

TECHNIKA JĄDROWA	NORMA BRANŻOWA	BN-78
	Urządzenia elektroniczne dla techniki jądrowej	3411-15
	Przedwzmacniacze ładunkowe	Zamiast BN-73/3411-15
	dla spektrometrycznych	Grupa katalogowa 1823
	detektorów półprzewodnikowych	
	Metody badań parametrów podstawowych	

1. WSTĘP

1.1. Przedmiot normy. Przedmiotem normy są metody badań dotyczące podstawowych parametrów przedwzmacniaczy ładunkowych dla spektrometrycznych, półprzewodnikowych detektorów promieniowania jonizującego.

Wykaz parametrów podstawowych objętych badaniami podano w załączniku.

1.2. Symbole i jednostki stosowane w normie

$A(\text{Ge})$ - współczynnik przetwarzania przedwzmacniacza ładunkowego dla detektorów germanowych, mV/MeV,

$A(\text{Si})$ - współczynnik przetwarzania przedwzmacniacza ładunkowego dla detektorów krzemowych, mV/MeV,

C_c - pojemność sprzęgająca generator impulsów z wejściem przedwzmacniacza, pF,

C_{eff} - dynamiczna pojemność wejściowa przedwzmacniacza, pF,

C_z - pojemność równoważna pojemności detektora, pF,

$\Delta E_{SP}(\text{Ge})$ - energetyczny równoważnik szumów przedwzmacniacza do detektorów germanowych, keV,

$\Delta E_{SP}(\text{Si})$ - energetyczny równoważnik szumów przedwzmacniacza do detektorów krzemowych, keV,

K_I - nieliniowość całkowita przedwzmacniacza ładunkowego, %,

N_n - numer kanału analizatora amplitudy odpowiadający położeniu maksimum n -tego piku,

ΔN - szerokość połówkowa piku (FWHM), ilość kanałów,

S_p - długoczasowa niestabilność współczynnika przetwarzania, %/dobę,

S_t - temperaturowa niestabilność współczynnika przetwarzania, %/°C,

S_v - napięciowa niestabilność współczynnika przetwarzania, %/%,

t_r - czas narastania impulsu wyjściowego, ns,

τ_s - stała czasu opadania impulsu wyjściowego, μs ,

τ_d - stała czasu różniczkowania wzmacniacza, μs ,

τ_i - stała czasu całkowania wzmacniacza, μs ,

U_0 - amplituda impulsu wyjściowego, V,

U_{0max} - maksymalna liniowa amplituda impulsu wyjściowego, V,

ΔT - przyrost temperatury, °C,

ΔU_0 - przyrost amplitudy impulsu wyjściowego, V,

U_p - amplituda impulsu z generatora podawana na wejście przedwzmacniacza przez pojemność C_c , mV,

U_s - poziom nasycenia amplitudy impulsu wyjściowego, V,

ΔU_z - zmiana napięć zasilających przedwzmacniacza, V.

1.3. Określenia

1.3.1. Współczynnik przetwarzania przedwzmacniacza ładunkowego A - stosunek amplitudy impulsu napięciowego na wyjściu przedwzmacniacza do wartości ładunku przyłożonego na jego wejście.

1.3.2. Energetyczny równoważnik szumów przedwzmacniacza ładunkowego ΔE_{SP} - mierzona w połowie wysokości szerokość piku (FWHM) rozkładu amplitud impulsów wyjściowych przedwzmacniacza, odpowiadających podawanym na wejście ładunku o ustalonej wartości.

1.3.3. Dynamiczna pojemność wejściowa przedwzmacniacza ładunkowego C_{eff} - iloczyn wartości pojemności sprzężenia zwrotnego przedwzmacniacza i napięciowego współczynnika wzmocnienia przedwzmacniacza przy otwartej pętli sprzężenia zwrotnego.

