

Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej UMK

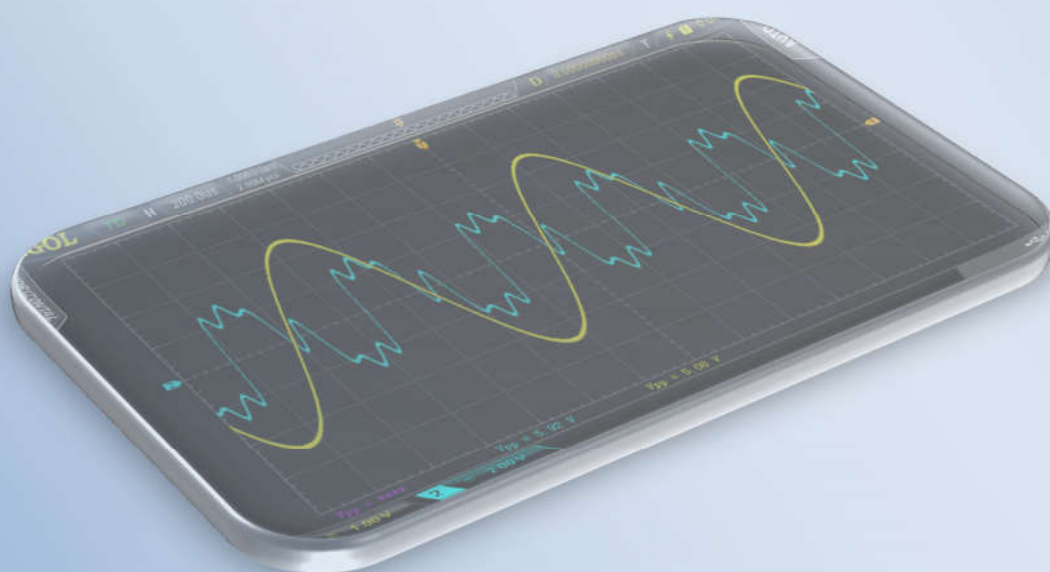
Pracownia Elektroniczna

ZESTAW 10

CYFROWA REJESTRACJA I

ANALIZA PRZEBIEGÓW

ELEKTRYCZNYCH



I. WSTĘP TEORETYCZNY

Oscyloskop jest podstawowym i najbardziej uniwersalnym przyrządem pomiarowym. Umożliwia wizualizację, pomiary i analizę kształtu elektrycznych przebiegów okresowych lub nieokresowych, pomiary napięcia, częstotliwości, kąta fazowego oraz wyznaczanie charakterystyk elementów elektronicznych. W oscyloskopach analogowych badany przebieg elektryczny jest prezentowany na ekranie lampy oscyloskopowej pokrytym warstwą luminoforu świecącego pod wpływem padającej wiązki elektronów. Wiązka ta rysuje na ekranie obraz przebiegu elektrycznego dzięki niezależnemu odchyłaniu jej w kierunkach poziomym i pionowym. Ruch świecącej plamki w kierunku poziomym jest sterowany przez generator podstawy czasu. W ten sposób generowana jest skalibrowana pozioma oś czasu. Wychylenie plamki świecącej w kierunku pionowym zależy od aktualnej wartości napięcia doprowadzonego do wejścia sygnałowego oscyloskopu.

Postępujący rozwój i rozpowszechnianie się techniki cyfrowej spowodowało powstanie nowej klasy urządzeń - oscyloskopów cyfrowych. W oscyloskopie cyfrowym, doprowadzany do jego wejścia sygnał analogowy jest najpierw próbkowany a następnie przetwarzany za pomocą przetwornika analogowo-cyfrowego (ADC) na sygnał cyfrowy, który jest zapisywany w pamięci oscyloskopu. Sygnał zapisany w postaci cyfrowej może być wielokrotnie odczytywany z pamięci, w celu zobrazowania na ekranie, dalszej analizy numerycznej i przetworzenia sygnału, lub przesłania i zapisania w pamięci zewnętrznej. Oscyloskopy cyfrowe umożliwiają wykonanie wielu funkcji pomiarowych i analizy zarejestrowanych przebiegów, które nie były dostępne w oscyloskopach analogowych, w tym wykonywanie wielu operacji matematycznych na zarejestrowanych sygnałach. Procedury szybkiej transformaty Fouriera (FFT) pozwalają na uzyskiwanie widm badanych przebiegów elektrycznych.

