

## 二段式非接触給電回路の理論解析

学生員 福島 健太\* 学生員 大住 征有紀 正員 金子 裕良 (埼玉大学)

### The Analysis of Two Steps Type Wireless Power Transfer System

Kenta Fukushima\*, Student Member, Masayuki Osumi, Student Member, Yasuyoshi Kaneko, Member (Saitama University)

キーワード：非接触給電，等価回路，力率，効率

Keywords : Wireless power transfer, Equivalent circuit, Power factor, Efficiency

#### 1. はじめに

非接触延長コードを目的とした二段式非接触給電が提案されている<sup>[1]</sup>。本稿では、種々のコンデンサ配置における二段式非接触給電回路の理論解析を行い、性能を比較した。

#### 2. 理論解析

一次直列中央なし二次並列方式(S-N-P方式), S-N-S方式, S-S-P方式, S-S-S方式にて解析を行った。図1にS-N-P方式の等価回路を示す。各コンデンサにて各閉回路内で共振、あるいは入力力率が1となるよう決定すると、表1に示す理論式が得られ、S-S-S・S-N-P方式は理想変圧器特性、S-S-P・S-N-S方式はイミタンス変換器特性となる。S-N-P方式の回路シミュレーションの結果(図2)が示すように力率は1,  $V_D$ の波形も導出した入出力特性の理論式と同じとなった。他の方式でも同様となり理論式の妥当性が確認できた。

#### 3. まとめ

4方式での二段式非接触給電回路の理論解析を行い、シミ

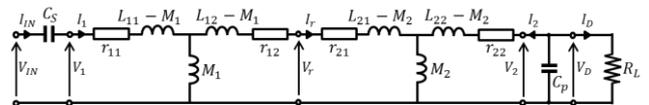


Fig.1 Equivalent circuit of S-N-P topology

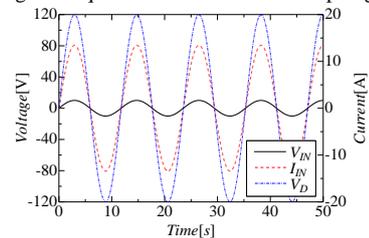


Fig.2 Input and output waveform of S-N-P topology

ュレーションにてその妥当性が確認された。

#### 参考文献

- [1] 安倍ら “非接触延長コード利用給電の提案と線形等価回路による特性推定”，電子情報通信学会 B, vol.J97-B, No.12, pp.1134-1143, Dec. 2014.

