

TECHNIKA JĄDROWA	NORMA BRANŻOWA	BN-83
	Urządzenia elektroniczne dla techniki jądrowej	3411-22
	Wielokanałowe analizatory amplitudy	
	Metody badań	Grupa katalogowa 1391

PRZEDMOWA

Norma jest tłumaczeniem publikacji 659 IEC, w którym zachowano układ, numerację i sposoby formułowania tekstu wg oryginału. Tylko w przypadkach niezbędnych dokonano drobnych adaptacji do warunków polskich nie naruszając jednak zasady merytorycznej zgodności między tekstami obu dokumentów.

1. Przedmiot normy. Norma dotyczy wielokanałowych analizatorów amplitudy o liniowej amplitudowej charakterystyce przetwarzania przeznaczonych do określania amplitudowych rozkładów impulsów.

2. Zakres stosowania normy. Norma określa przyjęte metody badania (pomiarów) następujących parametrów:

- minimalnej i maksymalnej mierzonej amplitudy sygnału,
- błędów inherentnych minimalnej i maksymalnej mierzonej amplitudy sygnału,
- błędów niestabilności minimalnej i maksymalnej mierzonej amplitudy sygnału,
- błędów dodatkowych (lub odchylenia) minimalnej i maksymalnej mierzonej amplitudy sygnału,
- szerokości kanału,
- błędu inherentnego szerokości kanału,
- błędu niestabilności szerokości kanału,
- błędów dodatkowych szerokości kanału,
- początkowego punktu charakterystyki przetwarzania,
- błędu inherentnego początkowego punktu charakterystyki przetwarzania,
- błędu niestabilności początkowego punktu charakterystyki przetwarzania,
- błędów dodatkowych początkowego punktu charakterystyki przetwarzania,
- zakresu roboczego,
- nieliniowości całkowitej,
- nieliniowości różniczkowej,
- czasu martwego,
- obciążenia maksymalnego (maksymalnej częstości impulsów na wejściu),
- błędu czasu czynnego.

Niniejsza norma nie nakłada obowiązku wykonywania wszystkich badań w niej opisanych. Jeśli jednak takie badania są przeprowadzane, to należy je wykonywać zgodnie z metodami podanymi w tej normie.

3. Warunki ogólne

3.1. Wykaz mierzonych parametrów oraz zasady i kolejność pomiarów są określone w odpowiednich normach. Poza tym powinny być one określone w dokumentacji technicznej dostarczanej razem z badanym analizatorem.

Parametry występujące w niniejszej normie są zdefiniowane w BN-82/3411-12 będącej tłumaczeniem publikacji 578 IEC.

Oznaczenia stosowane w niniejszej normie są zdefiniowane w dodatku A.

3.2. Każdy pomiar należy rozpoczynać po upływie czasu nagrzewania określonego w parametrach technicznych, przy czym analizator powinien być całkowicie wyregulowany.

Jeśli podczas pomiaru jest konieczne przeprowadzanie jakichkolwiek regulacji innych niż normalnie związane z pracą analizatora, to przyrząd powinien być wyłączony i pozostawiony aż do "ostygnięcia". Następnie analizator jest włączany i po upływie czasu nagrzewania pomiar jest rozpoczynany od nowa.

3.3. Pomiary wartości każdego parametru, jego błędu inherentnego i błędu niestabilności należy przeprowadzać w następujących warunkach odniesienia:

- określony kształt impulsu,

Zgłoszona przez Instytut Problemów Jądrowych (O)
Ustanowiona przez Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki dnia 13 czerwca 1983 r.
jako norma obowiązująca od dnia 1 marca 1984 r.
(Dz. Norm. i Miar nr 11/1983 poz. 21)

- minimalna możliwa szerokość kanału; jeśli rozmiary pamięci są mniejsze niż liczba poziomów kwantowania, to należy odpowiednio przesunąć cyfrowy próg kanału zerowego,

- temperatura otoczenia $20 \pm 5^{\circ}\text{C}^1$,
- wilgotność względna 50% do 80%,
- ciśnienie atmosferyczne $100 \pm 4 \text{ kPa}$ ($750 \pm 50 \text{ mmHg}$),
- wartości napięcia i częstotliwości zasilania sieciowego odpowiadające wartościom podanym w BN-77/3411-19.

Tolerancje tych wartości muszą być równe odpowiednio $\pm 2\%$ i $\pm 1\%$.

Uwaga: Przy pomiarach błędów niestabilności należy przeprowadzić nie mniej niż 10 pomiarów w jednakowych przedziałach czasu.

3.4. Pomiary błędów dodatkowych należy przeprowadzać zgodnie z metodą podaną w tej normie, w następującej kolejności:

3.4.1. Błąd dodatkowy spowodowany zmianami napięcia sieci przy ustalonej temperaturze równej temperaturze odniesienia;

a) Analizator zasila się napięciem sieciowym o wartości nominalnej dostarczonym z autotransformatora lub stabilizatora sieciowego. Wyniki pomiarów należy odczytać po upływie czasu nagrzewania.

b) Należy zwiększyć napięcie sieciowe o 10% w stosunku do wartości nominalnej. Wyniki pomiarów należy odczytać po upływie czasu wystarczająco długiego na to, aby wpływ dalszych zmian na określenie błędów był pomijalny. Ten czas może być znacznie krótszy od czasu nagrzewania.

c) Należy zmniejszyć napięcie sieciowe o 10% w stosunku do wartości nominalnej i określić powstające zmiany w ten sam sposób jak w poprzednim przypadku.

3.4.2. Błąd dodatkowy spowodowany zmianami temperatury przy ustalonej wartości napięcia sieciowego:

a) Analizator należy umieścić w komorze klimatycznej, w której temperatura wynosi 20°C . Należy włączyć analizator i po upływie czasu nagrzewania wykonać pomiary. Później podwyższa się temperaturę w komorze do 35°C i utrzymuje się jej stałą wartość z dokładnością $\pm 2^{\circ}\text{C}$ przez czas wystarczający do ustalenia się warunków pracy urządzenia. Wtedy wykonuje się pomiar.

b) Należy wykonać dwa pomiary podobnie jak w poz. a) przy temperaturze obniżonej do 10°C . Błąd dodatkowy jest określany na podstawie zmian wartości parametru mierzonego.

4. Metody badań

4.1. Minimalna i maksymalna mierzona amplituda sygnału

¹⁾ Zaleca się utrzymanie temperatury w węższych granicach.

