

Laboratorium Telewizji Cyfrowej

Badanie wybranych elementów sieci TV kablowej

Jarosław Marek Gliwiński
Robert Sadowski
Przemysław Szczerbicki
Paweł Urbanek

14 maja 2009

1 Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia było zapoznanie się z właściwościami i parametrami elementów wykorzystywanych do budowy sieci TV kablowej i instalacji do odbioru TV. Są to elementy bierne:

- rozgałęźnik
- odgałęźnik
- kabel koncentryczny
- filtry

Oraz element aktywny – wzmacniacz szerokopasmowy. Dodatkowo ćwiczenie utrwala wiedzę z zakresu pomiarów analizatorem widma.

2 Pomiar charakterystyki częstotliwościowej kabla

Ustawiono prawidłowe nastawy analizatora

- Pasma filtru rozdzielczości – 300MHz
- Pasma filtru obrazu – 300MHz
- Czas analizy – 2000ms
- Rozdzielczość pionowa - 10dB/działkę
- Zakres częstotliwości – 100-860MHz

cz. kanału	wyniki pomiarów[$\text{dB}\mu\text{V}$]					średnia	odch. std.
181	65.4	65.7	65.5	65.6	65.6	65.56	0.11
221	64.3	64.3	64.3	64.3	64.5	64.34	0.08
254	62.9	63.2	63.1	63.2	63.2	63.12	0.13
295	65.5	65.2	65.3	65.2	65.2	65.28	0.13
343	65.1	65.4	65.3	65.4	65.4	65.32	0.13
389	50.3	50.8	49.8	50.7	51.4	50.60	0.59
437	52.7	53.4	54.5	53.8	53.9	53.66	0.66
487	64.0	63.9	64.0	63.9	63.8	63.92	0.08
528	62.2	62.4	62.5	62.3	62.5	62.38	0.13
566	48.4	48.4	48.2	48.6	48.2	48.36	0.17
606	59.9	60.0	59.8	59.9	60.1	59.94	0.11
664	59.5	59.3	59.4	59.2	59.5	59.38	0.13
713	58.7	58.6	58.8	58.5	58.5	58.62	0.13
776	60.4	60.3	60.1	60.3	60.4	60.30	0.12
809	59.8	59.7	59.8	59.9	59.8	59.80	0.07

Tabela 1: Wyniki pomiarów dla kabla krótkiego

2.1 Krótki kabel koncentryczny

Najpierw zmierzono poziomy mocy dla krótkiego kabla koncentrycznego, w celu uzyskania poziomów odniesienia dla poszczególnych częstotliwości dla kolejnych pomiarów. Wyniki przedstawia tabela 1. Częstotliwości podano z zaokrągleniem do liczb całkowitych.

2.2 Długi kabel koncentryczny

Następnie dokonano tych samych pomiarów dla długiego ($\sim 50\text{m}$) kabla włączonego szeregowo w poprzedni układ. Wyniki przedstawiono w tabeli 2.

Charakterystyka częstotliwościowa

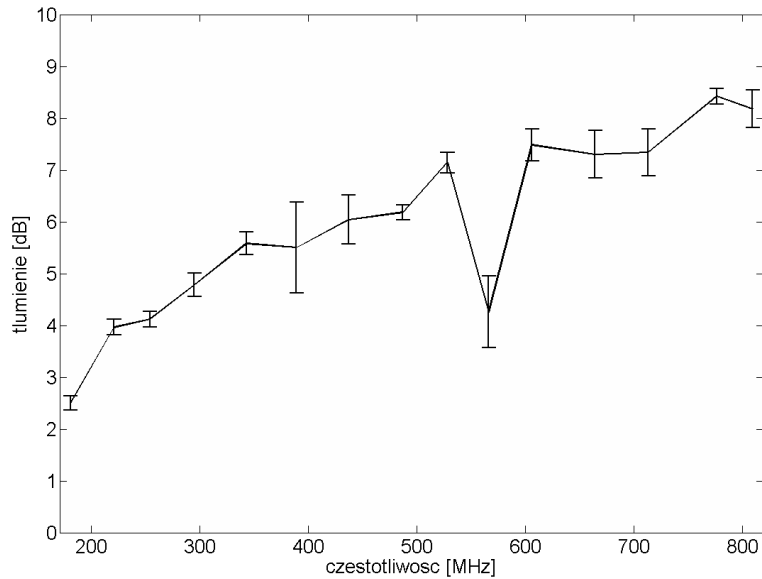
Na podstawie różnic między wynikami pomiarów wyliczono tłumienie kabla długiego. W tabeli 3 przedstawiono różnice, zaś wykres 1 stanowi wizualizację charakterystyki częstotliwościowo-amplitudowej tłumienia.

