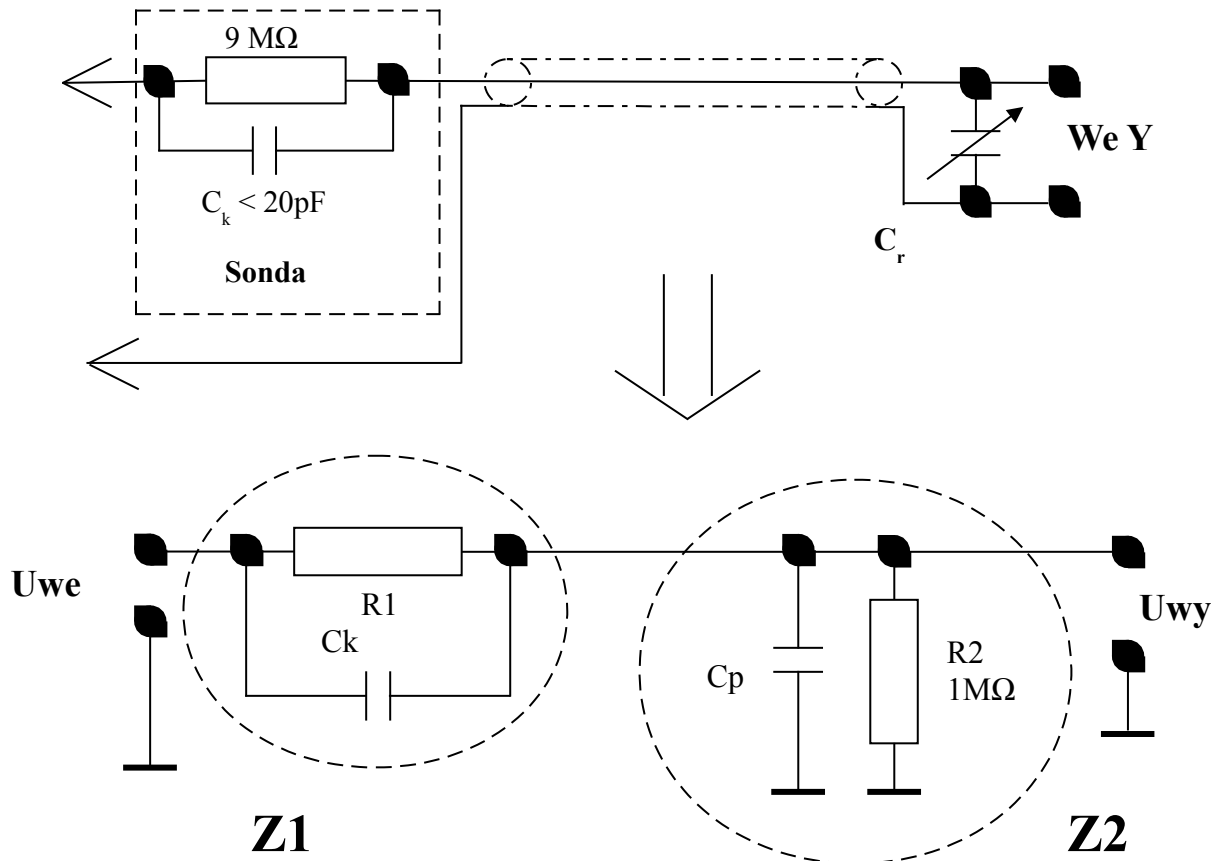


# Zespół Szkół Łączności

## LABORATORIUM URZĄDZEŃ ELEKTRONICZNYCH

### Sonda oscyloskopowa i badanie transmisji sygnałów w kablach. Reflektometr.

#### 1.0 Sonda oscyloskopowa.



Sonda oscyloskopowa wykorzystywana jest:

- przy badaniu przebiegów w. cz. lub przebiegów o krótkich czasach narastania i opadania w układach elektronicznych przy pomocy oscyloskopu;
- nie eliminuje, ale wyraźnie zmniejsza oddziaływanie pojemności kabla pomiarowego i pojemności wejściowej oscyloskopu na wyniki pomiaru oscyloskopem.

Sonda oscyloskopowa razem z rezystancją i pojemnością wejściową oscyloskopu tworzy dzielnik napięciowy o współczynniku podziału 1:10 lub 1:100. W najprostszym wykonaniu zawiera rezystor o dużej wartości rezystancji i kondensator regulowany – trymer. Elementy sondy i wejścia oscyloskopu tworzą dzielnik impedancyjny, gdzie  $C_p$  jest sumą pojemności kabla sondy oscyloskopowej, pojemności regulowanej  $C_r$  i pojemności wejściowej oscyloskopu,  $R_2$  jest rezystancją wejściową oscyloskopu, a  $R_1$  rezystancją zabudowaną w sondę,  $C_k$  wejściową sondy. Transmitancję tego dzielnika impedancyjnego zapisujemy następująco:

$$\frac{U_{wy}}{U_{we}} = \frac{Z_2}{Z_1 + Z_2} = \frac{\frac{1}{Y_2}}{\frac{1}{Y_1} + \frac{1}{Y_2}} = \frac{\frac{1}{\frac{1}{R_2} + j\omega C_p}}{\frac{1}{\frac{1}{R_1} + j\omega C_k} + \frac{1}{\frac{1}{R_2} + j\omega C_p}} = \frac{\frac{R_2}{1 + j\omega C_p R_2}}{\frac{R_1}{1 + j\omega C_k R_1} + \frac{R_2}{1 + j\omega C_p R_2}} = \frac{1}{10}$$

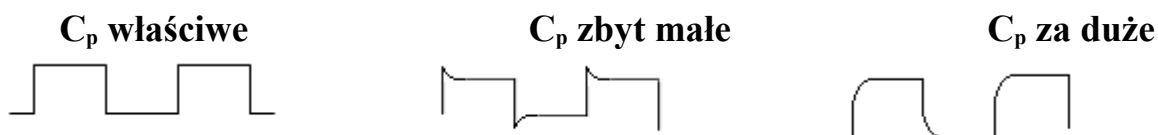
jeżeli  $C_k R_1 = C_p R_2$

Wartość napięcia wyjściowego jest dziesięciokrotnie mniejsza w całym paśmie częstotliwości tej sondy. To znaczy, że sonda zapewnia wierne odtworzenie badanych przebiegów na oscyloskopie i ma płaską charakterystykę częstotliwościową w tym paśmie częstotliwości.

