

Odtwarzanie i przekazywanie jednostki kermy w powietrzu dla promieniowania rentgenowskiego

Adrian Bożydar Knyziak, Ewa Kaczorowska

Główny Urząd Miar, Zakład Promieniowania i Wielkości Wpływających

Wiemy, że promieniowanie rentgenowskie przechodząc przez ośrodek materialny dokonuje jego jonizacji. Zjawisko jonizacji jest wykorzystywane do pomiaru i rejestracji promieniowania. Do pomiarów promieniowania jonizującego, a w tym przypadku promieniowania rentgenowskiego, służą przyrządy nazywane dawkomierzami. Złożone są one z dwóch zasadniczych części: detektora promieniowania (np. komora jonizacyjna, licznik proporcjonalny, licznik Geigera – Müllera, licznik scyntylicyjny, detektor półprzewodnikowy) i układu elektronicznego mierzącego wielkość jonizacji (np. w postaci: impulsu elektrycznego, ładunku jonizacyjnego, prądu jonizacyjnego), która miała miejsce w detektorze promieniowania. W zastosowaniach metrologicznych najdokładniejszym detektorem jest prądowa komora jonizacyjna. Jest to swego rodzaju kondensator wypełniony powietrzem, do którego elektrod przyłożone jest wysokie napięcie. W powietrzu wypełniającym taką komorę w wyniku promieniowania powstają jony dodatnie oraz uwolnione elektrony, które pod wpływem pola elektrycznego wędrują do odpowiednich elektrod tworząc prąd jonizacyjny. Zakres prądów jonizacyjnych rozciąga się od 10^{-6} A, np. w układach sterowania reaktorów jądrowych, do wartości tak małych jak 10^{-16} A spotykanych w technice atomów znaczących.

Do pomiarów tych prądów wykorzystuje się urządzenia nazywane elektrometrami pracującymi w trybie pomiaru ładunku lub prądu elektrycznego. Następnie wartość zmierzzonego ładunku lub prądu jonizacyjnego jest przeliczana na wielkości dozymetryczne – dawkę promieniowania lub moc dawki promieniowania. Jednak aby takie przeliczenia były możliwe konieczne jest wzorcowanie dawkomierza powtarzane co pewien okres czasu. Polega ono na porównaniu wskazań dawkomierza ze wskazaniami dawkomierza wzorcowego w takich samych warunkach. W niniejszej pracy przedstawiamy stanowisko pomiarowe Głównego Urzędu Miar służące do odtwarzania i przekazywania jednostki kermy w polu promieniowania rentgenowskiego. Kerma (ang. *Kinetic Energy Released in unit MAss*) jest sumą początkowych energii kinetycznych dE wszystkich naładowanych cząstek jonizujących uwolnionych przez nienaładowane cząstki w materiale o masie dm :

$$K = \frac{dE}{dm}$$

Jednostką tej wielkości fizycznej w układzie SI jest grej, Gy ($1 \text{ Gy} = 1 \text{ J} \cdot 1 \text{ kg}^{-1}$).

Poprawną wartość kermy w powietrzu K uzyskuje się przy użyciu wzorca pierwotnego – komory jonizacyjnej, odczytując wartość zebranego ładunku elektrycznego i wyliczając poprawną wartość kermy w powietrzu K przy użyciu następującego wzoru:

$$K = \frac{Q}{m} \cdot \frac{W}{e} \cdot \frac{1}{1 - \bar{g}} \cdot \Pi k_i$$

gdzie:

Q/m – mierzony ładunek prądu jonizacyjnego na jednostkę masy powietrza w komorze wzorcowej,

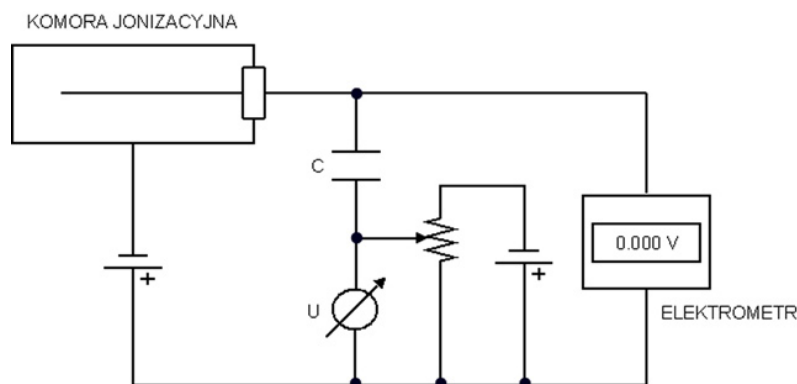
W/e – średnia energia zużyta przez elektron o ładunku e na wytworzenie pary jonów,

\bar{g} – stosunek energii wtórnych cząstek naładowanych, zużytej na wytworzenie promieniowania hamowania, do sumy energii tych cząstek,

Πk_i – iloczyn współczynników korekcyjnych użytych do określenia kerry w powietrzu.

Stanowisko wzorcowe służy do odtwarzania i przekazywania jednostki miary kerry w powietrzu promieniowania X w zakresie energii fotonów od 7 keV do 250 keV. W tym zakresie energii fotonów wzorcem pierwotnym jednostki miary jest zespół trzech komór jonizacyjnych, o ściankach powietrznych pokrywających zakres energetyczny promieniowania X w trzech zakresach napięcia rentgenowskiego: 8 – 20 kV, 20 – 50 kV, 60 – 300 kV.

Stanowisko wzorcowe składa się z dwóch stanowisk pomiarowych. W skład każdego stanowiska wchodzi komora jonizacyjna – wzorec pierwotny, połączona ze źródłem napięcia polaryzacji i urządzeniem do pomiaru ładunków jonizacyjnych oraz komora monitorowa z układem pomiarowym. Urządzenie do pomiaru ładunków jonizacyjnych komory wzorcowej i układ pomiarowy komory monitorowej jest wspólny dla obu stanowisk.



Rys. 1. Schemat układu do pomiaru ładunków jonizacyjnych oparty na metodzie kompensacji Townsenda

Uzupełnieniem są urządzenia do pomiaru ciśnienia, temperatury i wilgotności powietrza. Jako urządzenia pomocnicze stosuje się aparaty rentgenowskie będące źródłami promieniowania, ławy ze stanowiskiem kołpaka lampy rentgenowskiej z wyposażeniem (przesłona wiązki, filtry), katetometr do precyzyjnego ustawienia komór w wiązce promieniowania, zasilacze i zestaw telewizji przemysłowej do obserwacji i odczytu wskazań przyrządów w wiązce promieniowania.

Przekazywanie jednostki miary kerry w powietrzu promieniowania rentgenowskiego odbywa się w procesie wzorcowania dawkomierzy. Wzorcowanie dawkomierzy wykonuje się metodą podstawienia komór jonizacyjnych w polu promieniowania X, polegającą na kolejnym pomiarze komorą wzorcową, a następnie komorą wzorcowaną. Środki czynne komór muszą być umieszczone w tym samym, dowolnie wybranym, ustalonym punkcie pomiarowym. Przy pomiarach musi być zapewniona powtarzalność dawki promieniowania X i innych parametrów radiacyjnych. Powtarzalność dawki uzyskuje się poprzez urządzenie monitorowe (komora monitorowa) w postaci przelotowej komory jonizacyjnej wraz ze sprzężonym z nią układem migawki, który stanowią przesłony ołowiane odcinające promieniowanie.