回転型周波数変換装置の制御特性の解析

|  |  |
| --- | --- |
| E07015 大川貴宏 | 指導教員　藤田吾郎 |

1. はじめに

これまで人類が消費してきた化石燃料は，地球温暖化や資源枯渇という観点から，使用を抑制しようという傾向にある。その中で，化石燃料に代わるエネルギーは，太陽光や風力といった再生可能な自然エネルギーである。だが，自然エネルギーは，その発電出力としての電圧や周波数の変動幅が大きいという欠点を持つ。このような電源の大量導入が行われた場合，商用系統側の電力品質の低下を招くことが懸念される[1]。そこで，出力が不安定な自然エネルギーから，安定した電力を得るための対策が求められている。本稿では，これらの対策の一案として，ウィンドファームと商用電力系統との間に，パワエレ可変速技術を応用した安定化装置を設けて，風力発電による周波数や電圧の変動が，商用系統側に影響を与えない連系方式を提案する。また，その制御方法を小型試作機を用いた実験と，PSCADを用いたシミュレーションにより得られた結果をもとに比較検討し，風力発電の出力安定化を図ることを本研究の目的としている。

2. 回転型周波数変換装置

本稿では，将来の風力発電システムの単機大容量化と系統導入容量の増加に対応した問題点を解決する連系方式として，可変速機を応用した回転型周波数変換装置（以下 RFC: Rotary Frequency Converter）[2][3]を提案する。図1に提案する連系方式の構成を示す。また，DFMとは可変速発電機である。基本的な考え方は次の通りである。

1. 従来の個々の発電機ごとに設置される可変速風力発電システムではなく，ウィンドファ－ム全体としての設備として設置する。
2. 半導体応用の静止型の系統連系装置ではなく，コスト上も安く慣性エネルギーが活用できる回転型の系統連系装置とする。
3. 連系装置は同期機と可変速機を軸で直結させた構造の回転型連系装置を適用する。本装置は，既に発表論文にてシミュレ－ションによりその基本特性を把握している。

RFCは図1に示すように可変速機と同期機を軸直結させた構造とし，ウィンドファーム側を同期機，商用系統側を可変速機で連系する。回転速度はウィンドファ－ム側系統の周波数と同期させる。ウィンドファ－ム側系統の周波数と商用系統周波数とのすべり周波数は連系装置の可変速機の可変速範囲(定格の10～20％程度）で吸収する。即ち，連系装置の機械的な回転速度はウィンド

ファーム側系統の周波数とともに変化するが，可変速機の内部磁束は商用系統側と同期を維持するようにイン

バータにより制御される。

図1　回転型周波数変換装置

3. 実験・シミュレーション

本稿では，RFCにおける安定した出力制御を行うことを目的とし，PSCADを用いたシミュレーションによる結果と実験結果の比較を行いRFCの評価を行っていく。本稿における研究手順は図2に示すとおりである。また，実験に用いる可変速機は三相巻線型誘導電動機（定格出力：2[kW]，定格電圧：200[V]）[3]を改良し使用する。図3は実験で使用する可変速機の制御フローチャートであり，step1のシミュレーション回路を図4に示す。



図2　研究手順

図3 制御フローチャート



図4　シミュレーション回路

この回路において可変速機の入力は可変速機の内部で設定できるようになっている。また，インバータから可変速機の二次側に交流励磁ができるようになっており，出力端には10[Ω]の負荷をY結線接続している。









図5　step1におけるシミュレーション結果

(回転速度，出力(電圧，周波数，電流)，励磁電流)

4. 結果

step1におけるシミュレーション結果を図5に示した。シミュレーションモデルは回転速度，負荷変動をマニュアルで設定できるようになっており，図5においては約0.5[s]～1.5[s]の間で回転速度を変化させ，約2.0[s]～2.5[s]の間で遮断機をONにし，負荷変動(負荷増大)を与えている。その際，出力電圧，出力周波数においては電圧・周波数制御を行っているため常に一定の値を保っている。出力電流においては，ブレーカーをONにした際に減少しOFFにするとともに電流も元の値に戻っている。これらより，可変速運転が正常に行われていると言える。

5. 考察

図5より，回転速度を変化させた際の出力電圧，出力周波数の波形を見ると，常に一定の値(目標値)を保っている。また，負荷変動を与えた際に負荷を増加させたために出力電流が減少していることがわかる。つまり，RFCの出力制御が期待通り実施されていると言える。また，回転速度が1.2[pu]の時の周波数は60[Hz]であり，回転速度を減少させる方向に励磁電流が流れている。その周期を読み取るとおよそ0.1[s]であるため励磁電流の周波数を求めると10[Hz]である。つまり，励磁電流により出力周波数が-10[Hz]され，常に定格である50[Hz]になるように励磁が行われている。0.8[pu](40[Hz])の時も同様に回転速度を増加させる方向に励磁電流が流れており，先ほどと同様に求めると出力周波数に+10[Hz]されていることが読み取れる。このことから，確実に励磁制御が行われていることが分かる。また，負荷変動の際に一瞬ではあるが電圧，及び周波数が乱れているがすぐにまた安定しているため問題はないと考える。

6. 今後の展望

現在，実験及びシミュレーションともにstep1まで終え，それぞれで可変速発電機における出力制御特性を明らかにした。今後の課題としてはRFCとしての特性を理解するためにSM(同期電動機)とDFM(可変速発電機)を組み合わせた実験回路，およびシミュレーション回路を製作しRFCの動作検討を行っていきたいと考えている。

文　　　献

1. M. Kajihara, G. Fujita, K. Ezaki, R. Yokoyama, K. Koyanagi, T. Funabashi, 'Power System Quality Improvement using Doubly-fed Rotary Frequency Converter'，IASTED / PowerCon，2003　(2003-10,　NewYork)
2. 宮崎保幸・石月照之・工藤俊明・影山隆久・南波聡・野呂康宏・嶋田隆一，「回転型位相調整機による風力発電設備の出力変動安定化」，電気学会論文誌B, vol.124, No.5,2004
3. 竹本泰敏・藤田吾郎・横山隆一・小柳薫・舟橋俊久，「回転型周波数変換装置の実験的検証」，電気学会論文誌B, Vol.128,No.6,2008