

Filtr niestacjonarny z integratorem bramkowanym

I. Zakres cwiczenia

- Badania efektu deficytu balistycznego.
- Praktyczne zapoznanie z zasadą działania filtra niestacjonarnego z *integratorem bramkowanym*.
- Pomiary podstawowych parametrów znamionowych filtra.
- Dobór optymalnych warunków pracy filtra.

II. Przedmiot cwiczenia

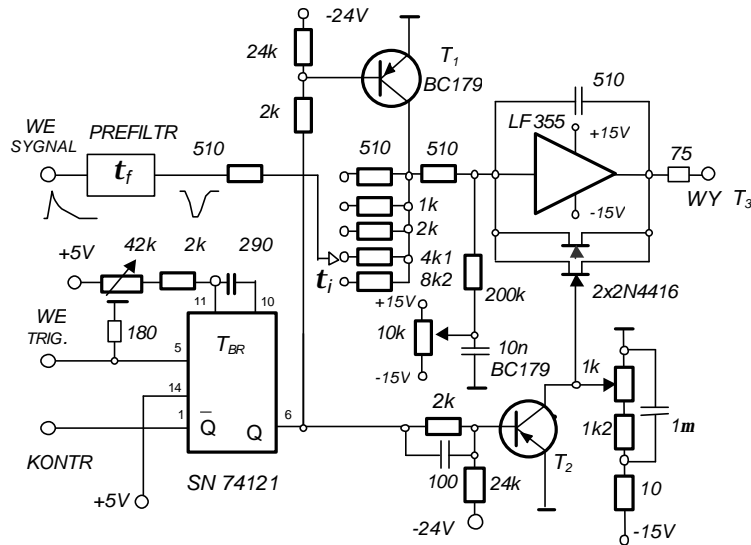
Przedmiotem cwiczenia jest zestaw *filtru niestacjonarnego* obejmujący quasi-gaussowski *prefiltr stacjonarny* WZMACNIACZA LINIOWEGO WL-41 oraz MODUL DEMONSTRACYJNY *integratora bramkowanego*. Tego rodzaju konfiguracja zalicza się do kategorii *filtrów niestacjonarnych z kluczowaniem*, a ze względu na charakterystyczny kształt jej funkcji wagi – do klasy FILTRÓW TRAPEZOIDALNYCH.

Wymienione bloki funkcjonalne filtra umożliwiają dokonywanie niezależnej regulacji fragmentów funkcji wagi odpowiedzialnych za rozdzielczość amplitudową i czasową. W szczególności *stromość krawędzi bocznych* funkcji wagi, determinowana przez charakterystykę przenoszenia prefiltrow (struktura, rząd i wartości stałych czasowych) decyduje o wartości stosunku sygnału do szumu, natomiast rozciągłość jej *plaskiego grzbietu*, uzależniona od parametrów *bramkowanego integratora* (stała czasowa, interwał otwarcia bramki), w istotny sposób wpływa na czas rozdzielczy filtra.

Walory filtra niestacjonarnego ujawniają się szczególnie w przypadku niestalności czasu zbierania ładunku w detektorze, manifestującej się odpowiednim zróżnicowaniem (rozmyciem) deficytu balistycznego. W technice filtracji stacjonarnej efekt ten powoduje wzrost nieoznaczoności amplitudy, czyli pogorszenie rozdzielczości amplitudowej. Warunkiem uniezależnienia dokładności pomiaru od wpływu czasu zbierania ładunku w detektorze jest utrzymanie w tym interwale stałej wartości funkcji wagi filtra. W przypadku filtrów stacjonarnych warunek ten udaje się spełnić z niezbyt zadowalającym przybliżeniem kosztem znacznego zwiększenia ich stałej czasowej, co prowadzi w rezultacie do niepożądanego, silnego wzrostu czasu rozdzielczego i związanych z tym szkodliwych efektów.

