

TECHNIKA JĄDROWA	NORMA BRANŻOWA	BN-68 3414-01
	Urządzenia elektroniczne dla techniki jądrowej Liczniki proporcjonalne neutronów powolnych Metody pomiarów własności radiometrycznych i elektrycznych	
		Grupa katalogowa 1339

1. WSTĘP

1.1. Przedmiot normy. Przedmiotem normy są metody pomiarów własności radiometrycznych i elektrycznych liczników proporcjonalnych (głównie z trójfluorkiem boru BF_3), służących do detekcji neutronów powolnych, stosowane w zależności do typu licznika.

1.2. Symbole stosowane w normie

B_g	- bieg własny licznika, imp/min,	p	- stosunek wartości minimalnej do maksymalnej różniczkowego rozkładu amplitud impulsów,
C_{ak}	- pojemność wyjściowa licznika, pF,	P_l	- długość plato, V,
$D_{\gamma max}$	- największa moc dawki promieniowania gamma, przy której licznik można stosować do pomiaru neutronów, A/kg,	r_w	- rozrzut względnej wydajności, %,
k	- wzmocnienie wzmacniacza impulsów, V/V,	R	- rezystancje pracy licznika, Ω ,
l	- długość czynna licznika, mm,	R_w	- rezystancja licznika, Ω ,
l_m	- długość martwa licznika, mm,	s	- przekrój strumienia neutronów rzut powierzchni czynnej licznika na powierzchnię prostopadłą do kierunku strumienia neutronów, cm^2 ,
l	- współczynnik wzmocnienia gazowego, V/V,	S	- średnie nachylenie plato, %/V,
n	- częstość impulsów napięcia, imp/s,	S_d	- znormalizowane nachylenie całkowego rozkładu amplitud impulsów, %/V,
n'	- częstość impulsów napięcia o amplitudach większych i równych progowi dyskryminacji U_d , imp/s,	S_{dm}	- największa wartość S_d , %/V,
n_{max}	- największa częstość impulsów napięcia licznika, imp/s,	S_M	- nachylenie charakterystyki wzmocnienia gazowego, dB/V,
n'_0	- gęstość strumienia neutronów, $n/(cm^2 \cdot s)$,	t	- czas pomiaru, s,
n_0	- liczba neutronów,	t_n	- czas narastania impulsu, s,
n_{egz}	- częstość impulsów napięcia licznika w pomiarze względnej wydajności, imp/s,	U_a	- napięcie anodowe, V,
n_{teor}	- teoretyczna częstość impulsów napięcia, imp/s,	U_{amax}	- największe dopuszczalne napięcie anodowe V,
n_{t1}	- częstość impulsów napięcia licznika zmierzonych w odstępie czasu $t_2 - t_1$, imp/s,	U_d	- próg dyskryminacji, V,
n_{t2}		U'_d	- kanał analizatora, V,
n_{wz}	- częstość impulsów napięcia licznika uznanego za wzorcowy, imp/s,	U_{dr}	- roboczy próg dyskryminacji, V,
N	- liczba impulsów napięcia obliczanych przez licznik w czasie pomiaru, imp,	U_{dm}	- próg dyskryminacji odpowiadający S_{dm} , V,
N'	- liczba atomów ^{10}B w $1 cm^3$, $1/cm^3$,	U'_{dm}	- kanał analizatora, dla którego jest zarejestrowana największa liczba impulsów, V,
		U_{dmax}	- próg dyskryminacji odpowiadający największym amplitudom impulsów pochodzących od neutronów, V,
		U'_{dmax}	- kanał analizatora odpowiadający największym amplitudom impulsów pochodzących od neutronów, V,
		U_{dy}	- próg dyskryminacji, przy którym następuje odcięcie impulsów pochodzących od promieniowania gamma, V,

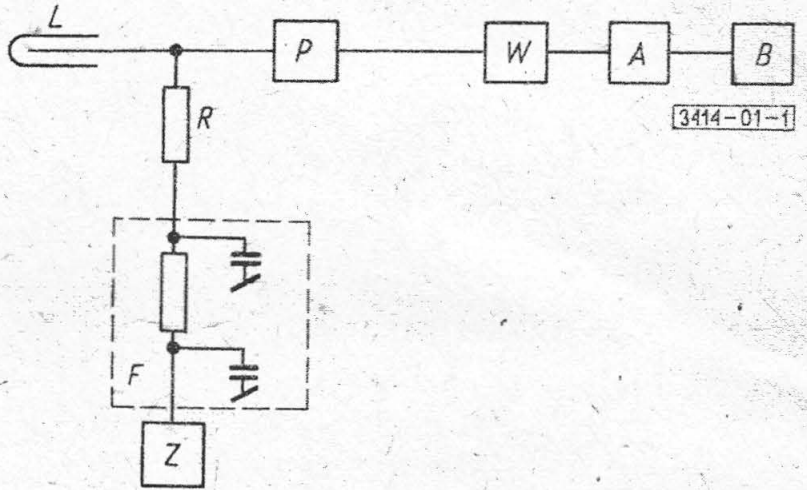
Zgłoszona przez Instytut Badań Jądrowych – Zakład Jądrowej Elektroniki Przemysłowej
Ustanowiona przez Pełnomocnika Rządu do Spraw Wykorzystania Energii Jądrowej dnia 16 stycznia 1968 r.
jako norma obowiązująca w zakresie metod badań od dnia 1 lipca 1968 r.
(Mon. Pol. nr 23 poz. 152)

- U_k - napięcie końca plato, V,
 U_p - napięcie początku plato, V,
 U_r - napięcie pracy, V,
 U_{r1} - dolna granica zakresu napięcia pracy, V,
 U_{r2} - górna granica zakresu napięcia pracy, V,
 \bar{U} - amplituda impulsów napięcia pochodzących od neutronów, V,
 \bar{U}_m - amplituda najczęściej występujących impulsów napięcia pochodzących od neutronów, V,
 \bar{U}_{max} - amplituda największych impulsów napięcia pochodzących od neutronów, V,
 $\bar{U}_{max k}$ - amplituda największych impulsów napięcia pochodzących od neutronów w zakresie napięć odpowiadających zakresowi pracy komory jonizacyjnej, V,
 $\bar{U}_{\gamma max}$ - amplituda największych impulsów napięcia pochodzących od promieniowania gamma, V,
 v - prędkość strumienia neutronów, m/s,
 w - wydajność licznika dla neutronów, imp/ n_0 ,
 V_w - objętość czynna licznika, cm^3 ,
 W - wydajność właściwa licznika dla neutronów, imp $\cdot cm^2/n_0$,
 $WSPP$ - względna szerokość połowkowa piku różniczkowego rozkładu amplitud impulsów, %,
 Z_t - niestabilność czasowa wydajności względnej, %,
 $\Delta n'$ - częstość impulsów zarejestrowanych dla kanału analizatora o szerokości $\Delta U'_d$ lub zmiana częstości impulsów odpowiadająca zmianie progu dyskryminacji o ΔU_d , imp/s,
 $\Delta n'_{max}$ - największa wartość $\Delta n'$, imp/s,
 $\Delta n'_{min}$ - najmniejsza wartość $\Delta n'$, imp/s,
 ΔU_d - przyrost progu dyskryminacji, V,
 ΔU_{dp} - szerokość piku różniczkowego rozkładu amplitud w połowie wysokości, V,
 $\Delta U'_d$ - szerokość kanału analizatora,
 Φ_{n0} - gęstość strumienia neutronów, $n/(cm^2 \cdot s)$,
 Φ_{n01} - dolna granica zakresu pomiarowego gęstości strumienia neutronów, $n/(cm^2 \cdot s)$,
 Φ_{n02} - górna granica zakresu pomiarowego gęstości strumienia neutronów, $n/(cm^2 \cdot s)$,
 σ - przekrój czynny na reakcję $^{10}B(n, \alpha)$, cm^2 ,
 τ_c - stała czasowa układu całkującego, μs ,
 τ_r - stała czasowa układu różniczkującego, μs .

