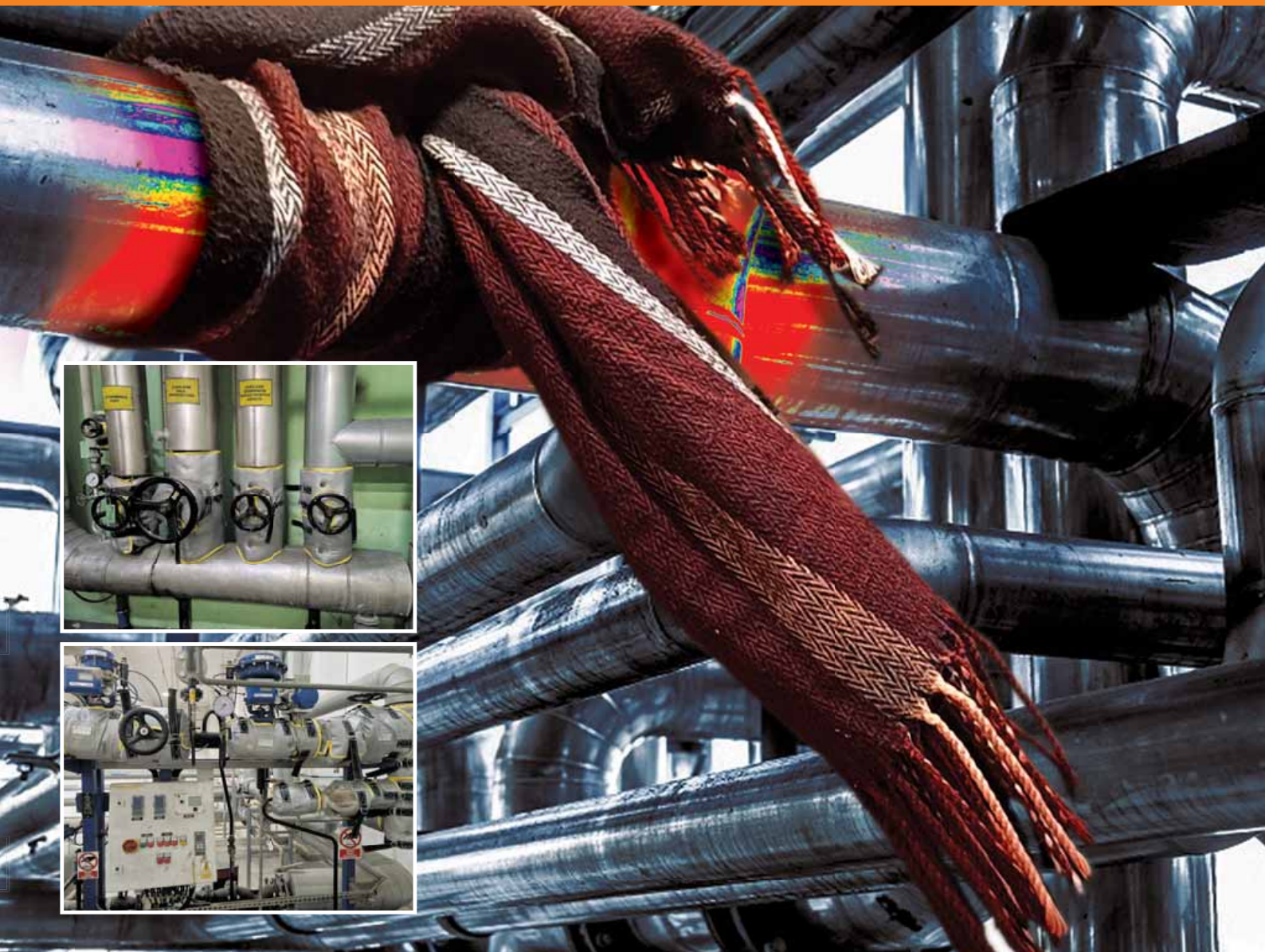


PodKontrolą

automatyka i pomiary

wydawca:
Introl Sp. z o.o.

03/2024 (63)



w numerze:

temat
wydania



dobra
praktyka



akademia
automatyki



artykuły
specjalne



Izolacje gorących powierzchni, czyli na tropie oszczędności

Izotopowe urządzenia pomiarowe
Czy jest się czego obawiać?

Niepewność pomiaru. Czym jest i jak ją liczyć?

Cyberbezpieczeństwo w przemyśle. Dyrektywa NIS2

Pomiary a efektywna regulacja procesowa

spis treści

	aktualności	4
	nowości	5
	temat wydania	
	Izolacje gorących powierzchni, czyli na tropie oszczędności w przemyśle	6
	dobra praktyka	
	Izotopowe urządzenia pomiarowe Czy jest się czego obawiać?	10
	akademia automatyki	
	Niepewność pomiaru Czym jest i jak ją liczyć?	14
	artykuł specjalny	
	Cyberbezpieczeństwo w przemyśle, dyrektywa NIS2	17
	Pomiary a efektywna regulacja procesowa	21

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!

Mam nadzieję, że wszyscy z Państwa udanie spędzili wakacje i nabrali nowych sił na drugą połowę roku. W trakcie dwóch wakacyjnych miesięcy nasi specjaliści, wykorzystując nieco zmniejszoną liczbę zleceń, montaży i zapytań, tworzyli artykuły, do których lektury serdecznie Państwa zapraszam.

W Pod Kontrolą 2/2024 pisaliśmy o pomiarze przepływu gorącej pary wodnej w rurociągach jako rozwiązaniu dla rosnących kosztów wytwarzania tego medium. Tym razem autor **„Tematu wydania”** także podejmuje problematykę szukania oszczędności w wytwarzaniu pary i wszelkich innych gorących mediów. Izolacje termiczne szyte na miarę, projektowane i produkowane pod konkretną instalację to odpowiedź na galopujące ceny energii cieplnej. Artykuł poświęcony termoizolacjom rurociągów i, a może przede wszystkim armatury, przedstawia niezwykle skuteczne, relatywnie nowe na polskim rynku rozwiązanie. Jeśli szukacie Państwo sposobu na redukcję kosztów energii poprzez izolowanie gorących powierzchni, to nie możecie pominąć **„Tematu wydania”**.

Izotop kojarzy się niektórym tylko z promieniowaniem alfa, radioaktywnością, a nawet bombą atomową. Urządzenia wykorzystujące izotopy są jednak od wielu dziesięcioleci wykorzystywane w najtrudniejszych pomiarach przemysłowych. Czy jest się zatem czego obawiać? Odpowiedzi na to pytanie stara się udzielić nasz specjalista od izotopowych układów pomiarowych w **„Dobrej praktyce”**.

Czy niepewność pomiaru to to samo, co błąd pomiarowy? A może to pojęcie równoznaczne z dokładnością urządzenia? Często spotykamy się z tego typu wątpliwościami natury akademickiej. Nauka o metrologii nie pozostawia w tym wypadku żadnego pola do interpretacji, jasno definiując czym jest niepewność. Zdając sobie jednak sprawę z zawichości tej tematyki w praktycznej pracy zawodowej **„Akademia automatyki”** poświęcona jest właśnie zagadnieniu niepewności pomiaru. Autor omawia to pojęcie, wskazuje na rodzaje niepewności oraz wylicza niepewność krok po kroku na podstawie pomiaru wilgotności względnej.

Najnowszy numer Pod Kontrolą to także dwa **„Artykuły specjalne”** autorstwa pracowników zaprzyjaźnionych z nami firm z branży automatyki. Pierwszy z nich podejmuje niezwykle ważną, jak nie krytyczną dla wielu przedsiębiorstw, tematykę cyberbezpieczeństwa. Autor przybliży przyjętą 6 stycznia 2023 roku unijną Dyrektywę NIS2, precyzyjnie opisując obowiązki wielu zakładów produkcyjnych w zakresie wdrożenia niezbędnych narzędzi zapewniających bezpieczeństwo komunikacji cyfrowej. Temat jest nie tylko kluczowy, ale także pilny. Obecnie trwają bowiem prace nad nowelizacją ustawy o krajowym systemie cyberbezpieczeństwa, która ma zostać przyjęta pod koniec tego roku. Nowelizacja ta wprowadzi obowiązek spełniania szeregu wymogów dla zarządów i menedżerów zakładów z wielu branż polskiej gospodarki. Wszystkie wymogi, sankcje za ich niespełnienie oraz niezbędne czynności, które warto wykonać już teraz przedstawia autor artykułu.

Drugi z artykułów specjalnych omawia zagadnienie wzajemnych relacji pomiędzy czujnikami pomiarowymi, ich ilością i lokalizacją, a skuteczną i dokładną regulacją procesu. Autor wskazuje na konieczność szczegółowej analizy nie tylko samych parametrów czujników, regulatorów czy urządzeń wykonawczych, ale także ich ilości i lokalizacji. Artykuł, na przykładzie pomiaru i regulacji temperatury na wymienniku typu para-woda, przedstawia zasady odpowiedniego projektowania i lokalizowania punktów pomiaru w celu zachowania optymalnych warunków dla dokładnej regulacji.

Zapraszam do lektury
Wojciech Mutwicki
prezes zarządu





Oficjalna współpraca z Emersonem

W sierpniu tego roku podpisaliśmy umowę współpracy z jednym z czołowych producentów aparatury kontrolno-pomiarowej – firmą Emerson Process Management Sp. z o.o. Nowa współpraca dotyczy dwóch obszarów: przepływomierzy marki Micro Motion oraz mierników poziomu marki Rosemount. Produkty marki Micro Motion to przepływomierze masowe Coriolisa – jedne z najbardziej uniwersalnych i dokładnych rozwiązań do przemysłowych pomiarów przepływu. Z kolei urządzenia Rosemount to szeroki asortyment sond i przetworników do pomiaru poziomu materiałów sypkich i cieczy z technologią dwuprzewodową FMCW.

To kolejne sektory asortymentowe spod znaku Emersona, które znalazły się w naszej ofercie. Od jakiegoś czasu oferowane przez nas bezinwazyjne przepływomierze ultradźwiękowe marki Flexim także należą do „stajni” Emersona. Nawiązana z Emersonem współpraca ma na celu jeszcze lepsze dopasowanie do oczekiwań naszych klientów i daje nam możli-

wość oferowania polskim użytkownikom rozwiązań spełniających najwyższe standardy jakościowe, pełne wsparcie techniczne i nowoczesne technologie pomiarowe.

Oficjalny Dystrybutor

Niniejszym potwierdzamy, że firma:

INTROL Sp. z o.o.

jest Oficjalnym Dystrybutorem produktów Emerson. Firma dysponuje sprawną organizacją oraz wykwalifikowanymi pracownikami umożliwiającymi świadczenie usług doradztwa technicznego i sprzedaży oryginalnych produktów marek:

ROSEMOUNT MICRO MOTION FLEXIM

Kraj/terytorium: **Polska**

Niniejszy certyfikat jest ważny do **30 września 2025**

Emerson

Robert Prindisz
Indirect Channels Sales Manager

Tomasz Kosił
General Manager Poland, Baltics & Ukraine

EMERSON

Szkolenie w Atest Gazie

Czterech naszych serwisantów zdobyło kolejne kompetencje. Tym razem uczestniczyli oni w szkoleniu organizowanym przez gliwickiego producenta systemów detekcji gazów – firmę Atest Gaz.

Szkolenie dotyczyło doboru, obsługi eksploatacyjnej i kalibracji Systemu Sigma Gas i czujników gazów linii 4.0. tworzących razem kompleksowy i zintegrowany „System Bezpieczeństwa Gazowego” dla wszelkich instalacji przemysłowych np. rafinerii, elektrowni, tłoczni gazów, przemysłu spożywczego.