cz. kanału	wyniki pomiarów[$\text{dB}\mu\text{V}$]					średnia	odch. std.
181	62.8	63.3	63.2	63.0	63.0	63.06	0.19
221	60.3	60.2	60.6	60.3	60.5	60.38	0.16
254	58.8	58.9	59.2	59.1	59.0	59.00	0.16
295	60.5	60.4	60.5	60.3	60.8	60.50	0.19
343	59.9	59.7	59.6	59.8	59.7	59.74	0.11
389	45.9	46.0	43.3	44.9	45.4	45.10	1.09
437	47.1	47.4	48.2	47.1	48.3	47.62	0.59
487	57.8	57.7	57.9	57.5	57.8	57.74	0.15
528	55.4	55.1	55.3	55.1	55.3	55.24	0.13
566	43.3	44.0	44.9	44.0	44.3	44.10	0.58
606	52.7	52.4	52.0	52.2	53.0	52.46	0.40
664	52.2	51.3	52.0	52.4	52.5	52.08	0.48
713	51.2	51.3	50.8	51.4	51.7	51.28	0.33
776	52.2	51.9	51.7	51.7	51.9	51.88	0.20
809	51.0	51.8	51.8	51.9	51.6	51.62	0.36

Tabela 2: Wyniki pomiarów dla kabla długiego

cz. kanału	wyniki pomiarów[dB]					średnia	odch. std.
181	2.6	2.4	2.3	2.6	2.6	2.50	0.14
221	4.0	4.1	3.7	4.0	4.0	3.96	0.15
254	4.1	4.3	3.9	4.1	4.2	4.12	0.15
295	5.0	4.8	4.8	4.9	4.4	4.78	0.23
343	5.2	5.7	5.7	5.6	5.7	5.58	0.22
389	4.4	4.8	6.5	5.8	6.0	5.50	0.87
437	5.6	6.0	6.3	6.7	5.6	6.04	0.47
487	6.2	6.2	6.1	6.4	6.0	6.18	0.15
528	6.8	7.3	7.2	7.2	7.2	7.14	0.19
566	5.1	4.4	3.3	4.6	3.9	4.26	0.69
606	7.2	7.6	7.8	7.7	7.1	7.48	0.31
664	7.3	8.0	7.4	6.8	7.0	7.30	0.46
713	7.5	7.3	8.0	7.1	6.8	7.34	0.45
776	8.2	8.4	8.4	8.6	8.5	8.42	0.15
809	8.8	7.9	8.0	8.0	8.2	8.18	0.36

Tabela 3: Różnice wyników pomiarów dla kabla długiego i krótkiego



Wykres 1: Charakterystyka częstotliwościowo-amplitudowa tłumienia, kabel długi

Obliczenia teoretyczne

Teoretyczna zależność między tłumieniami dla dwóch częstotliwości wyraża się wzorem:

$$A(f) = \sqrt{\frac{f}{f_0}} A(f_0)$$

Wykorzystano tę zależność przyjmując jako f częstotliwość „szukaną” i f_0 jako „daną”. W tabeli 3 odczytano wartości dla skrajnych częstotliwości i dokonano obliczeń dla pozostałych częstotliwości z mierzonego zakresu. Tabela 4 przedstawia wyniki tych obliczeń w zestawieniu z wartościami zmierzonymi. Różnice wartości obliczonych są wyraźne – zarówno pomiędzy wartościami wyliczonymi obydwoma „metodami”, jak i między wartościami wyliczonymi a zmierzonymi. Wynika to z faktu, iż wzór ten jest pewnym przybliżeniem, nieuwzględniającym własności konkretnego, rzeczywistego kabla jak i warunków otoczenia. Poza tym dana wartość f_0 jest wynikiem pomiaru, a więc siłą rzeczy jest obciążona pewnym błędem, który propaguje się na wynik obliczeń teoretycznych.