**Zapis**

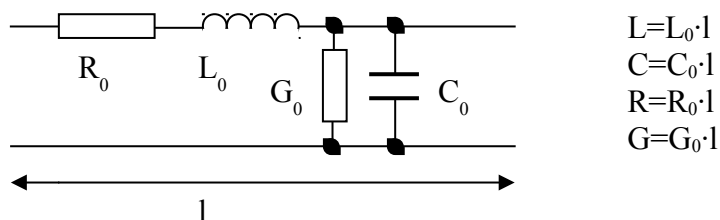
$$C_k R_1 = C_p R_2$$

**jest warunek kompensacji** sondy oscyloskopowej. Praktycznie kompensacji sondy oscyloskopowej dokonujemy korzystając z wyjścia testowego oscyloskopu regulując pojemnością  $C_r$  do uzyskania przebiegu prostokątnego jak na rysunku poniżej.



## 2.0 Podstawowe wiadomości o liniach przesyłowych (kablach) i zachodzących zjawiskach w liniach przesyłowych.

**Linia długa.** Wiemy, że światło w próżni ma prędkość nie większą niż 300 tys. km/s, że fale radiowe w próżni rozchodzą się z podobną prędkością. Okazuje się, że sygnały (impulsy) elektryczne w przewodach też nie mają prędkości rozchodzenia się równej  $\infty$ . Prędkość rozchodzenia się tych sygnałów zależy od otoczenia środowiska przewodników, a dokładnie pojemności i indukcyjności jednostkowej tych przewodów wyrażanych odpowiednio w [F/m] i [H/m], a te parametry zależą od przenikalności dielektrycznej  $\epsilon$  ( $\epsilon = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r$ ) i przenikalności magnetycznej  $\mu$  ( $\mu = \mu_0 \cdot \mu_r$ ). Każdy kabel (koncentryczny, symetryczny, skrętka telefoniczna) ma określoną jednostkową indukcyjność  $L_0$  i pojemność  $C_0$ , a prędkość przemieszczania się impulsu elektrycznego w linii przesyłowej to  $v = 1/\sqrt{L_0 \cdot C_0} = 1/\sqrt{\mu \cdot \epsilon}$ . Schemat zastępczy odcinka linii przesyłowej jest następujący:



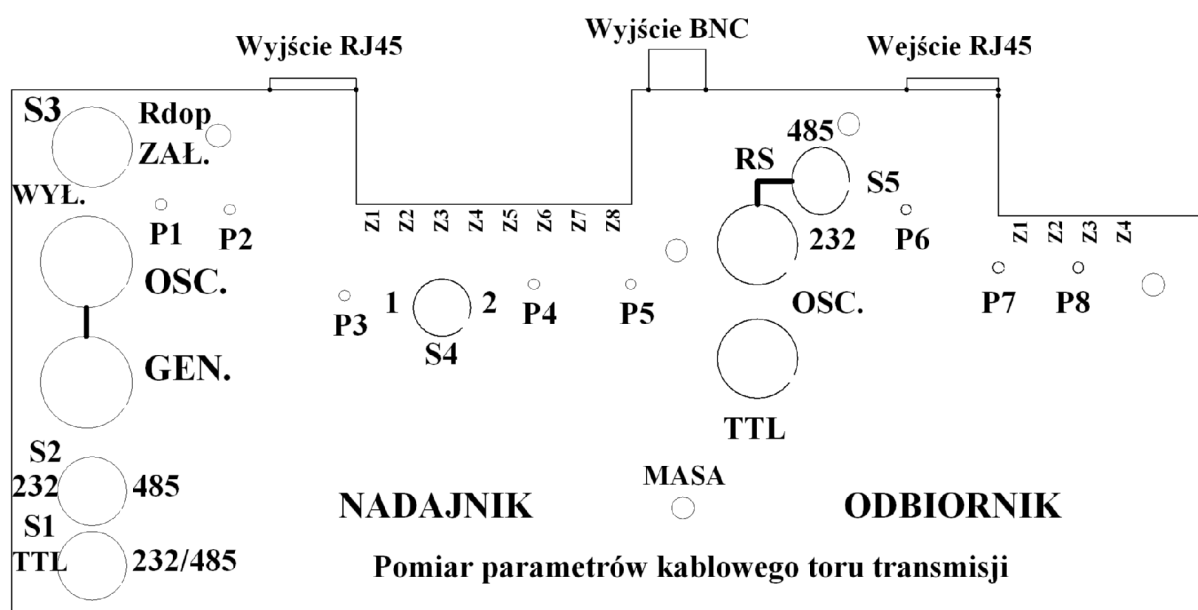
$$\begin{aligned} L &= L_0 \cdot l \\ C &= C_0 \cdot l \\ R &= R_0 \cdot l \\ G &= G_0 \cdot l \end{aligned}$$

Gdzie  $L_0$  – indukcyjność jednostkowa,  $C_0$  – pojemność jednostkowa,  $R_0$  – rezystancja jednostkowa przewodu,  $G_0$  – konduktancja jednostkowa (upływność) dielektryka, a  $l$  – długość odcinka linii.

**LINIA DŁUGA** to taka linia, której długość jest porównywalna lub większa od długości fali napięcia przesyłanego sygnału. Przy bardzo wysokich częstotliwościach linią długą może być odcinek kilku cm, a nawet kilka milimetrów. Długość fali napięcia sinusoidalnego to  $\lambda = c/f$ .

