

中小水力発電所の水冷から空冷化への検討

給水系統省略による保守の省力化

Study on Applying Air Cooled Systems Instead of Water Cooled Systems to Small-scale Hydroelectric Power Plants

Eliminating cooling water supply system in order to save labor in maintenance

1 給水系統の省略化

最近の水力発電所は、ほとんど無人化されており、発電所機器の信頼度向上と保守の省力化が要求されている。

発電所の給水系統（軸受、発電機の冷却用）と圧油系統（ガイドベーンなどの操作用）の障害発生は多く、その保守に多くの労力を要してきた。（第1図）

圧油系統については、油圧サーボモータに代わって電動サーボモータが採用され、設備の省略・簡素化が進んできている。

しかし、給水系統の省略（空冷化）については、これまで小容量の横軸機（3MVA以下）に限られており、今回その適用範囲を拡大するために調査・研究を実施した。

2 空冷式の適用可能範囲の検討

フランシス水車を対象として、軸受および発電機の冷却を水冷式から空冷式に替えた場合の技術的諸問題について検討した。（第2図）

(1) 許容温度などの検討条件

電気絶縁は、近年の技術進歩を考慮して、B種から1ランク上のF種とした。

軸受許容温度は、潤滑油の性能維持上から75℃とした。（第1表）

(2) 軸受冷却水の省略

立軸・横軸フランシス水車について出力・回転数をパラメータとして、代表点

中小水力発電所における保守コストの低減を図るためには、設備の合理化および無保守化を進める必要がある。このため、諸設備のうち冷却水系統について省略化、無保守化の調査・研究を実施した。その結果、これまでの冷却水系統の省略実績は小容量機に限られていたが、立軸水車発電機で20MVA、横軸機で10MVAまで可能であることが判明した。また、付属設備の簡素化によって経済的にも十分優位であることが判明した。

To reduce the maintenance cost in small-scale hydroelectric power plants, the facilities must be simplified and made maintenance-free. To achieve this goal, we have been conducting research on the possibility of eliminating the cooling water supply system among various equipment and making power plants maintenance-free. The research indicates that, by simplifying related facilities, maintenance-free air-cooled operation is feasible for vertical shaft water-turbines & generators of up to a capacity of 20MVA and horizontal shaft water-turbines & generators of up to a capacity of 10MVA even though the air-cooled systems were applied to mini power plants only, and may have more economical advantages through the simplification of additional facilities than the water-cooled systems.

を各々9点選定し、水車諸元を定めて次の点について検討した。

○水車および発電機概略設計および軸受損失の算出

○各種軸受冷却方式の特徴・能力・軸受への適用範囲・区分の検討

○適用範囲拡大のための諸方策の検討

(3) 空冷式発電機適用可能範囲

軸受冷却水の省略に準じ、次の点について検討した。

○発電機の概略設計と各損失および必要風量の算出

○発電機用冷却ファン能力の検討

○通風路内の圧力損失の算出

(4) 実機適用への計画設計

実機への適用のため、次の2例についてケーススタディを実施した。

○立軸フランシス：20MVA-400rpm

○横軸フランシス：5MVA-600rpm

A 立軸機

スラスト軸受は、冷却用別置熱交換器を発電機本体冷却風の通路に設置し、その冷却風を利用して冷却する方式とした。水車用軸受は、バランス管を通る流水を利用して冷却する方式とした。