4.1.1. Aparatura

a) Dokładny generator impulsowy, który musi mieć następujące właściwości:

- amplitudę impulsu wyjściowego o zakresie regulacji obejmującym wartości od minimalnej do maksymalnej amplitudy sygnału mierzonego analizatorem, przy uwzględnieniu wpływu błędów tych wartości oraz wpływu impedancji wyjściowej generatora i wejściowej analizatora,

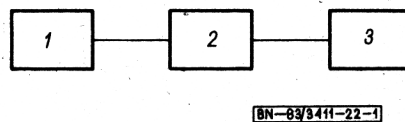
- błąd ustawienia amplitudy wystarczająco mały, aby nie wpływał na wartość mierzonego parametru,

- parametry czasowe impulsów wyjściowych zgodne z warunkami technicznymi analizatora,

- częstotliwość impulsów dobieraną w taki sposób, aby nie przekraczała wartości $0,01 \nu_{\text{max}}$, a także aby nie przekraczała wartości odwrotności czasu martwego odpowiadającego stosowanej przy pomiarze amplitudzie impulsów.

b) Miernik częstotliwości (przelicznik i miernik czasu).

4.1.2. Przygotowanie pomiaru. Schemat blokowy zestawu pomiarowego przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Schemat blokowy zestawu aparatury do pomiaru minimalnej i maksymalnej amplitudy mierzonej

1 - generator impulsów dokładnych, 2 - badany analizator, 3 - miernik częstotliwości

Wyjście generatora jest dołączone do wejścia analizatora za pomocą odpowiedniego kabla koncentrycznego o takiej długości, aby nie wpływał na wyniki pomiaru. Miernik częstotliwości jest dołączony do wyjścia przetwornika analogowo-cyfrowego, które sygnalizuje przyjęcie impulsu do analizy.

4.1.3. Sposób pomiaru. Częstotliwość impulsów z dokładnego generatora impulsowego jest najpierw mierzona miernikiem częstotliwości.

W analizatorze ustawia się wybrany program analizy. Poziomy dyskryminacji są tak dobrane, aby analiza była możliwa w całym zakresie amplitudy. Kształt impulsów z generatora jest określany w odpowiedniej dokumentacji technicznej.

Amplituda impulsów z generatora jest zwiększana od wartości najmniejszej aż do takiej wartości, przy której częstotliwość impulsów przyjmowanych przez przetwornik analogowo-cyfrowy jest równa 50% częstotliwości generatora. Tę wartość amplitudy A_{Lmin} notuje się i na jej podstawie może być obliczona minimalna mierzona amplituda sygnału.

Podobny pomiar przeprowadza się zwiększając amplitudę impulsów z generatora aż do wartości, przy której częstotliwość impulsów przyjmowanych przez przetwornik analogowo-cyfrowy zmaleje do 50% częstotliwości generatora. Ta amplituda A_{Lmax} odpowiada maksymalnemu poziomowi sygnału mierzonego.

4.1.4. Opracowanie wyników pomiaru. W celu określenia amplitud impulsów wejściowych odpowiadających wartościom progowym A_{Lmin} i A_{Lmax} należy uwzględnić impedancję wejściową analizatora i wyjściową generatora.

4.1.5. Błąd inherentny minimalnej i maksymalnej amplitudy mierzonej. Błąd inherentny pojedynczego pomiaru amplitudy mierzonej jest równy

$$\pm \left| A_L - A_{LN} \right|$$

gdzie A_L - jest minimalną lub maksymalną amplitudą mierzona, zaś A_{LN} jest wymaganą wartością minimalnej lub maksymalnej amplitudy.

4.1.6. Błąd niestabilności mierzonej amplitudy jest określony wyrażeniem

$$\pm \left| A_{Li} - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n A_{Lj} \right| \max$$

w którym:

A_{Li} - taka wartość amplitudy (A_{Lj}) zmierzonej w okresie ciągłej pracy analizatora (wyłączając czas nagrzewania), przy której wartość bezwzględna powyższej różnicy jest maksymalna,
 n - liczba pomiarów (patrz uwaga do 3.3).

4.1.7. Błąd dodatkowy amplitudy mierzonej wywołany zmianami temperatury jest określony wyrażeniem

$$\pm \frac{|A_{Lt} - A_L|}{\Delta t} \max$$

w którym:

A_{Lt} - wartość A_L przy takiej temperaturze, w której wartość bezwzględna powyższej różnicy jest maksymalna,

Δt - różnica temperatur.

4.1.8. Błąd dodatkowy amplitudy mierzonej wywołany zmianami napięcia sieciowego jest określony wyrażeniem

$$\pm \left| A_{LV} - A_L \right| \max$$

w którym A_{LV} - wartość A_L przy takiej wartości napięcia sieciowego, przy której wartość bezwzględna powyższej różnicy jest maksymalna.

4.2. Szerokość kanału jest zwykle określana na podstawie idealnej liniowej amplitudowej charakterystyki przetwarzania (ILACP).

4.2.1. Aparatura

a) Dokładny generator impulsowy o właściwościach określonych w 4.1.1a).

b) Generator białego szumu, który musi mieć następujące właściwości:

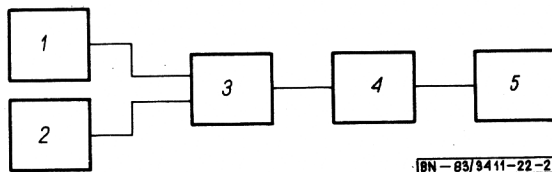
- pasmo częstotliwości obejmujące zakres od kilku Hz do kilku MHz,
- wartość skuteczna napięcia wyjściowego regulowana w zakresie od kilku mV do kilku V,
- błąd stabilności parametrów statystycznych szumu nie wpływający w sposób znaczący na kształt prądu.

c) Liniowy mieszacz o następujących właściwościach:

- dwa wejścia,
- pasmo częstotliwości, które musi obejmować zakres od kilku Hz do kilku MHz,
- błąd nieliniowości i stabilności współczynnika przenoszenia o takiej wartości, aby nie wpływał na błąd mierzonego parametru.

d) Drukarka dołączona do analizatora.

4.2.2. Przygotowanie pomiaru. Schemat blokowy zestawu pomiarowego przedstawiono na rys. 2.



BN-83/3411-22-2

Rys. 2. Schemat blokowy zestawu aparatury do pomiaru szerokości kanału, punktu początkowego i punktu charakterystyki przetwarzania i nieliniowości całkowitej

1- generator impulsów dokładnych, 2- generator białego szumu, 3- mieszacz liniowy, 4- badany analizator, 5- drukarka

Wyjście dokładnego generatora impulsowego i generatora szumu jest połączone z wejściem analizatora przez mieszacz liniowy.

