「ソフトスイッチングの基礎から応用まで」の概要

2020 年 3 月　平地克也

ソフトスイッチングは 1980 年代に広く研究され、実用化された。当時はまだソフトスイッチングという言葉は使われておらず、電圧共振・電流共振と呼ばれていた。電圧共振・電流共振には、スイッチング損失とサージ電圧・サージ電流の低減、および高周波ノイズの抑制という長所があるが、通常のスイッチング動作（ハードスイッチング）と比較して、導通損失や部品点数の増加、PWM 制御ができない、などの欠点もある。そこで 1990 年代に、電圧共振・電流共振の長所を維持した上で、PWM 制御可能で導通損失の増加も抑制できる方法として部分共振が開発され、同時にソフトスイッチングという言葉が広く使われるようになった。以後、部分共振がソフトスイッチングの主流として多くの電気製品や電気システムに使用されている。本書では第 3 章で部分共振の各種回路方式を詳しく紹介している。

一方、2010 年代には電流共振を用いた LLC コンバータが普及した。LLC コンバータは部品点数が少ない上に高いレベルのソフトスイッチングを実現しているが、電圧制御範囲が狭いという欠点があり、それを改善するための新しい回路方式が広く研究されている。さらに、インターリーブ制御や双方向電力制御も研究が進み、大きな容量の DC/DC コンバータにも適用が広がっている。また、2010 年代後半からは非接触給電の分野で、共振型が広く研究されるようになった。電圧共振の仲間である E 級スイッチングもこの分野で注目されている。このように 2010 年代以降は電圧共振・電流共振が再度注目されており、1980 年代に多数報告された電圧共振・電流共振の研究成果を学習する必要がある。本書では第 4 章で電圧共振・電流共振の動作原理と各種回路方式の特性を体系的に詳しく説明している。

ソフトスイッチングはハードスイッチングの欠点を克服するための回路方式として開発されたので、ハードスイッチングはスイッチング損失の大きな古い回路方式、ソフトスイッチングはスイッチング損失が抑制され高周波化が可能な新しい優れた回路方式、と考えられている。しかし、ソフトスイッチングの回路方式でもサージ電圧やサージ電流が発生する場合もあり、逆にハードスイッチングの回路方式でもスイッチング損失がほとんど発生しない場合もある。実際にハードスイッチングの回路方式も今なお広く使用されている。そこで、回路方式を選択するにあたっては、ハードスイッチング・ソフトスイッチングと 2 者択一的に考えるのではなく、各種回路方式のスイッチング時の現象を詳しく検討して比較する必要がある。本書では第 2 章でスイッチング時の現象を詳しく解析し、第 5 章で各種回路方式のスイッチング時の動作を「ソフトさ比較」という視点で比較検討している。回路方式の選択に役立つことを期待する。

本書は 2018 年 1 月に発行された「DC/DC コンバータの基礎から応用まで」[注)] の姉妹本である。前著では DC/DC コンバータの基礎と各種回路方式の特徴を詳しく説明しているが、本書はその中のソフトスイッチング方式の内容を充実させたものである。本書と合わせて前著も御購読いただければ、ソフトスイッチングへの理解を一層深めることができる。

注）「DC/DC コンバータの基礎から応用まで」、著者：平地克也、発行所：電気学会、発売元：オーム社

以上