

総合水力制御所システム

Next Generation Hydroelectric Control System

*電力システム製作所

要 旨

総合水力制御所システムは、水力発電に関わる水力設備の状態を24時間365日常時監視し、水力設備を合理的かつ効率的に運用して、良質な電気を安定的に供給する制御系システムである。システムへの信頼性向上とコスト削減の要求が高まり続けている中、三菱電機は、運用者が業務に当たる複数の運用拠点と監視制御処理を実行するサーバー群の設置拠点を分散配置した広域監視制御分散型システム⁽¹⁾や、更に多重化したサーバー間を高度に広域連携することによって運用拠点とサーバー拠点の縮小を実現した拠点集約型システムなど、これまで培ってきた総合水力制御所システム技術とノウハウ、さらに水力設備の監視制御に特化した新たな機能を開発した。

1. ま え が き

関西電力^(株)では、小水力と呼ばれる小規模な水力発電所と揚水発電所が近畿管内に約80か所、大規模な水力発電所が北陸管内と東海管内合わせて約70か所存在している。これらについて、これまでは各県・地域に存在していた給電制御所システム、水力制御所システム、揚水発電所システム等の複数システムで電力システムとともにそれぞれ監視制御を行っていた。しかし、2020年の発送電分離に伴い、電力システムを監視制御するシステムと、水力発電所を監視制御するシステムを明確に分けることが必要になり、水力発電所の監視制御及びダム監視に特化した水力制御所システム(図1)を開発することになった。

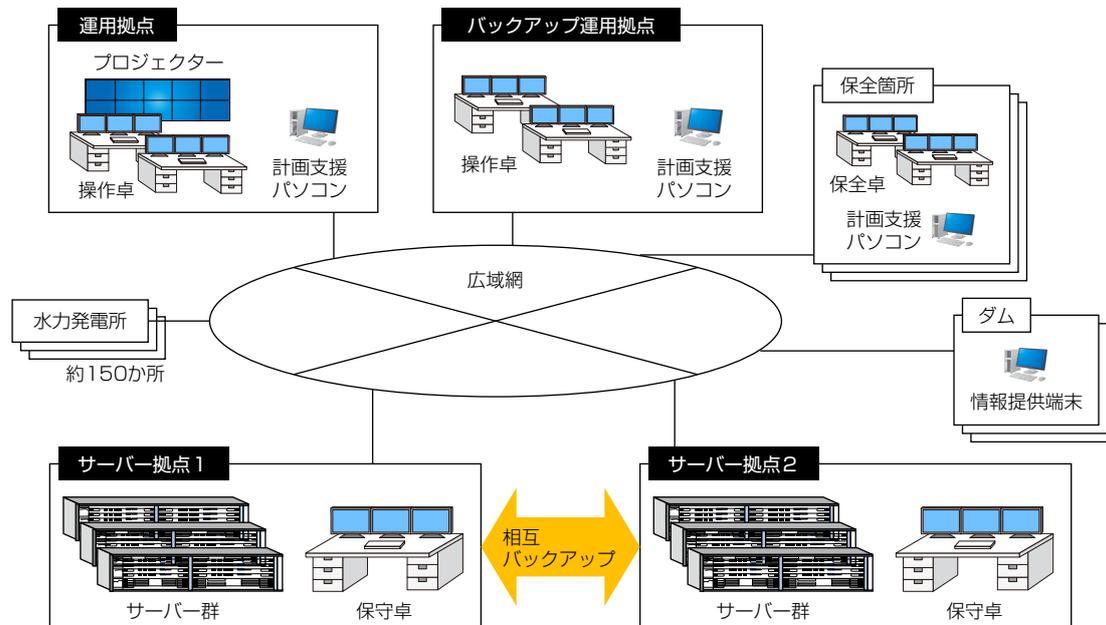


図1-総合水力制御所システム

当社では、サーバー拠点2か所、運用拠点1か所、バックアップ運用拠点1か所といった構成でシステムを一つに統合することをコンセプトとした総合水力制御所システムの開発を打ち出して、2018年から開発に着手した。しかしながら、水力設備の監視制御は電力システムとは異なって水系独自の運用がこれまで行われており、複数ある既設システムでも独自機

能を盛り込んだ個産システムになっていた。これらを一つのシステムに統合するために、標準化すべき機能と、個別機能として残すべき機能に分けた上で、保守性を維持したシステムにすることが大きな課題になっていた。