1.3. Określenia

1.3.1. Układ pomiarowy - układ elementów i urządzeń elektronicznych stosowanych do pomiarów

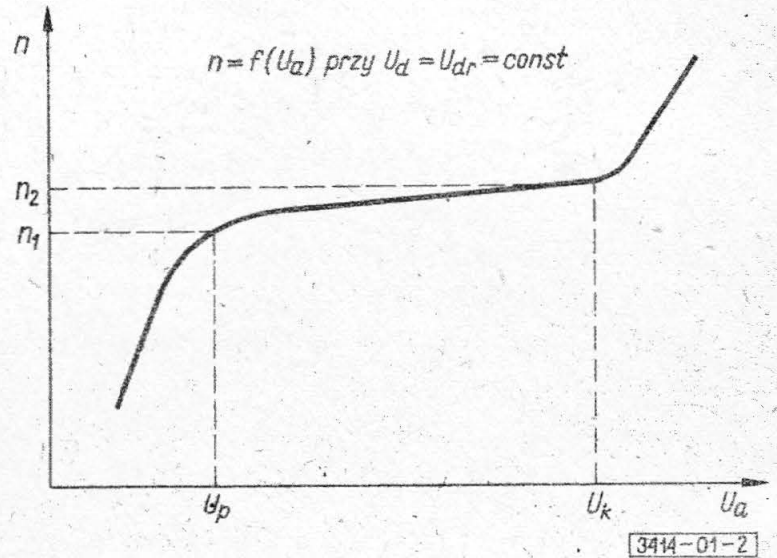
własności radiometrycznych i elektrycznych liczników proporcjonalnych (rys. 1).



Rys. 1. Schemat układu pomiarowego

L - licznik proporcjonalny, R - rezystancja pracy, F - filtr napięcia anodowego, Z - zasilacz napięcia anodowego licznika, P - przedwzmacniacz impulsowy, W - wzmacniacz impulsowy, A - analizator lub dyskryminator amplitudy, B - przelicznik elektroniczny.

1.3.2. Charakterystyka napięciowa $n = f(U_a)$ - zależność częstości n impulsów pochodzących z licznika od napięcia anodowego U_a zmierzona w określonym układzie pomiarowym przy stałym progu dyskryminacji U_d i przy stałej gęstości strumienia neutronów (rys. 2).



Rys. 2. Charakterystyka napięciowa licznika

1.3.3. Plato - odcinek charakterystyki napięciowej licznika, który z dokładnością wymaganą dla danego pomiaru można uważać za płaski.

1.3.4. Długość plato - różnica napięcia końca plato U_k i napięcia początku plato U_p mierzona w woltach (rys. 2)

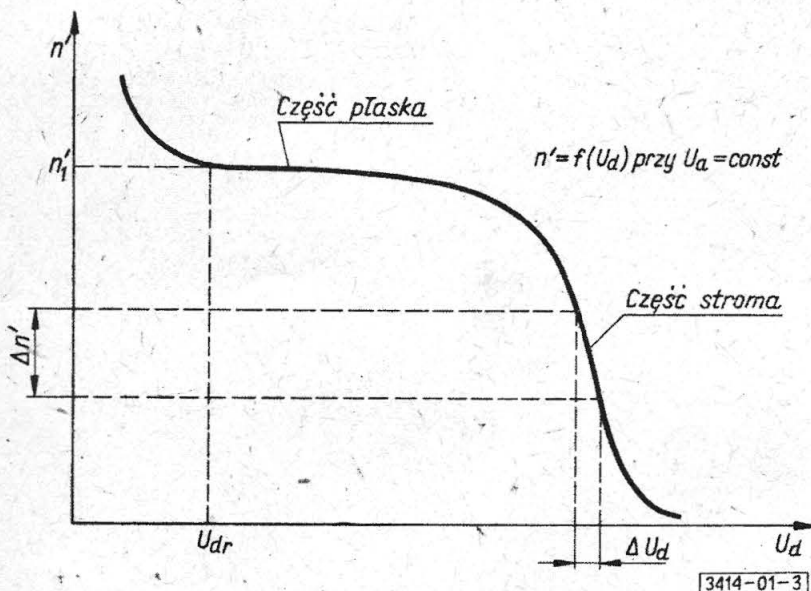
$$P_l = U_k - U_p$$

1.3.5. Średnie nachylenie plato - stosunek względnej różnicy częstości impulsów na początku i końcu plato do długości plato w woltach (rys. 2) wyrażony w procentach na woltę wg wzoru

$$S = \frac{2(n_2 - n_1)}{(n_2 + n_1 P_1)} \cdot 100$$

1.3.6. Napiecie pracy - napiecie o wartosci w zakresie plato.

1.3.7. Calkowy rozklad amplitud impulsow napiecia (charakterystyka calkowego rozkladu amplitud impulsow napiecia - zaleznosc czestosci impulsow n' o amplitudach wiekszych i rownych określonej amplitudzie równej U_d od tej amplitudy (rys. 3).



3414-01-3

Rys. 3. Całkowy rozkład amplitud impulsów napiecia

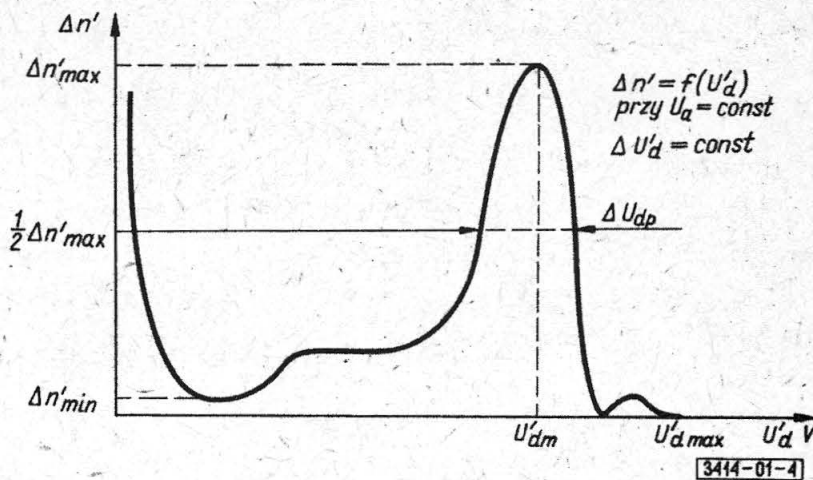
1.3.8. Roboczy próg dyskryminacji U_{dr} - najmniejszy próg dyskryminacji zapewniający zliczanie wszystkich pochodzących od neutronów impulsów większych od impulsów tła.

1.3.9. Względna zmiana czestosci impulsow - zmiana czestosci impulsow odniesiona do wartosci czestosci impulsow odpowiadajacej roboczemu progowi dyskryminacji U_{dr} (1.3.8).

1.3.10. Znormalizowane nachylenie calkowego rozkladu amplitud impulsow napiecia - wartosc bezwzględna stosunku względnej zmiany czestosci impulsow do powodujacej ją jednostkowej zmiany proggu dyskryminacji wyrażona w procentach (rys.3) wg wzoru

$$S_d = \frac{\Delta n' / n_1'}{\Delta U_d} \cdot 100$$

1.3.11. Różniczkowy rozkład amplitud impulsow napiecia (charakterystyka różniczkowego rozkladu amplitud impulsow napiecia) - zaleznosc czestosci impulsow $\Delta n'$, o określonej amplitudzie równej U'_d od tej amplitudy (rys. 4).



