

# 電気自動車の急速充電用非接触給電システム

学生員 山中 智裕\* 正員 野口 真伍 正員 金子 裕良 正員 阿部 茂 (埼玉大学)  
正員 保田 富夫 ((株)テクノバ) 非会員 鈴木 明 (アイシン・エイ・ダブリュ(株))

## Contactless Power Transfer System for Electric Vehicle Rapid Charger

Tomohiro Yamanaka\*, Shingo Noguchi, Yasuyoshi Kaneko, Shigeru Abe (Saitama University)  
Tomio Yasuda (Technova Inc), Akira Suzuki (AISIN AW CO.,LTD.)

A contactless power transfer system for electric vehicle need to have a high efficiency, a large air gap, good tolerance to misalignment in the lateral direction and be compact and lightweight. The double-sided winding 10kW transformer was developed for rapid charger, which is based on 1.5kW H-shaped core transformer. The design concept and experimental results are described. The problem of high primary voltage of transformer in series capacitor systems, is resolved by splitting the primary winding and series capacitor. The 10kW transformer is designed considering compatibility with 1.5kW transformer. This allows drivers can use both standard charger and rapid charger with one 1.5kW or 10kW transformer.

キーワード：電気自動車, 非接触給電, 急速充電, 効率, 電磁誘導, 巻線分割, 互換性

Keywords : electric vehicle, contactless power transfer system, rapid charge, efficiency, electromagnetic induction, split winding, compatibility

### 1. はじめに

地球温暖化等の環境問題や原油価格の高騰により、プラグインハイブリッド自動車や電気自動車が現実のものとなってきた。現在は電気ケーブルと接触式コネクタで車に給電する方式であるが、コードレス化による利便性や安全性の向上、急速充電による大電力化、保守軽減を考えると、今後は非接触給電方式が有望である<sup>(1)</sup>。

電気自動車用非接触給電トランスは、ギャップ長および位置ずれ許容量を大きくし、かつ小型軽量で高効率にする必要がある。我々は従来の片側巻構造よりも、両側巻構造がこれらの点において優れていることを発表してきた<sup>(2)(3)</sup>。

これらは一般家庭での普通充電（長時間充電）を想定した小容量トランス（1.5kW）が対象であり、2011年に最新のH型コア構造両側巻トランスを発表した<sup>(3)</sup>。今回、街中の駐車場での急速充電を想定した大容量トランス（10kW）を開発した。本論文では試作した10kWトランスの概要と特性について述べる。

10kWトランスの設計では既開発の1.5kWトランス<sup>(3)</sup>との共用化（互換性）を考慮し、一次、二次コイルの巻数と磁極寸法を同一とし、磁極間距離（=コイル幅）も近い値とした。両トランスの定数と給電効率が最大となる抵抗負荷の値がほぼ等しくなるため、10kWトランスでは1.5kWトランスに比べ、インバータ電圧  $V_{IN}$  と負荷電圧  $V_L$  を電力比（=10/1.5）の平方根倍（=2.6倍）に設定した。磁束密度、電

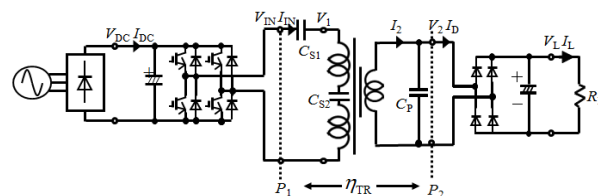


図1 非接触給電システム

Fig.1. Contactless power transfer system.

流も2.6倍となるため、コアの断面積とコイルの並列数をその分増やした。この結果、10kWトランスは1.5kWトランスと同等の性能、ギャップ長70mmで94.7%の給電効率を得ることができた。

共用化設計の結果、10kWトランスと1.5kWトランスの一次側あるいは二次側を取り換えた場合でも、1.5kW給電が可能になり、給電効率も94%以上の実験結果が得られた。普通充電と急速充電の共用化は、ケーブル給電にはない非接触給電の特長であり、世界初と思われる。

### 2. 自動車用非接触給電システム

〈2・1〉 一次直列二次並列コンデンサ方式 一次直列二次並列コンデンサ方式<sup>(2)</sup>の非接触給電システムを図1に示す。商用電源入力フルブリッジインバータで  $f_0=30\text{kHz}$  の高周波交流を発生し、給電トランスの一次側に給電する。

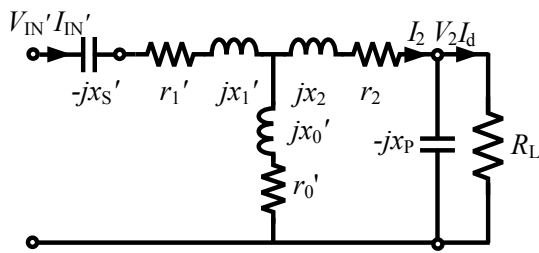


図2 詳細等価回路

Fig.2. Detailed equivalent circuit.

