

CWICZENIE 1

UKŁADY ODCZYTU DETEKTORÓW PROMIENIOWANIA JONIZUJĄCEGO

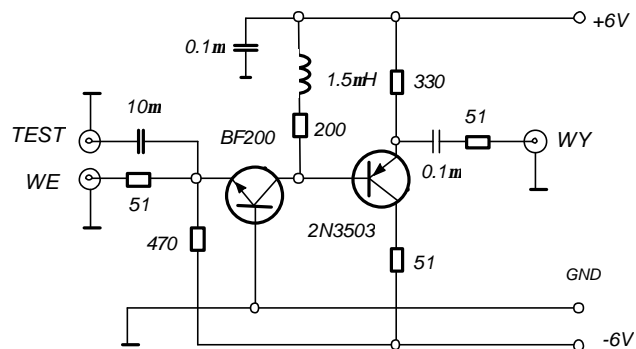
I. Zakres ćwiczenia.

Weryfikacja doświadczalna dopełnienia warunków kryterialnych nakładanych na przedwzmacniacze przeznaczone do pracy w systemie prądowym i napięciowym. Porównanie odpowiedzi uzyskiwanych w trzech systemach pracy układów odczytu licznika scyntylacyjnego (prądowym, napięciowym i napięciowo-prądowym). Badanie własności układu pomiaru średniego poziomu.

II. Przedmiot ćwiczenia.

Przedmiotem ćwiczenia jest zestaw doświadczalno-demonstracyjny obejmujący licznik scyntylacyjny z kryształem NaJ(Tl) oraz dwa przedwzmacniacze; przeznaczone do pracy, odpowiednio, w systemie prądowym i napięciowym.

Na rysunku 1 przedstawiono schemat wzmacniacza rekomendowanego do pracy w systemie prądowym względnie napięciowo-prądowym.

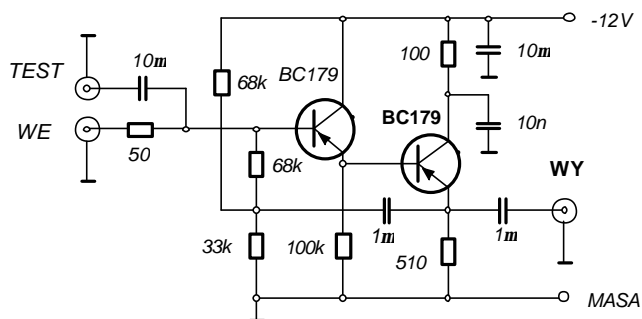


Rys. 1. Schemat ideowy wzmacniacza przeznaczonego do pracy w systemie prądowym

Wzmacniacz pracujący w tym systemie musi charakteryzować się bardzo niską rezystancją wejściową i odznaczać szerokim pasmem przenoszenia. Istnieją różne sposoby spełnienia takich warunków. W ćwiczeniu zastosowano stosunkowo prosty układ ze stopniem wejściowym o wspólnej bazie i kompensacją dwójnikową charakterystyki przenoszenia.

Do pracy w systemie napięciowym wymagany jest natomiast wzmacniacz o wysokiej rezystancji wejściowej i relatywnie węższym pasmie przenoszenia. Tego rodzaju wymagania spełnia układ, którego schemat ideowy przedstawiono na rysunku 2. Jest to konwencjonalny układ *super-alfa* z „bootstrapowaniem” rezystora w obwodzie bazy pierwszego stopnia.

Dla wygody opisu w dalszej części instrukcji obydwie przedwzmacniacze będą określane odpowiednio mianem wzmacniacza prądowego (CA – *current amplifier*) oraz wzmacniacza napięciowego (VA – *voltage amplifier*).



Rys. 2. Schemat ideowy wzmacniacza do pracy w systemie napięciowym

Obydwie przedwzmacniacze zmontowano w identycznych obudowach. Rysunek 3 pokazuje schematycznie rozmieszczenie łącz (gniazd i wtyków) na obudowach obu wzmacniaczy.

