

回路シミュレータを用いた電源高調波の時間周波数解析

谷澤 之彦*

The Time-Frequency domain Analysis of the Harmonics with Circuit-simulator.

By Yukihiro TANIZAWA

The active filter is used for the harmonics suppression equipment. In this paper, we applied the wavelet analysis to the evaluation of the tracking performance for fluctuation of load and source voltage. The current of the power supply that active filter was connected was analyzed by the circuit simulator, and the change in time and frequency domain was examined and visualized in the transient state by the wavelet transform.

Key Words: active filter, wavelet, simulation, harmonics

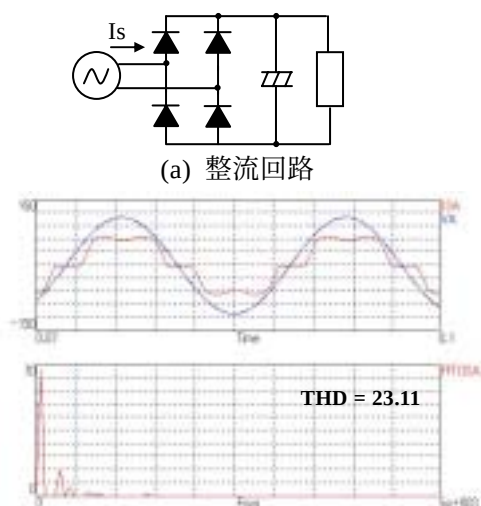
1. はじめに

電気製品に関する電源高調波の規制「IEC61000-3-2」が本格的に施行され、国内においても JIS 化の準備がされており、抑制技術の開発が盛んに行われている。

電源高調波は、電源にダイオードブリッジ等の非

線形な負荷が接続されることにより生じる。例えば、図1(a)のようなコンデンサ入力負荷の場合、各部の波形は、(b)となり、5・7・11次等の高調波電流が発生する。

この対策の一つとして、アクティブフィルタ¹⁾(以下 AF とする)が提案されている。



(b) 電流波形および FFT 結果

図1 一般的な整流回路

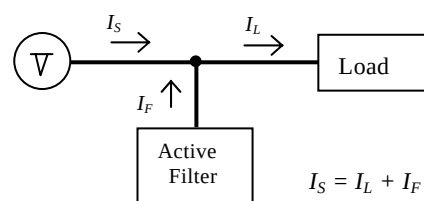


図2 アクティブフィルタ (単線図)

AF は、電源と負荷の間に設置をする(図2)。高調波電流と逆位相の電流を注入することにより電源電流の正弦波化を行う。このとき、無効電力も補償することによって力率の改善も同時に行うことができる装置である。表1にAFの特長を示す。

表1 アクティブフィルタの特長

・高調波の抑制
・力率の改善
・種々の負荷に対応
・既設設備にも挿入設置ができる

* 金属研究室 研究グループ

AF の回路構成や制御法には、種々の提案がされているが、負荷や電源電圧の変動に対する追従特性の評価については、あまり議論されていない。そこで、今回、評価に周波数領域だけでなく時間領域での解析機能を有するウェーブレット変換を用いた手法²⁾の適用を提案する。

2. 解析方法

今回用いた解析手法について述べる。図2の電源、負荷およびAFの接続された回路について、回路シミュレータにより、過渡解析を行って電源電流を求める。これを波形解析して、電源品質について検討を行う。

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} C_n^2}}{C_1} \quad \dots<1>$$

Cn: n 次高調波成分

通常、電源高調波の評価は、定常状態においてフーリエ変換を用いて、各次数の高調波成分の含有率や総合高調波含有率[THD](式1)で示される。

しかし、実際の系統には、複数の機器が接続されており、機器の動作状態によって過渡的な振る舞いをするため、定常状態を用いた評価だけでは不十分である。

$$(W_\psi f)(b, a) = \frac{1}{\sqrt{a}} \int f(x) \psi\left(\frac{x-b}{a}\right) dx \quad \dots<2>$$

Static Active Power Filter with pq based control

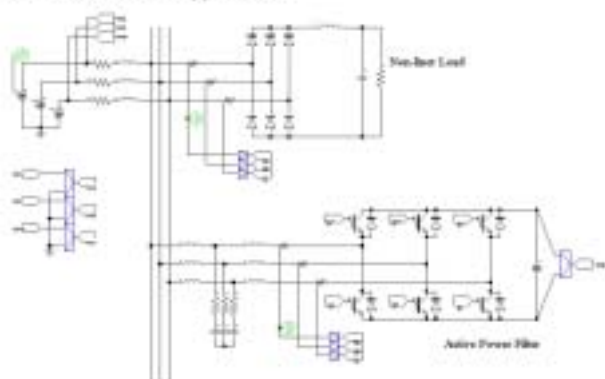


図3 アクティブフィルタ回路図

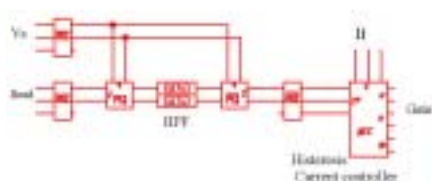


図4 AF制御ブロック

そこで、時間領域における解析機能を有するウェーブレット変換(WLT)の適用を検討する。

WLT 変換の一般的な計算アルゴリズムを式2に示す。

これにより得られた電源電流波形を変換して、高調波の過渡状態での時間周波数解析を行う。

解析対象回路(図3)、電源は3相200V、負荷としてコンデンサインプットの整流器(右枠部)を接続している。AFは、最も普及している並列形とした。AFの制御は、PQ演算を用いた電流制御を行っている(図4)。