〈2・2〉 等価回路 給電トランスを T 形等価回路で表し、直列および並列共振コンデンサ  $C_S$ 、 $C_P$  と抵抗負荷  $R_L$  を加えた詳細等価回路を図 2 に示す。給電トランスの巻数比を  $a=N_1/N_2$  とし、一次側諸量は二次側に換算し(ダッシュ)をつけて表す。フェライトとリッツ線を用いると鉄損  $r_0'$  と巻線抵抗  $r_1'$ 、 $r_2$  は、電源周波数  $f_0$  においてトランスのリアクタンス  $x_0'$ 、 $x_1'$ 、 $x_2$  に比べ十分小さい。従って  $r_0'$  と  $r_1'$ 、 $r_2$  を省略した回路で解析を進める<sup>(4)(5)(6)</sup>。

〈2・3〉 直列および並列コンデンサ 二次側並列コンデンサ  $C_P$  および一次側直列コンデンサ  $C_S$  の値を共振条件から(1)式で決定する。

$$\frac{1}{\omega_0 C_P} = x_P = x_0' + x_2, \quad \frac{1}{\omega_0 C_S} = x_S' = \frac{x_0' x_2}{x_0' + x_2} + x_1' \dots \dots (1)$$

〈2・4〉 理想変圧器特性 ここで、 $V_{IN}$  と  $V_2$ 、 $I_{IN}$  と  $I_L$  の関係を求めると、

$$V_{IN}' = b V_2, \quad I_{IN}' = I_D / b, \quad b = \frac{x_0'}{x_0' + x_2} \dots \dots \dots (2)$$

が成り立ち、巻数比  $b$  の理想変圧器と等価となる。トランス部の最大効率  $\eta_{max}$  とそのときの抵抗負荷  $R_{L,max}$  は(3)式となる。

$$\eta_{max} = \frac{1}{1 + \frac{2r_2}{x_P} \sqrt{\frac{1}{b^2} \frac{r_1'}{r_2} + 1}} \quad R_{L,max} = x_P \sqrt{\frac{1}{b^2} \frac{r_1'}{r_2} + 1} \dots \dots \dots (3)$$

〈2・5〉 両側巻構造非接触給電トランス 非接触給電トランスの構造としては、円形コア片側巻構造<sup>(1)(7)(8)</sup>と角形コア両側巻構造<sup>(2)(3)(9)-(13)</sup>に大別できる。従来、トランス背面に磁束が存在せず結合係数  $k$  の高い片側巻が多く用いられてきた。両側巻は背面に磁束が漏れるため一見不利だが、アルミ板を設置すれば磁束遮蔽が可能で結合係数  $k$  を高めることができる。またコア幅は片側巻では(コイル幅+磁極幅)の2倍程度必要なのに対し、両側巻ではその半分で済むため、両側巻のほうが大幅に小型軽量化できコストも抑えることができる。また、片側巻では40%の位置ずれが生じると主磁束が相殺され結合係数がゼロになるが<sup>(8)</sup>、両側巻構造ではこの問題は生じず位置ずれに強いことが示されている<sup>(3)</sup>。しかし、両側巻ではフェライトコアが巻線に覆われているためコアの放熱が悪く、また体積が小さく熱容量が小さいため、発熱による温度上昇が大きい。また、給電電

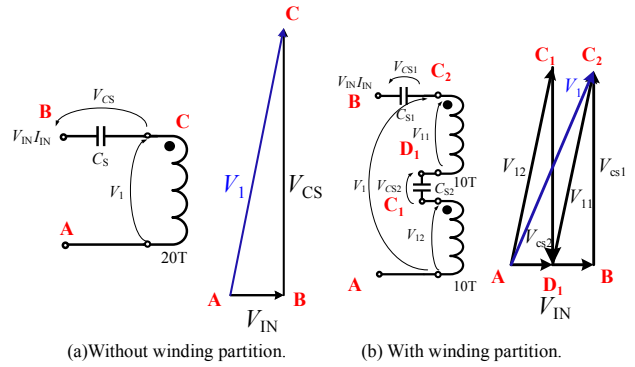


図3 巻線分割電圧ベクトル図

Fig.3. Divided winding Voltage vector figure.