Symbole użyte na schemacie oznaczają odpowiednio:

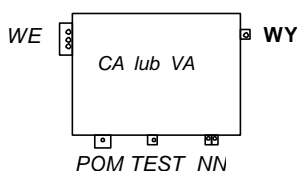
WE – gniazdo wejściowe łączące wzmacniacz z detektorem (za pośrednictwem skrzynki rozdzielczej),

WY – gniazdo wyjściowe sygnału,

TEST – gniazdo wejściowe dla pomiarów testujących wzmacniacza,

NN – zespół gniazd doprowadzających napięcie zasilające wzmacniacz,

POM – gniazdo pomocnicze do pracy z pominięciem puszkii rozdzielczej.



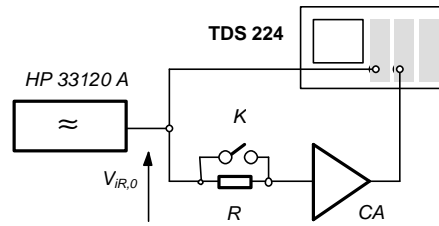
Rys. 3. Rozmieszczenie gniazd i kontrwtyków na obudowie przedwzmacniaczy

III. Program ćwiczenia - instrukcja szczegółowa.

1) Pomiar testujący przedwzmacniaczy.

Celem tych pomiarów jest stwierdzenie czy spełniają one założenia kryterialne kwalifikujące je do kategorii układów prądowych lub napięciowych. Założenia kryterialne dotyczą w szczególności **oporności** R_i i **pojemności** C_i przedwzmacniaczy oraz ich **szerokości pasma przenoszenia** **BW** (*Bandwidth*).

- Pomiar R_i i C_i (tj. składowej czynnej i biernej impedancji wejściowej Z_i) należy przeprowadzić metodą, której zasadę ilustruje przedstawiony na rysunku 4 szczegółowy schemat układu pomiarowego.



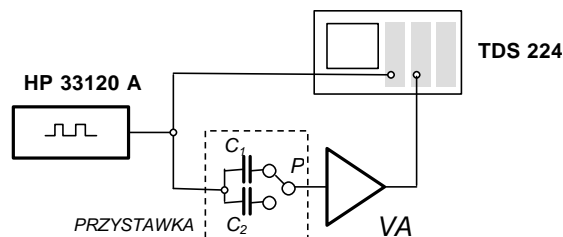
Rys. 4. Układ do pomiaru rezystancji wejściowej wzmacniacza prądowego

Polega ona na wyznaczeniu stosunku napięć wejściowych (V_{i1}/V_{i2}) podawanych na wejście przedwzmacniacza odpowiednio za pośrednictwem wtraconej rezystancji szeregowej R oraz w sposób bezpośredni (tj przy zwartym kluczu K), dających na wyjściu taką samą wartość napięcia V_o . Przy podanych w dodatku H założeniach upraszczających rezystancja wejściowa R_i opisuje zależność

$$R_i = R \frac{V_{i0}}{V_{iR} - V_{i0}}$$

Dla zminimalizowania wpływu pojemności wejściowej wzmacniacza i pojemności sprzęgającej ze źródłem sygnału pomiarowego ($10 \mu\text{F}$) pomiar należy przeprowadzić sygnałem sinusoidalnie zmiennym o częstotliwości $f = 50 \text{ kHz}$ i zastosować rezystor zewnętrzny o wartości około dwukrotnie większej od spodziewanej wartości rezystancji wejściowej wzmacniacza. Przypomnijmy, że rezystancja wejściowa stopnia ze wspólną bazą pracującego z relatywnie niską opornością obciążenia w przybliżeniu jest równa wartości parametru h_{11b} . Według danych katalogowych tranzystorów małej mocy, pracujących w układzie wspólnej bazy, ich pojemność wejściowa kształtuje się na poziomie od kilku do kilkunastu pikofaradów. Dla obliczenia stałej czasowej obwodu wejściowego wzmacniacza przyjmijmy szacunkowo $C_i = 10 \text{ pF}$, a uzyskany wynik skonfrontować z wymogami kryterialnymi. Stała czasowa wyswietlania scyntylatora NaJ(Tl) wynosi $0,25 \mu\text{s}$.

