

TECHNIKA JĄDROWA	NORMA BRANŻOWA	<b>BN-73</b>
	<b>Urządzenia elektroniczne dla techniki jądrowej</b>	<b>3411-04</b>
	<b>Sondy scyntylacyjne</b>	Zamiast BN-69/3411-04
	<b>Metody badań</b>	Grupa katalogowa 1829

## 1. WSTĘP

**1.1. Przedmiot normy.** Przedmiotem normy są metody badań sond scyntylacyjnych przeznaczonych do detekcji promieniowania jonizującego.

**1.2. Zakres normy.** Norma obejmuje metody badań następujących parametrów:

- nielinearność charakterystyki amplitudowej,
- charakterystyka napięciowa,
- rozdzielczość energetyczna,
- stosunek „szczyt-dolina”,
- amplituda sygnału wyjściowego,
- wydajność,
- energetyczny równoważnik szumów,
- bieg własny,
- dopuszczalne pole magnetyczne,
- niestabilność,
- graniczna częstość impulsów,
- dopuszczalne naświetlenie.

### 1.3. Określenia

**1.3.1. Charakterystyka napięciowa** — częstość impulsów  $N$ , imp/s, w funkcji napięcia,  $V$ , podawanego na fotopowielacz

$$N = f(U)$$

**1.3.2. Powierzchnia czynna**,  $\text{cm}^2$  — powierzchnia detektora, przez którą wnika promieniowanie, do pomiaru którego jest on przeznaczony.

**1.3.3. Wydajność** — określone dla danego rodzaju promieniowania prawdopodobieństwo wykrycia cząstki lub kwantu wyrażone stosunkiem wartości wielkości wyjściowej sygnału z detektora do liczby cząstek lub kwantów padających na detektor. W zależności od rodzaju promieniowania wydajność oblicza się w procentach wg wzorów

a) wydajność ( $W_a$ ) dla promieniowania alfa i beta

$$W_a = \frac{N - N_0}{N_a} \cdot 100$$

w którym:

- $N$  — częstość impulsów pochodzących od źródła mierzonego wraz z biegiem własnym, imp/s,
  - $N_0$  — częstość impulsów biegu własnego, imp/s,
  - $N_a$  — liczba cząstek padających na powierzchnię czynną detektora w jednostce czasu przy określonej geometrii pomiaru (np. 2);
- b) wydajność ( $W_b$ ) dla promieniowania gamma

$$W_b = \frac{N - N_0}{N_b} \cdot 100$$

w którym:

- $N$  — częstość impulsów pochodzących od źródła mierzonego wraz z biegiem własnym, imp/s,
  - $N_0$  — częstość impulsów biegu własnego, imp/s,
  - $N_b$  — liczba kwantów gamma w jednostce czasu padająca na powierzchnię czynną detektora;
- c) wydajność ( $W_c = \eta_L$ ) dla promieniowania neutronowego — wg BN-69/3411-03.

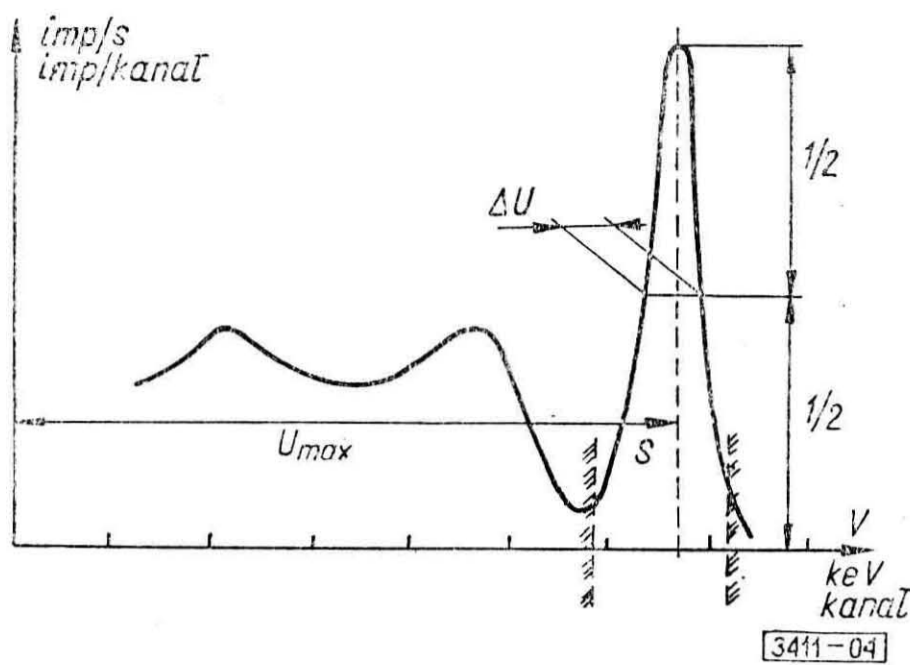
**1.3.4. Rozdzielczość energetyczna ( $R$ )** — wg PN-70/J-01004 p. 4.16. Ogólnie wyznacza się ją w procentach ze wzoru

