



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 wetny mineralnej i wiele innych.



GDZIE MIERZYMY?

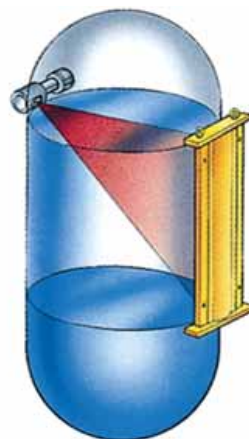
Urządzenia izotopowe sprawdzają się wszędzie tam, gdzie inne metody nie mierzą skutecznie lub pomiar jest praktycznie niemożliwy. To chociażby reaktory i zbiorniki ciśnieniowe z medium o wysokiej temperaturze i pod wysokim ciśnieniem, czy też z medium agresywnym. To także podajniki pancerne, zgrzeblowe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

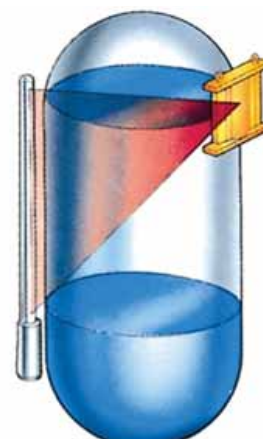
Ogromną zaletą pomiarów izotopowych jest ich bezkontaktowość, czyli brak kontaktu mierzonego medium z elementami urządzenia pomiaro-



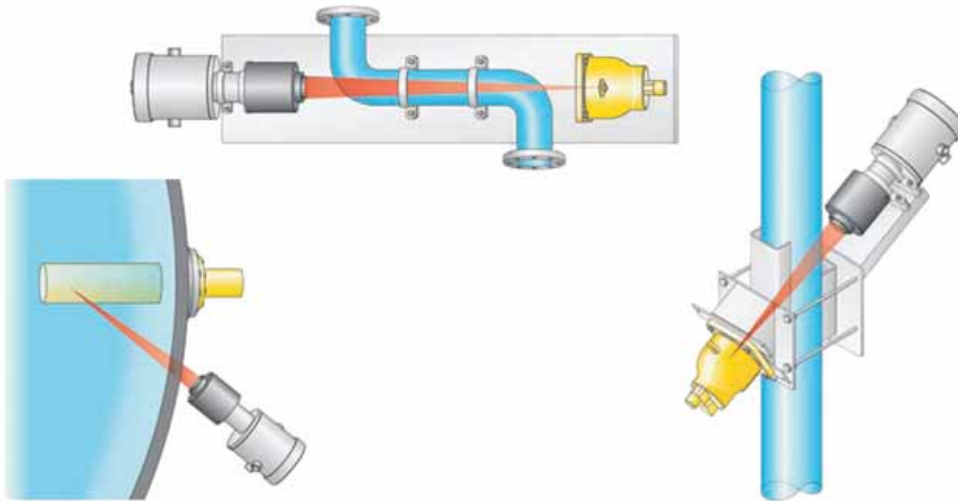
Rysunek 1
Sygnalizator poziomu



Ciągły pomiar poziomu
w układzie detektor punktowy,
źródło liniowe



Ciągły pomiar poziomu
w układzie detektor liniowy,
źródło punktowe



Rysunek 2
Pomiar gęstości – wersje 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 docierające 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 $1/4$ 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 zależy 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

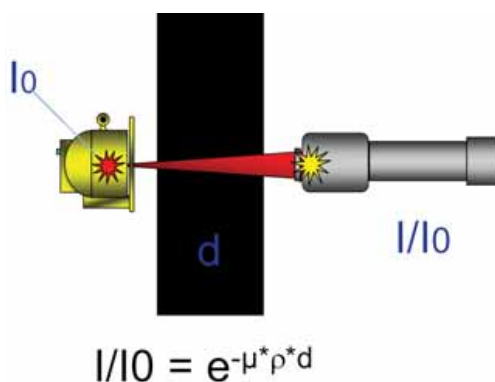
Urządzenia izotopowe sprawdzają się wszędzie tam, gdzie inne metody nie mierzą skutecznie lub pomiar jest niemożliwy.



