

CWICZENIE 7

PRZEDWZMACNIACZ ŁADUNKOWY

I. Zakres ćwiczenia

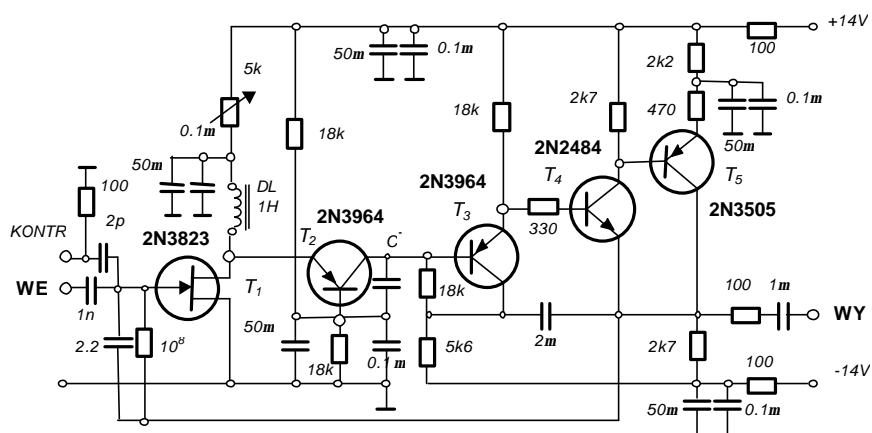
- Pomiar podstawowych parametrów znamionowych przedwzmacniaczy ładunkowych; zapoznanie się z odnosnymi przepisami normalizacyjnymi.

W zakres ćwiczenia wchodzi następujące procedury pomiarowe:

- pomiar czułości ładunkowej (energetycznej) k_q ,
- pomiar rozmycia szumowego $\Delta_{1/2}$ i rozdzielczości energetycznej (FWHM_{Si}) przedwzmacniacza,
- pomiar pojemnościowego przyrostu rozdzielczości energetycznej $\Delta(\text{FWHM})$.
- pomiar pojemności dynamicznej C_{dyn} ,
- pomiar czasu narastania t_n i opadania t_o odpowiedzi wzmacniacza.

II. Przedmiot ćwiczenia

Przedmiotem ćwiczenia jest laboratoryjny model przedwzmacniacza ładunkowego w wersji z „rezystywną” pętlą ładunkowego sprzężenia zwrotnego. Jego schemat ideowy przedstawiono na rysunku 1.



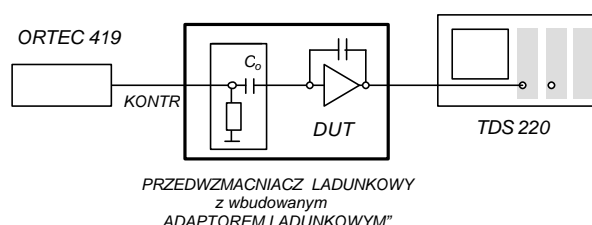
Rys. 1. Schemat ideowy badanego przedwzmacniacza ładunkowego

Sekcje wejściowa wykonano w układzie konwencjonalnym. Obejmuje ona w pierwszym stopniu tranzystor polowy JFET- T_1 z obciążeniem dławikowym (DL) oraz w stopniu drugim, tranzystor bipolarny T_2 pracujący w układzie OB (ze wspólną bazą). Sekcje wyjściowa tworzy kaskada tranzystorów T_3 , T_4 oraz T_5 stanowiąca wzmacniacz o wzmacnieniu jednostkowym ($k_v = 0,9999$), „bootstrapujący” rezystor obciążenia tranzystora T_2 . Układ ten jest wzorowany na oryginalnym projekcie E. Coiantego.

Alternatywne rozwiązanie układowe, wykorzystane w krajowej konstrukcji fabrycznej ZZUJ POLON, zmontowano w standardowym MODULE CWICZENIOWYM. Jego schemat ideowy uwidocznił na płycie czołowej modułu.

III. Program ćwiczenia - instrukcja szczegółowa**1) Pomiar czułości ładunkowej i energetycznej**

Zestawić układ pomiarowy według schematu podanego na rysunku 2.



Rys. 2. Schemat zestawu do pomiaru czułości ładunkowej przedwzmacniacza

Dla założonej wartości amplitudy sygnału wejściowego V_p pobieranego z generatora impulsów wzorcowych ORTEC 419 dokonać pomiaru amplitudy odpowiedzi $V_{o\max}$ przedwzmacniacza za pomocą synchroskopu pomiarowego TDS 220. (Z powodzeniem można też posłużyć się generatorem fali prostokątnej o relatywnie małej częstotliwości np. HP 33120A). Pomiar ten wykonać dla kilku różnych poziomów sygnału wejściowego mieszczących się w zakresie liniowej pracy przedwzmacniacza (20 ÷ 100 mV).