Stanowiący przedmiot cwiczenia filtr niestacjonarny pozwala uzyskać stałość funkcji wagi w obrębie dowolnie nastawianego interwału czasowego. Nadto, po jego upływie zostaje natychmiast przywrócony stan początkowy, a poziom sygnału wyjściowego sprowadzony do zera. W ten sposób ustalony jest zarazem czas rozdzielczy filtra.

Na rysunku 1 przedstawiono schemat ideowy MODULU CWICZENIOWEGO z zaznaczonym skrótowno układem PREFILTROW STACJONARNEGO (WL-41). W strukturze modułu zawarto aktywny integrator wykonany na scalonym wzmacniaczu operacyjnym ULY7741, system bramkowania, obejmujący wejściową bramkę równoległą (T_1) oraz – sterowany za pośrednictwem prostego stopnia OE (T_2) – klucz (T_3) zwierający gałąź sprzężenia zwrotnego wzmacniacza operacyjnego, jak również monowibrator (MW) zadający czas bramkowania integratora T_{BR} .

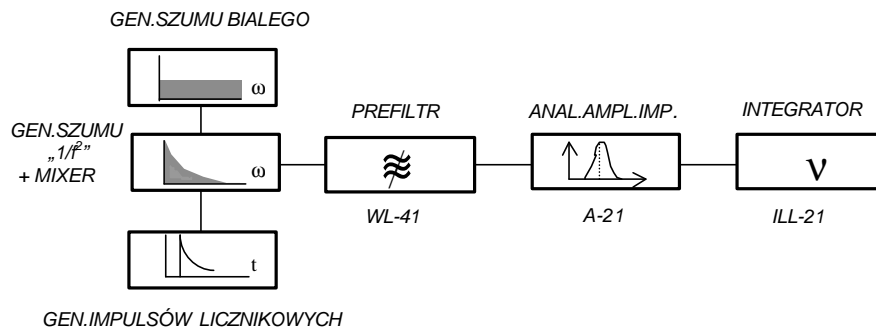


Rys. 1. Schemat ideowy układu integratora bramkowanego

III. Program cwiczenia - instrukcja szczegółowa

1) Ustalenie optymalnych wartości parametrów prefiltru stacjonarnego

Zestawić układ pomiarowy według schematu podanego na rysunku 2.



Rys. 2. Schemat zestawu do pomiaru parametrów prefiltru stacjonarnego

W zestawie tym korzystamy z zastępczych źródeł sygnału i szumu, symulujących detektor promieniowania wraz ze stowarzyszonym układem elektroniki *front-end*.

Jako źródło impulsów licznikowych należy użyć generatoru typu RP1 i za pomocą jego organów nastawczych ustalić następujące wartości parametrów sygnału:

- czas narastania $t_n = 0,1 \mu s$,
- stała czasowa zaniku $\tau_d = 10 \mu s$,
- amplituda impulsu $V_{i \max} = 2 V$,
- częstotliwość impulsów $f = 1 kHz$.

Charakterystyczny dla naturalnych źródeł szumu detektora i elektroniki wejściowej kształt rozkładu gęstości widmowej mocy szumu

$$W_N(\omega) = b^2 + \frac{a^2}{\omega^2}$$

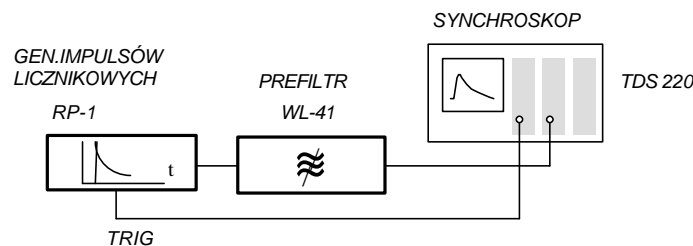
w zestawie ćwiczeniowym symulowany jest przez dwa generatory szumów: GENERATOR SZUMU BIAŁEGO i GENERATOR SZUMU typu $(1/f^2)$. Mieszczący się w module GENERATORA SZUMU $(1/f^2)$ układ MIESZACZA umożliwia sumowanie obu rodzajów szumu wraz z symulującym sygnał detektora ciągiem impulsów licznikowych dostarczanych przez generator RP-1.