Laboratorium pomiarowe z nową komorą

Laboratorium Pomiarowe Introl wzbogaciło się o nową komorę klimatyczną CTS typ: C-40/350. Umożliwia ona wzorcowanie termohigrometrów i przetworników temperatury i wilgotności w zakresie akredytacji Laboratorium. Obecnie trwają badania rozkładów w komorze oraz oczekujemy na wzorzec punktu rosy, który będzie używany w komorze. Zakup komory pozwoli na usprawnienie realizacji usług wzorcowania – dzięki pracy na dwóch stanowiskach (obecnie Laboratorium posiadało jedną komorę marki Votsch) wzorcowania będą wykonywane szybciej i bez przestojów potrzebnych na wzorcowanie wzorców.





Nowa akustyczna kamera obrazowa

W naszej ofercie urządzeń pojawiła się nowa kamera akustyczna do diagnostyki instalacji i urządzeń. CRYSOUND CRY8120 to siostra dobrze już znanej kamery CRYSOUND CRY2623. Nowa kamera to optymalne rozwiązanie do wykrywania wycieków, analizy wyładowań elektrycznych w czasie rzeczywistym i dokładnej diagnostyki usterek mechanicznych. Kamera wykorzystuje aż 200 mikrofonów MEMS (CRY2623 posiada ich 128) oferując niezrównaną dokładność w wykrywaniu wielu usterek i nieprawidłowości na jeszcze większych odległościach, w hałaśliwym otoczeniu. Kamera CRY8120 obejmuje szeroki zakres częstotliwości od 2 kHz do 100 kHz, dzięki czemu żaden szczegół nie pozostanie pominięty. Bardzo przydatną funkcją jest także możliwość ustawiania ostrości, co eliminuje zakłócenia i hałas otoczenia, pozwalając skoncentrować się na wykonywanej pracy.

Kolejną nowością w tej kamerze jest opcjonalny moduł termowizyjny, dzięki któremu można zintegrować obraz akustyczny z termowizyjnym, uzyskując jeszcze pełniejsze informacje o stanie diagnozowanego obiektu. Kolejnymi nowościami względem wersji CRY2623 są wymienna bateria i jeszcze bardziej intuicyjna obsługa dzięki wykorzystaniu dynamicznych, swobodnie przeciąganych okienek na jeszcze jaśniejszym wyświetlaczu o rozdzielczości 1920 × 1200.



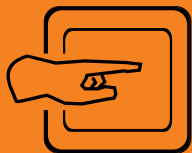
Obciążnik specjalny – wózek kolejowy INW-W



Nasi inżynierowie z działu przemysłowych układów wagowych skonstruowali nowy wózek kolejowy przeznaczony do weryfikacji metrologicznej wag kolejowych zabudowanych na torowiskach o szerokości od 1435 do 1520 mm. Konstrukcja wózka i rozstaw osi umożliwiają sprawdzanie wszystkich konstrukcji wag kolejowych. Wózek o maksymalnej nośności 60 ton posiada 2 silniki elektryczne o łącznej mocy 11 kW, co umożliwia samodzielne przemieszczanie się bez zewnętrznego taboru kolejowego. Zaletą tego rozwiązania jest niezależność od konieczności współpracy z lokomotywą.

Konstrukcja wózka umożliwia podpięcie kolejnego wózka przy pomocy dedykowanych zaczepów – nośność takiego zestawu wynosi do 120 ton. Niedawno skonstruowany wózek jest wywzorcowany na 3000 kg i spełnia klasę M1 według normy OIML R111.





temat wydania

Izolacje gorących powierzchni, czyli na tropie oszczędności 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



PROCESY WYTWARZANIA W KONTEKŚCIE ZIELONEGO ŁADU

To, że zmiana klimatu i degradacja środowiska stanowią zagrożenie dla Europy i reszty świata, jest powszechnie wiadome. Niestety z przyczyn geopolitycznych, przyjęty Europejski Zielony Ład stał się kartą w rękach polityków, którą w wielu krajach zaczęto grać na poczet pozyskania elektoratu. Przypomnijmy zatem, że Europejski Zielony Ład to przyjęty pakiet inicjatyw politycznych, którego celem jest skierowanie krajów członkowskich na drogę transformacji ekologicznej, a przystawioną metą ma być neutralność klimatyczna do 2050 roku. Oznacza to, że do 2050 roku mamy osiągnąć zerowy poziom emisji gazów cieplarnianych. Zanim to jednak nastąpi, pierwszym przystankiem na drodze ku dekarbonizacji jest rok 2030. Do tego czasu, zo-

bowiązani jesteśmy zredukować emisję gazów cieplarnianych netto co najmniej do poziomu 55% w porównaniu do poziomu z roku 1990. W związku z tym to najwyższy czas na podejmowanie konkretnych działań zmierzających ku obniżeniu emisji CO₂.

Wracając do pary wodnej, jej produkcja ma oczywiście konsekwencje dla środowiska. Paliwo wykorzystywane do wytwarzania pary wpływa na jakość powietrza i przyczynia się do emisji gazów cieplarnianych. Znacząc koszt pary, można ocenić wpływ działalności fabryki na środowisko. Wiedza ta umożliwia odkrywanie alternatywnych źródeł czystszej energii lub wdrażanie środków oszczędzających energię. Najprostsze projekty dające szybki sukces mogą w krótkim czasie obniżyć emisję CO₂ od 5 do 15%. Przykładami takich projektów są: uzupełnianie izolacji, regularna kontrola i wymiana niesprawnych odwadniaczy, montaż ekonomizerów kotłów, wyko-



Zdejmowane termoizolacje armatury to najprostsza droga do **zredukowania kosztów energii i zmniejszenia emisyjności cieplnej**, szczególnie w instalacjach parokondensatu i oleju termalnego.



Dzięki termoizolacjom w znaczący sposób zredukowany jest poziom hałasu powstały na skutek pracy urządzeń takich jak: kompresory, pompy, wyloty silników, reduktorów ciśnienia. **Izolacje pozwalają zredukować hałas nawet o 44–20 dBa.**



Termoizolacje to gwarancja poprawy bezpieczeństwa dla pracowników i **ochrona przed poparzeniem** na skutek zetknięcia z gorącymi powierzchniami.

Rysunek 1
Istota stosowania termoizolacji armatury



rzystywanie pary wtórnej. Tym razem na warsztat weźmiemy **uzupełnianie izolacji**, za pomocą której zredukujemy zużycie energii, zmniejszymy emisję CO₂, poprawimy bezpieczeństwo pracy i zredukujemy hałas, czyli zwiększymy znacząco komfort pracowników.

ciągów, czyli zawory izolowane są wełną mineralną znajdującą się pod blachą stalową, która spięta jest albo opaskami metalowymi, albo jej montaż jest na nity. Kolejnym rozwiązaniem są skrzynki izolacyjne z blachy wypełnione izolatorem.



Rysunek 2
Izolowanie zaworów wełną mineralną w blaszanej osłonie



USKUTECZNIAMY IZOLACJĘ W MIEJSCACH EKSPLOATACYJNYCH

Każda fabryka to setki/tysiące metrów rurociągów nadających się do zaizolowania. W zakładach wykorzystujących parę jako główny nośnik energii, z reguły zaizolowane są rurociągi pary, kondensatu i wody gorącej. Ten aspekt jest pilnowany i niezaizolowane rurociągi stanowią rzadkość. Natomiast olbrzymia ilość zaworów odcinających, zaworów regulacyjnych, zaworów zwrotnych, filtrów, odwadniaczy generuje olbrzymie straty ciepła i aż prosi się, by nasz system uszczelnić i poprawić efektywność energetyczną.

Z racji, że są to miejsca podlegające dość częstej eksploatacji, nasza izolacja musi gwarantować dobry dostęp do urządzeń. Ponadto, w momencie awarii zaworu, czy kontroli szczelności, montaż i demontaż izolacji musi być przystępny dla obsługi.

W przypadku izolowania armatury spotykamy się z kilkoma rodzajami rozwiązań. Pierwszy z nich zrobiony jest na kształt izolowania ruro-

W obu przypadkach niestety trzeba się liczyć z utrudnieniami przy konieczności przeprowadzania czynności serwisowych urządzeń. Sam montaż i demontaż skrzynek jest na tyle problematyczny, że często wymaga do tego dwóch osób. Blacha składająca się na ogół z dwóch elementów, w momencie rozpięcia obejm rozpada się i dość irytujące bywa ich ponowne spięcie. Ponadto izolator pod wpływem temperatury deformuje się i rozwarstwa, czego efektem jest utrata jednolitej izolacji ciepła. Szczególnie problematyczna jest sytuacja, w której następuje przeciek pary/kondensatu z dławnicy czy uszczelki zaworu.



INNOWACYJNE IZOLACJE SZYTE NA MIARĘ

Dużo lepszym rozwiązaniem jest zastosowanie **szytych na miarę, demontowalnych** termoizolacji. Przy ich wyborze należy zwrócić uwagę na detale. Z pozoru, przy pierwotnej analizie sprawy błahie w trakcie eksploatacji staną się niezwykle istotne. Zbierzmy zatem wszystkie cele, które chcemy uzyskać decydując się na tego typu izolację.

» **Termoizolacje armatury to najprostsza droga do zredukowania kosztów energii i zmniejszenia emisyjności cieplnej, szczególnie w instalacjach parokondensatu i oleju termalnego.**



Rysunek 3
Skrzynki izolacyjne zaworów



Rysunek 4
Termoizolacja armatury szyta na miarę

”Warto zwrócić uwagę, aby gęstość zastosowanego włókna szklanego była powyżej 150 kg/m³.



CEL 1-UZYSKANIE JAK NAJLEPSZEJ EFEKTYWNOŚCI ENERGETYCZNEJ

Aby uzyskać jak najlepszą efektywność energetyczną, należy do każdego urządzenia podejść indywidualnie. Zawory mogą niekoniecznie mieć znormalizowane rozstawy, izolacja rurociągów może nie dochodzić do kołnierzy montażowych, zawór może być zamontowany blisko ściany, czy w pobliżu może znajdować się kolanko rurociągu, które warto przy okazji zaizolować. Dlatego też decydując się na izolację szytą na miarę należy rozpatrywać dostawców, którzy przeprowadzą dokładny audyt i dokonają pomiarów. Z doświadczenia wiemy, że optymalnym rozwiązaniem są izolacje zaprojektowane w technologii CAD (projektowanie wspomagane komputerowo) i wyprodukowane w technologii CNC (za pomocą specjalistycznych obrabiarek), gwarantujące uzyskanie niestandardowych izolacji pod stan faktyczny danej instalacji.

Prawidłowe projektowanie dla użytkownika jest niezwykle istotne. O ile producent z reguły zamontuje izolację „pod klucz”, to potem na etapie eksploatacji użytkownik będzie musiał izolację rozpinać i zakładać na nowo. Mądrym przykładem projektowania może być filtr siatkowy typu „y” dużych gabarytów, który wymaga raz na jakiś czas czyszczenia siatki filtra. Konstruując izolację z dwóch elementów spiętych ze sobą pasami nie-

samowicie ułatwiamy pracę obsłudze, gdyż nie ma konieczności demontowania całej izolacji, a jedynie elementu zakrywającego korpus siatki filtra.



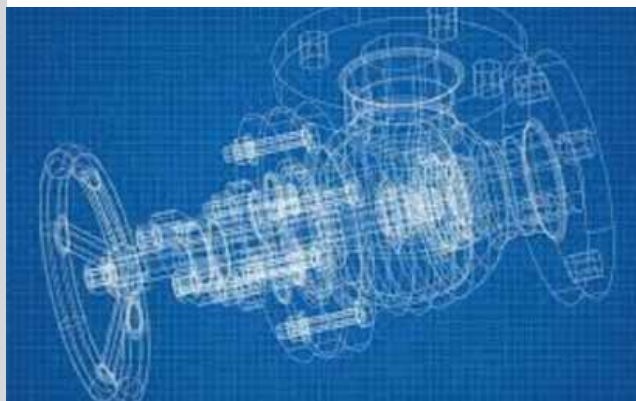
CEL 2-LATWY MONTAŻ I DEMONTAŻ IZOLACJI

Dla aplikacji, w których temperatura nie przekracza 230°C z reguły termoizolacje wykonane są z tkaniny z włókna szklanego i pokryte silikonem. Materiałem izolacyjnym jest włókno szklane igłowane typu E, zamknięte w impregnowanej silikonem tkaninie. Elementy zszyte razem tworzą samodzielny system izolacyjny. Wyjątkiem stanowią izolacje do przemysłu farmaceutycznego czy spożywczego, gdzie wymagane jest częste mycie instalacji. Wówczas wskazane jest stosowanie powłoki teflonowej. Termoizolacje powinny zawierać zintegrowane elementy łączne. Bardzo fajnie sprawdzają się rzepy, które są łatwe w montażu i demontażu. Ich jakość jest niezwykle ważna, dlatego warto wybierać producenta korzystającego z najlepszych na świecie rzepów VELCRO. Ich skuteczność pozwala na otwarcie/zamknięcie nawet kilka tysięcy razy, a ich rozwiązanie stosowane są m.in. przez NASA w kosmosie. Dodatkowym elementem montażowym stanowią pasy, za pomocą których ściągane są izolacje, by maksymalnie zredukować straty ciepła.