4.2.3. Sposób pomiaru. W analizatorze ustawia się program analizy w całym zakresie pomiaru amplitudy.

Określa się dokładną wartość amplitudy impulsu na wejściu analizatora (A_p) i numer kanału (m_p) odpowiadający tej amplitudzie, uwzględniając przy tym impedancje wyjściowe generatorów i mieszacza liniowego, impedancje wejściowe mieszacza i analizatora oraz współczynnik przenoszenia mieszacza. Włącza się generator szumów. Należy zwrócić uwagę, aby parametry statystyczne (wartość skuteczna napięcia wyjściowego oraz pasmo) generatora białego szumu oraz mieszacza liniowego nie zniekształcały

symetrii prążka. Szerokość prążka dobiera się równą około 10 kanałów na wysokości $0,1 N'_{\max}$, przy czym N'_{\max} jest maksymalną liczbą zliczeń w prążku.

Wykonuje się dwa pomiary w dolnej części (A_{p0}, m_{p0}) zakresu przy około $0,1 A_{\max}$ oraz w górnej części (A_{pe}, m_{pe}) zakresu przy około $0,9 A_{\max}$.

Rząd wielkości N'_{\max} powinien być określony w dokumentacji technicznej.

4.2.4. Opracowanie wyników pomiaru. Szerokość kanału jest wyrażona jako nachylenie prostej łączącej dwa punkty pomiarowe (A_{p0}, m_{p0} i A_{pe}, m_{pe}).

Szerokość kanału jest określona wzorem

$$H = \frac{A_{pe} - A_{p0}}{m_{pe} - m_{p0}} \text{ woltów/kanał}$$

jeśli A_p jest wyrażone w woltach.

Dokładne położenia (wyrażone przez interpolowaną wartość numeru kanału) każdego prążka (m_{p0} i m_{pe}) są obliczane następująco: Określa się numery kanałów m_b i m_h , które odpowiadają liczbom zliczeń bezpośrednio poniżej wartości $0,1 N'_{\max}$ z lewej i prawej strony prążka (rys.3a). W każdym z kanałów o numerach od m_b+1 do m_{h-1} od liczby zliczeń w kanale odejmuje się wartość $0,1 N'_{\max}$ (rys.3b) zgodnie ze wzorem

$$N_i = N'_i - 0,1 N'_{\max}$$

Zawartość każdego kanału o numerach między m_b i m_h jest zastępowana przez sumę zawartości wszystkich niższych kanałów.

Uzyskana w ten sposób liczba zliczeń N_i^* w kanale m_i ($b < i < h$) jest określona wzorem

$$N_i^* = \sum_{z=b+1}^i N_z$$

Maksymalna suma $N_{\max}^* = N_{h-1}^*$ odpowiada kanałowi o numerze m_{h-1} .

Położenie prążka m_p odpowiada zwiększonej o 0,5 kanału wartości odciętej punktu mającego rzędną równą $0,5 N_{\max}^*$ (rys. 3c).

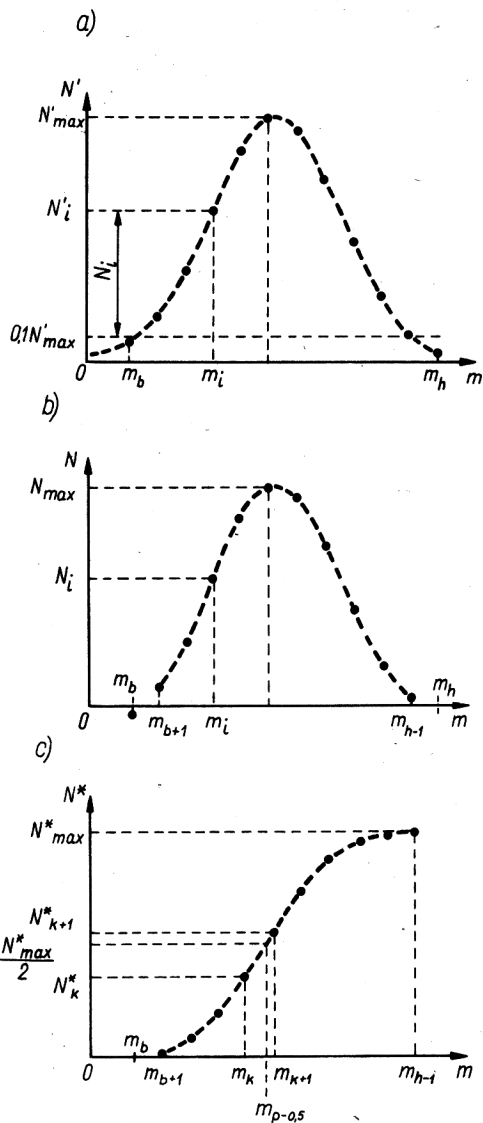
Jest ono określone wzorem

$$m_p = m_k + 0,5 + \frac{N_{\frac{M}{2}}^* - N_k^*}{N_{k+1}^* - N_k^*}$$

w którym:

$$N_{\frac{M}{2}}^* = 0,5 N_{\max}^*$$

m_k i m_{k+1} - numery kanałów, w których liczby zliczeń spełniają warunki: $N_k^* < N_{\frac{M}{2}}^*$ i $N_{k+1}^* > N_{\frac{M}{2}}^*$, przy czym różnica numerów między m_{k+1} i m_k jest równa 1.



BN-83/3411-22-3

Rys. 3. Wykresy obrazujące sposób obliczania prążka

4.2.5. Błąd inherentny szerokości kanału jest określony wzorem

$$\pm \frac{|H - H_N|}{H_N} \cdot 100\%$$

w którym H_N - wymagana wartość szerokości kanału.

4.2.6. Błąd niestabilności szerokości kanału jest określony wzorem

$$\pm \frac{\left| H_i - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n H_j \right|}{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n H_j} \cdot 100\%$$

w którym:

H_i - taka wartość szerokości kanału H_j mierzona podczas ciągłej pracy analizatora (wyluczając czas nagrzewania), przy której wartość bezwzględna powyższej różnicy jest maksymalna, n - liczba pomiarów (patrz uwaga do 3.3).

