

APFの実機製作

AE11058 豊川 桂輔

指導教員 藤田吾郎

1. はじめに

近年、エアコンの内部回路のインバータ化や、太陽光発電の増加でパワーエレクトロニクス機器が多く使われるようになってきている。しかし、それらの機器の影響により、高調波が増加し、電力品質が低下してしまう。本稿では、以下に記述する特徴などの理由からアクティブパワーフィルタ(以下APF)を利用して高調波削減を行う実機モデルを作成し、検証を行うことを目的とする。

2. 高調波

2.1 高調波とは

基本波（一般には商用周波数50Hzまたは60Hz）の整数倍の周波数をもつ波と定義される。高調波を含まない基本波のみの波形はきれいな正弦波であるのに対して高調波を含んだ波形はひずんだ状態となり、これをひずみ波と呼ぶ。送電側高調波のひずみ率(以下THD)が増加すると電気機器に悪影響が及んでしまう^[1]。

2.2 高調波の発生原因と影響

現在使用されている多くの機器は、内部の電子回路を動かすために交流から直流に変換する整流器が内蔵されており、それらの影響により高調波が発生する。具体的な高調波発生源を表1に示す。また、表2には各機器に与える具体的な高調波の影響を示す。

表1 高調波の発生源

分類	具体的機器	主な使用場所
家電機器	テレビ	家庭
空調機器	空調機	工場
直流モータ	ゴンドラ	工場
インバータ	エレベータ	ビル
電気炉	アーク炉	製鋼
溶接機	スタッド溶接機	工場

表2 高調波の影響

機器名	高調波による影響
変圧器	過熱、騒音、鉄損、銅損の増大
各種制御機器	制御異常
誘導電動機	回転数の変動、効率低下、過熱
音響機器	部品の寿命低下、性能低下
コンピュータ	部品の鑑別、不良応動
電子機器	自動制御機器の誤作動

2.3 高調波対策

一般の電力系統では、THDの抑制目標は5%以下に定められている。そこで、表3に示す高調波抑制機器を用いて対策を行う。対策方法の手順としては、まずコスト、スペースの観点からインバータ用リアクトルの設置について検討を行う。上限値を超える場合は、高圧側のコンデンサにリアクトルを接続する。それでも対応できない場合はAPFを検討する。よって、高調波流出電流が上限値を大幅に超過している場合はAPFが効果的であるといえる。また、APFは25次成分まで対応でき、様々な側面から削減効率が高いことがわかるので、本稿ではAPFを用いて研究を行う。

表3 高調波対策

機器名	高調波削減効果
インバータ用リアクトル	高調波の5次、7次成分を主体に約50%低減
高圧進相コンデンサ設備	高調波の5次、7次成分を主体に3~10%を低減(次数により変わる)
低圧進相コンデンサ設備	高調波の5次、7次成分を主体に20~40%を低減(次数により変わる)
APF	高調波の25次成分以下に対して1台で対応できる80~90%を低減

3. APFについて

3.1 APFとは

APFは高調波削減機器の一種であり、パワーエレクトロニクス機器を用いていることから表のような高い性能をもつ。

3.2 APFの原理

APFは一般的に、電圧型インバータ、系統連系用リアクトル、リップル除去フィルタから構成されている。その原理は、負荷が発生する高調波を高調波検出回路によって検出し、それとは逆位相の電流(=補償電流)をAPFによって生成、その補償電流を送電端に注入することで送電端電流の高調波電流をキャンセルし、送電端電流を補正する^[2]。そのイメージを図1に示す^[3]。

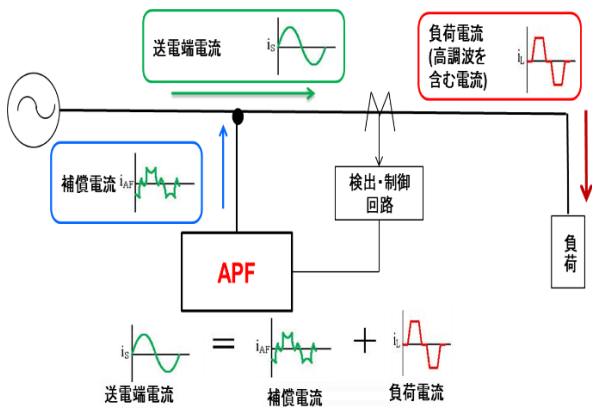


図1 APFによる高調波削減のイメージ

4. 研究内容

4.1 モデルの作成

APF実機モデルのイメージを図2に示す。系統から高調波電流を検出する。dSPACEを用いてAD変換しパソコンに入力し、パソコン内で処理をしてインバータに信号を送り補償電流を発生させる。このモデルの設計は上記の通りにする。现阶段で、高調波発生部分の非線形負荷及び、インバータ回路は完成している。その実機モデルの様子を図3に示す。

