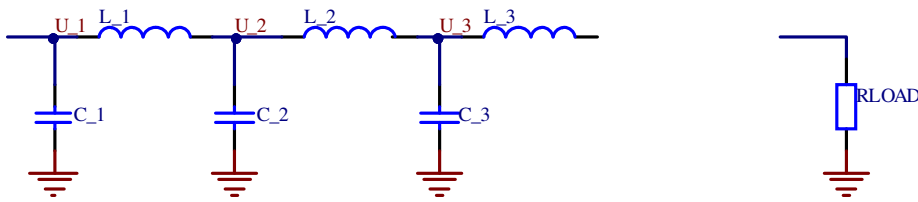


Kabel koncentryczny

Celem ćwiczenia jest

1. Doskonalenie umiejętności posługiwania się generatorem i oscyloskopem
2. Kształcenie umiejętności rozpoznawania efektów odbić w kablach
3. Pomiar prękości rochodzenia się impulsu w kablu
4. Pomiar impedancji kabla

Równanie falowe dla kabla



Aby znaleźć równanie falowe opisujące rochodzenie się impulsów w kablu podzieli go na krótkie odcinki długości Δx . Każdy z odcinków ma pewną pojemność $C=c \Delta x$ oraz indukcyjność $L=l \Delta x$. Ewolucję prądów płynących przez cewkę i kondensator w układzie można opisać podstawowymi równaniami dla tych elementów:

$$I_{C2} = I_{L1} - I_{L2} = c\Delta x \frac{dU_2}{dt} \quad U_2 - U_1 = l\Delta x \frac{dI_{L1}}{dt} \quad (1)$$

Gdzie pierwsze równanie zawiera jednocześnie prawo Kirchoffa dla węzła U_2 . Dzieliąc obustronnie przez Δx i przechodząc do granicy $\Delta x=0$ dostaniemy stąd parę równań różniczkowych wiążących prąd w kablu $I=I_L$ i napięcie U .

$$\frac{\partial I}{\partial x} = c \frac{\partial U}{\partial t} \quad \frac{\partial U}{\partial x} = l \frac{\partial I}{\partial t} \quad (2)$$

Gdzie $U=U(x,t)$, $I=I(x,t)$. Różniczkując pierwsze z nich dodatkowo po t a drugie po x dostaniemy równanie falowe na U :

$$\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} = l \frac{\partial I}{\partial t \partial x} = lc \frac{\partial^2 U}{\partial t^2} \quad (3)$$

Odbicie

Propagacji impulsu a amplitudzie U_0 towarzyszy przepływ prądu $I_0=U_0/Z$ gdzie Z jest impedancja kabla, u nas wynoszącą w przybliżeniu 50Ω (75Ω dla kabli telewizyjnych, około 120Ω dla skrętki itd.). Prąd płynie dla dodatnich impulsów w tym samym kierunku, w którym impuls się propaguje.

Jeśli na końcu kabla przyczepimy dowolny opornik (tzw. obciążenie) R_{LOAD} , to popłynie przezeń prąd $I=U_0/R_{LOAD}$, zbyt mały lub zbyt duży w stosunku do prądu płynącego w kablu. Powoduje to powstanie fali odbitej o amplitudzie U_1 , propagującej się w przeciwnym kierunku. Amplitudę fali odbitej wyznaczamy

żądając, aby sumaryczne napięcia i prądy obu fal pozostawały w stosunku ustalonym przez R_{LOAD} :

$$\frac{U_0 + U_1}{I_0 - I_1} = R_{LOAD} \quad (4)$$

Gdzie znak w mianowniku jest konsekwencją przeciwnego kierunku rozchodzenia się fal.

