

小水力発電システム

藤盛博昭 Hiroaki Fujimori

キーワード 水力発電, 制御装置, 簡易配電盤, 可変速発電システム, インバータ, コンバータ

概要



小水力発電システム

小水力発電システムでは、低コスト化、年間発生電力量の増加による採算性の向上、保守省力化、運転制御の多様化など様々な要望に応えるため製品ラインアップの強化を図った。

制御装置は、小水力発電システム専用装置として、新たに低コスト・省スペースを図った簡易配電盤を製品化した。同期発電機・誘導発電機のそれぞれに対応したバージョンを備えている。

当社は、永久磁石発電機（PMG：Permanent Magnet Generator）、インバータ・コンバータを組み合わせた小水力可変速発電システムを開発した。この発電機は、可変速運転による水車運転領域の拡大及び適正な回転速度で運転することによる高効率運転化で、年間発生電力量の増加が期待できる。

1 まえがき

日本のエネルギー自給率が非常に低い中で、純国産のクリーンエネルギーである水を利用した水力発電システムは、貴重なエネルギー源である。近年では大規模な水力発電の開発地点は少ないが、小水力発電（1000kW以下）については、未開発地点・再利用可能な地点はまだ存在しているが、建設コストが高く採算性が厳しい状況であった。計画地点は、2012年7月1日に施行された「再生可能エネルギーの固定価格買取制度（FIT：Feed-in Tariff）」で採算性が向上し、新規開発・既設設備更新に着手するケースが増え、国内の市場は活気を帯びている。本稿では、当社が取り組んでいる小水力発電システムを紹介する。

2 小水力発電の適用箇所

小水力発電システムは、風力・太陽光発電などの再生可能エネルギーシステムと比較して耐用年数が長く、安定した良質の電気を供給でき、ダム・河川・農業用水・上下水道・工場など様々な場所に適用されている。

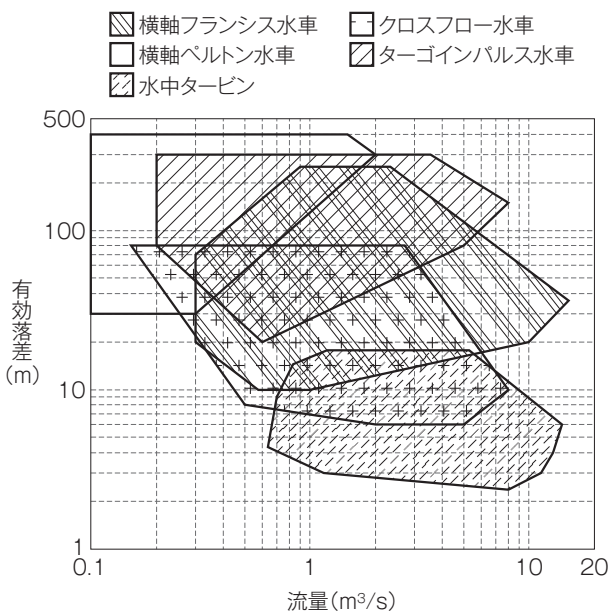
- (1) 小規模ダム維持放流水の利用　ダムから放流される河川維持放流水を利用して発電し、ダム管理所用の電源などとして利用
- (2) 河川水の利用　河川を流れている水を貯めることなく、そのまま発電に利用。河川流量に依存するため発生電力は年間を通じて変動
- (3) 農業用水の利用　水田、畑地の干害用の農業用水を用いて発電し、農業水利施設への電力供給などで維持管理費を低減
- (4) 工業用水の利用　工業用水の受水槽の残圧を

利用して発電し、工場内の動力電源として利用

3 小水力発電システム

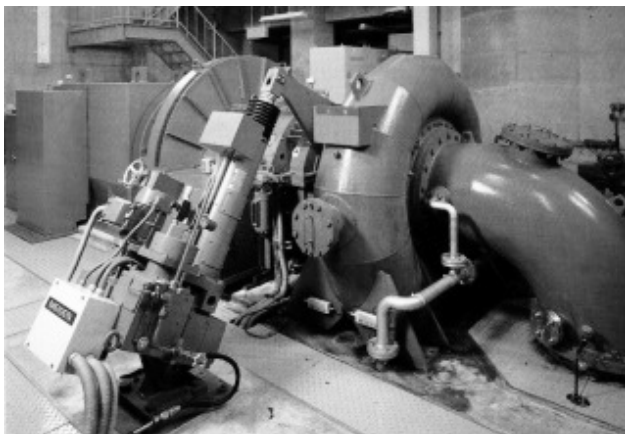
3.1 水車・発電機

第1図に小水力水車選定図を示す。有効落差と流量で、適用する水車を選定している。発電機は、用途・システム構成によって同期発電機・誘導発電機・永久磁石発電機（PMG：Permanent Magnet Generator）が選定されている。小水力発電システ