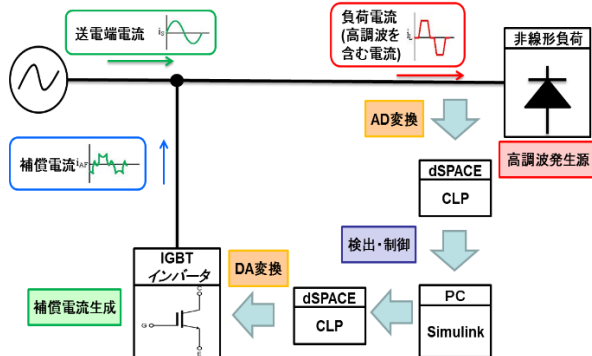


図2 APF実機モデルのイメージ

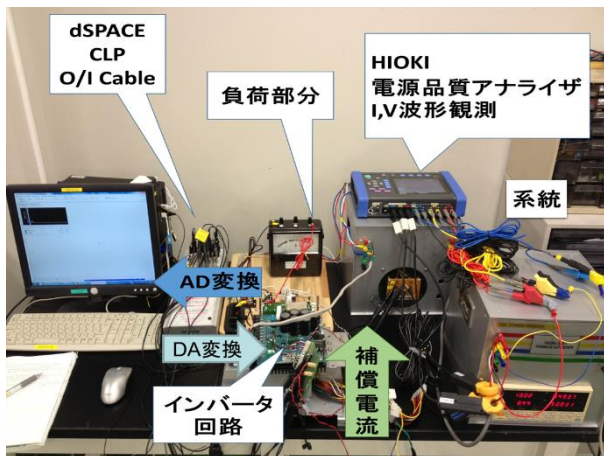


図3 APFの実機モデル

4.2 ヒステリシスボードの製作

インバータから補償電流を発生させるための信号が必要である。そこで系統側の電流を検出し、ヒステリシス制御を行うボードを製作する。ヒステリシス制御は電圧モード制御や電流モード制御と異なり、エラーアンプを使わず、直接コンパレータで比較を行う。そのため、負荷電流の変化に対する応答が非常に速いという特性がある。この特性より、発生している高調波に対しての追従性が高い。従って実時間でインバータへの入力信号の生成を行うことができ、実時間で補償電流を発生させることができる。この方式を採用することで高調波を正確に除去することが可能である。図4に製作途中のヒステリシスボードの様子を示す。

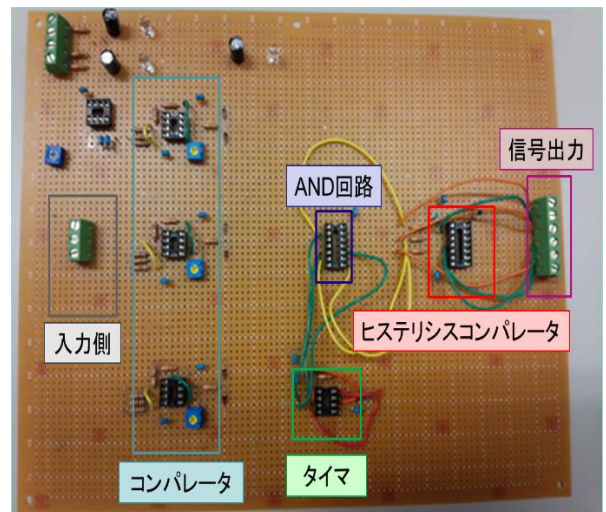


図4 ヒステリシスボード

5. まとめと今後の課題

今回、APFの実機製作をテーマに研究を行った。ヒステリシスボードが完成し、インバータとの接続が完了し次第、高調波の除去確認を行う。今後の課題として、ヒステリシスボードの動作確認、インバータとの接続、高調波の除去確認を行う。また高調波の除去率が5%以内に収まるかどうか検討する。

参考資料

- [1] 電気協同研究第54巻第6号「電力設備へのパワーエレクトロニクス技術の応用と将来動向」社会法人電気協同研究会(1999-3)
- [2] Hirofumi Akagi, Edson Hirokazu Watanabe, Mauricio Aredes "Instantaneous Power Theory and Applications to Power Conditioning" February 2007, Wiley-IEEE Press