- Impedancja wejściowa wzmacniacza napięciowego należy wyznaczyć metodą pośrednią, przez pomiar stałej czasowej obwodu różniczkującego utworzonego przez układ rezystancji wejściowej wzmacniacza i wprowadzonej pojemności zewnętrznej. W tym celu należy zestawić układ pomiarowy według rysunku 5.



Rys. 5. Schemat układu do pomiaru impedancji wejściowej wzmacniacza napięciowego

Sygnałem pomiarowym jest w tym przypadku fala prostokątna o okresie wielokrotnie przewyższającym stałą czasową obwodu wejściowego badanego wzmacniacza. Sygnał pomiarowy pobierany jest z generatora HP 33120A przełączanego w ten tryb generacji.

Wartość amplitudy fali prostokątnej należy nastawić na poziomie 500 mV. Organami regulacji oscyloskopu TDS 224 wyselekcjonować do obserwacji i pomiaru przebieg związany z narastającym zboczem fali prostokątnej, dobierając wzmocnienie kanału pomiarowego oscyloskopu, oraz parametry układu podstawy czasu w taki sposób, aby uzyskać rozciągnięcie mierzonego sygnału (impulsu) na cały ekran. Korzystając z możliwości pomiarowych oscyloskopu, dokonać pomiaru szerokości impulsu wyjściowego na poziomie $1/e$ jego amplitudy. Szczegóły tej techniki pomiarowej zawarte są w instrukcji obsługi oscyloskopu TDS 224. Zapoznać się z odnosnym jej fragmentem.

Dla wyznaczenia obu składowych impedancji wejściowej wzmacniacza należy wykonać dwa pomiary stałych czasowych τ_1 i τ_2 przy dwóch różnych wartościach pojemności zewnętrznych C_1 i C_2 (stanowisko ćwiczeniowe wyposażono w przystawkę zawierającą w zamkniętej obudowie zespół wymaganych pojemności przełączanych wbudowanym do niej przełącznikiem P). Wyznaczone eksperymentalnie wartości stałych czasowych związane są z parametrami obwodu pomiarowego prostymi relacjami (patrz dodatek H)

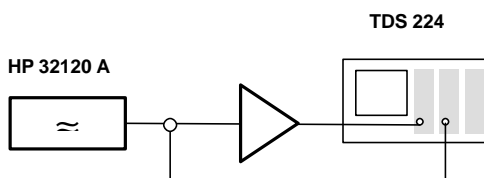
$$t_{ik} = (C_k + C_i)R_i,$$

gdzie:

- k – numer kondensatora,
- R_i – rezystancja wejściowa wzmacniacza,
- C_i – pojemność wejściowa wzmacniacza.

Układ uzyskanych w ten sposób równań pozwala obliczyć wartości obu szukanych wielkości.

- Pomiar szerokości pasma przeniesienia przedwzmacniaczy wyznaczyć w układzie pomiarowym pokazanym na rysunku 6.



Rys. 6. Schemat układu do pomiaru charakterystyki amplitudowej wzmacniacza

Badane przedwzmacniacze są układami dolnoprzepustowymi, stąd dla określenia szerokości pasma przeniesienia wystarczy objąć pomiarem tylko górną część tego pasma. Pomiar należy przeprowadzić metodą „punkt po punkcie” przy założonej stałej amplitudzie napięcia wejściowego mieszczącego się w zakresie liniowej pracy przedwzmacniacza. Zestawić tabelarycznie wyniki pomiarów bezpośrednich, uzupełniając tabelę wartościami obliczonych współczynników wzmocnienia wzmacniacza: napięciowego ($k_V = V_o/V_i$) i prądowego ($k_I = V_o/I_i$), oraz prądu wejściowego wzmacniacza prądowego ($I_i = V_i/R_S$).