表1 給電トランスの仕様

Table 1. Specification.

Transformer	1.5kW	10kW
Voltage	1 φ AC 100V	3 φ AC 200V
Litz wire	0.1mmφ×800	
Winding	Primary	3p×20T
	Secondary	9p×6T
Weight of secondary	3.9kg	5.74kg
Shielding Al sheet	600×400×1mm(0.6kg)	

力の上昇に伴い、給電損失による発熱も増大するため、大容量トランスでは温度上昇に注意する必要がある。

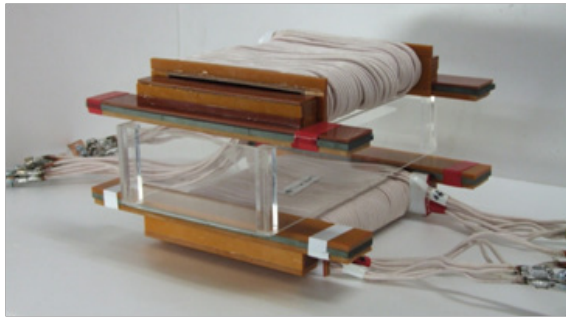
〈2・6〉 普通充電と急速充電の共用化 急速充電用の非接触給電トランスを搭載した電気自動車では、一般家庭での普通充電も同じ車載トランスを利用することが望ましい。このためには、普通充電用の一次トランスから急速充電用の二次トランスへ給電できるようにする必要がある。

両側巻構造の非接触給電トランスでは、一次二次コイルの巻数と磁極寸法を同一として磁極幅を近い値にすることで、給電電力の仕様が送電コイルと受電コイルとで異なる場合でも同一周波数であれば給電が可能となる。この場合、給電電力は小容量のトランスに合わせる必要がある。

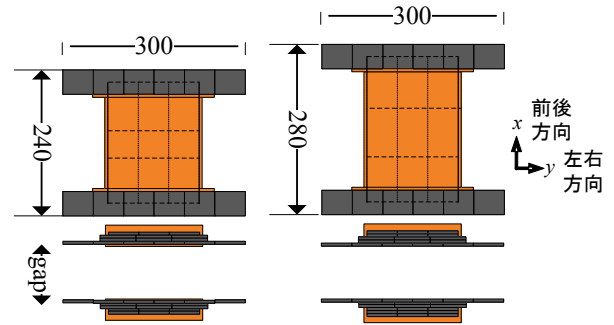
また、従来の電気ケーブルによる充電では普通充電と急速充電それぞれ別のコネクタと給電口が設けられ充電回路もそれぞれ必要であったが、非接触給電では普通充電と急速充電の共用に対応したトランスを車に設置すれば充電回路も1つにすることができる。

### 3. 10kW 給電システム

〈3・1〉 一次巻線の過電圧対策(巻線分割) 10kW 給電では、一次側入力電流  $I_{IN}$  が大きくなる。そのため、一次端子電圧(直列コンデンサ  $C_S$  の直後の電圧)  $V_1$  が  $I_{IN}$  に比例して増大する(図3(a))。  $V_1$  の増大は直列コンデンサの耐圧や一次巻線の絶縁上大きな問題となる。この対策として一次側巻線と直列コンデンサを分割配置することが考えられる。一次側巻線と直列コンデンサを分割すると、 $V_1$  の過



(a) 10kW Transformer's outline.



(b) 1.5kW Transformer's dimension. (c) 10kW Transformer's dimension.

図4 トランス外形と寸法

Fig.4. Transformer's outline and its dimension.