$$R = \frac{\Delta U}{U_{\max}} \cdot 100$$

w którym:

- $\Delta U$  — przedział amplitud lub kanałów (szerokość pików różniczkowego) wyznaczony w połowie maksimum krzywej (wg rysunku),  $V$ ,
- $U_{\max}$  — amplituda impulsu lub nr kanału, odpowiadające maksimum krzywej rozkładu amplitud impulsów (wg rysunku),  $V$ .

Instytut Badań Jądrowych — Zakład Jądrowej Elektroniki Przemysłowej  
Ustanowiona przez Prezesa Urzędu Energii Atomowej dnia 30 listopada 1973 r. jako norma obowiązująca  
w zakresie czynności określonych normą od dnia 1 lipca 1974 r. (Dz. Norm. i Miar nr 4/1974 poz. 9)



W przypadku otrzymywania informacji z wielokanałowego analizatora amplitudy w formie grup cyfrowych wyrażonych w liczbie impulsów na kanał — rozdzielczość energetyczną  $R$  należy obliczyć w procentach ze wzoru

$$R = \frac{K_2 - K_1}{K_0} \cdot 100$$

w którym:

$K_2$  — nr kanału odpowiadającego 11,95% sumy impulsów pola  $S$ ,

$K_1$  — nr kanału odpowiadającego 88,05% sumy impulsów pola  $S$ ,

$K_0$  — nr kanału odpowiadającego 50,00% sumy impulsów pola  $S$ ;

pole  $S$  — pole występujące w fotopiku wyrażające sumę impulsów w poszczególnych kanałach sumowanie powinno być rozpoczęte od najwyższego kanału.

Pole  $S$  powinno być wybrane w granicach oznaczonych na rysunku tzn. linie odcięcia powinny być poprowadzone w miejscach, gdzie krzywa fotopiku traci symetrię wokół teoretycznej linii kanału odpowiadającej maksimum krzywej. Dla każdego kanału należy narastająco obliczyć w stosunku do  $S$  procent udziału impulsów zliczonych z poszczególnych kanałów, imp.

**1.3.5. Pozostałe określenia** — wg PN-70/J-01101; PN-70/J-01102 i PN-70/J-01104.

#### 1.4. Normy związane

PN-70/J-01101 Urządzenia elektroniczne dla techniki jądrowej. Laboratoryjne urządzenia do pomiarów promieniowania jonizującego. Nazwy i określenia

PN-70/J-01102 Urządzenia elektroniczne dla techniki jądrowej. Elektroniczne urządzenia pomiarowe do celów ochrony przed promieniowaniem jonizującym. Nazwy i określenia

PN-70/J-01104 Urządzenia elektroniczne dla techniki jądrowej. Detektory promieniowania jonizującego. Nazwy i określenia

BN-69/3411-03 Urządzenia elektroniczne dla techniki jądrowej. Detektory scyntylacyjne. Metody badań

## 2. METODY BADAŃ

**2.1. Ogólne warunki badań.** Jeżeli norma przedmiotowa nie przewiduje inaczej, badania należy wykonać w następujących warunkach:

- temperatura otoczenia  $20 \pm 2^\circ\text{C}$
- wilgotność względna powietrza  $65 \pm 5\%$
- ciśnienie atmosferyczne  $645 \div 795$  mm Hg w atmosferze wolnej od par kwasów, zasad i innych substancji agresywnych.

### 2.2. Opis badań

**2.2.1. Pomiar nielinearności charakterystyki amplitudowej** należy wykonać za pomocą spektrometru scyntylacyjnego, wyznaczając charakterystykę rozkładu amplitud impulsów napięcia dla co najmniej trzech linii rejestrowanego promieniowania.

Szerokość okna analizatora nie powinna być większa niż 1% maksymalnej wartości progu analizatora.