第1図 小水力水車選定図

小水力に適用されている水車の選定図を示す。有効落差・流量で、適用する水車を選定する。



第2図 フランシス水車発電装置

適用範囲が広い水車発電装置である。左手前に位置しているのが電動サーボモーターである。

ム例を以下に示す。

(1) 横軸フランシス水車発電装置 (第2図) 有効落差10～300m, 流量0.3～15.0m³/s程度が適用範囲となる。小水力発電所で一番多く用いられている水車である。

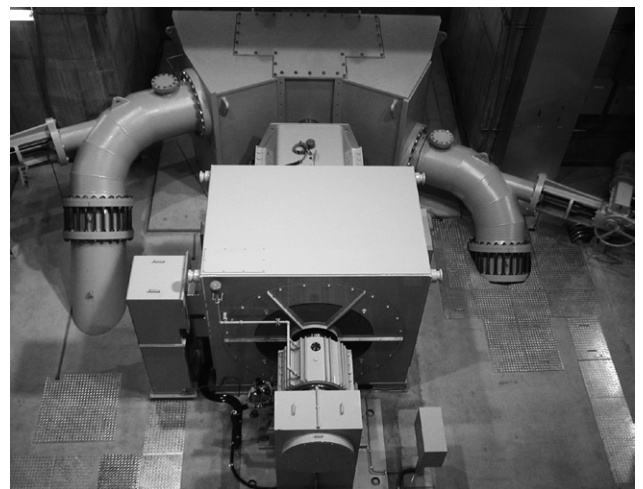
(2) クロスフロー水車発電装置 (第3図) 有効落差5～80m, 流量0.1～8m³/s程度が適用範囲となる。ガイドベーン分割式の場合は、小流量域まで高効率で運転できる。

(3) ターゴインパルス水車発電システム (第4図) 有効落差28～400m, 流量0.2～0.8m³/s程度が適用範囲となる。ペルトン水車とフランシス水車の適用範囲の中間域で適用されている。



第3図 クロスフロー水車発電装置

落差変動が大きいダム式の発電所に多く採用されている。



第4図 ターゴインパルス水車発電装置

シリーズ化された海外製の水車を採用している。

3.2 最近の小水力発電の技術動向

(1) 低コスト化 小水力発電システムは出力が小さいことから、イニシャルコストの低減の要求が多い。標準化・構造の簡素化・コンパクト化を行うことで機器の低コスト化を図るとともに、発電所計画設計時の建屋寸法縮小・土木工事の省力化につなげている。

(2) 保守の省力化 水車では無給水ラビリンス方式や無給水自冷式軸受，発電機では空冷軸受が採用され，保守の省力化を図っている。また現在は，河川への油流出を起こさないように，機器の油レス化・電動化が主流となっている。水車の各摺動部にはオイルレスメタルを採用し，水車付属装置の操作源として，入口弁・ガイドベーンサーボモータなどを電動化し，圧油装置を無くしている。特に電動サーボモータは，当社が1982年に世界で初めて水力発電所に適用した実績がある。

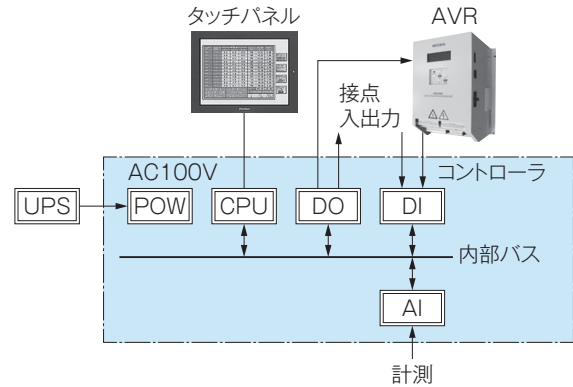
(3) 制御装置の簡易デジタル化 当社は水力発電所用制御装置として，価格競争力を向上した汎用コントローラ形全機能一体形制御保護装置（マイジエネック MYGENEQUEシリーズ）を製品化し，多数の納入実績がある。

それらの技術と実績を踏まえ，数百kWクラスの小水力発電システムに適用する制御装置の低コスト化を図った超縮小形簡易配電盤を製品化した。簡易配電盤は，同期発電機用としては，シーケンス制御・調速制御・励磁制御・汎用形保護継電器・入口弁主回路・制御回路を1面構成（W800×H2350×D600mm）で実現した。