3414-01-4

Rys. 4. Różniczkowy rozkład amplitud impulsow napiecia

1.3.12. Amplituda największych impulsow napiecia pochodzących od neutronow na wyjściu licznika - wartosc odpowiadajaca progowi dyskryminacji U'_d , przy którym czestosc impulsow spada do określonej wartosci dla danego typu licznika.

1.3.13. Amplituda największych impulsow napiecia pochodzących od promieniowania gamma na wyjściu licznika - wartosc odpowiadajaca najmniejszemu progowi dyskryminacji U_d , przy którym następuje odcięcie impulsow pochodzących od promieniowania gamma.

1.3.14. Współczynnik wzmożenia gazowego M_i - stosunek wartosci ładunku zebranego na elektrcdach do wartosci ładunku wytworzonego przez jonizację pierwotną.

1.3.15. Charakterystyka wzmożenia gazowego - zaleznosc współczynnika wzmożenia gazowego M od napiecia anodowego licznika U_a .

1.3.16. Współczynnik przyrostu wzmożenia gazowego - wartosc określajaca ilokrotnie zmienia się współczynnik wzmożenia gazowego przy zmianie napiecia anodowego o 100 V.

1.3.17. Wydajność - stosunek czestosci impulsow pochodzących od neutronow do strumienia neutronow przechodzących przez licznik.

1.3.18. Wydajność właściwa - stosunek czestosci impulsow pochodzących od neutronow do gęstosci strumienia neutronow przechodzących przez licznik.

1.3.19. Dolna granica zakresu pomiarowego gęstosci strumienia neutronow - gęstosc strumienia neutronow, przy której uzyskuje się stokrotnie większą czestosc zliczeń niż bieg własny.

1.3.20. Górna granica zakresu pomiarowego gęstosci strumienia neutronow - gęstosc strumienia neutronow, przy której następuje zmniejszenie o 10% wydajności właściwej licznika na skutek jego ograniczonej czasowej zdolności rozdzielczej.

1.3.21. Największa moc dawki promieniowania gamma, przy której licznik można jeszcze stosować do pomiaru neutronow - określona w A/kg moc dawki

promieniowania gamma, w którym licznik, mierząc strumień neutronów, zachowuje jeszcze plato o określonej długości i nachyleniu.

1.3.22. Największe dopuszczalne napięcie anodowe - określona wartość napięcia, którego włączenie między katodę i anodę licznika nienapromienianego nie powoduje jeszcze gwałtownego wzrostu impulsów fałszywych.

1.3.23. Rezystancja licznika - wartość rezystancji dla prądu stałego zmierzona w określonych warunkach pomiarowych między anodą i katodą licznika nienapromienianego.

1.3.24. Pojemność wyjściowa licznika - wartość pojemności elektrycznej anoda-katoda.

1.3.25. Objętość czynna licznika - część całkowitej objętości licznika, z której impulsy ładunku elektrycznego wywołane przez neutrony, zbierane są przez elektrody i dają na wyjściu licznika impulsy w określonych warunkach pomiarowych.

1.3.26. Długość czynna licznika - część całkowitej długości anody, do której dochodzą wytwarzane w objętości czynnej ładunki elektryczne i powodują powstanie na wyjściu licznika impulsów napięcia o dostatecznej do rejestracji amplitudzie w określonych warunkach eksploatacji.

1.3.27. Wydajność względna - stosunek wydajności danego licznika do wydajności licznika uznawanego za wzorcowy.

1.3.28. Niestabilność czasowa wydajności względnej - zmiana wydajności względnej danego licznika występująca w czasie pracy.

1.3.29. Względna szerokość połówkowa piku różniczkowego rozkładu amplitud impulsów - stosunek szerokości piku - wyrażonego w woltach - różniczkowego rozkładu amplitud impulsów w połowie wysokości do amplitudy odpowiadającej położeniu piku (rys. 4).

1.3.30. Pozostałe określenia - wg PN-75/J-01003.01, PN-80/J-01003.02, PN-73/J-01003.03.04, PN-75/J-01003.07, PN-74/J-01003.08.

1.4. Normy związane

PN-75/J-01003.01 Technika jądrowa. Nazwy i określenia. Promieniowanie jonizujące

PN-80/J-01003.02 Technika jądrowa. Nazwy i określenia. Wielkości i jednostki

PN-72/J-01003.04 Technika jądrowa. Nazwy i określenia. Źródła promieniotwórcze

PN-75/J-01003.07 Technika jądrowa. Nazwy i określenia. Laboracyjne urządzenia pomiarowe

PN-74/J-01003.08. Technika jądrowa. Nazwy i określenia. Detektory promieniowania jonizującego

opisie badań nie podano inaczej, pomiary należy wykonywać w następujących warunkach atmosferycznych:

temperatura $15 \pm 35^{\circ}\text{C}$,

wilgotność względna powietrza $45 \pm 75\%$,

ciśnienie atmosferyczne $86 \pm 106\text{ kPa}$.

2.2. Pomieszczenia do wykonywania pomiarów. Pomiary właściwości radiometrycznych i elektrycznych należy wykonywać w pomieszczeniach, w których wpływ zakłóceń radiacyjnych i radioplektrycznych, mogących powodować sygnały fałszywe i niepożądane, jest do pominięcia.

2.3. Źródła promieniowania

2.3.1. Źródła neutronów. Pomiary należy wykonywać, stosując źródła neutronów termicznych. Wyniki pomiarów należy uzupełnić niezbędnymi informacjami o zastosowanym źródle takimi, jak rodzaj źródła, jego aktywność, wydajność, rozmiary, rodzaj i temperatura moderatora, odległość między badanym licznikiem a źródłem itp.

Wartości strumienia neutronów stosowanych źródeł powinny być takie, aby zapewniały możliwość wykonywania pomiarów danego typu licznika z wymaganą dokładnością.

2.3.2. Źródła promieniania gamma. Jako źródła promieniowania gamma należy stosować przede wszystkim ^{60}Co i ^{226}Ra . Moc dawki od źródeł promieniowania gamma powinna być określona z dokładnością $\pm 10\%$.

2.4. Urządzenia elektroniczne do pomiarów

2.4.1. Postanowienia ogólne. Do pomiarów charakterystyk i parametrów liczników proporcjonalnych z BF_3 należy stosować urządzenia elektroniczne o ogólnych danych technicznych zgodnych z 2.4.2 ÷ 2.4.9. Zmierzone parametry liczników należy każdorazowo uzupełnić niezbędnymi informacjami o danych technicznych zastosowanych urządzeń pomiarowych.

2.4.2. Zasilacz napięcia anodowego (Z) powinien spełniać następujące warunki:

- stałe napięcie wyjściowe regulowane w zakresie $0 \div 4000\text{ V}$,

- dokładność pomiaru napięcia wyjściowego $\text{min } \pm 0,5\%$ ¹⁾,

- niestabilność napięcia wyjściowego od obciążenia $\text{max } \pm 0,05\%$,

- niestabilność napięcia wyjściowego w ciągu 8 godz $\text{max } \pm 0,2\%$,

- międzyszczytowe napięcie tętnień o częstotliwościach większych niż 500 Hz $\text{max } 50\ \mu\text{V}$.

2.4.3. Filtr napięcia anodowego (F) powinien spełniać następujące warunki:

- rezystancja R_F około $10\text{ M}\Omega$,

- pojemność $C \geq 0,001\ \mu\text{F}$.

2. OGÓLNE WARUNKI POMIARÓW

2.1. Warunki atmosferyczne pomiarów. Jeśli w

¹⁾ Pomiar może być wykonany zewnętrznym miernikiem.

