów komunikacji bezprzewodowej, dostępnych na światowym rynku, obejmuje między innymi rozwiązania takie jak Sigfox, NB-IoT, LTE_CatM czy LoRaWAN. Choć wszystkie one realizują zadania wymagane do tworzenia IoT i w ogólnym sensie są do siebie podobne, to jedynie LoRaWAN jest rozwiązaniem bezpłatnym. Z uwagi na rosnącą popularność LoRaWAN warto przyjrzeć się jej cechom, zaletom i ograniczeniom. Ale to już w kolejnym numerze „Pod Kontrolą”.



NAUKA DOGONIŁA FIKCJĘ

W niniejszym artykule używamy pojęcia Internetu Rzeczy, a pewnie wielu z nas spotkało się z terminem Przemysłowego Internetu Rzeczy (IIoT – *Industrial Internet of Things*). Dla zrozumienia istoty Internetu Rzeczy nie ma to jednak większego znaczenia. IIoT jest po prostu podkategorią IoT, ale opiera się o te same założenia i struktury, co szersze pojęcie Internetu Rzeczy.

Na koniec wróćmy jeszcze do słów Stanisława Lema:

[. . .] „Świat”, czyli „wszystko istniejące”, składa się z „rzeczy”, o których można się dowiedzieć dzięki „informacji”.

Tę „informację” rzeczy wprost mogą „wysłać” [. . .]

Szybkie przybliżenie istoty i struktury IoT pokazuje, że słowa naszego wybitnego pisarza, futurologa i filozofa, przeszły z poziomu fiction do poziomu science. Informacja, jej pozyskiwanie, przesyłanie, przetwarzanie i wykorzystanie pomiędzy rzeczami (maszynami) stały się przecież rzeczywistością w XXI wieku, zarówno w naszych domach, miastach, jak i w zakładach. O tej rzeczywistości, w odniesieniu do komunikacji między „rzeczami” za pomocą technologii **LoRa** wrócimy w kolejnym numerze Pod Kontrolą.





dobra praktyka

TOMASZ KMIECIK

Absolwent Śląskiej Wyższej Szkoły Zarządzania imienia Generała Jędrzeja Ziętki. W Introlu pracuje od 2015 roku, obecnie na stanowisku kierownika serwisu ds. pomiarów i wdrożeń.

Tel: 785 900 869

Kluczowe aspekty diagnostyki i serwisu przepływomierzy ultradźwiękowych

W dzisiejszym świecie przemysłowym, gdzie efektywność i niezawodność operacji są kluczowe, pomiary bezinwazyjne zyskują na znaczeniu. Technologia oparta na pomiarze ultradźwiękowym pozwala na monitorowanie przepływu cieczy i gazów bez konieczności ingerencji w układ rurociągu. Technika ta jest niezwykle skuteczna i często znacznie tańsza w zakupie i eksploatacji niż metody inwazyjne. Jednakże jej prawidłowe stosowanie wymaga zachowania kilku podstawowych zasad odnoszących się do diagnostyki sygnałowej i serwisowania układu pomiarowego. Przyjrzyjmy się zatem temu, dlaczego diagnostyka sygnałowa jest tak istotna, jak wpływa na dokładność pomiaru oraz dlaczego serwis prewencyjny jest ważny dla optymalizacji systemów pomiarowych.



CO TO SĄ POMIARY BEZINWAZYJNE?

Pomiar bezinwazyjny to technika, która umożliwia analizę przepływu cieczy lub gazów bez konieczności ingerencji w rurociąg czy innych elementów instalacji. Wykorzystując pomiar ultradźwiękowy, układy pomiarowe mogą dostarczać dokładnych danych o przepływie, temperaturze i ciśnieniu, co ma ogromne znaczenie w wielu branżach, w tym w przemyśle chemicznym, energetycznym i gospodarce wodno-ściekowej.

Technologia opiera się na pomiarze różnicy czasu przejścia fali akustycznej emitowanej naprzemiennie w dwóch kierunkach z sond pomiarowych zamocowanych na rurociągu (tzw. Transit Time).

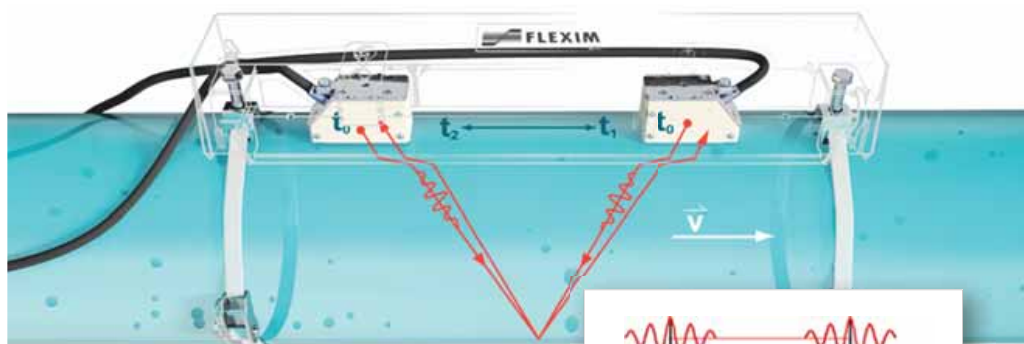


ZNACZENIE DIAGNOSTYKI SYGNAŁOWEJ

Jakość pomiarów bezinwazyjnych jest ściśle związana z jakością sygnału ultradźwiękowego. Na jakość sygnału wpływ mają 3 główne czynniki, z których pierwszym jest **samo medium** i jego właściwości. Różne ciecze/gazy mają różne właściwości akustyczne, co wpływa na dokładność pomiarów. Diagnostyka pozwala na uwzględnienie różnic w prędkości rozchodzenia się ultradźwięków w różnych ośrodkach (mediach), zwiększając tym samym dokładność pomiaru.