Analizę zarejestrowanych i przedstawionych na ekranie oscyloskopu cyfrowego sygnałów elektrycznych ułatwiają kursory, umożliwiające zaznaczenie wybranych punktów badanego przebiegu. Kursory działające w kierunku poziomym umożliwiają odczyt wartości czasu dla wybranych punktów przebiegu, oraz różnicy czasu między nimi. Kursory działające w kierunku pionowym umożliwiają analogiczne odczyty dla wartości napięcia.

Celem niniejszego ćwiczenia jest praktyczne zastosowanie wybranych funkcji oscyloskopu cyfrowego do:

- analizy widma sygnałów periodycznych (transformata Fouriera)
- badania propagacji impulsów w kablowej linii przesyłowej (pomiary kursorowe)
- rejestracja ciągu impulsów

1. ANALIZA WIDMOWA SYGNAŁÓW - TRANSFORMATA FOURIERA.

Zgodnie z twierdzeniem Fouriera sygnał okresowy $f(t)$, o okresie równym T , można przedstawić w postaci sumy odpowiednich składowych harmonicznym:

$$f(t) = A_0 + \sum_{n=1}^{\infty} A_n \cos(n\omega_f t + \varphi_n)$$

gdzie

A_n , $n\omega_f$ oraz φ_n oznaczają odpowiednio amplitudę, częstotliwość kołową oraz przesunięcie fazowe n -tej składowej harmonicznym sygnału $f(t)$.

Amplituda A_0 określa wartość składowej stałej sygnału $f(t)$ i dana jest zależnością

$$A_0 = \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} f(t) dt$$

natomiast amplitudy A_n

$$A_n = \sqrt{a_n^2 + b_n^2}$$

gdzie

$$a_n = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} f(t) \sin(n\omega_f t) dt$$

$$b_n = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} f(t) \cos(n\omega_f t) dt$$

natomiast częstotliwość kołowa

$$\omega_f = \frac{2\pi}{T}$$

Przesunięcia fazowe poszczególnych składowych harmonicznych wynoszą

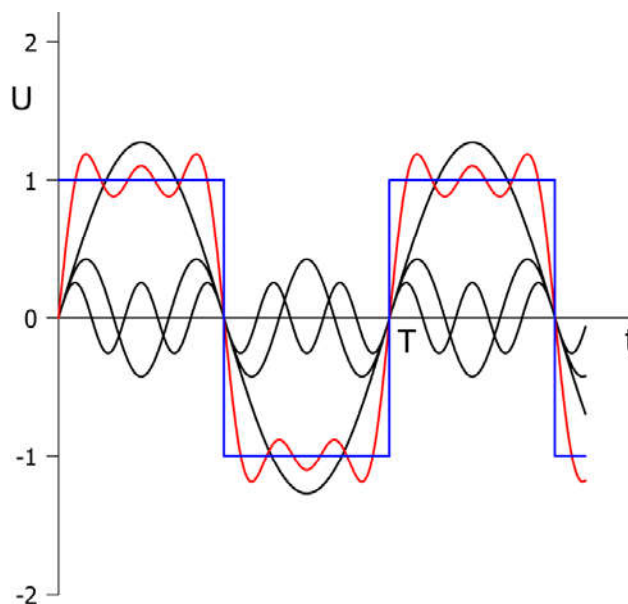
$$\varphi_n = \operatorname{arctg}\left(\frac{b_n}{a_n}\right)$$

Zbiór trójek liczb ($A_n, n \omega_f, \varphi_n$) nazywamy widmem sygnału okresowego $f(t)$.

Jako przykład analizy fourierowskiej, na rysunku 1 przedstawiono rozkład przebiegu prostokątnego $F(t)$ o jednostkowej amplitudzie - A, na składowe harmoniczne. W widmie tego sygnału niezerowe są tylko składowe nieparzyste, i pierwsze trzy jego składowe wyglądają następująco:

$$\begin{aligned} F(t) &= \frac{4A}{\pi} \left[\sin(\omega t) + \frac{1}{3} \sin(3\omega t) + \frac{1}{5} \sin(5\omega t) + \dots \right] \\ &= 1.273 \sin(\omega t) + 0.4244 \sin(3\omega t) + 0.2546 \sin(5\omega t) + \dots \end{aligned}$$

Jak widać z rysunku 1, uwzględnienie tylko trzech pierwszych (niezerowych) składowych, oddaje już w przybliżeniu charakter oryginalnego przebiegu.



