

# 高周波共振型インバータの山登り法に着目した位相シフト制御法

学生員 五十嵐 翔 正員 芳賀 仁 (長岡技術科学大学)

## Phase Shift Control Method Focusing on Hill Climbing Method of High Frequency Resonant Inverter

Sho Igarashi, Student Member, Hitoshi Haga, Member (Nagaoka University of Technology)

キーワード：高周波インバータ，共振周波数追従，山登り法，誘導加熱

Keywords : High frequency inverter, Resonant frequency tracking, Hill climbing method, Induction heating

### 1. はじめに

近年，誘導加熱器などに用いられる高周波インバータは高周波化と高出力化が求められている。負荷共振周波数にインバータ周波数を一致させる共振型インバータの位相シフト制御は，サンプリング周波数と位相シフト角が高周波化の妨げとなり，還流モードが高出力化の妨げとなる。本稿では山登り法を用いて負荷共振周波数を探索する共振型インバータの位相シフト制御による高出力化を検討する。

### 2. 提案制御法

図 1 に誘導加熱器の RLC 直列共振モデルを示す。従来の位相シフト制御を用いた出力電力制御では，ゲート信号の位相シフト量を  $0^\circ$  (最大出力動作) にできず，同一サンプリング周波数での高周波化と高出力化が困難である。図 2 に提案する制御ブロック図を示す。共振点において出力電流が最大となることに着目して，共振周波数追従制御に山登り法を適用する。インバータ周波数に刻み周波数 ( $+\Delta f$  or  $-\Delta f$ ) を加えた周波数でインバータを動作させ，その時の出力電流をセンサより取得する。取得した電流値  $i_{out}$  の実効値 (二乗平均平方根)  $i_{rms}$  を算出して，前回値と大小比較する。より大きく電流が流れる方向にインバータ周波数を変更する。このループを繰り返すことで最大電流点 (共振点) を探索する。高周波動作によってサンプリング点数の低下により，大小比較のための最大振幅をサンプリングできない問題が懸念される。本稿では実効値を算出することで対応している。これより最大振幅を必要とせず，サンプリング点数が低下しても正しく前回値との大小比較が可能となる。以上のことから，提案法は出力電圧やゲート信号に依存しない位相シフト制御が可能となる。従来制御法に比べて同一サンプリング下での高出力化が可能になる。

### 3. 実験結果

図 3(a) に実験波形を示す。サンプリング周波数は  $350\text{kHz}$  で行っている。共振周波数にインバータ駆動周波数が追従する様子を示す。図 1 のスイッチ SW を切り替えることで合成インダクタンスを変動させ，共振周波数を  $25\text{kHz} \rightarrow 18\text{kHz}$  にする。負荷変動により一旦，電流振幅が小さくなるが，その後，共振点追従することで振幅が増加する。(b) に共振周波数  $18\text{kHz}$  における出力電圧・電流波形を示す。電圧

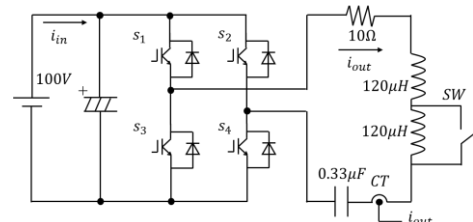


図 1 誘導加熱器の RLC 直列共振モデル

Fig. 1 RLC series resonant model of induction heating

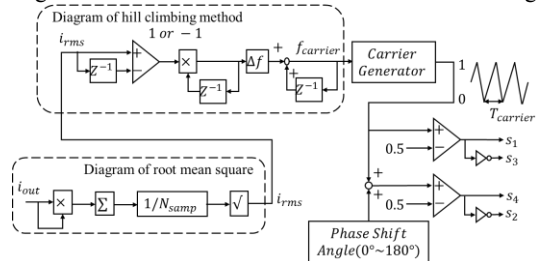


図 2 制御ブロック図

Fig. 2 Control diagram

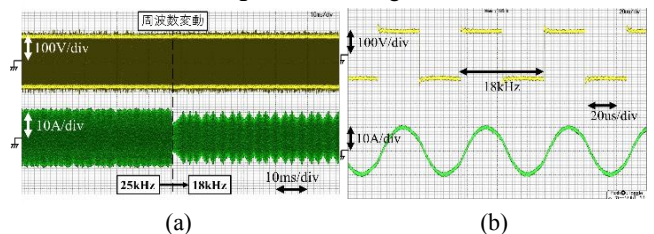


図 3 共振周波数への追従波形と拡大波形

Fig. 3 Tracking to resonant frequency and magnified waveform と電流の位相差はほぼゼロであり，位相シフト量は  $0^\circ$  である。以上より，位相シフト量  $0^\circ$  下における負荷共振周波数への追従を確認した。

### 4. まとめ

本稿では，高周波インバータの負荷共振周波数追従に山登り法を適応した。従来法では出力電力範囲が狭まる問題を提起したうえで，提案法では位相シフト量  $0^\circ$  時においても負荷共振周波数に追従可能であることを示した。

### 文 献

- [1] 矢野，木船，畑中：「共振周波数追従インバータを利用した誘導加熱負荷の解析」，パワーエレクトロニクス学会誌， Vol.38 (2013)
- [2] H. Kifune, and Y. Hatanaka: “Resonant frequency tracking control by using one CT for high frequency inverter”, Conf. Record on EPE (2009)