

誘導発電機を用いた可変速発電システムの開発

固定翼水車の落差変動箇所への適用

Development of a Controlled Speed Induction Generator System

Application of fixed-blade water turbine to large head variation in hydro-power plant

(工務部 発電機G)

ダム水位変動に伴う落差変動に応じて、水車発電機を可変速制御する簡素な可変速発電システムを(株)日立製作所と共同で開発した。

これにより、フランシス水車などの固定翼水車を大きな落差変動箇所に適用でき、水車の設計落差から大きく離れた落差においても高効率でキャビテーションや振動のない運転ができる。

(Hydro Power & Substations Group, Electrical Engineering Department)

We have developed, in cooperation with Hitachi, Ltd., a controlled speed induction generator system that can control the rotating speed according to the head variation caused by changes in water level in a dam.

This system makes it possible to apply fixed-blade water turbines, such as Francis turbines, to points with large head variations and to operate the turbine efficiently without vibration or cavitation, even under head conditions far removed from the original design.

1 研究の目的

落差変動の大きいダム式発電所などにフランシス水車などの固定翼水車を適用すると、設計落差から大きく離れた落差においてキャビテーションや振動が発生し、効率も著しく低下することから、発生電力量が低減する。なお、可動翼水車は落差変動に対して安定に運転できるが、構造が複雑で高コストとなる。

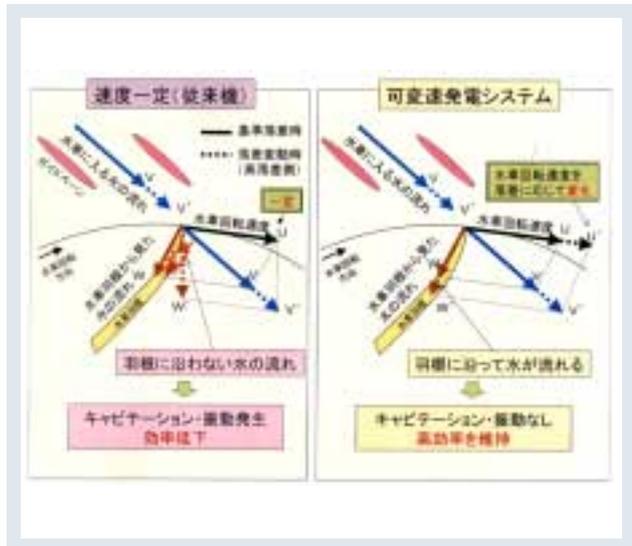
そこで本研究では、落差変動の大きい箇所にも固定翼水車を適用し、幅広い落差範囲でキャビテーションや振動のない高効率な運転を実現することを目的として、可変速発電システムを開発した。

本システムは、誘導発電機を用いた簡素な装置構成を特徴としており、出力は不変のまま回転速度を変えることができる。第1図に示すように、落差や使用水量が変動し、水車に流入する水の速度や方向が変わっても、水車の回転速度を変えることにより、常に水車

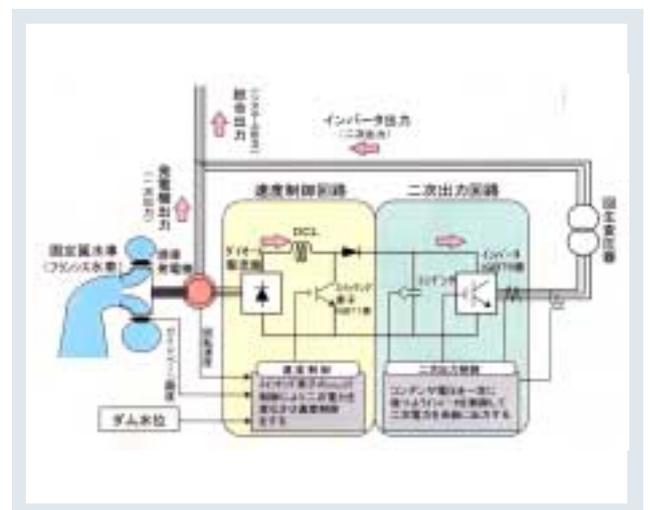
羽根に沿って水が流れる理想的な運転状態を保つことができる。

2 システム概要

本システムは、揚水発電所などで用いられる大型で高価なシステムと異なり、誘導電動機の変速制御法である二次電力制御法を発電に応用しており、数千kW級の発電所に適用しても経済的に見合う簡素な構成となっている。第2図に示すように、固定翼水車と巻線形誘導発電機を用い、誘導発電機の回転子巻線には整流器、パワースwitching素子(IGBT)、コンデンサ、インバータなどが接続される。落差や使用水量の変化に合わせて、Switching素子のオン・オフ制御により回転子巻線の出力を制御し、発電機トルクを変えることにより回転速度を変化させる。また同時に、その出力を系統へ回生してシステム効率の向上を図っている。



第1図 落差変動による水流変化(速度ベクトル)