Częstość impulsów na wyjściu sondy nie powinna przekraczać  $10^4$  imp/s, przy czym wzmocnienie należy dobrać tak, aby położenie wysokoenergetycznej linii znajdowało się pomiędzy 70% a 90% maksymalnej wartości progu analizatora.

Następnie na podstawie rozkładu różniczkowego należy określić amplitudy  $U_1$ ,  $U_2$ ,  $U_3$  odpowiadające wartościom energii mierzonego promieniowania i wprowadzić korekcje położenia początku skali amplitudowo-energetycznej. Punkt ten określony jest przecięciem się prostych na wykresie zależności amplitudowo-energetycznej dla 2 lub 3 wartości wzmocnienia, które powinny być 3 ÷ 5 razy mniejsze od wzmocnienia początkowego.

Pozostałe warunki pomiaru należy tak dobrać, aby ich wpływ na błąd całkowity nie przekraczał 10%.

Nielinearność charakterystyki amplitudowej dla energii promieniowania gamma większej od 100 keV należy wyznaczyć ze wzoru

$$L = 2 \frac{\frac{U'_1}{E_{1 \max}} - \frac{U'_1}{E_{1 \min}}}{\frac{U'_1}{E_{1 \max}} + \frac{U'_1}{E_{1 \min}}}$$

w którym:

- $L$  — nielinearność energetyczna,
- $U'_1$  i  $E'_1$  — wartości amplitudy, V i energii, keV, skorygowane w stosunku do początku skali.

**2.2.2. Pomiar charakterystyki napięciowej (w układzie całkowym)** należy wykonać przy źródle

$^{137}\text{Cs}$ . Źródła należy tak dobrać, aby częstość impulsów pochodzących od promieniowania tego źródła była o dwa rzędy wielkości większa od częstości impulsów pochodzących z biegu własnego sondy.

Blok detekcji promieniowania (sondę) należy podłączyć do rejestrowanego dyskretnego (urządzenia zliczającego) z ustawionym wybranym progiem dyskryminacji, następnie mierzyć częstość impulsów dla stopniowo zwiększanego napięcia na fotopowielaczu.

**2.2.3. Pomiar rozdzielczości energetycznej** należy wykonać w warunkach pomiarowych podanych w 2.2.1 dla jednej energii promieniowania:

a) dla sondy scyntylicyjnej gamma — promieniowanie gamma cezu — 137,

b) dla sondy scyntylicyjnej beta — elektrony konwersji cezu — 137,

c) dla sondy scyntylicyjnej alfa — promieniowanie alfa plutonu — 239,

d) dla sondy scyntylicyjnej miękkiego promieniowania rentgenowskiego i gamma — promieniowanie charakterystyczne o energii nie większej niż 130 keV.

Na podstawie wyznaczonej charakterystyki rozkładu amplitud impulsów napięcia należy określić jej szerokość w połowie wysokości i obliczyć wartość rozdzielczości energetycznej ze wzoru wg 1.3.4.

**2.2.4. Pomiar stosunku „szczyt-dolina”.** Dla bloków detekcji promieniowania (sond) przeznaczonych dla spektrometrii promieniowania gamma pomiar należy wykonać przy zastosowaniu aparatury i warunków pomiarowych wg 2.2.1 oraz punktowego źródła promieniowania gamma kobaltu — 60.

Punktowe źródło promieniowania powinno przylegać do powierzchni czynnej scyntyлятора i leżeć w jej geometrycznym środku.

Wartość stosunku „szczyt-dolina” należy obliczyć ze wzorów:

$$K = \frac{N_{1,33}}{N_{\min}}$$

lub

$$K = \frac{N_{1,17}}{N_{\min}}$$

w których:

$K$  — stosunek „szczyt-dolina”,

$N_{1,33}$ ;  $N_{1,17}$  — liczba impulsów lub częstość impulsów maksimum (kanału w maksimum) krzywej dla energii  $^{60}\text{Co}$  1,33 MeV lub 1,17 MeV,

$N_{\min}$  — liczba impulsów lub częstość impulsów minimum krzywej („dolina”) występującej pomiędzy dwoma fotopikami  $^{60}\text{Co}$ , tzn. 1,17 i 1,33 MeV.

