

# 走行中ワイヤレス給電における N-Legged Converter を用いた Double-LCC 方式送電コイルの直列分圧による待機損失低減と車両検出手法の提案

学生員 佐藤 優介 正員 居村 岳広 フェロー 堀 洋一 (東京理科大学)

## A Proposal for Reducing Standby Losses and Detecting Vehicles by Series-Splitting Double-LCC Transmission Coils Using N-Legged Converter for Dynamic Wireless Power Transfer

Yusuke Sato, Student Member, Takehiro Imura, Member,  
Yoichi Hori, Fellow

In recent years, various studies have been conducted to popularize electric vehicles in order to achieve carbon neutrality, and among them, Dynamic Wireless Power Transfer (DWPT) is attracting attention as it can shorten charging time and contribute to battery downsizing. However, since the vehicle passes by in a short period of time, the time when the vehicle is not on the transmission coil is long, and the standby loss on the transmission side causes a loss of efficiency. This paper proposes a new vehicle detection method using voltage divider voltage of the transmission coils in DWPT system. The proposed method is expected to reduce standby losses due to copper losses in the transmission coils and inverter losses. The effectiveness of the proposed system was verified through experiments.

キーワード：走行中ワイヤレス給電, 車両検出, 待機損失, 漏洩磁界

Keywords : dynamic wireless power transfer, vehicle detection, waiting loss, leakage magnetic field

### 1. 序論

近年、SDGs の項目の 1 つであるカーボンニュートラルの実現に向けて電気自動車(Electric Vehicle : EV)を普及させるために様々な研究が行われている。その中でも充電時間の短縮やバッテリーの小型化に寄与できるとして、走行中に無線で電力を供給する走行中ワイヤレス給電(Dynamic wireless power transfer : DWPT)が研究されている<sup>(1)</sup>。これは道路に埋設された送電コイルと自動車側の受電コイルの磁界結合により電力を伝送しバッテリーを充電するというものである。DWPT を実用化することにより、充電時間の短縮、航続距離の延長、バッテリーの小型化・軽量化・低価格化などが期待できるが、課題が多く残されている。その中でも、送電コイル上を短時間で通過する DWPT では、システムの効率や安全性を担保できる送電回路の切り替え制御が重要な課題となっている。特に車両が存在しない場合も送電コイルに電圧を印可するシステムでは、待機損失や漏洩磁界<sup>(2)</sup>が無視できないため、車両が近づいたことを検出してから電圧を印可するシステムが求められる。先行研

究では検出用のコイルを用いる手法<sup>(3)</sup>や無線通信を用いる手法<sup>(4)</sup>が検討されているが、これらは追加の部品やセンサーが必要となること、通信速度や遅延の影響があるなどの欠点がある<sup>(5)</sup>。そこで、追加のセンサーが不要なセンサーレス車両検出が研究されている<sup>(6)(7)(8)</sup>。この方式では、道路側の送電コイルと車両側の受電コイルの結合による等価回路パラメータの変化を電圧・電流センサーによって検知することで車両検出を行う。しかし、1 個の送電コイルに 1 個のインバータが必要であったり、複数の送電コイルの印可電圧を独立に制御できないなどの欠点がある。また、幅広い電力要件を満たすために複数の受電コイルを用いる研究<sup>(9)</sup>も行われていることから、半導体素子数を削減しつつ印可電圧を独立に制御できるインバータが求められる。この 2 つを両立するインバータとして N-Legged Converter (NLC)が提案されており<sup>(10)</sup>、このインバータを用いた際の車両検出手法が提案されている<sup>(11)(12)</sup>。しかし、これらの方式ではインバータが高周波で常にスイッチング動作を続けるため、スイッチング損失などインバータでの待機損失は削減できない。

そこで、本論文では、NLC に特有の送電コイルの直列接続構造とその分圧電圧を利用した新たな車両検出手法を提案する。提案手法の有用性及び実現性を実験により検証する。

## 2. 電気自動車に向けた DWPT システム

(2.1) Double-LCC 方式 電気自動車向けの DWPT では送電コイルの様々な補償方式が提案されているが<sup>(13)(14)</sup>、本研究では Double-LCC 方式<sup>(15)</sup>を採用する。Fig.1 に示される Double-LCC 方式回路は、電源の角周波数を $\omega_{sw}$ として(1)式のような共振条件を満たす。この時、電源から流れる電流 $I_{LCC}$ は(2)式、送電コイルに流れる電流 $I_T$ は(3)式のように表せる。

$$\omega_{sw} = \frac{1}{\sqrt{L_{T0}C_{Tp}}} = \sqrt{\frac{C_{Tp}+C_{Ts}}{L_T C_{Tp} C_{Ts}}} = \frac{1}{\sqrt{L_{R0}C_{Rp}}} = \sqrt{\frac{C_{Rp}+C_{Rs}}{L_R C_{Rp} C_{Rs}}} \dots (1)$$

