

USPM を用いたアクティブフィルタの制御法に関する検討

阪本 真奈・芳賀 仁 (長岡技術科学大学)

1. はじめに

パワーエレクトロニクス機器の汎用化のために、電力変換器を構成する主回路・制御回路・駆動回路・ノイズフィルタを一つのモジュールに集積化し、これらを複数用いてシステムを構築する USPM (Universal Smart Power Module) の研究が行われている^[1]。USPM を用いたシステムでは、さらなる高パワー密度化が実現されるだけでなく、設計が標準化されるため専門知識を有さずともパワーエレクトロニクス機器の開発が可能となる。本稿では、USPM のアクティブフィルタへの応用に関する検討を行い、基本動作を確認したので報告する。

2. 提案制御法

図 1 に USPM を用いたアクティブフィルタの回路構成を、図 2 に USPM コンセプトに基づいた提案制御法を示す。USPM に内包するコントローラ(スレーブ)は帯域が高く理想的な制御型電源と捉えられるが、複数の USPM を統括するマスタコントローラは各スレーブコントローラと無線等により低周期で通信する。したがって、マスタスレーブ間における情報の送受信に関する遅れが課題となる。図 1 において負荷電流 i_L と電源電圧 v_{in} は USPM により直接検出することはできず、マスタ側から通信で与えられる。そこで本稿では、低周期の通信においてもアクティブフィルタの補償動作に必要な負荷電流に含まれる高調波電流情報を正確にスレーブ側へ送るための方法を提案する。提案法は、マスタ側において負荷電流の各次数成分における振幅と電源との位相差情報を算出してスレーブ側に送る。これにより、USPM では低周期の通信による影響を受けずに高調波電流情報の取得が可能となる。また、スレーブ側では電源情報も低周期の通信でのみ与えられることから、電源 v_{in} と同期した位相情報はセル電圧 v_{cell1} , v_{cell2} から取得する。USPM を直列接続した場合に懸念される電流検出ゲインの不均衡は電流検出バランスゲイン K_B とドループゲイン K_d を挿入することで抑制する。

3. シミュレーション結果

図 3 にマスタスレーブ間の通信周期を 5Hz, 各電流検出ゲイン $K_{i1}=1$, $K_{i2}=1.1$ とした場合のシミュレーション結果を示す。シミュレーション条件は 100V50Hz の交流電源、負荷インダクタ $L_L=3.0\text{mH}$, 出力コンデンサ $C_o=3000\mu\text{F}$, 出力抵抗 $R_o=14\Omega$ とした。 i_c はアクティブフィルタが出力する補償電流であり、これにより負荷電流に含まれる高調波電流は入力電流から除去されている。さらに、入力電流は入力電圧との位相も一致している。ただし、マスタ側で負荷電流の各次数における情報を生成するが、高調波規制の観点から 21 次以下の成分のみを対象としていることによるひずみが入力電流には生じている。

以上より、マスタスレーブ間が低周期の通信であり、電流検出ゲインの不均衡が生じている場合において、提案制御法による高調波電流の補償効果を確認できた。

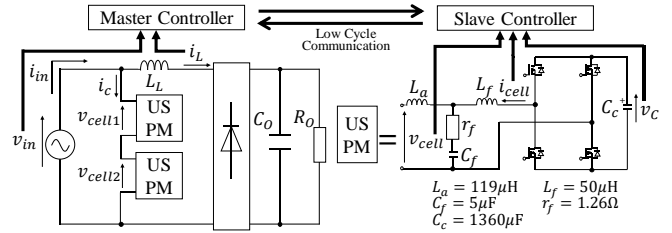


図 1 回路構成

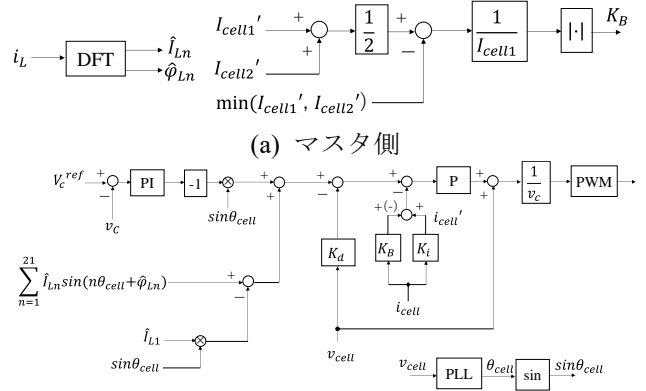


図 2 提案制御法

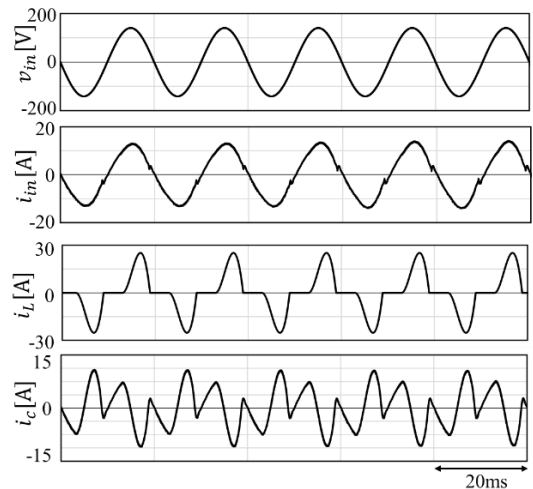


図 3 シミュレーション結果

4. おわりに

本稿では、USPM をアクティブフィルタに用いる場合の制御法を提案し、マスタスレーブ間が低周期の通信であり、電流検出ゲインの不均衡が生じている場合においても高調波電流が補償されることを確認した。今後は実機を用いた検証を行う。

謝辞

本研究は、内閣府総合科学技術・イノベーション会議の戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) 「IoT 社会のエネルギーシステム」(管理法人: JST) によって実施されました。

文 献

[1] 山ノ口, 渡辺, 伊東: 「自律制御セルにより構成された電力変換システムにおけるセル間の非干渉化に関する基礎検討」, 半導体電力変換研究会, SPC-20-101, 2020