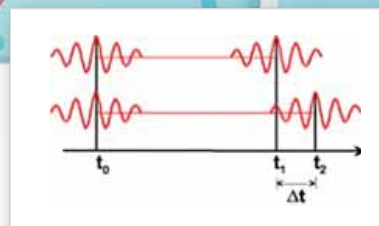
Drugim czynnikiem wpływającym na jakość sygnału są **zanieczyszczenia i osady**. Obecność zanieczyszczeń może prowadzić do zniekształcenia sygnału. Regularne monitorowanie pozwala

» **Regularne serwisowanie systemów pomiarowych to klucz do zapewnienia im długotrwałej wydajności i dokładności.**



Zasada korelacji czasu przejścia

Dwie sondy pomiarowe ultradźwiękowe montuje się na rurze w określonej odległości. Poprzez wysyłanie sygnałów dźwiękowych na przemian – zgodnie z kierunkiem przepływu i przeciwnie do niego – można zmierzyć różnicę czasu przejścia. Odpowiada ona prędkości przepływu.



Rysunek 1

Zasada działania przepływomierzy ultradźwiękowych – Transit Time



Rysunek 2
Sondy przepływomierza zamontowane na rurociągu

na szybką reakcję i czyszczenie rurociągów w celu uzyskania poprawnych wskazań.

Trzecią kwestią, którą należy wziąć pod uwagę są **warunki w jakich prowadzony jest pomiar**. Zmiany temperatury, ciśnienia czy struktury rurociągu mogą wpływać na jakość sygnału. Diagnostyka sygnałowa umożliwia dostosowanie pomiarów do aktualnych warunków.

Diagnostyka sygnałowa jest procesem, który polega na analizie sygnałów ultradźwiękowych w celu oceny stanu systemu pomiarowego. Warto ją przeprowadzać regularnie, gdyż niesie ze sobą wiele korzyści:

- **Wczesne wykrywanie problemów** – regularna diagnostyka pozwala na szybkie identyfikowanie problemów, takich jak zniekształcenia sygnału, co może prowadzić do błędnych pomiarów.
- **Optymalizacja ustawień** – poprzez analizę sygnałów można dostosować parametry pracy urządzenia, co wpływa na dokładność i stabilność pomiarów.
- **Zwiększenie niezawodności** – systemy z dobrze przeprowadzoną diagnostyką sygnałową mają wyższy poziom niezawodności, co jest kluczowe w procesach przemysłowych.



Rysunek 3
Przetwornik przepływomierza Fluxus ze wskazaną siłą i jakością sygnału

DIAGNOSTYKA SYGNAŁOWA

Podstawowym elementem diagnostyki jest analiza sygnałów ultradźwiękowych, które są kluczowe dla pomiarów. Emerson Flexim wykorzystuje zaawansowane algorytmy do monitorowania jakości sygnału. Diagnostyka sygnałowa obejmuje:

- **Analizę amplitudy i częstotliwości** – umożliwia to wykrycie zniekształceń sygnału, które mogą być spowodowane różnymi czynnikami,



Rysunek 4
Sondy przepływomierza z żelę sprężającym

takimi jak zmiany w medium, obecność zanieczyszczeń czy błędy montażowe.

- **Ocena stabilności sygnału** – monitorowanie w czasie rzeczywistym pozwala na wychwytywanie wszelkich anomalii, które mogą wskazywać na problemy z sondami pomiarowymi zamontowanymi na rurociągu lub medium.
- **Wykrywanie szumów** – systemy Emerson Flexim potrafią identyfikować źródła szumów, które mogą wpływać na jakość pomiarów, co jest kluczowe dla eliminacji błędów.



SERWIS PREWENCYJNY – DLACZEGO WARTO?

Oczywistym jest stwierdzenie, że regularne serwisowanie systemów pomiarowych to klucz do zapewnienia im długotrwałej wydajności i dokładności. To samo dotyczy ultradźwiękowych układów pomiaru przepływu. Właśnie dlatego prewencyjne serwisowanie aparatury jest znacznie lepszym rozwiązaniem niż późniejsze usuwanie awarii samego przepływomierza lub innych elementów, które mogą zostać uszkodzone na skutek niedokładnych pomiarów.

Podczas serwisu prewencyjnego w pierwszej kolejności **weryfikujemy poprawność montażu.**

Prawidłowy montaż sond jest kluczowy dla jakości pomiarów. Weryfikacja pozwala stwierdzić, czy sondy są poprawnie zainstalowane i czy nie występują żadne nieprawidłowości. Następnie serwisant przystępuje **do przeglądu sond pomiarowych.** Regularne przeglądy sond umożliwiają wykrycie zużycia lub uszkodzeń, które mogą wpłynąć na dokładność pomiarów. Wczesne wykrycie problemów pozwala na ich szybką naprawę lub wymianę. W sytuacji, gdy sondy pomiarowe działają poprawnie, ponownie **nakładamy żel sprężający na sondy.** Żel stosowany w montażu sond ultradźwiękowych jest bowiem kluczowy dla poprawnej transmisji sygnału. Z czasem jego właściwości mogą się pogarszać, co wpływa na jakość pomiarów. Regularne nakładanie świeżego żelu zapewnia optymalne warunki dla działania sond.