Table.1 The analysis result of two steps type wireless power transfer system

	S-S-S 方式	S-S-P 方式
コンデンサ値	$C_{S1\_SSS} = \frac{1}{\omega^2 L_{11}}, C_{r\_SSS} = \frac{1}{\omega^2 (L_{12} + L_{21})}, C_{S2\_SSS} = \frac{1}{\omega^2 L_{22}}$	$C_{S1\_SSP} = \frac{1}{\omega^2 L_{11}}, C_{r\_SSP} = \frac{1}{\omega^2 \left\{ (L_{12} + L_{21}) - \frac{M_2^2}{L_{22}} \right\}}, C_{S2\_SSP} = \frac{1}{\omega^2 L_{22}}$
入出力特性	$\begin{bmatrix} V_{IN} \\ I_{IN} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{M_1}{M_2} & 0 \\ 0 & -\frac{M_2}{M_1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_D \\ I_D \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} V_{IN} \\ I_{IN} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -j\frac{\omega L_{22} M_1}{M_2} \\ -j\frac{M_2}{\omega L_{22} M_1} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_D \\ I_D \end{bmatrix}$
最大効率 $\eta_{max}$	$\frac{1}{1 + \frac{2}{\omega M_2} \sqrt{(r_{12} + r_{21}) \left\{ r_{11} \left( \frac{M_2}{M_1} \right)^2 + r_{22} \right\}}}$	$\frac{1}{1 + \frac{2}{\omega L_{22}} \sqrt{\left\{ r_{11} \left( \frac{M_2}{M_1} \right)^2 + r_{22} \right\} \left\{ (r_{12} + r_{21}) \left( \frac{L_{22}}{M_2} \right)^2 + r_{22} \right\}}}$
最適負荷 $R_{Lmax}$	$\frac{\omega M_2}{M_1} \sqrt{\frac{r_{11} M_2^2 + r_{22} M_1^2}{r_{12} + r_{21}}}$	$\frac{\omega L_{22} M_1}{M_2} \sqrt{\frac{(r_{12} + r_{21}) L_{22}^2 + r_{22} M_2^2}{r_{11} M_{22}^2 + r_{22} M_1^2}}$
	S-N-S 方式	S-N-P 方式
コンデンサ値	$C_{S1\_SNS} = \frac{1}{\omega^2 (L_{11} - \frac{M_1^2}{L_{12} + L_{21}})}, C_{S2\_SNS} = \frac{1}{\omega^2 (L_{22} - \frac{M_2^2}{L_{12} + L_{21}})}$	$C_{S\_SNP} = \frac{1}{\omega^2 \left[ L_{11} - \frac{M_1^2}{L_{12} + L_{21}} - \frac{(M_1 M_2)^2}{(L_{12} + L_{21})(L_{22}(L_{12} + L_{21}) - M_2^2)} \right]}, C_{P\_SNP} = \frac{1}{\omega^2 (L_{22} - \frac{M_2^2}{L_{12} + L_{21}})}$
入出力特性	$\begin{bmatrix} V_{IN} \\ I_{IN} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -j\frac{\omega M_1 M_2}{L_{12} + L_{21}} \\ -j\frac{L_{12} + L_{21}}{\omega M_1 M_2} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_D \\ I_D \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} V_{IN} \\ I_{IN} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{M_1 M_2}{L_{22}(L_{12} + L_{21}) - M_2^2} & 0 \\ 0 & \frac{L_{22}(L_{12} + L_{21}) - M_2^2}{M_1 M_2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_D \\ I_D \end{bmatrix}$
最大効率 $\eta_{max}$	$\frac{1}{1 + \frac{2}{\omega M_2} \sqrt{\left\{ \left( \frac{L_{12} + L_{21}}{M_1} \right)^2 r_{11} + (r_{12} + r_{21}) \right\} \left\{ \left( \frac{M_2}{L_{12} + L_{21}} \right)^2 (r_{12} + r_{21}) + r_{22} \right\}}}$	$\frac{1}{1 + \frac{2}{\omega (L_{22}(L_{12} + L_{21}) - M_2^2)} \sqrt{\left\{ (r_{12} + r_{21}) M_2^2 + r_{22} (L_{12} + L_{21}) \right\} \left\{ r_{11} \left( \frac{L_{22}(L_{12} + L_{21}) - M_2^2}{M_1 M_2} \right)^2 + (r_{12} + r_{21}) \left( \frac{L_{22}}{M_2} \right)^2 + r_{22} \right\}}}$
最適負荷 $R_{Lmax}$	$\omega M_2 \sqrt{\frac{\left( \frac{M_2}{L_{12} + L_{21}} \right)^2 (r_{12} + r_{21}) + r_{22}}{\left( \frac{L_{12} + L_{21}}{M_1} \right)^2 r_{11} + (r_{12} + r_{21})}}$	$\frac{\omega \{ L_{22}(L_{12} + L_{21}) - M_2^2 \}}{M_1 M_2} \sqrt{\frac{r_{11} \{ L_{22}(L_{12} + L_{21}) - M_2^2 \}^2 + (r_{12} + r_{21}) (L_{22} M_1)^2 + r_{22} (M_1 M_2)^2}{(r_{12} + r_{21}) M_2^2 + r_{22} (L_{12} + L_{21})^2}}$