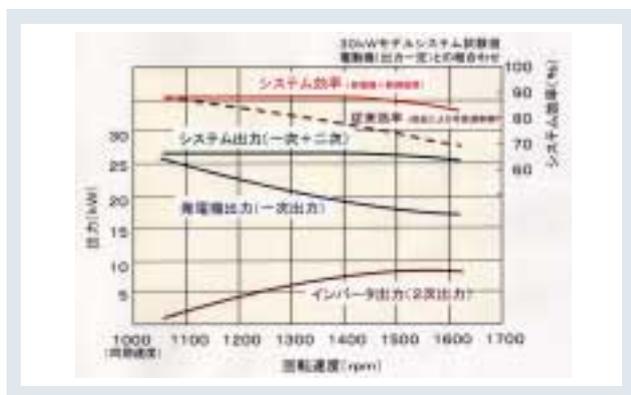


第2図 システム構成

第3図に、本研究で製作した30kWモデルシステムの外観を示す。これにより可変速性能の検証を行い、第4図に示すような可変速特性を得た。



第3図 30kWモデルシステム



第4図 可変速制御における出力・効率特性

本システムには下記の利点がある。
常に水車効率の高い運転ができるため発生電力量が増加する。
誘導機の採用によって自動電圧調整器や同期投入装置などを省略でき、設備を簡素化できる。
振動やキャビテーションを抑制できるため、水車修理周期の延長が期待できる。

3 研究成果

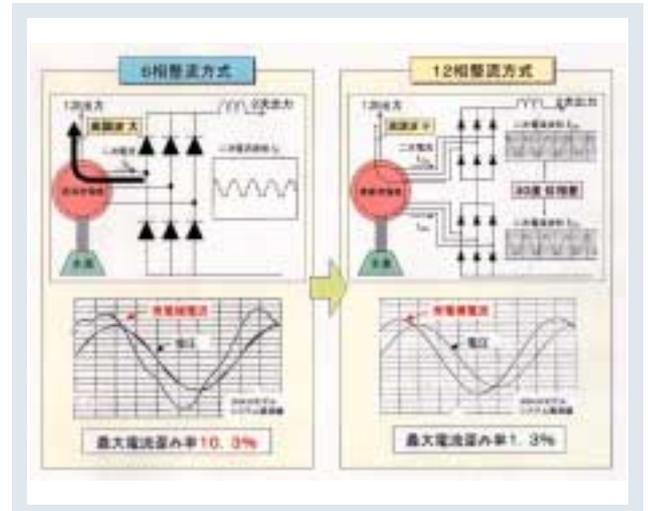
(1) 回転速度制御アルゴリズムの開発

水車の効率は、落差、使用水量および回転速度によって決まる。回転速度制御を行うにあたり、落差、使用水量ごとに最高効率となる最適回転速度をあらかじめシステムに入力しておき、落差、使用水量の変化に連動して回転速度を最適値に制御することで、常に水車効率が最高となるアルゴリズムを開発した。

(2) 12相整流方式による高調波抑制方法の開発

回転子巻線に接続されるダイオード整流器から発生する高調波は、発電機内の回転磁界を介して固定子巻線にも影響を与え、系統に高調波電流が流出する。

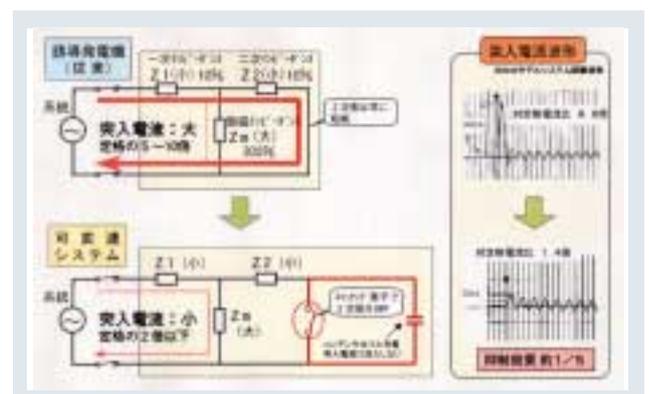
これを抑制するため、第5図のように回転子巻線を二つに分割し、その巻線間に30度の位相差をつけることで、高調波成分の大きい5次、7次調波を打消す方式(12相整流方式)を開発した。これにより、フィルタなどの高価な設備が不要となる。



第5図 12相整流方式による高調波抑制

(3) 系統並列時の突入電流抑制方法の開発

誘導発電機を系統に並列する時には、定格電流の5~10倍の突入電流が流れ、系統の電圧低下が発生する。この対策として、第6図に示すように、運転中は断続的に入り切りしているスイッチング素子を、系統への並列信号を受けて切状態に制御し、回転子側のインピーダンスを大きくする方式を開発した。これにより、突入電流を定格電流の2倍以下に低減することが可能となった。



第6図 スwitching制御による突入電流抑制

4 今後の展開

本システムは、平成15年運開予定の小里川水力発電所(1800kW)に適用する予定である。その他、大規模発電所内ポンプや風車発電機など、誘導機の可変速制御を行う様々な用途への適用が可能である。