PRZYKŁADY ZASTOSOWAŃ ULTRADŹWIEKOWYCH UKŁADÓW POMIARU PRZEPŁYWU FLEXIM

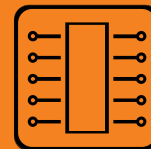
Technologia ultradźwiękowa jest szeroko stosowana w różnych branżach, co potwierdza jej uniwersalność i efektywność. Znajduje ona zastosowanie w wielu aplikacjach, z których można wymienić między innymi:

- **przemysł chemiczny** – monitorowanie przepływu mediów chemicznych w procesach produkcyjnych, gdzie precyzja pomiarów jest kluczowa dla bezpieczeństwa i jakości produktu.
- **przemysł energetyczny** – kontrola przepływu w systemach chłodzenia oraz monitorowanie emisji w zakładach energetycznych.
- **branża wodno-ściekowa** – pomiar przepływu w systemach wodociągowych, pozwalający na efektywne zarządzanie zasobami wodnymi oraz wykrywanie ewentualnych wycieków.
- **przemysł spożywczy** – monitorowanie przepływu płynów w procesach produkcyjnych, gdzie kluczowe jest zachowanie standardów jakości i higieny, które zapewnia pomiar bezinwazyjny.



DIAGNOSTYKA I PREWENCJA KLUCZEM DO SUKCESU

Pomiar bezinwazyjny przepływu w technologii ultradźwiękowej jest często najbardziej optymalnym rozwiązaniem w wielu branżach przemysłowych. Właściwa diagnostyka sygnałowa oraz prewencyjny serwis takich układów pomiarowych wpływają na jakość, dokładność i niezawodność pomiarów. Inwestycja w nie przynosi długoterminowe korzyści, w tym zwiększenie efektywności procesów, oszczędności finansowe (redukcja ryzyka awarii i przestojów) oraz zapewnienie bezpieczeństwa. Dla firm działających w dynamicznie zmieniającym się otoczeniu rynkowym, regularne monitorowanie i konserwacja systemów pomiarowych stają się nierzadko jedną z wytycznych zapewniających utrzymanie konkurencyjności i jakości usług.



Skale i jednostki temperatury oraz ich konwersja

Temperatura towarzyszy człowiekowi od zarania dziejów. W toku rozwoju nauki różni fizycy próbowali ją okiełznać tworząc mniej lub bardziej skomplikowane skale. Zobaczmy, jakie skale temperatur zostały opracowane na przestrzeni ostatnich stuleci, jakie pozostały w obiegu, a jakie stały się tylko historyczną ciekawostką.



POWRÓT DO SZKOŁY, CZYLI CZYM JEST TEMPERATURA?

Temperatura jest miarą średniej energii kinetycznej ruchu i drgań wszystkich cząsteczek tworzących dany układ (lub ciało). Upraszczając – wszystkie materiały są zbudowane z atomów i cząsteczek, które są w ciągłym ruchu, wibrują lub obracają się. Im bardziej się poruszają, tym wyższa temperatura, jaką będzie miał materiał. Prędkość atomów w ruchu termicznym (w temperaturze zbliżonej do pokojowej) jest duża. W temperaturze bliskiej zera bezwzględnej prędkość ta osiąga minimalne wartości.

Jeśli dwa ciała mają tę samą temperaturę, to w bezpośrednim kontakcie nie przekazują sobie ciepła, gdy zaś temperatura obu ciał jest różna, to następuje przekazywanie ciepła z ciała o wyższej temperaturze do ciała o niższej – aż do wyrównania się temperatury obu ciał.

Termodynamiczna definicja temperatury pozwala porównywać jej wartości (wartość energii), ale nie określa jej skali. Dlatego fizycy konstruują skale temperatury. Skala temperatury zawiera charakterystyczne wartości temperatury i odpowiadające im zjawiska określające stan cieplny. Pierwotnie skale były konstruowane w oparciu o charakterystyczne wartości temperatury zmian stanów skupienia i przy założeniu, że rozszerzalność cieczy jest liniowa. Później konstrukcje opierano na właściwościach gazów, a współcześnie definiuje się temperaturę poprzez odwołanie do fizyki statystycznej.



SKALE TEMPERATURY

Pierwsi konstruktorzy termometrów i skal temperatury opierali swoje skale na znanych im zjawiskach. Najczęściej przyjmowano, że zmiana temperatury jest proporcjonalna do zmiany objętości cieczy (alkoholu, rtęci). W skalach tych, jako punkty odniesienia, przyjmowano wartości temperatury dwóch zjawisk zachodzących w dobrze określonych warunkach.



SKALA CELSJUSZA

Najbardziej rozpowszechnioną na świecie skalą temperatur jest skala Celsjusza – skala termometryczna, nazwana od nazwiska szwedzkiego uczonego Andersa Celsiusa, który zaproponował ją w roku 1742.

Celsjusz proponował wykorzystanie w pomiarach temperatury dwóch punktów – topnienia lodu oraz wrzenia wody – i podzielenia skali pomiędzy nimi na 100 stopni.

Według Celsjusza punktowemu topnienia lodu miało odpowiadać 100 stopni, natomiast punktowemu wrzenia – 0. Oznacza to, że w pierwotnej skali Celsjusza temperatura pokojowa odpowiadała 80 stopniom, a temperatura ciała człowieka 63,4 stopnia. Podczas mroźnego poranka pierwszy termometr Celsjusza mógł wskazywać 110 stopni (obecnie -10).

