

Mgr inż. STANISŁAW GŁOWACKI

Centr. Lab. Ochrony Radiologicznej
Warszawa - Żerań

APARATURA KONTROLNA BHP PRZY PRACACH W DZIEDZINIE
TECHNIKI JĄDROWEJ

Specyfika zagrożenia bezpieczeństwa i higieny pracy
przez energię jądrową.

W związku z nową dziedziną techniki - techniką jądrową - powstało szereg problemów, z których jeden, a mianowicie problem BHP należy do szczególnie ważnych. Zagadnienie to jest w tym wypadku wyjątkowo trudne i to nie pod względem technicznym, lecz również psychologicznym.

Jak zwykle, tak i w przypadku zagrożenia jądrowego, reakcja człowieka na niebezpieczeństwo zawiera pełny wachlarz możliwości: od przesadnej obawy do całkowitego lekceważenia. Tym razem jednak obie skrajne grupy są szczególnie liczne. Uzasadnienie takiej sytuacji wynika ze specyfiki zagrożenia zdrowia przez promieniowanie.

Jak wykazuje praktyka innych działów techniki, sytuacja w zasadzie nawet niebezpieczna nawet w codziennym zetknięciu i nawet w przypadku laika, może nie powodować ofiar. Jako przykład może służyć elektryczna sieć domowa 220 V, 50 Hz. Faktycznie, chwilowy przepływ prądu 50 Hz o natężeniu 0,1 - 3 A przez korpus człowieka bywa z reguły fatalny. Prąd taki może przepłynąć już przy znacznie mniejszym napięciu niż 220 V, pod warunkiem względnie dobrego styku kończyn z biegunami sieci, lub choćby z jednym z nich a ziemią. Tym niemniej, ilość porażień i wypadków śmiertelnych powodowanych przez pralki, odkurzacze, radia itp. nawet przy uszkodzonej instalacji elektrycznej, jest uderzająco mała w stosunku do ilości możliwych zetknięć z niebezpieczeństwem.

W przypadku niebezpieczeństwa powodowanego przez źródła promieniowania, sytuacja jest wyraźnie trudniejsza, choć w pierwszej chwili można by było sądzić, że jest na odwrót.

Nie każde nieprawidłowe zetknięcie człowieka z siecią jest szkodliwe i podobnie nie każde zetknięcie ze źródłem promieniowania. Tym niemniej różnica jest bardzo duża. Przy zetknięciach z siecią człowiek nieostrożny otrzyma z miejsca bolesny szok z reguły bez żadnych szkodliwych konsekwencji na przyszłość. Nawet przy wielokrotnym powtórzeniu szoku konsekwencje nie są szkodliwe, zresztą do tego powtórzenia zazwyczaj nie dochodzi, ponieważ otrzymana nauczka jest na tyle bolesna, że zostaje zapamiętana i ten który był nieostrożny, będzie starannie unikał powtórzenia się okoliczności, przy których wystąpiła. Inaczej jest przy niewłaściwym zetknięciu ze źródłem promieniowania: w momencie zetknięcia ofiara nie odczuje nic, nawet, gdy wkrótce poniesie najgorsze konsekwencje z tego zetknięcia. Każde zetknięcie z promieniowaniem, choćby powierzchniowe, krótkotrwałe, odległe, choć nie daje dostrzegalnego praktycznie efektu, tym niemniej, zostaje na długi czas "zapisane" w organizmie. Wielokrotne powtarzanie takiego skąpego "nieszkodliwego" zetknięcia z promieniowaniem powoduje kumulację skutków, które w sumie mogą spowodować rezultaty równie tragiczne, jak jedno zetknięcie dostatecznie silne. Szkodliwa dla zdrowia kumulacja skutków promieniowania dotyczy nie tylko ludzi bezpośrednio stykających się z promieniowaniem, ale także ma wpływ na zdrowie ich potomstwa.

