

第5章

高速デジタル伝送線路/高周波回路ほか 伝送線路の特性インピーダンスからPLLの位相雑音まで



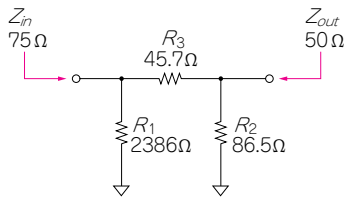
5-1

高周波アッテネータ(π型, T型)の抵抗値

減衰比とインピーダンス・マッチングを調整する

例題

図1 50Ωと75Ωを相互にインピーダンス変換する6dBのπ型アッテネータを設計したい



● 使いどころ

RF回路で信号のレベルを調整したり、回路ブロック間のマッチングをとるときなどに多用される減衰回路(アッテネータ)です。

π型のほうが周波数特性(減衰の平坦性など)が良い場合が多く、T型はあまり使われません。

通常、入出力のインピーダンス Z_{in} , Z_{out} はどちらも同じとして使われる場合がほとんどですが、下記の計算式は、入出力のインピーダンスを独立に決めるこ

ともできます。この場合、このアッテネータはインピーダンス変換器として機能します。

入出力のインピーダンスが等しい場合、減衰量は任意の値を選べますが、入出力のインピーダンスが別々の場合は減衰量の最小値が次のように制約されます。

$$L \geq 20 \log \left(\sqrt{\frac{Z_{in}}{Z_{out}}} + \sqrt{\frac{Z_{in}}{Z_{out}} - 1} \right)$$

L をこの式で求められる最小の値にしてアッテネータを設計すると、「最小損失インピーダンス変換パッド」となります。これは、異なるインピーダンスの回路どうしを接続する際のインピーダンス・マッチング回路として使用できます。

インピーダンス・マッチングを行う方法は他にもありますが、この方法ではインダクタやコンデンサなどの周波数を限定する要素がないため、非常に広帯域の周波数で使えます。欠点は、最小損失とはいいながらも一定のロスが生じて信号が減衰することです。

例解

π型アッテネータの抵抗値を求めます。

図1に示すのは50Ωと75Ωを相互にインピーダンス変換する6dBのπ型アッテネータです。

$Z_{in} \geq Z_{out}$ の条件があるため、 $Z_{in} = 75\Omega$, $Z_{out} = 50\Omega$ とします。

50Ωと75Ωを変換するアッテネータの損失[dB]の最小値は次式で求められます。

$$L \geq 20 \log_{10} \left(\sqrt{\frac{Z_{in}}{Z_{out}}} + \sqrt{\frac{Z_{in}}{Z_{out}} - 1} \right) \dots\dots\dots (1)$$

$$= 20 \log_{10} \left(\sqrt{\frac{75}{50}} + \sqrt{\frac{75}{50} - 1} \right) \approx 5.719 \text{ dB}$$

ただし、 Z_{in} , Z_{out} : 入出力のインピーダンス [Ω] ($Z_{in} \geq Z_{out}$ であること), L : アッテネータの減衰量 [dB]

以上から、 $L = 6 \text{ dB}$ のアッテネータは設計可能であることが分かります。

$Z_{in} = 75\Omega$, $Z_{out} = 50\Omega$, $L = 6 \text{ dB}$ のπ型アッテネータの各定数は、

$$R_3 = \frac{1}{2} (10^{\frac{L}{10}} - 1) \sqrt{\frac{Z_{in} Z_{out}}{10^{\frac{L}{10}}}} \dots\dots\dots (2)$$

$$= \frac{1}{2} (10^{0.6} - 1) \sqrt{\frac{75 \times 50}{10^{0.6}}} \approx 45.7 \Omega$$

$$R_1 = \frac{1}{\frac{1}{10^{\frac{L}{10}} + 1} - \frac{1}{R_3}} \dots\dots\dots (3)$$

$$= \frac{1}{\frac{1}{10^{0.6} + 1} - \frac{1}{45.7}} \approx 2386 \Omega$$

$$R_2 = \frac{1}{\frac{1}{Z_{out}(10^{\frac{L}{10}} - 1)} - \frac{1}{R_3}} \dots\dots\dots (4)$$

$$= \frac{1}{\frac{1}{50(10^{0.6} - 1)} - \frac{1}{45.7}} \approx 86.5 \Omega$$

ただし、 Z_{in} , Z_{out} : 入出力インピーダンス [Ω] ($Z_{in} \geq Z_{out}$), L : 減衰量 [dB]