Wzmocnienie (czułość) ładunkowe wyznaczyć na podstawie definicji tej wielkości, przy czym ładunek wejściowy iniekowany poprzez adaptor ładunkowy Q_i określa prosty związek

$$Q_i = V_i C_0,$$

gdzie:

- C_0 – pojemność przelotowa adaptora ładunkowego,
- V_p – amplituda impulsu napięciowego generatora wzorcowego.

Na podstawie uzyskanych danych pomiarowych wyznaczyć wartość czułości energetycznej odniesionej do detektora krzemowego ($W_{Si} = 3,6 \text{ eV/pare e-h}$), zgodnie z relacją

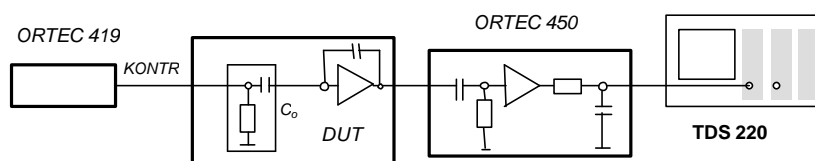
$$A_{Si} = 4,44 \frac{V_{o\max}}{V_p C_0} \quad [\text{mV/MeV}]$$

przy czym amplituda impulsu generatora wzorcowego V_p oraz impulsu wyjściowego $V_{o\max}$ wyrażone są w mV, zaś pojemność adaptora ładunkowego C_0 w pF.

2) Pomiar energetycznej zdolności rozdzielczej

Pomiar ten jest równoznaczny z pomiarem rozmycia szumowego przedwzmacniacza. Międzynarodowe zalecenia normalizacyjne przewidują dwie metody pomiarowe: **metode wielokanalowego analizatora amplitudy** oraz **metode woltomierza wartości średniej kwadratowej i oscyloskopu**.

Stanowisko ćwiczeniowe wyposażone jest w aparaturę do pomiaru drugą z wymienionych metod. Schemat układu pomiarowego według tej metody podano na rysunku 7.3



Rys. 3. Schemat zestawu do pomiaru energetycznej zdolności rozdzielczej przedwzmacniacza

Procedura pomiarowa obejmuje dwa etapy. W pierwszym dokonuje się pomiaru wartości średniokwadratowej napięcia szumów $V_{N\text{rms}}$ na wyjściu toru pomiarowego (tj. na wyjściu wzmacniacza kształtującego) przy **odłączonym** generatorze impulsów wzorcowych. W drugim etapie, przy zachowaniu takich samych warunków pracy wzmacniacza głównego, przeprowadzany jest pomiar amplitudy impulsu wyjściowego wzmacniacza głównego $V_{o\text{max}}$ stanowiącego odpowiedź na wejściowy impuls wzorcowy V_p . Pomiar ten wykonywany jest za pomocą oscyloskopu pomiarowego.

Przeprowadzić **kilka pełnych cykli pomiarowych** dla różnych wartości stałych czasowych wzmacniacza głównego (kształtującego) w **warunkach identyczności stałych czasowych różniczkowania i całkowania**.

Obliczyć wartości $FWHM_{Si}$ dla wybranych wartości stałych czasowych $\tau = \tau_d = \tau_i$ korzystając z formuły

$$FWHM_{Si} = 0,053 \frac{C_0 V_p V_{N\text{rms}}}{V_{o\text{max}}} \quad [\text{keV}],$$

gdzie:

$$\begin{aligned} V_p, V_{N\text{rms}} &- \text{ w mV,} \\ C_0 &- \text{ w pF,} \\ V_{o\text{max}} &- \text{ w V.} \end{aligned}$$

Rezultaty pomiarów przedstawić w formie wykresu zależności $FWHM_{Si}$ od wartości stałej czasowej τ .

3) Pomiar przyrostu pojemnościowego „rozmycia szumowego”

Pomiary przeprowadzić w tym samym układzie pomiarowym (rys. 3) dla szeregu dołączanych na wejście (WE) przedwzmacniacza dodatkowych pojemności. Wykonać je przy stałych czasowych wzmacniacza głównego równych $\tau_d = \tau_i = 2 \mu\text{s}$. (Uwzględnić wpływ pojemności szeregowej 1 nF w tej gałęzi przedwzmacniacza!).