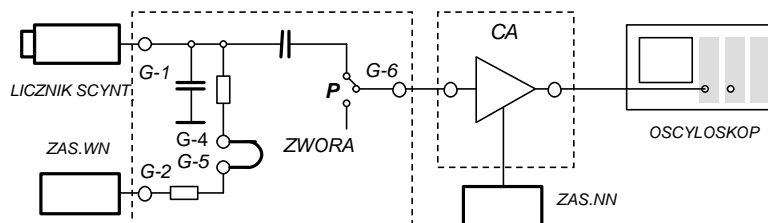
Wykresić w układzie podwójnie logarytmicznym przebiegi charakterystyk amplitudowych wzmacniaczy: prądowego - $k_I(f)$ i napięciowego - $k_V(j)$. Ocenić czy rozporządzalna szerokość pasma jest wystarczająca dla przeniesienia bez zniekształcen sygnału formowanego na wejściu przedwzmacniacza w danym systemie jego pracy. Ocenić czy rozporządzalna

szerokosc pasma jest wystarczajaca dla przeniesienia bez zniekształcen sygnalu formowanego na wejsciu przedwzmacniacza w danym systemie jego pracy.

2) Testowanie zespolu detektor - elektronika odczytu.

- Testowanie systemu pradowego.

Dokonac polaczen podzespolow **systemu pradowego** (licznik scyntylacyjny, przedwzmacniacz „pradowy”, zasilacz WN fotopowielacza licznika scyntylacyjnego, zasilacz NN przedwzmacniacza oraz linia transmisyjna) wedlug uproszczonego schematu z rysunku 7.



Rys. 7. Schemat zestawu do badania pracy licznika scyntylacyjnego w systemie pradowym

Uwaga.

Wartosc napiecia zasilania licznika scyntylacyjnego nastawic wedlug wskazan prowadzacego zajecia laboratoryjne !

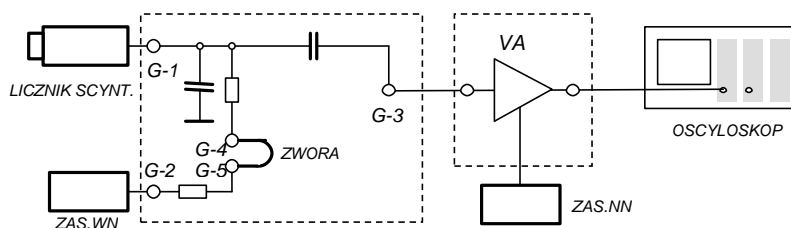
Przed wlaczeniem zasilaczy starannie sprawdzic poprawnosc polaczen.

Umiescic kontrolne zródlo promieniotwórcze w uchwycie na stanowisku pomiarowym. Dokonac obserwacji sygnalu detektora przy pomocy synchronoskopu pomiarowego TDS-220, nastawiajac odpowiednio wzmacnienie wzmacniacza odchylenia pionowego i zakres podstawy czasu. Ze wzgledu na stochastyczny charakter emisji promieniowania przez zródlo kontrolne przelaczyc synchronoskop w tryb „wyczekujacej podstawy czasu”.

Wyznaczyc parametry czasowe impulsu wyjsciowego tj. czas narastania t_n oraz stala czasowa jego zaniku.

- Testowanie systemu napieciowego.