2.3 Uszkodzony kabel koncentryczny

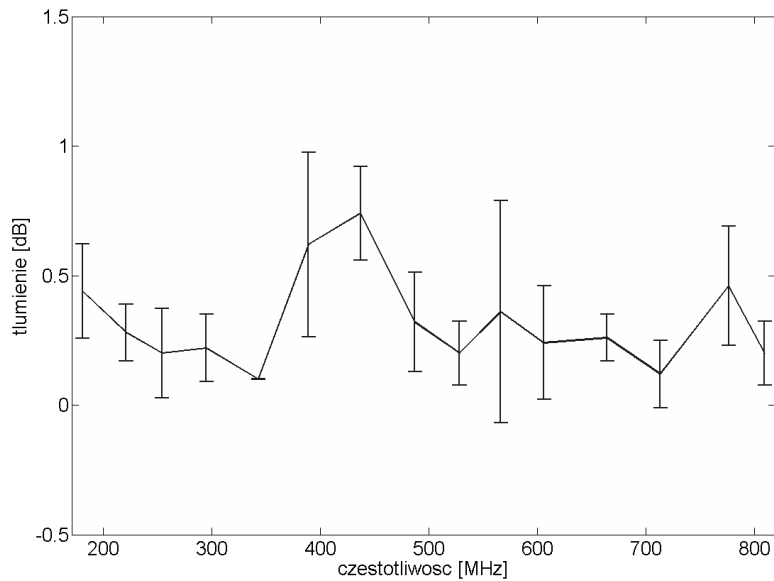
Zastosowano procedurę z poprzednich punktów. Uzyskaną charakterystykę przedstawiają 5 oraz wykres 2. Można wywnioskować, iż uszkodzenie nie jest poważne – średnie nie przekraczają 0.7dB, zaś dla niektórych częstotliwości tłumienie 0dB zawiera się w przedziale $\langle \mu - \sigma, \mu + \sigma \rangle$, co świadczy o tym, że zmierzona wartość może być obciążona dużym błędem względnym.

cz. kanału	$f_0=181$		$f_0=809$	
	teoria	$\frac{teoria}{pomiar}$	teoria	$\frac{teoria}{pomiar}$
181	–	–	3,86	1,54
221	2,76	0,69	4,27	1,07
254	2,96	0,71	4,58	1,11
295	3,19	0,66	4,93	1,03
343	3,44	0,61	5,32	0,95
389	3,66	0,66	5,67	1,03
437	3,88	0,64	6,01	0,99
487	4,10	0,66	6,34	1,02
528	4,26	0,59	6,60	0,92
566	4,42	1,03	6,84	1,60
606	4,57	0,61	7,07	0,94
664	4,78	0,65	7,41	1,01
713	4,96	0,67	7,67	1,04
776	5,17	0,61	8,01	0,95
809	5,28	0,64	–	–

Tabela 4: Wyniki teoretycznych obliczeń tłumienia

cz. kanału	wyniki pomiarów [dB]					średnia	odch. std.
	0.7	0.2	0.4	0.4	0.5		
181	0.7	0.2	0.4	0.4	0.5	0.44	0.18
221	0.3	0.4	0.3	0.3	0.1	0.28	0.10
254	0.5	0.1	0.2	0.1	0.1	0.20	0.17
295	0.1	0.3	0.1	0.2	0.4	0.22	0.13
343	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.10	0.00
389	0.4	0.5	0.7	0.3	1.2	0.62	0.35
437	0.7	0.5	1.0	0.7	0.8	0.74	0.18
487	0.2	0.4	0.1	0.3	0.6	0.32	0.19
528	0.1	0.2	0.4	0.1	0.2	0.20	0.12
566	0.1	0.0	0.6	0.1	1.0	0.36	0.42
606	0.0	0.4	0.0	0.4	0.4	0.24	0.21
664	0.2	0.4	0.3	0.2	0.2	0.26	0.08
713	0.2	0.0	0.3	0.1	0.00	0.12	0.13
776	0.7	0.5	0.1	0.4	0.6	0.46	0.23
809	0.2	0.2	0.1	0.1	0.4	0.20	0.12

Tabela 5: Charakterystyka częstotliwościowo-amplitudowa tłumienia, kabel uszkodzony



Wykres 2: Charakterystyka częstotliwościowo-amplitudowa tłumienia, kabel uszkodzony

3 Pomiar filtrów

Użyto tych samych nastawów, co przy pomiarach kabli.