Dopiero później naukowcy doszli do wniosku, że lepiej połączyć wzrost liczby stopni z procesem ogrzewania. Obecnie:

0°C punkt topnienia lodu
100°C punkt wrzenia wody (1013 hPa)

Obecnie skala Celsjusza jest zdefiniowana przez Międzynarodowe Biuro Miar i Wag poprzez temperaturę zera bezwzględnego (-273,15°C) oraz temperaturę punktu potrójnego wody VSMOW (0,01°C), a zatem stopień Celsjusza to 1/273,16 tego przedziału.



Rysunek 1
Anders Celsius



SŁAWOMIR KOWALCZYK

Ukończył Wydział Automatyki Elektroniki i Informatyki Politechniki Śląskiej w Gliwicach, Specjalność Systemy Pomiarowe. W Introilu pracuje od 1996 roku, obecnie na stanowisku kierownika działu kalibratorów.

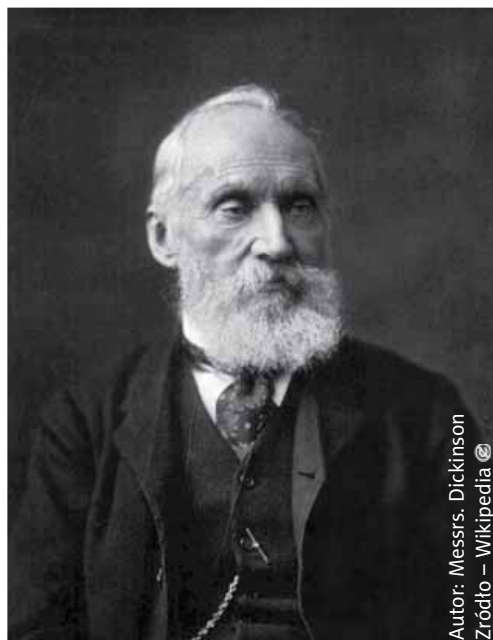
tel. 32 789 01 22



SKALA KELWINA

Kelwin – jednostka temperatury w układzie SI, oznaczana symbolem K.

Nazwa pochodzi od szkockiego fizyka Williama Thomsona (1824-1907), lorda Kelvina.



Autor: Messrs. Dickinson
Źródło – Wikipedia

Rysunek 2
William Thomson, lord Kelvin

Skala Kelwina (skala bezwzględna) jest skalą termometryczną absolutną, tzn. zero w tej skali oznacza najniższą teoretycznie możliwą temperaturę, jaką może mieć ciało. Jest to temperatura, w której (według fizyki klasycznej) ustały wszelkie drgania cząsteczek.

Temperatury tej nie da się jednak osiągnąć – obliczono ją na podstawie funkcji uzależniającej temperaturę od energii kinetycznej w gazach doskonałych. Funkcję tę opracował William Thomson, lord Kelvin, na którego cześć nazwano skalę i jednostkę temperatury.

Temperatura 0 K odpowiada temperaturze $-273,15^{\circ}\text{C}$. Ponieważ skala Kelwina oparta jest na skali Celsjusza i różnica temperatury jest w obu przypadkach ta sama, temperaturę w kelwinach otrzymuje się przez dodanie do liczby wyrażonej w stopniach Celsjusza stałej 273,15.

$$\begin{aligned} 0^{\circ}\text{C} &= 273,15 \text{ K} \\ 0 \text{ K} &= -273,15^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

W przeciwieństwie do skali Celsjusza, w skali Kelwina nie używa się wyrazu „stopień”, tj. temperatura 100 stopni Celsjusza to inaczej temperatura 373,15 kelwinów. Określenie „stopień Kelvina” zostało zastąpione nazwą „kelwin” na mocy 3. rezolucji XIII Generalnej Konferencji Miar i Wag.



SKALA FARENHEITA

Daniel Gabriel Fahrenheit (ur. 24 maja 1686 w Gdańsku, zm. 16 września 1736 w Hadze) – fi-

zyk i inżynier pochodzenia niemieckiego. Większość okresu naukowego spędził w Niderlandach. Wynalazca termometru rtęciowego, twórca skali temperatury używanej w niektórych krajach anglosaskich.

Skala Fahrenheita (jednostka $^{\circ}\text{F}$) – skala pomiaru temperatury, zaproponowana w 1724 roku i nazwana od nazwiska jej twórcy. Była używana do pomiaru temperatury w krajach stosujących imperialne jednostki miar do połowy XX wieku, kiedy została wyparta przez skalę Celsjusza. Nadal używana jest w USA, Kajmanach, Bahamach oraz Belize. W Kanadzie istnieje jako skala uzupełniająca.

32°F punkt topnienia lodu
 212°F punkt wrzenia wody (1013 hPa)

Zależność między temperaturą wyrażoną w stopniach Celsjusza $[^{\circ}\text{C}]$ i Fahrenheita $[^{\circ}\text{F}]$ wynosi:

$$\begin{aligned} T^{\circ}\text{C} &= 5/9 \times (T^{\circ}\text{F} - 32) \\ T^{\circ}\text{F} &= 9/5 \times T^{\circ}\text{C} + 32 \end{aligned}$$



INNE SKALE TEMPERATURY

Istnieją też inne skale temperatur, której jednak są rzadko używane (historyczne) i o których nie uczą w szkołach ani na studiach (tak przynajmniej było ze mną). Warto jednakże wiedzieć, że istnieją.