1.3.4. Nieliniowość całkowita przedwzmacniacza ładunkowego K_I - wartość maksymalnego odchylenia od linii prostej rzeczywistej charakterystyki zależności amplitudy impulsu wyjściowego od wartości ładunku wejściowego, wyrażona w procentach względem maksymalnej amplitudy impulsu wyjściowego.

Zgłoszona przez Instytut Badań Jądrowych
Ustanowiona przez Ministra Energetyki i Energii Atomowej dnia 17 czerwca 1978 r.
jako norma obowiązująca od dnia 1 stycznia 1979 r.
(Dz. Norm. i Miar nr 15 /1978 poz. 67)

1.3.5. Napięciowa niestabilność współczynnika przetwarzania przedwzmacniacza ładunkowego S_v – stosunek względnej zmiany amplitudy impulsu napięciowego na wyjściu przedwzmacniacza do względnej zmiany napięcia zasilającego przedwzmacniacz.

1.3.6. Pozostałe określenia – wg PN-74/J-01003/08, PN-75/J-01003/07, 09 i 10, PN-72/E-01050 i BN-72/3411-14.

2. METODY BADAŃ

2.1. Ogólne warunki badań

a) Badania należy przeprowadzać w znormalizowanych warunkach badań wg PN-71/T-06500 ark. 1.

b) Badania należy rozpocząć nie wcześniej niż po upływie 1 h od włączenia przedwzmacniacza.

c) Wpływ zewnętrznych zakłóceń na wynik pomiaru powinien być pomijalny.

2.2. Zalecana aparatura pomiarowa

2.2.1. Generator impulsów o parametrach:

- impuls wyjściowy dodatni i ujemny,
- amplituda impulsu wyjściowego od 0 do 10 V,
- nielinearność całkowita nie większa niż 0,02% (dla wszystkich podzakresów amplitudy impulsu wyjściowego),
- uchyb nastawienia wartości amplitudy impulsu nie większy niż 0,5% (dla amplitud większych niż 1 mV),
- częstość powtarzania impulsów od 50 do 1000 imp/s,
- czas narastania impulsu nie większy niż 5 ns,
- czas opadania impulsu 1, 10, 100, 1000 μ s,
- niestabilność temperaturowa amplitudy impulsu nie większa niż 0,005%/°C,
- niestabilność długoczasowa amplitudy impulsu nie większa niż 0,05%/dobę.

2.2.2. Wzmacniacz liniowy o parametrach:

- impuls wejściowy dodatni i ujemny,
- współczynnik wzmocnienia regulowany od 20 do 1000 V/V,
- możliwość jednokrotnego różniczkowania CR i całkowania RC z następującymi wartościami stałych czasu 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 2,0; 4,0; 8,0 μ s oraz możliwość pracy z odłączonymi układami formowania (CR nie mniejsza niż 1 ms),

- szумы własne odniesione do wejścia, przy pełnym wzmocnieniu i formowaniu $CR = RC = 2,0 \mu$ s, nie większe niż 10 μ V wartości skutecznej,

- zakres przenoszonych częstotliwości nie mniejszy niż od 500 Hz do 8 MHz (czas narastania około 50 ns),

- maksymalna liniowa amplituda impulsu wyjściowego ± 10 V dla dowolnej polarności impulsu wejściowego,

- nielinearność całkowita nie większa niż 0,05%,

- niestabilność temperaturowa nie większa niż 0,005%/°C,

- niestabilność długoczasowa nie większa niż 0,05%/dobę.

2.2.3. Synchronoskop o parametrach:

- górna przenoszona częstotliwość nie mniejsza niż 60 MHz,

- czułość nie mniejsza niż 5 mV/cm,

- uchyb pomiaru amplitudy nie większy niż 5%,

- uchyb pomiaru czasu nie większy niż 5%.

2.2.4. Analizator amplitudy o parametrach:

- liczba kanałów nie mniejsza niż 1000,

- nielinearność całkowita nie większa niż 0,05%.