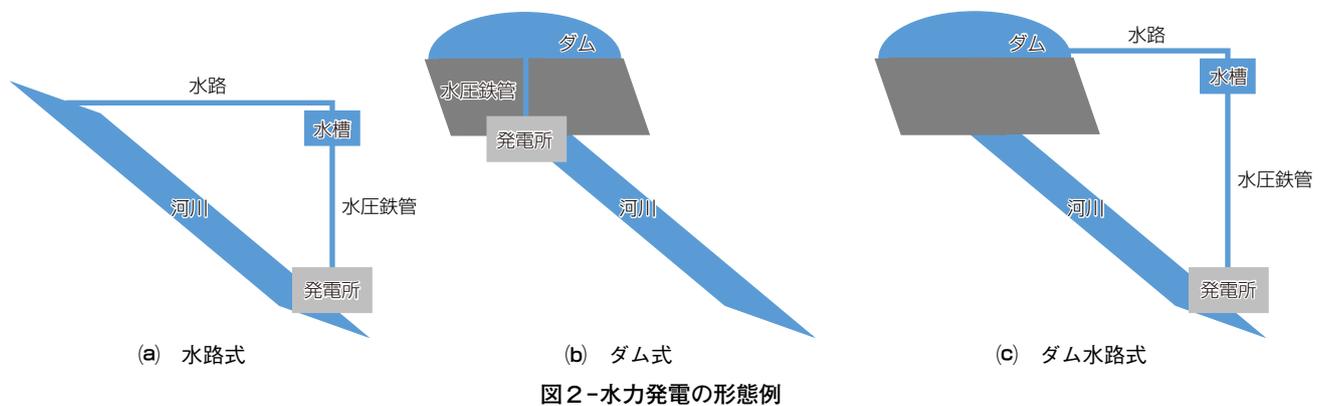
本稿ではこの課題に対する取組みと併せて、総合水力制御所システムの概要について述べる。

2. 水力制御所システム

一般的に、水力制御所システムとは水力発電所の監視制御及びダム監視を行うシステムのことを指す。主に発電機の起動・停止や、ダムの水位・放流量の監視などを24時間365日、遠隔で行っている。

水力発電所の規模、制御方法は河川の規模、水量に依存するところが大きく、例えば河川規模の大きいエリアの発電所では発電機の起動・停止だけでなく出力の変更まで分刻みで制御する一方で、河川規模の小さいエリアの発電所では起動・停止だけを制御するなど、運用方法も様々である。さらに、太陽光発電などの再生可能エネルギーの導入拡大に伴い、電力を安定供給するための調整力としても注目されている揚水発電所では、更に複雑な制御を必要としている。また、ダムでもその規模や用途に応じて様々な形態があり、監視すべきパラメーターもそれに応じて変わる(図2)。

このように多種多様な発電所の監視制御及びダムの監視を行っているのが、水力制御所システムである。



3. 総合水力制御所システムの特徴

本稿で述べる総合水力制御所システムでは、これまで各エリア、各河川特化で監視制御を担っていた水力制御所システム等を一つのシステムに集約した。2章で述べたとおり、水力制御所システムでは河川の規模、水量に応じて多種多様な運用が行われており、機能も様々である。総合水力制御所システムの開発では、これまでの運用を維持できるような一つのシステムに集約しながら、かつ保守性を高めることが大きな課題になっていた。

この章では、特に総合水力制御所システム特化の機能の概要と、課題への取組みについて述べる。

3.1 システム集約の課題

これまで全く別の場所で、別のシステムをそれぞれ運用していた運用者が、一か所に集まり同時に全エリアの水力設備を監視制御するには、当然ながら互いの干渉は避けられない。そこで、可能な限りこれまでどおりの運用を各運用者が集中して継続できるようにするために、総合水力制御所システムでは班と水系という概念を取り入れた。

まず全エリアを大きく2班に分けて、システム上でもこの2班を別サーバー上でそれぞれ処理させることで、UI(User Interface)上、処理上共に互いの干渉を避けるようにした。さらに班の中も5水系に分けて、監視画面などはこの単位で閲覧可能になっている。また、運用者ごとに持つ権限にレイヤーを設けることで、例えば運用者が1班の水系1の監視制御担当である場合、自身のユーザーIDに紐(ひも)付いて、他班の状態変化や異常に伴う画面フリッカーなどは表示させないようにすることが可能である。

さらに、データベース(以下“DB”という。)そのものにもシステムごとの差異があったため、これを統合する必要があっ

た。例えば、数値情報(以下“TM”という。)はその種類(水位、放流量、出力等)によってそれぞれ固有の種類を持っており、DBとして定義されているが、これまではシステムごとに自由に種別を定義していた。まずはこれを集約するために全TMの種別を整理した。また、システムの根幹に関わる水系計算機能、発電機制御機能などでは仕様の差異をDBで吸収することで、システムの複雑化を回避し、保守性の高さを維持している。