$$I_{LCC} = E \cdot \frac{k^2 L_T L_R R_L}{\omega_{sw}^2 L_{0T}^2 L_{0R}} \dots (2)$$

$$I_T = E \cdot \frac{1}{\omega_{sw} L_{0T}} \dots (3)$$

(2)式より、 $I_{LCC}$ は結合係数 $k$ の2乗に比例する値である。よって、受電コイルが存在しない( $k=0$ )の時は送電回路側回路に過大な電流が流れない。つまり並列接続が可能であり、さらに、何らかの誤作動が起きた際の安全性の観点からも、実用的な回路構成と言える。また、(3)式より、送電コイルに流れる電流 $I_T$ は電源電圧 $E$ にのみ比例するため、待機時は送電コイルの印可電圧を下げることで、送電コイルで発生する銅損による待機損失を低減することができる。

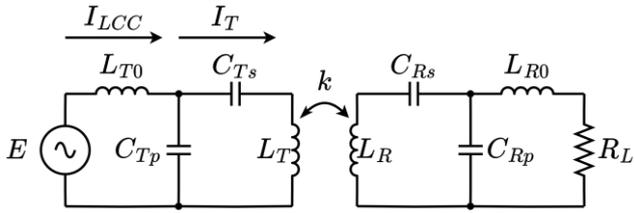


Fig. 1. Double-LCC 方式回路

(2.2) N-Legged Converter (NLC) 本論文で使用する N-Legged Converter (NLC)を Fig.2 に示す。送電コイル $n$ 個のシステムに対して、NLC は $n+1$ 個のレグで構成され、隣り合うレグに1個の送電コイルが対応する。Fig.3 に NLC の位相シフト制御の電圧を示す。レグはすべて Duty 比を 0.5 で駆動させ、隣り合うレグを位相差 $\Delta D_i$ で動作させることで位相シフト制御を行う。この時の出力電圧 $V_i$ の基本波周波数の実効値は(4)式で表される。

$$V_i(RMS) = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} V_{dc} \sin \frac{\Delta D_i}{2} \dots (4)$$

(3)式からわかるようにそれぞれの出力電圧 $V_i(RMS)$ は位相差 $\Delta D_i$ を設定することで独立に制御することができる。

NLC のメリットとして、送電コイル $n$ 個のシステムを構成するのに必要な半導体素子数(レグの数)を $2n$ 個から $n+1$ 個と約半分に削減できる点がある。他の半導体素子数を削減できる方式として1個のインバータに複数の送電コイルを並列に接続する方式<sup>(8)</sup>があるが、電力定格が $n$ 倍必要となってしまう。一方で NLC では2倍の電力定格で済むことから優れていると言える。デメリットとしては電圧を出力しない位相差 $\Delta D_i = 0$ の時の動作があげられる。通常のフルブリッジインバータで出力電圧をゼロにする場合、レグのスイッチングを停止し、両レグの下側アームをオンとすることで可能である。しかし、NLCでは1か所でも電圧を出力している場合はこれが不可能であり、電圧を出力しないレグも常にスイッチング動作が必要である。そのためレグを構成する MOSFET の出力容量の充放電に起因する損失が発生してしまう<sup>(16)</sup>。

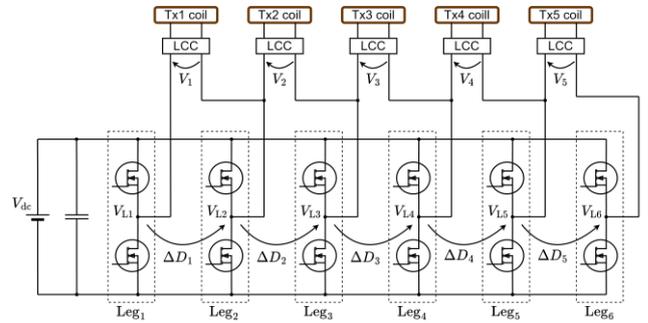


Fig. 2. N-Legged Converter (NLC)