Przy przesyłaniu impulsów prostokątnych poza częstotliwością istotny jest czas narastania zbocza impulsów i czas propagacji sygnału. O **linii długiej** mówimy gdy  $t_p > 0,5t_T$  gdzie  $t_p$  – czas propagacji impulsu, a  $t_T$  czas trwania zbocza przenieszonego sygnału. Podstawowymi parametrami linii długiej są: impedancja falowa  $Z_f = \sqrt{L_0/C_0}$  oraz tłumienie jednostkowe  $\alpha = \sqrt{R_0 \cdot G_0}$  [dB/m]. Dla linii długiej mówimy o dopasowaniu falowym, gdy cała energia impulsu trafia do obciążenia (zamiana jest na ciepło) i o odbiciach, gdy część lub cała energia powraca do nadajnika i wytraca się w linii przesyłowej (**R i G linii**).

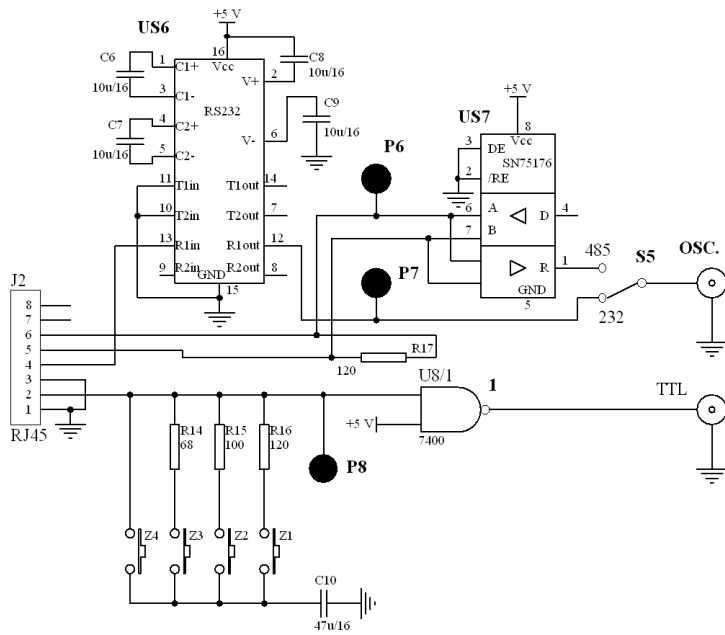
### 3.0 Budowa układu do pomiaru parametrów w liniach przesyłowych.



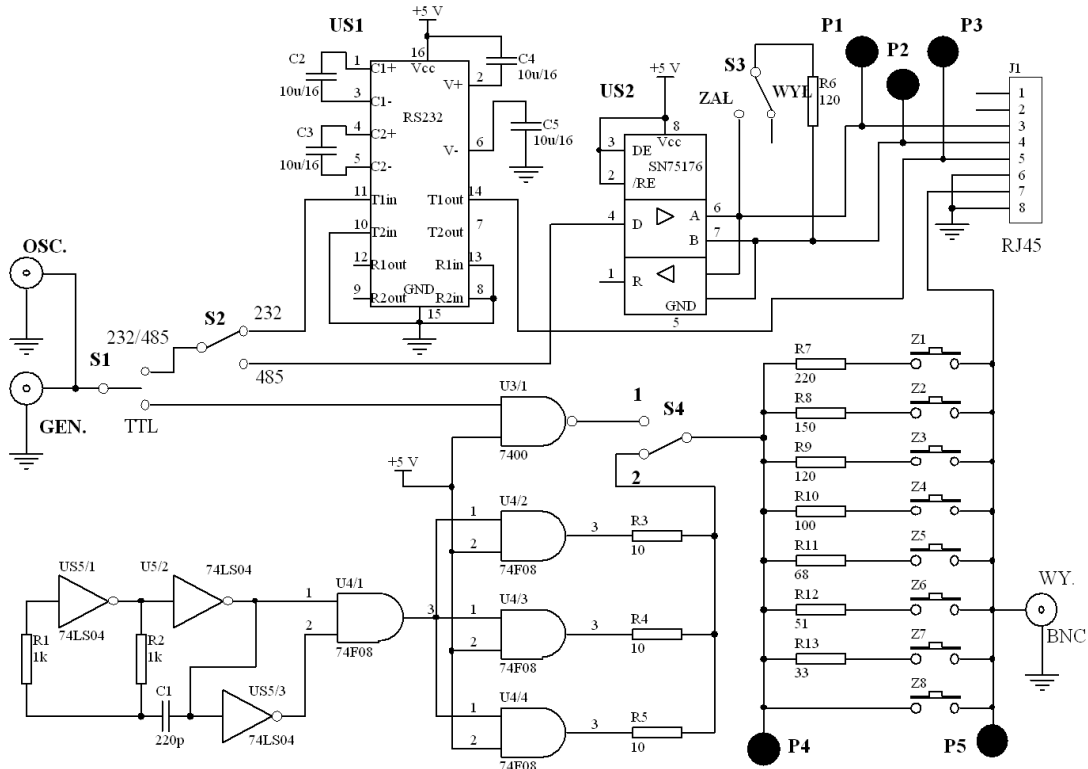
S1 – S5 przełączniki do wybrania określonych układów pomiarowych.  
P1 – P8 punkty pomiarowe do podłączenia sond oscyloskopowych.  
Gniazdo BNC „GEN.” do podłączenia generatora z wyjściem TTL.  
3 gniazda BNC „OSC.” do podłączenia oscyloskopu kablem BNC.

#### 3.1 Schematy ideowe i zasada działania układu pomiarowego.

W nadajniku jest generator krótkich impulsów, który wysyła impulsy o czasie trwania mniejszym od 10 ns. z okresem powtarzania T. Generator stanowią układy scalone US4 i US5. Do wyjścia generatora podłączane są rezystory dopasowujące przez przełącznik S4 poz. 1 i zwory Z1 – Z8, a następnie równocześnie do obu gniazd wyjściowych BNC i RJ45. Z wejścia gniazda GEN przebieg o poziomach TTL przez przełączniki S1 i S2 podawany jest do układów transmisji RS 232C, RS 422A (485) – układ SN75176 z odłączanym rezystorem dopasowania Rdop za pomocą przełącznika S3 i bramkę NAND (7400) z rezystorami dopasowania na wyjściu podłączanymi przełącznikiem S4. Odbiornik zawiera identyczne układy interfejsu RS 232C, RS422A i bramkę NAND.



