

カード型電子機器用非接触給電装置

岡本 堯^{*1}

辻 俊明^{*2}

金子 裕良^{*2}

阿部 茂^{*2}

1. はじめに

非接触給電は電磁結合を利用し、1~100mmのギャップを介して、0.5W~10kWの電力を送る方式で、接点不良、摩耗、火花が無いなどの特長がある。クリーンルーム内の搬送車、電気ひげ剃り、電話子機などで実用化されており、今後利用が拡大する可能性がある。最近、非接触ICカードが普及してきたが、通信電波から電力を得るため給電電力が小さく、機能が限られている。操作表示機能を付加できれば応用分野の拡大が期待できるため、100mW程度送電可能な小型で薄型の非接触給電装置を試作した。

非接触給電の送受電部はギャップ長の大きなトランスで、漏れインダクタンスが大きく結合係数が低い。二次受電電圧を高くするため、電源周波数を10kHz以上に上げ、二次側に並列共振コンデンサを置く。一次側電源力率を上げるために、一次側に直列あるいは並列のコンデンサを置くのが一般的である。

我々は一次直列二次並列コンデンサ方式において、コンデンサの値を適切に決めると、電源周波数においてコンデンサを含むトランスの等価回路が理想変圧器とほぼ等価になり、(1)解析が簡単になる(2)定電圧で駆動すれば二次側も定電圧になる(3)負荷によらず電源力率が1になるなどの良好な特性が得られることを示した^[1]。

しかし、カード型装置のようにギャップ長が大きく変動する場合は、定電圧駆動ではギャップ長が大きくなると一次電流が過大になる問題があった。この対策として一次側直列コンデンサの値を調整して一次電流を制限する方法を検討した。カード型非接触給電装置の概要と検討結果について紹介する。

2. 非接触給電装置

非接触給電装置の構成を図1に示す。120kHz、 $V_{IN}=12V_{p-p}$ の方形波電源で駆動し、一次側に直列コンデンサ C_S 、二次側に並列コンデンサ C_P を置く。負荷は $R_L=50$ の抵抗負荷とした。試作した給電トランスの外形を図2に示す。アクリル板に直径0.25mmのリッツ線を巻いた空芯コイルで、両端には1mm厚のMnシールド板を貼った。給電トランスの等価回路を図3に示す。基準ギャップ長 $d=12mm$ のときの回路定数を

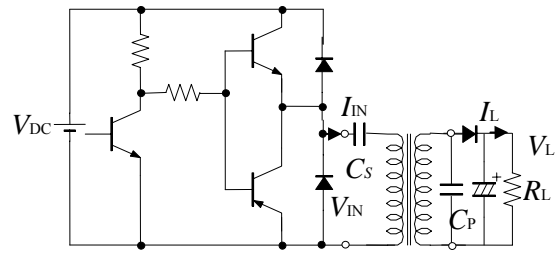


図1 非接触給電装置

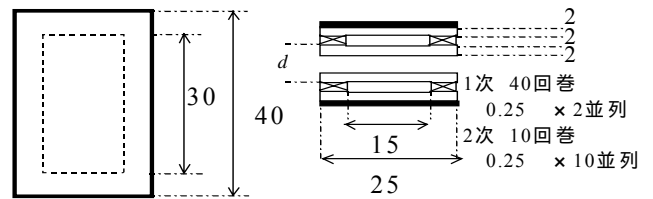


図2 給電トランス

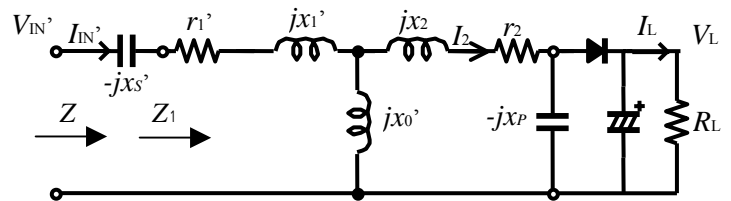


図3 詳細等価回路

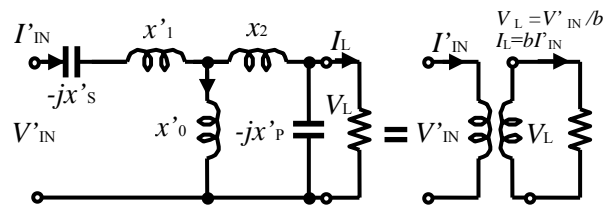


図4 簡略等価回路と理想変圧器特性

表1 実験装置定数($d=12mm, a=4$)

r_1 [Ω]	r_2 [Ω]	l_1 [μH]	l_2 [μH]	l_0 [μH]	C_{S1} [μF]	C_{S2} [μF]	C_P [μF]
1.39	0.09	70.7	4.65	16.2	0.022	0.032	0.314

表1に示す。 C_S および C_P を(1)式の値に選ぶと、コンデンサを含めた特性は(2)式となり、図4に示すように理想変圧器と等価になる。なお、'印の値は巻数比 a で二次側諸量に換算した値を示す。

$$\frac{1}{\omega_0 C_{S1}'} = x_s' = x_1' + \frac{x_0' x_2}{x_0' + x_2} \quad \frac{1}{\omega_0 C_P} = x_p = x_0' + x_2 \quad (1)$$

