

小水力発電大量導入時の系統解析技術

AE13080 平井涼介

指導教員 藤田吾郎

1. はじめに^{[1][2]}

近年の環境問題の深刻化、化石燃料資源の枯渇などの問題から、電力発生においても環境性、安全性、安定供給が求められており、再生可能エネルギーを利用したものが注目されている。代表的な電源として太陽光発電や風力発電があるが、天候や環境によって出力が不安定になるという問題がある。一方、水力発電は太陽光発電や風力発電と比較して出力変動が少ないエネルギーとして注目されている。中でも出力が1000kW以下の小水力発電は小規模な施設で済むので導入しやすいことや、まだまだ未開発な地点が多く存在し開発余力があることから今後の導入拡大が期待されている。

先行研究で小水力発電の分散型エネルギーシステムの構築を行い、システムの安定度について検討した。そこでは誘導発電機の大量導入時に安定度が低下する傾向があることが分かった。しかし具体的な導入可能量については明確にされていない。そこで本稿では小水力発電の導入可能量を検証することを目的とした。

2. 系統解析で用いる条件

既存の電力系統では電力品質の安定化のために、電圧や周波数などの規定値や目標値が設けられている。それらが記載されている系統連系規程や、ガイドラインを調査し本稿で系統解析する条件として使用する評価項目を作成した。その評価項目を表1に示す。

(1)系統連系規程^[3]：電圧変動に関して、常時電圧変動対策と瞬時電圧変動対策がある。常時電圧変動対策は電力会社の供給電圧が電気事業法によって、標準電圧100Vに対しては、 101 ± 6 [V]、標準電圧200Vに対しては、 202 ± 20 [V]以内と定められている。瞬時電圧変動対策はコンピュータ、OA機器などは、定格電圧の10%以上の瞬時電圧低下で影響を受ける場合があるため、発電設備の系統並列・解列時に発生する瞬時電圧低下を10%以内に抑制する。電圧低下の許容時間は、2秒程度までとされている。

(2)ガイドライン^[4]：需要家が発電設備を電力系統に連系する際には、他の需要家への長期的な安定供給を妨げないために、連系する電力系統の信頼度と協調のとれたレベルの設備仕様を確保する必要がある。周波数に関してガイドラインに記載されている「発電機の運転可能周波数」の値を本稿で用いる。

(3)ITIカーブ^[5]：ITIカーブは電圧変動の機器の耐量に関する規格である。対応する範囲は定常状態条件と過渡条件の両方である。ITIカーブを図1に示す。

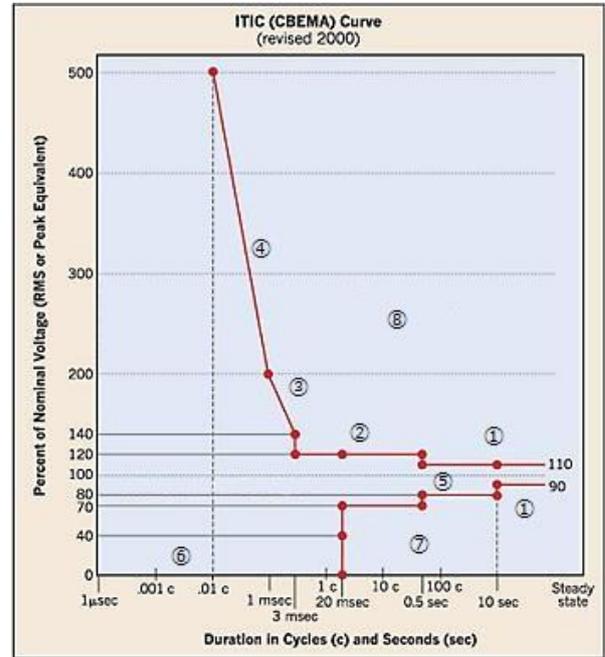


図1 ITIカーブ

表1 評価項目

	評価項目		
	規定値	目標値	
電圧	100V:101 ± 6[V] 200V:202 ± 20[V]	-	
ITIカーブ	-	図1参照	
周波数	-	東京電力の管理目標値	± 0.2Hz
		連続運転可能周波数	48.5~50.5Hz
		運転可能周波数	47.5~51.5Hz
電圧変動	-	瞬時電圧低下10%以内 電圧低下の許容時間は2秒以内	

3. 数値解析

先行研究では小水力発電の具体的な導入可能量が明確でなかった。そこで、表1を用いて電圧変動、周波数変動を観測し、さらに誘導発電機の導入量を増加させ系統への導入可能量を検討していく。

