ミアンド型非接触電力伝送コイルにおける受電側位置検出に関する検討

Detection of the Receiver Coil Location for Meander-Type Contactless Power Transmission

佐藤文博・松木英敏*・菊地新喜・瀬戸 毅**・佐藤忠邦***

東北学院大学工学部, 宮城県多賀城市中央 1-13-1 (☎985-0873)

*東北大学大学院工学研究科, 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 (☎985-8579)

** (株) セイコーエプソン, 東京都新宿区西新宿 2-4-1 (☎163-0811)

*** (株) トーキン, 宮城県白石市旭町 7-1-1 (☎989-0223)

F. Sato, H. Matsuki,* S. Kikuchi, T. Seto,** and T. Satoh***

Dept. of Electrical Engineering, Tohoku Gakuin Univ., 13-1 Chuo 1-chome, Tagajo 985-0873

*Graduate School of Engineering, Tohoku Univ., Aoba, Aramaki, Aoba-ku, Sendai 980-8579

**Seiko-Epson Corp., 2-4-1 Nishishinjuku, Shinjuku-ku, Tokyo 163-0811

***Tokin Corp., 7-1-1 Asahi-cho, Shiroishi, 989-0223

We propose a contactless power transmission system (CLPS) using new meander-type coils. The main feature of meander-type coil is their effectiveness for stabilizing the amount of the transmitted power against the load displacement and electromagnetic noise emission. When the pitch of the transmitter coil corresponds to the receiver shape, the maximum transmitting power was obtained. A new exciting system was realized by means of an easy circuit. The circuit always fixes the relative positions between the transmitter and receiver coils. The system is able to ensure the optional distribution of flux. Therefore, the receiver position can be determined and the pitch of the transmitter coil can be set.

Key words: contactless, transformer, meander, moving load, optional pitch, detection of location

1. はじめに

現在の情報通信機器など一般家電機器における携帯化の進捗は日々増大している。また高齢者社会の情勢に絡み、そのケアに必要とされる介護機器などが担う負担も増加の一途である。これらの機器の駆動には蓄電池などの使用が前提とされておりそれに関わるさまざまな制約も多い。しかしながら依然として画期的なシステムは示されておらず、駆動源として新形式の電源の開発が要求されている。今回はその電源の一例として、周囲への磁場環境にも配慮したミアンドコイルによるCLPS非接触電力伝送システム^{1)~3)}を提案した。特にミアンド型CLPSにおける非接触電力伝送では送受電コイル間の相対的な位置ずれが電力伝送効率などに大きな影響を与える。仮にこの“ずれ”を利用して送受電コイルの相対的な位置を把握し、受電側移動に伴う送電側励磁面積を制御する方式が確立されれば、電力伝送効率の改善はもとよりミアンド型特有のコイル形状に起因するさまざまな応用などその利用も多岐にわたると考えられる。それにはまず送受電コイル間の位置を把握する必要がある。今回はミアンド型CLPSにおける送受電コイル間の位置把握とそれにより可能となる送電側部分励磁、さらに送電側ピッチ間隔可変から生ずる磁界分布形成についての基礎的検討を行った結果について述べる。

2. 送電側ミアンドコイルの構成

Fig. 1 に送電側ミアンドコイルの概観を示す。導線は図のX方向に向かって密に設置してある。また導線間はFETにより

Fig. 1 Structure of a transmitter coil and exciting circuit.

Fig. 2 Example of exciting pattern.

