

日、米、加における変電機器予測保全技術

各国の予測保全に関する研究状況

変圧器や遮断器などの変電機器の異常を事前に予知し事故を防止する、いわゆる予測保全技術は電力の供給信頼度に対する要求が高まるにつれ、ますます重要となってきた。今回、当研究室で開発した予測保全システムを米国で発表する機会を得たのでその概要を報告する。また発表後、米国、カナダの電力会社を数社訪問し、変電機器の予測保全に関する研究状況を調査したので、その結果を報告し日本との相違について述べる。

Predictive Maintenance for Substation Equipment in Japan, U.S.A. and Canada

Comparative Study of Predictive Maintenance Practices Overseas

Failures of substation equipment such as transformers and circuit breakers must be predicted beforehand to prevent accidents. This predictive maintenance becomes increasingly important as increasingly high reliability is required of the electric power supply service. Recently, we had a chance to introduce the predictive maintenance system developed in our laboratory to concerned people in the U.S.A. After the presentation, we visited several electric power companies in the U.S.A. and Canada, and collected information on research of predictive maintenance of substation equipment in these countries. Here the predictive maintenance in those countries and Japan will be reported and compared.

1 シンポジウム参加

1989年7月、米国ワシントン大学で開催された電力設備へのエキスパートシステムの応用に関する国際シンポジウムに参加し、「変電設備総合監視システム」について発表を行った。

そこで以下にシンポジウム概要および本システムの概要を述べる。

(1) シンポジウム概要

参加国数	25ヶ国
参加者数	200名(米100 日32他)
論文内訳	送配電 11件
	火力、原子力 9件
	方法論 12件
	需給計画 6件
	その他 46件
計	84件

全体的に、システムの推論方法や知識ベースの構成などに重点をおいて説明する論文が目立った。

送配電関係では、配電系統や電力系統の事故復旧にエキスパートシステムを応用したものが多く、機器の異常診断に応用した例は少なかった。

(2) 変電設備総合監視システム

第1図に具体的な構成例を示す。無人変電所内の変圧器、ガス絶縁開閉装置(GIS)等の機器に油中ガスセンサー、温度センサー、接地線電流センサー、開閉動作時間センサー等を取り付け、保守、診断に必要なデータを測定し、現地の処理装置、通信回線等を通じて電力所に伝送する。電力所にはデータ処理装置が設置されており、監視系と診断系に処理を分担させている。監視系はデータの収集と監視、保守、運転管理機能を割当て、診断系には知識処理による診断機能(エキスパートシステム)を割当てている。

(3) 診断アルゴリズム

変圧器を例にとって診断アルゴリズムを説明する。

変圧器の内部異常診断は古くから絶縁油の分解ガス分析により行われてきた。本システムの診断アルゴリズムもこれに基づいて構成されており、従来から良く知られたガスパターン分析手法をベースに独自のアルゴリズムを加え診断精度の向上を図っている(第2図)

2 米、加での予測保全技術の現状

シンポジウム後、米国、カナダの電力会社を訪問し、予測保全に関する研究状況を調査したので、2・3の例についてその概要を述べる。

(1) 変圧器油中ガス分析システム

カナダの B.C. Hydro では我々のシステムの変圧器診断ルーチンとはほぼ同じ機能を有する油中ガス分析システムをパソコン上で開発している。第3図にその故障診断フローを示す。開発期間は6ヶ月、開発要員2名、過去の変圧器の故障事例が約60件データベース化されている。

(2) 事故監視赤外線カメラ

米国電力研究所(EPRI)では赤外線カメラによってGIS内部故障時の過熱またはアークによる熱を検出し事故点の位置、損傷の程度を推定することにより、事故の早期復旧を目指すシステムを開発している。

動作原理としては事故によって生ずる電磁波をトリガーとして受けるか、または月1回決められた時間にあらかじめプログラムされた範囲をカメラがスキャンし温度イメージをビデオに記録する。温度分解能は1.5℃。現在 Sterlington 変電所に検証試験中。

(3) GIS故障検出センサー

EPRIでは、ガス絶縁機器内部の故障を検出する3種類のセンサーを開発している。

①薄膜センサー

SF₆中でのアークによって生じたHFがH₂Oとともに薄膜センサーに吸収されるとポリマー基板の界面でイオン伝導が起り、10⁻⁸~10⁻⁶A程度の電流が生じ、その最大電流値を測定することにより故障の程度を判断できる。

最大電流に達するまでの反応時間はSF₆中の水分量によって異なり、300ppmでは約30分、1000ppmでは10分である。

②光センサー

GIS内部のアークによって生ずる直接光およびタンク内壁による反射光を Silicon Photo Deviceによって内部故障を検出しようとするもの。

③磁気センサー

正常状態ではGIS内部導体に流れる電流による磁界はタンク壁の磁気シールドによって遮蔽されておりタンク外部に漏洩する磁界は零である。

しかし一旦事故が起きて内部でアークが生ずると、導体およびシールドの電流分布に乱れが生じ、外部に磁界が漏洩するようになる。この磁界の変化をキャッチすることにより、事故を検出しようとするもの。