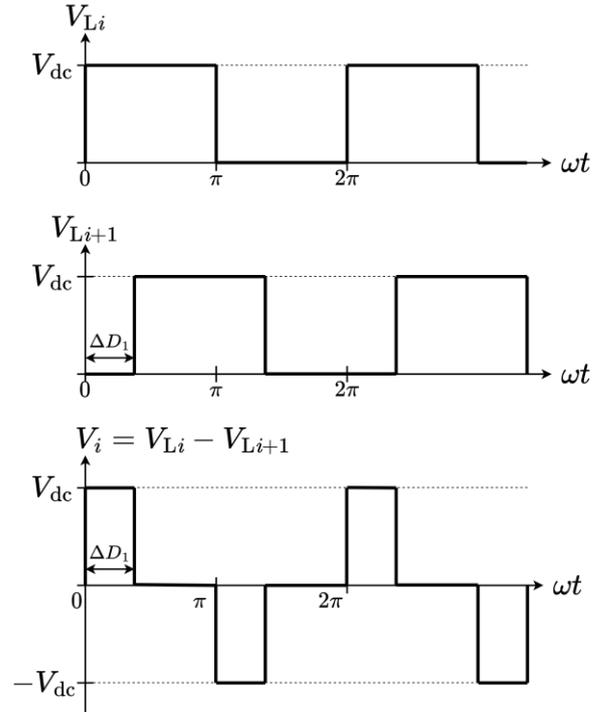


Fig. 3. NLC の位相シフト制御の電圧

### 3. 分圧電圧による待機損失と車両検出手法

(3・1) Double-LCC 方式の入力インピーダンス Fig.4 に Double-LCC 方式送電システムと等価インピーダンスを示す。Fig.4 のように送電側は直流電圧源とインバータで矩形波を印加する。受電側は全波整流器とバッテリーを模擬した定電圧負荷で構成される。Double-LCC の入力インピーダンスを考えるために、整流器以降を等価抵抗 $R_L$ で置き換える。まず、点 AB 間の電圧 $V_{AB}$ と点 CD 間の電圧 $V_{CD}$ はそれぞれ $\pm V_{dc}$ 、 $\pm V_{bat}$ の矩形波となるためその基本波成分はそれぞれ(5)、(6)式のように表せる。

$$V_{AB} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} V_{dc} \dots\dots\dots (5)$$

$$V_{CD} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} V_{bat} \dots\dots\dots (6)$$

出力電流 $I_{rec}$ は Double-LCC 方式が持つ定電流出力特性より(7)式のように表せる。ここでは計算の簡単のためにコイルの内部抵抗を無視する。

$$I_{rec} = V_{AB} \cdot \frac{k\sqrt{L_T L_R}}{\omega_{sw} L_{OT} L_{OR}} \dots\dots\dots (7)$$

よって、(5)、(6)、(7)式より、点 CD から見た整流器以降の等価抵抗 $R_L$ は

$$R_L = \frac{V_{CD}}{I_{rec}} = \frac{V_{CD}}{V_{AB}} \cdot \frac{\omega_{sw} L_{OT} L_{OR}}{k\sqrt{L_T L_R}} = \frac{V_{bat}}{V_{dc}} \cdot \frac{\omega_{sw} L_{OT} L_{OR}}{k\sqrt{L_T L_R}} \dots\dots\dots (8)$$

と表せる。次に、点 AB 間から見た入力インピーダンス $Z_{LCC}$ は $R_L$ を用いて

$$Z_{LCC} = r_{OT} + \frac{\omega_{sw}^2 L_{OT}^2}{r_T + \frac{k^2 \omega_{sw}^2 L_T L_R}{r_R + \frac{\omega_{sw}^2 L_{OR}^2}{r_{OR} + R_L}}} \dots\dots\dots (9)$$

と表せる。この $Z_{LCC}$ について、結合係数 $k$ と抵抗 $R_L$ との関係を Fig.5 に示す。各回路パラメータは Table.1 を適用している。Fig.5 から結合係数の増加に伴い $Z_{LCC}$ が急激に低下することがわかる。一方で $k = 0$ の時、ある一定のインピーダンスを持つことがわかる。これは主に送電コイルの内部抵抗 $r_T$ によるもので、銅損による待機損失はこれに起因する。本論文で提案する車両検出手法では、この入力インピーダンス $Z_{LCC}$ の低下を検出に用いる。

