

電力伝送系の kQ と η_{\max} を計測する方法

2016年6月6日

豊橋技術科学大学 波動工学研究室

1 全体フローチャート

はじめ → Zパラメータを測定 → 実部と虚部に分離
→ ESRを計算 → $|Z_{21}|$ を計算
→ kQ を計算 → θ を計算 → η_{\max} を計算 → 完了

2 Zパラメータを測定

試作した伝送系のZパラメータをベクトルネットワークアナライザを用いて測定。測定モードはフル2ポート。もしZパラメータを直読できない場合は、Sパラメータ（50Ω系）を読みとって、それを行列変換公式

$$\mathbf{Z} = 50(\mathbf{I} + \mathbf{S})(\mathbf{I} - \mathbf{S})^{-1}$$

にてZパラメータへ変換。 \mathbf{I} は単位行列。

3 実部と虚部に分離

前節で得たZパラメータの4成分をそれぞれの実部と虚部に分離

$$\begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_{11} & R_{12} \\ R_{21} & R_{22} \end{bmatrix} + j \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} \\ X_{21} & X_{22} \end{bmatrix}$$

ここでは j は虚数単位。

4 ESRを計算

前節で得た実部の4成分から

$$ESR = \sqrt{R_{11}R_{22} - R_{12}R_{21}}$$

を計算。もしルートの中が負になったらネットワークアナライザの測定精度を高く（有効桁数を上げる、アベレージング回数を増やすなど）して再測定。

5 $|Z_{21}|$ を計算

前々節で得た非対角成分から

$$|Z_{21}| = \sqrt{R_{21}^2 + X_{21}^2}$$

を計算。

6 kQ を計算

上記で求めた ESRと $|Z_{21}|$ から

$$kQ = \frac{|Z_{21}|}{ESR}$$

を計算。

7 θ を計算

上記で求めた kQ から

$$\theta = \frac{1}{2} \text{Tan}^{-1}(kQ)$$

を計算。

8 η_{\max} を計算

上記で求めた θ から

$$\eta_{\max} = (\tan \theta)^2 \times 100\%$$

を計算。

kQ から η_{\max} への換算早見表

kQ積	効率角 θ [度]	最大効率 η_{\max} [%]
∞	45.0	100
100	44.7	98
68	44.6	97
47	44.4	96
33	44.1	94
22	43.7	91
15	43.1	88
10	42.1	82
6.8	41.8	75
4.7	39.0	66
3.3	36.6	55
2.2	32.8	41
1.5	28.2	29
1.0	22.5	17
0	0	0

補足1

計算フローが正常に動作しているか、以下の方法で確認することができる。

- 1) ネットワークアナライザで10dB同軸減衰器を測定
- 2) 上記フローチャートに従って η_{\max} を計算
- 3) $\eta_{\max} = 10\%$ が正しい値

補足2

kQ から η_{\max} への換算早見表を右上に示す。これにより正接の計算結果が検算できる。

補足3

ネットワークアナライザでワイヤレス系を測定する場合には、アナライザと被測定系を接続する同軸ケーブルにコモンモードが発生しないように、コモンモード抑圧手段（フェライトリングなど）を装着。

文献

- [1] 大平 孝, “行列ができる回路演習,” 電子情報通信学会誌, vol.93, no.1, pp.67-72, Jan. 2010.
- [2] T. Ohira, “What in the world is Q ,” *IEEE Microwave Magazine*, vol.17, no.6, pp.42-49, June 2016.
- [3] <http://www.murata.com/ja-jp/products/emc/emifil/knowhow/basic/chapter05-p1>

以上