3.1 Filtr F-230

Wyniki charakterystyki tłumienia (z pominięciem surowych wyników pomiaru mocy) przedstawiają tabela 6 oraz wykres 3.

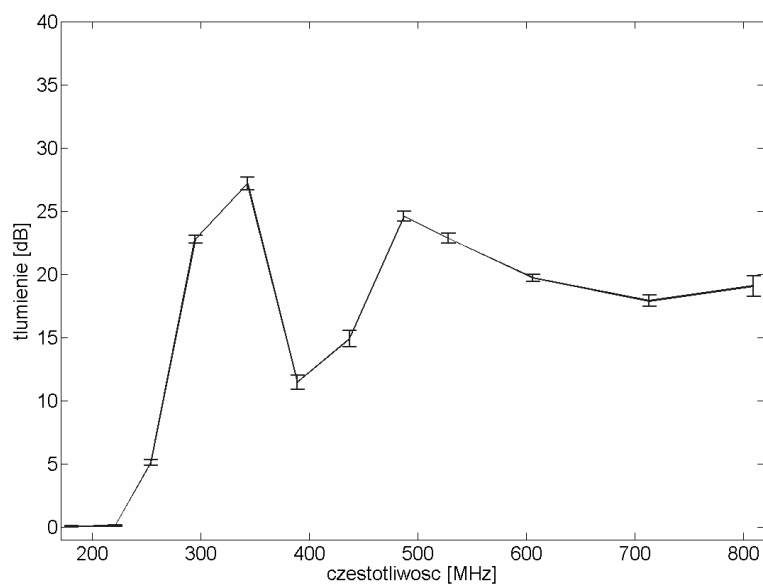
Interpolowana liniowo między punktami 221MHz a 254MHz trzydecybelowa szerokość pasma wyniosła około 240MHz.

3.2 Filtr F-29

Wyniki charakterystyki tłumienia (z pominięciem surowych wyników pomiaru mocy) przedstawiają tabela 7 oraz wykres 4 Interpolowana liniowo między punktami 528MHz a 566MHz trzydecybelowa szerokość pasma wyniosła około 535MHz.

cz. kanału	wyniki pomiarów [dB]					średnia	odch. std.
181	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.06	0.05
221	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.08	0.044
254	4.9	5.4	5.0	5.2	4.9	5.08	0.21
295	22.6	23.2	22.6	23.0	22.4	22.76	0.32
343	26.5	27.6	27.7	26.9	27.1	27.16	0.49
389	11.1	12.4	11.1	11.2	11.4	11.44	0.55
437	14.5	14.5	15.7	15.5	14.3	14.90	0.64
487	24.3	24.9	25.1	24.5	24.1	24.58	0.41
528	22.7	23.0	23.4	22.7	22.4	22.84	0.37
606	19.9	19.4	20.1	19.5	19.6	19.70	0.29
713	17.4	18.2	18.1	17.4	18.3	17.88	0.44
809	19.4	19.5	19.6	17.6	19.2	19.06	0.82

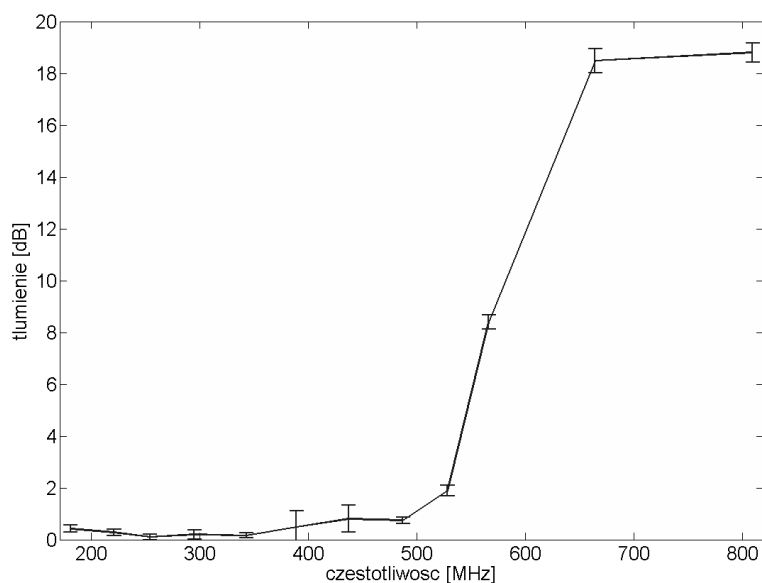
Tabela 6: Charakterystyka częstotliwościowo-amplitudowa tłumienia, filtr F-230