I 横軸機

軸受冷却用別置熱交換器およびヒートパイプ形熱交換器を主軸に取り付けた自己ファンで冷却する方式とした。

3 冷却水省略可能範囲

立軸機は20MVA、横軸機で10MVAの

範囲まで空冷化が可能である。（第3図）

この結果を当社既設水力発電所に適用すると、立軸機は70%、横軸機は、ほぼ全て空冷化が可能である。

4 空冷化の経済性

水冷方式と空冷方式とを比較した場合、機器代はあまり変わらないが、据付費の減少および付属設備の簡素化による保守の軽減などにより経費の節減が図れる。

（第2表）

5 中規模発電所への適用拡大

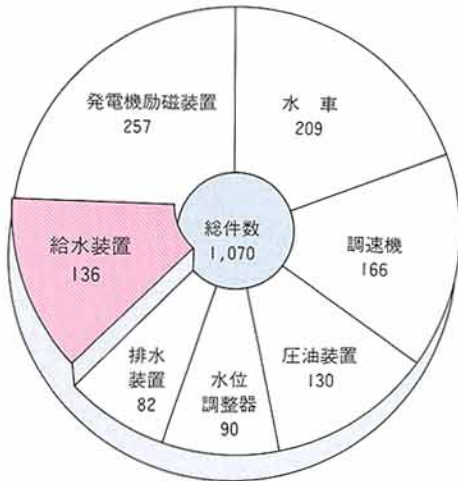
中小水力発電所の給水系統の省略が十分可能であることが判明した。

今後は、より経済性に優れた空冷式軸受の範囲拡大を目指すとともに、詳細設計、実機製作・運転を行い、保守性などについて検証を行う必要がある。

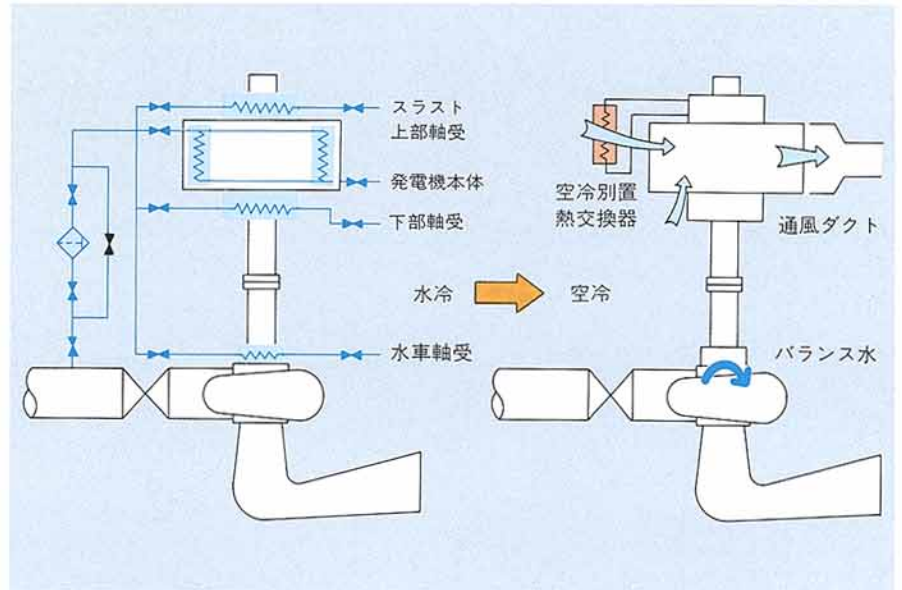
また、唯一給水が必要となる水車軸封水装置の給水を省略化するため、現在研究中である。近い将来、完全に給水系統の無い発電所が実現できるものと確信している。

この成果は、赤石沢発電所（ベルトン水車、出力19MW、1993年運開）に適用する予定である。

（工務部 水力課）



第1図 発電所設備の障害発生件数 (1982~1984年度計)



第2図 冷却水給水システムの省略

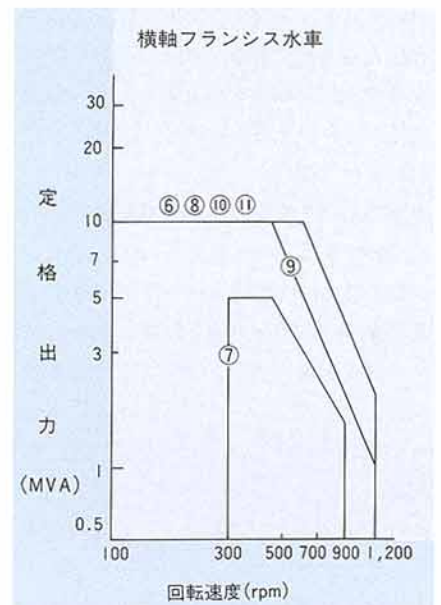
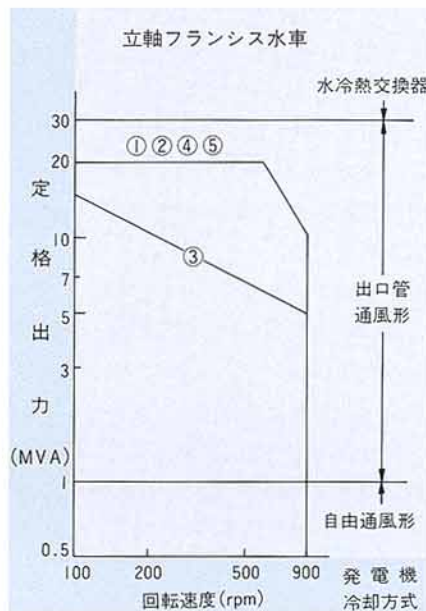
第1表 検討条件

	空冷方式	水冷方式
許容軸受温度 (冷却媒体温度)	75℃ (40℃以下)	65℃ (25℃以下)
発電機絶縁種別 (許容最高温度)	F種 (155℃)	B種 (130℃)
適用水車	フランシス水車	

第2表 機器代比較

	立軸フランシス 20MVA-400rpm		横軸フランシス 5MVA-600rpm	
	水冷方式	空冷方式	水冷方式	空冷方式
水車、付属機器 (うち給水装置)	50 (5)	46	60 (6)	54
発電機、付属機器	50	53	40	46
合計	100	99	100	100

(注) 工事費および試験費は含まず。



軸受の種類	循環方式 冷却方式	空冷方式	図 番号
スラスト 上部ガイド 軸 (複合形)	セルフポンプ 別置熱交換器	発電機吸気 自己空冷式	①
	電動ポンプ 別置熱交換器	電動ファン 強制空冷式	②
下部ガイド 軸 受	セルフポンプ 油槽表面放熱	発電機吸気 自冷式	③
	セルフポンプ 別置熱交換器	発電機吸気 自己空冷式	④
水車ガイド 軸 受	セルフポンプ 油槽表面放熱	バランス水 自冷式	⑤

軸受の種類	循環方式 冷却方法	空冷方式	図 番号
スラスト 直結側 ガイド軸受 (複合形)	セルフポンプ ヒートパイプ	自己ファン 自己空冷式	⑥
	セルフポンプ 別置熱交換器	自己ファン 自己空冷式	⑦
反直結側 ガイド軸受	電動ポンプ 別置熱交換器	自己ファン 自己空冷式	⑧
	セルフポンプ ヒートパイプ	自己ファン 自己空冷式	⑩
	セルフポンプ 別置熱交換器	自己ファン 自己空冷式	⑪

第3図 発電機および軸受空冷適用範囲