Wyniki pomiarów zestawic tabelarycznie i przedstawić w formie wykresu zależności rozmycia szumowego (FWHM) od pojemności wejściowej.

4) Wyznaczenie pojemności dynamicznej przedwzmacniacza

Podstawę do wyznaczenia wyjściowej pojemności dynamicznej przedwzmacniacza stanowią podstawowe formuły wynikające z analizy sygnałowej układu, a mianowicie:

$$C_{dyn} = (1+K_v) C_F,$$

$$K_q = \frac{K_v}{C_B + (1+K_v)C_T} = \frac{V_o}{Q_i},$$

gdzie:

- C_{dyn} – wyznaczana pojemność dynamiczna,
- C_B – układowa pojemność równoległa,
- C_F – pojemność w petli sprzężenia zwrotnego,
- K_v – wzmacnienie sekcji ładunkowej w otwartej petli,
- V_o – napięcie wyjściowe przedwzmacniacza,
- Q_i – ładunek wyjściowy iniekowany do wzmacniacza.

Cykl pomiarowy obejmuje dwie identyczne procedury pomiarowe w warunkach takiego samego wymuszenia ($Q_i = \text{const}$); pierwsza bez dołączanej pojemności zewnętrznej i druga przy dołączonej dodatkowej pojemności wyjściowej.

Oznaczając symbolem V_{o1} napięcie wyjściowe otrzymywane w pierwszym przypadku tj. dla $C_B = 0$, zaś symbolem V_{o2} napięcie wyjściowe w przypadku drugim, na podstawie podanych wyżej zależności można wyznaczyć następującą formułę

$$C_{dyn} = C_B \frac{V_{o2}}{V_{o1} - V_{o2}}.$$

Pomiary powyższe przeprowadzić w układzie podanym na rysunku 2.

Przy dostatecznie dużej wartości współczynnika wzmacnienia napięciowego K_v czułość ładunkowa (wzmacnienie ładunkowe) z dobrym przybliżeniem można wyrazić jako odwrotność pojemności C_F . Na miarę tego przybliżenia można zatem wyznaczyć wartość współczynnika K_v , korzystając z formuły opisującej zależność pojemności dynamicznej od K_v i C_F .

Wyznaczone w powyższych procedurach wartości K_v i C_F przy zadanej wartości C_B pozwalają ocenić **zapas wzmacnienia** przedwzmacniacza K_{res} .

Rezultaty pomiarów i odnosnych obliczeń zestawić w tabelce.

5) Pomiar czasu narastania i zaniku impulsu wyjściowego

Pomiarów dokonać w układzie zestawionym do pomiaru czułości ładunkowej (według rys.2), odczytując z ekranu oscyloskopu współrzędne czasowe impulsu wyjściowego niezbędne dla obliczenia wartości wyznaczanych parametrów.

Czas narastania t_n wyznaczyć według kryterium 10 i 90% amplitudy impulsu, natomiast czas zaniku t_o według kryterium spadku poziomu sygnału do 1% amplitudy.

Ze względu na subiektywność odczytów powtórzyć powyższe pomiary wielokrotnie i wyznaczyć wartości oczekiwane zgodnie z zasadami opracowywania wyników pomiaru.

IV. Wyposażenie stanowiska ćwiczeniowego

- Przedwzmacniacz ładunkowczy (DUT) względnie
- Moduł ćwiczeniowy: PRZEDWZMACNIACZ LADUNKOWY 1005 A
- Wzmacniacz kształtujący: typ ORTEC 450 (Research Amplifier)
- Oscyloskop pomiarowy: typ TDS 220
- Woltomierz wartości średniokwadratowej: typ HP 3400 (RMS Voltmeter)
- Generator impulsów wzorcowych typu ORTEC 419 lub HP 33120A
- Zasilacz niskiego napięcia: typ HP E3630A
- Komplet pojemności zakapsulowanych w obudowie wtyku BNC

V. Literatura pomocnicza

- [1] Dabek T., Korbel K.: *Parametry przedwzmacniaczy ładunkowych i metody ich pomiarów*. Raport INT 141/E, Kraków 1979
- [2] *Electrical Measuring Instruments Used in Connection with Ionizing Radiation. Draft - Standard test procedures. Amplifiers and preamplifiers for semiconductor radiation detectors*. Genewa, International Technical Commission. Technical Committee No. 45
- [3] Korbel K.: *Elektronika jądrowa. Cz. II. Układy elektroniki jądrowej*. Kraków, Wyd. AGH 1985
- [4] Korbel K.: *Układy elektroniki „Front-End”*. Kraków, UWND AGH 2000