

ワイヤレス給電システムの最大効率 η_{\max} のプロット

石飛徳昌

有限会社ソネット技研

1 ワイヤレス給電システムの最大効率 η_{\max} [1]

測定やシミュレーションの結果として電力伝送システムのインピーダンスマトリクス $[Z]$ が得られれば、最大効率 η_{\max} とその時の電源インピーダンス z_s および負荷インピーダンス z_l は次式で求められる。

$$\eta_{\max} = 1 + \frac{2}{\tan^2(2\theta)}(1 - \sqrt{1 + \tan^2(2\theta)}) \quad (1)$$

$$\tan(2\theta) = \frac{|z_{21}|}{\sqrt{|R|}} \quad (2)$$

$$|z_{21}| = \sqrt{r_{21}^2 + x_{21}^2} \quad (3)$$

$$|R| = r_{11}r_{22} - r_{21}^2 \quad (4)$$

$$z_s = \frac{\sqrt{D}}{r_{22}} + j\left(\frac{r_{21}x_{21}}{r_{22}} - x_{11}\right) \quad (5)$$

$$D = (r_{11}r_{22} + x_{21}^2)(r_{11}r_{22} - r_{21}^2) \quad (6)$$

対称システムでは $z_s = z_l$ である

最大効率 η_{\max} は、これまでワイヤレス電力伝送システムの設計指標とされてきた $k \cdot Q$ 積に比べて測定器やシミュレータとの親和性がよく扱いやすい。[2]

2 Sonnet Emgraph

Emgraph は、電磁界シミュレータ Sonnet に含まれるグラフ表示モジュールである。Sonnet の結果を表示するだけでなく、測定器や他のシミュレータの S, Y, Z パラメータファイル [3] をグラフに表示する機能、グラフに表示したデータを S, Y, Z パラメータファイルに出力する機能、それらの相互変換や、SPICE モデルの抽出機能も備えている。^{*1}

3 Emgraph に η_{\max} を定義する操作

- “emgraph” に Sonnet の解析結果をプロットするなり、測定された S パラメータファイルを与えるなりして、何かのグラフをプロットする。
- “emgraph” で - を選ぶ。
- “Equation Management ” が開く。
- ボタンをクリックして新しい関数を追加する。
- “Add equation ” が開く。
- この時点で “Required ” タブが選ばれているだろう。もし、そうでなければ “Required ” タブを選ぶ。
- “Equation Name” は、これから定義する関数の名前である。例えば “eta_max_db” と入力すればよい。“Add argument ” を開く。
 - “Name” にたとえば “Z11” と記入し
 - “Parameter” を “Z ” に
 - “Ports” を “11 ” に設定し

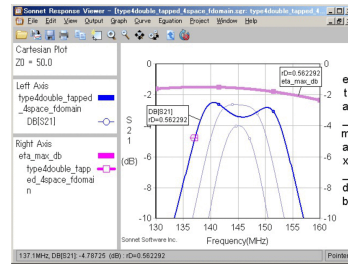


図1 S_{21} と η_{\max} の周波数特性の一例

(d) ボタンで閉じる

- 同様に “Z21”, “Z22” も引数として定義する。
- “Edit equation ” ダイアログの “Required ” タブに戻る。
- “Equation Body” に

```
db10(1+2/mag(Z21)^2*(
    (real(Z11)*real(Z22)-real(Z21)^2)
    -sqrt(
        (real(Z11)*real(Z22)+imag(Z21)^2)
        *(real(Z11)*real(Z22)-real(Z21)^2)
    )
))
```

と入力する。

- ボタンで閉じる。
- “emgraph ” で - でダイアログを開き定義した関数を選択すれば、 η_{\max} がプロットされる。(図1)

z_s については下記のように実数部と虚数部を別に定義すれば良い。

```
Rs= sqrt(
    (real(Z11)*real(Z11)+imag(Z21)^2)
    *(real(Z11)*real(Z11)-real(Z21)^2)
)/real(Z11)
Xs= real(Z21)*imag(Z21)/real(Z11)-imag(Z11)
```

参考文献

- 大平 孝, “高周波電力伝送系における最大効率の統一理論,” 信学技報 WPT2014-5, vol.114, no.9, pp.23–25, 2014-04-17.
- 石飛徳昌, 和田光司, “共鳴型ワイヤレス給電システムの最大効率の電磁界解析による検討,” 超高速高周波エレクトロニクス実装研究会研究会論文集, vol.14, no.2, pp.15–16, 2014-08-01.
- “Ibis open forum : Touchstone file format specification 2.0,” http://www.vhdl.org/ibis/touchstone_ver2.0/, Apr. 2009.

*1 抽出可能なトポロジには製品ごとの制限がある。