4.2.7. Błąd dodatkowy szerokości kanału wywołany zmianami temperatury jest określony wzorem

$$\frac{|H_t - H|_{\max}}{H \cdot \Delta t} \cdot 100\%$$

w którym:

H_t - wartość szerokości kanału w takiej temperaturze, przy której wartość bezwzględna powyższej różnicy jest maksymalna,

Δt - różnica temperatur.

4.2.8. Dodatkowy błąd szerokości kanału wywołany zmianami napięcia zasilającego jest określony wzorem

$$\frac{|H_v - H|_{\max}}{H} \cdot 100\%$$

w którym H_v - wartość szerokości kanału przy takim napięciu zasilającym, przy którym wartość bezwzględna powyższej różnicy jest maksymalna.

4.3. Początkowy punkt charakterystyki przetwarzania

4.3.1. Aparatura - wg 4.2.1.

4.3.2. Przygotowanie pomiaru - wg 4.2.2.

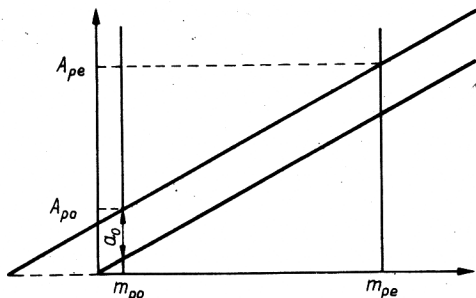
4.3.3. Sposób pomiaru. Sposób pracy analizatora i sposób przeprowadzenia pomiaru - wg 4.2.3.

4.3.4. Opracowanie wyników pomiaru - wg 4.2.4.

4.3.5. Błąd inherentny początkowego punktu charakterystyki przetwarzania a_0 (rys.4) jest określony wzorem

$$a_0 = \frac{A_{po} m_{pe} - A_{pe} m_{po}}{m_{pe} - m_{po}}$$

Oznaczenia - wg 4.2.4.



BN-83/3411-22-4

Rys.4. Błąd inherentny początkowego punktu charakterystyki przetwarzania

4.3.6. Błąd niestabilności początkowego punktu charakterystyki przetwarzania jest określony wzorem

$$\pm \left| a_{0t} - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{0j} \right|_{\max}$$

w którym:

a_{0t} - taka wartość początkowego punktu charakterystyki przetwarzania a_{0j} zmierzona podczas ciągłej pracy analizatora (wyluczając czas nagrzewania), przy której bezwzględna wartość powyższej różnicy jest maksymalna,

n - liczba pomiarów (patrz uwaga do 3.3).

4.3.7. Błąd dodatkowy początkowego punktu charakterystyki przetwarzania wywołany zmianami temperatury jest określony wzorem

$$\pm \frac{|a_{0t} - a_0|_{\max}}{\Delta t}$$

w którym:

a_{0t} - wartość punktu początkowego charakterystyki przetwarzania w takiej temperaturze, przy której bezwzględna wartość powyższej różnicy jest maksymalna,

Δt - różnica temperatur.

4.3.8. Dodatkowy błąd początkowego punktu charakterystyki przetwarzania wywołany zmianami napięcia zasilającego jest określony wzorem

$$\pm |a_{0v} - a_0|_{\max}$$

w którym: a_{0v} - wartość punktu początkowego charakterystyki przetwarzania przy takim napięciu zasilającym, przy którym bezwzględna wartość powyższej różnicy jest maksymalna.

4.4. Nieliniowość całkowita

4.4.1. Aparatura - wg 4.2.1.

4.4.2. Przygotowanie pomiaru - wg 4.2.2.

4.4.3. Sposób przeprowadzenia pomiaru

Kolejność czynności, sposób pracy analizatora i sposób przeprowadzenia pomiaru - wg 4.2.3.

Liczba punktów pomiarowych w całym zakresie podziałki musi wynosić od 10 do 20, włączając dwa punkty pomiarowe z 4.2.4. Rozmieszczenie punktów pomiarowych w całym zakresie musi być określone w odpowiedniej dokumentacji technicznej.

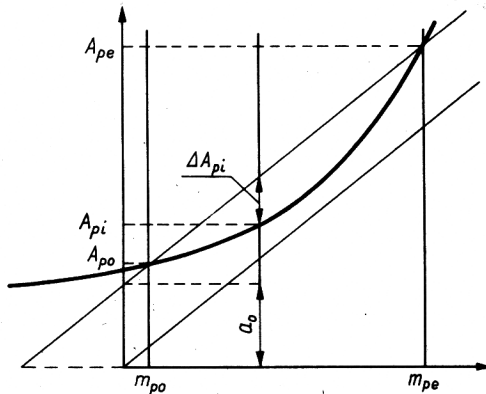
4.4.4. Opracowanie wyników pomiaru. Położenie każdego prążka oblicza się wg 4.2.4. Odchylenia punktów pomiarowych od idealnej liniowej charakterystyki amplitudowej (rys.5) są określone wzorem

$$\Delta A_{pi} = A_{pi} - \left[\frac{A_{pe} - A_{po}}{m_{pe} - m_{po}} m_{pi} + \frac{A_{po} m_{pe} - A_{pe} m_{po}}{m_{pe} - m_{po}} \right]$$

Nieliniowość całkowita jest określona wzorem

$$K_i = \pm \frac{|\Delta A_{pi}|_{\max}}{A_{\max}} \cdot 100\%$$

w którym $|\Delta A_{pi}|_{\max}$ - maksymalna wartość bezwzględna odchylenia.



BN-83/3411-22-5

Rys.5. Odchylenie amplitudowej charakterystyki przetwarzania od charakterystyki idealnie liniowej

4.4.5. Zmiana nieliniowości całkowitej wywołana zmianami temperatury jest określona wzorem

$$\pm \frac{|\bar{K}_{it} - K_i|_{\max}}{\Delta t} \% / ^\circ\text{C}$$

w którym:

\bar{K}_{it} - wartość nieliniowości zmierzona w takiej temperaturze, przy której wartość bezwzględna odchylenia jest maksymalna,

Δt - różnica temperatur.

4.4.6. Zmiana nieliniowości całkowitej wywołana zmianami napięcia zasilającego jest określona wzorem

$$\pm |K_{iV} - K_i|_{\max} \%$$

w którym K_{iV} - wartość nieliniowości całkowitej zmierzona przy takiej wartości napięcia zasilającego, przy której wartość bezwzględna odchylenia jest maksymalna.