Pytania:

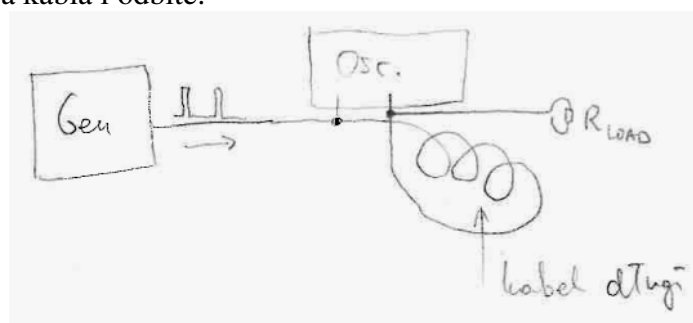
1. Struna rozciąga się od ściany, gdzie jest zamocowana, w lewo do nieskończoności. Z nieskończoności przybiega impuls prostokątny o amplitudzie A . Narysuj wychylenie struny od czasu w odległości L od ściany, przy czym czas potrzebny na przebycie długości L jest dużo krótszy niż czas trwania impulsu.



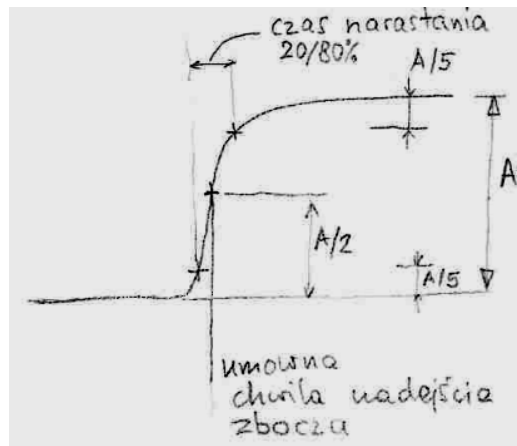
2. W równaniach (2-3) brakuje minusa. Gdzie?
3. Jaka jest prędkość rozchodzenia się fal wg. równania (3)?
4. Dla prostokątnego impulsu napięcia U rozchodzącego się w prawo znaleźć prąd I .
5. Stosując równanie (4) oblicz amplitudę impulsu odbitego U_1 od obciążenia R .

Przebieg pomiaru:

1. Podłącz generator krótkim kablem koncentrycznym do oscyloskopu. Ustaw generator na częstotliwość 100kHz, przebieg prostokątny, wypełnienie (%duty) 20%.
Ustaw trigger i pokaż asystentowi że potrafisz zmierzyć kursorami częstotliwość, czas trwania impulsów i ich amplitudę.
2. Przyłącz kabel długi do końca krótkiego trójnikiem. Początek i koniec kabla długiego podłącz do kanałów 1 i 2. Zaobserwuj zbcze padające, dochodzące do końca kabla i odbite.



3. Zmierz czas narastania każdego ze zbczy (20-80%) wg rysunku dla kabla 25m.



4. Zmierz czas pomiędzy umownymi momentami nadejścia zboczy narastających dla kabla 25m, 50m i 75m (złączone z dwóch i trzech) oraz 22m lub 47m. Zmierz też to samo na zboczach opadających. Kable przygotowane do ćwiczenia mają długość 25 i 22m (jedna sztuka).
5. Do końca kabla 25m przyłącz równolegle z oscyloskopem potencjometr 100Ω . Zmierz amplitudę impulsu odbitego w funkcji oporu obciążenia, a sam opór - omomierzem. Zbierz 6-8 punktów pomiarowych. Oszacuj dokładność z jaką możesz zmierzyć amplitudę kolejnych zboczy na oscyloskopie.
6. (jeśli starczy czasu). Zbuduj długi kabel (75-100m) i kilku kawałków. Następnie w pewnym miejscu tego kabla zasymuluj uszkodzenie: podłącz równolegle opornik 75Ω (dostępny w formie „terminatora”). Czy na podstawie obrazu z oscyloskopu możesz zidentyfikować gdzie nastąpiło uszkodzenie? Czemu odpowiadają kolejne schodki widoczne na oscyloskopie?

Opis ma zawierać m.in.:

1. Wykres opóźnienia w funkcji długości kabla. Odbicie i powrót odpowiadają propagacji w kablu o długości podwojonej. Dopasuj prostą i wyznacz prędkość rozchodzenia się fali w badanym kablu.
2. Wykres amplitudy fali odbitej w funkcji R_{LOAD} . Dopasuj zależność z rozwiązania równania (4) i wyznacz impedancję kabla Z .