

第91回

電力管理システム

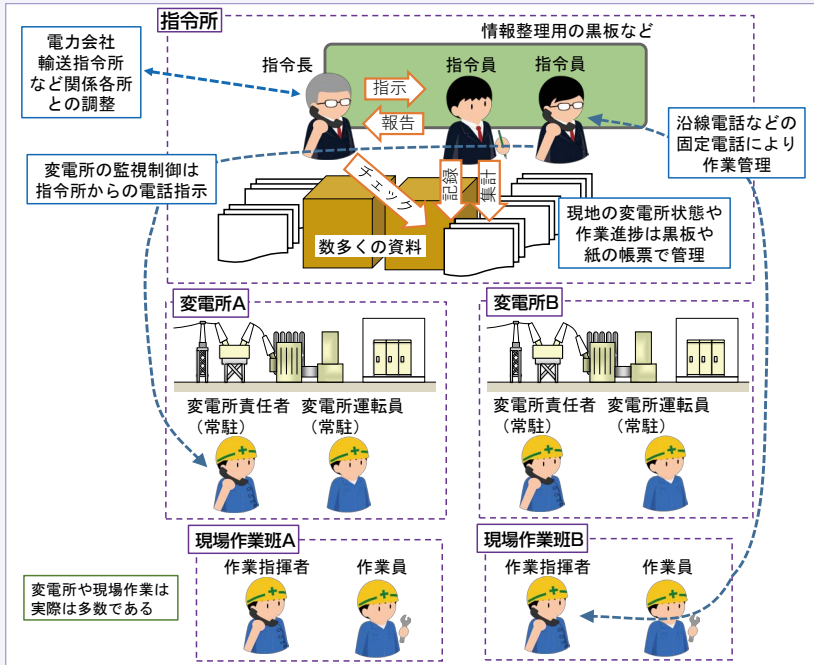


図1 電力管理システム導入前の電力供給システム管理業務の流れ

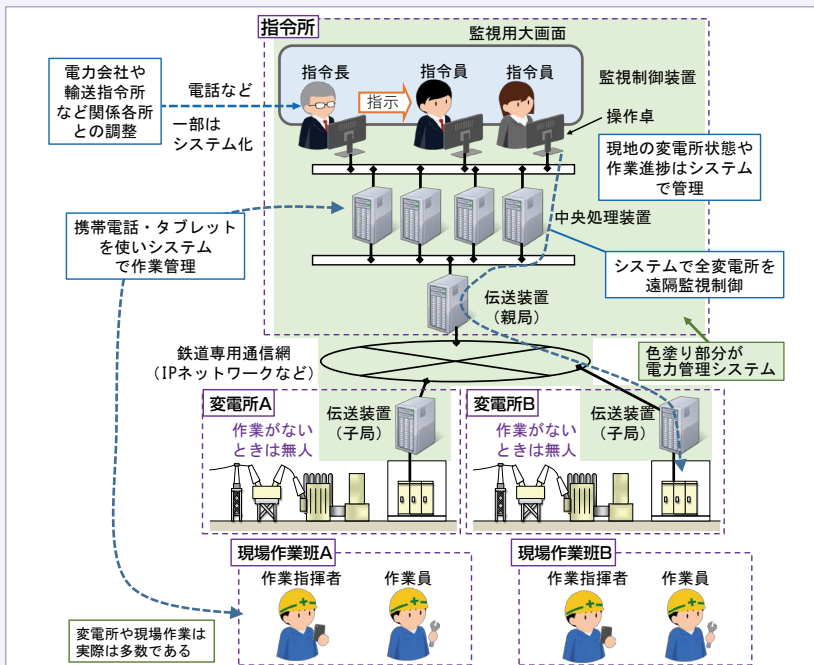


図2 最新の電力管理システムを用いた現代の電力供給システム管理業務の流れ

はじめに

「電力管理システム」は、変電所、き電区分所、配電所など（以下、変電所等といいます）を電力指令所から24時間体勢で集中監視制御するものです。鉄道の電力供給システムにおける頭脳と神経網に相当し、鉄道の日々の安定安全輸送を維持するために、欠くことのできない重要なシステムです。ここでは、電力管理システムの歴史、現在と今後の展望について解説します。