Pisząc artykuł o skalach temperatur poszukiwałem zatem tych skal, które nie są tak oczywiste i nie są powszechnie stosowane. Impulsem do poszukiwań było to, że w kalibratorach firmy Beamex serii MC6 oprócz jednostek **$^{\circ}\text{F}$, $^{\circ}\text{C}$ i K są również dostępne $^{\circ}\text{Ra}$ oraz $^{\circ}\text{Ré}$. Stąd można wysnuć wniosek, że gdzieś na świecie wciąż są używane.**

Skala Rankine’a – skala termometryczna opracowana przez Williama Rankine’a.

Jest to skala absolutna, tzn. zero w tej skali oznacza najniższą możliwą temperaturę, jaką może mieć kryształ doskonały, w którym ustały wszelkie drgania cząsteczek (zero bezwzględne). Temperatura ta została obliczona na podstawie funkcji uzależniającej temperaturę od energii kinetycznej drgań cząsteczek w kryształach doskonałych. Jest odpowiednikiem skali Kelwina dla stopni Fahrenheita.

Przeliczanie:

$$\begin{aligned} T_{(^{\circ}\text{Ra})} &= 9/5 \times T_{\text{K}} \\ T_{(^{\circ}\text{Ra})} &= T_{(^{\circ}\text{F})} + 459,67 \end{aligned}$$

Skala Delisle’a – skala termometryczna opracowana w 1732 roku przez francuskiego astronoma Josepha-Nicolasa Delisle’a. Termometr, jaki stworzył Delisle, był termometrem rtęciowym. Za temperaturę 0°D ustalił punkty wrzenia wody (100°C), zaś temperatura zamarzania wody wynosi 150°D . Skala ta była używana głównie w Rosji w XVIII wieku.

Przeliczanie:

$$\begin{aligned} T_{^{\circ}\text{D}} &= 3/2 \times (100 - T_{^{\circ}\text{C}}) \\ T_{^{\circ}\text{C}} &= 100 - 3/2 \times T_{^{\circ}\text{D}} \end{aligned}$$

„Pierwsi konstruktorzy termometrów i skal temperatury opierali swoje skale na znanych im zjawiskach.”

Oznacza to w szczególności, że temperatury wyższe niż temperatura wrzenia wody są w skali Delisle'a ujemne, natomiast poniżej tego punktu im niższa temperatura, tym wyższa wartość liczbową na tej skali.

Skala Newtona – skala termometryczna, nazwana tak od nazwiska brytyjskiego uczonego, Isaaca Newtona, który opracował ją około roku 1700.

Newton opracował skalę w oparciu o kilka wyznaczonych przez siebie temperatur odpowiadających określonym zjawiskom. Skala była problematyczna w użyciu, dlatego dopiero później zmieniono jej opis, definiując dwa charakterystyczne punkty – topnienie i wrzenie wody, którym przypisał temperatury 0 i 33°N.

Jego skala stała się podstawą do opublikowania później przez Celsjusza własnej skali, którą tworzył mając wiedzę o pracach Newtona w tej dziedzinie.

Skala Réaumura – jedna ze skal termometrycznych, wprowadzona w 1731 roku przez francuskiego fizyka René de Réaumura (1683–1757), często używana w Europie Środkowej do początków XX stulecia.

W skali Réaumura temperatura topnienia lodu (zamarzania czystej chemicznie wody) wynosi 0°Ré (tak jak w skali Celsjusza), a wrzenia wody 80°Ré (100°C), dlatego 1°C odpowiada 0,8°Ré.

Przeliczanie:

$$T_{\text{°Ré}} = T_{\text{°C}} \times \frac{4}{5}$$

$$T_{\text{°C}} = 100 - \frac{3}{2} \times T_{\text{°Ré}}$$

Skala Rømera (zapisywana skrótem °Rø) – skala termometryczna, opracowana w 1701 roku przez duńskiego astronoma Ole Rømera. 0° w skali Rømera to temperatura zamarzania mieszaniny wody z solą. Temperatura wrzenia wody to 60°Rø, a jej zamarzania 7,5°Rø. Pierwotnie stopnie Rømera oznaczano symbolem °R, później zmieniono go na °Rø ze względu na częste pomyłki ze stopniami Rankine'a i Réaumura.

Na początku XVIII wieku prace Rømera na temat pomiarów temperatury studiował Gabriel Daniel Fahrenheit. W 1708 spotkał się on z Rømerem osobiście i przedyskutował z nim jego skalę. Później postanowił ją ulepszyć i po dodaniu szeregu zmian stworzył własną skalę.



PRZELICZANIE JEDNOSTEK

W życiu zarówno osobistym, jak i zawodowym korzystamy z jednostek stopni Celsjusza (lub Fahrenheita w USA) i ewentualnie przeliczamy je na Kelwiny. Ale pamiętając o tym, że nie są to jedyne skale

