

移動型非接触給電の受電部定数による特性変化

岩田 卓也*, 松下 真也, 金子 裕良, 阿部 茂 (埼玉大学)

Characteristics Change of Contactless Power Transfer System by Pick-up Parameters
Takuya Iwata, Shinya Matsushita, Yasuyoshi Kaneko, Shigeru Abe (Saitama University)

1. はじめに

非接触給電装置の二次側に並列共振コンデンサを一次側に直列共振コンデンサを設置し、これらを適切な値にするとコンデンサを含む等価回路は理想トランスとほぼ等価になる⁽¹⁾⁽²⁾。本方式では、給電効率の最大値、その時の負荷抵抗の値、一次二次の電圧比などの主要な特性が受電部定数から簡単に計算できる。受電部定数(巻数比、鉄心長、二次巻線抵抗)を変えた時の給電効率や一次二次の電圧比などの特性変化を調べたので報告する。

2. 移動型非接触給電システム

図 1 に詳細等価回路を示す。給電線は周波数 $f_0=20\text{kHz}$ の方形波インバータ電源で駆動し、電源と給電線の間に直列共振コンデンサ C_s を、受電部端子に並列共振コンデンサ C_p を設置し、負荷は等価抵抗 R_L で表す。 x_0, x_1, x_2 は励磁および漏れリアクタンスを、 r_1, r_2 は巻線抵抗を、 $a (=N_1/N_2)$ は巻数比を表し、一次側諸量は二次側に換算しを付けて表す。

C_p, C_s を(1)式の値に決め、 r_1, r_2 を省略した簡略等価回路で計算すると、図 1 の Z, V_2, I_L は(2)(3)式で表され、巻数比 b の理想トランスと等価となる。

$$\frac{1}{\omega_0 C_p} = x_p = x_0' + x_2 \quad \frac{1}{\omega_0 C_s} = x_s' = x_1' + \frac{x_2 x_0'}{x_0' + x_2} \quad \dots(1)$$

$$Z = b^2 R_L \quad b = x_0' / (x_0' + x_2) \quad \dots(2)$$

$$V_2 = V_{IN}' / b \quad I_2 = b I_1' \quad \dots(3)$$

給電効率 η は(4)式で、これが最大となる抵抗 R_{Lm} の値と、そのときの最大効率 η_m は(5)式で近似できる。

$$\eta \approx \frac{1}{1 + \frac{r_1'(x_0'+x_2)^2}{R_L x_0'^2} + \frac{r_2 R_L}{(x_0'+x_2)^2}} \quad \dots(4)$$

$$R_{Lm} = \frac{(x_0'+x_2)^2}{x_0'} \sqrt{\frac{r_1'}{r_2}} \quad \eta = \frac{1}{1 + 2\sqrt{r_1' r_2} / x_0'} \quad \dots(5)$$

給電効率 η は a, r_1, r_2, x_0 で決まり、一次二次の電圧比は、巻数比 a と b (x_0 と x_2) で決まる。

3. 受電部

図 2 に受電部の形状を示す。鉄心はフェライトコア(TDK PE22 EE80×76×20)を、巻線はリッツ線(0.25mm×24)を給電線は 16 並列で、二次巻線は#1~6 は 2 並列で #7 は単線で巻いた。各種受電部の定数測定結果を表 1 に示す。

4. 特性計算結果

図 1 の詳細等価回路で入力電圧 $V_{IN}=10\text{V}$ 、負荷抵抗 $R_L=50\Omega$ で二次電圧 V_2 、入力電力 P_1 、負荷電力 P_2 、効率 η 、 Z の力率を計算した結果を表 2 に示す。

(1) 巻数比 #1,2,3 は二次巻数(1/a)を 4,6,9 と変えた結果である。 r_2 が巻数に、 x_2 がその二乗に比例して増加する。 x_0, r_1 に変化はないが a が変化し x_0', r_1' は大きくなる。#2 の η が悪いが、 $R_L=50\Omega$ と最適な R_{Lm} の差が原因である。二次巻数が増すと η は良くなり、二次電圧 V_2 が上がる。

