

配電系統内の進相コンデンサ容量の新たな推定手法

ウェーブレット変換による推定方法の検討

New Estimation Method of the Capacity of Static Capacitors in the Distribution System

Evaluation of Wavelet Transformation Estimation Methods

(電力技術研究所 電気G)

(Electrical Engineering Group, Electric Power Research and Development Center)

配電線に接続される高圧お客さまの進相コンデンサ (SC) の容量は、有効電力と無効電力の相関から推定することが多いが、この相関が得られない場合がある。そこで、自動電圧調整器 (SVR) などが動作した時に発生する電流の過渡波形に着目し、ウェーブレット変換を適用して、SC容量を推定する手法を導出した。

The capacity of high voltage customers' static capacitors (SC) connected to distribution lines are often estimated through the correlation of active power and reactive power. However, in some cases, correlation may not be obtained. Therefore, by focusing on the transient waveform of the current generated when the step voltage regulator (SVR) etc. operates, we derived a method of evaluating the SC capacity by applying the wavelet transformation.

1 背景と目的

軽負荷期に配電線電圧が上昇するフェランチ現象や、高調波が共振拡大する現象など、SCは電力品質に大きく影響を与える。これらの現象を解析するにあたり、SC容量を正確に把握する必要がある。しかし、自動でSC容量を可変する自動力率調整器が設置されている場合など、SC容量を適切に把握することが困難な場合がある。

これまでのSC容量の推定は、次に示す方法で算出している。

- ① 電気使用量の多い時期の配電線の有効電力 (P) および無効電力 (Q) を実測 (第1図) し、PQの相関をプロットする。
- ② プロットしたPQ値から回帰直線を求め、回帰直線の切片 (P=0の時のQの値) を配電線のSC総容量とする (第2図)。

しかし、第3図に示すように、PQの相関が弱いケースもあり、SC容量の推定が困難な場合がある。このため、PQ相関によらない、新たなSC容量推定手法が求められている。

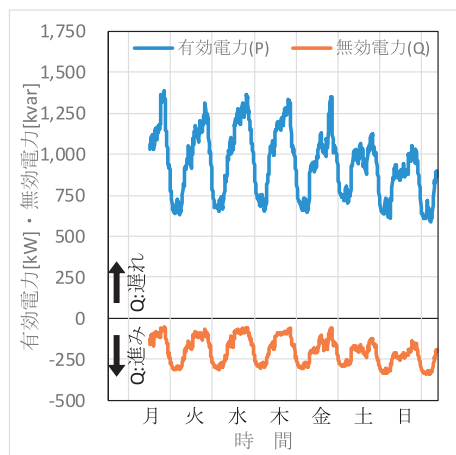
2 新たなSC容量の推定方法の検討

ここでは、配電系統の電流の過渡現象に注目し、手法の検討を行った。

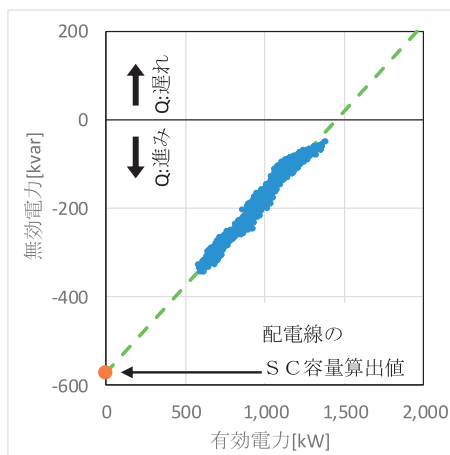
過渡現象の発生源として、配電線のSVRに注目した。SVRは配電線の電圧を一定範囲内に維持するため、電圧の昇降圧を行う。このSVR昇降圧動作時にはステップ状の電圧変化が発生するため、線路インピーダンスのリアクトル (L) 成分とSCのキャパシタ (C) 成分の共振が発生すると考えられる。この系統の共振特性を把握することで、SC容量の推定を行うこととした。

一般的に共振特性を把握するには、波形の周波数解析として、フーリエ変換を用いる。しかし、フーリエ変換では、周波数特性を求める際に時間領域の情報が失われるため、過渡現象の解析には適さない。

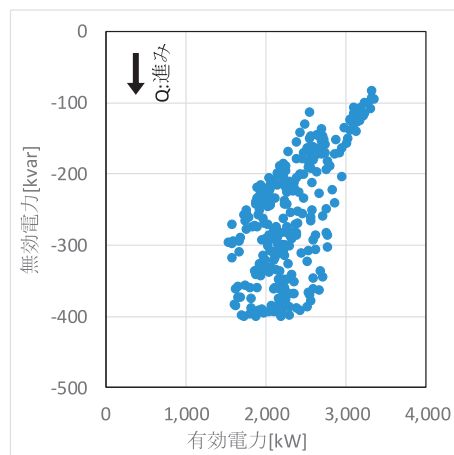
そこで、波形の時間領域情報を残したまま周波数領域の解析を行うことが可能であるウェーブレット変換を用いて共振周波数を求めて、SC容量の推定を行うこととした。



