

IoTによる設備管理 (変圧器リモート診断)

平馬浩一 Koichi Heima
若林泰彦 Yasuhiko Wakabayashi

キーワード IoT, 変圧器

概要



変圧器リモート診断画面構成

クラウド・スマートデバイス・ネットワーク・センサなどのテクノロジーの進化で、IoT (Internet of Things) が実現段階にきている。当社では、IoT形監視サービスとして変圧器リモート診断システムを構築した。変圧器に各種センサを取り付けてIoT化することで機器の状態を遠隔で把握するとともに、自動診断を行うことで適切な機器保全運用支援を実現し、保全管理レベルの向上に取り組んでいる。

1 まえがき

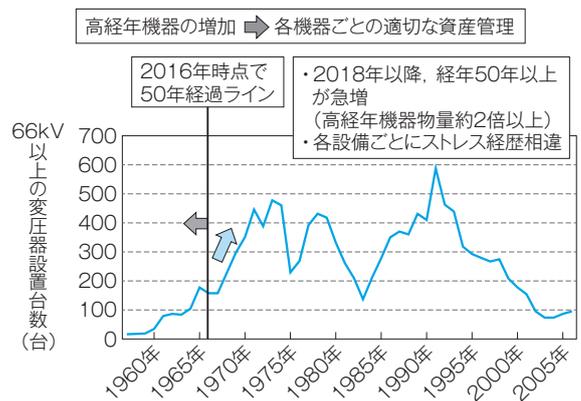
変圧器・遮断器・開閉装置などの変電機器は、電力供給の安定性と信頼性を決定する重要な機能を担っている。当社は国内外の多岐にわたる電力・施設・産業・電鉄などの各分野で変電機器及びシステムを納入し、社会の発展に貢献してきた。

変電機器の一つである多くの変圧器が製作後30年以上経過しており、高経年機器が増加している。

第1図に高経年変圧器の増加を示す。

今後、事故の未然防止を図り、適切な運用をしながら円滑に設備更新を進めることが重要になってきている。

一方、世界に目を向けると発展途上国での人口増加・経済規模の拡大のため、電力需要は急速に高まっている。充実した電力網と良質な電源確保を図るため変電機器を保護し、適切な保守をする必要がある。



注: 電気事業連合会「変電設備の計画物量の調査結果について」(2008年5月発行)の統計数値を基に作成

第1図 高経年変圧器の増加

年度ごとの変圧器設置台数で、今後、50年経過の変圧器が増加していくことを示す。

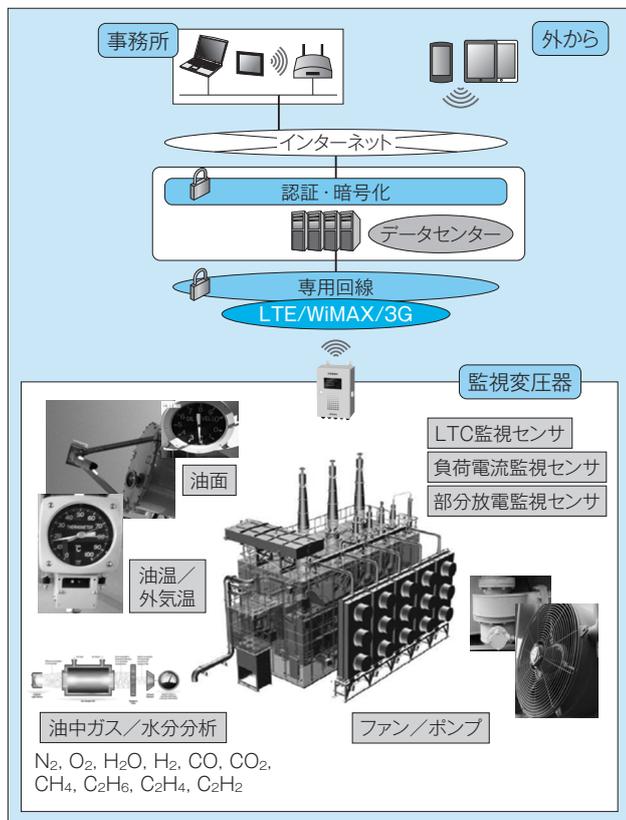
このような背景から、IoT (Internet of Things) データから得られる自動分析診断結果を資産管理と保全管理に適用し、より合理的な管理システムを構