3.2 水系計算機能

総合水力制御所システムの監視に用いられるTMは、現地機器から直接送られてくる観測値(以下“オンラインTM”という。)のほかに、そのオンラインTMからあらかじめ決められた計算式を用いて算出される計算値(以下“オフラインTM”という。)がある。この算出を行っているのが水系計算機能である。

当然、計算式は発電所、ダム規模によって異なる上、同じ種類のTMでも発電所によってオンラインTMがあるもの、オフラインTMとして算出が必要なもの、といった違いもある。

このような課題を解消するために、総合水力制御所システムでは次の二点の取組みを実施した。

(1) 計算種別の整理

同じ種別のTMでも、発電所、ダムによって計算式が異なることが多々ある。これを解消するためにパターンを整理し、計算種別としてDB化した。一例として、ダムの水位が挙げられる。まず、全ダムの水位の計算式を洗い出して、これらをパターンに分けて、計算種別としてDBに定義した。水位の計算種別は現在9種別あり、それぞれが別の計算式で値を算出している。例えば、オンラインTMをそのまま使用するパターンや、オンラインTM6点を平均するパターン、オンラインTMからダムの標高を差し引くパターンなどがある。

(2) 変数のDB化

同じ計算種別でもその計算式に使われる変数が異なる場合がある。一例として、水位をオンラインTMからダムの標高を差し引いて算出するパターンでは、ダムごとに差し引くべき標高が異なるため、これを変数としてDBに持たせている。そうすることで、システム内の計算式としては一つにまとめることができ、保守性を維持することが可能になっている。

水系計算機能で算出されたTMは、3.3節で述べる制御機能でも制御条件や制御内容として用いられるため、非常に重要度の高い機能である。これらの取組みによって、このような重要度の高い機能を高品質かつ保守性高く提供することを実現した。

3.3 発電機制御機能

総合水力制御所システムの大きな役割の一つとして、発電機の起動・停止制御が挙げられる。発電機の制御方法は大きく手動制御と自動制御の2種類があるが、ここでは自動制御を担う発電機制御機能について述べる。

発電機制御機能では支援系サーバー又は運用者が監視操作卓から入力した翌日予想、当日補正の変化点情報(時刻、出力(流量))、発電機優先順位に基づいて、発電機ごとの起動、停止、出力変更等のスケジュールを作成、登録し、これに従って発電機の制御を自動で行う。

発電機制御でも、発電所ごとに制御条件や制御方法が異なる。例えば、一般的に発電機制御では発電機の出力を指令値として制御するが、AFR(Automatic Follower Regulator:自動流量調整装置)発電所と呼ばれる発電所では出力の代わりに流量を指令値として制御し、流量と水位から出力を換算する。中には流量が規定されている発電所もあり、発電機制御機能で現在値と規定値の偏差から最終停止時刻を自動算出している。また、一部では発電機ごとの制御ではなく、発電所一括でスケジュールを登録し、制御する発電所も存在する。さらに、揚水発電所では発電方向だけでなく、揚水方向の制御も必要である。

このような様々な制御方法に対応するために、発電機制御機能でもパターンを整理し、計算種別をDB化した。計算種別は大きく16種別、枝番まで含めると27種別存在する。

3.4 ソフトウェア応水機能

発電機の自動制御の中に応水運転と呼ばれる制御方法がある。現地の応水装置がダム(水槽)の水位に応じて、発電機を自動で起動・停止する機能だが、総合水力制御所システムではこれをシステムに取り込んで、新たにソフトウェア応水機能として実装した。

システムに取り込むことで現地に応水装置が設置されていない発電所でも応水運転を可能にするために、あらゆる発電

所に対応できるような機能にすることが課題であった。この課題を解決するために、制御条件となる基準水位などをDB定義可能にして、発電所ごとの差異だけでなく、季節や将来的な運用形態の変化にも対応できる機能になっている。

ソフトウェア応水機能では、DB定義に従って対象のダム水位が発電機起動の規定値を一定時間超えた場合には発電機を自動起動する。これによって水位が基準値を超えた場合に増水し続けて越流することを防ぐ。また、発電機停止の規定値を一定時間超えた場合には発電機を自動停止し、渴水を防ぐ(図3)。