4.5. Nieliniowość różniczkowa

4.5.1. Podstawowa metoda pomiaru. Poniżej przedstawiono dwie metody pomiaru. Pierwsza jest metodą podstawową.

Druga metoda (pomocnicza) jest mniej ścisła i dopuszcza się jej stosowanie w przypadku analizatorów o liczbie

poziomów kwantowania większej niż 4096, w celu zredukowania czasu pomiaru.

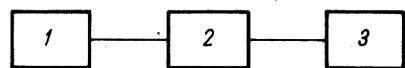
4.5.1.1. Aparatura

a) Generator impulsów rosnących, tj. generator impulsowy charakteryzujący się równomiernym rozkładem amplitudy impulsów, który musi mieć następujące właściwości:

- taką nierównomierność rozkładu amplitudowego w całym zakresie, aby nie wpływała na błąd nieliniowości różniczkowej badanego analizatora,
- taki błąd niestabilności wartości średniej rozkładu amplitudowego w czasie pomiaru, aby nie wpływał na błąd nieliniowości różniczkowej badanego analizatora,
- dolna i górna granica zakresu równomiernego rozkładu amplitudowego regulowana w sposób ciągły od wartości A_{\min} do A_{\max} z uwzględnieniem błędów tych wartości oraz impedancji wyjściowej generatora i impedancji wejściowej analizatora,
- parametry czasowe impulsów wyjściowych, jak również średnia liczba impulsów w jednostce czasu odpowiadające wymaganiom odpowiedniej dokumentacji technicznej.

b) Drukarka dołączona do analizatora.

4.5.1.2. Przygotowanie pomiaru. Schemat blokowy zestawu pomiarowego przedstawiono na rys.6.



BN-83/3411-22-8

Rys. 6. Schemat blokowy zestawu aparatury do pomiaru nieliniowości różniczkowej analizatorów. Metoda podstawowa

1 - generator impulsów o równomiernym rozkładzie prawdopodobieństwa amplitudy, 2 - badany analizator, 3 - drukarka

4.5.1.3. Sposób przeprowadzenia pomiaru. W analizatorze ustawia się program analizy w całym zakresie pomiaru amplitudy w okresie wystarczającym do uzyskania liczby zliczeń w kanale zapewniającej dobrą dokładność statystyczną pomiaru.

Rząd wielkości liczby zliczeń w kanale jak również szerokość kanału analizatora podczas pomiaru muszą być określone w odpowiedniej dokumentacji technicznej.

Dane pomiarowe tzn. liczby zliczeń N_j w każdym z kanałów j analizatora są rejestrowane za pomocą drukarki.

4.5.1.4. Opracowanie wyników pomiaru. Nieliniowość różniczkowa jest określona wzorem

$$K_d = \pm \frac{|N_i - N_a|_{\max}}{N_a} \cdot 100\%$$

w którym:

N_i - wartość N_j liczby zliczeń w tym kanale, przy której wartość bezwzględna różnicy jest maksymalna,
 N_a - średnia liczba zliczeń w kanale.

Przy obliczaniu nieliniowości różniczkowej uwzględnia się tylko te kanały, które mieszczą się w zakresie roboczym analizatora.

4.5.1.5. Zmiana nieliniowości różniczkowej wywołana zmianami temperatury jest określona wzorem

$$\pm \frac{|K_{dt} - K_d|_{\max}}{\Delta t} \% / ^\circ C$$

w którym K_{dt} - wartość nieliniowości różniczkowej w takiej temperaturze, przy której wartość bezwzględna powyższej różnicy jest maksymalna.

4.5.1.6. Zmiana nieliniowości różniczkowej wywołana zmianami napięcia zasilającego jest określona wzorem

$$\pm |K_{dV} - K_d|_{\max} \%$$

w którym K_{dV} - wartość nieliniowości różniczkowej przy takim napięciu zasilającym, przy którym wartość bezwzględna powyższej różnicy jest maksymalna.

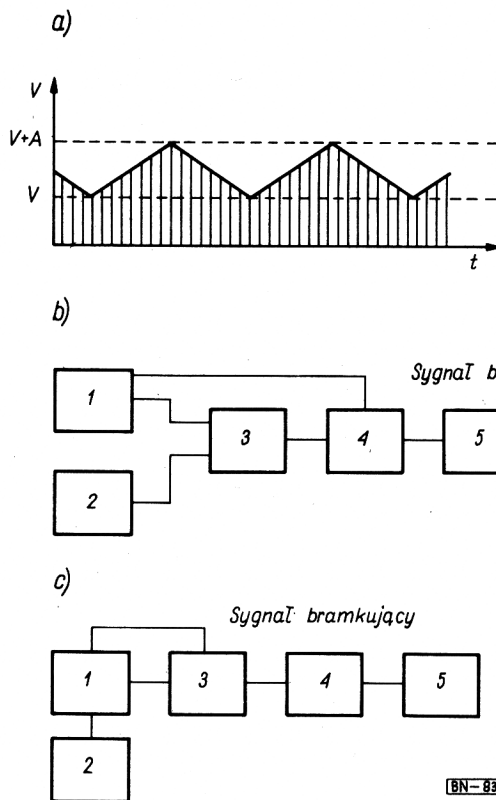
4.5.2. Metoda zastępcza

4.5.2.1. Aparatura

a) Generator impulsowy zgodny z opisaniem w 4.5.1.1a), który wytwarza impulsy o równomiernym rozkładzie amplitudowym w pewnym ograniczonym zakresie amplitudy (np. od V do $V + A$, rys. 7a). Taki generator może składać się z generatora przebiegu piłowego, regulowanego źródła napięcia stałego, mieszacza liniowego i bramki liniowej (rys. 7b). Mieszacz liniowy nie jest konieczny, jeśli generator przebiegu piłowego i regulowane źródło napięcia stałego są układami z "pływającym zerem" (nie są dołączone do ziemi) i mogą być połączone szeregowo (rys. 7c).

b) Drukarka dołączona do analizatora.

4.5.2.2. Przygotowanie pomiaru. Schemat blokowy zestawu pomiarowego przedstawiono na rys. 7b) lub 7c).



Rys. 7. Schemat blokowy zestawu aparatury do pomiaru nieliniowości różniczkowej analizatorów. Metoda pomocnicza 7b)

1 - generator przebiegu piłowego, 2 - regulowane źródło napięcia stałego, 3 - mieszacz liniowy, 4 - bramka liniowa, 5 - badany analizator, 6 - drukarka

7c)

1 - generator przebiegu piłowego, 2 - regulowane źródło napięcia stałego, 3 - bramka liniowa, 4 - badany analizator, 5 - drukarka

4.5.2.3. Sposób przeprowadzenia pomiaru. W analizatorze ustawia się program analizy w całym zakresie pomiaru amplitudy. W celu ograniczenia czasu pomiaru sprawdza się tylko kilka obszarów z całego zakresu.