系統解析するにあたって系統解列時や負荷変動時の電氣的な事象を観察するために、瞬時値解析モデルの作成が必要となる。系統モデルは先行研究のものをベースに、

数値解析ソフト「MATLAB/SIMULINK」を用いて作成した。本稿で想定する系統は、1つの地域や自治体を1つのセル（マイクログリッド）として考え、基本的には基幹系統に頼らず、セルに設置された分散型電源により電力供給するものとする。このセルに小水力発電を導入したモデルを考える。解析に使用したモデルの概略図を図2に示す。

図2で負荷(100kW)に対し同期発電機(SG: Synchronous Generator)(160kVA)1台と誘導発電機(IG: Induction Generator)(10kW)複数台により電力供給する。最初セルは系統連系しているが0.1秒後に自立運転を開始する。そして定常状態となる7.0秒後に負荷を100kWから90kWに変動させる。

系統解列時と負荷変動時の電圧変動と周波数変動について検討する。負荷変動直後の電圧変動は、解析方法の問題から値が乱れているため、今回の評価からは除外し、電圧の定常偏差について検討する。またIGを0~11台（導入量0~110kW）と変化させて導入可能性を検討する。

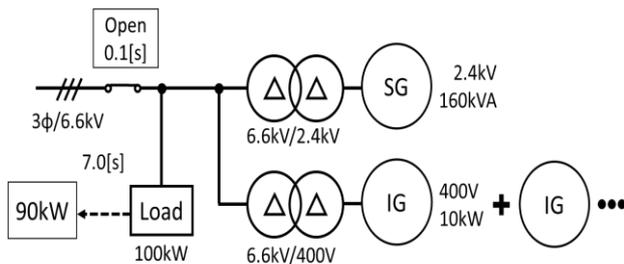


図2 瞬時値解析モデルの概略図

4. 結果

解析結果から電圧変動と周波数変動の波形を得た。例として系統解列時の電圧変動の解析結果を図3に示す。

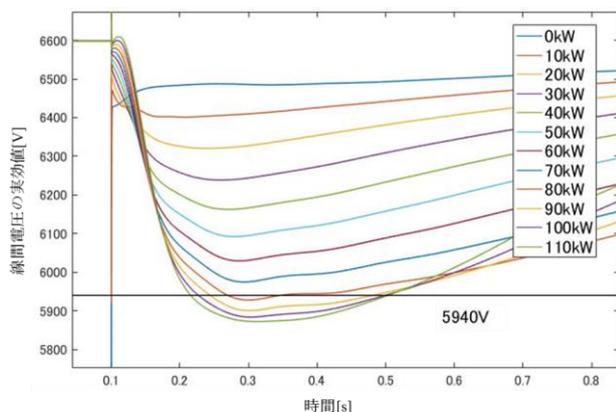


図3 電圧変動（系統解列時）

5. 考察

解析結果より、表1の内容でセルへの小水力発電の最

大導入可能性を検討する。図3に関して、系統解列直後に電圧変動が発生しており、誘導発電機の導入量が増加するにつれて変動が大きくなっているのが分かる。解列直後の縦に伸びる極端に大きな変動は、解析方法の問題で発生していると考えられ、今回は考慮しないものとする。電圧変動については定格電圧の90%（電圧低下10%）以上の変動が発生するのは、誘導発電機の導入量が80kWからであるのが分かる。したがってセルへの最大導入可能性は70kWとなる。同様にして各評価項目についても評価を行い、まとめたものを表2に示す。

表2 評価の結果

	最大導入可能性	
	規定値	目標値
電圧	~90kW 負荷変動時には検証中	-
ITIカーブ	-	○: ~110kW
周波数	-	± 0.2Hz 10kW, 20kW
		50.5Hz ~40kW
		51.5Hz ~90kW
電圧変動	-	~70kW

6. まとめと今後の展望

本稿では小水力発電大量導入時の課題である系統の安定度について、瞬時値解析モデルを用いた小水力発電の導入可能性の検討を行った。表2に示すように電圧と周波数に関する評価を行い、今回想定した小規模なセルでの誘導発電機の導入可能性を明らかにした。

また評価項目は一般的な規程やガイドラインを用いたことにより、異なる系統にも適応でき、今後の小水力発電の安定度解析に使用できると考えられる。

今後は異なる系統でも解析を行い、小水力発電の普及への貢献を目指す。

参考文献

- [1] 小水力利用推進協議会、『小水力エネルギー読本』、オーム社 (2006)
- [2] 環境省HP「<http://www.env.go.jp/press/102335.html>」2016年11月16日アクセス
- [3] 甲斐隆章・藤本敏朗、『太陽光・風力発電と系統連系技術』、オーム社 (2010)
- [4] 『系統連系に係る設備設計について』、東京電力株式会社、2013年12月26日実施
- [5] 『新電力ネットワークシステム実証研究 新電力ネットワーク技術に係る総合調査 経過報告』、財団法人エネルギー総合工学研究所(2006年)

発表論文

- (1) 平井涼介、『小水力発電モデルの構築と実測評価』、電気学会B部門大会(2016)