2.4.4. Rezystancja pracy (R) powinna zawierać się w granicach $0,1 \div 10 \text{ M}\Omega$.

2.4.5. Przedwzmacniacz (P). Do pomiaru liczników proporcjonalnych z BF_3 może być stosowany przedwzmacniacz napięciowy lub ładunkowy. Przy stosowaniu przedwzmacniacza napięciowego należy przyłączyć badany licznik bezpośrednio do jego wejścia.

Zalecane dane techniczne przedwzmacniacza:

- rezystancja wejściowa około $1 \text{ M}\Omega$,
- pojemność wejściowa $10 \div 20 \text{ pF}$,
- maksymalna składowa stała napięcia wejściowego 4000 V ,
- czułość wejściowa

- a) wzmacniacza napięciowego około $50 \mu\text{V}$,
- b) wzmacniacza ładunkowego około $5 \times 10^{-15} \text{ C}$.

Zakres przenoszonych częstotliwości od około 5 kHz do co najmniej 5 MHz .

2.4.6. Wzmacniacz impulsów (W) powinien spełniać następujące warunki:

- wzmocnienie (wraz z przedwzmacniaczem) regulowane od 20 dB do co najmniej 100 dB (10^5 V/V co 2 dB),

- zakres przenoszonych częstotliwości do około 5 MHz do co najmniej 5 MHz ,

- stała czasu układu różniczkującego τ_r przełączalna $0,1; 1; 10; \infty \mu\text{s}$,

- stała czasu układu całkującego τ_c przełączalna $0; 0,1; 1; 10 \mu\text{s}$,

- amplituda napięcia szumów własnych na wyjściu wzmacniacza odniesiona do wejścia przedwzmacniacza $\max \frac{1}{5} \cdot \frac{U_{dr}}{k}$,

- nielinearność wzmacniacza $\max \pm 2\%$,
- dynamika amplitud impulsów wyjściowych min 30 dB .

Przy stosowaniu konwencjonalnych (lampowych) elektronicznych urządzeń pomiarowych zakres napięć amplitud impulsów wyjściowych powinien wynosić $3 \div 100 \text{ V}$.

2.4.7. Przelicznik impulsów (B) powinien mieć zdolność rozdzielczą lepszą niż $3 \mu\text{s}$.

2.4.8. Dyskryminator amplitudy impulsów (D) powinien spełniać następujące warunki:

- zdolność rozdzielcza lepsza niż $3 \mu\text{s}$,
- regulacja progu dyskryminacji 30 dB ,
- dopuszczalny błąd regulacji progu dyskryminacji $\max \pm 2\%$.

2.4.9. Analizator amplitudy impulsów (A). W pomiarach może być stosowany analizator jedno- lub wielokanałowy. Dane techniczne analizatora:

- dynamika napięć wejściowych analizatora 30 dB ,
- nielinearność różniczkowa analizatora $\max \pm 2\%$,

- szerokość kanału regulowana skokowo w zakresie min $(\frac{1}{100} \div \frac{1}{30}) U'_{d \max}$

Przy stosowaniu konwencjonalnych (lampowych), elektronicznych urządzeń pomiarowych regulowana

skokowo szerokość kanału powinna obejmować co najmniej wartości 1, 2 i 3 V.

- niestabilność szerokości kanału $\max \pm 2\%$.

2.5. Szczegółowe warunki pomiarów oraz wartości danych technicznych urządzeń pomiarowych dla określonego typu licznika i dla pomiaru określonego parametru powinny być zgodne z normą przedmiotową (warunkami technicznymi) na dany typ licznika.

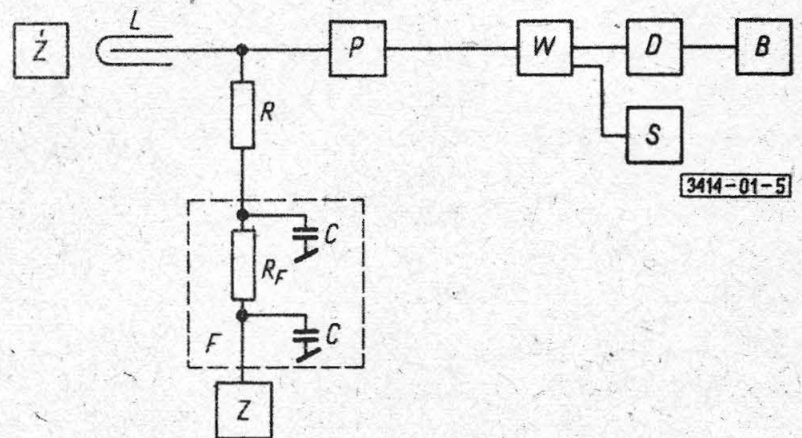
3. METODY POMIARÓW

3.1. Wyznaczanie charakterystyki napięciowej i parametrów z nią związanych

3.1.1. Wyznaczanie charakterystyki napięciowej

$$n = f(U_a) \text{ przy } U_d = U_{dr}$$

należy wykonać w układzie pomiarowym przedstawionym na rys. 5.



Rys. 5. Układ pomiarowy

Z - źródło neutronów, L - licznik badany, R - rezystancja pracy, F - filtr napięcia anodowego (wysokiego) o wartościach R_f i C wg 2.4.3, Z - zasilacz napięcia anodowego (wysokiego), P - przedwzmacniacz, W - wzmacniacz impulsów, S - synchronoskop kontrolny, B - przelicznik impulsów, D - dyskryminator amplitudy impulsów.

Roboczy próg dyskryminacji powinien być wybrany zgodnie z 1.3.8 i powinien wynosić $U_{dr} = (\frac{1}{5} \div \frac{1}{20}) U_{d \max}$

Charakterystykę należy mierzyć w zakresie napięć anodowych określonymi granicami:

- a) dolna granica odpowiada napięciu anodowemu, przy którym zaczyna się zliczanie impulsów,
- b) górna granica odpowiada napięciu anodowemu, przy którym częstość zliczeń przewyższa około dwa razy częstość zliczeń w zakresie plato.

Częstość zliczanych impulsów w zakresie plato powinna być mierzona z dokładnością nie mniejszą niż 1% .

Charakterystykę należy mierzyć co około $50 \div 100 \text{ V}$ z wyjątkiem początku i końca plato, gdzie pomiary powinny być wykonywane co $20 \div 50 \text{ V}$.

3.1.2. Wyznaczanie napięcia pracy U_r . Napięcie pracy należy wyznaczyć z charakterystyki napięciowej $n = f(U_a)$ zgodnie z 1.3.6.

3.1.3. Wyznaczanie długości plato. Długość plato mierzona w woltach (1.3.4) należy wyznaczyć wg wzoru

$$P_l = U_k - U_p$$

3.1.4. Wyznaczanie średniego nachylenia plato. Parametr ten mierzony w procentach na wolty (1.3.5) należy wyznaczyć wg wzoru

$$S = \frac{2(n_2 - n_1)}{(n_2 + n_1)P_L} \cdot 100$$

gdzie n_1 i n_2 wartości częstości impulsów odpowiednio dla początku i końca plato określone z charakterystyki napięciowej $n = f(U_a)$.

