

山登り法適用による MHz 帯 WPT 二次側同期整流の実機検証

竹内 滉介・山口 正通・日下 佳祐・伊東 淳一(長岡技術科学大学)

1. はじめに

近年, MHz 帯を適用した非接触給電(WPT)システムは, 小型モビリティ向け給電方式として注目されている。しかし, 二次側整流回路での損失低減が課題である。整流回路での損失低減手法としては同期整流の適用が挙げられるが, WPT システムでは完全に一次側と二次側が分離されるため, 一次側スイッチング信号に基づいた二次側同期信号の生成が困難である。また, MHz 帯同期整流実現には, 数 ns 単位での信号遅延補償が必要である。本論文では, 同期信号生成に山登り法を適用し, MHz 帯同期整流を実現したため報告する。

2. 提案手法

図 1 に, システム構成を示す。主回路入力には WPT システム二次側伝送コイルを模擬したインダクタ L , 共振キャパシタ C が接続される。このとき, 入力には主回路から見ると電流源にみえるため, 入力に短絡が発生しても過大な電流は生じない⁽¹⁾。共振周波数は 6.78 MHz とするよう設定した。主回路はフルブリッジ構成であり, GaN トランジスタ (PGA26E07BA:600V, 26A, Panasonic)適用により 6.78 MHz での同期整流を実現する。

図 2 に, 同期信号生成回路の構成を示す。WPT システム二次側では, シャント抵抗により検出した二次側電流を元に信号生成を行う。シャント抵抗の出力電圧よりコンパレータにてゼロクロスを検出し, 電流極性信号を生成する。後段では, PLL での周波数の固定, 信号遅延回路による遅延時間の調整, デッドタイム生成回路によるデッドタイム挿入を行い, 各ゲート信号を生成する。

しかし, 信号生成回路では使用する IC や配線において信号の伝搬遅延が生じる。また, WPT システムとして使用する上では負荷や動作条件の変化により同期整流に必要な信号遅延時間が変動する。

そこで, 山登り法による遅延時間調整を行う。WPT システムにおける二次側同期整流では, 同期信号が入力電流に同期した際, 出力電力は最大となる⁽¹⁾。そのため, 負荷電圧または負荷電流が最大となるよう山登り法により遅延時間を調整することで, 同期整流が実現可能となる。本稿では, 位相が一致したときに負荷電圧が最大になるとに着目し, 負荷電圧が最大となるよう山登り法を実装する。ここで, 信号遅延回路での調整は遅延量を増大させる調整であるため, 検出した電流の 1 周期後の電流ゼロクロスに対して同期する動作となる。信号遅延回路には 250ps 刻みで 255 段階の遅延時間調整可能な遅延調整 IC(DS1023-25)を使用する。

3. 実験結果

図 3 に, 山登り法を適用した際の S_2 のドレイン-ソース間電圧, 入力電流, 出力電圧を示す。図 1 の構成においては, S_2 のドレイン-ソース間電圧は整流回路入力電圧と同位相である。ここで, 入力電圧の位相は同期整流達成時に入力電流位相と一致するため, S_2 のドレイン-ソース間電圧と入力電流との位相が一致すれば同期整流を達成していると判断できる。図 3 より, 入力電流と S_2 のドレイン-ソース間電圧の位相は一致していることから, 山登り法による同期整流実現が

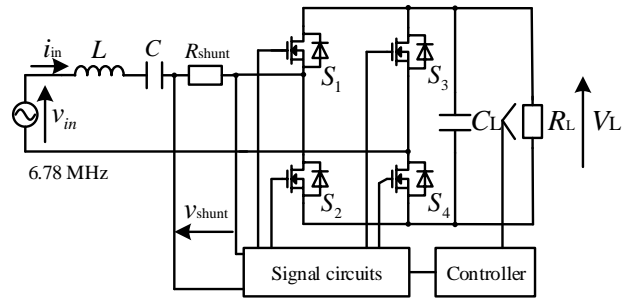


Fig.1. WPT system secondary side.

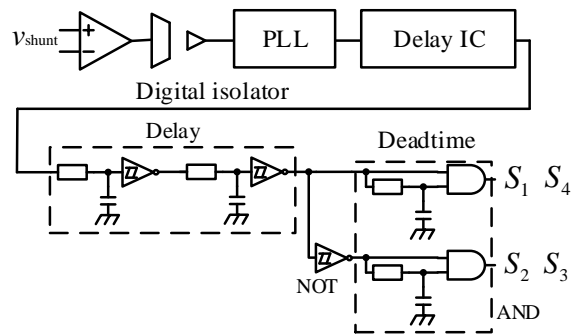


Fig.2. Synchronous signal generation circuit.

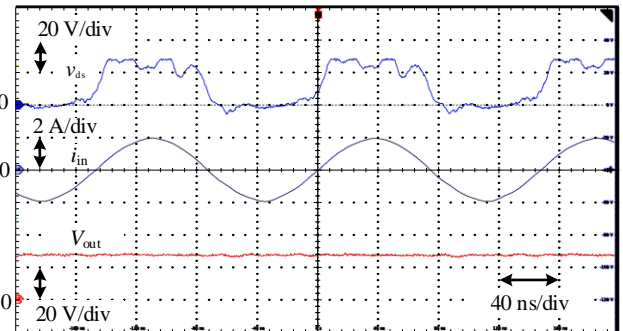


Fig.3. Synchronous rectification by mountain climbing method.

確認できる。また, ドレイン-ソース間電圧の位相及び周波数は, 複数周期にわたり入力電流と一致している。そのため, PLL における周波数と位相の固定が安定して動作しているといえる。以上の結果より, 6.78MHz 帯での実機検証によって, 電流検出による同期信号生成と山登り法による同期整流動作を実現した。今後, ダイオード整流と同期整流との損失比較により, 同期整流適用による損失低減効果について検証する。

文 献

(1) 内田他: MHz 帯 WPT システム向け同期整流における二次側電流位相検出誤差が伝送特性に与える影響. 令和 3 年電気学会東京支部新潟支所研究発表会 Vol. , No. NGT-21-060, pp. (2021).