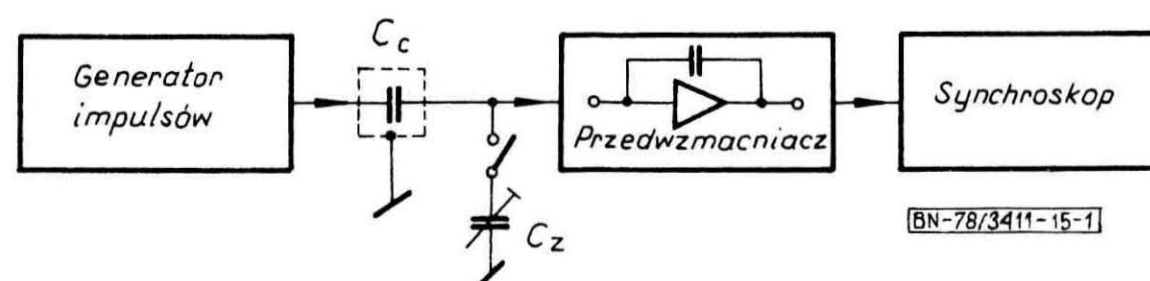
Analizator powinien być wyposażony w dyskryminator wejściowy, umożliwiający dyskryminację szumów bez przesunięcia zera analizatora.

2.2.5. Źródło napięcia dla zasilania detektorów półprzewodnikowych o parametrach:

- napięcie wyjściowe dodatnie i ujemne,
- niedokładność ustawienia napięcia wyjściowego nie większa niż 0,5%,
- zmiana napięcia wyjściowego od 0 do 2000 V,
- prąd wyjściowy nie mniejszy niż 100 μ A,
- rezystancja wyjściowa nie większa niż 200 k Ω ,
- napięcie szumów nie większe niż 1 mV,
- niestabilność długookresowa nie większa niż 0,1%/dobę,
- niestabilność temperaturowa napięcia nie większa niż 0,02%/°C.

2.3. Opis badań

2.3.1. Pomiar współczynnika przetwarzania przedwzmacniacza ładunkowego dla detektorów germanowych lub krzemowych A. Układ pomiarowy - wg rys. 1. Pojemność C_z odłączona.



Rys. 1

Amplitudę impulsu na wyjściu przedwzmacniacza U_0 należy zmierzyć synchronoskopem. Współczynnik zamiany (wzmocnienia) w milivoltach na megaelektronovolt należy obliczyć wg wzorów:

$$A(\text{Ge}) \approx \frac{55,0 U_0}{C_c U_p} \quad (1)$$

$$A(\text{Si}) \approx \frac{44,4 U_0}{C_c U_p} \quad (2)$$

Jednostki - zgodnie z 1.2.

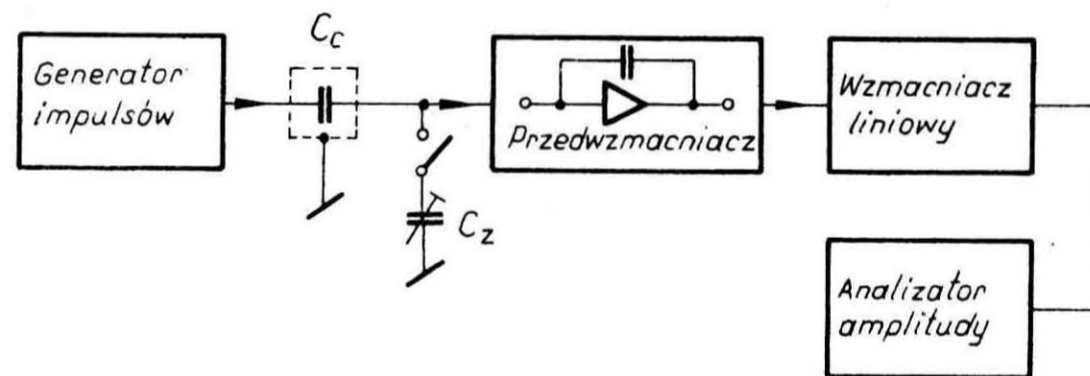
Zalecenia pomiarowe:

- U_p od 20 do 100 mV,

- jako C_c stosować kondensator ceramiczny klasy NPO o wartości od 0,5 do 2,0 pF, napięciu pracy wyższym niż maksymalne napięcie polaryzacji detektora dopuszczalne dla danego przedwzmacniacza i oporności izolacji nie mniejszej niż $50 \text{ G}\Omega$,

- jako C_z stosować kondensator ceramiczny lub mikowy klasy NPO o oporności izolacji nie mniejszej niż $50 \text{ G}\Omega$.