CEL 3-TRWAŁOŚĆ I IDENTYFIKACJA

Wykonanie projektu oszczędnościowego to jedno, ale równie istotne jest trwałe oszczędzanie energii. Słowo klucz w tym przypadku to JAKOŚĆ. Nie po to zakłada się demontowalne termoizolacje, by ich ponownie nie montować (np. po wymianie niesprawnych urządzeń), a to niestety częsty widok. Użytkownicy mają problem z ponownym założeniem izolacji, bo termoizolacje ulegają deformacji ze względu na nieodpowiednią gęstość izolatora. Uszkodzeniu ulegają także elementy montażowe lub następuje rozerwanie izolacji na szwach. W celu uzyskania najlepszej izolacji termicznej całej powierzchni warto zwrócić uwagę, aby gęstość zastosowanego włókna szklanego była powyżej 150 kg/



Rysunek 5
Projektowanie izolacji armatury w programie CAD



Rysunek 6
Inteligentne projektowanie izolacji adekwatne do potrzeb użytkownika



Rysunek 7
Systemy mocujące gwarantujące łatwość demontażu/montażu izolacji

m³, celem uzyskania znakomitej izolacji termicznej całej powierzchni. W przypadku izolowania odwadniaczy zaleca się stosować izolację o mniejszej grubości, aby nie zaburzyć prawidłowej pracy odwadniaczy, które w większości przypadków wymagają przechładzania kondensatu.

Ważne jest także to, aby wszystkie brzegi były podwójnie obszyte, co minimalizuje ryzyko rozrwanienia przy demontażu/montażu. Najlepiej by pasy mocujące były wykonane z tego samego materiału co izolacja. Jeżeli temperatura aplikacji na to nie pozwala, elementy mocujące powinny być przystosowane do danej aplikacji. Ponadto, bardzo dobrym rozwiązaniem jest otwór spustowy w termoizolacjach poziomych, przez który może zostać odprowadzony deszcz w przypadku zastosowań na zewnątrz. Wspomniana przelotka pozwoli również łatwo wychwycić problem z zaizolowaną armaturą.

Równie istotna jest prosta identyfikacja w postaci tabliczki znamionowej określającej co pod izolacją się znajduje. Dobrą praktyką jest stosowanie tabliczek nierdzewnych z opisanym rodzajem i wielkością urządzenia.



Rysunek 8
Czytelne znakowanie armatury dzięki tabliczkom znamionowym termoizolacji



CEL 4-POZYSKANIE GRANTÓW W POSTACI „BIAŁYCH CERTYFIKATÓW”

Z racji tego, że projekt uzupełniania termoizolacji na armaturze jest projektem oszczędnościowym i jego celem jest poprawienie efektywności energetycznej, można uzyskać do tego zadania dość znaczne dofinansowanie z Urzędu Regulacji Energii w postaci „białych certyfikatów”. Zostały one wprowadzone na mocy ustawy z 2011 roku celem stymulowania wprowadzania projektów oszczędnościowych. Oczywiście wysokość grantu zależy od stopnia redukcji strat ciepła, dlatego też należy wytypować odpowiednie urządzenia posiadające gorące powierzchnie do zaizolowania. Pamiętajmy, że **im wyższa temperatura, tym lepszy efekt energetyczny**. Warto zaznaczyć przy okazji, że nie musimy ograniczać się jedynie do armatury. Zaizolować można np. drzwi kotła, pokrywy zbiorników, kotłownie wymienników ciepła, kompensatory czy ekstrudery. Następnie należy oszacować czas pracy. Oferent powinien obliczyć jaki efekt energetyczny uzyskamy i do jakiej temperatury obniży się temperatura powierzchni po założeniu izolacji. Wnioski na białe certyfikaty należy składać **przed przystąpieniem do realizacji**.



MĄDRA IZOLACJA, CZYSTA OSZCZĘDNOŚĆ I PLANETA

Uzupełnianie termoizolacji to bardzo prosty projekt oszczędnościowy z szybkim czasem zwrotu inwestycji. Z reguły „payback” jest krótszy niż 12 miesięcy i pozwala na znaczną redukcję wykorzystujących przez fabrykę nośników energii i emisję CO₂. Aby jednak cieszyć się redukcją strat ciepła przez długi czas, szczególną uwagę należy zwrócić na **jakość** termoizolacji, w szczególności na grubość i gęstość materiału izolacyjnego. Bardzo istotne są także system montażu i demontażu oraz odpowiednie znakowanie. Nie bez znaczenia jest oczywiście doświadczenie dostawcy w audytowaniu instalacji i projektowaniu izolacji sztych na miarę.

„Projekt uzupełniania termoizolacji na armaturze jest projektem oszczędnościowym i można uzyskać do niego dofinansowanie w postaci „białych certyfikatów”.



dobra praktyka

Izotopowe urządzenia pomiarowe Czy jest się czego obawiać?



SŁAWOMIR WĄSOWICZ

Absolwent Wydział Elektrycznego Politechniki Śląskiej o specjalności Automatyka i Metrologia Elektryczna. W Introlu pracuje od 2006 roku, obecnie na stanowisku kierownika działu pomiaru poziomu i izotopów

Tel: 601 553 368

Od wielu dziesięcioleci izotopowe urządzenia pomiarowe są obecne i bardzo pomocne w wielu gałęziach przemysłu. Na temat tych urządzeń powstało mnóstwo sprzecznych opinii, często budzących niezdrowe emocje. Osoby „oswojone” z tą metodą pomiarową, posiadające odpowiednią wiedzę i kwalifikacje, potrafiące stosować te urządzenia zgodnie z zasadami ochrony radiologicznej są zachwycone ich niezawodnością i trwałością. Pewna grupa osób obawia się jednak tych urządzeń, mając przekonanie, że są one zagrożeniem dla ich zdrowia i życia. W tym artykule postaram się odrobinę przybliżyć zagadnienie dotyczące techniki izotopowej stosowanej w przemyśle.



ZASADA DZIAŁANIA MIERNIKÓW IZOTOPOWYCH

Pomiary izotopowe, a właściwie izotopowe urządzenia pomiarowe, jak sama nazwa wskazuje wykorzystują w swojej pracy źródła izotopowe. Układ pomiarowy składa się z nadajnika, czyli źródła promieniotwórczego oraz odbiornika, czyli detektora promieniowania. Źródło emituje promieniowanie, które przechodząc przez mierzone medium ulega częściowemu tłumieniu (osłabieniu) i dociera do detektora. Następnie odpowiednio wykalibrowany przetwornik przelicza moc dawki promieniowania na wartość mierzonego parametru. Mierniki izotopowe wykorzystują zatem zjawisko tłumienia promieniowania przez mierzone medium w celu określenia interesujących nas parametrów.



CO MIERZYMY?

Układy izotopowe mogą mierzyć lub sygnalizować poziom, wilgotność, gęstość, masę. Są

także wyspecjalizowane układy do pomiaru kaloryczności i/lub popiotowości węgla, czy też zawartości niespalonego węgla w popiele. Możliwy jest również pomiar gramatury papieru lub węgla mineralnej i wiele innych.



GDZIE MIERZYMY?

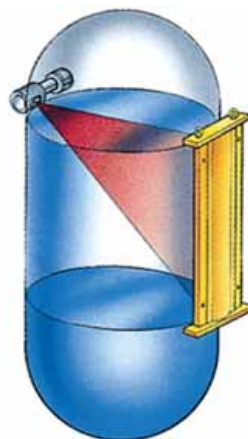
Urządzenia izotopowe sprawdzają się wszędzie tam, gdzie inne metody nie mierzą skutecznie lub pomiar jest praktycznie niemożliwy. To chociażby reaktory i zbiorniki ciśnieniowe z medium o wysokiej temperaturze i pod wysokim ciśnieniem, czy też z medium agresywnym. To także podajniki pancerne, zgrzeblowe i kubetkowe, rurociągi z mediami ściernymi i agresywnymi, krystalizatory z ciekłą stalą.

Innymi słowy – izotopy mierzą wszystko to i wszędzie tam, gdzie inne urządzenia zawiodły, pomiar jest niemożliwy lub wymagana jest kosztowna modyfikacja instalacji.

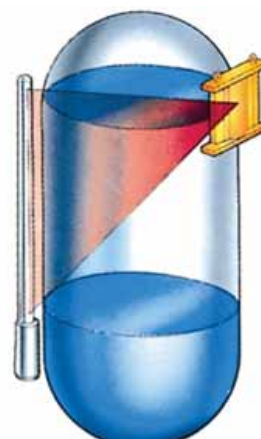
Ogromną zaletą pomiarów izotopowych jest ich bezkontaktowość, czyli brak kontaktu mierzonego medium z elementami urządzenia pomiaro-



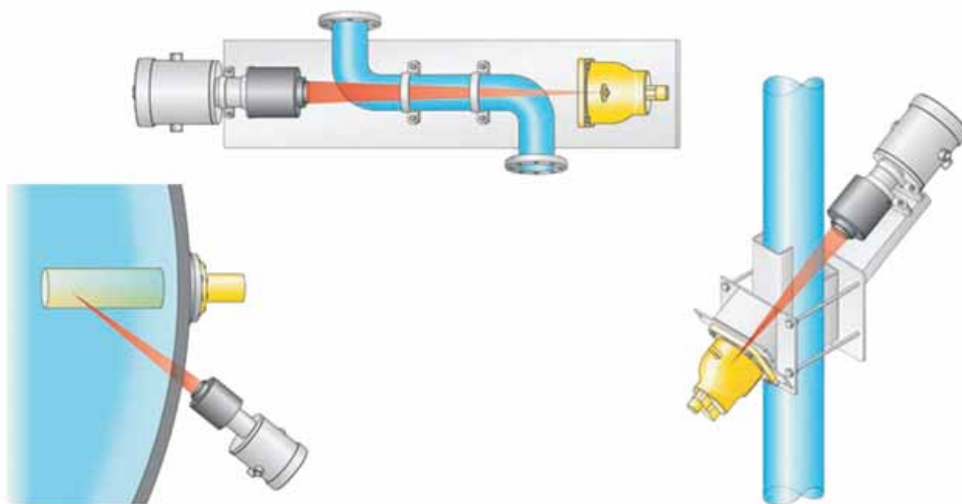
Rysunek 1
Sygnalizator poziomu



Ciągły pomiar poziomu
w układzie detektor punktowy,
źródło liniowe



Ciągły pomiar poziomu
w układzie detektor liniowy,
źródło punktowe



Rysunek 2
Pomiar gęstości – wersja na rurociągu oraz wersja zbiornikowa

wego. Dzięki temu nie ma potrzeby instalacji przyłączy procesowych, brak jest ewentualnych kłopotów z uszczelnieniami, odpornością chemiczną, temperaturową oraz wytrzymałością ciśnieniową.