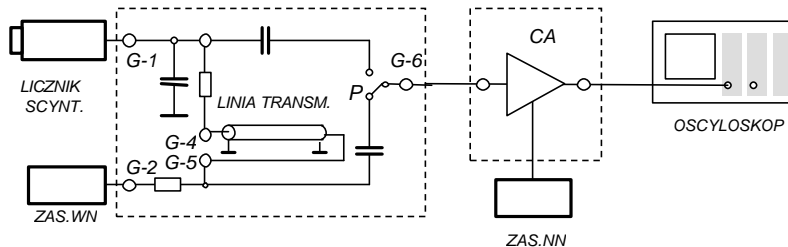
Zamiast przedwzmacniacza „pradowego” wlaczyc (zgodnie ze schematem z rys.8) przedwzmacniacz „napieciowy” i powtorzyc poprzednio wskazane procedury pomiarowe.



Rys. 8. Schemat zestawu do badania pracy licznika scyntylacyjnego w systemie napieciowym

- Testowanie systemu napięciowo-prądowego.

Przelaczyć podzespoły układu odczytu w napięciowo-prądowy tryb pracy zgodnie ze schematem podanym na rysunku 9.

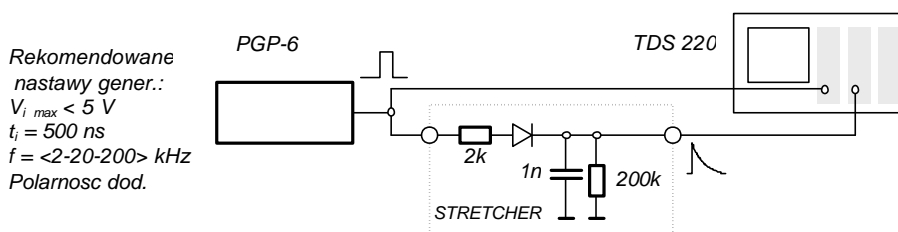


Rys. 9. Układ do badania pracy licznika scyntylnacyjnego w systemie napięciowo-prądowym

Wykonać serie **obserwacji** i **pomiarów szacunkowych**, analogicznych jak w pomiarach testujących systemu prądowego i napięciowego. Opisać zwięzłe wyniki poczynionych obserwacji i zestawić w tabeli rezultaty pomiarów.

3) Badanie własności układu pomiaru średniego poziomu.

Układ pomiaru średniego poziomu zestawic wg. rysunku 10 z zastępczym źródłem sygnału napięciowego (Generator PGP-6 + pasywny STRETCHER), wykorzystując jako przedwzmacniacz napięciowy, wejściowy wzmacniacz toru odchylenia pionowego oscyloskopu przelaczony w (niezbędny w założonym reżymie pracy) tryb sprzeżeń stałoprądowych.

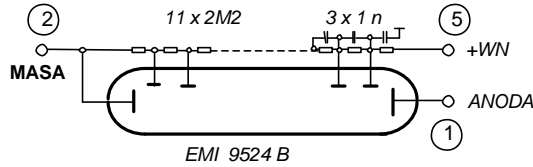


Rys. 10. Schemat stanowiska do badania układu pomiaru średniego poziomu

Dla podanych wartości elementów stretchera (układu wydłużającego) dokonać obserwacji sygnału wyjściowego „przedwzmacniacza” i pomiaru jego poziomu średniego $\langle V_o \rangle$ oraz napięcia międzyszczytowego fluktuacji dla różnych częstotliwości ciągu licznikowych impulsów wejściowych. Odczytu wartości mierzonych wielkości dokonać przy pomocy organów pomiarowych oscyloskopu korzystając z procedury MEASURE oraz wskazan poziomu trygera (TRIGGER LEVEL). Uzyskane wyniki skonfrontować z przeliczeniami teoretycznymi według **I-go** oraz **II-go twierdzenia Campbella-Francisa**.

4) Opis układu licznika scyntylacyjnego.