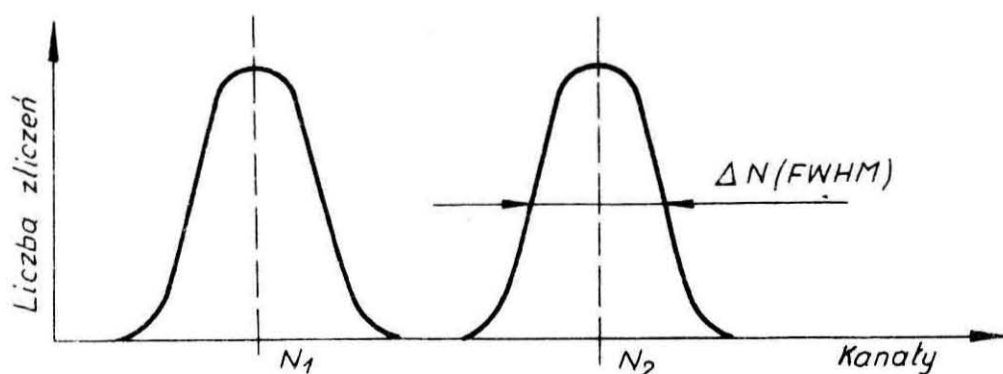
2.3.2. Pomiar energetycznego równoważnika szumów przedwzmacniacza dla detektorów germanowych $\Delta E_{SP}(\text{Ge})$ lub krzemowych $\Delta E_{SP}(\text{Si})$ oraz jego zależności od wartości podłączonej do wejścia przedwzmacniacza pojemności równoważnej pojemności detektora. Układ pomiarowy - wg rys. 2.



Rys. 2

BN-78/3411-15-2

Na wejście przedwzmacniacza ładunkowego należy podać kolejno z generatora przez pojemność C_c impulsy o amplitudach U_{p1} i U_{p2} . Odpowiadające im impulsy wyjściowe przedwzmacniacza są podawane na wejście wzmacniacza liniowego i dalej na wejście analizatora amplitudy. We wzmacniaczu liniowym należy ustawić jednakowe wartości stałych czasu różniczkowania i całkowania. Szerokość połówkowa (FWHM) pików zmierzonych przez analizator amplitudy wg rys. 3 jest miarą wartości szumu przedwzmacniacza.



Rys. 3

BN-78/3411-15-3

Energetyczny równoważnik szumów przedwzmacniacza w kiloelektronovoltach należy obliczyć wg wzorów:

$$\Delta E_{SP}(\text{Ge}) \approx \frac{18,1 C_c \Delta N (U_{p1} - U_{p2})}{N_2 - N_1} \quad (3)$$

$$\Delta E_{SP}(\text{Si}) \approx \frac{22,5 C_c \Delta N (U_{p1} - U_{p2})}{N_2 - N_1} \quad (4)$$

Jednostki - zgodnie z 1.2.

Pomiar należy wykonać dla różnych wartości pojemności C_z , z wartością $C_z = 0$ włącznie.

Zalecenia pomiarowe:

- zalecenia dla pojemności C_c i C_z - jak w 2.3.1,

- wartość U_p należy dobierać tak, aby pik znajdował się powyżej poziomu szumów,

- ΔN powinna wynosić nie mniej niż 10 kanałów,

- $N_2 - N_1$ powinno wynosić nie mniej niż 50 kanałów,

- stała czasu różniczkowania i całkowania we wzmacniaczu liniowym powinna wynosić 1,0 lub 2,0 μs .

