

電気二重層キャパシタを用いた電動自転車の ワイレス充電器の設計法と充電検証

野口 健二*, 折川 幸司, 伊東 淳一 (長岡技術科学大学)

Charge Verification and Design Method of the Wireless Charger of Electric Assisted Bicycle using EDLC

Kenji Noguchi, Student Member, Koji Orikiwa, Member, Jun-ichi Itoh, Member (Nagaoka University of Technology)

1. はじめに

電動アシスト自転車は電源にリチウムイオン電池(以下 Li-ion 電池)を用いてアシストを行う⁽¹⁾。Li-ion 電池は、高いエネルギー密度により長時間エネルギーを供給するのに適している。しかし、Li-ion 電池はサイクル寿命が短い上に、長い充電時間が必要である。一方で、サイクル寿命が長く、短時間充電可能な電気二重層キャパシタ(以下 EDLC)を用いた電気自動車提案されている⁽²⁾。このシステムは電源に Li-ion 電池の代わりとして EDLC を用いる。しかし、電気自動車ではエネルギーがなくなった場合、走行ができなくなる。そこで、筆者らは小容量の EDLC を用いた電動アシスト自転車を提案している⁽³⁾。電動アシスト自転車は、EDLC のエネルギーがなくなってもペダルを漕げば良い。加えて、提案システムでは、非接触給電により EDLC を短時間で容易に充電が可能である。

本論文では、電気二重層キャパシタを用いた電動自転車の非接触給電用アンテナと充電器を設計・実機検証し、従来の Li-ion 電池の充電時間と比較したので報告する。

2. 提案システム構成

図 1 に提案システム構成を示す。非接触給電の送電側前段には高周波電源を用いて、受電側後段は急速充電可能な双方向 DC-DC コンバータと EDLC で構成する。また、アシスト時のみ双方向 DC-DC コンバータで EDLC の放電制御をし、BLDC モータ(アシストモータ)を駆動する。

3. 設計フローチャート

非接触給電用アンテナは電動アシスト自転車に取り付けるため、小型・軽量であることが好ましい。そこで筆者らは小型で軽量のプリント基板式スパイラルアンテナを提案している⁽⁴⁾。

図 2 に非接触給電用送電側アンテナの構造と等価回路を示す。ショート型及びオープン型の接続点が RF 電源の出力である。受電側アンテナの構造及び等価回路は同じである。アンテナは、インダクタンス値を大きくするために二層構造のパターンを有する。

図 3 に非接触充電のための充電器とアンテナの設計フローチャートを示す。図 3 より充電容量は、充電時間と充電

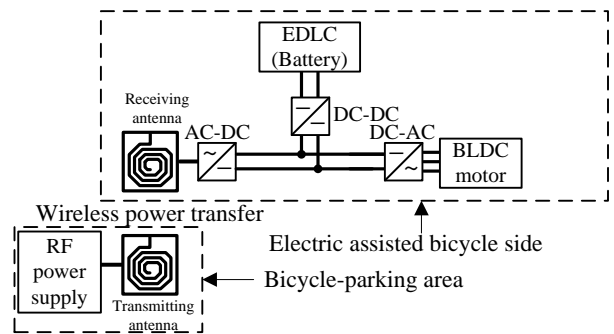


図 1 提案システム構成

Fig. 1. Proposed system configuration.

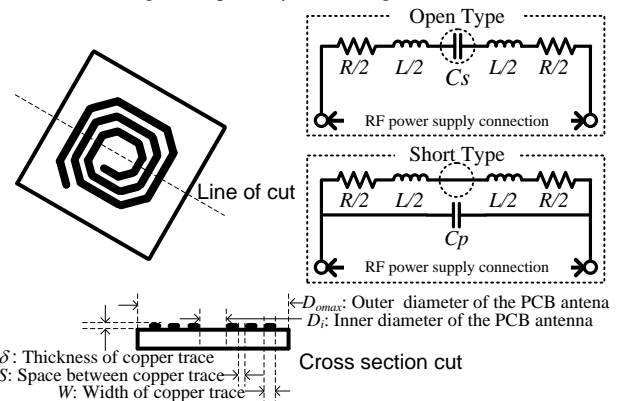


図 2 アンテナの構造

Fig. 2. Structure of the antenna.

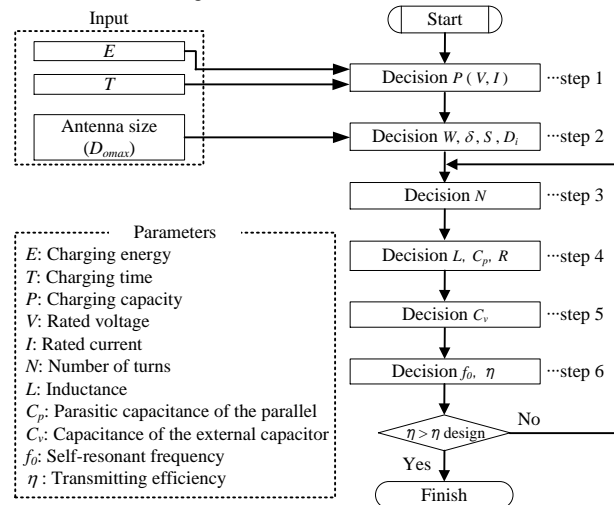


図 3 設計フローチャート

Fig. 3. Flowchart of circuit design.