μ = masowy współczynnik osłabienia (współczynnik absorpcji) w cm^2/g

ρ = gęstość materiału pochłaniającego w g/cm^3

d = grubość materiału pochłaniającego w cm

Natężenie docierającego do detektora promieniowania jest zależne również od grubości materiału pochłaniającego (drogi przez medium). Zależność ta jest kwadratowa, co oznacza, że przy dwukrotnym zwiększeniu grubości następuje zmniejszenie natężenia promieniowania do $\frac{1}{4}$ przy nie zmienionych pozostałych parametrach. Należy pamiętać, że przy izotopowym pomiarze gęstości musi być zachowany stały odstęp pomiędzy detektorem a źródłem oraz taka sama droga pomiaru. W takich warunkach docierające do detektora promieniowanie zależne jest jedynie od gęstości mierzonego materiału.

Reasumując, pomiar gęstości, poziomu oraz przepływu masy zależy od gęstości i grubości materiału pochłaniającego (drogi przez medium). W przypadku pomiaru przepływu masy, do pomiaru potrzebujemy również sygnału prędkości podajnika, który możemy uzyskać metodą „konwencjonalną” stosując tachometr lub wykorzystując sygnał z falownika, bądź też sygnał ze sterownika PLC

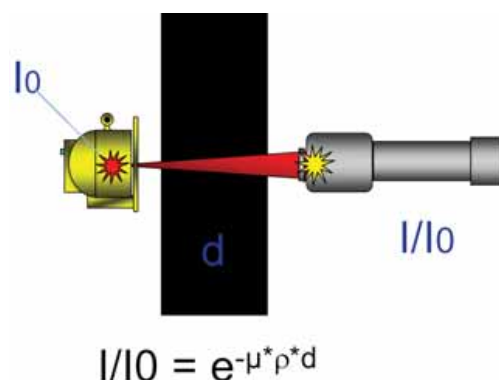
Urządzenia izotopowe sprawdzają się wszędzie tam, gdzie inne metody nie mierzą skutecznie lub pomiar jest niemożliwy.



IZOTOPOWY POMIAR GĘSTOŚCI – JAK TO DZIAŁA?

Rozpatrzmy przypadek pomiaru gęstości, który jest również reprezentatywny dla sygnalizacji i pomiaru poziomu oraz przepływu masy. Na początek trochę fizyki.

Pomiar gęstości jest realizowany w oparciu o metodę prześwietlania. Wykorzystywane jest tutaj zjawisko tłumienia (osłabiania) promieniowania gamma przenikającego przez mierzony produkt. Wynik pomiaru stanowi tutaj stosunek I/I_0 natężenia I promieniowania osłabionego przez materiał, do natężenia I_0 promieniowania nie osłabionego. Przedstawia to wzór na Rysunku 3. Promieniowanie docierające do detektora jest miarą gęstości mierzonego produktu.



Rysunek 3
Zasada działania izotopowego pomiaru gęstości

Gdzie:

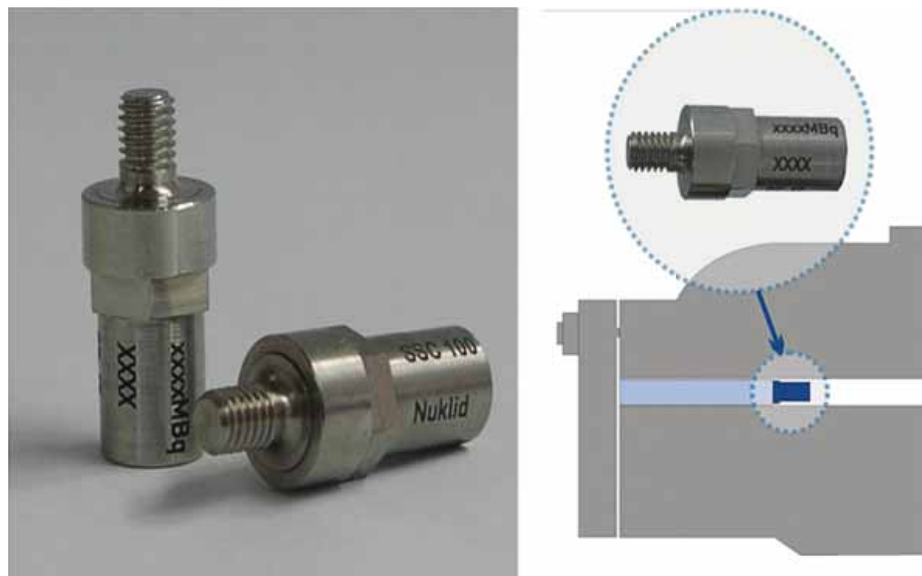
I = natężenie promieniowania docierające do detektora

I_0 = natężenie nie osłabionego promieniowania



STOSOWANE ŹRÓDŁA BEZPIECZEŃSTWO

Najczęściej stosowanymi źródłami promieniotwórczymi w izotopowych urządzeniach pomiarowych są Cs-137 oraz Co-60. Są to źródła, które emitują głównie promieniowanie gamma. Rzadziej stosowane jest źródło Am-241 będące emitorem promieniowania alfa. Sporadycznie stosowane jest źródło Am-241-Be, które emituje promieniowanie neutronowe wykorzystywane między innymi w wilgotnościomierzach neutronowych. Każde ze wspomnianych źródeł jest źródłem zamkniętym, umieszczonym w podwójnej kapsule ze stali nierdzewnej lub stali nierdzewnej i tytanu. Kapsuła z kolei jest umieszczona w pojemniku



Rysunek 4

» W izotopowych urządzeniach pomiarowych wykorzystywane są bardzo małe ilości aktywności pierwiastków promieniotwórczych umieszczone w podwójnej kapsule.

roboczym. Takie rozwiązanie praktycznie uniemożliwia rozszczelnienie źródła i, co za tym związane, skażenie terenu. Warto zaznaczyć, że w izotopowych urządzeniach pomiarowych wykorzystywane są bardzo małe ilości (aktywności) tych pierwiastków, potrzebne jedynie do działania układu. Umiejętne, zgodne z zasadami bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej korzystanie z takiego układu jest w pełni bezpieczne dla ludzi i środowiska.

Pojemniki robocze stosowane w izotopowych urządzeniach pomiarowych mają na celu ochronę ludzi przed promieniowaniem jonizującym. Zbudowane są z osłony ołowianej z zewnątrz zabezpieczonej powłoką stalową. Dzięki odpowiedniej konstrukcji zapewniają wymaganą ochronę przed promieniowaniem. Mechanizm zamknij/otwórz zamyka lub otwiera otwór kolimacyjny, przez który wydostaje się odpowiednio ukształtowana wiązka promieniowania podążająca w kierunku detektora.

Podczas charakteryzowania źródeł promieniotwórczych warto wspomnieć o parametrze takim jak czas połowicznego rozpadu, nazywanym również czasem połowicznego zaniku źródła promieniotwórczego. Jest to czas, po którym aktyw-

ność źródła osiąga połowę wartości mierzonej od czasu produkcji i określenia aktywności początkowej. Poniższa tabela określa czas połowicznego rozpadu oraz energię trzech źródeł promieniotwórczych: Cs-137, Co-60 oraz Am-241.

	Cs-137	Co-60	Am-241
czas połowicznego rozpadu	30 lat	5,3 lat	432,7 lat
energia	660 keV	1200 keV	5450 keV



DETEKTORY

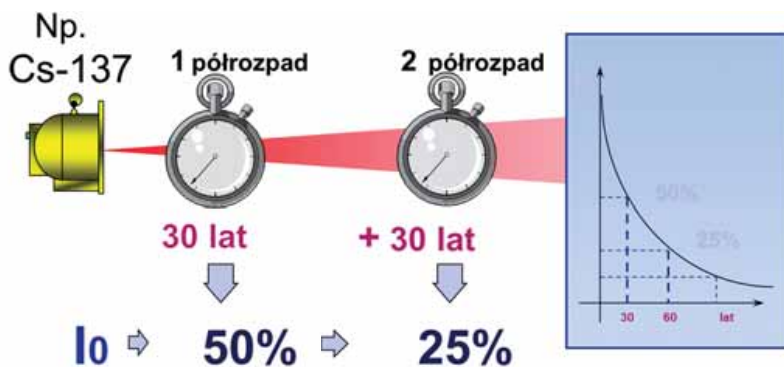
Detektory stosowane w izotopowych urządzeniach pomiarowych to liczniki Geigera Mullera, komory jonizacyjne oraz detektory scyntylacyjne. Obecnie najczęściej stosuje się detektory scyntylacyjne, ponieważ posiadają one największą czułość. Mówiąc o największej czułości mamy na myśli to, że dla danej aplikacji przy zastosowaniu scyntylatora możemy zastosować źródło o aktywności kilkanaście, a nawet kilkadziesiąt razy mniejszej niż podczas zastosowania licznika Geigera Mullera. Ma to kluczowe znaczenie dla bezpieczeństwa obsługi.

Podstawą działania jest zjawisko scyntylacji, zachodzące w niektórych substancjach pod wpływem bombardowania ich cząstkami naładowanymi. Podczas przechodzenia przez scyntylator cząstki jonizującej wytwarzane są jony i elektrony, które z kolei są źródłem emisji fotonów, obserwowanych w postaci błysków świetlnych. Fotony w fotopowielaczu są powielane, a następnie zamieniane na sygnał elektryczny. Scyntylatorami są np. jodek sodu NaI, jodek ceszu CsI lub specjalne polimery.

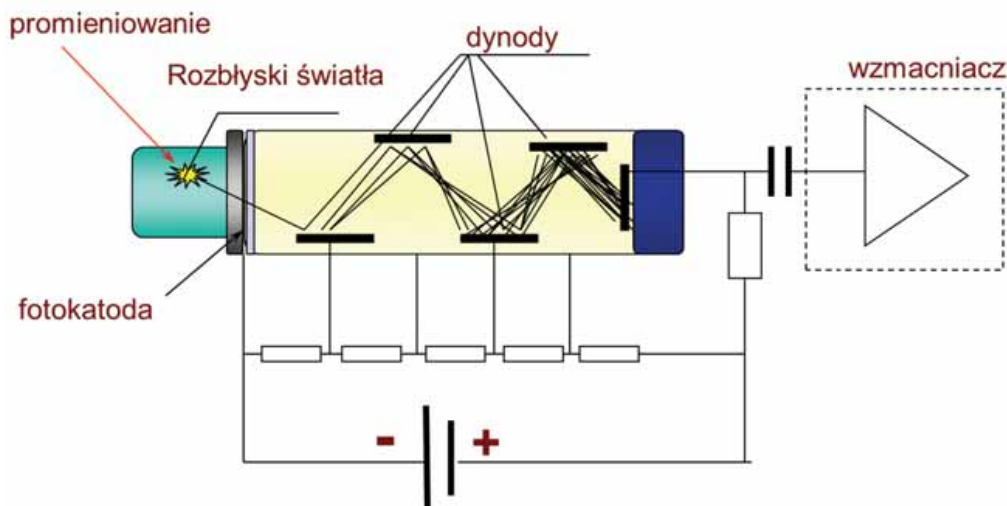


FORMALNOŚCI

Często powodem zniechęcającym do stosowania izotopowych urządzeń pomiarowych są formalności. Instalując izotop w zakładzie trzeba



Rysunek 5
Czas połowicznego rozpadu dla Cs-137



Rysunek 6

Zasada działania licznika scyntylacyjnego

spełnić kilka wymagań określonych przez *Ustawę Prawo Atomowe*. Po ich spełnieniu użytkownik końcowy otrzymuje akceptację Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki na stosowanie urządzeń zawierających źródła promieniotwórcze w swoim zakładzie. Wymaga to odrobiny wysiłku, ale tylko na początku działalności ze źródłami promieniotwórczymi. Przy każdym następnym urządzeniu zawierającym źródło promieniotwórcze jest już znacznie łatwiej.



