

電力システムの高調波問題と対策技術

愛知工業大学 工学部 電気学科 電気工学専攻 教授 植田 明照

Professor Akiteru Ueda
Department of Electrical Engineering
Aichi Institute of Technology



はじめに

半導体電力変換機器は、高性能で省エネルギー効果も大きいと、普及が進んでいる。一方、これらの機器の増加に伴い、その発生する高調波の問題が顕在化している。1994年(平成6年)3月には名古屋市立科学館の受電設備で、高調波が原因で爆発事故が起きており、その象徴的な事例と言えよう。

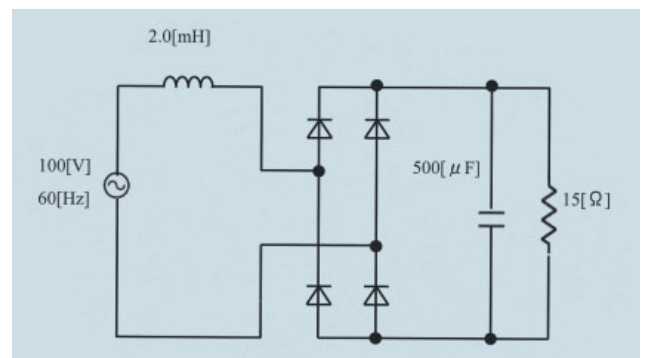
電力システムは、正弦波の電圧が供給されたとき、負荷が線形であれば、電流も正弦波となる。しかし、非線形の負荷が接続されると、電流は高調波を含む。そしてその電流が電源インピーダンスに加わる結果、電圧も高調波を含むことになる。半導体を使用した電力変換機器はこのような非線形負荷の代表的なもので、これら機器の使用の増加が、高調波問題が大きくなる原因となっている。このような状況から、わが国では、96年9月に「高調波ガイドライン」が通達され、対策が進んでいる。

本稿では、高調波を出さない変換器と、高調波を補償する技術の現状について、紹介する。

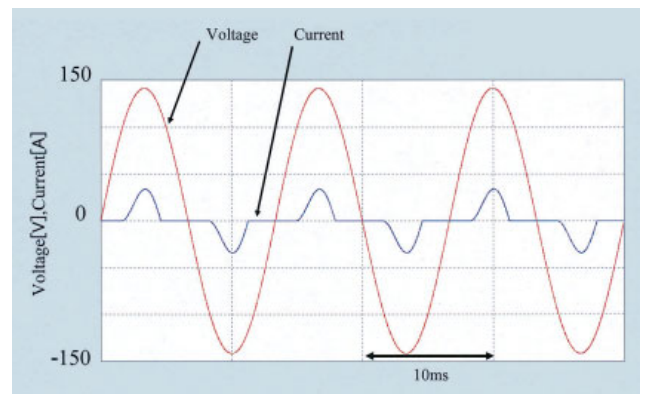
高調波を出さない変換器

家電、OA、電子機器などの電源には、コンデンサ入力形の整流回路が多く用いられている。不特定多数のこれらの機器から発生する高調波は、電力システムでは問題である。このような回路と電源電圧波形の例を第1、2図に示す。第2図に示すように、電源電圧のピーク付近の狭い位相範囲でのみ電流が流れる、高調波が多い波形である。図の波形は、第3次高調波が67%、第5次高調波が26%など、多くの高調波を含んでいる。高調波の総合的な含有率は「ひずみ率」で示され、図のケースでは72%と大きな値である。

高調波対策として、変換器が高調波を出さないのが望ましい。電源側変換器にPWM(パルス幅変調)制御インバータ技術を応用して、電源電流を正弦波化できる技術も開発されている。しかし、そのような変換器は、経済性の面で制約がある。



第1図 コンデンサ入力形整流回路

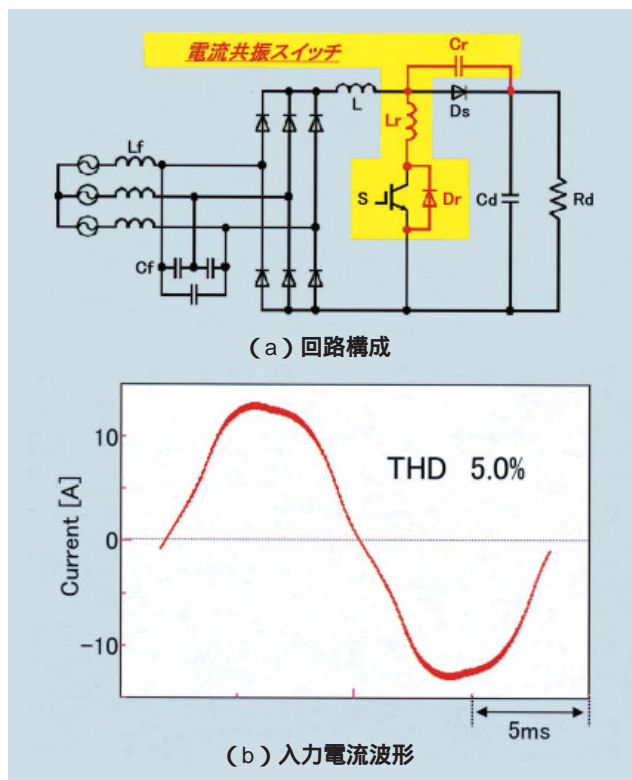


第2図 電源電圧と入力電流波形

簡単な回路方式で高調波を低減する方法があれば望ましい。そのような方法として、一石昇圧形整流回路がある。この回路は、コンデンサ入力形整流回路に、昇圧チョップを接続した簡単な回路構成で、一定周期、一定通流率のスイッチングという簡単な制御方法で、電源電流の高調波を大幅に低減できる。スイッチングにより、電流の流れる位相が拡がり、電源電流の高調波が低減して、入力電流波形はかなり正弦波に近くなる。