汎用コントローラを用いて，主機シーケンス制御・調速制御を実行し，監視操作はタッチパネル方式を採用した。励磁制御はYNEX06DシリーズのデジタルAVR（IGBT方式）を採用することで，低コスト・省スペース化を図った。二次調整機能は，水位調整制御・自動力率調整制御を標準的に用意している。簡易配電盤は，誘導発電機用も品ぞろえしている。第5図に簡易配電盤のシステム構成（同期発電機仕様）を，第6図に簡易配電盤の外観を示す。

(4) 制御機能の多様化

(a) 維持流量制御（ダム式発電所の場合） ダム



[凡例]
 AVR : 自動電圧制御
 UPS : 無停電電源装置
 POW : 電源部
 CPU : 管理CPU部
 (シーケンス制御・Z級調速装置・
 2次調整制御)
 DI・DO : デジタル入出力部
 AI : アナログ入力部

第5図 簡易配電盤のシステム構成図（同期発電機仕様）

装置電源の標準はAC100V仕様となっている。要望に応じてDC24V仕様も対応できる。

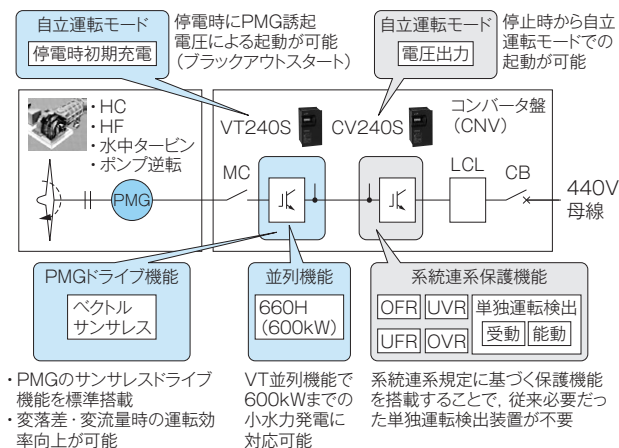


第6図 簡易配電盤

同期発電機・誘導発電機にそれぞれの対応品を品ぞろえしている。

の維持流量を利用している水力発電システムの場合，水車を通る水はそのまま河川の維持流量となる。この発電システムの場合，ダムの水位変動があっても流量は常に一定に維持する必要があり，河川に対して急激な水位変動による自然環境や漁業などに支障を与えることのないよう下流に配慮した流量制御を行っている。

(b) 自立運転モード ダム式水力発電システムでは，系統の長期停電時にダム管理所内の電源確



第7図 小水力可変速発電システム

変落差地点に適用することで、効率向上ができる高機能水力発電システムである。

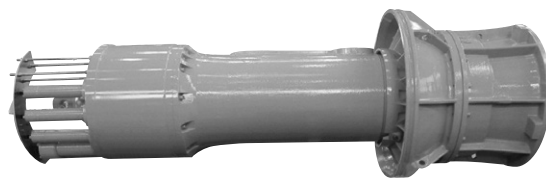
保のため、水車発電機の自立運転の要望がある。

自立運転中は、水力発電システムの调速装置と自動電圧調整装置で、周波数一定・電圧一定になるように制御する必要がある。負荷の変動に伴う周波数変動で、運転制限などが必要な場合には、人的操作で自立運転ができるシステムとしている。

(c) 可変速発電システム化 当社の小水力可変速発電システムは、PMGとコンバータ・インバータの組み合わせによる可変速発電システムで、高効率運転化・メンテナンス性に優れているという特長を有している。

小水力可変速発電システムは、落差変動があった場合に、水車を落差に見合った回転速度に変化させることで、高効率での運転ができるだけでなく、水車のキャビテーション領域であった従来の運転範囲外の領域を運転範囲として取り込むことができることから、年間発生電力量の増加が期待できる。

イーメル工業(株)製作の水中タービンを可変速発電システム化し、ラオス向けに3台納入した。ま



第8図 水中タービン用PMG

水中形のPMGを採用している。

た、国内向けに水中ポンプ逆転水車仕様1台を納入している。今後はフランス水車やクロスフロー水車向けにも適用を広げていく。第7図に小水力可変速発電システムを、第8図に水中タービン用PMGの外観を示す。

4 むすび

当社の小水力発電システムを紹介した。小水力発電システムの分野にも自立運転や制御装置のデジタル化・可変速制御化など、従来の一般水力で適用されていた技術を小水力発電システムに応用できるように開発した技術が多数導入されている。

今後も再生可能エネルギーの導入量増大の一翼を担えるように、低コストで信頼性の高い安定電源としての水力発電システムを目指し、技術力向上に努めていく所存である。

・本論文に記載されている会社名・製品名などは、それぞれの会社の商標又は登録商標である。

《執筆者紹介》



藤盛博昭
Hiroaki Fujimori

水力発電システム部
水力発電システムのプラント業務に従事