配電系統 6%直列リアクトルの磁気飽和瞬時インピーダンス特性

学生員 阿部 守 (名古屋工大) 正員 鵜飼 裕之 (名古屋工大)
 正員 中村 光一 (名古屋工大) 正員 青木 睦 (トーエネック)
 非会員 上原 正和 (トーエネック)

Instantaneous Impedance Characteristics of 6% Series Reactor by Magnetic Saturation in Distribution Power System

Mamoru Abe, Student Member, Hiroyuki Ukai, Member, Koichi Nakamura, Member (Nagoya Institute of Technology), Mutsumi Aoki, Member, Masakazu Uehara, Non-member (Toenec Co.)

This paper discusses the harmonic distortion of 6% series reactor in distribution power system. The recursive DFT algorithm is used to analyze the instantaneous impedance characteristics of the reactor by magnetic saturation.

キーワード：高調波，6%直列リアクトル，磁気飽和，インピーダンス特性，再帰的 DFT

1. ま え が き

近年急速に増加するパワエレ機器の導入に伴い，高調波障害が顕在化している．なかでも力率改善用のコンデンサとその6%直列リアクトルは障害件数の9割を占めていることが報告されている⁽¹⁾．6%リアクトルは突入電流防止や高調波フィルタ，高調波拡大現象抑制のため標準化されているが，コンデンサ設備全体としては5次高調波に対して準共振となり，リアクトル焼損等の事故を引き起こす原因にもなっている．事故原因は5次高調波電流の急激な増加によるものと考えられているが，急激な変化時における高調波電圧・電流，インピーダンス特性の時間的な推移などについては必ずしも明らかになっていない．

そこで本研究では，簡易実験によりリアクトル焼損事故を模擬し，再帰的 DFT⁽²⁾を用いることによってリアクトル磁気飽和前後のインピーダンス特性の瞬時的な変化について解析を行った．

2. 実験方法

図1に模擬実験回路を示す．本研究の目的は高調波の増大によるインピーダンス変化を解析することにあるため，交流三相電源にコンデンサ(100 μ F)とそれに対応した6%リアクトルを接続しただけの簡単な回路で構成した．電源電圧には，基本波60Hzに5次高調波を15%重畳した波形を用いた．今回使用した電源装置の都合上，本実験では5次高調波のみを増加するのではなく，5次高調波の含有率を一定に保ちながら電源波形の実効値全体を増加させる方法を採用した．具体的には，基本波線間電圧実効値を171.5[V]から177.6[V]に，5次高調波線間電圧実効値を25.73[V]から26.64[V]に変化させた．

3. 実験結果

図2に各波形瞬時値を，図3にそのDFT解析結果を示す．

図1 実験回路

Fig. 1. Experimental circuit

図3中電圧実効値のスケールは左側が基本波，右側が5次を表す．線間電圧波形において，約3.6秒以降電圧低下がみられるが，これは線電流の急激な増加によって，使用した電源装置に設けられた保護回路が動作したためである．また，電源電圧の増加は手動にて行っているため，正確な増加のタイミングは分からないが，線間電圧に対するDFT解析結果より3.57秒付近であると判断できる．一方，図2より，はじめ20A未満の線電流振幅値が3.6秒では50Aに達しているが，DFT解析結果(図3)より，これは主として5次高調波電流の増加によるものであることがわかる．リアクトル電圧振幅値も同様に，5次成分の増加により200Vまで増加している．図4にリアクトル間電圧とリアクトル電流の各調波の実効値より計算したリアクトル，コンデンサおよび合成のインピーダンス変化を示す．リアクトルでは1次成分と5次成分ともに3.8mH一定であったインダクタンス値が3.57秒以後低下している．一方，コンデンサのキャパシタンス変化は1次成分と5次成分，ともに105 μ Fでほぼ一定値を示している．また，1次合成インピーダンスはほぼ24 Ω 一定であり容量性のマイナスの値で示される．一方5次合成インピーダンスはリアクトルの変化によ

図2 瞬時波形
Fig. 2. Instantaneous wave forms

図3 瞬時波形 DFT 解析結果
Fig. 3. DFT analysis of Instantaneous wave forms

り誘導性のプラス値より、3.61秒付近でゼロとなり、以後容量性のマイナス値を示している。この時刻において、5次共振が発生していると考えられる。このことから、リアクトルコアの磁気飽和によりリアクトル値が低下し、当初共振点が4.08次であったものが、5次に移行したと考えられる。

また、高調波の変化は他の次数にも現れており、たとえばリアクトル電圧実効値の3次、7次および9次高調波の変化の様子を図5に示す。電源電圧には5次高調波以外が

図4 インピーダンス DFT 解析結果
Fig. 4. DFT analysis of impedances

含まれていないにもかかわらず、DFT解析の結果5次以外の高調波の変化が現れた原因は、電圧・電流振幅が過渡的に変化したため、それぞれ異次調波成分が出現したためと推測される。これに関しては、稿を改めて論じる予定である。

図5 3,7,9次リアクトル電圧 DFT 解析結果
Fig. 5. DFT analysis of 3,7,9th order harmonics of reactor voltage

4. まとめ

力率改善用コンデンサとその6%直列リアクトルに過大電流を注入したときのインピーダンス特性の瞬時的な変化の定量的な様子を明らかにした。本研究で用いた再帰的DFT解析は1サンプル時刻毎にDFTスペクトルの変化を求めることができることから、瞬時的な変化の様子をリアルタイムにて解析できる利点がある⁽²⁾。今後は本手法の特長を生かした高調波監視・保護系への応用を検討していく予定である。

(平成13年6月18日受付)

文 献

- (1) 高圧受電設備における高調波問題の現状と対策, 電気協同研究, Vol.54, No.2 (1998)
- (2) 太田他, DSPとGPSを用いた高機能電力系統状態量同時計測システム, 高速信号処理応用技術学会誌, Vol.3, No.3, pp.20-25 (2000)