

Kacper Kłos

5 maja 2025

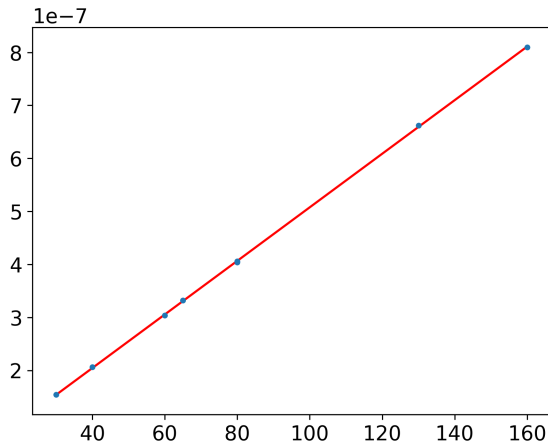
W raporcie analizowaliśmy zachowanie kabla przy bardzo szybkich sygnałach. Wysyłaliśmy sygnały o napięciu 5 V mający 100 ns oraz 10 ns trwa zwiększenie napięcia z 0 do 5 V. Badamy dwa kable o wartości referencyjnej impedancji równej 75Ω . Wpierw wydłużając kabel badaliśmy jak zmienia się czas z jakim sygnał dochodzi z powrotem, orzymane wyniki pozwoliły wyznaczyć nam prędkości sygnału na $v_{\text{good}} = (9,892 \pm 0,032) \times 10^7 \text{ m/s}$ oraz $v_{\text{bad}} = (11,341 \pm 0,080) \times 10^7 \text{ m/s}$. Następnie na koniec kabla przyłożyliśmy opornik o zmiennym oporze i wyznaczyliśmy zależność napięcia sygnału odbitego od oporu, przy pomocy tych wyników wyznaczyliśmy impedencję $Z_{\text{good}} = (73,9 \pm 1,1) \Omega$ oraz $Z_{\text{bad}} = (77,7 \pm 1,3) \Omega$. Na koniec przy pomocy tych wyników wyznaczyliśmy pojemność i indukcyjność na jednostkę długości kabla, wynoszące kolejno $c_{\text{good}} = (1,367 \pm 0,020) \times 10^{-10} \text{ F/m}$, $c_{\text{bad}} = (1,135 \pm 0,021) \times 10^{-10} \text{ F/m}$, $l_{\text{good}} = (7,47 \pm 0,11) \times 10^{-7} \text{ H/m}$, $l_{\text{bad}} = (6,85 \pm 0,12) \times 10^{-7} \text{ H/m}$

1 Wyniki Pomierów

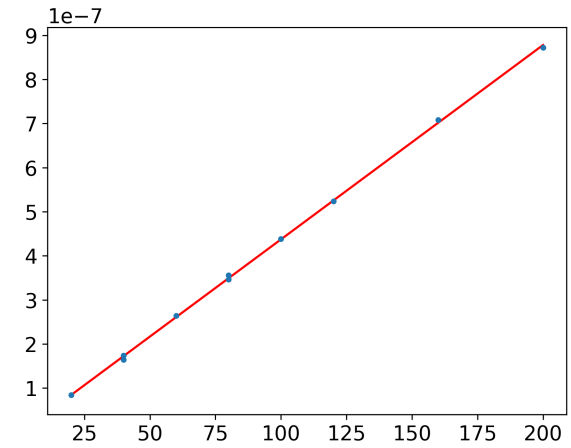
Wpierw badaliśmy czas potrzebny do odbicia sygnału dla kabla dobrego i złego z impedencją 75Ω .

Nr	Dobry kabel		Zły kabel	
	d [m]	t [ns]	d [m]	t [ns]
1	30	154	20	84
2	60	304	40	164
3	40	206	40	174
4	80	406	80	346
5	65	332	60	264
6	130	662	120	524
7	80	404	80	356
8	160	810	160	708
9	—	—	100	438
10	—	—	200	872

Tablica 1: Porównanie pomiarów odległości d i czasu t dla dobrego i uszkodzonego kabla.



(a) Dobry kabel



(b) Zły kabel

Rysunek 1: Wykres czasu między wysłanym a odebrany sygnałem t od długości kabla d .

Dopasowując prostą do danych (tab. 1) i wzoru:

$$t = \frac{d}{v} + b$$

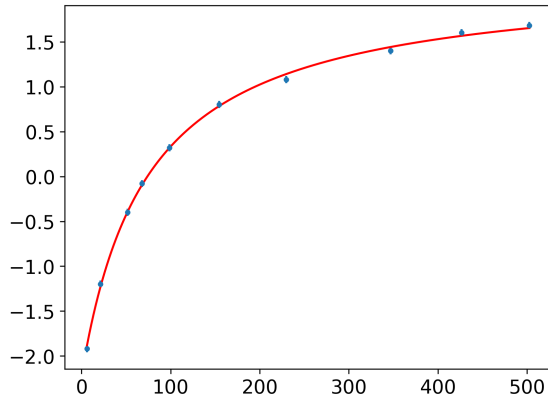
otrzymujemy prędkość dla dobrego kabla v_{good} (fig. 1a) oraz dla złego v_{bad} (fig. 1b)

$$v_{\text{good}} = (9,892 \pm 0,032) \times 10^7 \text{ m/s} \quad v_{\text{bad}} = (11,341 \pm 0,080) \times 10^7 \text{ m/s}$$