Za pomocą tego samego układu należy określać energetyczny równoważnik szumów zwiększony na skutek efektu mikrofonowego.

2.3.3. Pomiar dynamicznej pojemności wejściowej przedwzmacniacza C_{eff} . Układ pomiarowy - wg rys. 2. Przy

pojemności C_z równej zero na wejście przedwzmacniacza należy podać z generatora przez pojemność C_c impulsy o amplitudzie U_p . Będzie im odpowiadał zmierzony przez analizator amplitudy pik N_1 . Następnie ustala się określoną wartość pojemności C_z i sprawdza, o jaką wartość ΔN_1 przesunęło się położenie pików.

Dynamiczną pojemność wejściową w pikofaradach należy obliczyć wg wzoru

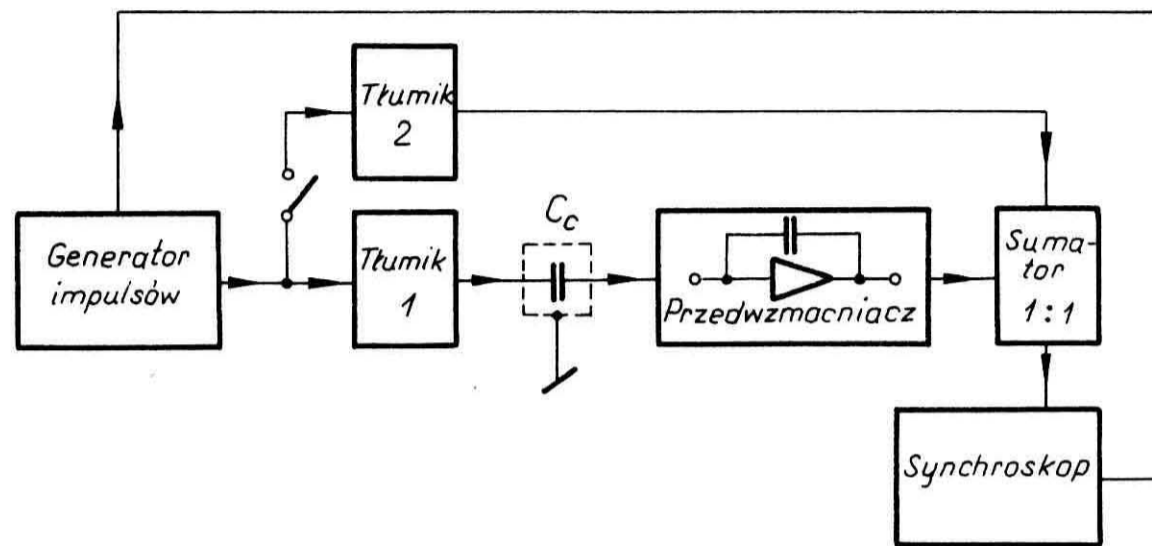
$$C_{eff} \approx \frac{C_z (N_1 - \Delta N_1)}{\Delta N_1} \quad (5)$$

Zalecenia pomiarowe:

- zalecenia dla C_c , C_z i U_p - jak w 2.3.2,
- ΔN_1 powinno być większe od $0,05 N_1$,
- we wzmacniaczu liniowym należy odłączyć układy formujące.

2.3.4. Pomiar nielinearności całkowej i poziomu nasycenia amplitudy impulsu wyjściowego przedwzmacniacza K_I .

Układ pomiarowy - wg rys. 4.