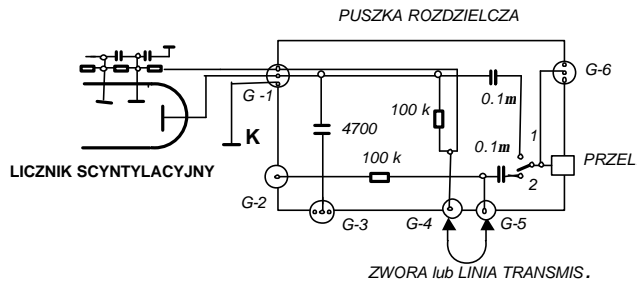
Wykorzystywany w ćwiczeniu licznik scyntylacyjny składa się z dwóch podstawowych podzespołów : scyntylator NaJ(Tl) o wymiarach X 20 x 20 mm, oraz fotopowielacz typu EMI 9524 B Na rysunku 11 przedstawiono schemat połączeń elektrycznych układu fotopowielacza.



Rys. 11. Schemat układu zasilania elektrod (dynod i anody) fotopowielacza

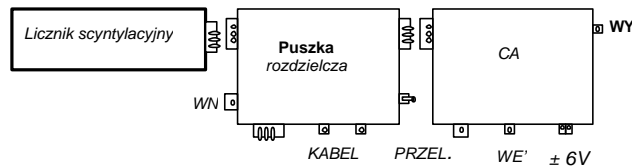
Uwaga.

Włączenie licznika scyntylacyjnego do pracy w wybranym trybie dokonuje się za pośrednictwem puszek rozdzielczej, której schemat podano na rysunku 12.



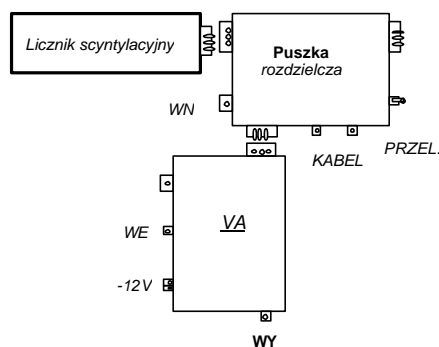
Rys. 12. Schemat połączeń w pośredniczącej puszcze rozdzielczej

W zestawie ćwiczeniowym jest ona zamontowana na specjalnych przewodnicach wspólnie z pozostałymi blokami (wzmacniaczami i licznikiem scyntylacyjnym). Wzmacniacze włączane są w tor sygnału alternatywnie. Na rysunku 13 pokazano umiejscowienie na przewodnicach wzmacniacza prądowego (CA)



Rys. 13. Połączenie zespołu bloków toru pomiarowego w systemie prądowym

Rysunek 14 przedstawia z kolei umiejscowienie w torze pomiarowym wzmacniacza napięciowego (VA).



Rys. 14. Połączenie zespołu bloków toru pomiarowego w systemie napięciowym

IV. Wyposażenie stanowiska pomiarowego

- Demonstracyjny zestaw ćwiczeniowy (obejmujący licznik scyntylacyjny i przedwzmacniacze: prądowy i napięciowy)
- Generator sygnału sinusoidalnie zmiennego typu PG-20
- Synchronoskop pomiarowy typu TDS 220
- Generator impulsów licznikowych typu RP-1 lub RP-2
- Minimodul przelotowy układu wydłużającego (STRETCHER)
- Zasilacz wysokiego napięcia „CAMAC-POLON” 1904 lub „STANDARD” ZWN-21
- Zasilacz niskiego napięcia typu KB-60-01
- Wzorcowe (kontrolne) źródło promieniowania gamma ^{127}Cs .
- Kable, przewody, elementy montażowe

V. Literatura pomocnicza.

1. K.Korbel.: *Elektronika Jądrowa. Część II. Układy Elektroniki Jądrowej*. Skrypt Uczelniany AGH Nr.971. Wyd. AGH. Kraków, (1985).
2. K.Korbel.: *Układy Elektroniki „Front-End”*. Skrypt Uczelniany AGH. Nr.1573. Wyd. AGH. Kraków (2000)
3. H.Miwa i T.Tohyama.: „Radiation-pulse transmission via a long cable without a preamplifier and/or a pulse transformer”. Nuclear Electronics II, Conf.Proc. str. 421, Belgrade (1961).