電力供給システム監視制御業務と電力指令所

まずはじめに、我が国の電気鉄道における電力供給システムの監視制御業務の変化の概要を説明します。

明治初期に電気鉄道が初めて営業運転を開始してから昭和初期にかけては、すべての変電所等に運転員が24時間体勢で常駐し、監視制御業務を行っていました(図1)。

変電所等の制御や現地作業は、電力供給システム全体に加えて、列車運転状況、電力会社、隣接線区などの状況を把握・調整しながら進めなければなりません。そこで、電力供給システムの監視制御および現地作業の取りまとめを行う組織として「電力指令所」(でんりょくしれいじょ 参考)が置かれました。

電力指令所では各変電所等からの状

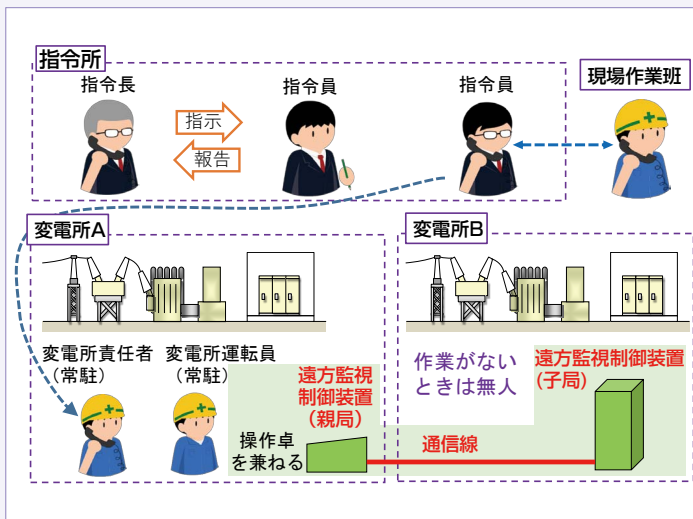


図3 初期の遠方監視制御装置(一対一通信方式)の構成

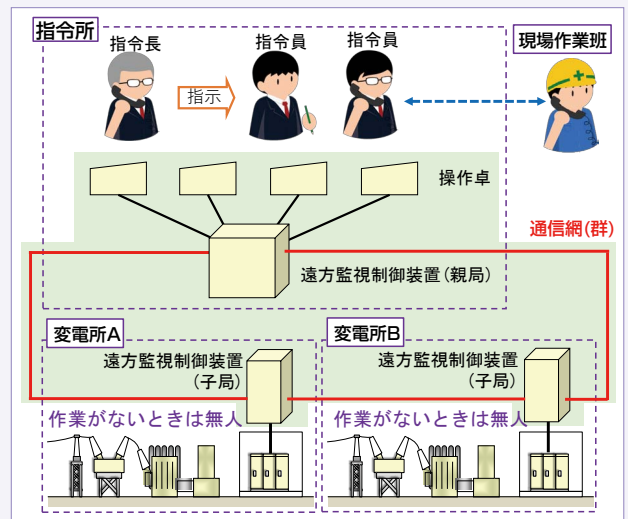


図4 集中監視制御方式の遠方監視制御装置の構成

態報告、列車運転状況(輸送指令所や駅から報告を受ける)、電力会社などの状況を電話や電信用いて常時集約します。集約した情報は逐一紙の帳票や黒板などに記録しました。そのうえで、電力指令所からの電話指示により変電所等の制御や現地作業の着手終了を行っていました。

一方、現在の電力供給システムの監視制御業務の流れは図2のようになっています。変電所等の監視制御や現地作業の統括は「電力管理システム」というICT機器の一群を用いて電力指令所から集中的に行われます。変電所等は普段は遠隔での集中監視制御による無人運転であり、現地作業の着手許可や終了報告も携帯電話やタブレットを用いた作業統制機能により半自動的に行われます。

電力管理システムはおもに、①頭脳となる中央処理装置(サーバー群)、②指令長および指令員とのインター

フェイスとなる監視制御装置(操作卓や大画面など)、③指令所と変電所等との情報伝送を行う伝送装置(遠方監視制御装置)からなります。伝送装置には指令所側の親局と変電所側の子局があり、子局は変電所等の制御をつかさどる配電盤に接続され、中央処理装置からの制御信号にしたがって変電所の機器が動作します。