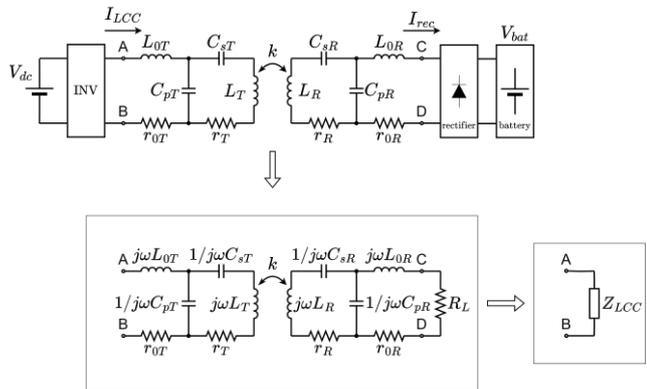
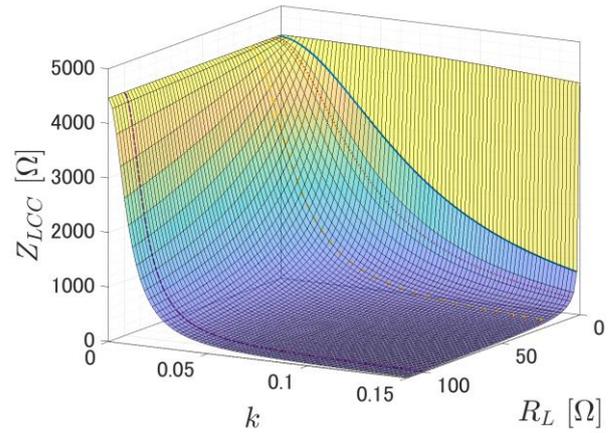
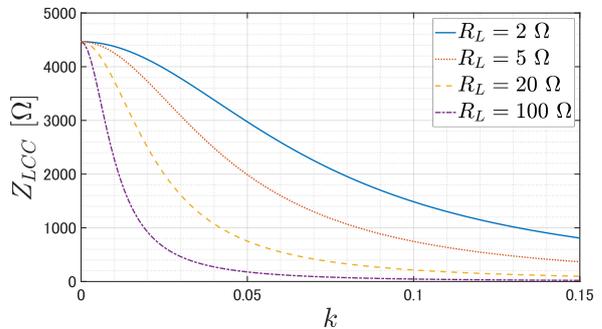


Fig. 4. Double-LCC 方式システムと等価インピーダンス



(a)  $Z_{LCC}$ 、 $k$ 、 $R_L$  の 3 次元グラフ



(b)  $Z_{LCC}$ 、 $k$  の 2 次元グラフ

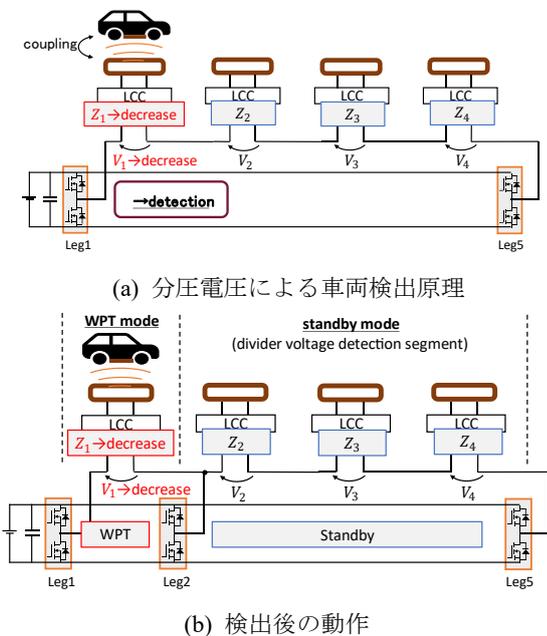
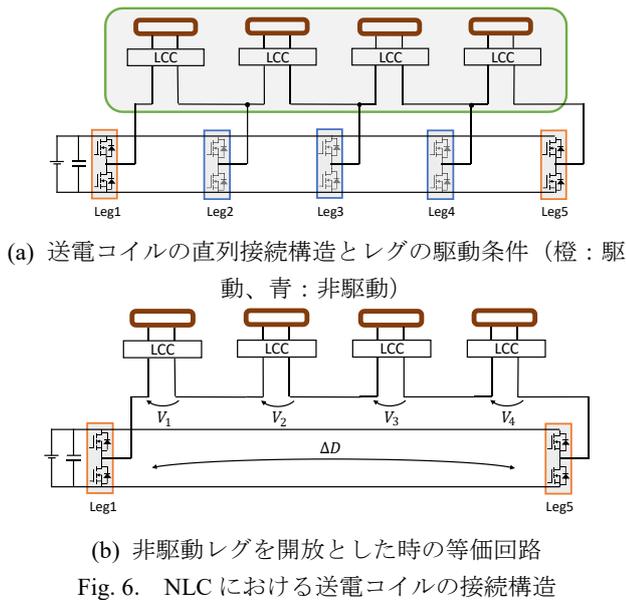
Fig. 5. 入力インピーダンス $Z_{LCC}$ と結合係数 $k$ 、 $R_L$ の関係

(3・2) NLC の送電コイル接続構造 ここでは送電コイル数 $n = 4$ を例に説明する。Fig.6 に NLC における送電コイルの接続構造を示す。NLC の送電コイルの接続について注目すると、Fig.6(a)のように送電コイルが直列に接続されたような構造が見て取れる。ここで、NLC の両端のレグのみを駆動し、それ以外を駆動しないことを考える。駆動しないレグは上下アームの MOSFET がオンしないため、Fig.6(b)のようにレグの出力部が解放状態の等価回路と見ることができる。