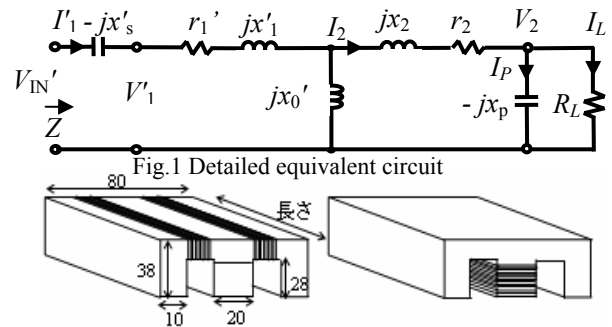


Fig.2 Pick-up coils (a) #1~5,7

(b) #6

Table.1 Parameter of pick-ups

サンプル	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7
長さ	160	160	160	80	320	160	160
巻数(1/a)	6	4	9	6	6	6	6
r_1 [Ω]	0.0105	0.0104	0.0104	0.0104	0.0107	0.0106	0.0104
r_2 [Ω]	0.044	0.028	0.083	0.029	0.083	0.026	0.082
x_1 [Ω]	0.33	0.33	0.34	0.34	0.32	0.35	0.33
x_2 [Ω]	2.06	0.94	4.30	1.18	3.60	0.47	2.32
x_0 [Ω]	0.086	0.086	0.082	0.048	0.157	0.073	0.086
C_p [μH]	21.6	21.7	21.7	22.0	20.8	22.3	21.5
C_s [μH]	1.55	3.44	0.73	2.75	0.86	2.55	1.47

Table.2 Calculation result

サンプル	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7
V_2 [V]	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
V_2' [V]	97.8	66.7	142	98.5	96.0	69.9	102
P_1 [W]	212	114	435	234	198	112	245
P_2 [W]	191	89	401	194	184	98	209
η [%]	90.2	78.3	92.1	83.1	93.2	87.1	85.4
力率 [%]	100	100	100	100	100	99.2	100
R_{Lm} [Ω]	25.1	9.48	57.5	17.6	32.8	14.0	20.2
最大 η [%]	92.3	91.0	92.7	89.2	94.0	92.9	89.8

(2) 鉄心長 #1,4,5 は鉄心長を 80,160,320mm と変えた結果である。 x_0, x_2, r_2 が変化する。鉄心長が増すと η は良くなるが、二次電圧 V_2 に大きな変化はない。

(3) 二分巻と集中巻 #1,6 より集中巻きで x_2 が大きく減少し、 x_0 が少し減少する。また b が増加し V_2 が下がる。 η は $R_L=50\Omega$ では下がるが、最適な R_{Lm} では上がる。

(4) 負荷抵抗 R_{Lm} 負荷抵抗 R_L が最適な値 R_{Lm} と離れていくとすると効率 η がかなり下がるので注意が必要である。

本方式では V_{IN} に比べ V_2 が大きくなる課題があるが、受電部の数 n が増加すると、一受電部の電圧は $1/n$ となる。給電線の巻数 N_1 を増やす、高周波トランスを入れる等、インバータ出力電圧と効率を上げる方法を検討したい。

5. むすび

非接触給電の受電部定数による特性変化を調べた。最大効率の式とその時の等価抵抗の値は重要で、受電部の形状や巻線方法を決めるのに役立つ。効率を上げるには、給電線と二次巻線の抵抗を減らし、鉄心長を長くし、許容二次電圧まで二次巻数を増やすことである。

文献

- (1) 藤田・金子・阿部：電学研資，SPC-06-46，pp.53-58(2006)
- (2) 松下・及川・岩田・金子・阿部：電学研資，SPC-07-29(2007)