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

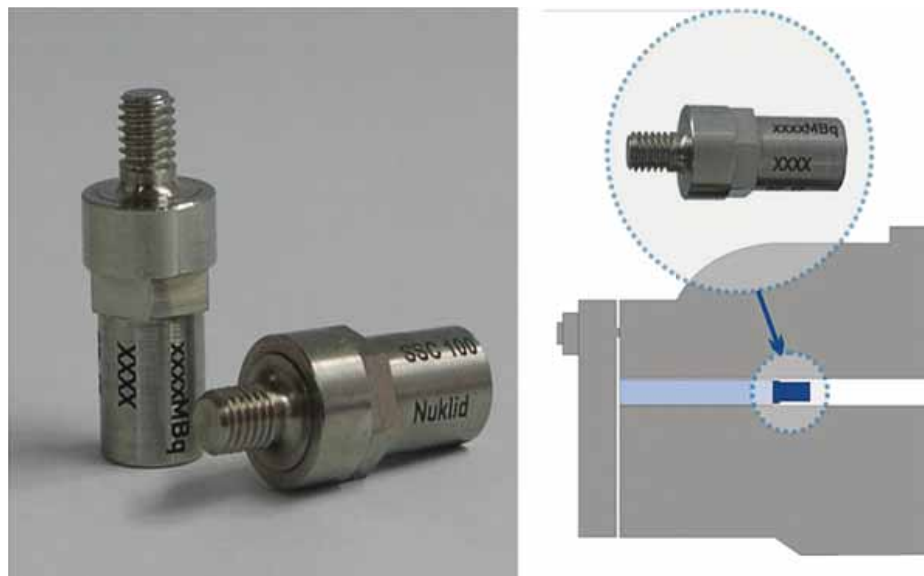
Gdzie:

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.

robotycznym. Takie rozwiązanie praktycznie uniemożliwia rozszczelnienie źródła i, co za z tym związane, skażenie terenu. Warto zaznaczyć jest również to, 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

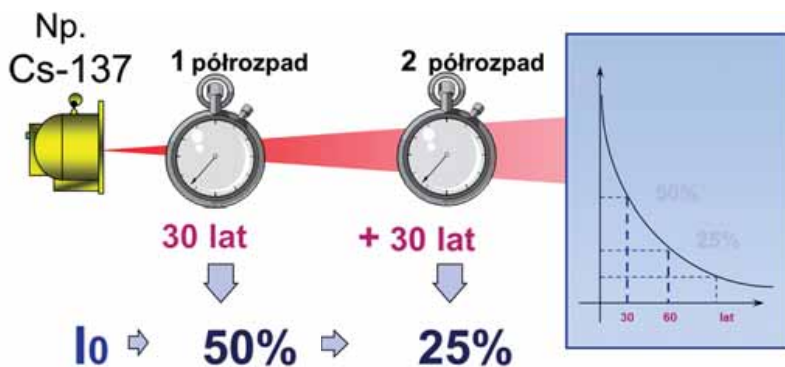
Detektory stosowane w izotopowych urządzeniach pomiarowych to liczniki Geigera Mullera, komory jonizacyjne oraz detektory scyntylacyjne. Obecnie najczęściej stosuje się detektory scyntylacyjne, ponieważ posiadają one największą czułość. Mówiąc o największej czułości mamy na myśli to, że dla danej aplikacji 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 cezu CsI lub specjalne polimery.

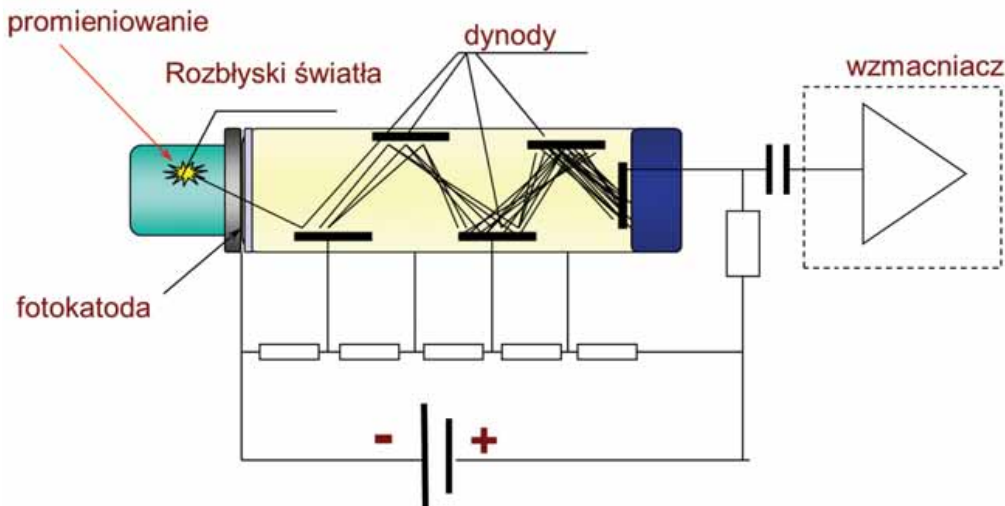


FORMALNOŚCI

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 scyntylicyjnego

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”

