**PFCを用いた系統安定化モデルの提案**

|  |  |
| --- | --- |
| E07086 一松 祥右 | 指導教員　藤田 吾郎 |

1. はじめに

　近年，環境に対する懸念から高性能・高機能を要求する時代の流れに伴い，各種家電機器・OA機器をはじめ電力容量の増加する産業用に至るまで非線形半導体素子の応用が盛んになされている。これにともない電力系統の電圧・電流波形の歪みや高調波などにより，変圧器や進相コンデンサ，リアクトルなどが過熱し，焼損する事故につながることがある。問題となっているこれら電力用半導体の応用装置は，主として整流回路を含む電力変換回路が多いが，その目的とする用途から今後ともあらゆる分野での増加が予想される。このため，電力利用環境の悪化を招き，このことから生じる問題も将来にわたり，ますます増加してゆくものと予想される。これらの問題を解決するため，PFC (power factor correction :力率改善回路) [1] を用いた電源を中心とする改善方式を使い，無効電力の電圧制御と補償，力率の補正，高調波の除去を主な目的としたシミュレーションモデルを提案する。

1. PFCを用いた電力供給システム

　力率とは，皮相電力と有効電力の割合を示しており，電圧と電流の位相差の違いを比率で示したものである。国内で生産・流通している電気機器は，ほとんどが遅れ力率と状態となっており，電圧よりも電流が遅れた状態では，負荷で実際に使用される有効電力と，負荷と電源間を往復するだけで消費されない無効電力が発生する。遅れ力率によってロスする電力を含んだ電力は，皮相電力と呼ばれ，有効電力と無効電力を含んだ見かけの電力を示しており，力率が判明していれば，有効に消費した有効電力と消費されない無効電力を知ることが出来る。電熱器などの電気機器の場合，電力はすべて熱に変換されているため，無効電力は存在せず，力率は1になり，もっとも高効率と言える。しかし，コイル成分のある電動機や蛍光灯照明などでは，力率が悪いため遅れが発生し，無効電力が発生する。

　力率が悪い機器が多いと，総合的な力率が低下し，皮相電力ばかりが大きくなる。力率の悪化により，無効電力が増大するため，設備利用率が低下する。皮相電力だけが大きい場合でも，変圧器や遮断器などはこの電力に耐えられる容量を選定しなければならず，機器容量が大きくなり，コストも過大になっていく。つまり，力率の悪化を改善させ，電力を有効に利用することができれば，機器容量を小さくすることができ，省エネルギーに繋げることができるようになる。

図1にPFCを用いた電力系統モデルを示す。



図1　PFCを用いた電力系統モデル図

今回，この検討で用いるPFCは，インバータ方式である。本研究の目的は，無効電力の電圧制御と補償，力率の補正，高調波の除去であり，PFCを用いて，以上に示した3つの制御を行うことである。[2]

なお，この電力系統モデルはすでに実用化されているSTATCOM(Static Synchronous Compensator :自励式無効電力補償装置)の機能も備えている。

1. PFCの電流制御器

図2に示すのは，このPFCのために設計された電流制御器である。2つの制御ループがDCリンク電圧にこのコントローラ，現在の制御ループ，および電圧制御ループに使用される。



図2　dq変換の電流制御モデル

図3に示すベクトル図において，定常電圧*Vs*に対し，*VVSC*のd軸成分を入力すると，90度位相遅れの*IVSC* のq軸成分が入力される。ここで，*ILoad*のq軸成分との差をPI制御する。[3]

図3　電流制御モデルのベクトル図

1. シミュレーションによる検証

　PSCADを用いて，図1を元に電力系統にPFCを組み込んだシミュレーションモデルを図4に示す。定常電流を流してから0.15秒後にPFCを投入した場合の，各値を観測する。



*IVSC*

*ILOAD*

*IS*

*Q*

*P*

*IDC*

*EDC*

図4　シミュレーションモデル

図5に示すのはインバータ内のキャパシタの動作状況である。キャパシタ内の電圧，および電流の波形の形状は参考資料と比べ，ほぼ同一になったが，値が異なっているため，今後改善が必要である。

図6ではPFCから補償する有効電力と無効電力を示している。このグラフから，無効電力の補償の制御が行われていることがわかる。

図7は定常電流と補償した電流，および負荷の電流の波形を示している。PFCを投入した0.15秒後からの負荷電流波形は安定しており，定常電流は補償した電流より，やや上回る値をとっている。

図5　キャパシタ内の電流と電圧の波形

図6　PFCの有効電力と無効電力の波形

図7　定常電流と補償した電流，負荷の電流の波形

1. まとめ

今回の検証では，PFCの導入により無効電力の補償の制御が可能であることを明らかにした。ただし，力率改善回路は設置場所によって，効果やコストのかかり方が異なり，責任分界も変わってくるため，今後の検証では，発電所側に近いケースと，負荷側に近いケースを取り入れ，PFCを導入する最適位置を決定していく。

1. 参考資料

[1]　[長谷川 淳](http://www.amazon.co.jp/s/ref%3Dntt_athr_dp_sr_1?_encoding=UTF8&n=465392&sort=relevancerank&index=books&field-author=%E9%95%B7%E8%B0%B7%E5%B7%9D%20%E6%B7%B3)，[大山 力](http://www.amazon.co.jp/s/ref%3Dntt_athr_dp_sr_2?_encoding=UTF8&n=465392&sort=relevancerank&index=books&field-author=%E5%A4%A7%E5%B1%B1%20%E5%8A%9B)， [三谷 康範](http://www.amazon.co.jp/s/ref%3Dntt_athr_dp_sr_3?_encoding=UTF8&n=465392&sort=relevancerank&index=books&field-author=%E4%B8%89%E8%B0%B7%20%E5%BA%B7%E7%AF%84) ，[斉藤 浩海](http://www.amazon.co.jp/s/ref%3Dntt_athr_dp_sr_4?_encoding=UTF8&n=465392&sort=relevancerank&index=books&field-author=%E6%96%89%E8%97%A4%20%E6%B5%A9%E6%B5%B7)，[北 裕幸](http://www.amazon.co.jp/s/ref%3Dntt_athr_dp_sr_5?_encoding=UTF8&n=465392&sort=relevancerank&index=books&field-author=%E5%8C%97%20%E8%A3%95%E5%B9%B8)，[電気学会](http://www.amazon.co.jp/s/ref%3Dntt_athr_dp_sr_6?_encoding=UTF8&n=465392&sort=relevancerank&index=books&field-author=%E9%9B%BB%E6%B0%97%E5%AD%A6%E4%BC%9A)，泉井良夫『電力系統工学』（電気学会大学講座）2002年

[2] E.Acha, V.G.Agelidis, O.Anaya-Lara, T.J.E.Miller, “Power Electronic Control in Electrical Systems”Newnes Power Engineering Series, 2002

[3]　Ramasamy Natarajan “Power System Capacitors” Taylor & Francis Group，2005