このような回路で高調波低減効果をあげるには、スイッチング周波数を高くする必要がある。しかし、スイッチング周波数を高くすると、スイッチング損失が増加し、また、EMIノイズが増加する。これを避ける方法として、第3図に示すソフトスイッチング方式がある。ソフトスイッチングは、共振を利用して、スイッチング時の電圧または電流の立ち上がり(立下り)を抑える方法

である。この回路の入力電流波形を第3図(b)に示す。かなり正弦波に近い波形で、ひずみ率は5.0%まで低減されている。



第3図 ソフトスイッチングー石昇圧形整流回路

高調波を補償する技術……アクティブフィルタ

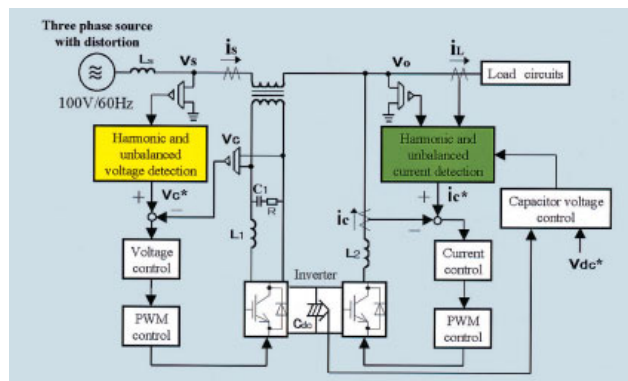
以上述べたように、高調波は発生源で抑えるのが望ましい方法である。しかしながら、今日のように多くの電子機器が用いられるとき、すべての機器に高調波対策を施すのは、経済性の点で問題がある。

そこで、発生した高調波を補償する技術が重要となる。高調波の抑制は、LCフィルタのような受動的な方法も考えられ、実用されている。しかし、LCフィルタでは、系統側のインピーダンスの変化により高調波の補償特性が変化するという問題点がある。また、系統側から高調波電流が流れ込んで、機器が破損する恐れもある。

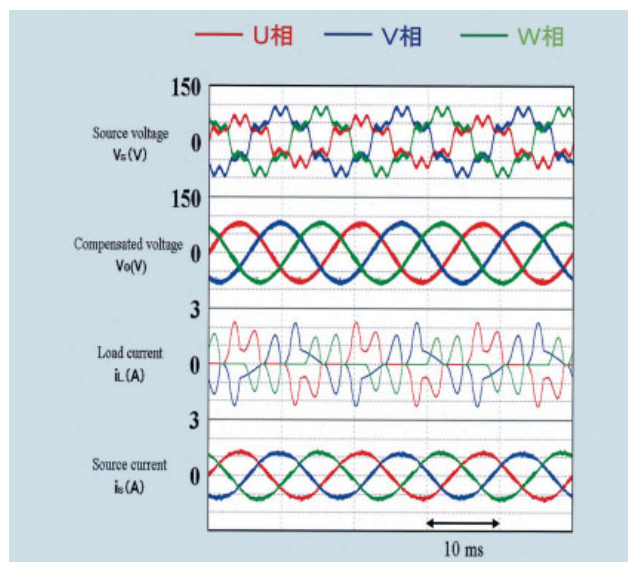
このような高調波を補償するものとして、アクティブフィルタがある。アクティブフィルタは高調波を検出して、これと逆位相の電流あるいは電圧を発生してこれを相殺する装置である。アクティブフィルタには、系統に並列に接続して電流を補償する並列形と、系統に直列に接続して電圧を補償する直列形がある。

アクティブフィルタのシステム構成を第4図に示す。図のシステムは我々が研究している直並列形のシステムで、直列形と並列形の両者の特長を併せ持つシステムである。補償特性のシミュレーション結果の例を第5図に

示す。補償前は電圧、電流ともに大きな高調波が含まれているが、補償後は電圧、電流ともに高調波が補償されて正弦波状になっている。また、補償前は、三相の相により大きな不平衡があるが、補償後は三相平衡になっている。このように、直並列形アクティブフィルタは、高調波のみならず、不平衡電圧や不平衡電流を補償する機能をもたせることもできる。



第4図 直並列形アクティブフィルタ



第5図 シミュレーション結果
(条件：電源、負荷ともに不平衡)

まとめ(おわりに)

本稿では、電力システムの高調波問題と対策技術について述べた。高調波を出さない変換器と、発生した高調波を補償するアクティブフィルタの新しい技術を紹介した。本稿が高調波対策の参考になれば幸いである。

植田 明照(うへだ あきてる)氏 略歴

1965年3月 名古屋大学工学部電気学科 卒業
1965年4月 (株)日立製作所 入社
1989年2月 工学博士(名古屋大学)
1994年4月 愛知工業大学工学部電気工学科(現・電気学科電気工学専攻)教授

表彰：全国発明表彰(1978年)、IEEE IAS 論文賞(1983年)、
電気学会論文賞(1990年)、電気学会著作賞(1999年)