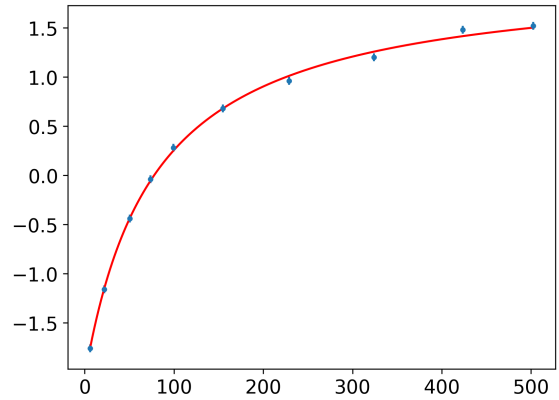
Następnie mierzymy napięcie odbitego sygnału od oporu podłączonego do końca kabla.

Nr	Dobry kabel		Zły kabel	
	$R [\Omega]$	$U [V]$	$R [\Omega]$	$U [V]$
1	21,242	-1,200	5,949	-1,760
2	67,889	-0,080	21,741	-1,160
3	51,489	-0,400	50,467	-0,440
4	98,712	0,320	73,712	-0,040
5	154,450	0,800	99,180	0,280
6	229,724	1,080	154,913	0,680
7	346,970	1,400	228,870	0,960
8	426,380	1,600	324,130	1,200
9	502,590	1,680	423,340	1,480
10	5,985	-1,920	502,510	1,520

Tablica 2: Porównanie pomiarów rezystancji R i napięcia U dla dobrego i uszkodzonego kabla.



(a) Dobry kabel



(b) Zły kabel

Rysunek 2: Wykres napięcia odbitego sygnału U od oporu na końcu przewodu R

Dopasowując krzywą do wzoru otrzymanego w [1]:

$$U_1 = U_0 \frac{R_L - Z}{R_L + Z}$$

Gdzie U_1 - napięcie odbierane, U_0 - napięcie generowane, R_L - opór obciążenia, Z - impedancja.

Oraz korzystając z otrzymanych danych (tab. 2) przy traktowaniu U_0 i Z jako zmienną do której dopasowujemy otrzymujemy Z_{good} (fig. 2a) dla dobrego kabla i Z_{bad} (fig. 2b) dla złego.

$$Z_{\text{good}} = (73,9 \pm 1,1) \Omega \quad Z_{\text{bad}} = (77,7 \pm 1,3) \Omega$$

Korzystając z ponownie z wzorów obecnych w [1] możemy wyznaczyć pojemność c i indukcyjność l na jednostkę długości

$$c = \frac{1}{vZ} \quad l = \frac{Z}{v}$$

Co przy naszych wartościach odpowiada:

$$c_{\text{good}} = (1,367 \pm 0,020) \times 10^{-10} \text{ F/m} \quad l_{\text{good}} = (7,47 \pm 0,11) \times 10^{-7} \text{ H/m}$$

$$c_{\text{bad}} = (1,135 \pm 0,021) \times 10^{-10} \text{ F/m} \quad l_{\text{bad}} = (6,85 \pm 0,12) \times 10^{-7} \text{ H/m}$$

2 Analiza wyników

Podczas badania mogliśmy zauważyć że sygnał wysyłany przez kabel zły znacznie niż kabel dobry tłumiał sygnały. W dodatku wyniki uzyskane przez kabel dobry miały mniejsze niepewności od tego złego, co skutkuje w tym że w przypadku impedencji wyznaczonych przez nas ta dla dobrego kabla mieści się w wartości referencyjnej 75Ω podczas gdy wartość dla kabla złego, jest nieznacznie większa.

Jeśli mowa o błędzie to dla obu pomiarów błąd wynika z rozdzielczości oscyloskopu oraz generatora sygnałów. W przypadku pomiaru prędkości sygnału są to jedyne błędy, dlatego znajduje się on poniżej 1% wyniku. Lecz w przypadku pomiarów napięcia błąd jest większy i wynika on głównie z trudności określenia dokładnego napięcia odbitego, które na przestrzeni czasu trwania odbitego sygnału spadało. Poza tym obecny jest niewielki błąd wynikający z rozdzielczości multimetra którym mierzyliśmy opór opornika na końcu kabla. Trzeba też wspomnieć że połączenia kabli mogły również zakłócić wyniki, jednak jest to pomijalne.

Literatura

[1] *Kabel Koncentryczny*; Piotr Fita, Uniwersytet Warszawski.