

Mathematica を用いた共振型電磁誘導式ワイヤレス給電の過渡解析

土井達也
(足利工大)

Transient Analysis of Resonant Electromagnetic Induction Type Wireless Power Transfer by Mathematica
DOI Tatsuya
(Ashikaga Inst. of Tech.)

緒言

走行中の電気自動車等, 受電デバイスが送電コイル上を移動する磁気結合式ワイヤレス給電では送受電コイル間の相互インダクタンスや受電側負荷が変動する。移動体用ワイヤレス給電システムの電氣的な過渡状態についての検討例は比較的少ない⁽¹⁾。しかし, 共振周波数時の RLC 回路や磁気誘導結合回路では特有の過渡状態が生じることが古くから知られており⁽²⁾, 移動体を前提としたワイヤレス給電の過渡状態の検討は必要不可欠である。

本報告では, 共振型電磁誘導式ワイヤレス給電システムの簡略化モデルを用いた, 電氣的な過渡解析について報告する。最初に, 電磁誘導式ワイヤレス給電システムの等価回路を示す。次に, Mathematica の関数 NDSolve による回路方程式(連立微分方程式)の数値解法について述べる。最後に, 受電デバイスの負荷や送受電デバイス間の磁気結合や負荷が変化する場合の計算結果を報告する。

検討モデルと解法

Fig.1 に, 送電と受電コイル各 1 個が平行に配置された共振型電磁誘導式ワイヤレス給電の等価回路を示す。送電及び受電コイルはいずれも, 巻数 3turns, 1 辺 300mm の方形コイルである。負荷は純抵抗 1Ω , 送受電コイル間距離は 200mm である。C は送受電各デバイスの共振周波数が 1MHz とする値とした。電源は, 周波数 1MHz で実効値 20V の正弦波交流とした。

Fig.2 に, Mathematica の関数 NDSolve で計算した送電及び受電電流の数値解の計算結果を示す。初期値は, 各状態変化時の電流値及び磁束不変の原理に基づいて得られた初期値とした。図中, $t=0\sim 20\mu\text{s}$ は SW1 が On, SW2 は Off である。 $t=20\mu\text{s}$ で SW2 が On になり, 相互インダクタンス $M=300\text{nH}$ である。 $t=120\mu\text{s}$ で $M=600\text{nH}$, $t=220\mu\text{s}$ で $M=300\text{nH}$, $t=320\mu\text{s}$ で $M=0\text{nH}$ と変化させた。Fig.2 の結果から, 相互インダクタンスが 2 倍になっても受電電流が磁気結合に応じて増加せず, 回路パラメータや諸条件によっては設計通りに動作しないことがわかる。

Fig.3 に各電流波形の周波数スペクトラムを示す。Fig.3 の結果では, 電源周波数の 5 倍まで比較的高いノイズレベルとなった。

参考文献

- 1) 加藤昌樹, 居村岳広, 堀洋一:「中継器による走行中ワイヤレス給電の相互結合を考慮した等価回路解析」, 信学技報, WPT2012-38, 2012.
- 2) 大類浩, 吉久信幸:「過渡現象要論」コロナ社, 1955.

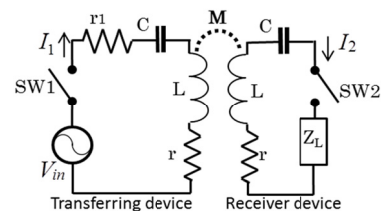


Fig. 1 An equivalent circuit.

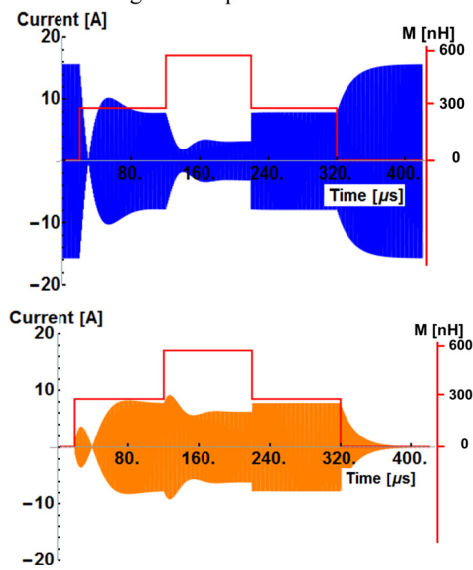


Fig. 2 Calculated current waveforms of transmitting (upper) and receiving (lower) current.

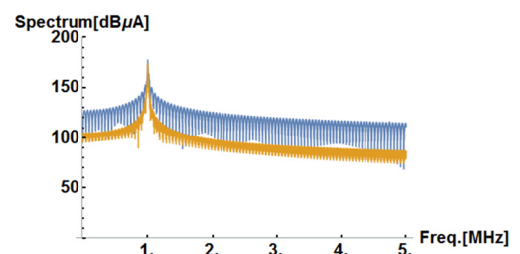


Fig. 3 Spectrum of current waveforms.