Należy wybrać najbardziej krytyczne obszary zakresu przetwornika analogowo-cyfrowego, takie jak obszary najmniejszych i największych amplitud oraz obszar położony w środkowej części całego zakresu. Na przykład, jeśli przetwornik analogowo-cyfrowy w badanym analizatorze ma 16000 kanałów, to można przeprowadzić pomiar w trzech obszarach, każdy po 1000 kanałów, położonych odpowiednio w dolnej, górnej i środkowej części zakresu.

Minimalna wartość amplitudy impulsu (V) oraz wartość maksymalna ($V + A$) są tak dobrane, aby pokryć wyżej wymienione obszary.

Czas pomiaru w każdym z obszarów jest tak dobierany, aby uzyskać liczbę zliczeń w kanale zapewniającą dobrą dokładność statystyczną pomiaru.

Rząd wielkości liczby zliczeń w kanale, szerokość kanału, liczba obszarów badanych i ich rozmieszczenie muszą być określone w dokumentacji technicznej.

Dane pomiarowe, tzn. liczby zliczeń N_j w każdym kanale badanego obszaru, są rejestrowane za pomocą drukarki.

4.5.2.4. Opracowanie wyników pomiaru. Lokalna nieliniowość różniczkowa w każdym z badanych obszarów zakresu jest określona wzorem

$$K_{id} = \pm \frac{|N_i - N_a|_{\max}}{N_a} 100\%$$

w którym:

N_i - liczba zliczeń N_j , przy której wartość bezwzględna różnicy jest maksymalna,

N_a - średnia liczby zliczeń w kanale w wybranym obszarze pomiarowym.

Maksymalna z trzech obliczonych wartości K_{id} jest przybliżoną wartością nieliniowości różniczkowej analizatora.

4.5.2.5. Zmiana lokalnej nieliniowości różniczkowej wywołana zmianami temperatury. Zmianę lokalnej nieliniowości różniczkowej wywołaną zmianami temperatury oblicza się ze wzorów podanych w 4.5.1.5 i 4.5.2.4.

4.5.2.6. Zmiana lokalnej nieliniowości różniczkowej wywołana zmianami napięć zasilających. Zmianę lokalnej nieliniowości różniczkowej wywołaną zmianami napięć zasilających oblicza się ze wzorów podanych w 4.5.1.6 i 4.5.2.4.

4.6. Zakres roboczy

4.6.1. Aparatura - wg 4.2.1.

4.6.2. Przygotowanie pomiaru - wg 4.2.2.

4.6.3. Sposób przeprowadzenia pomiaru - wg 4.2.3.

4.6.4. Opracowanie wyników pomiaru - wg 4.2.4 i 4.3.4.

4.6.5. Określa się numery kanałów m_α i m_γ wyznaczających granice zakresu roboczego.

Górna i dolna granica zakresu roboczego są określone wzorami

$$A_\alpha = Hm_\alpha + a_0$$

$$A_\gamma = Hm_\gamma + a_0$$

4.7. Czas martwy analizatora ¹⁾

4.7.1. Aparatura. Generator impulsów podwójnych, który musi mieć następujące właściwości:

- amplitudę impulsu regulowaną od wartości A_{\min} do A_{\max} ,

- błąd ustawienia amplitudy tak mały, aby nie wpływał na parametr mierzony,

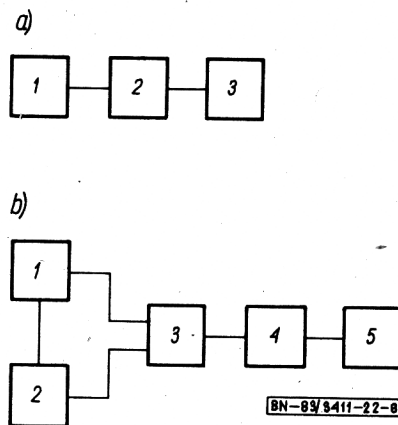
- dokładnie regulowaną wartość opóźnienia między impulsami, od $0,7 T_{d\min}$ do $1,3 T_{d\max}$,

- błąd ustawienia opóźnienia taki, aby nie wpływał w sposób znaczący na błąd pomiaru czasu martwego,

- parametry czasowe impulsów wyjściowych zgodne z wymaganiami określonymi w dokumentacji analizatora,

- częstotliwość impulsów regulowaną w taki sposób, aby nie przekraczała wartości $0,01 \nu_{\max}$.

4.7.2. Przygotowanie pomiaru. Schemat blokowy zestawu pomiarowego przedstawiono na rys. 8.



Rys. 8. Schemat blokowy zestawu aparatury do pomiaru czasu martwego

a) 1 - generator impulsów podwójnych, 2 - badany analizator, 3 - drukarka

b) 1 i 2 - generatory impulsowe, 3 - mieszacz liniowy, 4 - badany analizator, 5 - drukarka

Wyjście generatora jest połączone odpowiednim kablem koncentrycznym z wejściem analizatora. Dopuszczalne jest stosowanie generatora o dwóch wyjściach połączonego z analizatorem za pośrednictwem mieszacza liniowego. Długość kabla nie może wpływać na pomiar.

4.7.3. Sposób przeprowadzenia pomiaru. W analizatorze ustawia się program analizy w całym zakresie pomiaru amplitudy.

Amplituda pierwszego impulsu jest ustawiana w taki sposób, aby rejestrować impulsy w kanale m_0 znajdującym się w zakresie między $0,1M$ i $0,2M$. Amplituda drugiego (opóźnionego) impulsu jest ustawiana w dowolny sposób w zakresie od A_{\min} do A_{\max} . Zwiększając w sposób ciągły opóźnienie drugiego impulsu, wyznacza się wartość czasu opóźnienia T_{d0} odpowiadającą początkowi rejestracji drugiego impulsu obserwowanemu na ekranie lampy oscyloskopowej analizatora.

Następnie amplituda pierwszego impulsu jest ustawiana w taki sposób, aby rejestrować impulsy w kanale m_e znajdującym się w zakresie między $0,8M$ i $0,9M$, a amplituda drugiego impulsu jest ustawiana w dowolny sposób. Zmie-

¹⁾ Ten pomiar stosuje się tylko do systemów o bezpośrednim dostępie do pamięci.

nając czas opóźnienia drugiego impulsu, wyznacza się najmniejszy czas opóźnienia T_{de} , przy którym drugi impuls jest rejestrowany przez analizator.