築することが望まれている。

本稿では、これらの課題を解決するため構築したIoTを利用したクラウド型の監視サービスを紹介する。

2 変圧器リモート監視／診断システムの構成

第2図にIoTを利用したクラウド型監視サービスを利用した変圧器リモート監視／診断システムの構成図を示す。変圧器に設置したセンサが取得したデータを携帯電話回線経由でクラウドに上げ、変圧器の運転状態を監視すると同時に、クラウド上に蓄積されたデータを分析・解析する。クラウド型監視サービスの監視項目は、外気温・油温・油面・負荷電流・タップ位置・ファン振動・ポンプ振動・油中ガス成分である。診断項目は、変圧器の様相判



第2図 変圧器リモート監視／診断システム構成図

変圧器に各種センサーを取り付け、携帯回線を使用してクラウドにデータを上げ、お客様はインターネットを使用して情報アクセスするシステム構成を示す。

定・余寿命推定・ファンの余寿命推定・ポンプ余寿命推定である。

クラウド型監視サービスを導入することで、変圧器の保守メンテナンスは、一定周期で点検・補修・部品交換するTBM (Time Based Maintenance) から常時モニタリングの結果を持って劣化状態を把握し、故障発生の前に問題個所だけ補修・部品交換するCBM (Condition Based Maintenance) へ移行できる。CBMで設備劣化の兆候を事前に検出し、対策できるため、故障率の低下・設備信頼性の向上・保全費用の低減に効果がある。また、常時監視によって機器の老朽度も的確に捉えることができ、設備更新の時期について、明確な指針を出すことができる。

3 変圧器リモート監視／診断システムの特長

本システムの特長は、以下のとおりである。

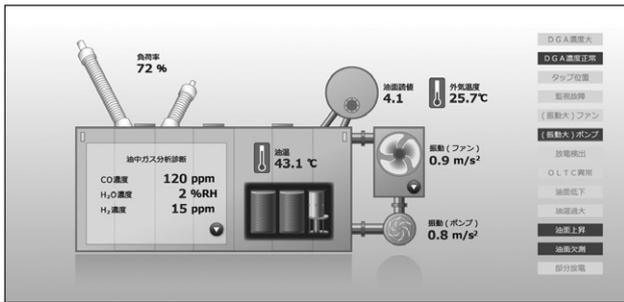
- (1) 既設の老朽化設備に後付けが可能
- (2) 耐環境性に優れたシステム構成 (周囲温度 - 10 ~ 60°C)
- (3) 無線通信で省配線化を実現
- (4) 設備状況／保守体制に応じて監視対象に適した監視項目へ変更が可能
- (5) 日常の巡視点検の省力化を実現
- (6) 高経年設備の余寿命診断の自動化と設備更新の優先度を検討するアセットマネジメント支援
- (7) 過去に取得した保守データのデータベースへの取り込みが可能

4 変圧器監視項目

第3図に変圧器の監視画面を、第1表に変圧器の監視レベルと監視項目を示す。変圧器の監視項目は、設備の稼働状況・保守体制に応じてLevel1 ~ Level4まで選択できる。