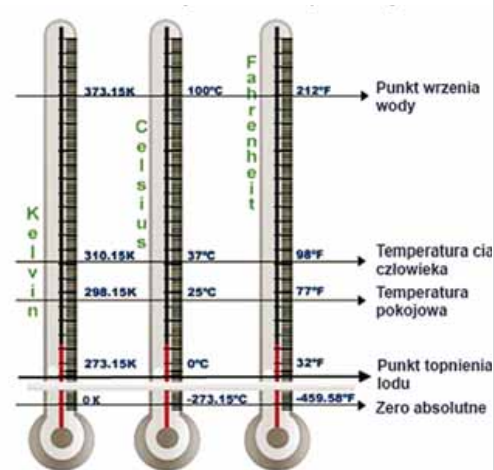
Skale	Na inne skale	Na skalę Newtona
Celsjusza	$[^{\circ}\text{C}] = [^{\circ}\text{N}] \times \frac{100}{33}$	$[^{\circ}\text{N}] = [^{\circ}\text{C}] \times \frac{33}{100}$
Fahrenheita	$[^{\circ}\text{F}] = [^{\circ}\text{N}] \times \frac{60}{11} + 32$	$[^{\circ}\text{N}] = ([^{\circ}\text{F}] - 32) \times \frac{11}{60}$
Kelvina	$[\text{K}] = [^{\circ}\text{N}] \times \frac{100}{33} + 273,15$	$[^{\circ}\text{N}] = ([\text{K}] - 273,15) \times \frac{33}{100}$

Tabela 1

Przeliczanie skali Newtona

warto przyjrzeć się wybranym charakterystycznym punktom w różnych skalach (Tabela 2).

Przedstawione w tabeli 1 i tabeli 3 wzory przeliczania z jednych jednostek na drugie nie należą do najłatwiejszych sposobów radzenia sobie z różnymi skalami. Na szczęście zdecydowanie łatwiejsze jest skorzystanie z dostępnych kalkulatorów przeliczeń jednostek, które w dobie Internetu są dostępne za jednym kliknięciem. W sieci znajdziemy ich mnóstwo, ja osobiście korzystam z przelicznika jednostek firmy Beamex: <https://www.beamex.com/resources/temperature-unit-converter/>



Rysunek 3

Punkty charakterystyczne w różnych skalach temperatury

Zjawisko	Kelwin	Celsjusz	Fahrenheit	Rankine	Delisle	Newton	Réaumur	Rømer
Zero absolutne	0	-273,15	-459,67	0	559,725	-90,142	-218,52	-135,90
Zero Fahrenheita	255,37	-17,78	0	459,67	176,67	-5,87	-14,22	-1,83
Zamarzanie wody	273,15	0	32	491,67	150	0	0	7,5
Średnia temperatura ciała człowieka	310,0	36,8	98,2	557,9	94,5	12,21	29,6	26,925
Wrzenie wody	373,15	100	212	671,67	0	33	80	60
Topnienie tytanu	1941	1668	3034	3494	-2352	550	1334	883
Temperatura efektywna powierzchni Słońca	5800	5526	9980	10440	-8140	1823	4421	2909

Tabela 2

Zilustrowanie przeliczania jednostek 3 podstawowych skal

	na °C	na °F	na K	na °R _a	na °Ré
z °C	1	$T_{(^{\circ}\text{C})} \times 1,8 + 32$	$T_{(^{\circ}\text{C})} + 273,15$	$(T_{(^{\circ}\text{C})} + 273,15) \times 1,8$	$T_{(^{\circ}\text{C})} \times 0,8$
z °F	$(T_{(^{\circ}\text{F})} - 32) / 1,8$	1	$(T_{(^{\circ}\text{F})} + 459,67) / 1,8$	$T_{(^{\circ}\text{F})} + 459,67$	$T_{(^{\circ}\text{F})} - 32 \times \frac{4}{9}$
z K	$T_{(\text{K})} - 273,15$	$T_{(\text{K})} \times 1,8 - 459,67$	1	$T_{(\text{K})} \times 1,8$	$(T_{(\text{K})} - 273,15) \times 0,8$
z °R _a	$(T_{(^{\circ}\text{Ra})} - 491,67) / 1,8$	$T_{(^{\circ}\text{Ra})} - 459,67$	$T_{(^{\circ}\text{Ra})} / 1,8$	1	$(T_{(^{\circ}\text{Ra})} - 491,67) \times \frac{4}{9}$
z °Ré	$T_{(^{\circ}\text{Ré})} / 0,8$	$T_{(^{\circ}\text{Ré})} \times \frac{9}{4} + 32$	$T_{(^{\circ}\text{Ré})} \times 1,25 + 273,15$	$T_{(^{\circ}\text{Ré})} \times \frac{9}{4} + 491,67$	1

Tabela 3

Wzory przeliczania temperatury jednych jednostek na inne

Toksyczne gazy pod kontrolą – chlor i technologia suchej neutralizacji chloru

JAROSŁAW ŻUREK

Prezes Zarządu i4tech Sp. z o.o.
tel. 601 591 708

Toksyczne gazy takie jak na przykład chlor, tlenek węgla, siarkowodór, dwutlenek siarki, amoniak występują często w zakładach produkcyjnych w różnych gałęziach przemysłu. Wykorzystywane są jako surowce lub występują jako produkty uboczne czy produkty końcowe. Jednym z gazów popularnych w przemyśle jest chlor i to on będzie naszym bohaterem.

specjal

CHLOROWE WYMAGANIA

Chlor gazowy stosowany jest między innymi w zakładach produkcji wody i oczyszczalniach jako bardzo skuteczny środek do dezynfekcji wody czy ścieków. Służy także jako produkt do

wytwarzania dwutlenku chloru, również stosowanego do dezynfekcji wody. Z uwagi na to, że jest to gaz niebezpieczny, procesy technologiczne, w których zużywany jest chlor, wymagają budowy i eksploatacji specjalistycznych obiektów



Rysunek 1
Układ dozowania chloru i wytwarzania wody chlorowej – pomieszczenie chloratorów

(chlorowni) i instalacji do poboru chloru (czy to w fazie gazowej, czy ciekłej) i dozowania chloru.