3.2. Pomiary całkowego rozkładu amplitud impulsów napięcia i parametrów z nim związanych

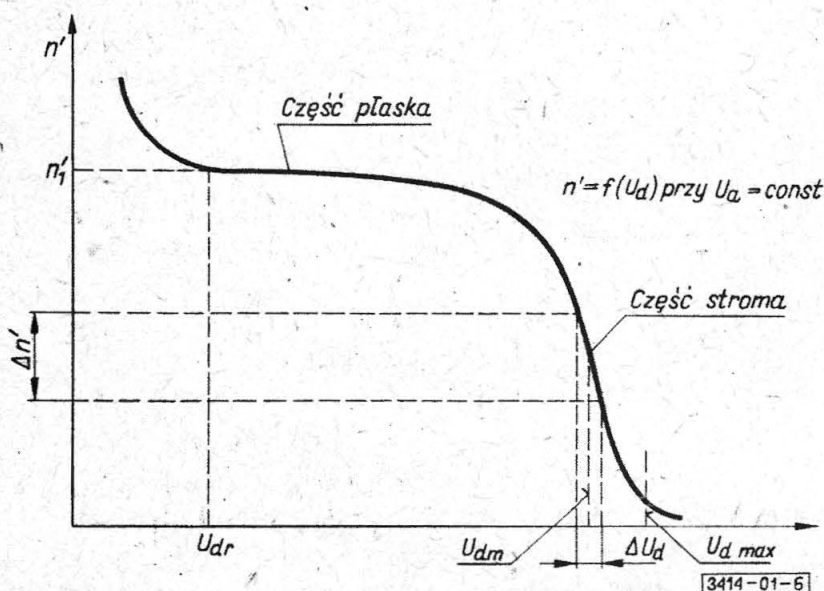
3.2.1. Pomiar całkowego rozkładu amplitud impulsów napięcia

$$n' = f(U_d) \quad \text{przy} \quad U_a = \text{const}$$

(1.3.7) należy wykonać w układzie pomiarowym podanym na rys. 5. Wyznaczanie charakterystyki przeprowadza się przy napięciu anodowym licznika, którego wartość odpowiada bądź napięciu pracy, bądź innej wartości leżącej zwykle w zakresie plato. Wybór wartości napięcia anodowego uzależniony jest od celu jakiego służy przeprowadzony pomiar.

3.2.2. Wyznaczanie znormalizowanego nachylenia całkowego rozkładu amplitud impulsów napięcia (1.3.10) mierzonego w procentach na wolty należy wykonać wg wzoru

$$S_d = \frac{\Delta n'}{n'} \cdot \frac{1}{\Delta U_d} \cdot 100$$



Rys. 6. Całkowy rozkład amplitud impulsów napięcia

Wartość ΔU_d (rys. 6) przyjmuje się zwykle

$$\left(\frac{1}{100} \div \frac{1}{30} \right) U_d \text{ max}$$

Wartość S_d określa się zwykle dla danego licznika dla dwóch wartości progu dyskryminacji U_d :

- w części płaskiej całkowego rozkładu dla $U_d = U_{dr}$,

- w części stromej całkowego rozkładu dla $(U_d = U_{dm})$

U_{dm} jest progiem dyskryminacji odpowiadającym największej zmianie (wyznaczonej doświadczalnie) częstości impulsów $\Delta n'$ charakterystyki całkowego rozkładu.

3.2.3. Wyznaczanie amplitudy najczęściej występujących impulsów napięcia, pochodzących od neutronów. Amplitudę, mierzona w miliwoltach, najczęściej występujących impulsów napięcia pochodzących od neutronów na wyjściu licznika należy wyznaczyć z całkowego rozkładu amplitud impulsów posługując się wzorem

$$\bar{U}_m = \frac{1000 U_{dm}}{k}$$

Wyznaczona wartość amplitudy impulsów napięcia odnosi się do napięcia anodowego licznika, przy którym był zmierzony wykorzystany całkowity rozkład amplitud impulsów.

3.2.4. Wyznaczanie amplitudy największych impulsów napięcia pochodzących od neutronów. Amplitudę, mierzona w miliwoltach, największych impulsów napięcia pochodzących od neutronów na wyjściu licznika (1.3.12) należy wyznaczyć z całkowego rozkładu amplitud impulsów posługując się wzorem

$$\bar{U}_{\text{max}} = \frac{1000 U_{d \text{ max}}}{k}$$

Wyznaczona wartość amplitudy impulsów napięcia odnosi się do napięcia anodowego licznika, przy którym był zmierzony wykorzystany całkowity rozkład amplitud impulsów.

Wartość $U_{d \text{ max}}$ wyznacza się z całkowego rozkładu amplitud impulsów jako próg dyskryminacji odcinający nie więcej niż pewną nieznaczną liczbę impulsów o wartości określonej w normie przedmiotowej (warunkach technicznych) na dany typ licznika.

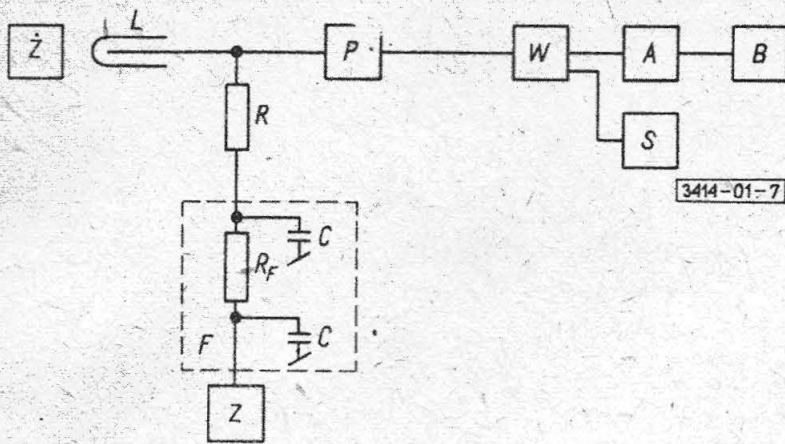
3.3. Wyznaczanie różniczkowego rozkładu amplitud impulsów i parametrów z nim związanych

3.3.1. Wyznaczanie różniczkowego rozkładu amplitud impulsów. Różniczkowy rozkład amplitud impulsów

$$\Delta n' = f(U'_d) \quad \text{przy} \quad U_a = \text{const} \quad \text{i} \quad \Delta U'_d = \text{const}$$

(1.3.11) należy mierzyć w układzie pomiarowym wg rys. 7.

Pomiar charakterystyki przeprowadza się przy napięciu anodowym licznika, którego wartość odpowiada bądź napięciu pracy, bądź innej wartości leżącej zwykle w zakresie plato. Wybór wartości napięcia anodowego uzależniony jest od celu, jakiego służy przeprowadzony pomiar.



Rys. 7. Układ pomiarowy i oznaczenia elementów układu

A - analizator amplitudy impulsów, pozostałe elementy - jak na rys. 5.

3.3.2. Wyznaczanie amplitudy najczęściej występujących impulsów napięcia, pochodzących od neutronów. Amplitudę, mierzona w miliwoltach, najczęściej występujących impulsów napięcia pochodzących od neutronów na wyjściu licznika należy wyznaczyć z różniczkowego rozkładu amplitud posługując się następującym wzorem

$$\bar{U}_m = \frac{1000 U'_{dm}}{k}$$

Wyznaczona wartość amplitudy impulsów napięcia odnosi się do napięcia anodowego licznika, przy którym był zmierzony wykorzystany różniczkowy rozkład amplitud impulsów.

3.3.3. Wyznaczanie amplitudy największych impulsów napięcia pochodzących od neutronów. Amplitudę, mierzona w miliwoltach, największych impulsów napięcia, pochodzących od neutronów na wyjściu licznika (1.3.12) należy wyznaczyć z różniczkowego rozkładu amplitud impulsów posługując się następującym wzorem

$$\bar{U}_{max} = \frac{1000 U'_{d max}}{k}$$

Wartość $U'_{d max}$ wyznacza się z różniczkowego rozkładu amplitud impulsów jako kanał analizatora, dla którego, jak i dla dalszych kanałów, jest zarejestrowana w sumie pewna nieznaczna liczba impulsów o wartości określonej w normie przedmiotowej (warunkach technicznych) na dany typ licznika.