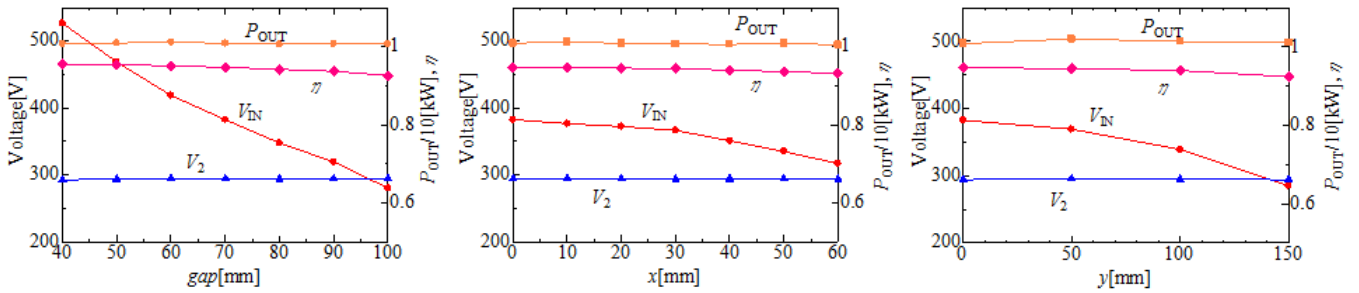


図5 10kW用トランス給電実験結果

Fig.5. Experimental results.

大な電圧を低減できる (図3(b)).

**〈3・2〉 10kW トランス** 1.5kW用のH型両側巻トランス<sup>(3)</sup>(以下1.5kW用)を基に10kW用のH型両側巻トランス(以下10kW用)を設計し試作した。巻線には小型化に有利な両側巻を採用し、H型のコアを使用した。一次側と二次側のトランス背面に漏れ磁束遮蔽用アルミ板を設置した。トランスの仕様を表1、形状と外形図を図4に示す。

1.5kW用と10kW用は共用化を考慮し、一次、二次コイルの巻数と磁極寸法を同一となるように設計を行った。コイル幅もほぼ同一にすると、インダクタンスの値も等しくなり、最大効率になる抵抗負荷 $R_{Lmax}$ の値が等しくなる。そのため、10kW給電では、1.5kW給電に比べ、一次電圧と二次電圧を電力比(=10/1.5)の平方根倍(=2.6倍)に設定した。磁束密度、電流も2.6倍となる。

磁束密度増大の対策としては、一次側コアの断面積を1.5kW用の1.5倍、二次側コアの断面積を1.5kW用の2倍になるようにした。電流増大の対策としては、並列数を一次側は1.5kW用の3本から4本に増やし、二次側は9本から12本に増やした。コイル幅はリッツ線を多く巻けるようにすることと漏れ磁束を低減し結合係数を上げるために40mm大きくした。

**〈3・3〉 10kW 給電実験結果** 自動車用非接触給電では異なる駐車場や車重変化によるトランスのギャップ長の変動や、駐車位置によるトランスの位置ずれが避けられない。ギャップ長70mm(磁氣的ギャップ長80mm)で位置ずれがない状態を標準状態とし、ギャップ長変動は $\pm 30$ mm、位置ずれは前後方向(x方向) $\pm 60$ mm、左右方向(y方向) $\pm 150$ mmの範

囲で定数測定と給電実験を行った。前後方向(x方向)の位置ずれは、タイヤ止め等を用いれば小さくても良いが、左右方向(y方向)は楽に駐車するため大きくする必要がある。

給電実験はインバータ周波数 $f_0=30$ kHz一定とし、給電トランス二次側には全波整流器と抵抗負荷 $R_L$ を接続した。

ギャップ長変動および位置ずれが生じたときのトランス定数、給電実験結果を図5に示す。位置ずれの方向(xとy)は図4のように定義した。ギャップ長または位置ずれが大きくなると主磁束が通る磁路の磁気抵抗が大きくなり、相互インダクタンス $I_0$ と結合係数 $k$ は低下する。しかし二次巻線の自己インダクタンス $L_2$ はほぼ一定であり、(1)式で決まる $C_p$ の値の変動は小さいので、 $C_p$ は一定としている。

標準状態における共振コンデンサ $C_s$ と $C_p$ の値、抵抗負荷 $R_L=15.0\Omega$ 一定でギャップ長変動・位置ずれ給電実験を行った。図5においてギャップ長が大きくなると結合係数 $k$ が減少し理想変圧器の巻数比 $b$ も低下するため、(2)式より電圧比( $V_2/V_{IN}$ )が増大する。ギャップ長変動特性では出力電力 $P_{OUT}=10$ kWとなるように入力電圧 $V_{IN}$ の値を調節した。ギャップ長が変動しても入力電圧 $V_{IN}$ と二次電圧 $V_2$ は(2)式を満たす。トランス部の給電効率 $\eta$ は標準状態で94.7%、ギャップ長が最大の100mmでも92.6%であった。位置ずれの実験ではギャップ長は70mm一定とした。位置ずれが生じるとギャップ長変動時と同様に電圧比( $V_{IN}/V_2$ )が変化する。二次電圧 $V_2$ を一定とするには、位置ずれ量の拡大に応じて入力電圧 $V_{IN}$ を下げる必要がある。図5においていずれの場合も給電効率 $\eta$ は92%以上である。