4.1 油面／油温／タップ位置監視

既設の高経年変圧器では、油面／油温／タップ位



第3図 変圧器監視画面

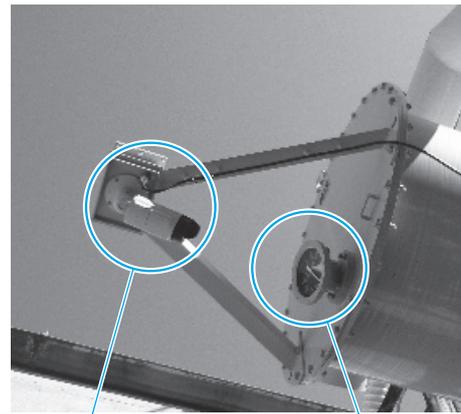
変圧器に取り付けたセンサからの情報を表示する画面構成を示す。

第1表 変圧器監視レベルと監視項目

変圧器監視レベルごとの監視項目を示す。

監視項目		センサ	Level1	Level2	Level3	Level4	
外気温	AI	サーミスタ	○	○	○	○	
油温	AI / カメラ	サーミスタ / 油温計	○	○	○	○	
油面	カメラ	油面計		○	○	○	
負荷電流	AI	CT	○	○	○	○	
タップ位置	DI / カメラ	タップチェンジャ		○	○	○	
ファン振動	AI	振動計	○	○	○	○	
ポンプ振動	AI	振動計	○	○	○	○	
絶縁油	H ₂	油中ガス分析機	個別半導体式ガスセンサ			○	
	O ₂					○	
	N ₂					○	
	H ₂ O					○	
	CO			非分散型赤外線ガス分析			○
	CO ₂						○
	C ₂ H ₂						○
	C ₂ H ₄						○
	CH ₄						○
	C ₂ H ₆						○
余寿命診断	ファン余寿命診断		オフ	オフ	オフ	オフ	
	ポンプ余寿命診断		オフ	オフ	オフ	オフ	
	変圧器様相判定				オフ	オフ	
	変圧器余寿命判定				オフ	オフ	

置の情報は、機械式メータで構成されている。インターネットに情報を送るために機械式メータをデジタル方式に改造することは、コスト面・停止期間を



監視カメラ



油面計

第4図 監視カメラによる油面計読み取り画像

油面計の指示値を監視カメラで読み取り、画像認識でメータ読み込みを行う様子を示す。

第2表 発生ガスと異常種別

発生ガスによる異常種別を示す。

異常の種類	主な発生ガス						
	CO	CO ₂	H ₂	CH ₄	C ₂ H ₂	C ₂ H ₄	C ₂ H ₆
絶縁油過熱	-	-	○	◎	-	◎	○
油浸個体絶縁物過熱	◎	◎	○	◎	-	◎	○
絶縁油中放電	-	-	◎	○	◎	○	-
油浸個体絶縁物放電	◎	◎	◎	○	◎	○	-

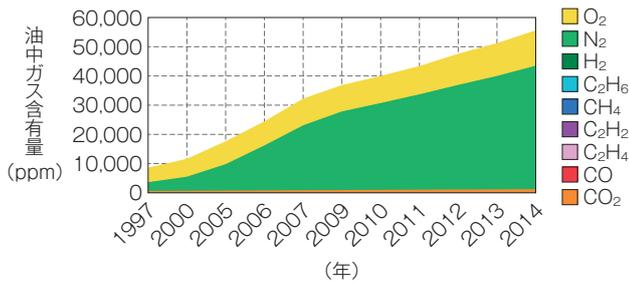
◎特徴ガス、○関連あり、-関連なし

注：電気共協同研究36巻第1号「油中ガス分析による油入機器の保守管理」(一社)電気協同研究会 第4-1-1表を基に作成

考えると受け入れられない。本システムでは、機械式メータの指示値をネットワークカメラで画像として取り込み、画像解析で数値化している。第4図に監視カメラによる油面計の読み取り画像を示す。