エネルギーによって決定される。アンテナの配線幅、厚み、間隔は充電容量により決定される。また、設計仕様により巻数が決まり、寄生インダクタンス、キャパシタンス、抵抗値が一意に決まる。共振周波数と伝送効率は外部に接続するコンデンサ容量より調整する。最後に、計算した伝送効率が設計上の伝送効率以上であるなら設計を終了する。今回の充電器は、充電効率と短時間充電を考慮し、充電時間 T は 60 秒(今回は EDLC の電圧を 8V から 17.5V まで充電する時間)で、かつ充電エネルギー E は 12.1kJ とする。したがって、充電器の平均出力電力 E/T は 202W である。

4. アンテナおよび EDLC の充電実機検証

図 4 に各非接触給電用アンテナの伝送効率の周波数特性の実験結果を示す。非接触給電用アンテナとして、同じ大きさを有するショート型とオープン型を比較する。アンテナは図 3 のフローチャートに従って設計している。図 4 よりショート型がオープン型と同等の伝送効率でオープン型より低い共振周波数で伝送できることがわかる。したがって、ショート型とオープン型を同じ共振周波数に設計する場合、ショート型がオープン型よりも小型化することができることを明らかにした。

図 5 に充電回路を示す。非接触給電用アンテナは 3 章で設計したショート型アンテナを採用し、図 1 の双方向 DC-DC コンバータにより EDLC へ充電制御を行う。また、充電電力を供給する高周波電源の仕様により、充電時間を 1V あたり約 6 秒から 50 倍の 300 秒にスケールリングして EDLC の電圧を 8V から 9V まで充電を行う。今回は充電効率を考慮して定電流充電とする。また、電源の周波数はアンテナの共振周波数である 1MHz とする。

図 6 に図 5 の充電回路を用いた充電時の実験波形を示す。図 6 より EDLC の電圧が 300 秒で EDLC の電圧が 8V から 9V まで上昇し、充電されていることがわかる。したがって、設計仕様のエネルギーを供給し、EDLC の電圧を 8V から 17.5V に充電させるためには、充電時間は 60 秒で良いことがわかる。

図 7 に提案システムを適用する場合の Li-ion 電池と EDLC の 1 分で充電できるエネルギーの比較を示す。Li-ion 電池は製品の仕様(エネルギーと充電時間)より計算している⁽¹⁾。図 7 より 3 章の設計仕様である 12.1kJ を EDLC に充電するには、Li-ion 電池と比べて充電時間を 3 倍以上短くできる。

今後は電動アシスト自転車にコンバータを実装して、実際の道路における充放電試験を行う予定である。

文献

- (1) ヤマハ発動機株式会社 PAS ワゴン
(<http://www.yamaha-motor.jp/pas/lineup/wagon/>)
- (2) Y. Hori, IPEC2010, pp.2930 – 2934 (2010)
- (3) K. Noguchi et al., JKTW2013 on Semiconductor Power Conversion, No. IEEJ-SPC-P2-21 (2013)
- (4) 野口, 他:平成 25 年度電気学会北陸支部, A3-15

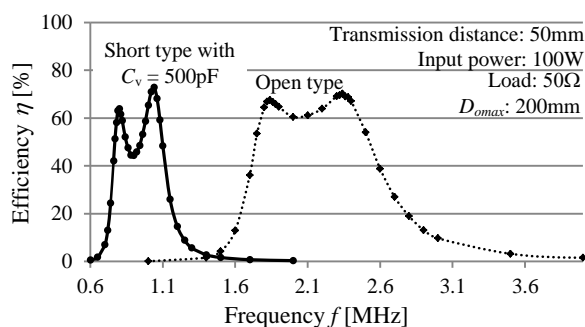


図 4 アンテナの伝送特性

Fig. 4. Transmission characteristics of the antenna.

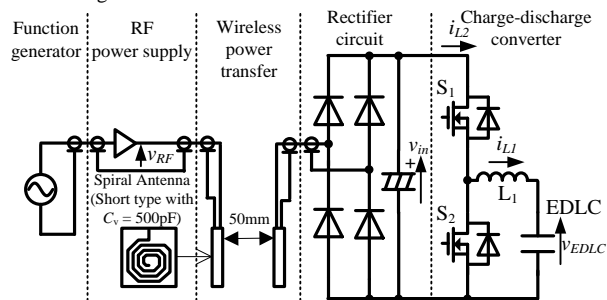


図 5 充電回路

Fig. 5. Charging circuit.

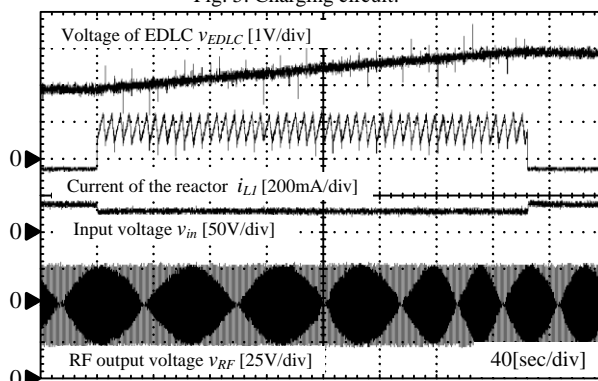


図 6 充電時の実験波形

Fig. 6. Experimental waveform of charge.

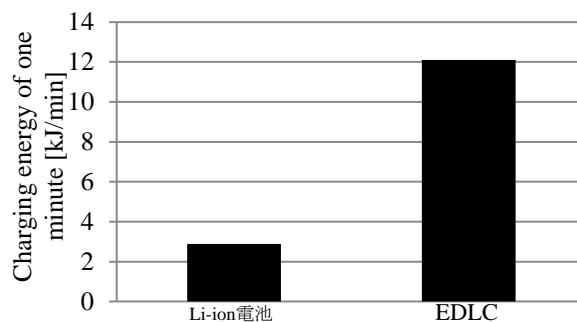


図 7 Li-ion 電池と EDLC の 1 分で充電できるエネルギーの比較
Fig. 7. Comparison of the Charging energy of one minute of EDLC and Li-ion battery.