

故障対応用水力調速機制御装置の開発

水力制御装置の標準化に向けて

Development of Temporal Governor Controller for Hydro Turbines

Standardization of the Controllers for Hydropower Equipment

(工務技術センター 水力課)

(Hydropower Section, Electrical Engineering Technology Center)

水力制御装置は、半導体などの技術進展により、設備現存中にメンテナンス打ち切りとなる装置が存在する。一方で、装置の型式が多く、故障発生時には、代替品が無く修理のために長期間の発電停止が余儀なくされ、溢水電力が発生する。そこで本研究では、将来の水力制御装置の標準化に向けて検討するとともに、様々な型式の調速機制御部の故障時に、そのバックアップとして使用できる故障対応調速機制御装置の開発を行った。

Due to the rapid development of semiconductor chips, controllers of hydro turbines and generators tend to be out-of-service frequently. Furthermore, we cannot use spare parts from other plants because the type of controller at one plant may be different from that of another. These situations require us to stop the operation of power plants for long periods when a controller failure occurs, and the overflow power is increased. In this study, we consider the standardization of the controllers for hydropower equipment, and we developed a temporal controller, which can be used when the governor controller of a hydro turbine fails.

1 背景および目的

低炭素社会の実現へ貢献するため、二酸化炭素を排出しない水力発電については、効率向上・発電停止期間短縮等により発電電力量を増加する努力がなされている。

近年、水力発電所の自動制御を行う水力制御装置は、半導体などの目まぐるしい技術進展により型式変更周期が短く、設備現存中に製造中止やメンテナンス打ち切りとなる装置が存在する。特に中小水力発電所向けの制御装置については、装置の型式が多く、故障発生時には、代替品が無く修理のために長期間の発電停止が余儀なくされる。

そこで、本研究では、水力制御装置の標準化について検討したうえで、中小水力発電所の様々な型式の制御装置故障時にバックアップとして使用できる制御装置の基本仕様を検討した。その結果を踏まえ、水力制御装置のうち故障対応用として最も効果的である調速機制御部を製作し、フィールド試験により性能評価を実施した。

水力制御装置は自動シーケンス、応水装置、水位調整装置(水調)、自動電圧調整装置制御部、調速機制御部等から構成されるが、それぞれの装置は様々な型式のセンサ類から入力し、また異なるレベルの信号を出力している。

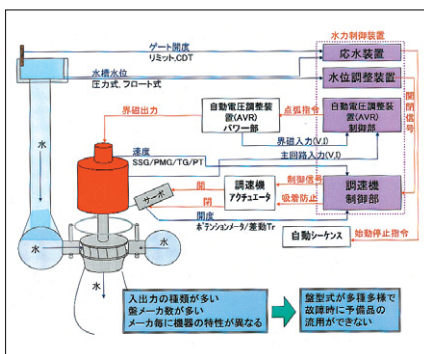
本研究では、今後の水力制御装置標準化の促進に向け、近年の技術動向等を鑑み、中小水力向けの制御装置(Cタイプ)の標準入出力信号を第1表のように検討した。なお既設機器において、検討した入出力信号に対応していない場合には、変換器等を中継させることで対応が可能である。

第1表 水力制御装置(中小水力用)の標準入出力信号

信号種別	入出力先	信号仕様	関連制御装置	
入力信号	速度信号	速度信号発生器(SSG)	パルス	調速機
	サーボモータ開度	ポテンションメータ	0~2kΩ	調速機
	ゲート開度	リミットスイッチ	接点	応水装置 水位調整装置
	水槽水位信号	圧力式水位計	4~20mA	応水装置 水位調整装置
	発電機電圧	発電機PT	110V	自動電圧調整装置
	発電機電流	発電機CT	5A	自動電圧調整装置
出力信号	調速機アクチュエータ制御	調速機アクチュエータ	DC ±10V	調速機
	調速機アクチュエータ 固着防止信号	調速機アクチュエータ	AC 60Hz	調速機
	電動サーボモータ ドライバ制御	電動サーボモータドライバ	DC ±10V	調速機
	界磁出力	交流励磁機(AC-EX) スリップリング	直流界磁 直流電圧・電流	自動電圧調整装置
	負荷制限装置 閉閉信号	配電盤	接点	応水装置 水位調整装置
	始動停止命令	配電盤	接点	応水装置

2 水力制御装置の標準化検討

水力制御装置は水車・発電機など機器に合わせて個別設計されており、また、関連規格類においても入出力信号については規定されていない。その結果、製作者や地点ごとに細部の仕様が異なり、多種多様な入出力信号となっている(第1図参照)。水



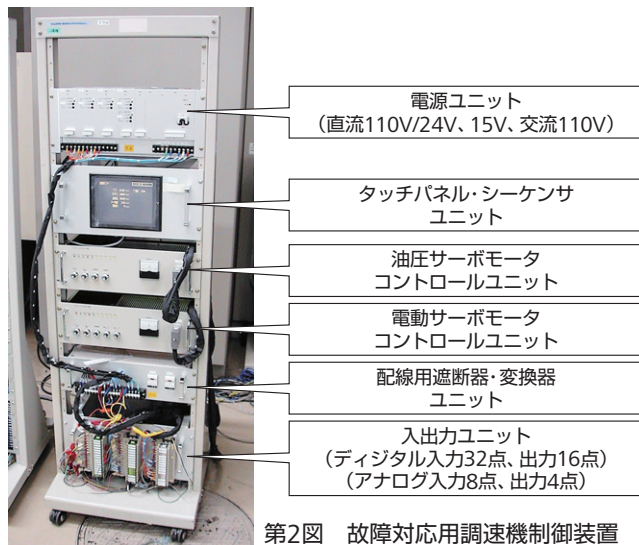
第1図 水力制御装置の入出力イメージ

3 開発装置の入出力詳細検討

開発する故障対応調速機制御装置と既設機器との入出力は第1表の信号を準用した。ただし、速度検出については、既設機器で使用されている発電機PT、永久磁石発電機(PMG)、速度信号発生器(SSG)等の全ての信号に対応できるよう変換器を具備するのは経済的でないため、発電機PTにより行うこととした。また、開度検出は可搬式のポテンションメータにより検出することとした。