Wyznaczona wartość amplitudy impulsów napięcia odnosi się do napięcia anodowego licznika, przy którym był zmierzony wykorzystany różniczkowy rozkład amplitud impulsów.

3.3.4. Wyznaczanie względnej szerokości połówkowej piku różniczkowego rozkładu amplitud impulsów. Parametr ten (1.3.29) mierzony w procentach należy wyznaczyć z różniczkowego rozkładu amplitud impulsów wg wzoru

$$WSPP = \frac{\Delta U_{dp}}{U'_{dm}} \cdot 100$$

3.3.5. Wyznaczanie stosunku wartości minimalnej do maksymalnej różniczkowego rozkładu impulsów. Stosunek ten oznaczony literą p , mierzony w procentach, należy wyznaczyć z charakterystyki różniczkowego rozkładu amplitud impulsów (rys.4) wg wzoru

$$p = \frac{\Delta n'_{min}}{\Delta n'_{max}} \cdot 100$$

3.4. Wyznaczanie charakterystyki wzmocnienia gazowego i jej nachylenia

3.4.1. Wyznaczanie charakterystyki wzmocnienia gazowego. Charakterystykę wzmocnienia gazowego

$$M = f(U_a) \quad (1.3.14 \text{ i } 1.3.15) \quad (\text{rys. } 9)$$

należy wyznaczyć pośrednio mierząc charakterystykę

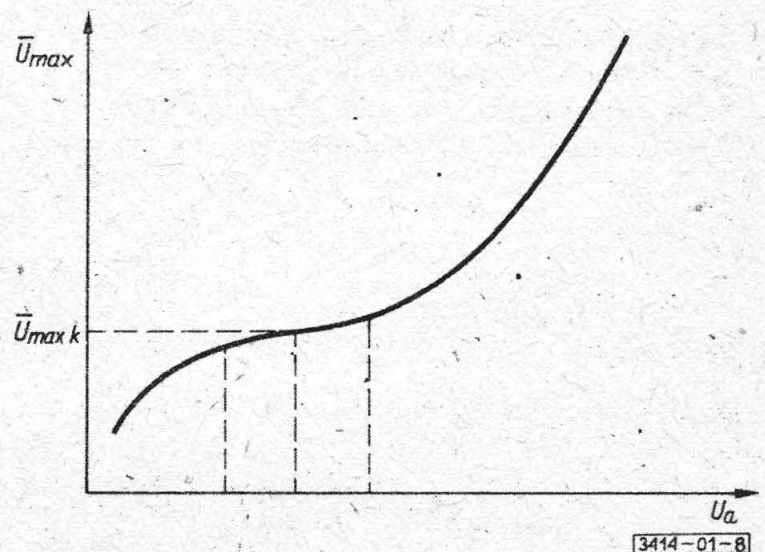
$$\bar{U}_{max} = f(U_a) \quad (3.2.4 \text{ i } 3.3.3)$$

i obliczając wartości M odpowiadające różnym wartościom U_a wg wzoru

$$M = \frac{\bar{U}_{max}}{U_{max k}}$$

Wartość $\bar{U}_{max k}$ należy wyznaczyć z charakterystyki $\bar{U}_{max} = f(U_a)$ jako średnią wartość początkowej płaskiej części charakterystyki (rys. 8).

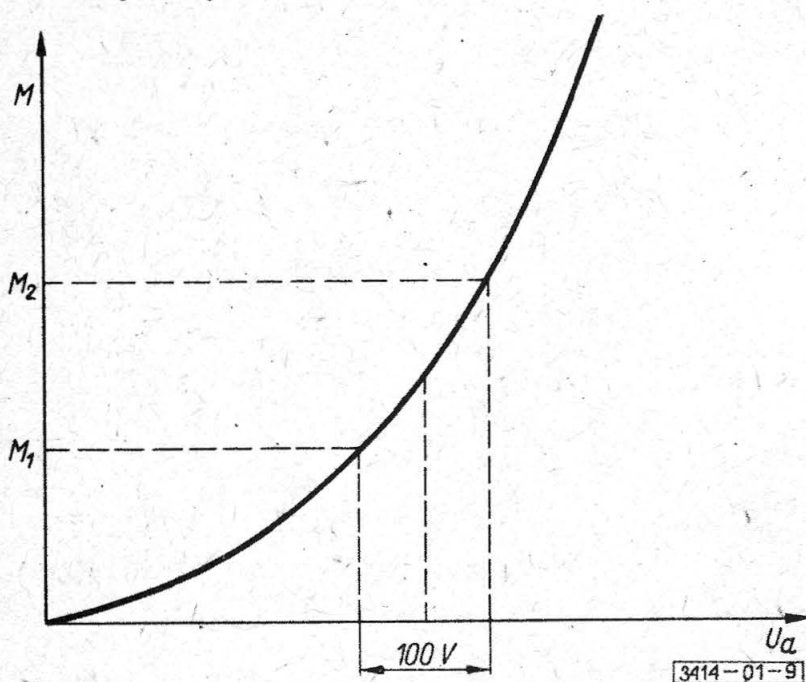
Dla liczników o bardzo małych średnicach (miniaturowych) dopuszcza się wyznaczanie charakterystyki $M = f(U_a)$ przez pomiar charakterystyki $\bar{U} = f(U_a)$ dla zakresu napięć U_a podanego w normie przedmiotowej (warunkach technicznych) na dany typ licznika.

Rys. 8. Charakterystyka $\bar{U}_{max} = f(U_a)$

3.4.2. Wyznaczanie współczynnika przyrostu wzmocnienia gazowego. Współczynnik przyrostu wzmocnienia gazowego (1.3.16) należy wyznaczyć wg wzoru

$$S_M = \frac{M_2}{M_1}$$

gdzie M_1 i M_2 wartości współczynnika wzmocnienia gazowego dla napięć U_a różniących się o 100 V, przy czym wartości M_2 odpowiada wyższe napięcie U_a (rys. 9). Wyznaczony w ten sposób współczynnik przyrostu wzmocnienia gazowego odnosi się umownie do wartości napięcia anodowego licznika leżącej w środku 100 woltowego przedziału (rys. 9). W normie przedmiotowej (warunkach technicznych) na dany typ licznika powinien być podany zakres napięć U_a , w którym współczynnik S_M jest stały z dopuszczalną odchyłką $\pm 10\%$.



rys. 9. Charakterystyka $M=f(U_a)$

3.5. Pomiar wydajności, wydajności właściwej i zakresu mierzonej gęstości strumienia neutronów termicznych

3.5.1. Wyznaczanie wydajności dla neutronów termicznych. Wydajność dla neutronów termicznych w przypadku skolimowanej wiązki neutronów przebiegającej równoległe do osi licznika należy wyznaczyć wg wzoru

$$w = e^{-N\delta\Delta} (1 - e^{-N\delta l})$$

Wydajność wyraża się w imp/ n_0 .

3.5.2 Wyznaczanie wydajności właściwej dla neutronów termicznych. Wydajność właściwą dla neutronów termicznych w_w mierzoną w centymetrach kwadratowych należy wyznaczyć wg wzoru

$$w_w = 3,6 \cdot 10^{-21} \cdot N'V$$

w którym przyjęto przekrój czynny na reakcję, $n \propto \delta = 4010 \cdot 10^{-24} \text{ cm}^2$.

Wydajność właściwą wyraża się w imp/ $n_0 \cdot v$

Objętość czynną licznika v_w w cm^3 (1.3.25) należy wyznaczyć z długości czynnej licznika (1.3.26) i ze średnicy wewnętrznej katody.