Rys. 1. Rozkład przebiegu prostokątnego o jednostkowej amplitudzie i okresie T (kolor niebieski) na składowe harmoniczne. Kolorem czarnym przedstawiono trzy pierwsze (niezerowe) składowe, oraz ich sumę (kolor czerwony).

2. PROPAGACJA IMPULSÓW W KABLOWEJ LINII PRZESYŁOWEJ.

Stosowane do transmisji sygnałów wysokich częstotliwości linie przesyłowe powinny cechować się minimalnymi stratami i zniekształceniami sygnału. Istotne jest dopasowanie impedancji odcinków linii przesyłowych, złączy i rozgałęzień.

Impuls napięciowy o amplitudzie U propagujący się w linii przesyłowej o impedancji falowej Z_1 , dochodząc do obszaru o innej wartości impedancji - Z_2 , ulega podziałowi na impuls odbity i impuls przepuszczony.

Amplituda impulsu odbitego jest równa:

$$U_0 = kU$$

gdzie

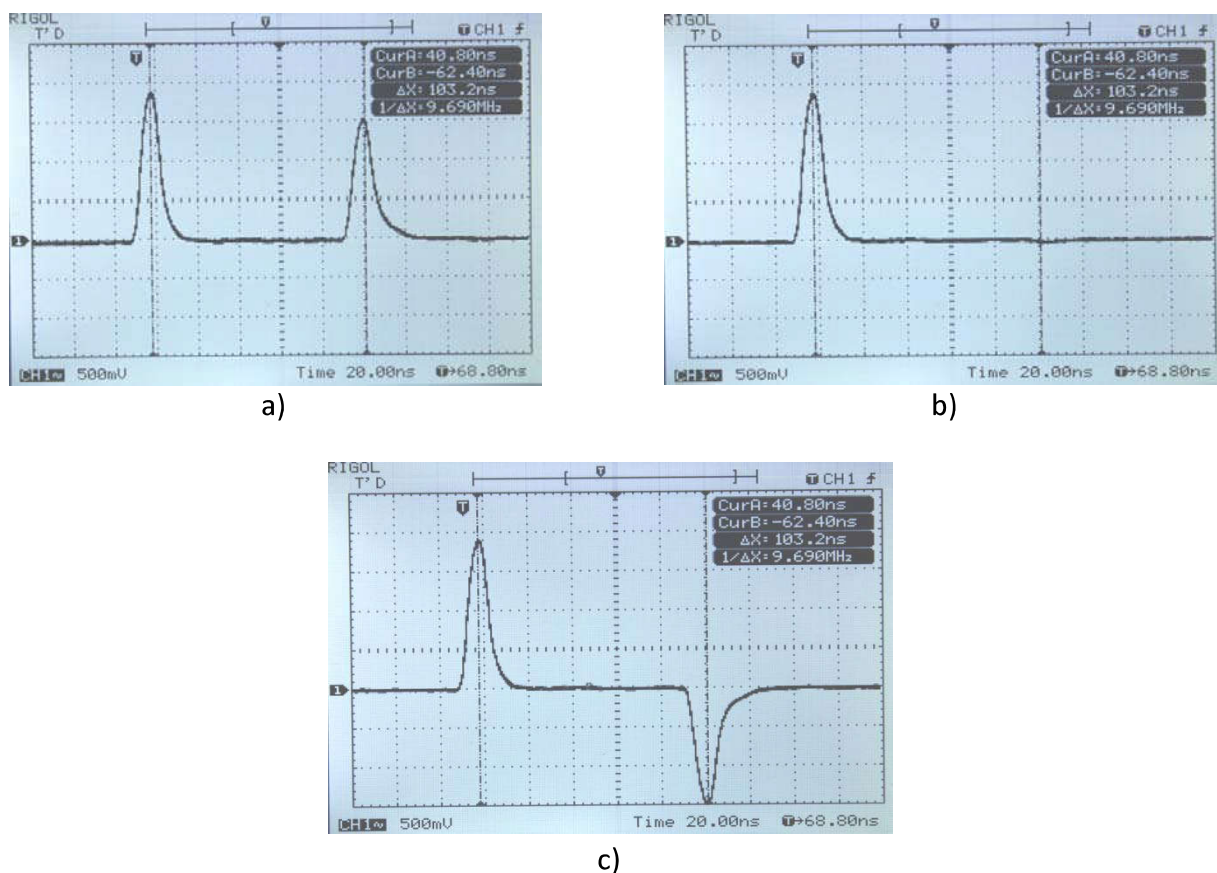
$$k = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_1 + Z_2}$$

jest współczynnikiem odbicia.