Chlor do procesu pobierany jest zazwyczaj ze zbiorników przewoźnych o masie ładunku chloru od 50 kg (butle) do 1000 kg (beczki). Zarówno zbiorniki pełne, jak i puste z niewielką pozostałością chloru, składowane są w magazynie chloru. Zgodnie z przepisami wszystkie pomieszczenia, w których zabudowane są urządzenia wchodzące w skład instalacji chlorowej i w których może dojść do wycieku chloru muszą być stale monitorowane oraz zabezpieczone przed wydostaniem się chloru na zewnątrz z pomieszczeń chlorowni do środowiska naturalnego. Pomieszczenia te muszą być także wyposażone w specjalistyczne instalacje do neutralizacji/unieszkodliwiania chloru. Cały system monitoringu i zabezpieczeń chlorowni chroniący zdrowie i życie personelu zakładu to osobne zagadnienie. Na potrzeby artykułu omówimy podstawowy jego element, czyli instalację do neutralizacji/niszczenia chloru uwolnionego z instalacji do pomieszczeń w przypadku jej awarii, z zastosowaniem technologii **suchej neutralizacji chloru**.

specjal

SUCHA NEUTRALIZACJA CHLORU – NA CZYM TO POLEGA?

Technologia suchej neutralizacji chloru oparta jest na zjawisku adsorpcji chloru zawartego w skażonym powietrzu na specjalnie dedykowanym dla chloru suchym sorbencie (złożu adsorpcyjnym), w którego masie podczas kontaktu z chlorem następuje zjawisko chemisorpcji. Złoże sorbentu wypełnia urządzenie do neutralizacji, którym jest skrubler wraz z osprzętem. Chlor w kontakcie ze składnikami sorbentu tworzy trwałe związki – obojętne sole niestawiające już zagrożenia dla życia i zdrowia, jak i środowiska. Po usunięciu złoża ze skrubera chlor nie ulega desorpcji, a złoże nie jest odpadem niebezpiecznym. Ta technologia suchej neutralizacji została opracowana przez firmę PURAFIL (USA).

specjal

WŁAŚCIWOŚCI SORBENTU

Sam sorbent o nazwie handlowej Chlorosorb® ULTRA, produkowany przez firmę PURAFIL USA, to mieszanina kilku związków, uformowanych w postaci granulek o wymiarach ok. 3 mm. Jest on łatwy do składowania i charakteryzuje się długim okresem aktywności chemicznej do 15 lat. Dzięki temu sorbent może być składowany w skrublerze lub w magazynie przez długi okres, nie tracąc swych właściwości.

Podstawowym parametrem charakteryzującym właściwości sorbentu i determinującym proces projektowania instalacji jest jego zdolność adsorpcyjna. Wynosi ona ponad 15%, co oznacza, że 1000 kg sorbentu Chlorosorb®Ultra może pochłoniąć ponad 150 kg chloru. Co ważne, sorbent jest aktywny w temperaturze do minus 40°C, a to oznacza, że instalacje mogą być zabu-



Rysunek 2
Sorbent Chlorosorb®ULTRA

dowane na zewnątrz obiektów przemysłowych (chlorowni).

specjal

ZALETY TECHNOLOGII SUCHEJ NEUTRALIZACJI

Technologia suchej neutralizacji chloru bardzo szybko wypiera klasyczne technologie mo-

PARAMETR PORÓWNAWCZY	TECHNOLOGIA	
	SUCHA	MOKRA
Zawiera toksyczne ciecze/substancje	NIE	TAK
Wymagany system ujęcia potencjalnego wycieku ze skrubera	NIE	TAK
Wymaga systemu pomp cyrkulacyjnych żrącej cieczy	NIE	TAK
Sorbent reaguje z innymi gazami obniżając jego pojemność	NIE	TAK m. in. CO ₂ , SO ₂
Wymaga kompleksowego układu sterowania i automatyki	NIE	TAK
Wymaga odporności na wilgotny Cl ₂ i sodę kaustyczną	NIE	TAK
Potencjalne wytrącenie soli i zatykanie zaworów oraz dysz	NIE	TAK
Zużyty sorbent może być bezpiecznie deponowany	TAK	NIE
Wymaga zabudowy w pomieszczeniach/halach	NIE	TAK
Wymaga reżimów w zakresie transportu i magazynowania materiałów niebezpiecznych	NIE	TAK
Skuteczna praca przy ujemnych temperaturach otoczenia	TAK (do -40°C)	NIE

Tabela 1
Porównanie cech suchej i mokrej metody neutralizacji chloru

„Instalacja suchej neutralizacji chloru jest prosta w budowie, bezawaryjna, praktycznie bezobsługowa, a jej skuteczność neutralizacji wynosi niemal 99,9%.



Rysunek 3

Magazyn beczek z chlorem i układ poboru chloru w fazie ciekłej z beczek-1000 kg chloru

kre oparte np. na ługu sodowym NaOH. Prosta budowa instalacji w technologii suchej, jej bezawaryjna praca i praktycznie bezobsługowość oraz bardzo wysoka skuteczność neutralizacji prawie 99,9% to argumenty przemawiające za doбором tej technologii przez użytkowników. Zaletą technologii suchej jest ponadto brak konieczności zabudowy instalacji w pomieszczeniach zamkniętych, ogrzewanych i wentylowanych. **Instalacje suchej neutralizacji budowane są na zewnątrz obiektów**, co znacznie obniża koszty inwestycyjne. W Tabeli 1 pokazano porównanie technologii suchej i mokrej dla kilku parametrów.