**2.2.5. Pomiar amplitudy sygnału wyjściowego** należy wykonać w warunkach pomiarowych podanych w 2.2.1 i 2.2.3; przy dokładności pomiarów nie mniejszej niż 10% dopuszcza się stosowanie synchroskopu. Amplitudę sygnału wyjściowego w kulombach (woltach) należy obliczać na podstawie wyników pomiaru napięcia impulsu otrzymanego na pojemności całkującej.

Pojemność szkodliwą należy określać metodą wymiany pojemności wykorzystywanej z pojemnością, której wartość jest znana (z dokładnością 10%).

**2.2.6. Pomiar wydajności** należy wykonać z zastosowaniem aparatury zliczającej z regulowanym progiem dyskryminacji.

Górny i dolny próg dyskryminacji należy ustawić w zależności od niezbędnego przedziału energetycznego. Zaleca się, aby ilość zliczanych impulsów bez źródła promieniowania była mniejsza od 1% liczby impulsów wywołanych mierzonym promieniowaniem.

Pomiar wydajności należy wykonać za pomocą źródła promieniowania o znanych parametrach. W zależności od założonej dokładności pomiaru należy dobrać źródło, następnie obliczyć liczbę kwantów lub cząstek padających w jednostce czasu na czynną powierzchnię detektora (dla pomiaru neutronów — BN-69/3411-03 p. 2.4).

Wydajność sondy należy obliczyć ze wzoru wg 1.3.3.

**2.2.7. Pomiar energetycznego równoważnika szumów** należy wykonać w warunkach pomiarowych wg 2.2.1, rozpoczynając od wyznaczenia amplitudy sygnału wyjściowego podczas rejestracji promieniowania gamma cezu — 137 ( $U_{\max}$ ), a następnie po zdjęciu scyntyлятора i zasłonięciu sondy od światła za pomocą analizatora wykorzystywanego jako dyskryminator określić wartość amplitudy impulsu sondy ( $U_{\text{sk}}$ ) odpowiadającej częstości impulsów 1 imp/s, 10 imp/s lub 50 imp/s. Scyntylator należy zdjąć w taki sposób, aby nie nastąpiło naświetlenie fotopowielacza. Wartość energetycznego równoważnika szumów należy obliczać przy takim współczynniku wzmocnienia, by wartość amplitudy nie była mniejsza od 5% maksymalnej wartości zakresu analizatora amplitudowego. W przypadku zastosowania do obydwóch pomiarów tylko różniczkowego analizatora amplitudy, rozkład całkowity otrzymuje się z rozkładu różniczkowego z uwzględnieniem czasu martwego aparatury.

Wartość energetycznego równoważnika szumów ( $E_{DS}$ ) należy obliczyć w keV ze wzoru

$$E_{DS} = 661 \frac{U_{\text{sk}}}{U_{\max}}$$

w którym:

- $U_{sk}$  — amplituda impulsu pochodząca od fotopowielacza bez scyntylatora, odpowiadająca wybranej częstotliwości impulsów, V,  
 $U_{max}$  — amplituda impulsu odpowiadająca maksimum krzywej rozkładu amplitud impulsów (wg rysunku w p. 1.3.4), V.

**2.2.8. Pomiar biegu własnego** należy wykonać w warunkach pomiarowych wg 2.2.6 bez źródła promieniowania. Sygnał fałszywy nie powinien przekraczać 5% wartości biegu własnego. Przy pomiarze tego parametru z zastosowaniem warstwy osłonnej należy podać rodzaj materiału i grubość tej warstwy.

**2.2.9. Pomiar dopuszczalnego pola magnetycznego**, A/m, należy wykonać przy napromienieniu sondy scyntylacyjnej promieniowaniem jonizującym o gęstości strumienia dobranej tak, by uzyskać parametry wyjściowe zgodne z normą przedmiotową.

Zmiana wielkości pola w zakresie wymiarów sondy nie powinna przekraczać 10%.

Wartość natężenia pola należy ustalić kilkakrotnie wyższą od dopuszczalnej wartości pola magnetycznego, następnie zmieniając położenie sondy względem kierunku pola magnetycznego znaleźć takie jej położenie, w którym wpływ ten będzie maksymalny. W położeniu tym poprzez zmianę natężenia pola określić jego dopuszczalną wartość, przy której zmiana sygnału wyjściowego nie przekracza założonej wartości.