以下では、図1から図2に至る歴史の流れについて具体的に解説します。

遠方監視制御装置の登場

1929年に前記の②と③の機能を有する「遠方監視制御装置」が、我が国で初めて阪和電気鉄道(現、JR西日本阪和線)に導入されました¹⁾。これは同鉄道の支線(現、羽衣線)の運用の省力化を目的とした一対一通信のシステムです。変電所に操作卓を兼ねた親局を、き電区分所に子局を置き、変電所からき電区分所を遠隔で監視制御を行うことで、き電区分所を無人化しました(図3)。遠方監視制御装置という名称はとくに旧日本国有鉄道(旧国鉄)を中心に用いられました。

この一対一の遠方監視制御装置は当時の最新の電気通信技術を導入して開

発された画期的な技術であり、日本においては電力会社に先行して実用化されました。これをきっかけとして電力会社、旧国鉄、東京地下鉄道(現、東京メトロ)などに同種の遠方監視制御装置が導入されるようになりました¹⁾²⁾。

本方式は安価で省スペースという特長があり、構成部品を近代化したサイクリック形遠方監視制御装置などの形式が、現在の電力管理システムにおいても広く用いられています。

鉄研B形遠方監視制御装置

図3のような一対一の遠方監視制御装置では、各変電所等に対して専用の操作卓を設け、さらに一対一で通信線を設ける必要がありました。そのため、図4のように多数の変電所等を一括して電力指令所から集中的に監視制御するといった使い方は、ほぼ不可能でした。

この課題を克服した新技術の代表例が、鉄道総研の前身である旧国鉄の鉄道技術研究所が開発し、1958年に実用化された「鉄研B形遠方監視制御装置」です。これは当時普及が進んでいた電話自動交換機の技術を応用し、一つの制御卓と、「群」とよばれる一つの通信網を用いて、複数の変電所等を一括し

電力指令所

「電力」の呼称や「指」の漢字が事業者によって異なります。ほかの例として電気指令所、電力司令所、電気司令所などがあります。また最後の「所」を省略し、「電力指令」などとよぶことも一般的です。

て監視制御できるようにしたものです。これにより、基本的にすべての変電所等の無人運転が可能となりました。

鉄研B形遠方監視制御装置の中でもとくに普及した形式が、機械式のワイヤスプリングリレー(スイッチの一種)を用いた「鉄研B-W形遠方監視制御装置」(以下、B-W形)です。B-W形には信頼性確保、電力量計測、情報の優先度を考慮した制御など、当時の画期的な新機能が複数導入されました。

B-W形の操作卓と子局の写真を図5、図6に示します。当時の計算機の汎用構成部品であった、機械式リレー、機械式ボタンやレバー、ランプ式表示灯などから構成されています。

B-W形と類似した遠方監視制御装置が複数開発され、多くの事業者で導入されるようになりました。また、東海道新幹線の建設にあたって、B形をトランジスターを用いて電子化した「鉄研H形遠方監視制御装置」が開発され、東海道新幹線および山陽新幹線に導入されました。

鉄研W形遠方監視制御装置

鉄道電力供給システムの複雑化や輸送サービスの多様化にともなって、機

械式リレーで構成されたB-W形遠方監視制御装置では処理速度が遅い、装置が大きい、複雑な処理が不可能など、さまざまな課題が現れるようになりました。

そこで、当時最新技術であった電子計算機を用いた通信機器を適用し、1980年に「鉄研W形遠方監視制御装置」(以下、W形)が開発されました。W形はまず東北新幹線に導入され、続いて在来線にも導入が進みました。

W形は、電子計算機の採用による小型化、処理速度の高速化、扱う情報量の増加、計測機能の強化といった機能向上が図られました。通信線のトラブルに対する耐障害性も、B-W形よりも優れています。

電子計算機による遠方監視制御装置はW型以外にも複数のものが開発されました。ちょうど国鉄分割民営化の時期にあっていたことに加え、パソコン通信やインターネット技術の普及にともない情報通信の要素技術が急速に進歩した時期と重なったことから、メーカー各社がそれぞれ独自に開発を進めた結果、多種多様な方式が実用化されました。現在でもW形を含め複数の形式が現役で運用されています¹⁾³⁾。