3. 解析結果

定常状態におけるAFのシミュレーション波形を図5に示す。負荷電流IL(図中(a))が高調波を含んだ歪んだ波形となっているのに対して、AFからの電流If(b)が供給されることにより、電源電

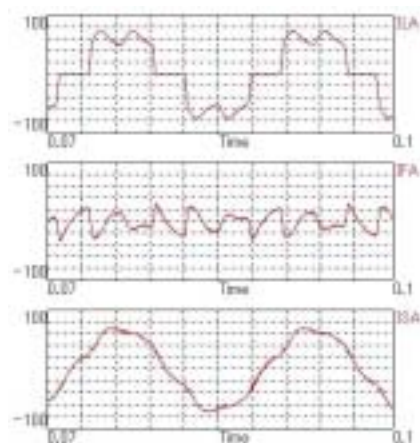


図5 各部の電流波形

流Is(c)が、正弦波化される。THDはAFを設置することにより32.8%から5.1%へと改善された。

3.1 負荷変動時の解析

負荷の変動時の過渡状態について解析を行った。図6に示すように時刻100msおよび130msにおいて、スイッチS1,S2がそれぞれオンすることにより、負荷が25-50-100%(100Ω→50Ω→25Ω)変動した場合のシミュレーション結果を示す。

図7(a), (b), (c)に、それぞれ負荷電流、電源

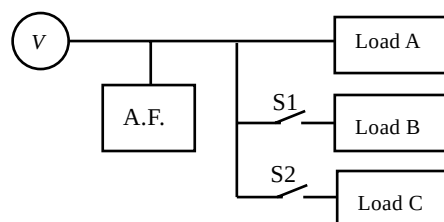


図6 負荷状態の急変時の単線図

電流（時間領域）および WLT の適用結果を示す。WLT は、解像度 8 で多重解像度解析したときの Level6 の波形である、時刻 100ms および 130ms に信号が現れており、変化の開始点が検出できている。

3.2 電源の変動（系統側より高調波が含有したとき）

電源電圧に配線系統の影響により高調波が重畳した場合の過渡変動について調べた。

時刻 100ms において、基本波電圧に対して 5 次、7 次、11 次高調波電圧をそれぞれ、10%、10%、5% を印可する。この時の電源電圧波形、電源電流および WLT 結果を図 8 (a), (b), (c) に示す。

電源に高調波が含まれることにより、位相検出に誤差を生じるために、AF による補償電流にも高調波が重畳されてしまっている。

しかし、電圧変動に対しては、よく追従しており、WLT 結果には影響が表われていない。

4. まとめ

電源に負荷およびアクティブフィルタの接続された場合の、電源高調波の過渡特性の評価に、ウェーブレット変換の適用を試みた。今回、シミュレーションにより解析を行ったところ、負荷の変化点の検出は行えたものの、制御特性の差異を評価するまでには至らなかった。過渡特性の評価法については、さらに検討が必要である。

なお、今回の解析のために作成したシミュレータおよび解析ツールを、HP にて公開している。

<http://www.mie-iri.tsu.mie.jp/>

参考文献

- 1) 例えば、田中、赤木：「pq 理論を用いた高調波電力検出法とその応用」、電気学会論文誌 D, 114 巻 4 号, p451-458(1994)
- 2) 中北賢司ら：“ウェーブレット解析の産業応用”。三工研報告。No.24, p140-143(2000)

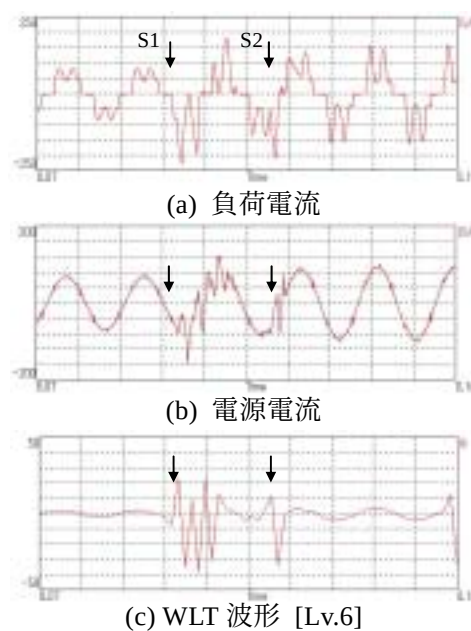


図7 シミュレーション結果

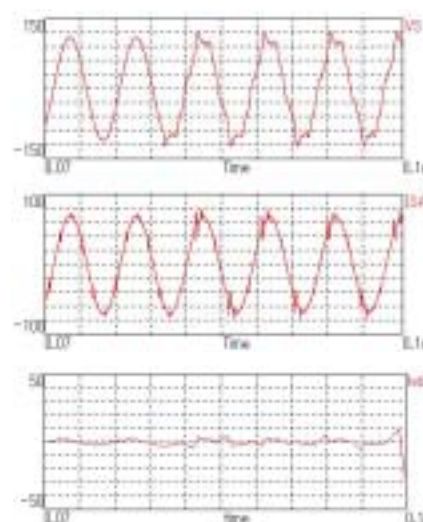


図8 シミュレーション結果