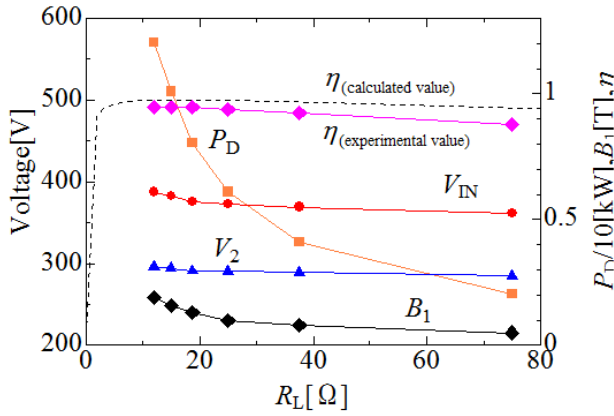


図6 負荷変動特性

Fig.6. Characteristics with resistance-load change.

〈3・4〉 負荷変動特性 バッテリー充電中、充電電力は一定ではない。充電電力の変化は図2の抵抗負荷  $R_L$  の値の変化で模擬できる。このため、最適な抵抗値以外の時の特性も調べる必要がある。ギャップ70mm、位置ずれのない状態で出力電圧  $V_L$  を一定としたまま、抵抗負荷  $R_L$  を12~75Ωの範囲で変化させたときの給電実験結果を図6に示す。給電効率  $\eta$  は少し変化するが、トランス入力電圧  $V_{IN}$  と二次電圧  $V_2$  および電圧比 ( $V_2/V_{IN}$ ) はほぼ一定であり、理論通り抵抗負荷が変化しても理想変圧器特性を満たしていることが分かる。

〈3・5〉 漏れ磁束密度測定 非接触給電トランスは疎結合であるため、トランス周辺には漏れ磁束が発生する。ギャップ70mm、位置ずれのない状態で1.5kW トランスと10kW トランスの定格電力給電時の漏れ磁束密度を測定した。結果を図7に示す。トランス中心からの距離の約2.7乗に反比例して漏れ磁束密度が減少し、距離が2倍になると約15%に減少することがわかる。また、10kW 給電時は1.5kW 給電時に比べ漏れ磁束密度は約3.3倍になっている。図7より、給電電力は漏れ磁束密度に大きく影響し、減少率には影響しないことがわかる。

非接触給電では漏れ磁束の人体への影響に特に注意する必要がある。1.5kW 用、10kW 用の両トランスの電磁界暴露の目安として、ICNIRP1998 と ICNIRP2010 の公衆暴露指針の30kHzの参考レベル値である  $6.25 \mu T$  と  $27 \mu T$  のラインを図7に示した。トランス取り付け位置を車底中央部にすれば、車の側面より外では  $27 \mu T$  以下にできそうである。また、給電中に車体の下に身体が入った時は給電を止めるなどの安全装置は必要であろう。

#### 4. 1.5kW トランスと10kW トランスの共用化

〈4・1〉 1.5kW トランスと10kW トランスの比較 1.5kW と10kW トランスの特性を共用化の観点から比較する。

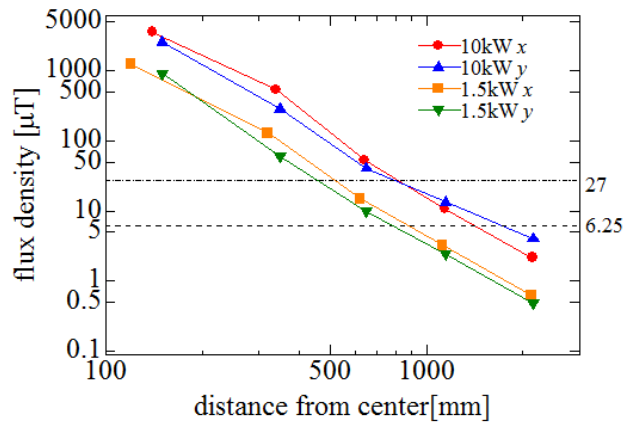


図7 漏れ磁束密度測定(30kHz)

Fig.7. Leakage flux measurement.(30kHz).

表2 トランス定数

Table 2. Parameters.