NIE TAKI DIABEŁ STRASZNY JAK GO MALUJĄ

Izotopowa aparatura pomiarowa budzi często skrajne emocje. Ci, którzy używają urządzeń izotopowych chwalą je za wyjątkową trwałość i niezawodne działanie przez długie lata. Dużą ich zaletą jest także bezkontaktowość oraz możliwość pracy w najbardziej ekstremalnych warunkach procesowych. Przeciwnicy izotopów obawiają się promieniowania, które budzi ich wątpliwości odnośnie bezpieczeństwa. Rozumiejąc te obawy, warto jednak zdecydowanie podkreślić, że aktywności stosowanych źródeł w izotopowych miernikach przemysłowych są znacznie mniejsze niż aktywności źródeł stosowanych w defektoskopii lub w radioterapii – aktywności te potrafią być kilka, a nawet kilkadziesiąt tysięcy razy mniejsze! Niniejszy artykuł jest z mojej strony próbą uświadomienia, że niebezpieczeństwo stosowania izotopowych urządzeń pomiarowych jest naprawdę znikome, a korzyści z ich stosowania znaczące.

„Instalując izotop w zakładzie trzeba spełnić kilka wymagań określonych przez *Ustawę Prawo Atomowe* i uzyskać akceptację Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki.

POSTĘPOWANIE ZE ZUŻYTYMI ŹRÓDŁAMI PROMIENIOTWÓRCZYMI

Jak wspominałem, izotopowe urządzenia pomiarowe są trwałe i można je stosować przez wiele lat. Z mojego doświadczenia wynika, że źródła Co-60 wymienia się co 5 do 15 lat. Cs-137 znacznie rzadziej, co jest konsekwencją jego czasu połowicznego zaniku. Am-241 z czasem połowicznego zaniku ponad 400 lat wydaje się nie do zdarcia. Oczywiście producenci źródeł zalecają ich wymianę co 10 do 15 lat ze względu na bezpieczeństwo, trwałość i szczelność kapsuły. Niemniej jednak, jeżeli urządzenia pracują w dobrych warunkach i nie są narażone na trudne warunki atmosferyczne lub agresywne środowisko pracy, to od użytkownika zależy jak długo będzie te źródła stosował.

Kiedy jednak przyjdzie czas wymiany źródła ze względu na jego niewystarczającą aktywność, ze względu na bezpieczeństwo lub kiedy zdecydujemy się na całkowitą likwidację urządzenia, wtedy należy przekazać izotop do unieszkodliwienia do Zakładu Unieszkodliwiania Odpadów Promieniotwórczych, w skrócie ZUOP. Zadanie takie można zlecić firmie będącej tak zwanym uprawnionym instalatorem. Przez uprawnionego instalatora należy rozumieć firmę, która posiada odpowiednie zezwolenie Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki na instalowanie, transport oraz obsługę urządzeń zawierających źródła promieniotwórcze.

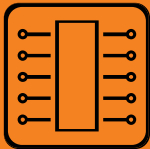


Rysunek 7

Zainstalowany izotopowy układ pomiarowy

Zobacz film na naszym kanale YT „Pomiary izotopowe w przemyśle”





Niepewność pomiaru

Czym jest i jak ją liczyć?



ARTUR GRZESICZAK

W Introlu pracuje od 2005 roku
na stanowisku starszy specjalista
ds. pomiarów w Laboratorium
Pomiarowym.

tel. 32 789 01 09



CZYM JEST NIEPEWNOŚĆ POMIARU?

Niepewność pomiaru to nieujemny parametr charakteryzujący rozproszenie wartości wielkości przyporządkowany do menzurandu (wielkość która ma być zmierzona) obliczony na podstawie uzyskanej informacji. Jest to pojęcie z zalecanego od 1993 roku przez międzynarodowe organizacje standaryzacyjne sposobu wyznaczania wyniku pomiaru zwanego rachunkiem (teorią) niepewności. Niepewność oznacza parametr związany z wartościami (serią) pomiaru danej wielkości fizycznej w stałych warunkach, które można w uzasadniony sposób przypisać wartości mierzonej. Parametr ten (niepewność) charakteryzuje rozrzut wartości w przedziale, wewnątrz którego można z zadowalającym prawdopodobieństwem usytuować wartość wielkości mierzonej. Niepewność pomiaru wynika z tego, że pomiar zawsze jest w jakimś stopniu niedokładny. Nie wynika to tylko z niedoskonałości aparatury i zmysłów obserwatora, ale jest po prostu nieodłączną cechą każdego pomiaru.

Zdając sobie sprawę z tego, że jakaś niepewność występuje zawsze, w celu zapewnienia najlepszej dokładności prowadzonych wzorcowań należy

ją analizować. Analiza niepewności pomiaru – często nazywana również budżetem niepewności pomiaru – powinna zawierać listę wszystkich źródeł niepewności występujących podczas pomiaru wraz z przypisanymi im niepewnościami standardowymi, jak również metodami ich oceny. W przypadku pomiarów powtarzanych należy podać również liczbę „ n ”-tych obserwacji. W celu zapewnienia przejrzystości zalecane jest przedstawienie danych istotnych dla tej analizy w formie tabeli. Wszystkie wielkości w tabeli należy przedstawić w formie symboli fizycznych „ X_i ” lub skrótowego znaku identyfikacyjnego. Dla każdej wielkości w tabeli powinny być wyspecyfikowane co najmniej: estymata „ x_i ”, związana z nią niepewność standardowa „ $u(x_i)$ ”, współczynnik wrażliwości „ c_i ” oraz różne składniki niepewności „ $u_i(y)$ ”. Wartości liczbowe każdej wielkości powinny być podane w tabeli wraz z odpowiednimi jednostkami miary.



RODZAJE NIEPEWNOŚCI

W praktyce metrologicznej stosujemy 3 rodzaje niepewności, przy czym na świadectwie wzorcowania podaje się tylko niepewność rozszerzoną. Jest ona powiązana z dwoma innymi niepewnościami.

- Niepewność standardowa – niepewność pomiaru wyrażona odchyleniem standardowym.
- Niepewność standardowa złożona – standardowa niepewność pomiaru otrzymana z wykorzystaniem poszczególnych standardowych niepewności pomiaru związanych z wielkościami wejściowymi w modelu pomiaru.
- Niepewność rozszerzona – iloczyn standardowej niepewności pomiaru złożonej i współczynnika rozszerzenia większego niż jeden.



RÓWNANIE POMIARU

Aby otrzymać jakąkolwiek niepewność standardową, należy najpierw stworzyć równanie pomiaru. Tutaj podeprzyjmy się przykładem z naszego laboratorium - dla równania pomiaru w zakresie wilgotności względnej.

Postaramy się wytłumaczyć równanie pomiaru dla wilgotności względnej łącznie z wyjaśnieniem poszczególnych składowych.

Na początku trzeba stworzyć równanie pomiaru dla wilgotności względnej, po którym to



Rysunek 1
Komora klimatyczna Vötsch



będziemy mogli wyprowadzić wzór na niepewność pomiaru.

$$\Delta rh = rh_s - rh_k$$

Δrh – błąd wskazań przyrządu wzorcowanego [%rh],

rh_s – wartość wilgotności względnej wyznaczona za pomocą przyrządu wzorcowanego [%rh],

rh_k – wartość wilgotności względnej wyznaczona za pomocą wzorca roboczego [%rh].

Następnym krokiem jest wyznaczanie wilgotności względnej wzorcowania.

$$rh_k = rh_{sr.k.} + \delta rh_{u.k.} + \delta rh_{dr.k.} + \delta rh_{o.k.} + \delta rh_{r.k.}$$

$rh_{sr.k.}$ – uśredniona wartość wilgotności względnej wyznaczona wzorcem roboczym [%rh],

$\delta rh_{u.k.}$ – poprawka stwierdzona podczas wzorcowania wzorca roboczego [%rh],

$\delta rh_{dr.k.}$ – poprawka związana z dryfem wzorca roboczego [%rh],

$\delta rh_{o.k.}$ – poprawka związana z rozdzielczością (odczytem) wzorca roboczego [%rh],

$\delta rh_{r.k.}$ – poprawka związana z rozkładem wilgotności względnej w komorze generatora [%rh].

Potem wyznaczamy wilgotność względną przez przyrząd wzorcowany.

$$rh_s = rh_{sr.s.} + \delta rh_{o.s.}$$

$rh_{sr.s.}$ – uśredniona wartość wilgotności względnej wyznaczona przez przyrząd wzorcowany,

$\delta rh_{o.s.}$ – poprawka związana z rozdzielczością (odczytem) przyrządu wzorcowanego [%rh],

Z powyższych składowych możemy wyprowadzić całe równanie pomiaru dla wilgotności względnej:

$$\Delta rh = rh_{sr.s.} + \delta rh_{o.s.} - (rh_{sr.k.} + \delta rh_{u.k.} + \delta rh_{dr.k.} + \delta rh_{o.k.} + \delta rh_{r.k.})$$

Z tego wzoru możemy przejść do wyliczenia niepewności złożonej oraz niepewności rozszerzonej. Nadmienię jeszcze, że w standardowej realizacji oceny niepewności pomiaru rozszerzonej przyjmuje się poziom ufności 95% (współczynnik $k_{95\%}$).

W Laboratorium Pomiarowym przeprowadza się ocenę rozszerzonej niepewności pomiaru wzorcowania czujnika wilgotności względnej i oznacza jako „U”

$$U = k \times u$$

gdzie:

k – współczynnik rozszerzenia o wartości 2,

u – niepewność złożona.

Niepewność złożona „u” podczas wykonywania pomiarów wilgotności względnej jest obliczana wg wzoru:

$$u_w = \sqrt{(u_1)^2 + (u_2)^2 + (u_3)^2 + (u_4)^2 + (u_5)^2 + (u_6)^2 + (u_7)^2}$$

gdzie:

u_1 – maksymalna niepewność z jaką wyznaczono poprawkę ze świadectwa wzorcowania wzorca roboczego ($rh_{u.k.}$) [%rh], którą można wyliczyć ze wzoru:



Rysunek 2

Miernik punktu rosy marki MBW

$$u_1 = \frac{U_{\text{maksymalne ze świadectwa}}}{2}$$

u_2 – niepewność standardowa związana z dryfem wzorca roboczego [%rh] obliczana zgodnie ze wzorem:

$$u_2 = \frac{\text{dryf}}{\sqrt{3}}$$

*Dryf: narastające powoli w czasie odchylenie wskazań przyrządu pomiarowego lub czujnika od prawdziwych wartości.

u_3 – niepewność standardowa związana z rozdzielczością wzorca roboczego [%rh], której wzór to:

$$u_3 = \frac{\text{rozdzielczość}}{2 \cdot \sqrt{3}}$$

u_4 – niepewność standardowa związana z rozrzutem wskazań wzorca roboczego [%rh], którą można wyliczyć ze wzoru:

$$S(u_4) = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (x_{i,k} - x_i)^2}{n(n-1)}}$$

gdzie:

$S(u_4)$ – jest odchyleniem kwadratowym średniej,

$x_{i,k}$ – jest wynikiem pojedynczego pomiaru wielkości x_i ,

x_i – jest wartością średnią n pomiarów.

u_5 – niepewność standardowa związana z rozkładem wilgotności względnej w komorze [%rh] obliczana według wzoru:

$$u_5 = \frac{\text{rozkład w komorze}}{\sqrt{3}}$$

u_6 – niepewność standardowa związana z rozdzielczością przyrządu wzorcowanego, gdy odczyt jest bezpośrednio z przyrządu [%rh], którą wyliczymy stosując wzór:

$$u_6 = \frac{\text{rozdzielczość}}{2 \cdot \sqrt{3}}$$

W praktyce metrologicznej stosujemy 3 rodzaje niepewności, przy czym na świadectwie wzorcowania podaje się tylko niepewność rozszerzoną.

