

小水力発電システムの並列時特性解析と実測評価

電気電子情報工学専攻

電力系統工学研究

MA14070 竹原純平 たけはらじゅんぺい

指導教員 藤田 吾郎

1. はじめに

近年、石油資源への依存は、枯渇や地球温暖化などの環境問題の深刻化が懸念されている。そこで、太陽光発電・風力発電・小水力発電など自然エネルギーを用いた分散型電源による電力系統網が注目されている。分散型電源とは、比較的小規模な発電設備を消費地近くに分散配置して電力の供給を行う電源のことをいう。なかでも、水資源が豊富な我が国においては、小水力発電の導入が注目されている⁽¹⁾。小水力発電とは出力が 1000[kW]以下の水力発電を指す。しかし、小水力発電の系統連系解析モデルについての報告は少ない。そこで本研究では、小水力発電のなかでも普及度の高い誘導発電機を用いた小水力発電の系統並列時における電力解析モデルを構築するとともに、構築した解析モデルを実際の小水力発電設備の電力特性と比較することで、モデルの有効性を明らかにする。

2. 発電機の選定

小水力発電に用いられる発電機には、誘導発電機、同期発電機、永久磁石同期発電機(PMG)などがある。発電機の選定は、主に系統連系や自立運転の運用条件や発電規模、経済性によって決定される。現在小水力発電では、誘導発電機を用いたシステムを採用していることが多い。また、コスト面でもコンバータ・インバータなどのパワーエレクトロニクス機器が必要となる PMG を用いるシステムよりもメリットが大きい。しかし、一般的に誘導発電機は、単体では電圧を確立することができず、単独運転には対応できない。一方、PMG を用いるシステムの場合、運転可能範囲が広く発電効率が高いというメリットもある。さらに、PMG は単体で電圧を確立するため単独運転にも対応できる⁽²⁾。しかし、複雑な構造や、これに起因するコスト増、また、ライフコストの点などから、誘導発電機が優勢である。本稿では、先ず普及率が高く、現時点でコストメリットがある誘導発電機を用いた小水力発電システムに注目することとした。

誘導発電機を用いたシステムの場合、系統並列を強制的に行うため過渡電流が流れる。対策として、限流リアクトルを介して系統と並列する方法もある。また、小容量機の場合、発電機出力端にコンデンサを設置することにより、コンデンサの進相自己励磁を行うことで単独運転を可能とするシステムもある。図 1 に誘導発電機型小水力発電機を用いた小水力発電システムの構成を示す。

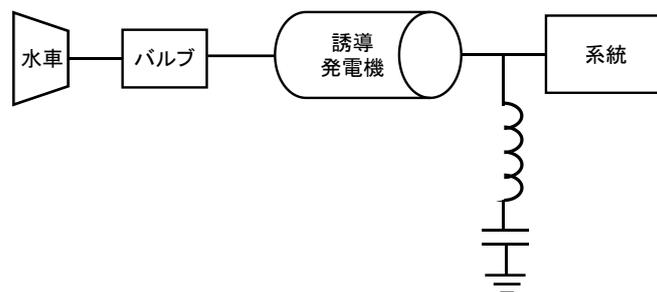


図 1 小水力発電システムの構成 (誘導発電機)

3. 小水力発電モデル

本稿では、誘導発電機型小水力発電の系統並列時の電力解析を対象とする。提案する解析モデルでは、発電機並列時には発電機が定格速度で回転していることを前提条件としている。潮流計算により定常出力運転時の発電機への入力トルクを求め、等価的にバルブを再現した。また、発電機周辺の機器として、発電電圧を連系点の電圧に昇圧する変圧設備、調相設備が小水力発電のモデル部分となる。図 2 に、本研究で提案する小水力発電モデルの概略図を示す。平均的な配電線を想定したデータを用いた。また、配電系統では本来、配電用変電所からは複数のフィーダが引き出されているが、本研究では、1本のフィーダのみに着目するとともに、配電用変電所を大規模電源として扱う簡略化したモデルとした。

提案する解析モデルは、起動時の電力系統に与える影響を解析することを目的としている。そこで、連系直後の系統から見た発電システムの電気的な特性を模擬することとした。その時のシミュレーションモデルを図 3 に示す。領域は、誘導発電機投入直後の数秒間と定常状態に移行するまでの時間に分けた。

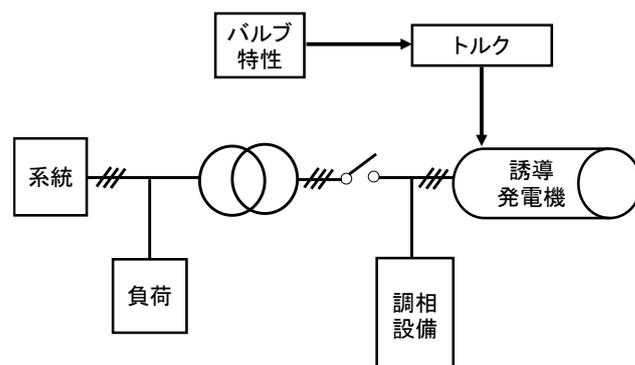


図 2 小水力発電モデルの概略図

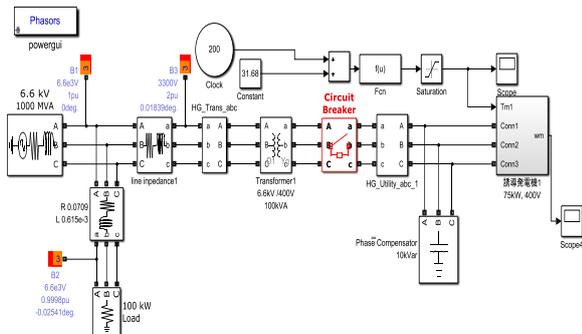


図3 シミュレーションモデル

4. 検討事項

モデルの有効性を確認するため、実際の小水力発電所の実測データと比較した。シミュレーション条件は、対象とした発電所の仕様と同様とする。表1に、シミュレーション条件を示す。また、図4に実測値を示す。