Transformer	for 1.5kW	for 10kW
$r_1$ [mΩ]	106	107
$r_2$ [mΩ]	9.30	12.7
$l_0$ [μH]	55.4	57.1
$l_1$ [μH]	115	111
$l_2$ [μH]	9.70	10.18
$k$	0.333	0.338
$b$	0.340	0.335
$R_{L,max}$ [Ω]	8.69	8.03
$\eta_{max}$ [%]	97.9	97.6

表3 トランス効率 (1.5kW, 10kW)

Table 3. Transformer's efficiency.

Rated power		1.5kW	10kW	
		$\eta$ [%]		
Standard position		94.9	94.7	
Gap alteration	Average (30~100mm)	94.5	94.5	
	100mm	93.1	92.6	
Tolerance to Misalignment	x	Average (0~60mm)	94.0	94.2
		60mm	92.6	93.2
	y	Average (0~150mm)	94.0	93.9
		150mm	93.0	92.4

トランス定数を表2に示す。設計通りインダクタンスの値がほぼ等しくなり、最大効率になる抵抗負荷  $R_{L,max}$  の値もほぼ等しくなった。

ギャップ長変動や位置ずれ変動のある場合の、1.5kW トランスと10kW トランスの効率の比較を表3に示す。表3の平均値とはギャップ長変動では $\pm 30$ mm、前後位置ずれ(x方向)では $\pm 40$ mm、左右位置ずれ(y方向)では $\pm 150$ mmの範囲での平均値を意味する。表2と表3から両トランスの特性と性能はほぼ同じと考えてよい。

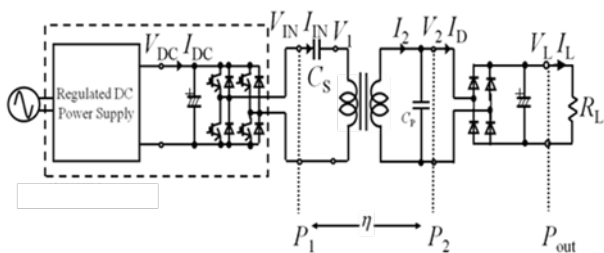


図8 一次1.5kW用-二次10kW用  
非接触給電システム

Fig.8. Primary,1.5kW-Secondary,10kW  
contactless power transfer system.

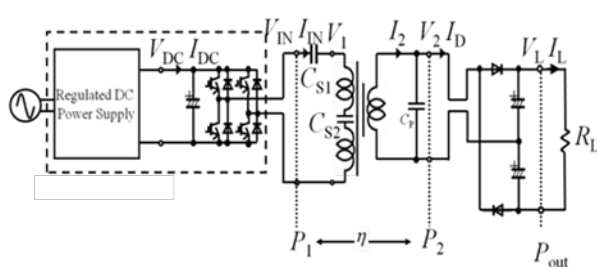


図9 一次10kW用-二次1.5kW用  
非接触給電システム

Fig.9. Primary,10kW-Secondary,1.5kW  
contactless power transfer system.

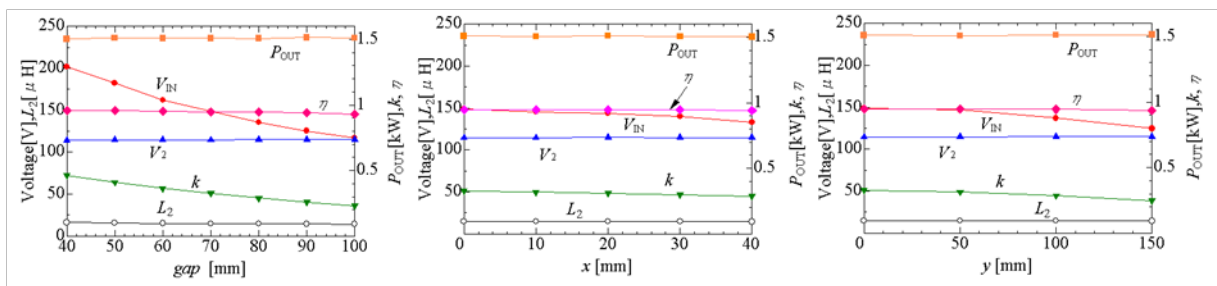


図10 一次1.5kW用-二次10kW用 1.5kW 給電実験結果

Fig.10. Experimental results (Primary,1.5kW-Secondary,10kW).