(3・3) 待機損失の低減効果 Fig.6(c)からわかるように、結合が発生していない場合は 4 個の待機中の送電コイルが直列に接続された状態となり、分圧されていることがわかる。この時の各送電コイルに印可される電圧 $V_i$ は(4)式を用いて

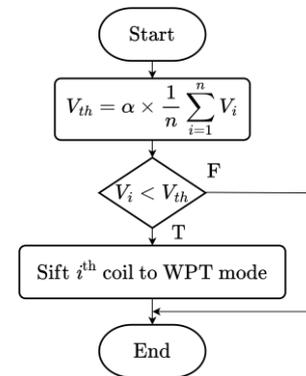
$$V_i = \frac{1}{4} \cdot \frac{2\sqrt{2}}{\pi} V_{dc} \sin \frac{\Delta D_i}{2} \dots\dots\dots (10)$$

となることがわかる。このように送電コイル数が $n$ 個の時、送電コイルに印可される電圧が $1/n$ となることから、銅損による待機損失を $1/n^2$ に削減できることがわかる。また、駆動しているレグ数が $n + 1$ 個から両端の 2 個となるため、インバータによる待機損失を $2/(n + 1)$ に削減することが期待できる。



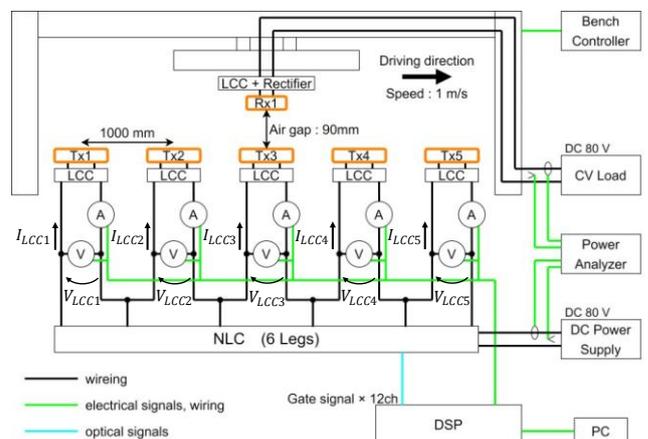
〈3・4〉車両検出手法と切り替え制御 Fig.7 に Double-LCC の直列分圧電圧による車両検出原理を示す。まず待機中の送電コイルが連続する部分を分圧電圧検出セグメントと呼称する。送受電コイルが結合していない時、各送電コイルの入力インピーダンス $Z_i$ は(9)式より同じインピーダンスとなるため、分圧電圧も等しい。次に、Fig.7(a)のように送受電コイルが結合した場合を考える。Fig.5 からわかるように結合が発生した送電コイルの入力インピーダンスは急激に低下する。分圧電圧の比は分圧するインピーダンスの比と等しいため、分圧電圧も急激に低下する。本論文の車両検出手法では、この入力インピーダンスの低下に伴う分圧電圧の低下を電圧センサーにより検出することで、車両を検出する。Fig.7(b)のように、車両を検出したコイルでは対応するレグの駆動を開始することで電圧を印加し電力伝

送を行う。一方で、Fig.7(b)の車両を検出できなかった送電コイル部分では、引き続き 3 個の送電コイルの分圧による検出が可能であることが分かる。このように、任意のセグメント区間で分圧電圧検出が可能でメリットがある。Fig.8 に分圧電圧検出セグメントの切り替え制御のフローチャートを示す。まず分圧電圧検出セグメントの分圧電圧の平均に係数 $\alpha$  ( $0 < \alpha < 1$ )をかけた閾値電圧 $V_{th}$ を計算する。各送電コイルの分圧電圧を閾値と比較し、閾値より小さい場合は車両を検出したとして電力伝送を行う。しかし、分圧するためにレグの駆動を停止する関係上、待機中の送電コイルが隣接していない場合や電力伝送をしている送電コイルなど、送電コイルの両端のレグを駆動している部分では、分圧自体が発生しないため、分圧電圧による検出ができない。この部分については送電コイルの電流から車両検出を行う先行研究<sup>(12)</sup>の手法を採用した。



#### 4. 実験

提案した車両検出手法及び待機損失の低減効果を実験により検証する。送電コイル 5 個、受電コイル 1 個の実験ベンチシステムを構築し、測定を行った。Fig.9 にシステム構成、Fig.10 にシステムの外観を示す。また、Fig.11 に本システムにおける各送受電コイル間の結合係数を示す。Table.1、Table.2 に各パラメータを示す。