Przy skażeniach zewnętrznych tzn. ubrania, skóry, istnieje możliwość przeniesienia skażenia na otoczenie. W rezultacie problem BHP w dziedzinie energii jądrowej dotyczy nie tylko zamkniętego kręgu osób stykających się bezpośrednio z promieniowaniem, ale dużej części społeczeństwa.

Zagadnienie to będzie ustawicznie wzrastać na znaczeniu w związku z coraz szerszym stosowaniem energii jądrowej.

Porównanie z inną postacią energii stosowaną w technice - np. ultradźwiękami - również wydobywa "podstępny" charakter promieniowania X i jądrowego. Napromieniowanie ultradźwiękami, nawet długotrwałe i wielokrotnie powtarzane, bywa nieszkodliwe pod warunkiem nieprzekroczenia krytycznego natężenia, którego zbliżanie sygnalizowane jest silnym bólem.

Ten podstępny charakter promieniowania powoduje, że obie grupy ludzi, przesadnie ostrożnych i jaskrawo lekkomyślnych są szczególnie duże. Tę właściwość promieniowania musi uwzględniać aparatura BHP.

Zasady ogólne budowy aparatury jądrowej BHP
powszechnego użytkowania

Z omówionej wyżej specyfiki zagrożenia przed promieniowaniem wynika charakterystyczna cecha aparatury jądrowej BHP, a mianowicie aparatura ta powinna być tak skonstruowana, aby z jednej strony wyraźnie sygnalizując ewentualne niebezpieczeństwo hamowała ludzi lekkomyślnych, a z drugiej w warunkach prawidłowych, dawała poczucie pełnego bezpieczeństwa ludziom przesadnie ostrożnym.

Oprócz powyższej, specyficznej cechy, jądrowa aparatura BHP musi spełniać dwa pryncypialne wymagania bezpieczeństwa, a mianowicie: 1) w przypadku, gdy ulegnie ona uszkodzeniu, to powinna sygnalizować niebezpieczeństwo^{x)} i 2) działać prawidłowo i nie ulegać uszkodzeniu, nawet w przypadku, gdy użytkujący aparaturę nie jest fachowcem^{xx)}.

Jako typowy przykład aparatury jądrowej BHP ogólnego użytku może służyć tzw. bramka kontrolna. Jest to urządzenie strzegące wyjścia z pomieszczeń reaktorowych, laboratoriów radioizotopowych, magazynów materiałów radioaktywnych itp. W przypadku gdy człowiek wychodzący ze strzeżonych przez bramkę pomieszczeń, jest skażony zewnątrznie choćby śladem materiału promieniującego, bramka zasygnalizuje alarm i blokuje wyjście z pomieszczenia. W rezultacie skażona osoba zostanie szczegółowo przebadana i oczywiście zostanie przez służbę dozymetryczną i lekarzy dezaktywowana.

Zakresy pomiarowe aparatury jądrowej BHP

Natężenie promieniowania, które ma sygnalizować aparatura jądrowa BHP, jest podstawowym parametrem technicznym tej aparatury, parametrem, którego uzyskanie niejednokrotnie stanowi największą trudność dla konstruktora.

Jak wspomniano poprzednio, przy promieniowaniu X i jądrowym nie istnieje natężenie promieniowania, poniżej którego nie występuje z reguły szkodliwe działanie biologiczne. W rezultacie o szkodliwości biologicznej decyduje, w pierwszym rzędzie, nie samo natężenie promieniowania, ale jego

x) "fail safe".

xx) "fool proof".

dawka tj. całka natężenia promieniowania w czasie. Tym nie mniej, niż jest obojętne, czy ta sama dawka osobnicza wynika z krótkotrwałego napromieniowania w silnym polu, czy też ze słabego napromieniowania wieloletniego - chronicznego. Oczywiście również rodzaj promieniowania jak i energia poszczególnych cząstek lub fotonów, ma podstawowe znaczenie dla wynikłej szkody biologicznej, np. ta sama energia pozostawiona w organizmie przez promieniowanie alfa była kilkakrotnie szkodliwsza niż w przypadku promieniowania beta, itp.