**2.2.10. Niestabilność** należy wyznaczyć jako zmianę częstości (lub liczby) impulsów w określonym czasie. Scyntylacyjny blok detekcji (sondę) poddać napromienieniu w stałej geometrii źródło-scyntylator w warunkach pomiarowych jak w 2.2.3. W odniesieniu do sond spektrometrycznych zmierzyć częstość lub liczbę impulsów w zakresie energetycznym  $661 \pm \Delta U(\text{keV})^1$ . Dla sond niespektrometrycznych należy wyznaczać częstość lub liczbę impulsów w układzie całkowym przy stałym progu dyskryminacji. Pomiar częstości lub liczby impulsów należy wykonywać w ciągu kilku godzin w określonych odstępach czasu.

Wybór czasu trwania poszczególnych pomiarów powinien być taki, aby otrzymany błąd był uzależniony tylko od rozrzutu statystycznego, a nie od aparatury. Dla większości zestawów pomiarowych dominującą wartością będzie ogólna liczba impulsów równa  $3,5 \cdot 10^4$ . Należy dokonywać  $n$  pomiarów liczby impulsów. Z otrzymanych wyników  $N_1, N_2, \dots, N_i$  należy obliczyć średnią arytmetyczną ilości impulsów  $\bar{N}$  i średni błąd kwadrato-

wy średniej arytmetycznej liczby impulsów  $s$ , wg wzorów:

$$\bar{N} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n N_i$$

$$s = \frac{1}{N} \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (N_i - \bar{N})^2}$$

Stabilność uznać należy za zadowalającą, jeżeli spełniona będzie zależność

$$\frac{s}{\bar{N}} \leq Z_n$$

gdzie  $Z_n$  — współczynnik zależny od liczby pomiarów,  $Z_n = f(n)$ ; wartości  $Z_n$  powinny być zgodne z podanymi w tabelicy

$n$	4	6	8	10	12	14	16	18	20
$Z_n$	1,78	1,60	1,51	1,45	1,41	1,38	1,35	1,33	1,32

**2.2.11. Pomiar granicznej częstości impulsów** należy rozpocząć od wyznaczenia w warunkach wg 2.2.10 położenia maksymalnej wartości amplitudy w rozkładzie różniczkowym cezu — 137, po czym dobrać napięcie pracy fotopowielacza tak, by sygnał wyjściowy odpowiadał maksymalnej wartości amplitudy a następnie zwiększać strumień kwantów gamma padających na scyntylator do poziomu, przy którym maksimum krzywej przesunie się w stosunku do pierwotnego o  $k\%$ . Energetyczny próg rejestracji promieniowania nie powinien przekraczać 5% wartości energii użytego źródła promieniowania.

Dla sprawdzenia stabilności aparatury pomiarowej zaleca się w czasie wykonywania pomiarów podać na anodę fotopowielacza sygnał elektryczny z generatora o stałej amplitudzie — o stabilności nie gorszej niż 0,2k% w czasie pomiaru.

Przy stosowaniu monokryształów jodku sodu częstość impulsów nie powinna przekraczać  $3 \cdot 10^5$  imp/s. W przypadku konieczności przeprowadzenia pomiaru z większymi częstościami impulsów, dopuszcza się stosowanie innych źródeł promieniowania i innych scyntylatorów przy zachowaniu tej samej metody pomiaru.

**2.2.12. Pomiar dopuszczalnego naświetlenia**, lx, należy wykonać w warunkach pomiarowych wg 2.2.8.

Zmierzyć bieg własny sondy przy zupełnym zaciemnieniu, a następnie oświetlić jej powierzchnię czynną i obudowę światłem lampy wzorcowej

<sup>1)</sup> Przedział energii wyznaczony na połowie maksimum krzywej.

i mierzyć częstość impulsów. Szczególnie dokładnie oświetlić należy wszystkie szwy, połączenia itp.

Natężenie oświetlenia należy mierzyć luksometrem. Dopuszczalnym natężeniem oświetlenia jest

taka jego wartość, przy której nie obserwuje się zwiększenia częstości impulsów powyżej wartości podanej w normie przedmiotowej.

K O N I E C

INFORMACJE DODATKOWE do BN-73/3411-04

**1. Istotne zmiany w stosunku do BN-69/3411-04.** Normę rozszerzono o metody badań następujących parametrów:

- a) rozdzielczość energetyczna,
- b) stosunek „szczyt-dolina”.

**2. Międzynarodowe zalecenia normalizacyjne**  
RWPG PC 892-72 Изделия ядерного приборостроения. Блоки детектирования излучений. Сцинтилляционные блоки детектирования. Условия измерения и методика испытания параметров — норма zgodna.