W zależności od wartości impedancji Z_2 , możliwe są następujące przypadki szczególne:

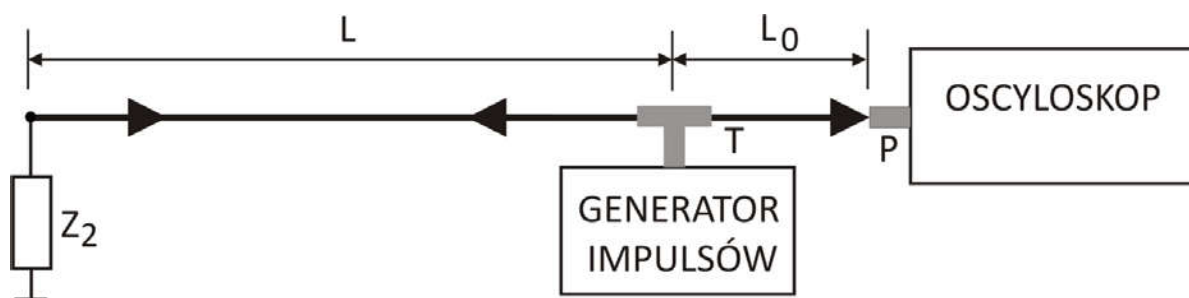
- gdy odbicie sygnału następuje od rozwartego końca linii przesyłowej, to $Z_2 = \infty$, wtedy współczynnik odbicia $k = 1$ i impuls odbity powraca z taką samą amplitudą (przy założeniu braku strat) i fazą jak impuls padający,
- gdy linia przesyłowa jest zakończona obciążeniem o impedancji falowej $Z_2 = Z_1$, to mamy wtedy do czynienia z przypadkiem dopasowania impedancji i wtedy współczynnik odbicia $k = 0$. Oznacza to, że impuls padający jest całkowicie absorbowany w impedancji obciążenia i nie występuje impuls odbity,
- gdy linia przesyłowa jest zwarta na końcu, czyli $Z_2 = 0$, wtedy współczynnik odbicia $k = -1$. Impuls odbity ma wtedy taką samą amplitudę (przy założeniu braku strat), lecz przeciwną fazę jak impuls padający.

Na rysunku 2 przedstawiono rzeczywiste impulsy zarejestrowane dla trzech powyższych przypadków.



Rys. 2. Zarejestrowane kształty impulsów odbitych dla linii przesyłowej o impedancji 50Ω i długości 10 m , w przypadku:
 a) linii rozwartej,
 b) linii obciążonej impedancją 50Ω ,
 c) linii zwartej na końcu.

Badanie własności i wykrywanie ewentualnych uszkodzeń linii przesyłowych metodą analizy propagacji impulsu, nazywa się reflektometrią impulsową (TDR - time domain reflectometry). Na rysunku 3 przedstawiono schemat najprostszego układu pomiarowego linii przesyłowych.



Rys.3. Układ pomiarowy parametrów linii przesyłowych metodą reflektometrii impulsowej. L_0 oraz L - długości odcinków linii przesyłowych, T - trójnik, P - przejściowka dopasowująca impedancję, Z_2 - impedancja obciążenia końca linii przesyłowej - L .

Impuls napięciowy, o możliwie krótkim czasie narastania, ulega podziałowi w trójniku. Pierwsza część impulsu poprzez odcinek linii przesyłowej o długości L_0 jest doprowadzona do wejścia oscyloskopu. W

celu dopasowania impedancji wejściowej oscyloskopu, do impedancji linii przesyłowej (50Ω) do wejścia oscyloskopu dołączona jest przejściówka dopasowująca impedancję.

Druga część impulsu z generatora, przechodzi przez linię przesyłową o długości L , ulega odbiciu na jej końcu i ponownie pokonuje odległość L . Poprzez trójnik i odcinek linii L_0 dochodzi do wejścia oscyloskopu. Obie części impulsu z generatora przechodzą więc jednokrotnie przez odcinek linii L_0 . Obserwowany na oscyloskopie czas pomiędzy impulsem wychodzącym bezpośrednio z generatora i impulsem odbitym - t_p , związany jest z dwukrotnym przejściem impulsu przez odcinek linii przesyłowej o długości L .