Rys.2. Schemat ideowy odbiornika do badania parametrów linii przesyłowych



Rys 3. Schemat ideowy nadajnika do badania parametrów linii przesyłowych

#### 4.0 Wyposażenie stanowiska pomiarowego.

- badany model do pomiaru parametrów kablowego toru transmisji z zasilaczem sieciowym;
- oscyloskop cyfrowy dwukanałowy z sondami pomiarowymi;
- kabel koncentryczny o dł. 10 m zakończony złączem BNC;
- kabel internetowy (skrętka) 10 m zakończony złączem RJ45;
- rezystor obciążenia kabla koncentrycznego i zwora z wtykami złącza BNC.

## 5.0 Zadania do wykonania.

### *Sprawozdanie wykonaj na papierze kancelaryjnym.*

Przerysuj schemat sondy oscyloskopowej wraz ze schematem dzielnika impedancyjnego. Przepisz wzór na transmitancję tego dzielnika, oraz zapisz warunek kompensacji sondy oscyloskopowej.

Narysuj schemat blokowy układu do pomiaru linii długiej – kabla, zgodnie z opisem w poleceniach i dokonaj jego połączeń.

5.1 Pomiar prędkości rozchodzenia się sygnału elektrycznego w kablach: koncentrycznym (75  $\Omega$ ) i skrętce telefonicznej 4x2, pomiar impedancji falowej, oraz tłumienia sygnału dla obu kabli.

Pomiary dla kabla koncentrycznego 75  $\Omega$  o długości 10 m.

Do wyjścia nadajnika (gniazdo BNC na tylnej ściance) podłącz kabel koncentrycznego 75  $\Omega$ , drugi koniec kabla rozwarty. Przełącznik S4 w poz. 2. Generator zewnętrzny odłączony.

Pracuje wewnętrzny generator krótkich impulsów. Zworka w nadajniku w poz. Z4. Sonda pomiarowa oscyloskopu (1:10) podłączona do punktu pomiarowego P5, a  $C_{px}=20$  ns/cm  $C_{py}=0,1$  V/cm.

Odrysuj kształt przebiegów dla:

- kabla rozwartego na końcu;
- kabla zwartego na końcu;
- kabla z dopasowaniem falowym.

Dokonaj pomiaru amplitudy obu przebiegów, oraz czasu między wysłaniem impulsu i jego powrotem dla kabla rozwartego. Zapisz wyniki według zapisu poniżej. Zaznacz zmierzone parametry na rysunku.

$$\Delta t(x) = \dots\dots\dots$$

$$A_0 = \dots\dots\dots$$

$$A(x) = \dots\dots\dots$$

gdzie:  $\Delta t(x)$  jest zmierzonym czasem powrotu odbitego sygnału;

$A_0$  jest amplitudą sygnału z nadajnika impulsu.

$A(x)$  jest amplitudą sygnału odbitego.

Zaobserwuj zmiany, gdy koniec kabla zostanie zwarty, oraz określ wartość rezystancji dopasowania (falowej) – zmieniając zworkę dobierz odpowiednią rezystancję obciążenia.

Pomiary dla skrętki telefonicznej (4x2) o długości 10 m. (Odłączony kabel koncentryczny).

Do wyjścia nadajnika (gniazdo RJ45) podłącz kabel skrętka telefoniczna (4x2). Pozostałe podłączenia i ustawienia bez zmian.

$$\Delta t(x) = \dots\dots\dots$$

$$A_0 = \dots\dots\dots$$

$$A(x) = \dots\dots\dots$$

Dokonaj pomiaru impedancji falowej, czasu powrotu sygnału odbitego i amplitud obu sygnałów dla kabla rozwartego na końcu.

6.0 Opracowanie wyników. Wzory do obliczeń.

**Współczynnik odbicia:**  $n = (Z_{\text{obciążenia}} - Z_{\text{kabla}}) / (Z_{\text{obciążenia}} + Z_{\text{kabla}})$

**Współczynnik tłumienia:**  $A(x) = A_0 e^{-\alpha x}$  gdzie:  $x$  – odległość;  $\alpha$  – współczynnik tłumienia  
stąd  $\alpha =$

**Prędkość:**  $v = s/t$  gdzie:  $s$  przebyta przez sygnał droga  $s = 2 \cdot l$  ;  
 $t$  – zmierzony czas.  
 $l$  – długość kabla.

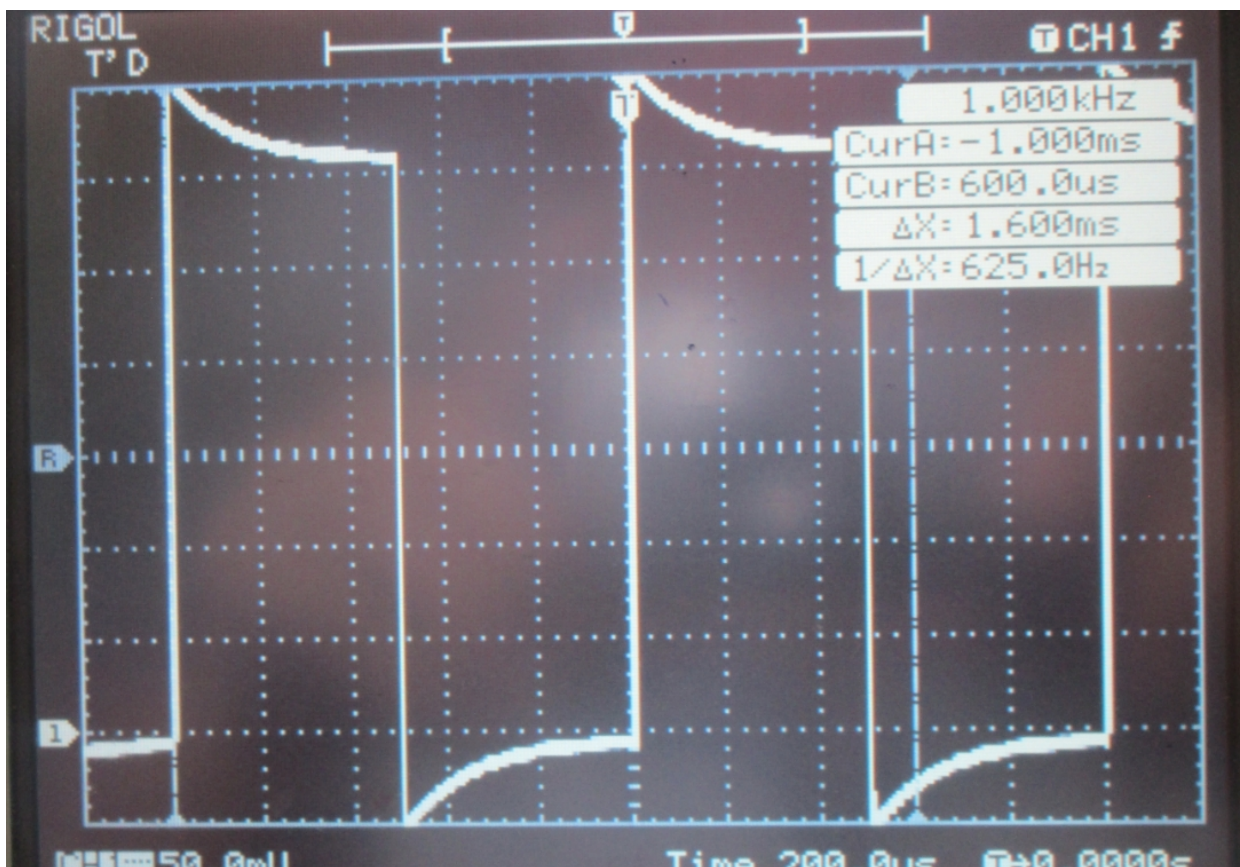
6.1 Oblicz współczynnik odbicia dla kabla na końcu rozwartego, zwartego i obciążonego rezystancją dopasowania.

