

電動アシスト自転車用 コの字型 50W 非接触給電トランス

吉岡 直人*, 工藤 貴広, 金子 裕良, 阿部 茂 (埼玉大学)

U-shaped Core Transformer of 50W Wireless Power Transfer System for Electrically Assisted Bicycle
Naoto Yoshioka*, Takahiro Kudo, Yasuyoshi Kaneko, Shigeru Abe (Saitama University)

1. はじめに

近年、欧米で都市型レンタサイクルが急速に普及し始めている。坂道の多い日本においては、電動アシスト自転車を用いた都市型レンタサイクルの普及が期待される。屋外・雨天での充電を考えると、利便性・安全性・保守性に優れた電動アシスト自転車用非接触給電装置の開発が必要である。自転車用非接触給電装置では、自転車搭載側のトランスが小型であること、スタンド駐輪時の位置ずれに強いことが求められる。これらの条件を満たすコの字型トランスを試作したので、給電実験結果について報告する。

2. 非接触給電システム

図 1 に一次直列二次並列コンデンサ方式 (SP 方式) を用いた非接触給電システムの構成を示す⁽¹⁾。フルブリッジインバータで 100kHz, ±100V の方形波電圧を出力し非接触給電トランスに給電する。二次側整流回路には全波整流回路を用いて DC40V, 1.25A を出力し、バッテリーを充電する。

図 2 に詳細等価回路を示す。一次側諸量は巻数比 $a=N_1/N_2$ を用いて二次側諸量に換算し' (ダッシュ) をつけて表す。二次側の並列コンデンサ C_p の値は電源周波数 f_0 において二次自己インダクタンス L_2 と共振するように、一次側直列コンデンサ C_s の値は一次側電源力率が 1 となるように (1) 式の値に決める。

$$\frac{1}{\omega C_p} = x_p = x'_0 + x_2 = \omega_0 L_2, \quad \frac{1}{\omega C_s} = x'_s = \frac{x'_0 x_2}{x'_0 + x_2} + x'_1 \dots \dots \dots (1)$$

ここで、 V'_{IN} と V_2 , I'_{IN} と I_L には、

$$V'_{IN} = bV_2, \quad I'_{IN} = \frac{I_L}{b}, \quad b = \frac{x'_0}{x'_0 + x_2} \dots \dots \dots (2)$$

の関係が成り立ち、巻数比 b の理想変圧器の回路と等価になる。また、銅損のみを考慮したトランスの最大給電効率 η_{max} とそのときの抵抗負荷 R_{Lmax} は(3)式で表される。

$$\eta_{max} = \frac{1}{1 + \frac{2r_2}{x_p} \sqrt{\frac{1}{b^2} \frac{r'_1}{r_2} + 1}}, \quad R_{Lmax} = x_p \sqrt{\frac{1}{b^2} \frac{r'_1}{r_2} + 1} \dots \dots \dots (3)$$

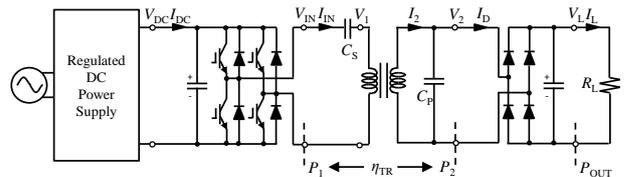


図 1 非接触給電システム

Fig.1. Wireless power transfer system.

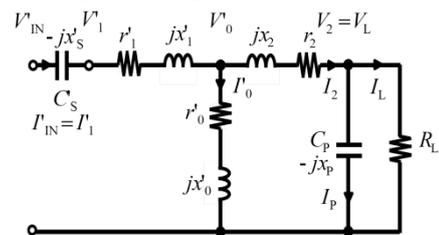
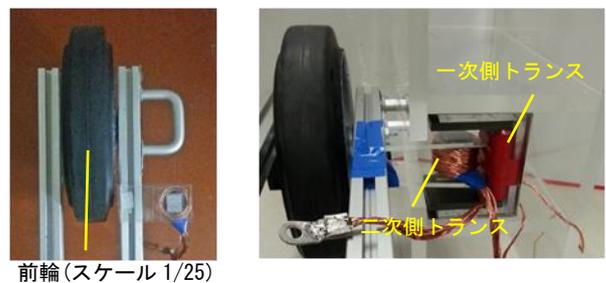


図 2 詳細等価回路

Fig.2. Detailed equivalent circuit.



前輪(スケール 1/25)

図 3 実験装置

Fig.3. experiment systems.

3. コの字型トランスの設計

スタンド駐輪時の位置ずれを小さくするため、図 3 のように前輪の車軸部に設置された自転車ロック機構の近傍に非接触給電トランスを設置する。駐輪スタンドへの設置を考慮して図 4 に示すコの字型トランスを設計した。

コの字型トランスは図 3 の写真のようにロック機構と一体となって設置が可能のため、上下(z)方向のギャップは上下共に 14mm で十分である。一次側トランスは 50x40x5mm のフェライトを 3 つ組合せてコの字型とし、二次側トランスはポットコア(TDK P22/13)を 3 つ重ねて円柱型とした。また、背面に漏れる磁束を遮蔽するために図 4 のように 1mm

表 1 トランス定数

Table.1. Transformer parameters.