り回路が構成され、このSWを切り換え、励磁導線を選択することにより任意のピッチ間隔での電流路が形成され、それに対応した磁束分布が得られるものである。二つの励磁パターン例をFig. 2に示した。つまり、このシステムにより簡便なコイル位置検出システムをはじめ、受電側の移動に対応した送電側の部分励磁が実現可能となる。

3. 受電側コイル位置検出システム

ミアンダ型コイルは幾何学的特長を備えていることから、それに伴う磁束分布も特有のものである。まず初めに、送受電側共ミアンダコイルの場合について検討を行った。送電側ミアンダコイルは105 mm×100 mm、ピッチ5 mm、受電側ミアンダコイルは50 mm×50 mm、ピッチ5 mmである。受電側は送電側中心部から端部に向かってX方向に移動させた場合の誘起電圧分布をFig. 3に示す。コイルが移動するに従って電圧が交互に発生するのが確認できる。また、誘起電圧の最大値は送電側と受電側最端部の励磁導線が合致した場合であり、その後鎖交面積の減少により電圧が低下している。ここで、ピッチ間隔は既知であるから、電圧がゼロに降下したポイント数とピッチ間隔の乗算を行うことによりX方向移動距離が得られ

Fig. 3 Distribution of the induced voltage-X direction, for a meander-type coil.

Fig. 4 Distribution of the induced voltage-Y direction, for a meander-type coil.

Fig. 5 Distribution of the induced voltage-X direction, for a spiral-type coil.

Fig. 6 Distribution of the induced voltage-Y direction, for a spiral-type coil.

る。また全体としてこのような電圧分布を生じ、ピーク値が一定とならないのは、ミアンダ型の特長であり、送電端部においては磁束分布が大きくなることと、送受電コイルサイズの相違に起因するものである。さらに受電側位置と移動方向を初期設定し、その後の誘起電圧をモニタリングすることで位置判別が可能となる。つまり、前述のように、送電側中心部から端部に向かっての誘起電圧分布がしだいに増加することを利用したものであり、移動時にこれら既知の誘起電圧の変化を比較することにより容易に移動方向が判別できるものである。次に、Y方向に移動させた場合はFig. 4に示す。送受電コイルの鎖交面積が減少するに従って、誘起電圧もほぼ線形に減少しているのがわかる。この場合は誘起電圧に一定間隔の設定値を設け、その値とY方向移動距離を対応させることにより、移動距離が判別できるものである。つづいて、受電側を直径50 mmのスパイラル型に変えた場合について検討を行った。前述と同様にX方向へ移動させた場合の誘起電圧分布をFig. 5に示す。図中において、最大値と最小値を有する電圧分布が存在してい

ることがわかる。最大値部分は受電コイル直径の1/4部分、つまり直径の約12 mm部分が送電側ミアンダコイル最端部の励磁導線上に位置した場合であり、最小値部分においても、受電コイル中心部が送電側最端部の励磁導線上に位置した場合である。位置判別は、受電側にミアンダコイルを用いた場合と同様に、初期の位置と移動方向を初めに設定する。その後2カ所の最大、最小電圧値を基準として前後の電圧分布に任意の設定値を設け、この値に対して電圧が上昇、または下降に推移しているか、具体的にはすでに最大値部分を通過し現在値は下降しているか、などの情報を常にソフトウェア上でモニタし、移動距離と対応させ処理することにより位置判別が可能となる。同様にY方向へ移動させた場合をFig. 6に示す。この場合も最小電圧点が存在するが、これは受電コイル直径の3/5、約30 mm部分が送電端部に位置した場合である。X方向と同様にこの部分を基準にし前述のように設定値を設けることで位置を知ることが可能である。以上のように、ミアンダ型送電コイルに対して、考えられる2種類の受電側におけるX, Y両方向の位置判別が可能となった。これら個々の情報を合成することで送電側上における実際の受電側位置が判別されるものである。また速やかに位置判別を行うにはこれらの情報を総合的に処理しなければならない。Fig. 7にその測定ブロック図を示す。図中のコンパレータは受電側がミアンダ型の場合、位置検

Fig. 7 Structure of the coil detection system.

Fig. 8 Time chart of the detection system: X direction.

Fig. 9 Time chart of the detection system: Y direction.

Fig. 10 Distribution of induced voltage.