Prędkość rozchodzenia się impulsu w linii przesyłowej można wyrazić zależnością:

$$v = \frac{2L}{t_p}$$

Prędkość ta jest związana z własnościami materiału dielektrycznego użytego do wykonania linii przesyłowej (kabla koncentrycznego):

$$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon}}$$

gdzie:

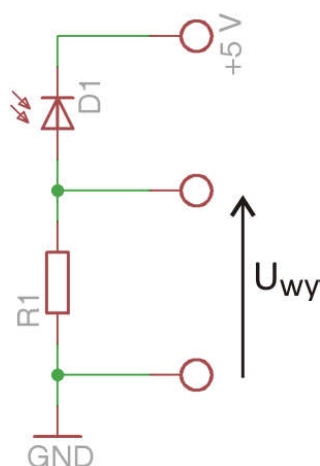
c – prędkość światła,

ϵ – stała dielektryczna materiału kabla koncentrycznego.

3. REJESTRACJA CIĄGU IMPULSÓW.

Oscyloskopy cyfrowe, dzięki posiadanej pamięci umożliwiają zarejestrowanie ciągu impulsów pojawiających się w pewnej chwili czasu. Przykładem takiego ciągu impulsów są błyski promieniowania podczerwonego wysyłane przez typowe piloty zdalnie sterujące urządzeniami elektronicznymi.

Jako odbiornik sygnału wykorzystany będzie układ przedstawiony na rysunku 4.



Rys. 4. Detektor promieniowania z fotodiodą

Układ składa się z czułej na promieniowanie podczerwone fotodiody D_1 oraz opornika R_1 . Fotodioda D_1 jest spolaryzowana w kierunku zaporowym. Jeżeli na fotodiode nie pada światło, to prąd przez nią nie płynie. Na wyjściu detektora napięcie jest bliskie zeru. Pod wpływem oświetlenia przez fotodiode zaczyna płynąć prąd, proporcjonalny do natężenia oświetlenia. Na wyjściu detektora pojawia się dodatnie napięcie (spadek napięcia na oporniku R_1) tym wyższe, im silniejsze jest oświetlenie.

II. POMIARY I ICH OPRACOWANIE

1. ANALIZA WIDMOWA SYGNAŁÓW.

- 1) Do wejścia oscyloskopu doprowadzić z generatora sygnał sinusoidalny o częstotliwości 10 kHz i napięciu (międzyszczytowym) $U_{we} = 2 \text{ V}$.
Włączyć w oscyloskopie tryb analizy widma sygnału (FFT).
Zarejestrować (dokonać zrzutu z oscyloskopu) sygnał wejściowy i jego widmo. Odczytać wartości częstotliwości występujących w widmie badanego sygnału.

Przełączyć częstotliwość sygnału sinusoidalnego na 100 kHz.

Zaobserwować zmianę w widmie sygnału.

Zarejestrować (dokonać zrzutu z oscyloskopu) sygnał wejściowy i jego widmo. Odczytać wartości częstotliwości występujących w widmie badanego sygnału.

- 2) Do wejścia oscyloskopu doprowadzić z generatora sygnał prostokątny o częstotliwości 10 kHz, napięciu (międzyszczytowym) $U_{we} = 2 \text{ V}$ i wypełnieniu 50 %.
Zarejestrować (dokonać zrzutu z oscyloskopu) sygnał wejściowy i jego widmo.
Odczytać wartości częstotliwości występujących w widmie badanego sygnału.

Powtórzyć rejestrację sygnału i pomiary dla wypełnienia sygnału 20% i 30 %.

Zwrócić uwagę na pojawiające się składowe parzyste.

- 3) Do wejścia oscyloskopu doprowadzić z generatora symetryczny sygnał trójkątny/piłokształtny o częstotliwości 10 kHz, napięciu (międzyszczytowym) $U_{we} = 2 \text{ V}$.
Zarejestrować (dokonać zrzutu z oscyloskopu) sygnał wejściowy i jego widmo.
Odczytać wartości częstotliwości występujących w widmie badanego sygnału.

Powtórzyć rejestrację sygnału i pomiary dla asymetrycznego (20% i 30%) sygnału trójkątnego/piłokształtnego.

2. PROPAGACJA IMPULSÓW W KABLOWEJ LINII PRZESYŁOWEJ.

- 1) Zgodnie ze schematem układu pomiarowego przedstawionym na rysunku 3, do wejścia oscyloskopu doprowadzić sygnał z generatora impulsów. Podłączyć odcinek linii przesyłowej o długości 2 m ($Z_2 = \infty$ - linia rozwarta)
- 2) Korzystając z kursorów oscyloskopu zmierzyć czas pomiędzy impulsem wychodzącym bezpośrednio z generatora i impulsem odbitym - t_p , (patrz rys. 2).
Zarejestrować (dokonać zrzutu z oscyloskopu) oba impulsy wraz z ustawionymi kursorami.
- 3) Powtórzyć powyższe pomiary dla większych długości linii przesyłowych. Wyniki przedstawić w Tabeli 1.