6.2 Porównaj ze sobą zmierzone parametry obu kabli, oraz uzyskane wyniki szybkości transmisji sygnału elektrycznego. Wyjaśnij przyczynę dla której prędkość rozchodzenia się sygnałów elektrycznych w tych kablach jest różna i inna niż prędkość światła. Podaj skutki niedopasowania impedancji wyjściowej nadajnika, kabla i impedancji obciążenia.

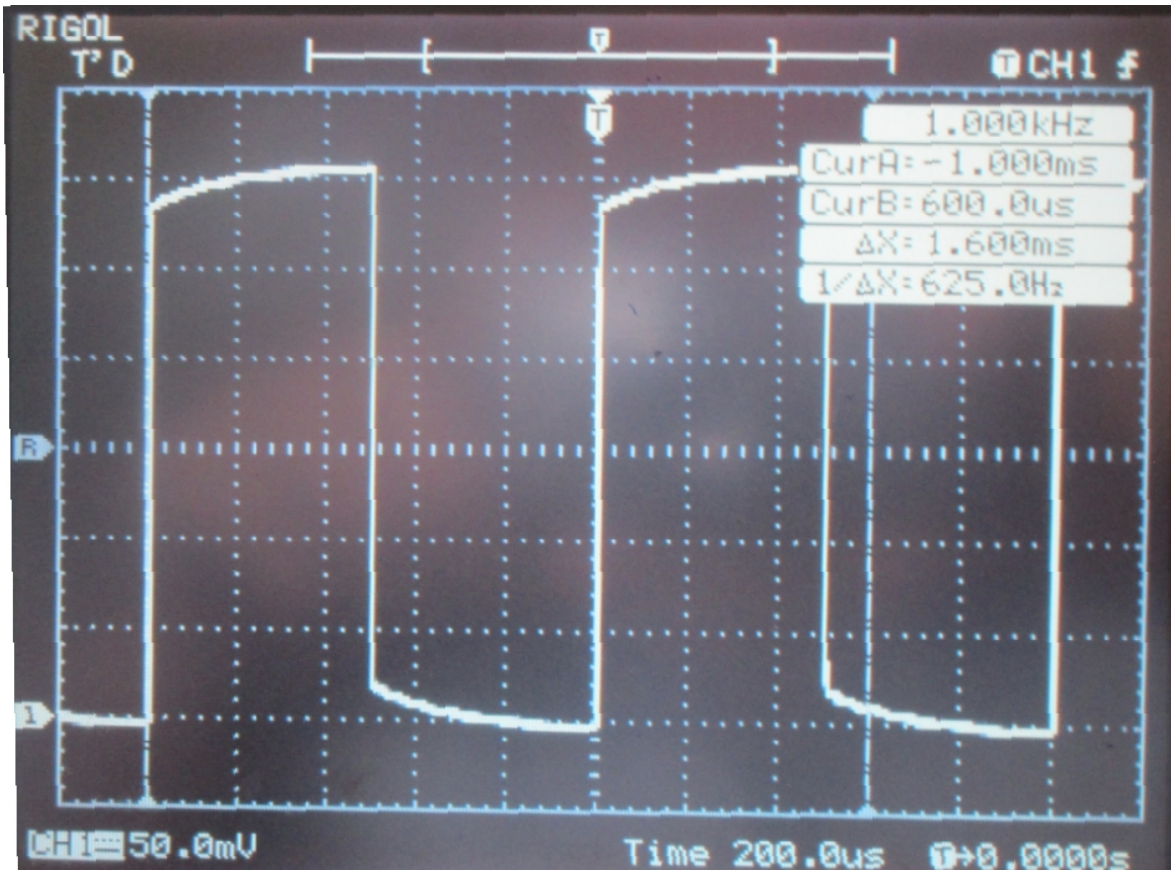
6.3 Wyjaśnij sposób lokalizacji uszkodzeń kabla za pomocą powyższej metody zwanego reflektometrem.

6.4 Wyjaśnij powody dla których w łączach kablowych na duże odległości nie stosuje się transmisji sygnałów prostokątnych. Uzasadnij rolę MODEM-u w transmisji sygnałów cyfrowych.