Wykres 3: Charakterystyka częstotliwościowo-amplitudowa tłumienia, filtr F-230

cz. kanału	wyniki pomiarów[dB]					średnia	odch. std.
181	0.7	0.2	0.4	0.4	0.5	0.44	0.18
221	0.3	0.4	0.3	0.3	0.1	0.28	0.10
254	0.5	0.1	0.2	0.1	0.1	0.20	0.17
295	0.1	0.3	0.1	0.2	0.4	0.22	0.13
343	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.10	0.00
389	0.4	0.5	0.7	0.3	1.2	0.62	0.35
437	0.7	0.5	1.0	0.7	0.8	0.74	0.18
487	0.2	0.4	0.1	0.3	0.6	0.32	0.19
528	0.1	0.2	0.4	0.1	0.2	0.20	0.12
566	0.1	0.0	0.6	0.1	1.0	0.36	0.42
606	0.0	0.4	0.0	0.4	0.4	0.24	0.21
664	0.2	0.4	0.3	0.2	0.2	0.26	0.08
713	0.2	0.0	0.3	0.1	0.00	0.12	0.13
776	0.7	0.5	0.1	0.4	0.6	0.46	0.23
809	0.2	0.2	0.1	0.1	0.4	0.20	0.12

Tabela 7: Charakterystyka częstotliwościowo-amplitudowa tłumienia, filtr F-29



Wykres 4: Charakterystyka częstotliwościowo-amplitudowa tłumienia, filtr F-29

4 Odpowiedzi na pytania dodatkowe

Jaki błąd systematyczny jest popełniany przy pomiarach w trackcie tego ćwiczenia? Ile wynosi jego wartość?

Błąd systematyczny wynika z dołączania krótkiego kabla koncentrycznego szeregowo we wszystkich pomiarach. Wprowadza on niewielkie tłumienie. Nie zanotowano długości

kabla, jednak można przyjąć, że był to jeden metr, co przy założeniu tłumienia jednostkowego rzędu 0.15dB/m da błąd względny o tej właśnie wartości.

Zdefiniuj parametry rozgałęźników i odgałęźników

Rozgałęźniki i odgałęźniki charakteryzują się wartościami tłumienia występującymi między określonymi wejściami i wyjściami. Poniżej pokrótce zdefiniowano poszczególne tłumienia:

Tłumienie przelotowe A występuje pomiędzy wejściem a wyjściem głównym (0dB – moc odgałęzień – 1 do 2dB strat wewnętrznych)

Tłumienie sprzężenia A_s występuje pomiędzy wejściem a jednym z wyjść odgałęźnych

Tłumienie oddzielenia A_0 (izolacja kierunkowa) występuje pomiędzy jednym z wyjść odgałęźnych a wyjściem głównym

Tłumienie przenikowe A_p (separacja izolacji) występuje pomiędzy dwoma wyjściami odgałęźnymi

W przypadku odgałęźnika występują wszystkie powyższe parametry, natomiast w przypadku rozgałęźnika – z racji braku „wyjścia głównego” – jedynie tłumienia A_s i A_p .

Oblicz błąd pomiaru poziomu mocy ($k=2$) przyjmując następujące wartości błędów składowych:

- błąd pomiaru poziomu mocy przez analizator 1.5dB
- błąd pomiaru tłumienia kabla 1dB
- błąd ludzki 0.2dB

Przy założeniu rozkładu normalnego błędów i powyższych wartości błędów składowych błąd wypadkowy bezwzględny pomiaru wyniesie:

$$\sigma = \sqrt{\sum_i \sigma_i^2}$$

Błędy składowe wynoszą odpowiednio $\sigma_a = 1.5$, $\sigma_k = 1$, $\sigma_l = 0.2$, co po podstawieniu do wzoru daje:

$$\sigma = \sqrt{\sigma_a^2 + \sigma_k^2 + \sigma_l^2} = \sqrt{2.25 + 1 + 0.04} = \sqrt{3.29} \approx 1.81$$

W związku z czym wynik powinien być zapisywany z błędem $\pm k\sigma = \pm 3.62$