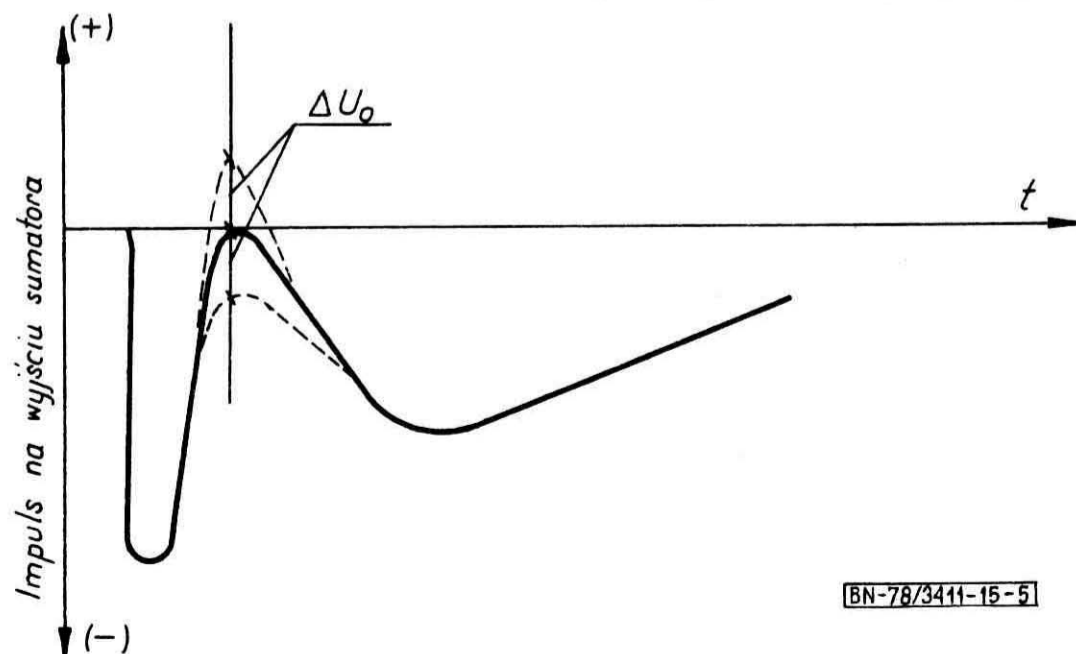
BN-78/3411-15-4

Rys. 4

Impuls z generatora należy jednocześnie podać na jedno z wejść sumatora i przez badany przedwzmacniacz na drugie wejście sumatora. Zsumowany impuls należy podać na wejście synchronoskopu. Synchronoskop należy wyzwać impulsem z drugiego synchronicznego wyjścia generatora. Impulsy na wejściach sumatora powinny mieć różną polarność.

W celu uzyskania jednakowych amplitud impulsów na wejściach sumatora można np. zastosować tłumik jak na rys. 4.

Jeśli przedwzmacniacz nie odwraca fazy impulsu wyjściowego, między przedwzmacniacz i sumator lub między tłumik 2 i sumator należy włączyć odwracacz fazy. Kształt impulsu obserwowanego na synchronoskopie przedstawiono na rys. 5.



BN-78/3411-15-5

Rys. 5

Dla maksymalnej wartości współczynnika wzmocnienia przedwzmacniacza należy znaleźć taką wartość amplitudy impulsu z generatora i takie wartości współczynników tłumienia, przy których wyjściowy impuls przedwzmacniacza osiąga maksymalną wyjściową amplitudę U_{0max} , a U_0 równa się zero. Następnie, zmniejszając amplitudę impulsu z generatora, należy mierzyć ΔU_0 w zależności od amplitudy impulsu wyjściowego przedwzmacniacza. Nielinearność całkową przedwzmacniacza w procentach należy obliczyć wg wzoru

$$K_I = \frac{|\Delta U_0|_{max}}{U_{0max}} \cdot 100 \quad (6)$$

gdzie $|\Delta U_0|_{max}$ - maksymalna wartość ΔU_0 w zakresie od 0 do U_{0max} .

Za pomocą tego samego układu pomiarowego z odłączonym tłumikiem 2 na ekranie synchronoskopu należy zmierzyć poziom nasycenia amplitudy impulsu wyjściowego przedwzmacniacza U_s .