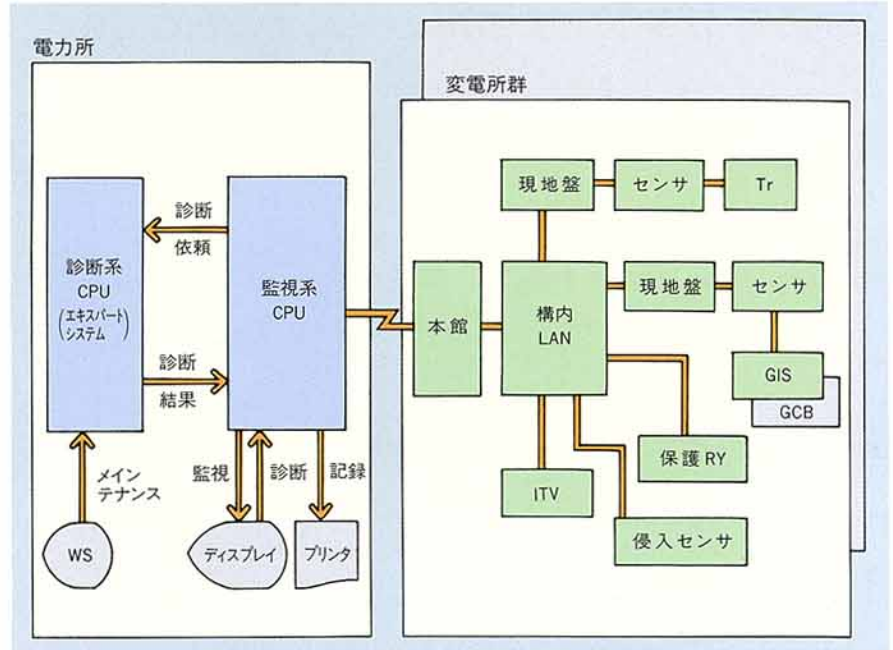
3 日、米の相違

最後に予測保全に関する研究状況の日本と米国、カナダとの差について簡単に述べる。

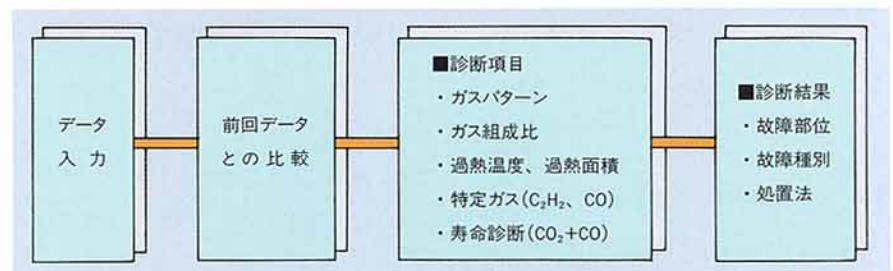
日本では、当社の研究に代表されるように、センサー個々の開発は一応終了し、変電所内の機器に種々のセンサーを取付け、電力所においてそれらの機器をオンラインで監視する総合監視システムの開発に重点がおかれており、診断精度向上を目的としたエキスパートシステムの導入などの新たな試みもなされている。これに対し米国、カナダでは、予測保全技術に関する研究は始まったばかりで現在はどちらかといえばセンサー単体の研究が主体であり、それらを組み合わせシステム化しようとする段階まで達していない。

しかしながら、予測保全以外の研究、例えば、機器の延命化、急峻波サージの影響などの研究については、かなりの成果を挙げているところもあり、我が国としても参考とすべき点が多いと感じた。

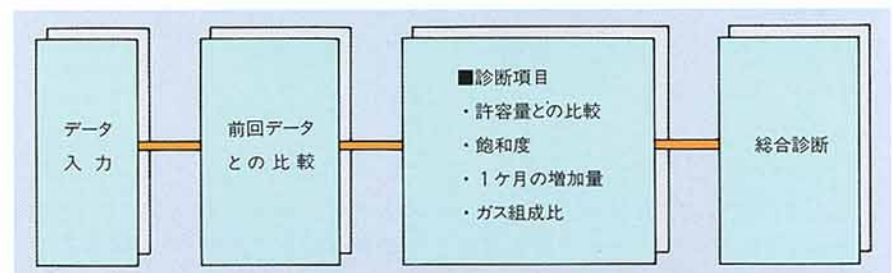
(電力技術研究所 電力研究室)



第1図 変電設備総合監視システム構成例



第2図 変圧器故障診断フロー (変電設備総合監視システム)



第3図 変圧器故障診断フロー (B.C.Hydro)



シンポジウム会場 (ワシントン大学)



米国電力研究所 (EPRI) 電力システム部門