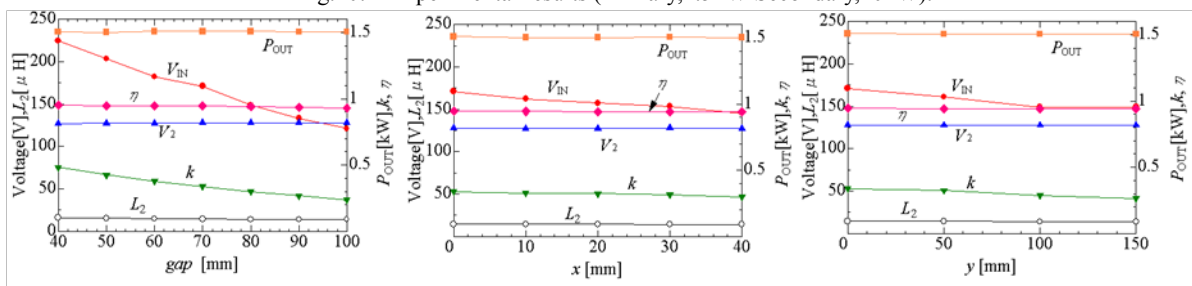


図11 一次10kW用-二次1.5kW用 1.5kW 給電実験結果

Fig.11. Experimental results (Primary,10kW-Secondary,1.5kW).

〈4・2〉 1.5kW 共用化実験結果 共用化実験では、急速充電用トランスを付けた電気自動車一般家庭で普通充電する場合と、普通充電用トランスを付けた電気自動車が街中の急速充電用トランスを利用して普通充電する場合を想定した。このため、1.5kW用と10kW用の一次側あるいは二次側を取り換えた場合の特性を調べた。ギャップ長70mmで位置ずれがない状態を標準状態とし、ギャップ長変動は70±30mm、位置ずれは前後方向(x方向)±40mm、左右方向(y方向)±150mmの範囲で定数測定と給電実験を行った。

図10に一次側に1.5kW用、二次側に10kW用を置いた場合、図11に一次側に10kW用、二次側に1.5kW用を置いた場合のトランス定数、給電実験結果をそれぞれ示す。10kW用の結果と同様にギャップ長または位置ずれが大きくなると、励磁インダクタンス  $L_0$  と結合係数  $k$  は低下する。一次側に1.5kW用、二次側に10kW用を置いた場合と一次側に10kW用、二次側に1.5kW用を置いた場合のトランス定数はほぼ同じであった。

高周波電源にはフルブリッジインバータを用い、インバータ周波数  $f_0=30\text{kHz}$  一定とし、一次側に1.5kW用、二次側に10kW用を置いた場合の二次側には全波整流器と抵抗負荷  $R_L$  を接続した(図8)。一次側に10kW用、二次側に1.5kW用を置いた場合の二次側には倍電圧整流器と抵抗負荷  $R_L$  を接続した(図9)。コンデンサ  $C_S$  と  $C_P$  は本来の1.5kWおよび10kWトランスの一次側コイルと二次側コイルにそれぞれ固定されており、一次二次の組み合わせが変わっても値を変更していない。抵抗負荷の値は二次側が全波整流器の場合は  $R_L=15.0\Omega$ 、倍電圧整流器の場合は  $R_L=80.0\Omega$  で給電実験を行った。

標準状態、ギャップ長変動、位置ずれ変動の給電実験でのトランス効率の結果を表4に示す。一次側に1.5kW用、二次側に10kW用を置いた場合は標準状態では94.8%、ギャップ長変動では93.0%以上、位置ずれの場合では93.4%以上の効率が得られた。一次側に10kW用、二次側に1.5kW用を置いた場合は標準状態では94.7%、ギャップ長変動では

表4 トランス効率 (共用化)

Table 4. Experimental results.

Transformer	Primary	for 1.5kW	for 10kW
	Secondary	for 10kW	for 1.5kW
Rated power		1.5kW	
		$\eta$ [%]	
Standard position		94.8	94.7
Gap alteration	Average (30~100mm)	94.8	94.3
	100mm	93.0	93.0
Tolerance to Misalignment	x	Average (0~40mm)	94.6
		40mm	94.1
	y	Average (0~40mm)	94.4
		150mm	93.4