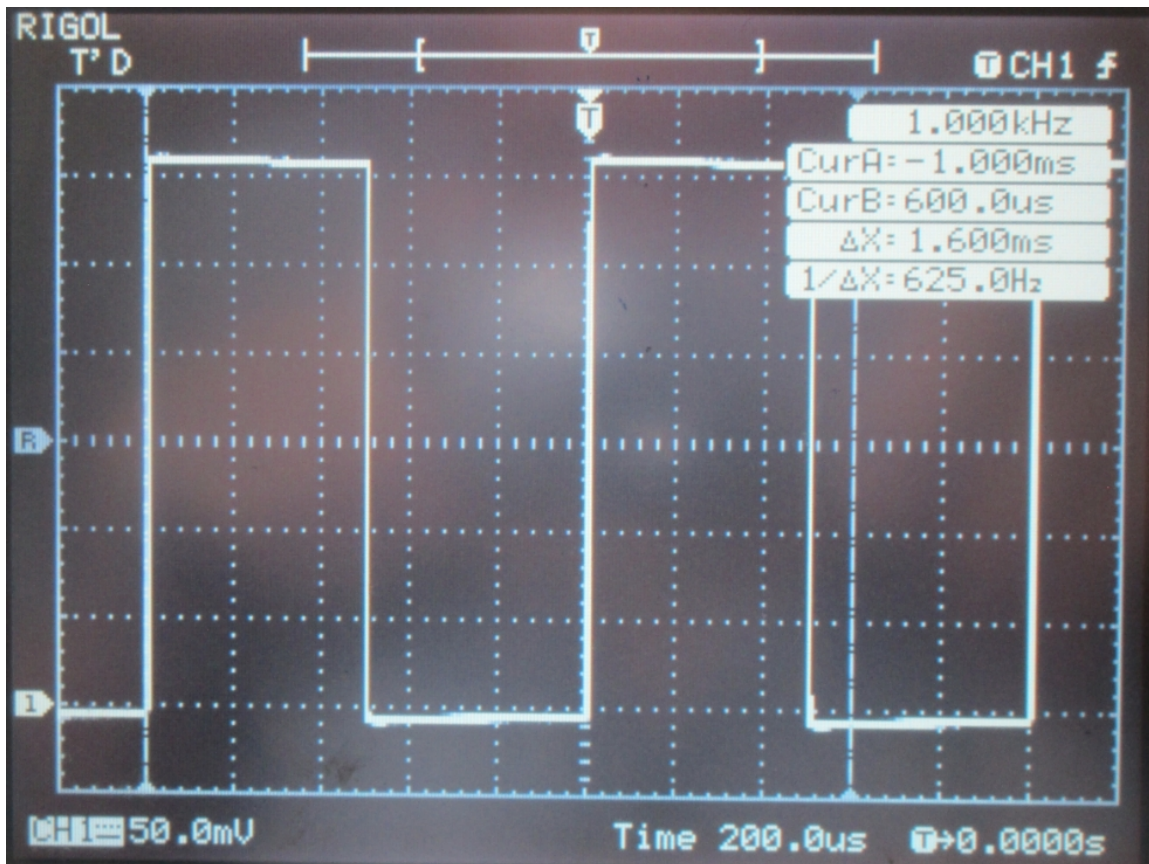
### Wyniki uzyskane z pomiarów sondy oscyloskopowej.



Rys. 1



Rys. 2

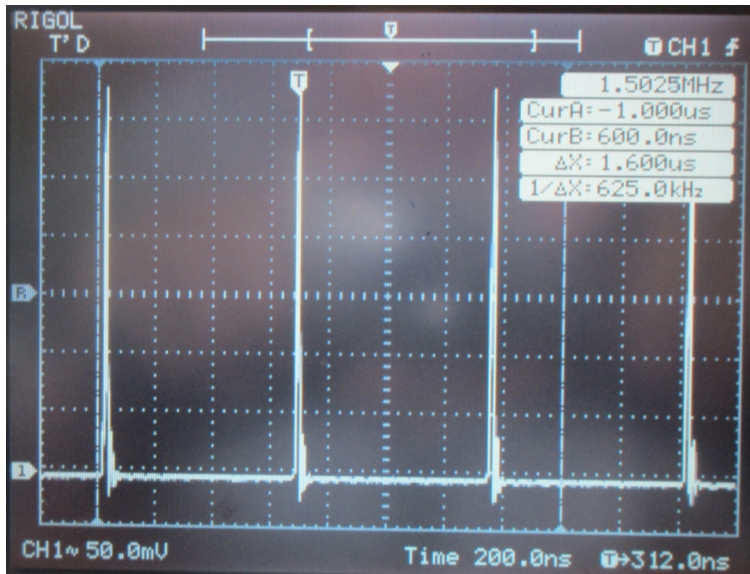


Rys. 3

Po podłączeniu sondy oscyloskopowej do kanału Y1 oscyloskopu z jednej strony, oraz do wyjścia sygnału testowego oscyloskopu, uzyskano różne przebiegi zależnie od regulacji wartości pojemności trymera Cr.

