

# LLCコンバータの入力電流リップルを低減する制御法に関する検討

◎佐藤 俊介, 芳賀 仁 (長岡技術科学大学)

## 1.はじめに

近年、太陽光発電インバータの小型化や長寿命化を目的に電解コンデンサを用いない構成が検討されている。しかし、直流リンク電圧及び入力電流に系統周波数の2倍の脈動が発生し、PVパネルのMPPT動作が妨げられ、省エネルギー性が損なわれる。本稿では、LLCコンバータの2つの制御法について、入力電流指令値への追従性の比較をシミュレーションで行ったので報告する。

## 2.LLCコンバータの2つの制御法

LLCコンバータを制御する主な方式は、位相シフト制御と周波数制御の2種類がある。図1にLLCコンバータ動作時の電流経路、図2にスイッチ素子Sa~Sdのタイムチャートを示す。どちらの制御でもSaとSb、ScとSdをそれぞれ交互にON/OFFを切り替える。

周波数制御は位相差 $\theta$ を0とし、スイッチング周波数 $1/T$ を変えることで出力を変える方法である。このときの動作経路は図1(a)のようになる。LLCコンバータではスイッチング周波数と出力に図3のような関係があり、式(1)、式(2)で表される2つの周波数の間でスイッチング周波数を変動させることで、出力を制御する。<sup>[2]</sup>

$$f_m = \frac{1}{2\pi\sqrt{(Lm+Lr)Cr}} \quad (1)$$

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LrCr}} \quad (2)$$

一方、位相シフト制御はスイッチング周波数を固定とし、位相差 $\theta$ を変動させるものである。位相差 $\theta$ が0より大きいとき、図1(a)に加えて新たに図1(b)のような経路で動作するようになる。図1(b)は入力電源からではなく、トランスのリアクトル成分 $L$ に蓄えられたエネルギーによって動作する経路であり、この経路での動作時間が長くなるにつれて、入力電源の利用率が減り、出力が小さくなる。

## 3.シミュレーション結果

図4にシミュレーション回路を示す。LLCコンバータと倍電圧整流回路で昇圧を行い、インバータを通して交流電源に回生させる構成となっている。

図5にシミュレーション結果を示す。入力電流 $I_{in}$ のリップル率は、周波数制御では10.0%、位相シフト制御では3.8%であった。平滑コンデンサ $C$ の大きさが同じであるにも関わらず、リップル率に大きな違いが生じた。これは、動作周波数を変化させる周波数制御と、入力電源の利用率を変化させる位相シフト制御では、出力に影響が現れる速さやその度合いが異なるためだと考えられる。

## 4.まとめ

本稿では、LLCコンバータの2つの制御法による入力電流の脈動抑制効果の違いをシミュレーションで確認した。その結果、周波数制御に比べて位相シフト制御の方が大きく脈動が抑制されている様子が確認でき、より正確なMPPT制御の実現が期待できる。

今後は、実機実験で今回の結果を再現・確認するとともに、リップル率に対する変換効率の違いなども観測し、実用性を検討していく。

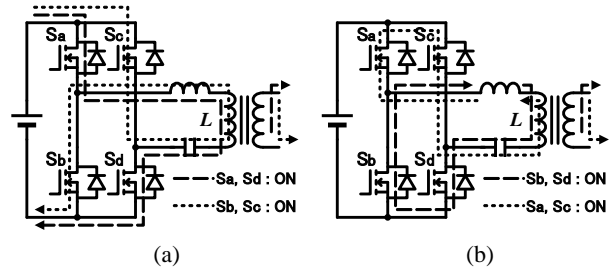


図1 動作時の電流経路

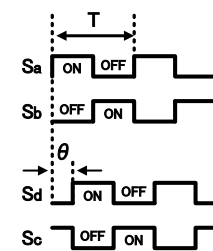


図2 タイムチャート

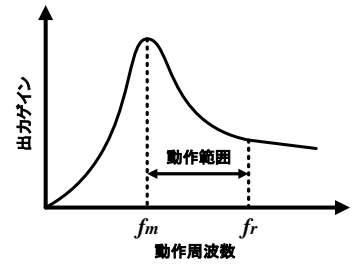


図3 動作周波数と出力の関係

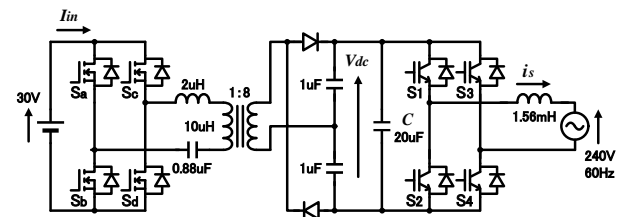


図4 シミュレーション回路

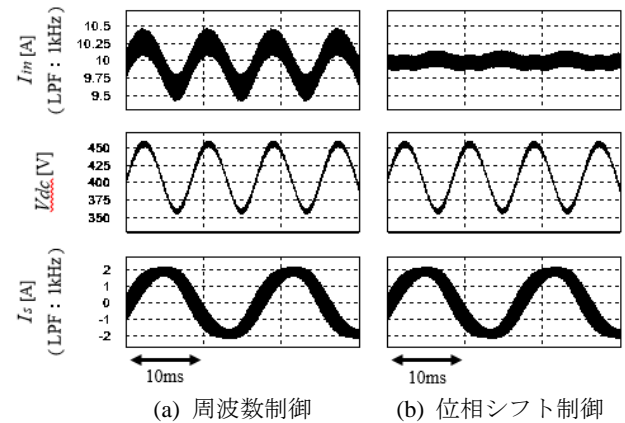


図5 シミュレーション結果

## 参考文献

1. 片山翔太, 芳賀仁: 「T-type NPC インバータを用いたパワーデカップリング制御法の実機検証」, 北陸支部連合大会, A3-31 (2016)
2. 中尾貴一, 金春峰, 二宮保: 「LLC 電流共振形コンバータにおける共振電流ピーク値と共振回路のパラメータの関係について」, 九州支部連合大会, 10-2A-14 (2009)