- a) Dokonać pomiaru rozmycia szumowego sygnału $(FWHM)_{v_o}$ na wyjściu wzmacniacza dla rozporzadzalnych wartości stałej czasowej filtra τ_f . Posłużyć się metodą pomiaru rozkładu amplitudowego impulsów, wyznaczając w pomiarach bezpośrednich położenie (amplitude) i wysokość (szybkość zliczeń) „piku” oraz przynależna mu szerokość na połowie jego wysokości. Pomiaru poziomu szybkości zliczeń (w „piku” i na połowie jego wartości na obu jego zboczach) dokonać za pomocą liniowego INTEGRATORA IMPULSÓW ILL-21, zaś odpowiadające im wartości amplitud impulsów odczytać wprost z obrotowej skali *helipoty* ustalającego próg dyskryminacji ANALIZATORA A-21.
- b) Przy założeniu gaussowskiego kształtu piku obliczyć wartości średniego odchylenia standardowego σ_{v_o} oraz stosunku sygnału do szumu SNR . Wyniki pomiarów i obliczeń przedstawić w formie wykresu $SNR = f(\tau_f)$. Minimalna wartość SNR oraz warunkująca ją wartość stałej czasowej τ_f uznać za optymalne i przyjąć jako referencyjne w dalszych procedurach obliczeniowych.

2) Badanie efektu deficytu balistycznego prefiltru

Zjawisko deficytu balistycznego zostało szczegółowo omówione w dodatku G. Przedstawiona tam analiza dotyczy najprostszego przypadku, gdy filtr pasmowo-przepustowy tworzą dwa układy formujące pierwszego rzędu: układ różniczkujący $C-R$ i układ całkujący $R-C$. W badanym układzie filtra niestacjonarnego w charakterze prefiltru wykorzystano wzmacniacz spektrometryczny WL-41. Jego częstotliwości graniczne: górna i dolna wyznaczają odpowiednio: prosty obwód różniczkujący pierwszego rzędu oraz dolnoprzepustowy filtr aktywny rzędu drugiego. Dla porównania uzyskanych wyników pomiarowych z obliczeniami teoretycznymi należy zatem skorzystać z zaleceń literaturowych.

Zestawić układ pomiarowy według rysunku 3.



Rys. 3. Schemat zestawu do badania efektu *deficytu balistycznego*

- a) Dla wyznaczonych w poprzednim zadaniu optymalnych wartości parametrów prefiltru wyznaczyć eksperymentalnie *deficyt balistyczny* impulsów o dłuższych czasach narastania, a mianowicie:

$$t_n = 0,5 \mu\text{s}, 1,0 \mu\text{s} \text{ i } 2,0 \mu\text{s}.$$

- b) Dla tych impulsów dobrać eksperymentalnie wartości stałej czasowej prefiltru, przy których deficyt balistyczny zostaje praktycznie zlikwidowany, a następnie dokonać pomiaru wartości przynależnych czasów rozdzielczych według kryterium spadku poziomu odpowiedzi (sygnału wyjściowego) do wartości 1% amplitudy.

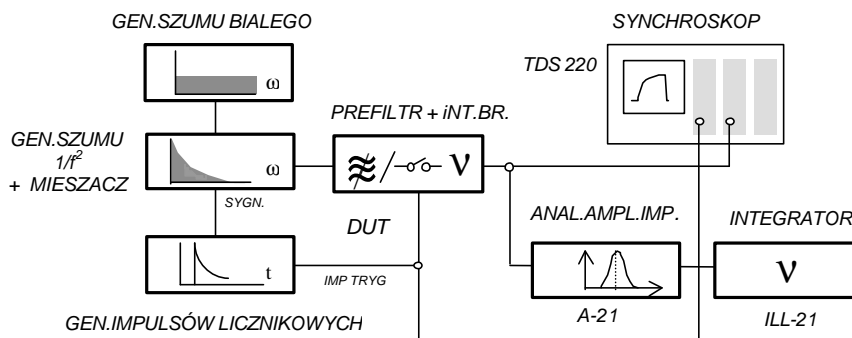
3) Badanie własności pełnego układu filtru niestacjonarnego