Uwaga: Czas między poszczególnymi parami impulsów powinien być co najmniej dziesięciokrotnie dłuższy niż maksymalne opóźnienie między impulsami.

4.7.4. Opracowanie wyników pomiaru. Rezultaty pomiaru opisanego w 4.7.3. porównuje się z wartościami czasu martwego obliczonymi zgodnie z dokumentacją techniczną dla kanałów o numerach m_0 i m_e , uwzględniając czasy narastania sygnałów wejściowych.

Zmierzone wartości T_{de} i T_{d0} nie mogą przekraczać wartości obliczonych.

4.8. Obciążenie maksymalne (maksymalna częstotliwość impulsów mierzonych)

4.8.1. Aparatura

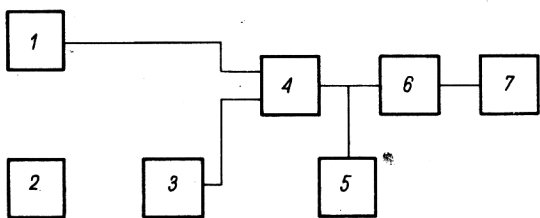
- generator opisany w 4.1.1,
- detektor promieniowania gamma ze wzmacniaczem,
- miernik częstotliwości,
- źródło ^{60}Co dostarczające impulsów o częstotliwości nie mniejszej niż ν_{\max} na wyjściu detektora,
- drukarka,
- mieszacz liniowy.

Typy przyrządów oraz ustawienia ich warunków pracy podczas pomiaru muszą być określone w odpowiedniej dokumentacji technicznej.

4.8.2. Przygotowanie pomiaru. Schemat blokowy zestawu pomiarowego przedstawiono na rys.9. Rodzaje pracy, przy których pomiary powinny być przeprowadzane, muszą być określone w odpowiedniej dokumentacji technicznej.

Generator i detektor są połączone z analizatorem przez mieszacz liniowy. Należy stosować kable albo wystarczająco krótkie, albo dopasowane, aby odbicia nie zakłócały pomiaru.

4.8.3. Sposób przeprowadzenia pomiaru. Próg czułości miernika częstotliwości ustawia się równy A_{\min} .



BN-83/3411-22-9

Rys.9. Schemat blokowy zestawu aparatury do pomiaru maksymalnej częstotliwości impulsów

1 - generator impulsów dokładnych, 2 - źródło promieniotwórcze ^{60}Co , 3 - detektor promieniowania gamma, 4 - mieszacz liniowy, 5 - miernik częstotliwości, 6 - badany analizator, 7 - drukarka

W analizatorze ustawia się program analizy w całym zakresie pomiaru amplitudy. Szerokość kanału jest ustawiona zgodnie z dokumentacją techniczną analizatora, a współczynnik wzmocnienia jest dobrany w taki sposób, aby prążek energetyczny $0,21 \text{ pJ}$ ($1,33 \text{ MeV}$) ^{60}Co znajdował się w obszarze między $0,65$ i $0,75$ zakresu roboczego.

Ustawia się częstotliwość impulsu z detektora równą $0,01 \nu_{\max}$ i dobiera się amplitudę impulsów z generatora impulsów dokładnych w taki sposób, aby uzyskać maksimum rozkładu w kanale leżącym w granicach od $0,85$ do $0,95$ obszaru roboczego. Przeprowadza się pomiar i zapisuje się dane za pomocą drukarki. Ustawia się częstotliwość impulsów z detektora równą ν_{\max} i powtarza się pomiar oraz zapis.

Dobiera się współczynnik wzmocnienia w taki sposób, aby prążek energetyczny $0,21 \text{ pJ}$ ($1,33 \text{ MeV}$) ^{60}Co znajdował się w obszarze od $0,05$ do $0,15$ zakresu roboczego, a wyraźny prążek pochodzący od impulsów generatora w kanale wyższym niż prążek $0,21 \text{ pJ}$ ($1,33 \text{ MeV}$) ^{60}Co . Powtarza się pomiar i zapis przy częstotliwościach impulsów z detektora równych $0,01 \nu_{\max}$ i ν_{\max} .

Dane pomiarowe, tzn. liczby zliczeń N_j i odpowiadające im numery kanałów m_j , rejestruje się za pomocą drukarki.

W celu osiągnięcia wystarczającej dokładności statystycznej należy stosować nie mniejszą niż 1000 liczbę zliczeń w kanale odpowiadającym maksimum prążka pochodzącego od impulsów generatora. Ta liczba zliczeń musi być podana przy wynikach pomiaru.

4.8.4. Opracowanie wyników pomiaru. Położenie prążka pochodzącego od impulsów z generatora impulsów dokładnych jest określane w jednostkach interpolowanego numeru kanału zgodnie z 4.2.

Przesunięcie prążka przy maksymalnej częstotliwości impulsów na początku i na końcu zakresu jest określone wzorami

$$\pm \left| m'_{po} - m''_{po} \right|$$

$$\pm \left| m'_{pe} - m''_{pe} \right|$$

w których:

m_{po} i m_{pe} - wartości położenia prążka odpowiednio na początku i na końcu skali,

m'_p - odpowiada częstotliwości $0,01 \nu_{\max}$,

m''_p - odpowiada częstotliwości ν_{\max} .

Na podstawie wyników pomiarów określa się względną amplitudową zdolność rozdzielczą, tj. szerokość prążka na połowie wysokości, na początku zakresu δ_{a0} i na końcu zakresu δ_{ae} przy wartościach częstotliwości $\nu = 0,01 \nu_{\max}$ (δ'_{a0} i δ'_{ae}) oraz $\nu = \nu_{\max}$ (δ''_{a0} i δ''_{ae}).