Podobnie, zasadnicze znaczenie ma to, który organ został napromieniowany - napromieniowanie wątroby czy oka wielokrotnie szkodliwsze niż napromieniowanie rąk lub samej skóry itp.

Od początku użytkowania promieniowania koniecznym było, ze względów praktycznych, określenie dopuszczalnej dla człowieka dawki i natężenia każdego rodzaju promieniowania w zależności od napromieniowanego organu. Przy określeniu dopuszczalnej dawki przyjęto za punkt wyjścia jako dopuszczalny taki stan, przy którym nie można byłoby wykryć w organizmie szkodliwego wpływu napromieniowania. Graniczne dawki, ustalone na międzynarodowych kongresach, ulegały wielokrotnemu obniżeniu. Opublikowane w 1958 r. zalecenia Międzynarodowej Komisji Ochrony Radiologicznej przewidują dla osób narażonych zawodowo na promieniowanie, jako średnią dawkę dopuszczalną 0,1 rem/tydzień^{x)}. Przy określeniu dawki całkowitej należy uwzględnić tak dawkę pochodzącą od źródeł zewnętrznych, jak i dawkę od źródeł, które dostały się od wewnątrz organizmu.

Obniżenie granicy było wynikiem z jednej strony doskonalenia biologicznych metod wykrywania skutków promieniowania, a z drugiej strony, coraz dłuższy czas działania promieniowania pozwalał zebrać materiał dotyczący skutków napromieniowania chronicznego i tzw. skutków odległych, tj. występujących po wielu latach po napromieniowaniu.

Zazwyczaj przyjmuje się następujące wielkości skażeń jako maksymalnie dopuszczalne:

Dla skażenia rąk materiałami alfa promieniotwórczymi

$$- 10^{-3} \mu\text{C}/1 \text{ rękę},$$

dla skażenia rąk materiałami beta-gamma promieniotwórczymi

$$- 3 \cdot 10^{-2} \mu\text{C}/1 \text{ rękę}$$

x) Zasady ochr. osób naraż. na prom. joniz. "London Her Majesty's Stationary Office 1957.

dla skażenia odzieży materiałami alfa promieniotwórczymi

$$- 10^{-5} \mu\text{C}/\text{cm}^2$$

dla skażenia odzieży materiałami beta-gamma promieniotwórczymi

$$- 10^{-4} \mu\text{C}/\text{cm}^2$$

dla skażenia obuwia materiałami beta-gamma promieniotwórczymi

$$- 10^{-4} \mu\text{C}/\text{cm}^2 \text{ x)}$$

Detektory promieniowania

Idealny detektor do celów BHP powinien mieć cztery następujące właściwości.

- 1) powinien reagować wyłącznie na określony typ promieniowania,
- 2) powinien mieć dużą wydajność,
- 3) wydajność powinna być proporcjonalna do szkodliwości biologicznej,
- 4) powinien kontrolować dużą powierzchnię,
- 5) powinien mieć jak najmniejszy bieg własny.

W praktyce stosuje się liczniki scyntylicyjne i liczniki Geigera - Millera. Ich cechy odbiegają niestety znacznie od ideału.

Układy elektroniczne

Zadaniem układu elektronicznego jest wzmocnienie impulsów otrzymywanych z detektorów i takie ich ukształtowanie, aby uzyskać wychylenie miernika skażenia, ewentualnie uruchomienie urządzenia alarmowego. W niektórych przypadkach układ elektroniczny winien rozróżniać sygnały detektora odpowiadające różnym rodzajom skażenia.

W referacie podano przykładowo rozwiązanie monitora skażeń rąk, obuwia i odzieży zbudowanego w IBJ, bramki kontrolnej, sygnalizatora zagrożenia jedno i wielopozycyjnego, nowoczesnych monitorów tranzystorowych i detektorami półprzewodnikowymi.

x) Zasady ochr. osób naraż. na prom. joniz. "London Her Majesty's Stationery Office 1957.