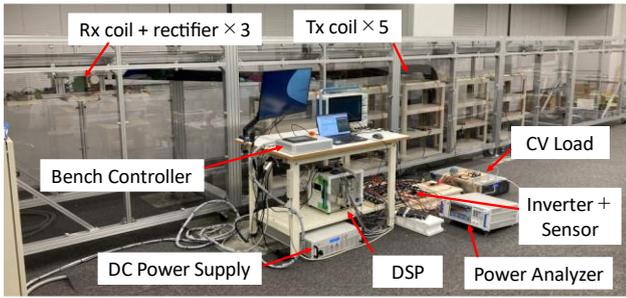


Fig. 10. システムの外観

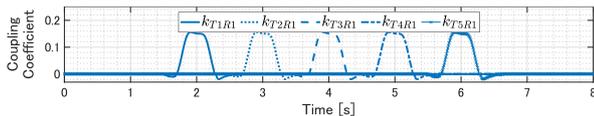


Fig. 11. 本システムにおける送受電コイル間の結合係数

Table 1. 送受電回路パラメータ

	Tx1	Tx2	Tx3	Tx4	Tx5	Rx1
$L_T, L_R$ [ $\mu$ H]	206.6	206.1	205.9	205.5	205.1	51.22
$r_T, r_R$ [ $m\Omega$ ]	155	150	147	155	148	62.5
$L_{0T}, L_{0R}$ [ $\mu$ H]	49.26	49.3	49.32	49.3	49.3	26.23
$r_{0T}, r_{0R}$ [ $m\Omega$ ]	53	49	88	79	69	22.7
$C_{pT}, C_{pR}$ [nF]	72.37	71.7	71.42	71.4	71.15	110.3
$C_{sT}, C_{sR}$ [nF]	22.46	22.39	22.22	22.15	22.52	174.3

Table 2. システムのパラメータ

Symbol	Value
$V_{DC}, V_{bat}$	80 V
$f_{sw}$	85 kHz
Tx coil size	500 × 200 mm
Rx coil size	200 × 200 mm
Gap Tx to Rx	100 mm
Speed	1 m/s

〈4・1〉分圧電圧の検証 送受電コイルの結合による分圧電圧の低下を検証する。送電コイル 5 個分圧について、各送電コイルの分圧電圧を測定した。また、測定された分圧電圧から、 $\alpha = 0.3$ とした閾値電圧 $V_{th}$ を計算した。Fig.12 に単一受電の分圧電圧 $V_{LCCi}$ と閾値電圧 $V_{th}$ を示す。Fig.12 より送受電コイルの結合により、分圧電圧の低下が確認でき、車両検出が可能なることがわかる。また、閾値電圧は結合によらず一定であり、閾値として有用であることが確認できた。

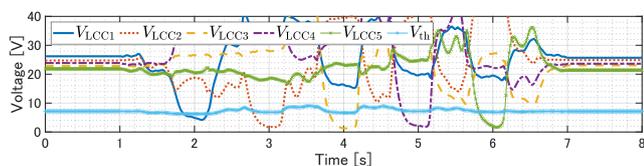


Fig.12 単一受電の分圧電圧

〈4・2〉待機損失の低減効果の検証 送電コイルの銅損による待機損失について、分圧による損失低減効果を検証する。ここでは、分圧なしの場合と送電コイル 5 個分圧について、送電側の各 LCC 回路の電圧 $V_{LCC}$ 、電流 $I_{LCC}$ 、各送電コイルに流れる電流 $I_T$ を測定した。Fig.13 に各波形、Table.3 に測定結果を示す。Table.3 を見ると、分圧なしに対して分圧ありでは各送電コイル電流 $I_T$ が平均 23.3%に減少していることがわかる。送電コイル数 $n = 5$ の時の減少量の理論値 20%と近いことから、分圧が行えていることがわかる。送電コイル電流が減少したことから、漏洩磁界の削減が期待できる。また、送電コイルの銅損は平均 5.5%に減少できていることが確認できた。