Frequency[kHz]	100
gap[mm]	0
N_1	53(1p)
N_2	11(4p)
r_1 [mΩ]	1855
r_2 [mΩ]	20.2
l_0 [μH]	90.6
l_1 [μH]	409
l_2 [μH]	2.92
k	0.32
b	0.57
L_1 [μH]	500
L_2 [μH]	6.82
Q_1	169
Q_2	211
C_S [μF]	0.00565
C_P [μF]	0.371
R_{Lmax} [Ω]	15.5
η_{max} [%]	96.7

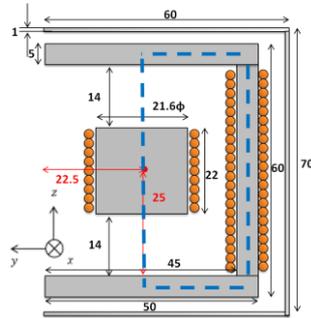


図 4 コの字型トランスの寸法

Fig.4. Dimensions of

U-shaped core Transformer.

表 2 標準状態の給電実験結果

Table.2. Experimental results in the standard position.

V_{DC} [V]	100
I_{DC} [A]	0.7
V_{IN} [V]	99.6
I_{IN} [A]	0.63
V_2 [V]	31
I_D [A]	2.68
V_L [V]	40
I_L [A]	1.22
P_L [W]	48.8
η_{TR} [%]	94.8

厚のアルミ板を設置した。主磁束の経路を図 4 の破線で示す。二次側コアが上下・左右に位置ずれしても、二次側コアが一次側コア内に収まっていれば結合係数 k の変化が小さく位置ずれに強い。

巻数比の決定には(2)式を用いる。全波整流回路後に DC40V, 1.25A を出力させるために抵抗負荷は 32Ω とした。このとき(3)式の R_{Lmax} を 32Ω の半分の 16Ω 程度になるように二次側のターン数を決め、巻数比より一次側のターン数を決めた。

4. 給電実験結果

図 1 の回路で実験を行った。トランス定数と使用した C_S , C_P の値を表 1 に示す。また図 4 の位置を標準状態と設定する。標準状態における各部での電圧電流値を表 2 に示す。

前後(x), 左右(y), 上下(z)方向での位置ずれ特性をそれぞれ図 4, 5, 6 に示す。二次側コアが一次側コア内に収まっていれば結合係数 k はほぼ一定であった。位置ずれ時の平均トランス効率 η_{TR} は x 方向 94.7%, y 方向 94.6%, z 方向 94.2% であった。

自転車ロック機構と一体でトランスを設置するため、想定する位置ずれは各方向±5mm 程度である。図 4, 5, 6 よりその範囲での特性はほぼ一定であることが確認できた。

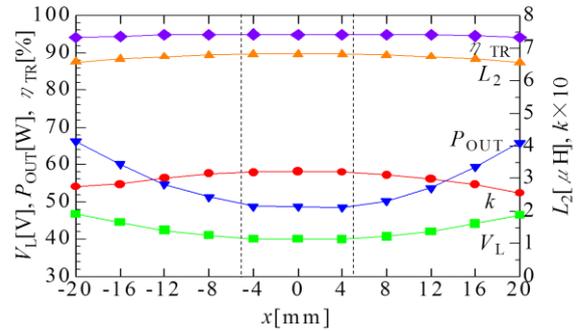


図 4 x 方向の位置ずれ特性

Fig.4. Characteristic in position change of the x-axis direction.

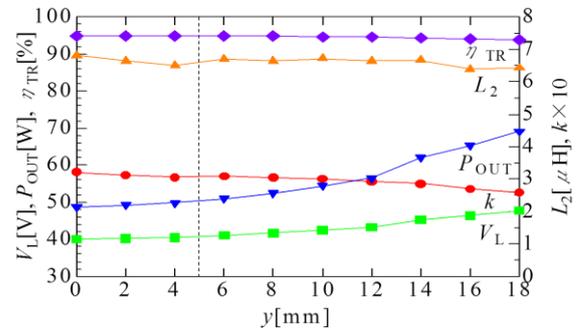


図 5 y 方向の位置ずれ特性

Fig.5. Characteristic in position change of the y-axis direction.

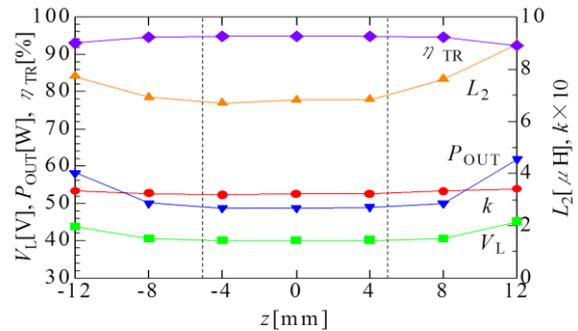


図 6 z 方向の位置ずれ特性

Fig.6. Characteristic in position change of the z-axis direction.

5. まとめ

電動アシスト自転車用非接触給電装置として、自転車ロック機構と一体となって設置が可能な一次コ字型、二次円柱型のトランスを提案し、その性能評価を行った。自転車駐輪ロック時に非接触給電トランスは所定の給電位置に納まり、上下左右の位置ずれに強く、トランス効率は 94% 以上であった。

文献

- (1) 阿部,金子:電学誌 Vol.128,No.12,pp.796-799(2008)