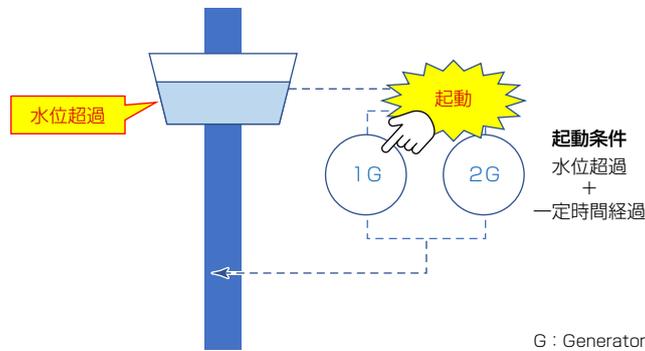


図3-ソフトウェア応水運転

3.5 上流抑制機能

運用者の負担を軽減する要望の高まりを受けて、総合水力制御所システムでは上流抑制機能と呼ばれる新たな機能を実装した。

下流の発電機で事故が発生し、発電機が停止した場合、そのまま上流の発電機で発電をし続けると、下流のダム、水槽に水が溜(た)まり続ける。これを防ぐために上流の発電機の出力を抑制する必要がある。上流抑制機能では、これまで運用者が実施していた、下流の発電機で事故が発生した際に緊急対応として上流の発電機の出力を抑制する、という運用を自動で実施するものである(図4)。

上流抑制機能については、上流下流のつながりや、想定される事故範囲とその影響範囲など、運用者の知見を基に抑制対象発電機を設定する必要があるため、DBではなくシステム上の画面から自由に設定変更が可能になっている。ソフトウェア応水機能や上流抑制機能といった、総合水力制御所システムで新たに実装した機能では、機能の特性に応じて起動条件の設定方法を変えて、また設定内容を可能な限り簡素化することで互換性の高い機能にすることを目指した。

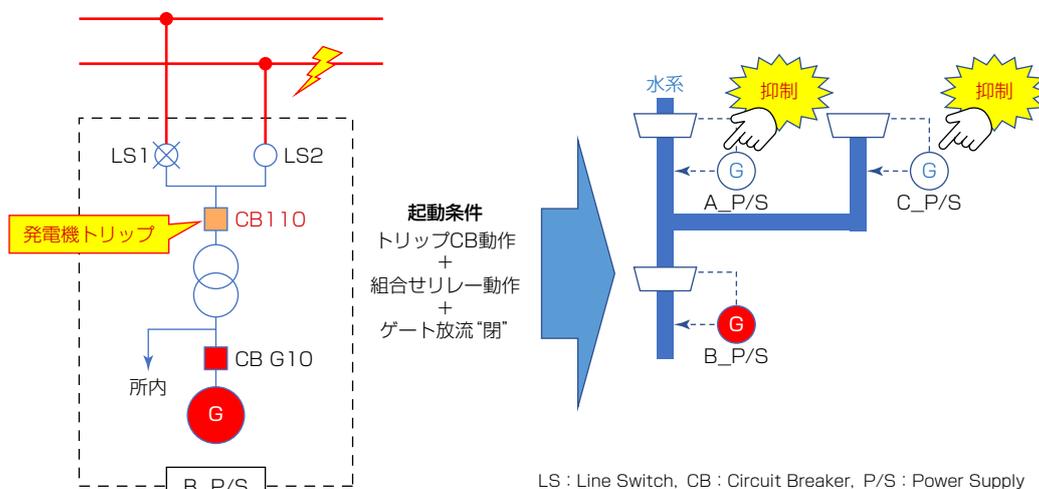


図4-上流抑制機能

4. む す び

今後も太陽光発電などの再生可能エネルギーの更なる増加や、連携先システムの形態の変化など、総合水力制御所システムを取り巻く環境は、刻々と変わっていくことが想定されている。当然それに合わせてニーズも変化していくが、当社ではその環境変化をいち早く捉えて、開発にも取り組んでいく。

また、拠点集約型システムという考え方は、他システムでも広がりを見せており、連携先システムが集約されていく計画などもある。

さらに、運用者の負担軽減という課題は尽きることがなく、良質な電気を安定的に供給し続けるための助力となるため、総合水力制御所システムでも新たな機能の拡充を図っている。

当社では、この総合水力制御所システムで得た技術とノウハウを糧に、今後も更なる水系運用の高度化に向けた技術開発を推進する。

参 考 文 献

- (1) 藤田淳文, ほか: 次世代電力系統制御システム, 三菱電機技報, **86**, No.9, 498~501 (2012)