ここまで述べた遠方監視制御装置は、変電所等にある機器一つ一つを電力指令所から遠隔で監視制御する機能のみを有する一種のリモコンであるにすぎず、頭脳に相当する部分をもちません。電力供給システムの制御は指令員が操作手順書にしたがって一つ一つの機器を順に操作することで行っていました。

一方、電子計算機技術の進歩にともない、電子計算機とソフトウェアによる高度な自動化、たとえば変電所等の複数機器の一括制御、定時での自動操作、目的指向(たとえば二つの変電所の間を停電させる)制御、操作条件のチェックといった、自動制御機能を有するシステムが登場しました。

このような自動化や高度化は、遠方監視制御装置の親局に中央処理装置(前記①)とよばれる電子計算機の一群を接続することによって実現されました。遠方監視制御装置に直結されていた操作卓は、中央処理装置に接続される構成へと変化しました。

操作卓に加えて、電力供給システムの状況を表示する大画面モニター、時計装置などを指令所に設ける構成も一般的となり、監視制御装置(前記②)

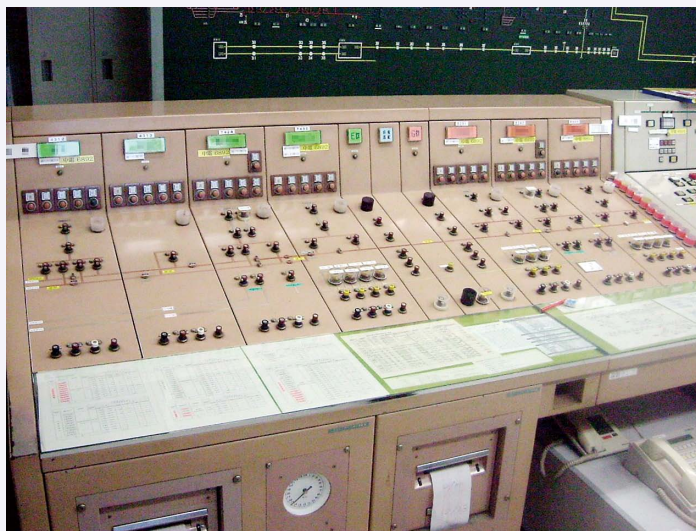


図5 鉄研B-W形遠方監視制御装置の操作卓(指令所)



図6 鉄研B-W形遠方監視制御装置(子局)