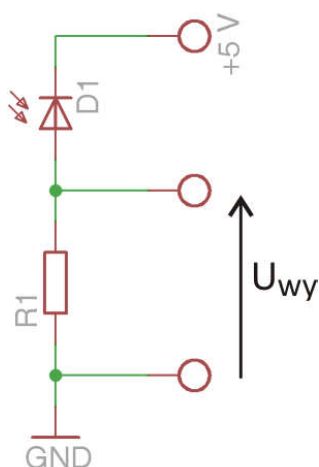
Tabela 1.

Pomiary czasu propagacji - t_p w funkcji długości linii przesyłowej - L . Droga przebyta przez impuls w linii przesyłowej $S = 2 L$.

L [m]	2	5	7	10	12	15	17
S [m]							
t_p [ns]							

- 4) Sporządzić wykres zależności drogi przebytej przez impuls w linii przesyłowej - S , od czasu propagacji - t_p . Do punktów doświadczalnych dopasować metodą najmniejszych kwadratów zależność liniową $S = S_0 + v t_p$ i wyznaczyć wartość prędkości rozchodzenia się impulsu w linii przesyłowej - v , oraz jej niepewność. Znając wartość prędkości, obliczyć wartość stałej dielektrycznej - ϵ , materiału kabla koncentrycznego, oraz jej niepewność. Zinterpretować wyznaczoną wartość dopasowanego parametru S_0 .
- 5) Dla linii przesyłowej o długości $L = 15$ m zaobserwować wpływ wartości impedancji Z_2 podłączonej do końca linii przesyłowej, na kształt impulsu odbitego. Zarejestrować (dokonać zrzutu z oscyloskopu) impuls wychodzący bezpośrednio z generatora oraz impuls odbity dla wartości impedancji:
 - $Z_2 = \infty$ - linia rozwarta na końcu,
 - $Z_2 = 51 \Omega$ - dopasowanie impedancji,
 - $Z_2 = 0$ - linia zwarta na końcu,
 - $Z_2 = 24 \Omega$
 - $Z_2 = 150 \Omega$

3. REJESTRACJA CIĄGU IMPULSÓW.



Wykaz elementów:

$R_1 = 100 \Omega$

D_1 - fotodioda na podczerwień BPW34

- 1) Do wejścia oscyloskopu doprowadzić sygnał z wyjścia detektora promieniowania.
- 2) Przebieg elektryczny, zarejestrowany przez oscyloskop cyfrowy może być przesłany w postaci pliku zawierającego dane w postaci cyfrowej, do urządzenia zewnętrznego w celu dalszej analizy numerycznej.

Ciągi impulsów generowanych przez pilota zdalnego sterowania podczas naciskania następujących przycisków pilota:

- 1 (pilot przełączony w tryb TV)
- 7 (pilot przełączony w tryb TV)
- 1 (pilot przełączony w tryb SAT)
- 7 (pilot przełączony w tryb SAT)

zarejestrować w dwojaki sposób:

- zapisać jako plik graficzny (dokonać zrzutu z oscyloskopu)
- zapisać jako plik zawierający dane liczbowe

- 3) Przy pomocy dowolnego programu umożliwiającego rysowanie wykresów, korzystając z pliku danych, wykonać wykresy zarejestrowanych przebiegów.
Porównać wykonane wykresy z obrazami zarejestrowanymi w plikach graficznych.
- 4) Opisać różnicę występującą pomiędzy zarejestrowanymi ciągami impulsów.

LITERATURA

1. J. Rydzewski "Pomiary oscyloskopowe" Wydawnictwa Naukowo-Techniczne 1999
2. J. Izydorzycy, G. Płonka, G. Tyma "Teoria sygnałów - Wstęp" Wydawnictwo Helion 2006
3. T. Stacewicz, A. Kotlicki "Elektronika w laboratorium naukowym" Państwowe Wydawnictwo Naukowe 1994
4. R. Szczerski "Lokalizacja uszkodzeń kabli i wybrane badania eksploatacyjne linii kablowych" Wydawnictwa Naukowo-Techniczne 1999
5. A. Bielski, R. Ciuryło "Podstawy metod opracowania pomiarów" Wydawnictwo Uniwersytetu Mikołaja Kopernika 2001