Porównując suchą i mokrą neutralizację, wiadać wyraźnie, że technologia sucha nie tylko oferuje większe bezpieczeństwo, ale również większą wygodę i niższe koszty operacyjne.

specjal

PROJEKTOWANIE INSTALACJI

Instalacje neutralizacji chloru w oparciu o technologię suchą są projektowane indywidualnie dla każdego przypadku. Podstawowe dane jakie należy przyjąć do projektowania to m.in.:

- ilość magazynowanego chloru,
- kubatura pomieszczeń,
- zdolność adsorbcyjną instalacji,
- max. stężenia chloru w powietrzu doprowadzonym do skrubera,
- wymagana emisja chloru na wylocie ze skrubera,

– lokalizacja chlorowni, możliwości zabudowy.

Należy zaprojektować dedykowany dla instalacji neutralizacji system wentylacji awaryjnej. Wszystkie pomieszczenia chlorowni zagrożone wyciekiem chloru muszą być szczelne. Dotyczy to m.in. magazynów chloru, gdzie magazynuje się duże ilości chloru. Na rysunkach 1 i 3 widzimy przykładowe pomieszczenia zagrożone wyciekiem chloru: magazyn chloru i składowane w nim zbiorniki z chlorem oraz pomieszczenie chloratorów – układy dozowania chloru. Pomieszczenia te włączone są do układu wentylacji awaryjnej, która kieruje skażone powietrze z chlorem do instalacji neutralizacji.

specjal

BUDOWA INSTALACJI SUCHEJ NEUTRALIZACJI CHLORU – PRZYKŁADY

Instalacje suchej neutralizacji chloru zazwyczaj buduje się na zewnątrz budynku chlorowni, co pozwala uniknąć większości prac na czynnym obiekcie, bez przerywania jego działania. Pozwala to również uniknąć wielu problemów związanych z bezpieczeństwem pracowników zarówno personelu obsługi, jak i pracowników wykonujących roboty budowlano-montażowe.

Z relatywnie nową w Europie technologią suchej neutralizacji chloru mam do czynienia od kilku lat. Jej obiektywne przewagi nad technolo-

gią moką decydują o tym, że inwestorzy coraz częściej decydują się na jej zastosowanie. Przykłady zrealizowanych instalacji pokazują, że chlor może być pod pełną kontrolą, zapewniając bezpieczne i efektywne działanie każdego zakładu, przy znacznie niższych kosztach inwestycyjnych i eksploatacyjnych. Są to między innymi instalacje neutralizacji chloru o zdolności sorpcyjnej 2000 kg Cl_2 i 1000 kg Cl_2 wybudowane w ramach realizacji kompleksowych zadań w formule zaprojektuj i zbuduj.

specjal

SUCHA ZNACZY LEPSZA

Technologia suchej neutralizacji chloru zdobywa coraz większe uznanie, wypierając tradycyjne metody mokre. Jej prosta konstrukcja, bezawaryjna praca oraz niemal całkowita bezobsługowość czynią ją rozwiązaniem idealnym dla nowoczesnych zakładów przemysłowych. Mając świadomość niższych koszty budowy i eksploatacji jesteśmy przekonani, że metoda suchej neutralizacji chloru stanie się wkrótce standardem.



Rysunek 5
Dwie jednostki neutralizacji chloru o zdolności sorpcyjnej 1000 kg chloru każda



Rysunek 4
Budynek chlorowni wraz z instalacją suchej neutralizacji chloru

System monitorowania jakości wody pitnej w sieci dystrybucyjnej pipe::scan

Bezpieczeństwo zdrowotne, zgodność z regulacjami, efektywność operacyjna

- system modułowy – sam wybierasz, co mierzy
- pomiar bezpośrednio w procesie, w czasie rzeczywistym
- kontrola do 10 parametrów
- wysoka dokładność
- możliwość integracji z systemami zarządzania wodą

s::can
Intelligent. Optical. Online.



Certified to
NSF/ANSI/CAN 61
& 372



OWO

MĘTNOŚĆ

UV254

i::scan

Wieloparametrowa
sonda spektrometryczna
(FTU/NTU, UV254,
UVT; OWO, RWO oraz barwa)

PH/REDOKS

CIŚNIENIE

Ostona

Dodatkowe zabezpieczenie
czujników i operatora

Czujniki pomiarowe

Możliwość zainstalowania
jednego czujnika chloru
oraz do dwóch dodatkowych
czujników (pH, przewodności
lub redoks)

TEMPERATURA

PRZEWODNOŚĆ

Opcjonalne szczotki dla i::scan

Zapewnia automatyczne
czyszczenie sondy i::scan

KOLOR

Opaska do nawiercania

Dostępne dla rur od DN80 do DN600.
Opaska nie posiada certyfikatu NSF

DOC

Jednostka podstawowa

Cela przepływowa dla maksymalnie
4 czujników z wysuwaną dyszą
wprowadzającą, filtrem, zaworem
próbki, automatycznym zaworem
odpowietrzającym, czujnikiem ciśnienia
i czujnikiem przepływu (opcjonalnie)

CHLOR

Nanopompa

Zapewnia przepływ wody
nawet w okresach przestoju

Introl Sp. z o.o.

www.introl.pl

introl

automatyka i pomiary

fizchem@introl.pl