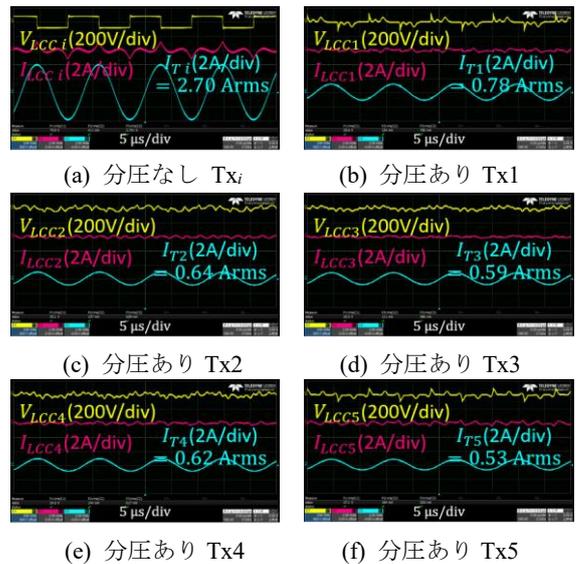


Fig. 13. 送電側 LCC 回路の電圧 $V_{LCC}$ 、電流 $I_{LCC}$ 、各送電コイル電流 $I_T$ の波形

Table 3. 測定結果

	分圧なし	分圧あり				
	Tx <sub>i</sub>	Tx1	Tx2	Tx3	Tx4	Tx5
Current of Tx coil : $I_T$ [A]	2.701	0.780	0.638	0.586	0.617	0.526
Decrease rate of $I_T$ [%]		28.9	23.6	21.7	22.8	19.5
Decrease rate of Copper loss [%]		8.3	5.6	4.7	5.2	3.8

〈4・3〉切り替え制御 提案手法による車両検出と切り替え制御を検証する。車両検出・切り替え制御なし(w/o)とあり(w/)の場合について、電力伝送を行い、電力・損失・効率を比較した。閾値電圧 $V_{th}$ は係数 $\alpha = 0.3$ とした。Fig.14 に送電側の各 LCC 回路の電圧 $V_{LCC}$ 、電流 $I_{LCC}$ 、送電コイルの状態(緑：待機、赤：電力伝送)を示す。Fig.15 に電力・損失・効率、Fig.16 に電力量・損失量・総合効率を示す。Fig.14 の電圧 $V_{LCC}$ を見ると、分圧電圧の低下による車両検

出と切り替え制御ができていていることがわかる。また、Fig.15より待機損失の減少と効率の向上が見て取れる。1秒地点における待機損失は85.2%減少し、効率は2秒地点で最大6.8ポイント向上した。Fig.16より8秒地点で、損失量は54.0%減少し、総合効率は14.5ポイント向上した。

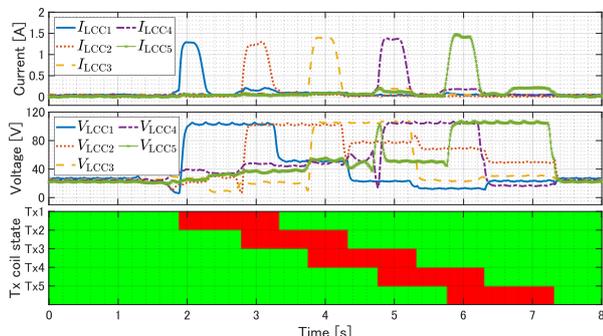


Fig. 14. 送電側の各LCC回路の電圧 $V_{LCC}$ 、電流 $I_{LCC}$ 、送電コイルの状態(緑：待機モード、赤：電力伝送モード)

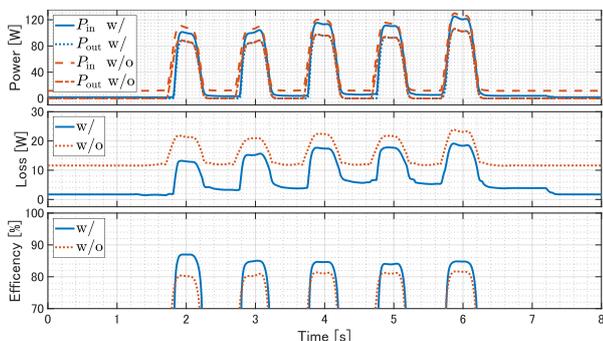


Fig. 15. 電力、損失、効率

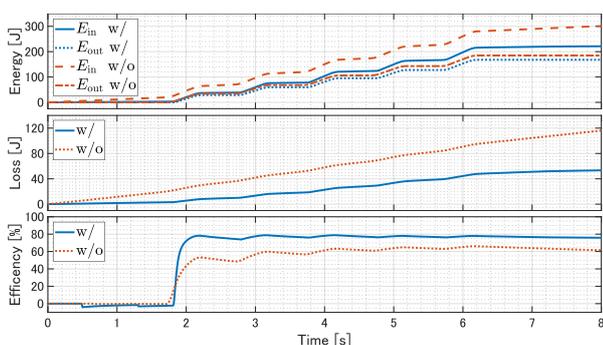


Fig. 16. 電力量、損失量、総合効率

## 5. まとめ

本論文では、Double-LCC方式の入ラインピーダンスとNLCによる送電コイルの直列接続構造に着目し、送電コイルの直列分圧による待機損失低減と車両検出手法を提案した。実験により、分圧電圧により車両検出が可能なることを示し、待機損失の低減効果を検証した。また、車両検出による切り替え制御が可能なることを示し、損失の低減、効率の向上を確認した。