表1 誘導発電機のパラメータ

タイプ	三相誘導発電機
定格出力	75 [kW]
定格周波数	50 [Hz]
極数	4
定格回転数速度	1500[rpm]

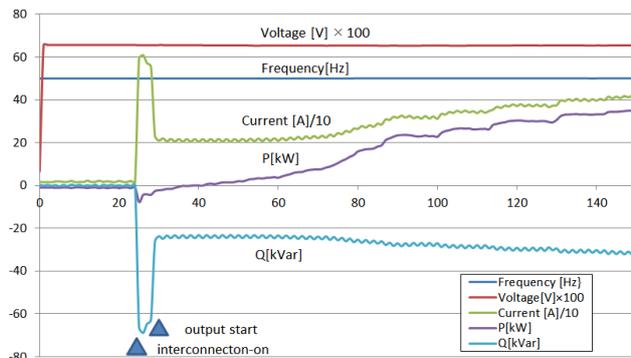


図4 実測データ (電源品質アナライザ)

5. 結果

今回作成したモデルによる系統連系前後の動的特性を示した。図5に投入直後の領域、図6に定常状態までのシミュレーション結果を示す。それぞれ、図4と比較した。突入電流がある数秒間の領域で、突入電流の大きさは定格電流の約8倍となっていることから妥当な大きさだといえる。また、突入電流が定格電流に落ち着くまでの時間幅は誘導発電機が電動機として動作している時間とほぼ等しいことが分かった。

定常状態に移行するまでの領域は、シミュレーション結果と合致している。

よって、このシミュレーションモデルの有効性が示せた。

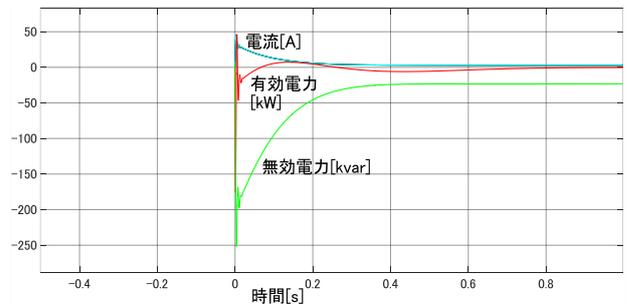


図5 シミュレーション結果 (投入直後)

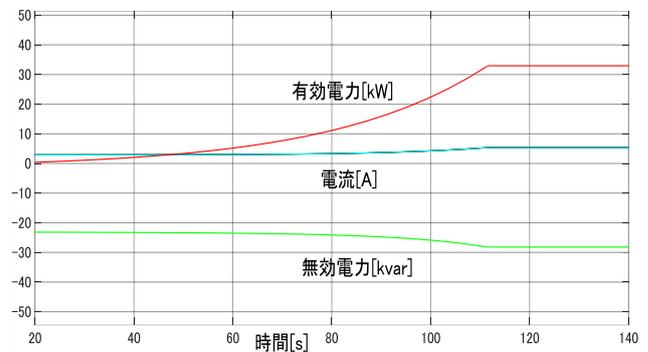


図6 シミュレーション結果 (定常状態)

6. まとめ

本稿では、小水力発電の系統並列時における電力解析モデルを構築した。構築した解析モデルを実際の小水力発電設備の電力特性と比較することで、モデルの有効性を明らかにすることができた。

今後は、発電機内部定数を外部測定値から推定する手法を用いることで、提案したモデルの模擬精度の向上を目指す。また、本稿では普及度の高い誘導機型小水力発電を対象としたが、今後は、その誘導機型小水力発電の多数連系のモデル化を行うことも目標としている。

参考文献

- (1) Hiroto Funato, Tomoyuki Sakurai, Satoshi Ogasawara : "Development of Test Facility for Novel Micro-Hydroelectric Power Generation System", IEEJ-RD, Vol.130, No.12, p.1283-1289 (2010)
船渡寛人, 櫻井知之, 小笠原悟司:「マイクロ水力発電システム試験装置の開発」, 電気学会論文誌 D, Vol.130, No.12, p.1283-1289 (2010)
- (2) 小倉弘行, 藤盛博昭:「小水力可変速発電システム」, 明電時報, Vol.345, No.4 pp.36-40 (2014)

研究業績

- (1) 竹原 純平, Nguyen Duc Tuyen, 塩 巧也, 藤田 吾郎, 野村 昌克 PV-APF combination system の構築, 電気学会 全国大会, No.6-201, pp.375-376, (2014)
- (2) Junpei Takehara, Nguyen Duc Tuyen, Goro Fujita, "Controller Design for PV-Active Power Filter Combination based on Instantaneous Power Theory" The International Conference on Electrical Engineering 2014 (ICEE2014), APE-0670, 15-19 June 2014, Jeju, Korea
- (3) 竹原 純平, 竹本 泰敏, 平野 佑樹, 真田 正, 藤田 吾郎, 誘導発電機を用いた小水力発電システムのモデル構築と実測比較, 電気学会電力・エネルギー部門大会, No.157, Vol 2-3, pp19-20, (2014)