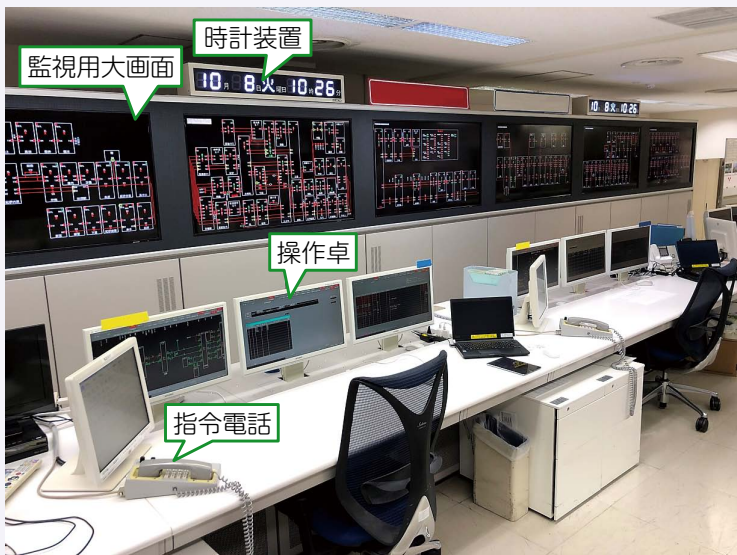


図7 現代の電力管理システムを適用した電力指令所の様子

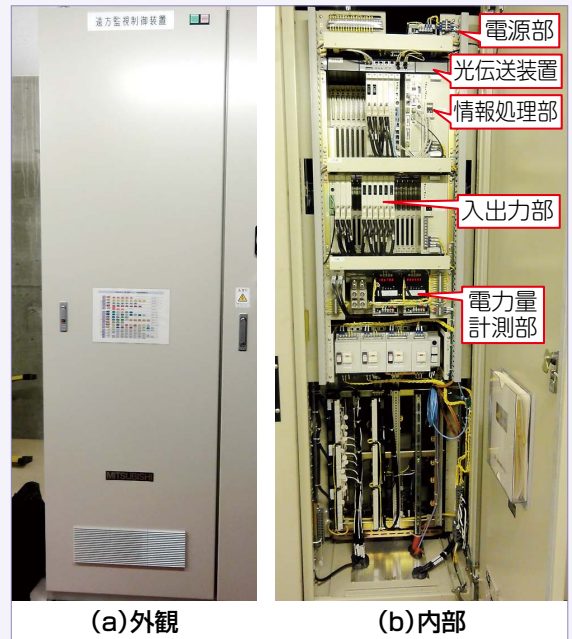


図8 IP形伝送装置(子局)の例

という概念が確立し、遠方監視制御装置とは別の装置群と見なされるようになりました。

このため、従来の遠方監視制御装置から監視制御装置に対応する領域を除いた伝送装置(前記③)という名称が近年では一般的に用いられます。

このような技術革新を経て電力管理システムがついに実用化されました(図2)。現代の電力指令所の様子を図7に示します。図5と比較すると、操作卓が表示灯やスイッチの集合体からディスプレイとキーボード・マウスに変わるなど、技術の進歩にともなう部品や装置構成の変化がよくわかります。

インターネット技術の導入

21世紀初頭からインターネット技術は飛躍的進歩を遂げました。情報通信技術からつねに新しい技術を導入してきた電力管理システムにおいても、インターネット技術の導入が積極的に行われてきました。

とくに2010年頃からは、鉄道用通信線を用いたIP形伝送装置(たとえば図8)の導入が行われるようになりました^{4)~6)}。IP形伝送装置はメタル通

信線と光ファイバーの両方に対応可能であるなどさまざまな特長があり、現在、新規あるいは設備更新で導入される伝送装置の主流となっています。

電力管理システムの行く末

電力管理システムは、情報通信技術の発展ともなって次々と新しい機能を実現し続けています。当初の電力管理システムは、単に変電所の機器状態を監視し、簡単なプログラムに従って機器を自動制御する機能を有するのみでした。一方、近年では誤操作防止や操作手順チェック機能、携帯電話やタブレットを用いた現地作業の統制機能、教育訓練支援機能、変電所の電圧・電流などの計測データ集約機能などが実装されるようになっています。

今後はさらに設備管理システムと結合し、変電所機器の計測データを自動分析し、状態に基づく保全(CBM)を提案・支援する機能も実用化されるかもしれません。

一方で、今後の電力管理システムを運用するうえで避けて通れないのが、サイバーセキュリティーの観点です。

システムの計画・設計の段階から施工、運用・管理の段階に至るまで、十二分なセキュリティー対策を行うとともに、それを運用できる人材を継続的に育成することが重要といえます¹⁾。

電力管理システムは、今後もさらなる技術革新が進むであろう電力技術の一つといえるでしょう。

(森田岳/電力技術研究部 き電研究室)

文献

- 1) 変電・受送電技術委員会 き電・変電分科会 教本改訂委員会「電力管理システム」執筆作業部会：鉄道電気技術者のための電力概論 き電・変電シリーズ6 電力管理システム、日本鉄道電気技術協会、2017
- 2) 依田孝：営団地下鉄の変電所設備及び電力管理システム、鉄道と電気技術、Vol.6, No.9, pp.7~10, 1995
- 3) 久保隆憲：変電・電力遠制中央装置の更新、鉄道と電気技術、Vol.26, No.2, pp.29-34, 2015
- 4) 渡邊宗義，沼田進仁：愛知環状鉄道 変電所遠方監視制御装置の更新、鉄道と電気技術、Vol.21, No.2, pp.26-32, 2010
- 5) 吉原俊治，土田栄治，樋口健太：大阪総合指令所電力管理システム更新概要、鉄道と電気技術、Vol.26, No.10, pp.25-29, 2015
- 6) 吉野純：東京圏設備指令エリアにおけるネットワーク更新、鉄道と電気技術、Vol.26, No.10, pp.35-40, 2015