93.0%以上, 位置ずれの場合では93.9%以上の効率が得られた。表3の1.5kW給電や10kW給電と比較しても, ほぼ同じ効率であることが分かる。

なお共用化ではインバータ出力電圧  $V_{IN}$  と二次側負荷電圧  $V_L$  の電圧レベルに注意する必要がある。共用化は1.5kW給電のため, 二次側トランスが1.5kW用の場合は, インバータが異なっても(1.5kW用と10kW用)出力電圧  $V_{IN}$  が同じであれば負荷電圧  $V_L$  も同じレベルにできる。しかし二次側トランスが10kW用の場合は, 急速充電の10kW給電時に比べ, 共用化の1.5kW給電時(図8)は負荷電圧  $V_L$  がかなり低くなる。このため一次側あるいは二次側で電圧を調整する対策が必要になると思われる。

## 5. まとめ

本論文では街中の給電ステーションでの急速充電を想定した10kW用トランスを設計, 試作し, 特性を調べた。

ギャップ長変動, 位置ずれ変動において, 10kW用を用いた10kW給電は1.5kW用を用いた1.5kW給電と同等のトランス効率を得られることが分かった。

共用化のために10kWトランスと1.5kWトランスの一次側あるいは二次側を取り換えた場合の特性は, 1.5kW用を用いた1.5kW給電や10kW用を用いた10kW給電と同等のトランス効率を得られることが分かった。

急速充電用トランスと普通充電用トランスに互換性があり, 共用化できることは非接触給電の新しい魅力である。

本研究は, 新エネルギー・産業技術開発機構「省エネルギー革新技術開発事業」の支援を受け実施したものであり, 関係各位に深く感謝致します。

## 文 献

- (1) 紙屋雄史・大聖泰弘・松木英敏: 「電動車両用非接触急速充電システム」, 電学誌, Vol.128, No.12, pp.804-807 (2008)
- (2) 岩田卓也・江原夏樹・金子裕良・阿部 茂・保田富夫・井田和彦: 「電気自動車用非接触給電装置のトランス巻線方式による特性比較」, 電学半導体電力変換研究会資料, SPC-09-39, pp.109-114 (2009)
- (3) 千明将人・長塚裕一・金子裕良・阿部 茂・保田富夫・鈴木明: 「新コア構造による電気自動車用非接触給電装置トランスの小型軽量化」, 電学半導体電力変換研究会資料, SPC-11-48, pp.139-144 (2011)
- (4) 阿部 茂・金子裕良: 「非接触給電技術」, 電学誌, Vol.128, No.12, pp.796-799 (2008)
- (5) 藤田敏博・金子裕良・阿部 茂: 「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)
- (6) 金子裕良・松下真也・及川康史・阿部 茂: 「直列および並列共振コンデンサを用いた移動型非接触給電と給電効率」, 電学論D, Vol.128, No.7, pp.919-925 (2008)
- (7) C.-S.Wang, O.H.Stielau, and G.A.Covic: "Design consideration for a contactless electric vehicle battery charger", IEEE Trans. Ind. Electronics, Vol.52, No.5, pp.1308-1314 (2005)
- (8) M. Budhia, G.A. Covic and J.T. Boys: "Design and Optimisation of Magnetic Structures for Lumped Inductive Power Transfer Systems", IEEE ECCE, pp.2081-2088 (2009)
- (9) Y.Nagatsuka, N.Ehara, Y.Kaneko, S.Abe and T.Yasuda: "Compact Contactless Power Transfer System for Electric Vehicles", Proc. of 2010 International Power Electronics Conference (IPEC2010-Sapporo), IEE Japan, pp.807-813 (2010)
- (10) Y.Nagatsuka, S.Noguchi, Y.Kaneko, S.Abe, T.Yasuda, K.Ida, A.Suzuki, and R.Yamanouchi: "Contactless Power Transfer System for Electric Vehicle Battery Charger", Proc. of 25th World Battery, Hybrid and Fuel Cell Electric Vehicle Symposium and Exhibition (EVS-25), Shenzhen China, (2010)
- (11) G.A.Covic, J.T.Boys, M.Budhia and C.-Y.Huang: "Electric Vehicles -Personal transportation for the future", Proc. of 25th World Battery, Hybrid and Fuel Cell Electric Vehicle Symposium and Exhibition (EVS-25), Shenzhen China, (2010)
- (12) M.Budhia, G.A.Covic, and J.T.Boys: "A New Magnetic Coupler for Inductive Power Transfer Electric Vehicle Charging Systems", IEEE IECON 2010, pp. 2481-2486 (2010)
- (13) 野口真伍・長塚裕一・金子裕良・阿部 茂・保田富夫・鈴木 明: 「電気自動車用小型非接触給電トランスの長ギャップ特性」, 電気学会産業応用部門大会講演論文集, 2-6, (2010)