Symbol wielkości	Estymata wielkości	Niepewność standardowa	Rozkład prawdopodobieństwa	Współczynnik wrażliwości	Udział w złożonej niepewności standardowej
X_i	x_i	$u(x_i)$		c_i	$u_i(y)$
$rh_{sr.k.}$	10,3 % rh	0,0100 % rh	normalny	-1	-0,0100 % rh
$\delta rh_{u.k.}$	0,0 % rh	0,3500 % rh	normalny	-1	-0,3500 % rh
$\delta rh_{dr.k.}$	0,0 % rh	0,2887 % rh	prostokątny	-1	-0,2887 % rh
$\delta rh_{o.k.}$	0,0 % rh	0,0866 % rh	prostokątny	-1	-0,0866 % rh
$\delta rh_{r.k.}$	0,0 % rh	0,1155 % rh	prostokątny	-1	-0,1155 % rh
rh_k	10,3 % rh				
$rh_{sr.s.}$	11,6 % rh	0,0153 % rh	normalny	1	0,0153 % rh
$\delta rh_{o.s.}$	0,0 % rh	0,0866 % rh	prostokątny	1	0,0866 % rh
rh_s	11,6 % rh				0,4843 % rh
Δrh	+1,3 % rh				

Tabela 1
Przykładowa tabela przedstawiająca analizę niepewności pomiaru dla zadanej wilgotności = 10%rh

u_7 – niepewność standardowa związana z rozrzutem wskazań przyrządu wzorcowanego, gdy odczyt jest bezpośrednio z przyrządu [%rh], którą można wyliczyć ze wzoru:

$$S(u_7) = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (x_{i,k} - x_i)^2}{n(n-1)}}$$

gdzie:

$S(u_7)$ – jest odchyleniem kwadratowym średniej,

$x_{i,k}$ – jest wynikiem pojedynczego pomiaru wielkości x_i ,

x_i – jest wartością średnią n pomiarów.

Powyższe wzory zostały opracowane o wytyczne przedstawione w dokumencie „EA-4/02 Ocena niepewności pomiaru przy wzorcowaniu”. W oparciu o te dane wyjściowe z dokumentu opracowano równanie pomiaru i niepewność dla wilgotności.

calibration and measurement capability). Jest to tzw. zdolność pomiarowa oznaczająca najlepszą niepewność, jaką można uzyskać w danym laboratorium czy w danej jednostce zajmującej się pomiarami, przy określonym zakresie pomiarowym. Na przykładzie z wyliczeń zdolność pomiarowa naszego laboratorium wynosi:

$$CMC = 2 * 0,4843 \%rh \approx 0,9686 \%rh \approx 1,0 \%rh$$

W omawianym powyżej przykładzie wyliczenia niepewności, otrzymaliśmy niepewność rozszerzoną w przybliżeniu 1,0 %rh, które można uznać za nasze CMC. Jednakże w naszym laboratorium niepewność rozszerzona została zwiększona i przyjęta na poziomie 1,5%rh, gdyż zawiera w sobie tzw. margines bezpieczeństwa. To tak na wszelki wypadek jakby wzrosła niepewność rozszerzona w związku ze zmianą składowych w czasie poszczególnych niepewności standardowych podczas wzorcowania.

„Nie wyznaczając niepewności ryzykujemy tym, że wyniki wzorcowania mogą być zinterpretowane niezgodnie ze stanem faktycznym.

ZDOLNOŚĆ POMIAROWA LABORATORIUM

Każde akredytowane laboratorium wzorcujące na świadectwie wzorcowania podaje CMC (ang.



Rysunek 3
Generator wilgotności HUMOR 10

NIE TYLKO DLA LABORATORIÓW

Niniejszy artykuł i wyliczenia w nim zawarte na pierwszy rzut oka wydają się skomplikowane. Jest to pozorna trudność. Każdy kto kilka razy wykona równanie pomiaru i określi niepewność jednego urządzenia szybko nabierze wprawy i będzie to wykonywał niemal automatycznie. Należy przy tym podkreślić, że niepewność pomiaru nie stosują tylko laboratoria wzorcujące i badawcze, ale dobra praktyka metrologiczna wskazuje, że powinna być ona wyznaczana przez wszystkich, którzy zajmują się pomiarami. Parametr ten jest bowiem niezbędny aby wiarygodnie przedstawić wyniki. Nie wyznaczając niepewności ryzykujemy bowiem tym, że wyniki wzorcowania mogą być zinterpretowane niezgodnie ze stanem faktycznym. Możemy uznać po prostu, że dane urządzenie mierzy poprawnie, mimo, iż jest odwrotnie.

Źródła:
www.pca.gov.pl
www.gum.gov.pl
www.wikipedia.org
www.bipm.org

Cyberbezpieczeństwo w przemyśle, dyrektywa NIS2

Cyberbezpieczeństwo jest kluczowym elementem współczesnego zarządzania technologią i informacją, którego głównym celem jest ochrona systemów komputerowych, sieci oraz danych przed nieautoryzowanym dostępem, atakami i uszkodzeniami.

TOMASZ KAWKA

Kierownik projektu w Introl Automatyka Sp. z o.o.
Pełnomocnik do spraw cyberbezpieczeństwa świadczonych usług kluczowych zgodnych z normami PN-EN ISO/IEC 27001:2017-06, PN-EN ISO22301: 2020-04 oraz RODO.

tel. 601 553 336

Wśród tworzących się zagrożeń wykorzystujących podatności systemów lub błędy ludzkie należy wymienić ataki na systemy sterowania, ransomware oraz ataki na łańcuch dostaw. Ze względu na wprowadzenie Przemysłu 4.0, wzrosły głównie podatności branży produkcyjnej. Okazało się, że najważniejszymi funkcjami cyberbezpieczeństwa w obecnym momencie stają się ochrona danych i infrastruktury, zapobieganie przestojom, zachowanie reputacji oraz określone podejście do bezpieczeństwa wskazywane przez regulacje prawne.

Unia Europejska, aby zwiększyć odporność sektorów gospodarki, opracowała dyrektywę NIS2 dla całej UE na początku 2023 roku (Dyrektywa w sprawie środków na rzecz wysokiego wspólnego poziomu cyberbezpieczeństwa na terytorium UE), której wdrożenie **zaplanowano na 17 października 2024 roku**. Obecnie znamy jedynie projekt implementującej dyrektywę nowelizacji polskiej ustawy o krajowym systemie cyberbezpieczeństwa.

specjal

ZMIANY NARZUCANE PRZEZ AKT PRAWA – DYREKTYWĘ NIS2

Do najważniejszych zmian wprowadzonych dyrektywą NIS2 należą:

- Znacznie rozszerzony zakres podmiotowy.
- Wyrównanie obowiązków dla dwóch głównych grup: podmiotów kluczowych i ważnych, wśród których znajdują się podmioty z sektora automatyki przemysłowej.
- Osobista odpowiedzialność zarządu za nadzór i wdrożenie przepisów.
- Wysokie kary finansowe nakładane na organizację za nieprawidłowości w stosowaniu się do wymogów nowego prawa. W przypadku powstania nieprawidłowości dla podmiotu kluczowego jest to co najmniej 10 000 000 EUR lub 2% całkowitego rocznego światowego obrotu przedsiębiorstwa z poprzedniego roku obrotowego, przy czym zastosowanie będzie mieć kwota wyższa. Dla podmiotów ważnych kary to: co najmniej 7 000 000 EUR lub 1,4% całkowitego rocznego światowego obrotu przedsiębiorstwa z poprzedniego roku obrotowego, przy czym zastosowanie będzie mieć kwota wyższa.

NIS2: Podmioty ważne i kluczowe

(uwaga: oprócz sektora/branży, ważna jest też wielkość przedsiębiorstwa) (kolorem pomarańczowym zaznaczono branże ważne dla sektora automatyki przemysłowej)

SEKTORY KLUCZOWE	SEKTORY KLUCZOWE/WAŻNE
ENERGETYKA • Energia elektryczna: przedsiębiorstwa energetyczne zajmujące się wytwarzaniem, dystrybucją i obsługą punktów ładowania. • System ciepłowniczy: operatorzy systemów ciepłowniczych i chłodniczych. • Ropa naftowa: operatorzy ropociągów oraz instalacji związanych z produkcją, przetwarzaniem, magazynowaniem i przesyłem ropy naftowej. • Gaz: przedsiębiorstwa dostarczające gaz, operatorzy systemów dystrybucyjnych, przesyłowych, magazynowania, LNG oraz instalacji rafinacji i przetwarzania gazu ziemnego. • Wodór: produkcja, magazynowanie i przesył wodoru.	• Wyroby medyczne i diagnostyka in vitro: narzędzia, aparaty, oprogramowanie, implanty i odczynniki stosowane w medycynie i badaniach laboratoryjnych. • Komputery, wyroby elektroniczne i optyczne • Urządzenia elektryczne: generatory prądu, baterie, ładowarki, odkurzacze i otwieracze do puszek. • Inne maszyny i urządzenia: • Pojazdy samochodowe, przyczepy i naczepy • Pozostały sprzęt transportowy • Produkcja i dystrybucja chemikaliów (w tym budowlanych): przedsiębiorstwa zajmujące się produkcją substancji chemicznych oraz ich dystrybucją, w tym klejów, cementu i innych materiałów budowlanych. • Produkcja i dystrybucja żywności: przedsiębiorstwa spożywcze zajmujące się przemysłową produkcją i przetwarzaniem żywności oraz dystrybucją hurtową. • Gospodarowanie odpadami: firmy zajmujące się zarządzaniem odpadami, z wyłączeniem tych, dla których gospodarowanie odpadami nie jest główną działalnością gospodarczą. • Badania naukowe
OPIEKA ZDROWOTNA • Świadczeniodawcy • Podmioty produkujące leki: produkcja leków, substancji i krytycznych wyrobów medycznych, działalność B&R w zakresie produktów leczniczych, laboratoria referencyjne EU.	
INFRASTRUKTURA CYFROWA • Dostawcy punktu wymiany ruchu internetowego • Dostawcy usług chmurowych • Dostawcy usług zaufania • Dostawcy publicznych sieci łączności elektronicznej	
ZARZĄDZANIE USŁUGAMI ICT • Dostawcy usług zarządzanych • Dostawcy usług zarządzanych w zakresie bezpieczeństwa.	
WODA PITNA • Dostawcy i dystrybutorzy wody pitnej odpowiedzialni za dostarczanie wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi.	
ŚCIEKI • Przedsiębiorstwa zbierające, odprowadzające lub oczyszczające ścieki: komunalne, bytowe lub przemysłowe oczyszczalnie ścieków.	

Tabela 1
Podmioty ważne i kluczowe według NIS2

NOWE OBOWIĄZKI

W ramach nowych obowiązków należy wymienić:

- Raportowanie – każde zagrożenie, które nosi znamiona incydentu (najprawdopodobniej zdefiniowanego zgodnie z normą ISO/IEC 27001), będzie musiało zostać zgłoszone w ciągu 24 godzin do CSIRT (Zespół Reagowania na Incydynty Bezpieczeństwa Komputerowego), wraz z opisem jego przyczyny.

Producenci od dawna wykorzystują systemy sterowania przemysłowego dla zwiększenia szybkości i wydajności produkcji. Dotąd jednak systemy sterowania produkcją były w znacznej mierze odseparowane od systemów administracyjnych i innych procesów realizowanych w przedsiębiorstwach.

ZAGROŻONA INFRASTRUKTURA TO GŁÓWNI OT

Sieci technologii operacyjnej (OT) współpracują z sieciami technologii informacyjnej (IT)

i wykorzystują szeroką gamę inteligentnych, połączonych urządzeń IoT na dużą skalę. Pojedynczy zakład produkcyjny może mieć dziesiątki tysięcy urządzeń i czujników IoT, które wysyłają stały strumień danych do zewnętrznych sieci lub systemów w chmurze. Producenci używają wielu urządzeń IoT, takich jak: kamery monitoringu, cyfrowe oznakowania, systemy automatyzacji budynków oraz kontroli środowiskowych.

Czujniki i urządzenia IoT nie zawsze posiadają wbudowane mechanizmy bezpieczeństwa, a stosunkowo niedawna popularyzacja IoT wpływa na brak historii podatności związanej z bezpieczeństwem IT tych urządzeń wykorzystywanych w przemyśle. Połączenie urządzeń IoT oraz wykorzystanie nie zawsze bezpiecznej chmury, wraz ze rozszerzoną łącznością, stwarzają duże możliwości przeprowadzania frontalnych, niespotykanych wcześniej ataków. Operacje bezpieczeństwa w procesach produkcji wymagają analizy zautomatyzowanej w czasie rzeczywistym całych sieci. To pozwala przedsiębiorstwom proaktywnie wykrywać i reagować na zagrożenia w trakcie ich trwania, zanim wyrządzą szkody.