3.5.3. Wyznaczanie rozrzutu względnej wydajności. Rozrzut względnej wydajności r_w (1.3.27) mierzony w procentach należy wyznaczyć wg wzoru

$$r_w = \frac{n_{egz} - n_{wz}}{n_{wz}} \cdot 100$$

Częstość zliczeń należy mierzyć dla napięcia anodowego równego napięciu pracy w układzie pomiarowym jak w 3.1.1. Pomiar n_{egz} i n_{wz} należy wykonać w ustalonych warunkach pomiarowych.

Licznik wzorcowy jest licznikiem, którego częstość zliczeń jest najbliższa średniej arytmetycznej wartości n_{egz} . Wybiera się go spośród możliwie dużej, przebadanej partii liczników danego typu.

3.5.4. Wyznaczanie niestabilności czasowej wydajności względnej. Niestabilność czasową wydajności względnej Z_t (1.3.28) mierzona w procentach należy wyznaczyć wg wzoru

$$Z_t = \frac{2(n'_{t1} - n'_{t2})}{(n'_{t1} + n'_{t2})} \cdot 100$$

Częstość zliczeń n_{t1} i n_{t2} należy mierzyć w ustalonych warunkach pomiaru dla napięcia anodowego równego napięciu pracy w układzie pomiarowym, wg 3.1.1.

3.5.5. Wyznaczanie dolnej granicy zakresu pomiarowego gęstości strumienia neutronów termicznych. Dolną granicę zakresu pomiarowego gęstości strumienia neutronów termicznych Φ_{n01} (1.3.19) należy wyznaczyć wg wzoru

$$\Phi_{n01} = 1,7 \cdot B_g \cdot \frac{1}{w_w}$$

gdzie B_g i w_w są wyznaczone według 3.7.1 i 3.5.2, Φ_{n01} wyraża się w $n'_0 \cdot v$.

3.5.6. Wyznaczanie górnej granicy zakresu pomiarowego gęstości strumienia neutronów termicznych. Górną granicę zakresu pomiarowego gęstości strumienia neutronów termicznych Φ_{n02} (1.3.20) należy wyznaczyć ze wzoru

$$\Phi_{n02} = n_{\max} \cdot \frac{1}{w_w}$$

gdzie n_{\max} i w_w są wyznaczone wg 3.7.2 i 3.5.2, Φ_{n02} wyraża się w $n'_0 \cdot v$.

3.6. Pomiary przy promieniowaniu gamma

3.6.1. Wyznaczanie amplitudy największych impulsów napięcia pochodzących od promieniowania gamma. Amplitudę mierzoną w miliwoltach największych impulsów napięcia pochodzących od promieniowania gamma $\bar{U}_{\gamma\max}$ należy wyznaczyć ze wzoru

$$\bar{U}_{\gamma\max} = \frac{1000 U_{dy}}{k}$$

Wartość U_{dy} (1.3.13) należy wyznaczyć z całkowitego rozkładu amplitud impulsów zmierzonych wg 3.2.1.

3.6.2. Wyznaczanie największej mocy dawki promieniowania gamma, przy której można jeszcze stosować licznik do pomiaru neutronów $D_{\gamma max}$. Parametr ten (1.3.21) należy określić przez wyznaczenie szeregu charakterystyk napięciowych zmierzonych wg 3.1.1, w którym zastosowano równocześnie źródło neutronów i źródło promieniowania gamma. Charakterystyki należy mierzyć kolejno przy różnych wartościach mocy dawki promieniowania gamma. Kryterium dla określenia dopuszczalnego poziomu mocy dawki promieniowania gamma, przy którym licznik można jeszcze stosować do pomiaru neutronów są wartości długości i nachylenia plato, wyznaczone wg 3.1.3 i 3.1.4.

3.7. Pomiary różnych parametrów

3.7.1. Pomiar biegu własnego (B_g) licznika w osłonie. Bieg własny należy mierzyć w układzie pomiarowym wg 3.1.1 bez źródeł promieniowania. Grubość osłony kadmowej licznika powinna wynosić co najmniej 0,5 mm, natomiast grubość osłony ołowianej powinna wynosić co najmniej 5 cm.

Pomiar należy wykonać przy roboczym progu dyskryminacji U_{dr} dla napięcia pracy lub szeregu napięć anodowych.

3.7.2. Wyznaczanie największej częstości zliczanych impulsów n_{max} (1.3.20) należy wykonać, wyznaczając zależność częstości zliczeń n od gęstości strumienia neutronów Φ_{no} . n_{max} jest to wartość, przy której odchylenie ($n_{pt} - n_{max}$) wyznaczonej zależności $n = f(\Phi_{no})$ od teoretycznej prostej (rys. 10), wynosi 10% n_{pt} .

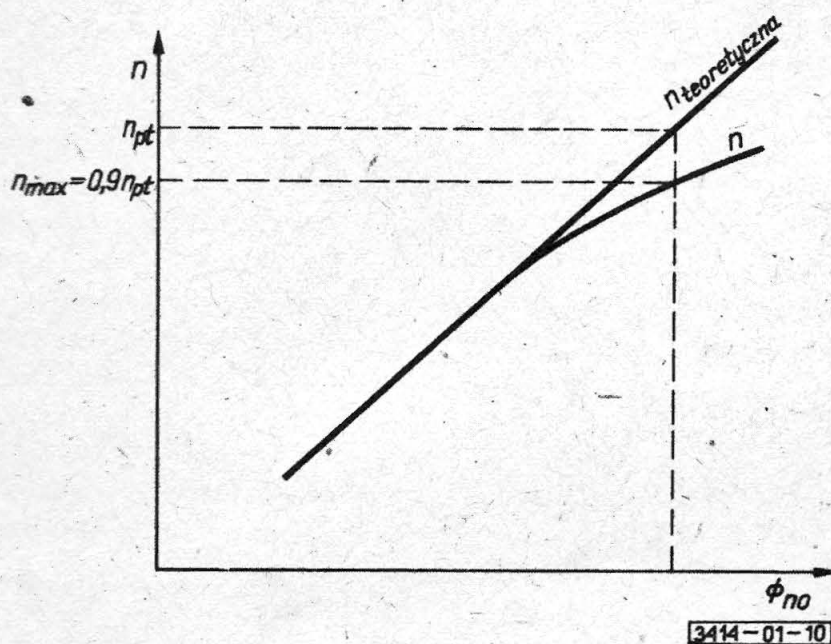
Pomiary należy przeprowadzić w układzie wg 3.1.1 przy napięciu anodowym równym napięciu pracy licznika.

3.7.3. Pomiar czasu narastania impulsów (t_n). Czas narastania impulsów wyznacza się jako średni czas, w ciągu którego amplitudy najczęściej występujących impulsów narastają 0,1 ÷ 0,9 swej maksymalnej wartości. Przy pomiarze należy stosować synchronoskop pomiarowy, pozwalający na pomiar bez zniekształceń czasów narastania powyżej 0,1 μs przy amplitudach napięcia 1 ÷ 10 mV. Licznik należy przyłączać do typowego układu zasilacza anodowego z filtrem wysokiego napięcia i rezystancją pracy R. Pomiar przeprowadza się przy napięciu anodowym równym napięciu pracy licznika lub przy różnych napięciach anodowych. Do pomiaru stosuje się źródło neutronów dające częstość zliczeń w zakresie $10^2 \div 10^3$ imp/s.