出のためのコイル移動に伴う誘起電圧の凹凸を判別し、スパイラル型の場合、同様に位置検出のため、逐次比較型コンパレータとして基準値を変え誘起電圧を判別している。これらにより最終的に位置情報としての値は、A-D変換されソフトウェア上で処理される。なお、このシステムは、小型A-Dコンバータ、ワンチップCPUなどの使用による小型化の見通しが得られている。次にこれらシステムによる位置判別の流れを時間軸を基準に、送受電コイル共ミアンダ型を用いた場合について示す。Fig. 8はX方向移動時である。この場合は3カウント入力があった場合であり、ピッチが5 mmであることから15 mm移動したことがわかる。また今回のシステムは、受電コイルの移動が5秒間なかった場合に静止状態であると判別した。Fig. 9はY方向移動時である。コイル移動開始後、あるレベルの設定値が入力されることにより瞬時にその位置が判別される。最終的なX, Y斜方移動時ポイントごとの電圧の変化の様子をFig. 10示す。X方向は各々のポイントの電圧値の有無が示されている。また、Y方向はコイルの鎖交面積が減少するに従って値も減衰しているのがわかる。これら一連の流れにより受電側の位置が判別できるものである。

4. 種々のシステムによる総合的な送電側励磁システム

以上述べた位置検出に加え、可変ピッチを効果的に用いることにより、特色ある送電側励磁システムを構築することが可能となる。一例としてまず可変ピッチによる送電側制御について示す。Fig. 11 に受電側の移動に伴って励磁導線を切り替え、送電側が受電側に電氣的に追従する部分励磁システムのモデルを示した。さらに、ピッチ間隔を任意に設定することにより、送電側磁束分布を適宜に変化させることが可能である。Fig. 12 には位置検出に用いた場合と同等の等間隔ピッチによる誘起電圧分布を示した。なお、この値は直径 5 mm、巻数 200 turn のサーチコイルで測定した。振幅が大きく、交互に電圧が発生している。またこの磁束分布は位置検出のためのオフセット波形として用いられる。Fig. 13 には、ピッチ間隔を一定値でしだいに増大させた場合である。この図では、一部分において大きく電圧が発生していることがわかる。Fig. 14 は、ミランダ形状を保つように電流を半ピッチずらして同方向に流し、受電側はスパイラル型コイルで測定したものである。受電側の移動に対して、電圧の変動はほとんど見られず安定した電力供給が可能であることを示している。サーチコイルによる測定でも、ほぼ安定した電圧分布が得られていた。このような任

Fig. 11 Actual movement pattern and transmitter coil.

Fig. 12 Distribution of the induced voltage-equal interval.

Fig. 13 Distribution of the induced voltage-resume interval.

Fig. 14 Distribution of the induced voltage-double current.

意磁界は、今回のように受電側が移動を行う場合に、その位置検出をはじめ電力伝送においても有効な手段となりうる。例えば、受電側の位置を判別し、移動量が大きければ Fig. 14 のような分布を用い、その後静止したならば Fig. 13 のような分布により、集中的に磁束を集め部分励磁を行うことができる。これらを総合的に用いることにより、より効果的で無駄の少ない励磁が可能となる方法を示した。

5. ま と め

ミランダ型という幾何学的特長と簡便なシステムの組み合わせにより受電側位置情報が得られることがわかった。さらにその位置情報をもとに可変ピッチからなる部分励磁によって、送受電コイルの相対的な位置ずれを解消し、受電側の動きに合わせた非接触電力伝送が可能となった。よってこれらの基本的なシステムをもとにした利便性の高い励磁システムの構築が可能であり、実質的な伝送効率の向上に寄与できるものであると思われる。

文 献

- 1) 村上, 松木, 菊地: 電気学会マグネティックス研究会資料, 多賀城, 1992, MAG-92-212 (電気学会, 東京, 1992).
- 2) 村上, 松木, 菊地: 日本応用磁気学会誌, 17, 485 (1993).
- 3) F. Sato, J. Murakami, H. Matsuki, S. Kikuchi, K. Hara-kawa, and T. Satoh, *IEEE Trans. Magn.*, 32, 5034 (1996).

1997 年 10 月 28 日受理, 1998 年 2 月 2 日採録