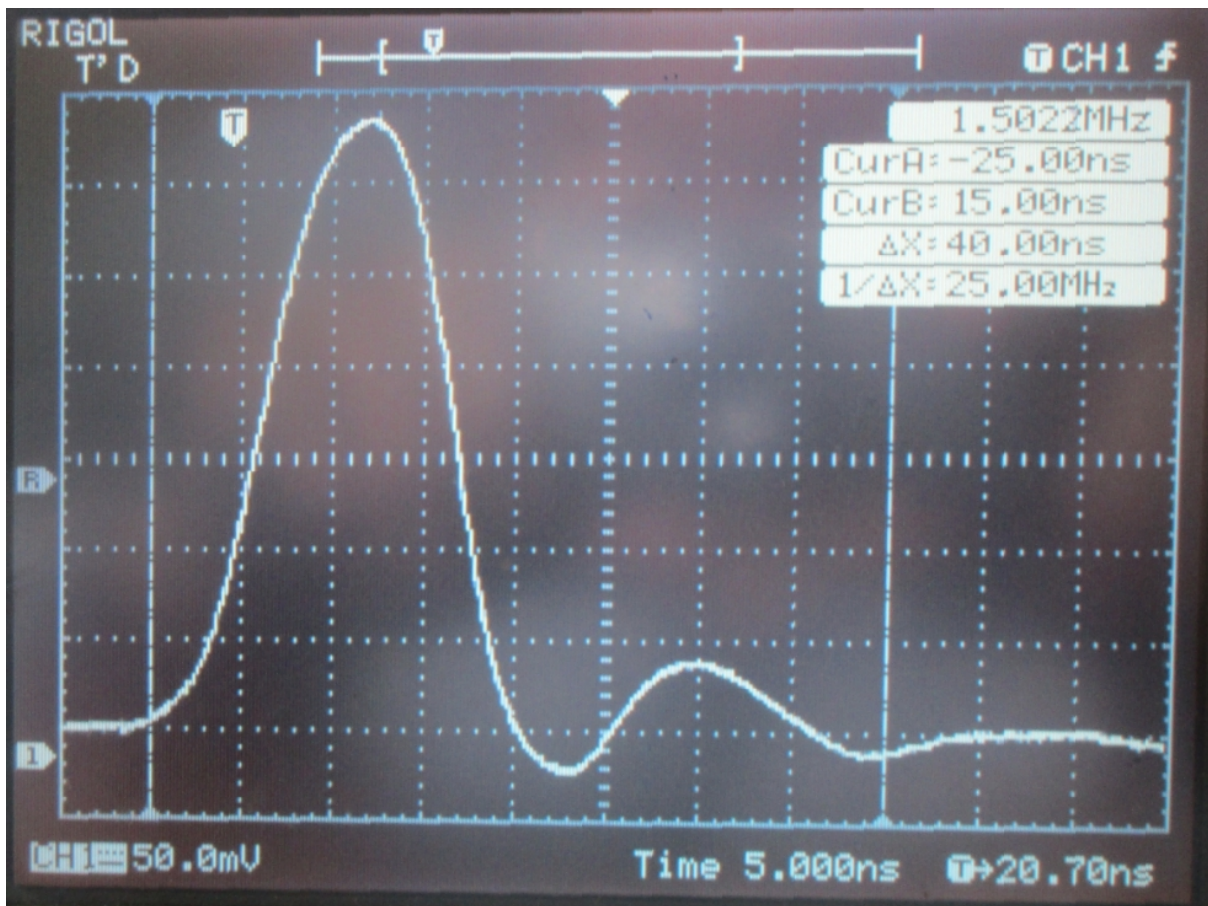
Wyjaśnij na czym polega kompensacja sondy oscyloskopowej. Co to znaczy że dzielnik jest skompensowany? Jak przebiega charakterystyka amplitudowa dzielnika skompensowanego?

### Pomiary parametrów sygnału i linii długiej.



Generator krótkich impulsów jest źródłem sygnału do badania linii długiej (rys.4). Wynika to z jednej z definicji takiej linii. Po rozciągnięciu podstawy czasu można odczytać czas trwania takiego impulsu (rys.5). W wyniku podłączenia do takiego generatora impulsów, badanego kabla uzyskujemy oscylogram, na którym widzimy dodatkowe przebiegi będące „echem” wysłanego sygnału. Powodem jest brak dopasowania generatora sygnału do kabla i kabla do obciążenia kabla. W warunkach dopasowania impedancji falowej generatora, kabla transmisyjnego i obciążenia cała energia impulsu