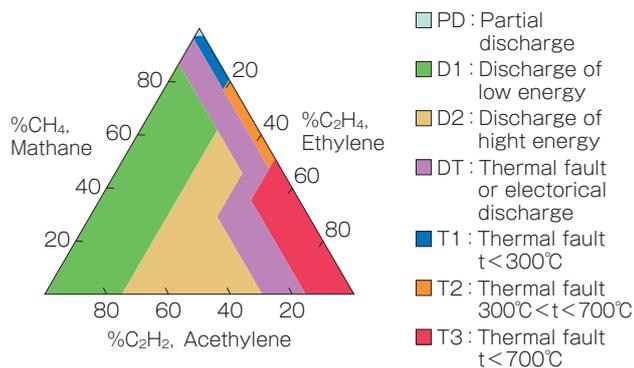
4.2 油中ガス分析

絶縁油は機器の絶縁と冷却を目的とし、内部で異常過熱や絶縁劣化が発生すると絶縁油に分解ガスや劣化生成物が絶縁油に溶け込む。第2表に発生ガスと異常種別の関係を示す。油中ガスを分析して異常を判定し対策することで変圧器の性能を維持できる。



第5図 油中ガス積算グラフ

油中ガス含有量の経年変化を示す。



第6図 Duval Triangle

油中ガス成分の構成比による変圧器様相判定を示す。

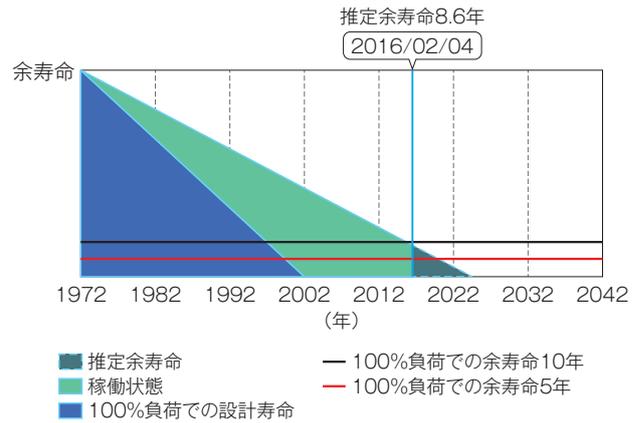
従来から数年ごとに油中ガス分析を実施しているケースはあるが、今回、油中ガス分析を自動化することで、異常の早期発見によって事故を未然に防止し、傾向分析で余寿命診断を行う。第5図に油中ガス積算グラフの例を示す。

5 変圧器診断機能

診断機能には、変圧器様相判定・変圧器余寿命診断・ファン余寿命診断・ポンプ余寿命診断などがある。

5.1 変圧器様相判定

第6図にDuval Triangleの例を示す。油中ガス分析の結果を基に、Duval Triangleで変圧器の様相を判定する。CH₄、C₂H₄、C₂H₂の含有量割合によって、部分放電・過熱などの様相判定をグラフィカルに表示する。



第7図 変圧器余寿命診断グラフ

変圧器余寿命診断で推定寿命を算出している。

5.2 変圧器余寿命診断

変圧器の余寿命診断は、油中ガス分析のCO、CO₂ガス濃度運転経年数と平均負荷率の2種を診断し、水分含有量の補正と油劣化防止方式の補正を行い、総合寿命予測を算出してグラフを表示する。第7図に変圧器余寿命診断グラフの例を示す。

6 むすび

変圧器余寿命診断技術は発展途上であるが、稼働データの蓄積・分析技術の向上・新しいセンサの開発によって、更なる精度向上を図っていくと同時に、対象機器を開閉装置・避雷器などの受変電設備に拡大していく所存である。

・本論文に記載されている会社名・製品名などは、それぞれの会社の商標又は登録商標である。

《執筆者紹介》



平馬 浩一
Koichi Heima

ICT製品・サービス統括本部企画部
ICT関連製品の企画に従事



若林 泰彦
Yasuhiko Wakabayashi

明電テクノシステムズ(株)
変圧器関連業務に従事