今後の課題として、送電コイル同士の結合であるクロスカップリングが発生した際の検討があげられる。

- (1) C. Mi, G. Buja, S. Y. Choi and C. T. Rim, "Modern Advances in Wireless Power Transfer Systems for Roadway Powered Electric Vehicles", IEEE Transaction Industrial Electronics, vol. 63, no. 10, pp. 6533-6545, 2016.
- (2) SAE International, "Wireless Power Transfer for Light-Duty Plugin/Electric Vehicles and Alignment Methodology J2954," Issued 2016-05, Revised 2020-10.
- (3) D. Patil, J. M. Miller, B. Fahimi, P. T. Balsara and V. Galigekere, "A Coil Detection System for Dynamic Wireless Charging of Electric Vehicle," in IEEE Transactions on Transportation Electrification, vol. 5, no. 4, pp. 988-1003, Dec. 2019.
- (4) A. Echols, S. Mukherjee, M. Mickelsen and Z. Pantic, "Communication Infrastructure for Dynamic Wireless Charging of Electric Vehicles," 2017 IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC), San Francisco, CA, USA, 2017, pp. 1-6.
- (5) A. C. Bagchi, A. Kamineni, R. Zane and R. B. Carlson, "Comparative Analysis of DWPT Topologies and Regulation Schemes for Improved Controllability," 2020 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE), Detroit, MI, USA, 2020, pp. 5199-5206.
- (6) K. Hata, T. Imura, H. Fujimoto, Y. Hori and D. Gunji, "Charging Infrastructure Design for In-motion WPT Based on Sensorless Vehicle Detection System," 2019 IEEE PELS Workshop on Emerging Technologies: Wireless Power Transfer (WoW), London, UK, 2019, pp. 205-208.
- (7) D. Shirasaki, H. Fujimoto and Y. Hori, "Sensorless Vehicle Detection Using Vehicle Side Voltage Pulses for In-motion WPT," 2020 IEEE PELS Workshop on Emerging Technologies: Wireless Power Transfer (WoW), Seoul, Korea (South), 2020, pp. 320-325.
- (8) K. Sasaki and T. Imura, "Combination of Sensorless Energized Section Switching System and Double-LCC for DWPT," 2020 IEEE PELS Workshop on Emerging Technologies: Wireless Power Transfer (WoW), Seoul, Korea (South), 2020, pp. 62-67.
- (9) B. J. Varghese et al., "Multi-Pad Receivers for High Power Dynamic Wireless Power Transfer," 2020 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE), Detroit, MI, USA, 2020, pp. 5162-5168.
- (10) F. Farajzadeh, D. M. Vilathgamuwa, D. Jovanovic, P. Jayathurathnage, G. Ledwich and U. Madawala, "Expandable N-Legged Converter to Drive Closely Spaced Multitransmitter Wireless Power Transfer Systems for Dynamic Charging," in IEEE Transactions on Power Electronics, vol. 35, no. 4, pp. 3794-3806, April 2020.
- (11) Akihiro Okazaki, Takehiro Imura, Yoichi Hori, "Transmission Circuit Switching Control System Combining Speed Estimation and N-Legged Converter for Dynamic Wireless Power Transfer", 2022 Asian Wireless Power Transfer Workshop (AWPT2022), Hybrid, Dec. 2022.
- (12) K. Kobayashi, T. Imura and Y. Hori, "A Method for Reducing Standby Losses by Vehicle Detection and Switching Control in a System Configuration for Multiple Vehicles in Dynamic Wireless Power Transfer," 2023 IEEE Wireless Power Technology Conference and Expo (WPTCE), San Diego, CA, USA, 2023, pp. 1-6.
- (13) V. -B. Vu et al., "Operation of Inductive Charging Systems Under Misalignment Conditions: A Review for Electric Vehicles," in IEEE Transactions on Transportation Electrification, vol. 9, no. 1, pp. 1857-1887, March 2023.
- (14) H. T. Nguyen et al., "Review Map of Comparative Designs for Wireless High-Power Transfer Systems in EV Applications: Maximum Efficiency, ZPA, and CC/CV Modes at Fixed Resonance Frequency Independent From Coupling Coefficient," in IEEE Transactions on Power Electronics, vol. 37, no. 4, pp. 4857-4876, April 2022.
- (15) S. Li, W. Li, J. Deng, T. D. Nguyen and C. C. Mi, "A Double-Sided LCC Compensation Network and Its Tuning Method for Wireless Power Transfer," in IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. 64, no. 6, pp. 2261-2273, June 2015.
- (16) B. Stevanović, D. Serrano, M. Vasić, P. Alou, J. A. Oliver and J. A. Cobos, "Highly Efficient, Full ZVS, Hybrid, Multilevel DC/DC Topology for Two-Stage Grid-Connected 1500-V PV System With Employed 900-V SiC Devices," in IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics, vol. 7, no. 2, pp. 811-832, June 2019.