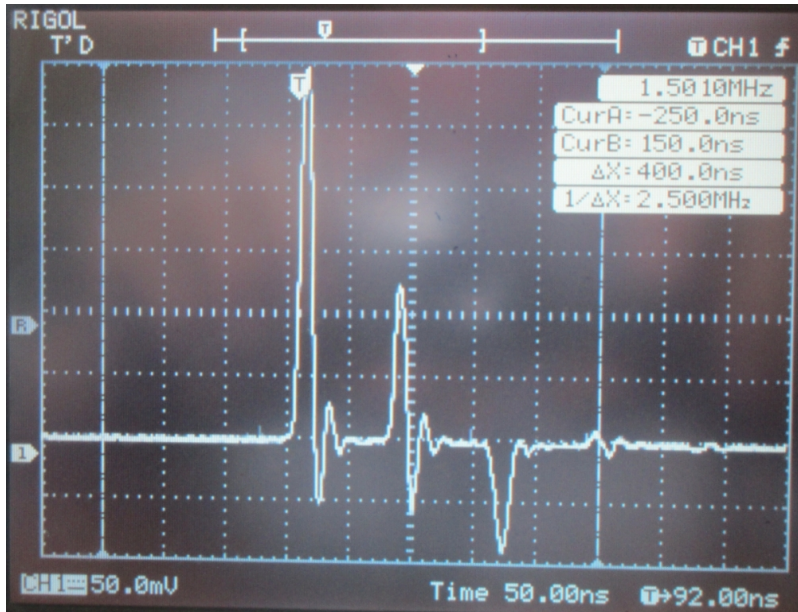
Rys. 4



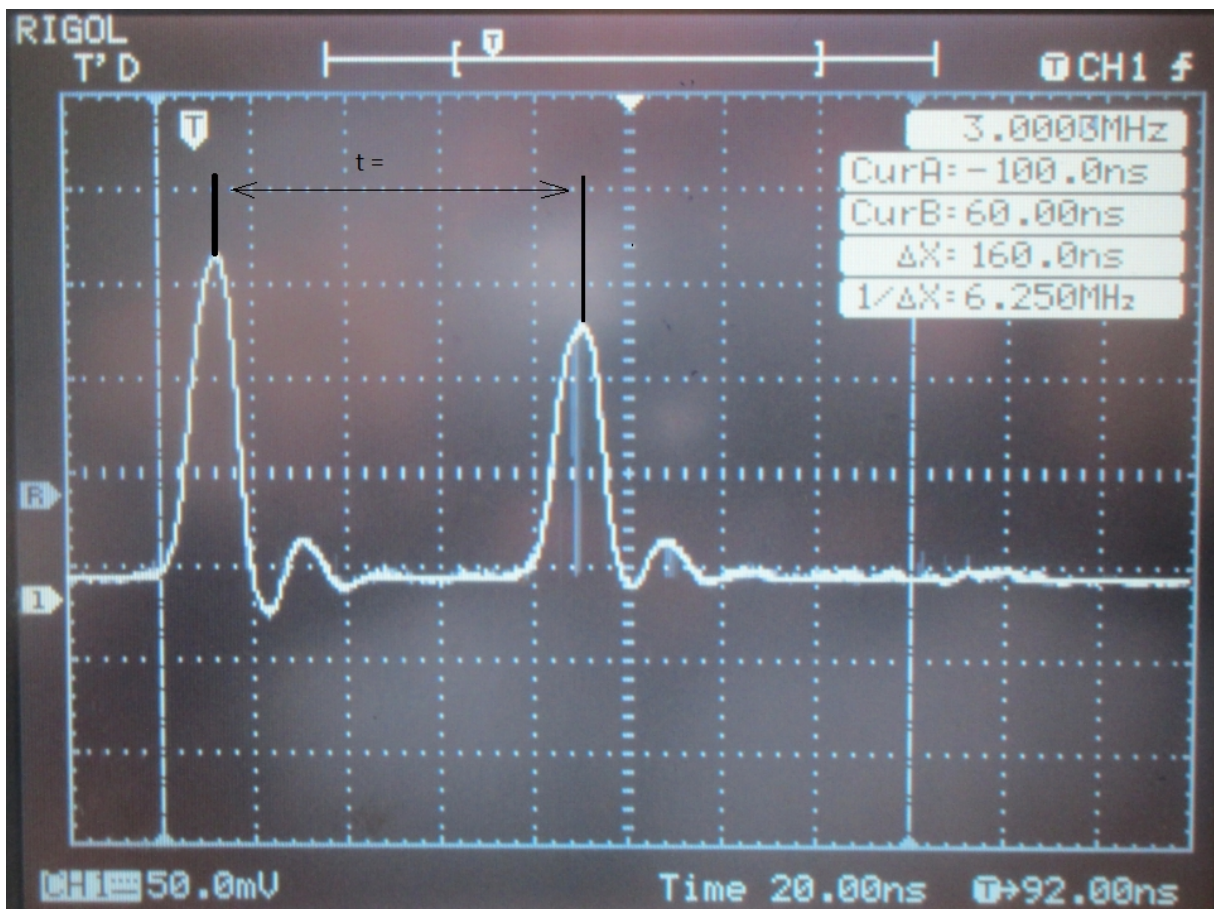
Rys. 5



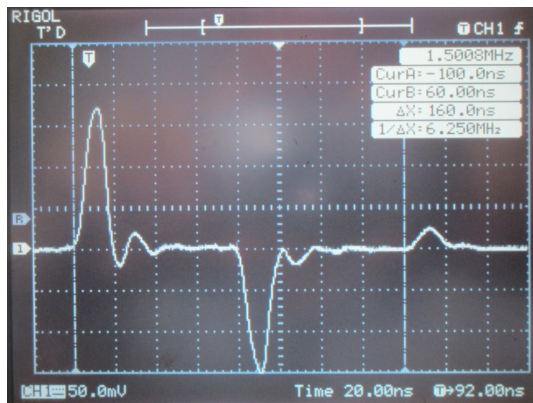
wyslanego wydzieli się w postaci ciepła na rezystancji obciążenia. W przeciwnym wypadku część energii powróci jako odbicie (rys.6). Kolejne trzy oscylogramy przedstawiają stan odpowiadający linii długiej – kabel koncentryczny telewizyjny – rozwartej na końcu (rys.7), zwartej (rys.8) oraz obciążonej na końcu rezystancją o konkretnej wartości. Dopasowanie falowe między źródłem sygnału, a kablem transmisyjnym ograniczy ilość odbić tylko do jednego (rys 7 i kolejne).



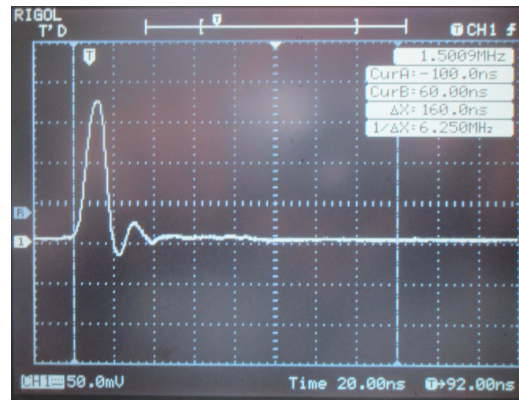
Rys. 6



Rys.7



Rys. 8



Rys.9

### **Obliczenia i opracowanie wyników.**

1. Zapisz definicję czasy trwania impulsy, oraz odczytaj ten czas z rys.5.
2. Odczytaj czas między wysłaniem impulsu, a powrotem odbicia dla kabla koncentrycznego telewizyjnego o impedancji falowej  $75 \Omega$  (rys.7), długości  $l = 10$  m, rozwartego na końcu. Jedna duża kratka to 20ns?
3. Oblicz, z jaką prędkością rozchodzi się sygnał w telewizyjnym kablu koncentrycznym? Wynik zapisz w km/s.
4. Oblicz, z jaką prędkością rozchodzi się sygnał w kablu typu U/UPT (skrętka internetowa nieekranowana), jeżeli dla długości 10 m czas między wysłaniem impulsu , a jego powrotem wynosi:  $t = 104$  ns. Wynik w km/s.
5. Porównaj oba wyniki i wyjaśnij co powoduje, że prędkości te są różne, oraz są również różne od prędkości światła w próżni. Zapisz jakie są skutki braku dopasowania w czasie transmisji danych na łączach .
6. Do obciążenia kabla koncentrycznego zastosowano dwa identyczne rezystory połączone równolegle z opisem k15. Oblicz, jaka jest ich wartość? Była to impedancja dopasowania.
7. Oblicz wartości współczynnika odbicia  $n$  dla kabla koncentrycznego rozwartego na końcu ( $R$  obciążenia = .....), zwartego na końcu, oraz z dopasowaniem.
8. Jakie jest przeznaczenia reflektometru kablowego? W jaki sposób można zlokalizować miejsce uszkodzenie kabla transmisyjnego przy pomocy reflektometru?
9. Zapisz podstawowe parametry linii długie. W jaki sposób definiowana jest linia długa?