4 開発装置の詳細設計及び製作

前項の入出力詳細検討をもとに、装置の設計、製作を行った。本装置はZ級の調速機を対象とし、また、調速機制御機能に加え、水槽水位に応じて発電機を始動停止および出力調整する応水・水調機能を付加した。製作した装置を第2図に示す。本装置はユニット構成として、油圧と電動の両方のサーボモータと結合するため、その切替を端子台において渡り線を変更することで容易に行えるようにした。また、本装置はその使用目的から、取扱いの容易性や可搬性が求められる。そのため、タッチパネルの採用やユニット間配線のコネクタ化などを行った。



第2図 故障対応用調速機制御装置

5 工場内における開発装置の性能評価

製作者工場内にて開発装置を油圧及び電動サーボモータと結合して試験を行い、65F(周波数調整)特性、水調特性及びシーケンス総合動作(調速機制御、水調、応水始動停止)について、その性能に問題が無いことを確認した。

6 フィールドにおける開発装置の性能評価

開発装置を複数の発電所に持ち込み、実機サーボモータと結合して無水・有水試験を行い、その性能を確認した。第2表にフィールド試験実施箇所を、第3表にフィールド試験工程を示す。

第2表の通り、フィールド試験は3メーカー、油圧・電動と異なる仕様の調速機に対して行った。また第3表の通り、フィールド試験は各所5日間程度で実施した。このうち本装置の性能評価試験は3日間程度であり、後半2

第2表 フィールド試験実施箇所

地点	メーカー	試験日程
工務研修所実習発(HF-1RS)	日本工営	油圧 H22.5.25~5.28
横沢第二発(290kW、HF-1RDS)	日本工営	電動 H22.9.6~9.10
松川第三発(580kW、HF-1RS)	日機	油圧 H22.5.31~6.4
日義発(1300kW、HF-1RDS)	日立	電動 H22.11.5~11.10

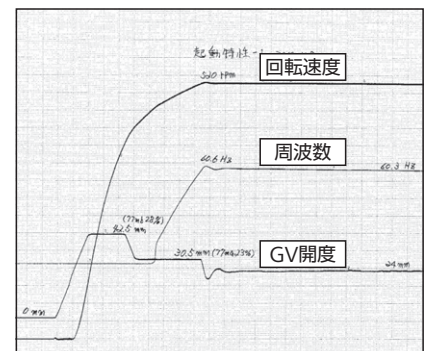
第3表 フィールド試験工程

項目	日程	内容	
開発装置試験	搬入・切替	1日程度	既設調速機盤の配線を外し、開発装置を既設アクチュエータや配電盤などと接続
	無水試験	1日程度	入出力信号確認、サーボ開度検出器取付、シーケンス確認、調速機各種特性試験(制御指令対サーボストローク測定他)
	有水試験	1日程度	増速調整試験、自動始動停止試験、負荷調整試験、応水始動停止・水調運転確認
復旧	撤去・復旧	1日程度	開発装置の切り離し、既設調速機盤へ配線戻し、無水試験
	有水試験	1日程度	応水始動停止・水調運転確認(既設盤)

日間は、既設調速機盤への復旧作業(確認試験を含む)である。本装置での試験にあたっては、発電所の既設自動シーケンスを用いるため、アナログ入出力信号の他に、既設配電盤からの条件引き出しなどの接点入出力が必要となる。そのため、展開接続図や裏面接続図等の図面及び現場で条件引出場所を確認する必要がある。

第3図に有水試験結果の一例を示す。第3図において、周波数とGV(ガイドベーン)開度が本装置へ入力している信号である。今回のように速度検出を発電機PTからの周波数値により行った場合の懸念として、発電機に励磁が掛かり電圧が発生してからしか速度検出を行えないことが挙げられるが、タッチパネルにおいてガイドベーンの始動開度と無負荷開度を水車・発電機に合わせて適切に設定することにより、第3図の通り大きなオーバーシュートを起こすことなく、定格回転数に制御できていることが分かる。

試験結果として、フィールド試験を行った全箇所、確実に水車を始動、停止、出力調整できることが確認でき、良好な結果を得られた。



第3図 有水試験結果例(始動特性)

7 まとめ

本研究では、水力制御装置標準化の促進に向けて、中小水力向けの制御装置(Cタイプ)の標準的な入出力信号を規定した。また、様々な型式の調速機に対し、その制御部故障時のバックアップとして使用できる故障対応用調速機制御装置を開発した。工場およびフィールドにおいて開発装置は異なる型式の調速機の仕様に合致した制御を行い、その有効性を確認することができた。開発装置は出力3000kW以下の中小水力発電所で使用する調速機制御装置を対象としており、対象124台中52%にあたる65台のバックアップとして適用可能である。開発した装置は平成23年3月に全社共用の予備品として塩尻電力センターに実配備した。



執筆者/横田 裕