Zalecenia pomiarowe:

- zalecenia dla C_c - jak w 2.3.1,
- zalecany współczynnik wzmocnienia sumatora 1 V/V,
- dla przedwzmacniaczy przyjmujących na wejście impulsy obu polaryzacji należy przeprowadzić niezależne pomiary dla każdej z polaryzacji impulsów wejściowych.

2.3.5. Pomiar czasu narastania t_r , stałej czasu opadania τ , oraz zależności czasu narastania impulsu wyjściowego od wartości podłączonej do wejścia przedwzmacniacza pojemności równoważnej pojemności detektora. Układ pomiarowy - wg rys. 1.

Dla C_2 równej zero na wejście przedwzmacniacza przez pojemność C_c należy podać impuls z generatora. Za pomocą synchroskopu należy zmierzyć czas narastania i stałą czasu opadania impulsu na wyjściu przedwzmacniacza.

Następnie należy zmierzyć czas narastania impulsu wyjściowego dla różnych wartości pojemności C_2 .

Zalecenia pomiarowe - wg 2.3.1.

2.3.6. Pomiar temperaturowej niestabilności współczynnika przetwarzania (wzmocnienia) przedwzmacniacza S_t . Układ pomiarowy - wg rys. 4.

Pomiar należy wykonać metodą opisaną w 2.3.4.

Przedwzmacniacz należy umieścić w termostacie. Przy temperaturze normalnej należy znaleźć taką wartość amplitudy impulsu z generatora i takie wartości współczynników tłumienia, przy których amplituda wyjściowego impulsu przedwzmacniacza osiąga połowę U_{0max} , a $\Delta U_0 = 0$. Zmieniając temperaturę, należy rejestrować zmiany wartości ΔU_0 , a następnie niestabilność temperaturową w procentach na stopień Celsjusza obliczyć wg wzoru

$$S_t = \frac{|\Delta U_0|_{max}}{\frac{1}{2} U_{0max} \cdot \Delta T} \cdot 100 \quad (7)$$

w którym $|\Delta U_0|_{max}$ - najwyższa wartość ΔU_0 dla całego zakresu zmian temperatury.

2.3.7. Pomiar długoczasowej niestabilności współczynnika przetwarzania (wzmocnienia) przedwzmacniacza S_p .

Pomiary należy wykonać wg 2.3.6 przy normalnej temperaturze. Należy rejestrować zmiany wartości ΔU_0 w ciągu jednej doby, a następnie niestabilność długoczasową w procentach należy obliczyć wg wzoru

$$S_p = \frac{|\Delta U_0|_{max}}{\frac{1}{2} U_{0max}} \cdot 100 \quad (8)$$

w którym $|\Delta U_0|_{max}$ - największa wartość ΔU_0 w ciągu jednej doby.

2.3.8. Pomiar niestabilności współczynnika przetwarzania przedwzmacniacza ładunkowego w zależności od zmian napięć zasilających S_v . Pomiar należy wykonać wg metody opisanej w 2.3.6 przy stałej temperaturze. Zmiany wartości ΔU_0 - w zależności od wyrażonych w procentach zmian napięć zasilających.

Niestabilność współczynnika przetwarzania w %/% należy obliczać wg wzoru

$$S_v = \frac{|\Delta U_0|_{max} \cdot U_z}{\frac{1}{2} U_{0max} \cdot \Delta U_z} \quad (9)$$

w którym $|\Delta U_0|_{max}$ - maksymalna wartość ΔU_0 dla pełnego zakresu zmian napięć zasilających.

Zaleca się zmianę napięcia zasilającego w granicach +10% i -12% nominalnej wartości.