ZACHOWANIA CYBERPRZESTĘPCÓW W PRZEMYŚLE PRODUKCYJNYM

W wielu przypadkach wielkość analityki związanej z podejrzanym ruchem sieciowym jest dwukrotnie większa niż w pozostałych sektorach gospodarki. Niektórzy producenci mają niewystarczającą kontrolę nad możliwością dostępu do linii produkcyjnych z powodów biznesowych. Nowoczesne systemy bezpieczeństwa współpracują z archaicznymi urządzeniami, co może zakłócać i izolować systemy produkcyjne. Wiele fabryk łączy urządzenia IoT z płaskimi, niepodzielnymi sieciami, które polegają na komunikacji wszystkiego ze wszystkim: od komputerów z aplikacjami przedsiębiorstwa po maszyny. Coraz częściej



Do najważniejszych zmian wprowadzonych dyrektywą NIS2 należą osobista odpowiedzialność zarządu za nadzór i wdrożenie przepisów oraz wysokie kary finansowe za nieprawidłowości w stosowaniu się do wymogów nowego prawa.

- Obowiązek natychmiastowej reakcji na incydent wraz z jego raportowaniem, obejmującym również opis incydentu z propozycją rozwiązania problemu (tzw. CAPA).
 - Nowe wymagania w zakresie dynamicznych analiz ryzyka, regularnych testów i audytów, tworzenia i aktualizowania planów ciągłości działania, szkoleń (zwłaszcza kadry zarządzającej), opracowywania planów naprawczych.
- Dyrektywa NIS2 zwraca również uwagę na powstałe zagrożenia dla łańcucha dostaw i powiązanych partnerów (usługodawców) przedsiębiorstwa. Negatywne zdarzenie (incydent) może spowodować powstanie incydentu (kompromitacji) w organizacjach współpracujących, dlatego powstaje obowiązek wykazywania szczególnej staranności w doborze usługodawców/kontrahentów.

tego typu struktury są bezpośrednio podłączone do Internetu, aby generować dane telemetryczne i zapewnić zdalne zarządzanie.

Według Jürga Affoltera, CIO w Brugg Cables, *Wzrost liczby urządzeń przemysłowego IoT wykładniczo zwiększa powierzchnię ataku na producentów, a wdrożenie ciągłego monitorowania sieci wewnętrznej pod kątem zachowań atakujących oraz dodatkowych kontroli dostępu jest ważne, ponieważ rozwiązanie oparte na agentach nie jest możliwe dla urządzeń przemysłowego IoT.*¹

Najczęściej występującymi zagrożeniami dla przemysłu 4.0 są: zagrożenia związane z tzw. zewnętrzną jednostką zarządzania i kontroli, zagrożenia związane z rozpoznaniem wewnętrznych słabości organizacji. Gdy atakujący ustanowi przyczółek w urządzeniach IoT, systemy bezpieczeństwa sieci często mają trudności z identyfikacją takiego zaplanowanego dostępu, tzw. „Backdoor”. Typowe zachowania związane z wewnętrznym rozpoznaniem w przemyśle produkcyjnym obejmują wewnętrzne skanowanie sieci przedsiębiorstwa (INTRANET) i skanowanie protokołu Server Message Block (SMB), czyli protokołu sieciowego udostępniania plików i struktury danych. Przejściu dokonują w ten sposób inwentaryzacji urządzeń w sieci przedsiębiorstwa przez wykrycie adresów IP urządzeń.

Dodatkowo, sieci produkcyjne składają się z wielu bram (routerów) komunikujących się z inteligentnymi urządzeniami i maszynami. Analizy połączeń tych urządzeń pozwala odkryć (zmapować) urządzenia w sieci produkcyjnej w poszukiwaniu krytycznych zasobów do kradzieży lub uszkodzenia. Zagrożenia obejmują zachowania związane z Lateral Movement (stopniowe poruszanie się po sieci w poszukiwaniu kluczowych danych i zasobów) oraz eksfiltracją (ekstrakcja danych).

Ochrona w sektorze przemysłowym, niezależnie od wyzwań ery Przemysłu 4.0, wymaga kompleksowego podejścia, które obejmuje zarówno techniczne, jak i organizacyjne środki bezpieczeństwa:

- segmentacja sieci,
- monitorowanie i analiza ruchu sieciowego,
- zarządzanie dostępem,
- regularne aktualizacje i łatki (patch),
- szkolenia i świadomość pracowników,
- kopia zapasowa i plan odzyskiwania danych,
- współpraca z ekspertami,
- zgodność z regulacjami,
- bezpieczeństwo fizyczne,
- testy penetracyjne.

specjal

CO POWINNAM/POWINIENEM ZROBIĆ?

- Wykonać tzw. audyt podatności i braków w organizacji – tzw. **GAP ANALYSIS**. Pozwoli to

¹ – www.vectra.ai

określić stan faktyczny organizacji w ujęciu wymagań prawnych. Taki audyt powinien być przeprowadzony przez jednostkę zewnętrzną.

- Przygotować się do sporządzenia **samodeklaracji** jednostki, wykorzystując w/w audyt.
- Przeprowadzić konsultacje z audytorem zewnętrznym w oparciu o **specjalne matryce odpowiedzialności**.
- Już teraz przeprowadzać **testy oprogramowania automatycznej detekcji i wykrywania zagrożeń** z tworzeniem automatycznego raportowania incydentów.
- Rozważyć możliwość **outsourcingu analityki** do odpowiedniej jednostki SOC, czyli Security Operations Center.
- Odpowiednio przygotować prace związane z wdrożeniem w przedsiębiorstwie wymogów ustawy.
- W przypadku zidentyfikowania zagrożenia konieczny jest **natychmiastowy kontakt** z dostawcą rozwiązania.

„Czujniki i urządzenia IoT nie zawsze posiadają wbudowane mechanizmy bezpieczeństwa, a stosunkowo niedawna popularyzacja IoT wpływa na brak historii podatności związanej z bezpieczeństwem IT.



Problematyka cyberbezpieczeństwa to temat tak obszerny, że nie sposób szczegółowo omówić jej na łamach kilku stron. A jest to temat krytyczny dla większości organizacji. Brak działań w zakresie zabezpieczenia cyfrowej komunikacji w zakładzie może skutkować bowiem nie tylko ogromnymi karami finansowymi, ale również całkowitą utratą zdolności prowadzenia działalności.

Podobnie złożony problem dotyczy samej Dyrektywy NIS2, której wdrożenie wymaga specjalistycznej wiedzy. Dlatego wszystkie opisane prace przygotowawcze, audytowe oraz usługi wdrożeniowe dotyczące oprogramowania czy zabezpieczenia już zaszyfrowanego systemu, warto przekazać profesjonalnej firmie posiadającej niezbędne kompetencje i doświadczenie w tego typu wdrożeniach.

Refraktometry 5. generacji

VAISALA Polaris™

VAISALA



- skuteczny pomiar stężenia roztworów bezpośrednio w procesie
- wiele wersji dla szerokiej gamy zastosowań
- bez konieczności okresowej kalibracji
- HART i Modbus RTU
- dokładność ± 0.00014 nD oraz zwiększona powtarzalność pomiaru ± 0.00002 nD
- wersja „stand-alone” lub w komplecie z wyświetlaczem Indigo520
- pełna kompatybilność ze starszymi akcesoriami montażowymi
- bardzo szybki czas dostawy od producenta

Vaisala Polaris

**Light your
way
beyond
tomorrow.**

Poznaj serię
VAISALA POLARIS:



fizchem@introl.pl

Pomiary a efektywna regulacja procesowa

Nie ulega wątpliwości, że dostęp do wiarygodnego pomiaru wielkości regulowanej stanowi fundament prawidłowego działania układu regulacji. Konieczny jest właściwy dobór czujnika pod względem zakresu pomiarowego, dokładności pomiaru, warunków w jakich przyjdzie mu pracować itd. Przy zachowaniu wszystkich tych wymagań i prawidłowo zaprojektowanym układzie regulacji (w tym odpowiednio zaimplementowanym i nastrojonym regulatorze oraz właściwie dobranym organie wykonawczym, np. zaworze regulacyjnym), możliwe jest uzyskanie dokładnej stabilizacji wielkości regulowanej, nawet w obecności znaczących zakłóceń oraz zmian warunków produkcji i wymagań technologicznych.

JACEK CZECZOT
IC Senior Consultant

INVERSE CONTROL sp. z o.o.
www.inversecontrol.com
tel. +48 601 771 458

specjal

KLUCZOWA LOKALIZACJA

W warunkach przemysłowych najczęściej wykorzystuje się tzw. jednopętlowe zamknięte układy regulacji, w których konieczne jest wykorzystanie jednego czujnika mierzącego wielkość regulowaną. Na bazie tego pomiaru wyznaczany jest błąd regulacji, który z kolei jest przetwarzany przez regulator w celu wyznaczenia wymaganej zmiany stanu urządzenia wykonawczego (np. położenia zaworu regulacyjnego). Nawet w tym najprostszym przypadku odpowiednia lokalizacja czujnika pomiarowego może mieć decydujące znaczenie dla uzyskania koniecznej dokładności regulacji. Ważne jest oczywiście, aby spełnione były wszystkie wymagania dotyczące montażu czujnika tak, aby pracował on w warunkach, do których został przeznaczony i dla których producent zapewnia uzyskanie katalogowej dokładności pomiarowej. Istotne jest także to, aby jego montaż był możliwie najprostszy i nie wymagał skomplikowanych zmian w instalacji technologicznej. Często jednak możliwy jest montaż czujnika w kilku lokalizacjach, z których każda spełnia powyższe wymagania. W takich sytuacjach konieczne jest wzięcie pod uwagę, jak lokalizacja czujnika wpłynie na własności dynamiczne obiektu regulacji (czyli fragmentu instalacji technologicznej od urządzenia wykonawczego do miejsca lokalizacji czujnika pomiarowego). Zbyt duże oddalenie czujnika od miejsca, w którym chcemy stabilizować wielkość regulowaną skutkuje bowiem pojawieniem się opóźnień transportowego, które objawia się dodatkowym czasem martwym widocznym w dynamice obiektu regulacji. Obecność takiego czasu martwego znacznie komplikuje strojenie regulatora i ogranicza możliwą do uzyskania dokładność i szybkość nadążania oraz kompensacji zakłóceń.

Przykład takiej sytuacji obrazuje Rysunek 1 pokazujący proste połączenie między źródłem ciepła (np. wymiennikiem ciepła para-woda WC) i odbiornikiem ciepła OC (np. mieszalnikiem procesowym z płaszczem ogrzewającym zawartość).

Dopływ pary do WC jest regulowany za pomocą zaworu regulacyjnego Z. Celem regulacji jest stabilizacja temperatury wody gorącej na wylocie z wymiennika WC na poziomie wartości zadanej T_{zad} tak, aby zapewnić możliwie stałe parametry zasilania OC w ciepło, przy czym pobór ciepła przez OC może być zmienny w zależności od aktualnego reżimu produkcyjnego. Transport wody gorącej z wymiennika WC do odbiornika OC odbywa się przy pomocy rurociągu wody gorącej o znacznej długości.

W takiej sytuacji korzystne jest umieszczenie czujnika temperatury wody możliwie blisko wylotu z wymiennika WC (lokalizacja T1) tak, aby obiekt regulacji (w tym przypadku wymiennik WC, widziany przez regulator od zaworu Z do lokalizacji czujnika temperatury na wylocie) miał możliwie najlepsze własności dynamiczne. Umieszczenie tego czujnika daleko od wylotu z wymiennika WC (lokalizacja T2) sprawi, iż regulacja będzie trudniejsza ze względu na obecność dodatkowego opóźnienia transportowego wynikającego z czasu, jaki woda musi pokonać z miejsca wylotu z wymiennika WC do lokalizacji czujnika temperatury T2. Czas ten zależy od prędkości przepływu wody przez rurociąg wody gorącej, więc gdy przepływ wody jest zmienny, opóźnienie transportowe także ulega zmianie, co dodatkowo utrudnia prawidłowe działanie układu regulacji.

