

## 電子情報通信学会ソサイエティ 大会に参加して

松本直剛

Naotaka MATSUMOTO

電子情報学科 4年

### 1. はじめに

私は、2017年9月13日に東京都世田谷区の東京都市大学世田谷キャンパスにおいて、電子情報通信学会ソサイエティ大会に参加し、「容量結合直列共振型 WPT システムの理論解析」というテーマで発表を行った。

### 2. 発表内容

#### 2.1 研究背景

本研究は道路の下に設置した2枚の電極から車側の2枚の電極を介して、電気自動車のバッテリーに電力を供給することを目標としている。この2枚の電極は非対称であり相互に結合しているため、送電受電の自己容量と電極間容量の計6つの容量で表すことができ、その給電システムの構成と結合の構成を図1と図2に示す。本稿では4導体間に発生するすべての相互容量を考慮した解析を行い回路シミュレーション結果と比較した。



図1 電気自動車への給電システムの構成

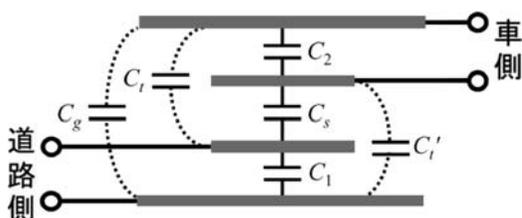


図2 結合部の構成

#### 2.2 直列共振回路の等価回路と結合係数

4導体を用いたシステムは、図3のような6つの容量で表すことが出来る。また本検討では極板間隔の差があまりないため、 $C_1, C_2, C_s, C_g \gg C_t, C_t'$  が成り立たない。また図3の中央部の4つの結合回路はブリッジ回路を構成しており、それに  $C_1, C_2$  を接続してインピーダンス行列で表す。そしてその両端にインダクタンスを加えて直列共振回路を構成すると図4の回路が得られる。

図3の電源/負荷側端子における電流/電圧の関係は

$$V_1' = \left\{ R_1 + j\omega L_1 + \frac{1}{j\omega(C_1 + C_M')} \right\} I_1 + \frac{1}{j\omega C_M} I_2$$

$$V_2' = \frac{1}{j\omega C_M} I_1 + \left\{ R_2 + j\omega L_2 + \frac{1}{j\omega(C_2 + C_M'')} \right\} I_2 \quad (1)$$

となる。ただし(1)中の等価回路は、 $C_s, C_g, C_t, C_t'$ の複雑な組み合わせで表され式(2)に表す。特に、 $C_M$ は結合を示しており、 $C_s C_g - C_t C_t'$ の関数である。

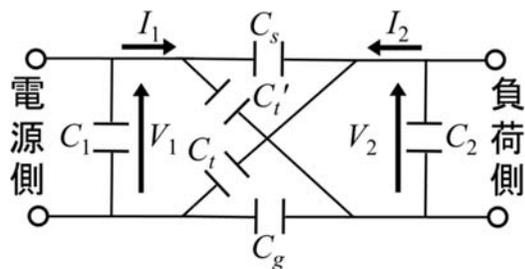


図3 等価回路

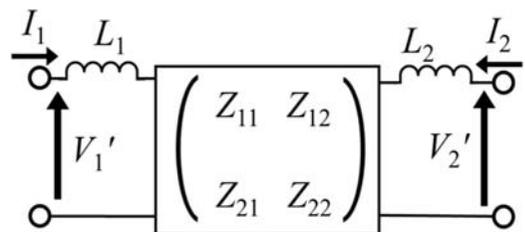


図4 直列共振回路

$$\begin{cases}
 C_M = C_m - \frac{(C_1 + C_m')(C_2 + C_m'')}{C_m} \\
 C_M' = C_m' - \frac{C_m^2}{C_2 + C_m''} \\
 C_M'' = C_m'' - \frac{C_m^2}{C_1 + C_m'}
 \end{cases} \quad (2)$$

よって式 (1) より共振角周波数と結合係数は、

$$\begin{aligned}
 \omega_0 &= \frac{1}{\sqrt{L_1(C_1 + C_M')}} = \frac{1}{\sqrt{L_2(C_2 + C_M'')}} \\
 k &= \frac{\omega_1^2 - \omega_2^2}{\omega_1^2 + \omega_2^2} = \sqrt{\frac{(C_1 + C_M')(C_2 + C_M'')}{C_M^2}} \quad (3)
 \end{aligned}$$

となることが分かる。

### 2.3 回路シミュレーションでの確認

前節の理論式を回路シミュレーションで確認した。実験で用いる素子値を表1に示し、シミュレーションした結果を図6と図7に示す。また同じ素子値を用いて式(3)から算出した結果も表1に示す。

図6で電源側と負荷側の共振周波数の一致を確認している。また図7から伝送回路の結合係数を求めた。これらのシミュレーション結果と式(3)による算出値が一致していることからこの理論式の正しさが伺える。

表1 素子値と算出値

素子値			
$C_s$ (pF)	32	$C_t$ (pF)	8
$C_g$ (pF)	15	$C_t'$ (pF)	13
$C_1$ (pF)	60	$L_1$ (μH)	933
$C_2$ (pF)	10	$L_2$ (μH)	2830
等価容量			
$C_m$ (pF)	5.53	$C_M$ (pF)	343.27
$C_m'$ (pF)	16.47	$C_M'$ (pF)	15.26
$C_m''$ (pF)	15.22	$C_M''$ (pF)	14.82
式(2)による算出値			
結合係数 $k$		0.13	
電源側	周波数 (kHz)	600.62	
負荷側	周波数 (kHz)	600.51	

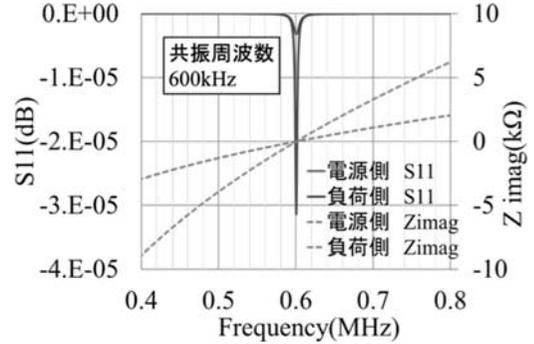


図6 電源／負荷側の共振周波数

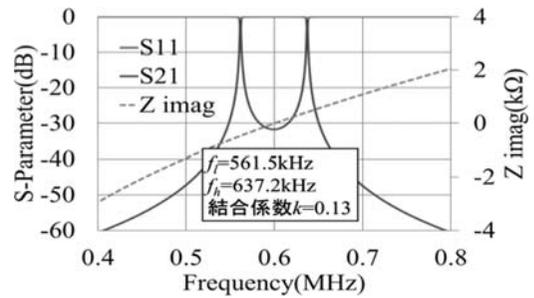


図7 結合係数

### 3. まとめ

本稿では直列共振回路の等価容量の理論解析とシミュレーションの一致を確認した。しかし実測では計6つの容量だけでなく極板の対地容量も影響してくるため、非常に複雑な容量結合となっている。さらに電気自動車のような移動物体は受電部を接地することができないため、より複雑な容量結合を考慮して設計を行う事が重要である。

### 4. おわりに

磁界結合から電界結合にテーマが変わってから、はじめての学会に参加し発表してすごく緊張しましたが、質問もして頂き自分自身すごく勉強になりました。

この度本研究のご指導を頂きました張陽軍先生、栗井郁雄先生には多大なる感謝を致します。誠にありがとうございます御座いました。