3.7.4. Wyznaczanie największego dopuszczalnego napięcia anodowego ($U_{a max}$). Największe dopuszczalne napięcie anodowe (1.3.22) należy wyznaczyć w układzie pomiarowym wg rys. 5 bez źródeł promieniowania. Do obserwacji gwałtownego wzrostu impulsów fałszywych służy synchronoskop oraz przełącznik. Pomiar należy przeprowadzić przy roboczym progu dyskryminacji U_{dr} . Największa dopuszczalna wartość napięcia anodowego jest równa 0,8 wartości napięcia anodowego, przy którym występuje gwałtowny wzrost impulsów fałszywych.

3.7.5. Pomiar rezystancji licznika (R_w). Wartość rezystancji licznika (1.3.23) należy określić metodą techniczną, włączając w obwód miernik prądu. Pomiar przeprowadza się przy napięciu o wartości określonej w normie przedmiotowej (warunkach technicznych) na dany typ licznika.

3.7.6. Pomiar pojemności wyjściowej (C_{ak}). Pojemność wyjściową (1.3.24) należy mierzyć typowym mostkiem do pomiaru małych pojemności, zapewniającym dokładność pomiaru nie gorszą niż 0,5 pF.



Rys. 10 Charakterystyka $n = f(\Phi_{no})$

K O N I E C

INFORMACJE DODATKOWE

1. WSTĘP

- 1.1. Przedmiot normy
- 1.2. Symbole stosowane w normie
- 1.3. Określenia
 - 1.3.1. Układ pomiarowy
 - 1.3.2. Charakterystyka napięciowa
 - 1.3.3. Plato
 - 1.3.4. Długość plato
 - 1.3.5. Średnie nachylenie plato
 - 1.3.6. Napięcie pracy
 - 1.3.7. Całkowy rozkład amplitud impulsów napięcia
 - 1.3.8. Roboczy próg dyskryminacji
 - 1.3.9. Względna zmiana częstości impulsów
 - 1.3.10. Znormalizowane nachylenie całkowego rozkładu amplitud impulsów napięcia
 - 1.3.11. Różniczkowy rozkład amplitud impulsów napięcia
 - 1.3.12. Amplituda największych impulsów napięcia pochodzących od neutronów na wyjściu licznika
 - 1.3.13. Amplituda największych impulsów napięcia pochodzących od promieniowania gamma na wyjściu licznika
 - 1.3.14. Współczynnik wzmocnienia gazowego
 - 1.3.15. Charakterystyka wzmocnienia gazowego
 - 1.3.16. Współczynnik przyrostu wzmocnienia gazowego
 - 1.3.17. Wydajność
 - 1.3.18. Wydajność właściwa
 - 1.3.19. Dolna granica zakresu pomiarowego gęstości strumienia neutronów
 - 1.3.20. Górna granica zakresu pomiarowego gęstości strumienia neutronów
 - 1.3.21. Największa moc dawki promieniowania gamma, przy której licznik można jeszcze stosować do pomiaru neutronów
 - 1.3.22. Największe dopuszczalne napięcie anodowe
 - 1.3.23. Rezystancja licznika
 - 1.3.24. Pojemność wyjściowa licznika
 - 1.3.25. Objętość czynna licznika
 - 1.3.26. Długość czynna licznika
 - 1.3.27. Wydajność względna
 - 1.3.28. Niestabilność czasowa wydajności względnej
 - 1.3.29. Względna szerokość połowkowa piku różniczkowego rozkładu amplitud impulsów
 - 1.3.30. Pozostałe określenia
- 1.4. Normy związane

2. OGÓLNE WARUNKI POMIARÓW

- 2.1. Warunki atmosferyczne w czasie pomiarów
- 2.2. Pomieszczenia do wykonywania pomiarów
- 2.3. Źródła promieniowania
 - 2.3.1. Źródła neutronów
 - 2.3.2. Źródła promieniowania gamma
- 2.4. Urządzenia elektroniczne do pomiarów
 - 2.4.1. Postanowienia ogólne
 - 2.4.2. Zasilacz napięcia anodowego
 - 2.4.3. Filtr napięcia anodowego
 - 2.4.4. Rezystancja pracy
 - 2.4.5. Przedwzmacniacz
 - 2.4.6. Wzmacniacz impulsów
 - 2.4.7. Przelicznik impulsów
 - 2.4.8. Dyskryminator amplitudy impulsów
 - 2.4.9. Analizator amplitudy impulsów
- 2.5. Szczegółowe warunki pomiarów oraz wartości danych technicznych urządzeń pomiarowych dla określonego typu licznika i dla pomiaru określonego parametru

3. METODY POMIARÓW

- 3.1. Wyznaczanie charakterystyki napięciowej i parametrów z nią związanych
 - 3.1.1. Wyznaczanie charakterystyki napięciowej
 - 3.1.2. Wyznaczanie napięcia pracy
 - 3.1.3. Wyznaczanie długości plato
 - 3.1.4. Wyznaczanie średniego nachylenia plato
- 3.2. Pomiar całkowego rozkładu amplitud impulsów napięcia i parametrów z nim związanych
 - 3.2.1. Pomiar całkowego rozkładu amplitud impulsów napięcia
 - 3.2.2. Wyznaczanie znormalizowanego nachylenia całkowego rozkładu amplitud impulsów napięcia
 - 3.2.3. Wyznaczanie amplitudy najczęściej występujących impulsów napięcia, pochodzących od neutronów
 - 3.2.4. Wyznaczanie amplitudy największych impulsów napięcia pochodzących od neutronów
- 3.3. Wyznaczanie różniczkowego rozkładu amplitud impulsów i parametrów z nim związanych
 - 3.3.1. Wyznaczanie różniczkowego rozkładu amplitud impulsów
 - 3.3.2. Wyznaczanie amplitudy najczęściej występujących impulsów napięcia pochodzących od neutronów
 - 3.3.3. Wyznaczanie amplitudy największych impulsów napięcia pochodzących od neutronów
 - 3.3.4. Wyznaczanie względnej szerokości połowkowej piku różniczkowego rozkładu amplitud impulsów
 - 3.3.5. Wyznaczanie stosunku wartości minimalnej do maksymalnej różniczkowego rozkładu impulsów
- 4.3. Wyznaczanie charakterystyki wzmocnienia gazowego i jej nachylenia
 - 3.4.1. Wyznaczanie charakterystyki wzmocnienia gazowego
 - 3.4.2. Wyznaczanie współczynnika przyrostu wzmocnienia gazowego
- 3.5. Pomiar wydajności, wydajności właściwej i zakresu mierzonej gęstości strumienia neutronów termicznych
 - 3.5.1. Wyznaczanie wydajności dla neutronów termicznych
 - 3.5.2. Wyznaczanie wydajności właściwej dla neutronów termicznych
 - 3.5.3. Wyznaczanie rozrzutu względnej wydajności
 - 3.5.4. Wyznaczanie niestabilności czasowej wydajności względnej
 - 3.5.5. Wyznaczanie dolnej granicy zakresu pomiarowego gęstości strumienia neutronów termicznych
 - 3.5.6. Wyznaczanie górnej granicy zakresu pomiarowego gęstości strumienia neutronów termicznych
- 3.6. Pomiar przy promieniowaniu gamma
 - 3.6.1. Wyznaczanie amplitudy największych impulsów napięcia pochodzących od promieniowania gamma
 - 3.6.2. Wyznaczanie największej mocy dawki promieniowania gamma, przy której można jeszcze stosować licznik do pomiaru neutronów
- 3.7. Pomiar różnych parametrów
 - 3.7.1. Pomiar biegu własnego (B_0) licznika w osłonie
 - 3.7.2. Wyznaczanie największej częstości zliczanych impulsów
 - 3.7.3. Pomiar czasu narastania impulsów
 - 3.7.4. Wyznaczanie największego dopuszczalnego napięcia anodowego
 - 3.7.5. Pomiar rezystancji licznika
 - 3.7.6. Pomiar pojemności wyjściowej