K O N I E C

Informacje dodatkowe

ZALĄCZNIK

WYKAZ PODSTAWOWYCH PARAMETRÓW

Badaniom podlegają następujące parametry podstawowe, których wartości powinny być podawane w szczegółowych wymaganiach technicznych:

a) współczynnik przetwarzania (wzmocnienia) przedwzmacniacza ładunkowego do detektorów germanowych lub krzemowych - pomiar wg 2.3.1,

b) energetyczny równoważnik szumów przedwzmacniacza do detektorów germanowych lub krzemowych (2.3.2),

c) zależność energetycznego równoważnika szumów przedwzmacniacza od wartości podłączonej do wejścia przedwzmacniacza pojemności równoważnej pojemności detektora (dla detektorów germanowych lub krzemowych), (2.3.2),

d) dynamiczna pojemność wejściowa przedwzmacniacza (2.3.3),

e) nieliniowość całkowita przedwzmacniacza (2.3.4),

f) poziom nasycenia amplitudy impulsu wyjściowego (2.3.4),

g) czas narastania i stała czasu opadania impulsu wyjściowego (2.3.5),

h) zależność czasu narastania impulsu wyjściowego od wartości podłączonej do wejścia przedwzmacniacza pojemności równoważnej pojemności detektora (2.3.5),

i) temperaturowa niestabilność współczynnika przetwarzania (2.3.6),

j) długoczasowa niestabilność współczynnika przetwarzania (2.3.7),

k) niestabilność współczynnika przetwarzania przedwzmacniacza ładunkowego w zależności od zmian napięć zasilających (2.3.8),

l) maksymalna amplituda liniowa impulsu wyjściowego - sposób (miernik) pomiaru wg szczegółowych wymagań technicznych,

m) maksymalne napięcie polaryzacji detektora podawane na wejście przedwzmacniacza - pomiar wg szczegółowych wymagań technicznych dotyczących detektora.

INFORMACJE DODATKOWE

1. Instytucja opracowująca normę - Instytut Badań Jądrowych, Branżowy Ośrodek Normalizacyjny Aparatury Jądrowej.

2. Istotne zmiany w stosunku do BN-73/3411-15

a) wprowadzono pomiar nowego parametru dotyczącego niestabilności współczynnika przetwarzania w zależności od zmian napięć zasilających,

b) wprowadzono wymagania dotyczące zasilacza dla detektorów półprzewodnikowych,

c) zaostrzono wymagania dotyczące niektórych pomiarów.

3. Normy związane

PN-72/E-01050 Ochrona środowiskowa wyrobów elektro-technicznych. Nazwy i określenia

PN-75/J-01003/07 Technika jądrowa. Nazwy i określenia. Laboratoryjne urządzenia pomiarowe

PN-74/J-01003/08 Technika jądrowa. Nazwy i określenia. Detektory promieniowania jonizującego

PN-75/J-01003/09 Technika jądrowa. Nazwy i określenia. Urządzenia do pomiarów wielkości związanych z promieniowaniem jonizującym

PN-75/J-01003/10 Technika jądrowa. Nazwy i określenia. Izotopowe urządzenia kontrolno-pomiarowe

PN-71/T-06500 ark. 1 Elektroniczne przyrządy pomiarowe. Program, warunki i ocena badań

BN-72/3411-14 Urządzenia elektroniczne dla techniki jądrowej. Spektrometryczne półprzewodnikowe krzemowe detektory promieniowania jonizującego. Metody badań parametrów podstawowych

4. Dokumenty międzynarodowe

RWPG temat 2909-74 Изделия ядерного приборостроения. Предусилители спектрометрические, зарядочувствительные для полупроводниковых детекторов. Типы, основные параметры, методы испытания

IEC Publ. 340/170 i 340A/74 Test procedures for amplifiers and preamplifiers for semiconductor detectors for ionizing radiation

5. Zakres zgodności normy z zaleceniami. Norma zgodna z dokumentem RWPG, opracowanym na podstawie zaleceń dotyczących przedwzmacniaczy (preamplifiers) w obu Publikacjach IEC, z wyjątkiem pomiaru maksymalnego napięcia polaryzacji detektora (napięcia podawanego na wejście przedwzmacniacza), ponieważ dotyczy on parametru detektora, a nie przedwzmacniacza.

6. Autor projektu normy - Henryk Wawrzyszczuk - Zakład III Instytutu Badań Jądrowych.