- a) Zestawić *złożony filtr niestacjonarny* (prefiltr quasi-gaussowski + integrator bramkowany), włączając go do układu pomiarowego ukazanego schematycznie na rysunku 4. (Do wyzwalań GENERATORA IMPULSÓW BRAMKUJĄCYCH wykorzystać impulsy TRIG-OUT generatora RP-1).
- b) Wyznaczyć eksperymentalnie optymalne wartości interwału bramkowania integratora według kryterium „zerowego” deficytu balistycznego oraz przebiegi odpowiedzi na wymuszenia impulsami o różnych czasach narastania przy różnych wartościach interwału otwarcia bramki T_{BR} .
- c) Wykonać pomiary kontrolne rozmycia szumowego sygnału dla całego układu filtru, oraz wyznaczyć wartość bezwzględnego SNR_N i względnego stosunku sygnału do szumu η_N (odniesionego do filtru idealnego) w funkcji stałej czasowej prefiltru stacjonarnego. Parametry impulsu wejściowego przyjąć jak w zadaniu 1) programu ćwiczenia. Wyznaczenie η_N przeprowadzić w sposób pośredni; najpierw określić $\eta_R = SNR_N / SNR_{(WL-41)}$ przyjmując za referencyjny, stacjonarny filtr aktywny WL-41 a następnie, uwzględniając wartość $SNR_{(WL-41)} / SNR_A$ filtru stacjonarnego (0,842) obliczyć η_N według oczywistej relacji

$$\eta_N = \eta_R [SNR_{(WL-41)} / SNR_A] = 0,842 \eta_R.$$

Rezultaty przeprowadzonych pomiarów oraz obliczeń przedstawić w formie wykresu $(SNR)_N = f(\tau_f)$.

- d) Za pomocą oscyloskopu pomierzyć szerokość impulsu wyjściowego i skopiować jego przebieg z ekranu oscyloskopu. Porównać uzyskany rezultat z analogicznym wynikiem uzyskanym w pomiarach wykonanych w ramach zadania 17.2. Sformułować wniosek.



Rys. 17.4. Schemat zestawu do badania własności filtru niestacjonarnego

IV. Wyposażenie stanowiska ćwiczeniowego

- Modul ćwiczeniowy: FILTR NIESTACJONARNY Z INTEGRATOREM BRAMKOWANYM (wkładka STANDARD 70)
- Wzmacniacz liniowy typu WL-41
- Analizator jednokanalowy typu A-21 (wkładka STANDARD 70)
- Integrator liniowo-logarytmiczny typu ILL-21 (wkładka STANDARD 70)
- Modul ćwiczeniowy: GENERATOR SZUMU BIALEGÓ (wkładka STANDARD 70)
- Modul ćwiczeniowy: GENERATOR SZUMU $1/f^2$ + MIESZACZ (wkładka STANDARD 70)
- Obudowa systemu STANDARD 70 z zasilaczem niskiego napięcia ZNN-41
- Generator impulsów licznikowych typu RP-1
- Oscyloskop pomiarowy typu TDS 220
- Kable i przewody połączeniowe

V. Literatura pomocnicza

- [1] Dodatek A do instrukcji ćwiczeniowych
- [2] Instrukcje obsługi pomocniczej elektronicznej aparatury pomiarowej
- [3] Korbel K., Dąbrowski W.: *Filtracja sygnału w spektrometrycznym torze pomiarowym. Filtry analogowe*, Kraków, Wyd. AGH 1992
- [4] Masny S.: *Laboratoryjna aparatura techniki jądrowej na obwodach scalonych STANDARD*, Warszawa, OIEJ, Biblioteka PTJ, Seria: Aparatura i technika pomiarowa, nr 80 (598), 1976
- [5] Radeka V.: *Trapezoidal filtering of signals from large germanium detectors at high rates*. Nuclear Instruments and Methods, vol. 99, 1972, 525