第1図 配電線の有効・無効電力実測値



第2図 配電線SC容量の算出



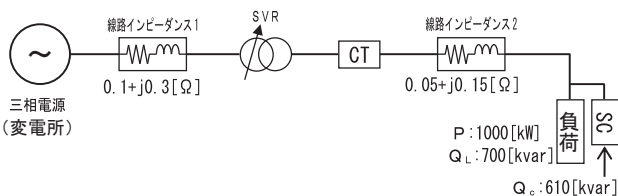
第3図 実測PQの相関が弱い例

3 SC容量の推定方法の検証

(1) SCが1台の場合の検証

・シミュレーション条件

一般的な配電システムをイメージした第4図に示すモデルでシミュレーションを行う。配電線の定数、負荷の大きさ等の条件は同図に示すとおりとし、2.00～2.05[s]の間にSVRを150[V]昇圧させ、その時の電流の過渡波形を求める。この電流波形のウェーブレット変換により時間-周波数特性を求め、システムの共振周波数からSC容量を推定することとした。なお、SC容量を610[kvar]としたため、同図における線路インピーダンスとSCの共振周波数の理論値は約716[Hz]となる。

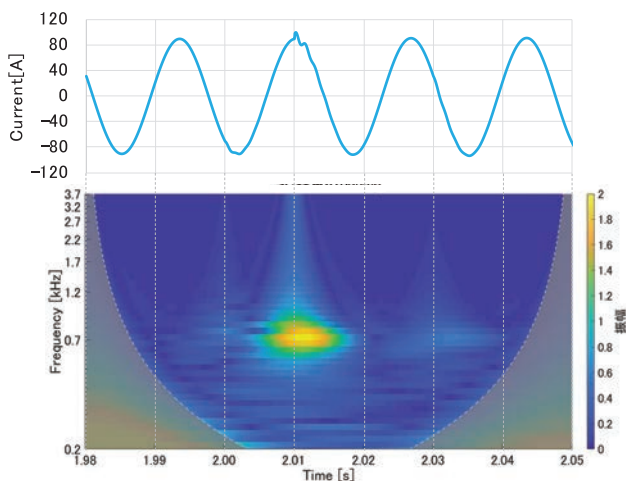


第4図 シミュレーションモデル図 (SC1台の場合)

・シミュレーション結果

SVR二次側電流の過渡応答結果を第5図(上)に示す。このシミュレーションでは、2.01[s]の時点でSVRの二次側の電圧が変化しており、このときに電流のひずみが発生している。

この電流波形をウェーブレット変換した結果について同図(下)に示す。同図より2.01[s]で振幅が最も大きく現れており、周波数が710[Hz]であることが確認できる。この周波数からSC容量を推定したところ620[kvar]であった。シミュレーションで設定したSC容量の理論値と比較し、1.7[%]の誤差で推定することができた(第1表)。



第5図 電流の過渡波形とウェーブレット変換結果

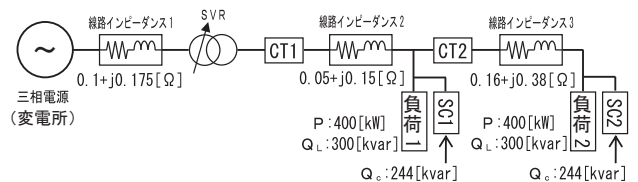
第1表 ウェーブレット変換から求めた推定値と理論値の差

共振周波数 [Hz]		SC容量 [kvar]		SC容量の誤差 [%]
理論値	推定値	理論値	推定値	
716	710	610	620	1.7

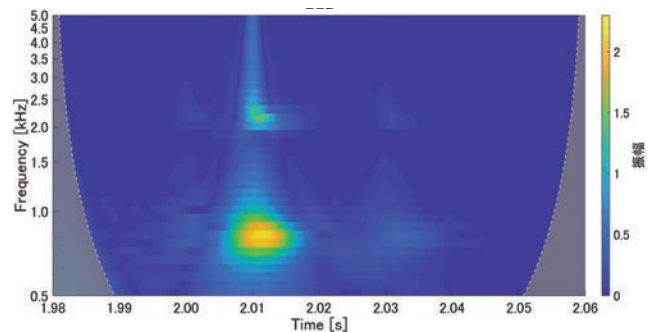
(2) SCが2台の場合の検証

検討で用いた配電システムモデルを第6図に示す。その他条件は(1)項と同様とした。また、SVR二次側電流波形をウェーブレット変換した結果について第7図に示す。

同図より、816[Hz]、2,150[Hz]付近で振幅が大きくなり、共振点が2箇所存在していることが分かる。この振幅の大きい2つの周波数からSC容量を推定し、その結果を第2表に示す。2台のSC合計容量の推定精度は3.1[%]の誤差で推定することができた。



第6図 シミュレーションモデル図 (SC2台の場合)



第7図 ウェーブレット変換結果 (SC2台)

第2表 ウェーブレット変換から求めた推定値と理論値の差

	SC容量 [kvar]			SC合計容量の誤差 [%]
	SC1	SC2	合計	
理論値	244	244	488	3.1
推定値	239	234	473	

4 まとめと今後の展開

シミュレーションにより、SVR昇降圧時の電流過渡波形にウェーブレット変換を適用し、SC容量を推定する手法を検討した。今後は、実現場で発生する波形を用いて、PQの関連の弱いケースを含め、今回明らかにした手法が適用可能か、検証を行っていく。



執筆者／國井康幸