Zwiększenie szerokości prążka jest określone wzorami

$$\sqrt{(\delta''_{ao})^2 - (\delta'_{ao})^2}$$

$$\sqrt{(\delta''_{ae})^2 - (\delta'_{ae})^2}$$

4.9. Błąd czasu czynnego ¹⁾

4.9.1. Aparatura

a) generator impulsowy zgodny z 4.1.1 spełniający dodatkowo ten warunek, że częstotliwość impulsów generatora ν_p musi być znacznie mniejsza (około 100 do 1000 razy) od częstotliwości zegara czasu czynnego i od maksymalnej częstotliwości impulsów ν_{max} ,

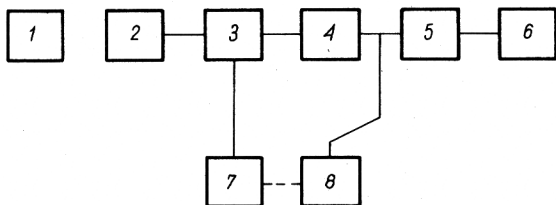
b) źródło promieniowania zgodne z 4.8.1d),

c) detektor promieniowania gamma i układ wzmacniający, zdolne do dostarczenia impulsów o częstotliwości co najmniej ν_{max} ,

d) przelicznik i miernik czasu.

Uwaga: Może być konieczny dyskryminator niskoprogu do wyzwalania niektórych typów przeliczników impulsami analogowymi.

4.9.2. Przygotowanie pomiaru. Schemat blokowy zestawu pomiarowego przedstawiono na rys.10.



BN-83/3411-22-10

Rys.10. Schemat blokowy zestawu aparatury do pomiaru błędów czasu czynnego

1 - źródło promieniotwórcze ⁶⁰Co, 2 - detektor promieniowania gamma, 3 - przedwzmacniacz, 4 - wzmacniacz, 5 - badany analizator, 6 - drukarka, 7 - generator impulsowy, 8 - przelicznik i miernik czasu

Amplituda impulsów z generatora jest tak dobrana, aby wytwarzać prążki w górnej części zakresu energetycznego wyraźnie odróżnialny od widma pochodzącego od źródła promieniowania.

Dokładnie określa się częstotliwość impulsów z generatora (ν_p) za pomocą przelicznika i miernika czasu. Konieczne jest, aby promieniowanie tła przy usuniętym źródle promieniowania było pomijalnie małe.

4.9.3. Sposób przeprowadzenia pomiaru. W analizatorze ustawia się program pracy z korekcją czasu czynnego w całym zakresie pomiaru amplitudy.

¹⁾ Ten pomiar dotyczy tylko analizatorów z automatyczną korekcją czasu czynnego.

Przeprowadza się zbieranie w analizatorze impulsów z generatora przy usuniętym źródle promieniowania. Czas powinien być wystarczająco długi dla zebrania co najmniej 100000 zliczeń w prążku pochodzącym od impulsów z generatora. Powierzchnia tego prążka jest całkowana i rezultat jest dzielony przez wartość ustawionego poprzednio czasu czynnego. W ten sposób uzyskuje się częstotliwość zliczeń ν_{Lo} w czasie czynnym w prążku pochodzącym od impulsów z generatora. W tym przypadku częstotliwość ν_p jest równa ν_{Lo} .

Stosuje się źródło promieniotwórcze dla uzyskania częstotliwości impulsów na wejściu przetwornika analogowo-cyfrowego równej ν_{max} (powyżej progu przelicznika, który jest równy A_{min} analizatora) i powtarza się powyżej opisaną procedurę.

Powierzchnia prążka pochodzącego od impulsów z generatora jest całkowana i dzielona przez wartość poprzednio ustawionego czasu czynnego. W rezultacie uzyskuje się wartość ν'_{Lmax} . Następnie wyłącza się generator i następuje zbieranie widma promieniowania źródła. Powierzchnia jest całkowana w tych samych granicach jak w poprzednim przypadku i określa się wartość ν''_{Lmax} .

Powierzchnia prążka pochodzącego z impulsów generatora jest określana ze wzoru

$$\nu_{Lmax} = \nu'_{Lmax} - \nu''_{Lmax}$$

4.9.4. Opracowanie wyników pomiaru. Błąd czasu czynnego jest określony wzorem

$$\left| 1 - \frac{\nu_p}{\nu_{Lmax}} \right|$$

Dopuszcza się wyznaczenie błędów czasu czynnego przy kilku wartościach częstotliwości impulsów na wejściu przetwornika analogowo-cyfrowego.

DODATEK A

SYMBOLE LITEROWE UŻYTE W NORMIE

N_i - liczba zliczeń (impulsów) w kanale "i",

N_a - średnia arytmetyczna liczb zliczeń (impulsów) w pewnej liczbie kanałów,

A_L - amplituda mierzona (V),

A_{LN} - wymagana wartość amplitudy mierzonej,

A_{min} - minimalna mierzona amplituda sygnału,

A_{max} - maksymalna mierzona amplituda sygnału,

m_i - numer kanału "i",

H - szerokość kanału (V),

a_0 - początkowy punkt charakterystyki przetwarzania, wyrażony w jednostkach sygnału wejściowego

K_i - nieliniowość całkowita (%),

- K_d - nieliniowość różniczkowa (%),
- ν_{max} - obciążenie maksymalne (maksymalna częstotliwość impulsów mierzonych, impulsy/sekundę)
- ν_p - częstotliwość powtarzania impulsów z generatora,
- ν_L - częstotliwość zliczeń w czasie czynnym w prądzie pochodzącym od impulsów z generatora,
- ν_{Lo} - częstotliwość zliczeń w czasie czynnym w prądzie pochodzącym od generatora (bez źródła promieniotwórczego)
- ν_{Lmax} - częstotliwość zliczeń w czasie czynnym w prądzie pochodzącym od generatora (przy źródle promieniotwórczym dającym częstotliwość ν_{max}),
- M - maksymalna liczba kanałów,
- T_{dt} - czas martwy analizatora odpowiadający kanałowi "i" przy określonym kształcie impulsu wejściowego,
- δ_a - względna amplitudowa zdolność rozdzielcza.

K O N I E C

INFORMACJE DODATKOWE

1. Instytucja opracowująca normę - Instytut Problemów Jądrowych, Branżowy Zespół d/s Normalizacji i Jakości Aparatury Jądrowej.

2. Normy związane

BN-82/3411-12 Urządzenia elektroniczne dla techniki jądrowej. Wielokanałowe analizatory amplitudy. Typy, pojęcia podstawowe i wymagania

BN-77/3411-19 Stabilizowane zasilacze niskiego napięcia

dla laboratoryjnych przyrządów pomiarowych. Wymagania podstawowe i metody badań

3. Zalecenia międzynarodowe

Publikacja 659 IEC 1979 Test methods for multichannel amplitude analysers

4. Autor projektu normy - dr inż. Michał Nadachowski

- Instytut Problemów Jądrowych Zakład III.