$$V_L = \frac{V_{IN}'}{b} \quad I_L = bI_1' \quad (2)$$

$$Z = b^2 R_L \quad b = \frac{x_0'}{x_0' + x_2}$$

*1 埼玉大学工学部電気電子システム工学科4年

*2 埼玉大学工学部電気電子システム工学科

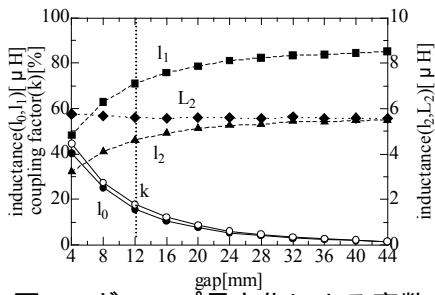
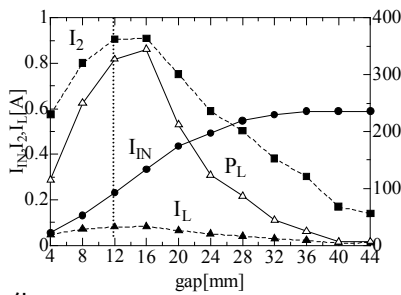
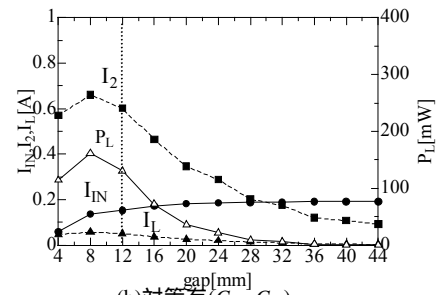


図5 ギャップ長変化による定数変化



(a)対策無($C_S=C_{S1}$)



(b)対策有($C_S=C_{S2}$)

図6 ギャップ長変化による特性変化

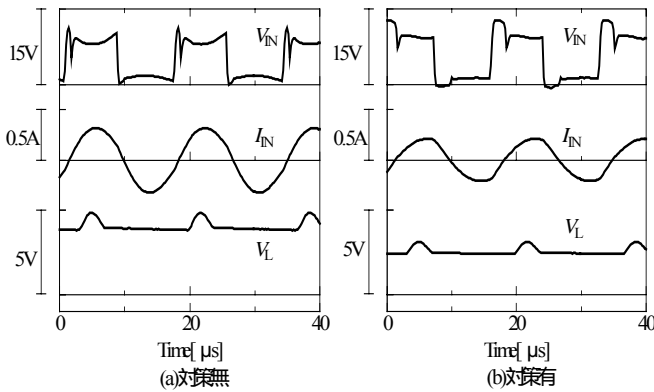


図7 電圧電流波形($d=12\text{mm}$)

表2 ギャップ長 $d=12\text{mm}$ における実験結果

	対策無		対策有	
	12	44	12	44
$d[\text{mm}]$	12	44	12	44
$V_{IN}[\text{V}_{p-p}]$	12	12	12	12
$V_{IN}[\text{V}]$	3.12	2.16	4.10	4.39
$V_L[\text{V}]$	4.04	0.60	2.55	0.19
$I_{IN}[\text{A}]$	0.232	0.584	0.153	0.191
$I_2[\text{A}]$	0.905	0.140	0.602	0.092
$I_L[\text{A}]$	0.081	0.012	0.051	0.004
$P_{IN}[\text{W}]$	0.724	1.26	0.627	0.838
$P_L[\text{W}]$	0.327	0.007	0.130	0.001
効率[%]	45.2	5.71	20.7	0.91
力率[%]	96.4	45.2	48.2	6.9

3. 過電流対策

ギャップ長 d が大きくなると定電圧駆動の場合、 l_0 が減少することで b が小さくなり、二次電圧 V_L が増大するため、給電電力が増えて一次電源電流が過電流になる。二次コイルが十分離れた場合は図3のインピーダンス Z_1 が一次コイルの自己インダクタンスだけとなり一次電流が最大となる。この場合の電流が基準電流($d=12\text{mm}$ の時の電流: 0.232A)に等しくなるように C_S を(3)式の値に決める。なお、 $d=12\text{mm}$ の時の b を b_{12} とする。 $L'_1=(l_0+l_1)/d^2$ 、 $L_2=l_2+l_0/d^2$ である。

$$C_{S2}' = \frac{1}{\omega(\omega L_1' - b_{12}^2 R_L)} \quad (3)$$

4. 実験結果

ギャップ長 d を $4\sim 44\text{mm}$ 変化させた時の回路定数と電流・電力の変化を図5, 図6に示す。ギャップ長が大きくなると、対策無では一次電流が大きくなり、基準電流の3倍となった。これに対し、対策有では一次電流は d が大きくなってでも基準電流の1.3倍以下の値で、電流を制限できた。また、 d が変化しても L_2 がほぼ一定であることから、二次側並列コンデンサの値は一定でよい。

$d=12\text{mm}$ のときの波形と各値を図7, 表2に示す。表2の値は各々基本波成分の値である。入力電圧は $V_{IN}=12\text{V}_{p-p}$ の方形波であるが、波形が歪み、基本波成分が減少した。電源力率は $d=12\text{mm}$ のとき対策無では96%と良好な結果が得られたが、対策有では48%となった。また、対策の有無に関わらず二次側に $d=12\text{mm}$ で 130mW 以上給電できた。また、このときの効率は対策無のとき45%、対策有のとき21%であった。

以上のように過電流対策により、効率、力率は低下したが、目標の電力を送電できた。カード型のように小電力給電の場合は効率や力率の低下は大きな問題ではないと考える。

5. あとがき

一次直列二次並列共振コンデンサを用いる非接触給電方式で、 100mW 給電可能なカード型電子機器用非接触給電装置を試作した。

ギャップ長が大きくなった時の電源の過電流対策として一次側直列コンデンサの値を調整する方法を示した。この対策では効率、力率は低下するが、簡単に過電流を抑制できる。

実験でカード型非接触給電装置の特性と過電流対策の有効性を確認した。

文献

[1]藤田・金子・阿部:「直列および並列共振コンデンサを用いた非接触給電システム」, 電学論 D, Vol.127, No.2, pp.174-180(2007)