Warto nadmienić, że w warunkach przemysłowych odcinek rurociągu transportujący gorącą wodę od wylotu z wymiennika WC do wlotu do odbiornika OC jest najczęściej bardzo dobrze izolowany, co zapobiega ucieczce ciepła podczas transportu wody gorącej. Tak więc wydawać by się mogło, iż lokalizacja czujnika (T1 lub T2) nie będzie miała znaczenia, gdyż w obu przypadkach temperatura będzie bardzo zbliżona. Jednak w sytuacji gdy praca wymiennika WC jest zakłócana (np. przez znaczące wahania parametrów pary zasilającej lub temperatury wody na powrocie z odbiornika OC do wymiennika WC), lokalizacja czujnika temperatury jest kluczowa. W takiej

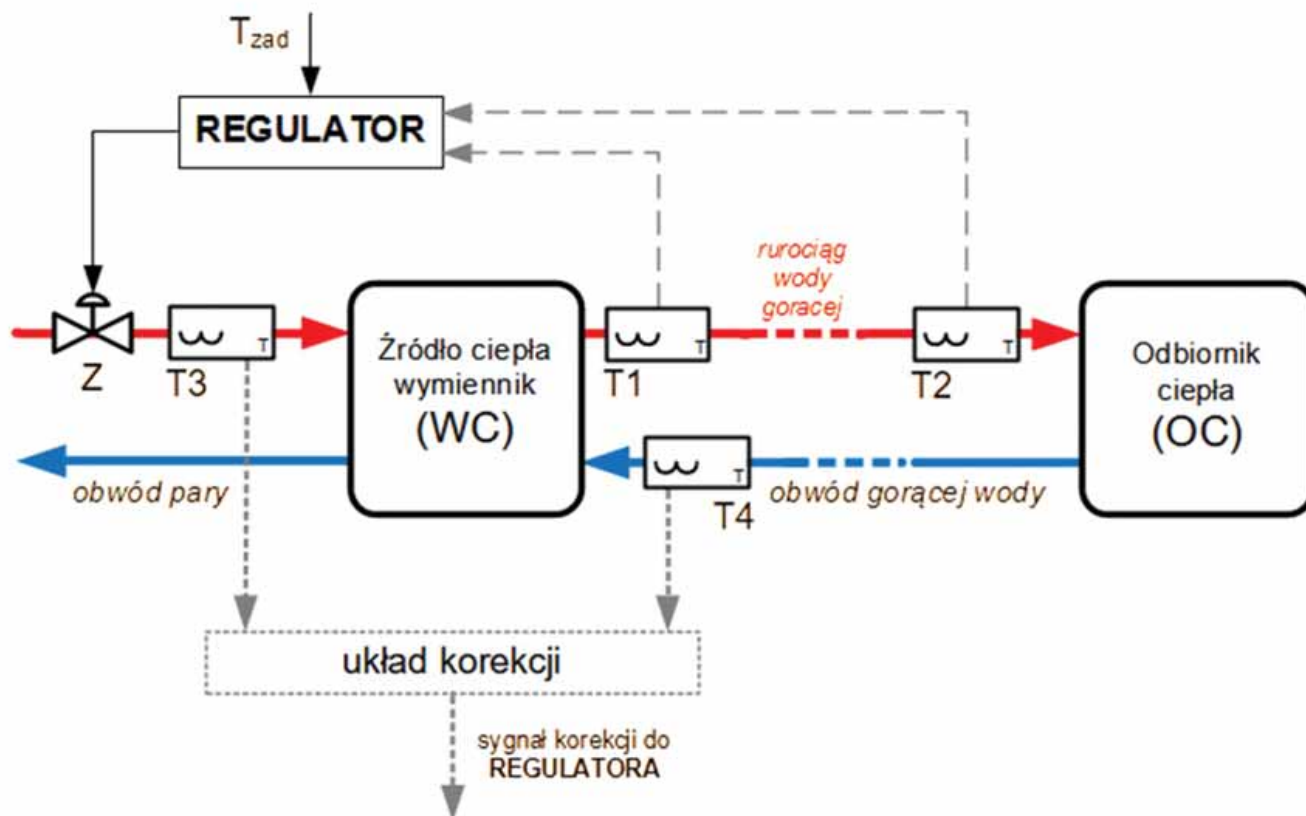
sytuacji regulacja temperatury wody gorącej na wylocie z wymiennika WC będzie znacznie prostsza w przypadku ulokowania czujnika w miejscu T1.

specjal

DODATKOWY CZUJNIK – DO- KŁADNIEJSZA REGULACJA

Jeśli z jakichś powodów na odcinku rurociągu między lokalizacją T1 a T2 następuje istotna

We wspomnianym przypadku, gdy w układzie technologicznym występują znaczące wahania parametrów pary zasilającej wymiennik WC (np. jej temperatury) oraz gdy na skutek zmiennych warunków produkcji temperatura wody powracającej z odbiornika OC także ulega znaczącym wahaniom, warto rozpatrzyć dodanie dwóch dodatkowych czujników temperatury w lokalizacjach T3 i T4. W tym wypadku oba te miejsca powinny być zlokalizowane możliwie



Rysunek 1.

Schemat prostego systemu dystrybucji ciepła między źródłem (wymiennikiem WC typu para-woda) a odbiornikiem (OC). Na schemacie zaznaczono lokalizacje czujników temperatury rozpatrywane w tekście artykułu

utrata ciepła skutkująca obniżeniem temperatury podczas transportu wody gorącej, oprócz czujnika ulokowanego w miejscu T1, warto wtedy rozważyć użycie dodatkowego czujnika temperatury w lokalizacji T2. Znajomość jego wskazania można wykorzystać do skutecznej regulacji temperatury pożądanej w odbiorniku OC. Można także pokusić się o zbudowanie układu regulacji temperatury na wylocie z wymiennika WC (lokalizacja T1) z uwzględnieniem korekty pochodzącej od bieżącego wskazania czujnika w lokalizacji T2. Można to zrobić wprowadzając prostą korektę temperatury zadanej T_{zad} dla układu stabilizacji temperatury wskazywanej w lokalizacji T1 tak, aby skompensować utratę ciepła podczas transportu. Dodatkowo w sytuacji, gdy ilość ciepła traconego podczas transportu wody gorącej jest znaczna i zmienna, można zbudować układ regulacji kaskadowej, który na bieżąco będzie korygował wartość zadaną T_{zad} dla temperatury odczytywanej w lokalizacji T1 na podstawie różnicy wskazań między czujnikami w lokalizacjach T1 i T2.

najbliżej wlotów wymiennika WC. Czujniki te będą wskazywać wahania powyższych temperatur, a wartości te można wykorzystać uzupełniając układ regulacji temperatury w lokalizacji T1 o korektę od zakłóceń, w tym przypadku od wahań temperatury pary zasilającej oraz wody powracającej do wymiennika WC. Taka korekcja, zaprojektowana w odpowiedni sposób, pozwoli znacznie poprawić dokładność regulacji temperatury zasilającej odbiornik OC i wskazywanej przez czujnik umieszczony w lokalizacji T1 (a także drugi czujnik, umieszczony w lokalizacji T2), co pozwoli na stabilizację parametrów wody gorącej zasilającej odbiornik OC. Projekt korektorów wymaga wprowadzić chociaż przybliżonej informacji o dynamice wymiennika WC oraz o charakterze wpływu temperatur w lokalizacjach T3 i T4 na jego działanie, jednak nawet przy wykorzystaniu prostych korektorów proporcjonalnych możliwe jest uzyskanie znacznej poprawy dokładności regulacji temperatury wskazywanej w lokalizacji T1 (i tym samym T2).

Warto nadmienić, iż schemat technologiczny pokazany na Rysunku 1 przedstawia bardzo prosty przypadek z jednym odbiornikiem OC. Pomimo tego, nawet w tak prostym przypadku, w uzasadnionych warunkach celowe jest użycie nie tylko jednego czujnika wskazującego temperaturę regulowaną, ale także trzech innych czujników temperatury pozwalających skutecznie poprawić dokładność regulacji. Jednakże w praktyce przemysłowej najczęściej z jednego wymiennika WC

biorników (lokalizacja T2 dla każdego odbiornika). Jeśli pomimo sprawnie działającego układu regulacji temperatury na wylocie z wymiennika WC (lokalizacja T1) można oczekiwać wahań temperatury wody gorącej w poszczególnych fragmentach rurociągu (np. na skutek niedokładnej izolacji niektórych fragmentów rurociągu), wskazania tych czujników pozwolą na dokonanie korekcy w układach regulacji temperatury implementowanych dla poszczególnych odbiorników.



Rysunek 2.
Czujnik temperatury zainstalowany na rurociągu

pełniącego rolę źródła ciepła zasilanych jest kilka odbiorników. Każdy z nich ma swoją własną gałąź doprowadzającą gorącą wodę, a pobór tej wody jest regulowany za pomocą dedykowanego zaworu regulacyjnego i regulatora temperatury w odbiorniku. W takiej sytuacji należy spodziewać się znacznych wahań temperatury wody powracającej z układu odbiorników do wymiennika WC. Wtedy dodanie czujnika temperatury w lokalizacji T4 i użycie jego wskazania do korekcy działania układu regulacji temperatury w lokalizacji T1 jest już niezbędne. W przypadku zmiennego przepływu wody zasilającej odbiorniki i powracającej do wymiennika WC uzasadnione będzie także dodanie przepływomierza, którego wskazania można będzie wykorzystać do poprawy korekcy działania układu regulacji temperatury w lokalizacji T1, razem z korekcją od wskazania czujnika temperatury w lokalizacji T4.

Dodatkowo w przypadku kilku odbiorników warto rozpatrzyć wyposażenie instalacji w czujniki wskazujące temperaturę wody zasilającej w rurociągu przeznaczonym do każdego z od-

specjal

PODSUMOWANIE

Dobór i lokalizacja czujników są istotne nie tylko z punktu widzenia dokładności pomiaru, ale także wpływu na dokładność regulacji. Odpowiednią lokalizację i liczbę czujników warto przedyskutować nie tylko ze specjalistą od metrologii, ale także od automatyki procesowej. Specjalista automatyki pomoże wskazać lokalizację, która zapewni możliwie najdogodniejsze własności dynamiczne regulowanego procesu. Zaproponuje i optymalnie nastroi układ regulacji, a także zaprojektuje i zaimplementuje układy korekcy od dodatkowych pomiarów, które w znaczący sposób mogą poprawić dokładność działania układu regulacji w obecności znaczących zakłóceń. Wszystkie te prace przebiegają jedynie w warstwie programowej w sterowniku PLC.

Artykuł opublikowany za zgodą autora – Pana Jacka Czczota.

”Dobór i lokalizacja czujników są istotne nie tylko z punktu widzenia dokładności pomiaru, ale także wpływu na dokładność regulacji.

Pomiar poziomu cieczy i materiałów sypkich



Sondy radarowe

- najnowsza technologia 80 GHz FMCW
- pomiar bezkontaktowy
- komunikacja Bluetooth
- ATEX
- SIL2, możliwy SIL3

Sygnalizatory wibracyjne

- temperatura procesu do 260°C
- 4...20 mA z HART
- ATEX
- SIL2, możliwy SIL3

Sondy radarowe

- sprawdzona technologia 26 GHz FMCW
- pomiar bezkontaktowy
- odporność na zapylenie i oblepienie
- ATEX, SIL2

Sondy radarowe z falowodem

- zakres pomiarowy do 50 m
- temperatura procesu do 400°C
- ATEX, SIL2

Sygnalizatory wibracyjne

- niezawodność i bezobsługowość
- bardzo duża czułość <5g/l