

変電機器の診断技術

諏訪晃弘 Akihiro Suwa
大和田学 Manabu Owada
齋藤 仁 Hitoshi Saito
榊 正幸 Masayuki Sakaki

キーワード C-GIS, VCB, スイッチギヤ, CBM, 状態監視, ガス密度センサ, 省力化, 合理化, 信頼性向上, データ解析力

概要



設備診断装置 (CMD-200)

ガス絶縁開閉装置 (GIS) は、密閉容器の中に遮断部・主回路部などを収納し、六フッ化硫黄 (SF₆) ガスなどの絶縁媒体によって絶縁された機器である。受変電設備の主要な構成要素であり、信頼性・安全性が求められている。近年、保守点検の省力化・合理化、不具合発生率の低減のために時間基準保全 (TBM) から状態基準保全 (CBM) への移行が望まれている。そこで、当社はGISの状態を常時監視し、故障の予兆を捉え、機器の異常を診断する技術の開発に取り組んできた。設備診断装置は、機器が故障する前に故障の予兆を捉えるため、機器使用期間の延長、点検の合理化、安心・安全な設備運用などのメリットをお客様に提供することができる。また、JEC規格試験に加え、規格外の性能確認試験を実施し、信頼性を向上している。

1 まえがき

現在、ガス絶縁開閉装置 (GIS) の保全は、時間基準保全 (TBM) が一般的に適用されているが、近年、保守点検の省力化・合理化、不具合発生率の低減のために状態基準保全 (CBM) の重要性が注目されている。CBMとは、機器・設備の状態を監視し、異常と診断された場合に保全を行う方法である。故障の予兆を捉え、改修計画を事前に立てることで、機器使用期間の延長、点検の合理化、安心・安全な設備運用などのメリットをお客様に提供することができる。

当社では、真空インタラプタ (VI) の真空度低下を監視する真空監視装置 (VM-100) を2008年に製品化し、国内外のお客様へ納入してきた。その後継機種として、新たに開発した設備診断装置 (CMD-200) には、VIの真空度低下のほかにGIS内部の部

分放電、ガス圧力のトレンド、搭載機器の動作時間の監視・診断機能などを追加した。本稿では、設備診断装置の特長やJEC規格試験以外に実施した信頼性向上試験を紹介する。

2 仕様・構造

本装置は、計測基板・監視／通信基板・電源基板の3つから構成される。計測基板は各種データを計測し、監視／通信基板は計測基板からのデータを収集・蓄積し予兆・故障を判断する。

表面パネルには状態表示LED・操作ボタン・USBポートがあり、各状態の確認・操作・データの取り出しができる。寸法はW140×H220×D133mmで、屋内外に設置されたキュービクル形ガス絶縁開閉装置 (C-GIS) の内部に搭載して使用する。第1図にC-GIS内部に搭載された設備診断装置を示す。



第1図 C-GIS内部に搭載された設備診断装置

C-GIS内部に搭載された設備診断装置を示す。C-GIS閉鎖盤扉の内側に搭載されている。

第1表 診断箇所・診断項目・診断方式一覧

診断箇所・診断項目・診断方式の一覧を示す。4つの項目を診断できる。

診断箇所	診断項目	診断方式
VI	真空度	真空漏れ発生時のパルスを検出
主回路	絶縁	部分放電パルスを検出
タンク	ガス漏れ	ガス圧力のトレンドを判定
搭載機器 (VCB・DS・ES)*	動作時間	制御電流値・補助開閉器接点の タイミングから動作時間を判定

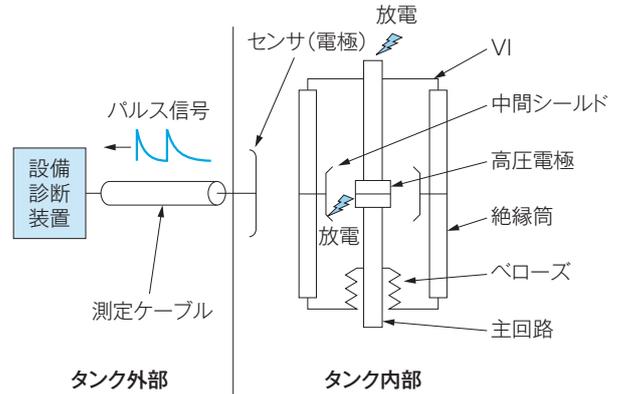
注：* VCB：真空遮断器，DS：断路器，ES：接地開閉器

3 特長

第1表に本装置の診断箇所・診断項目・診断方式の一覧を示す。4つの項目を診断できる。

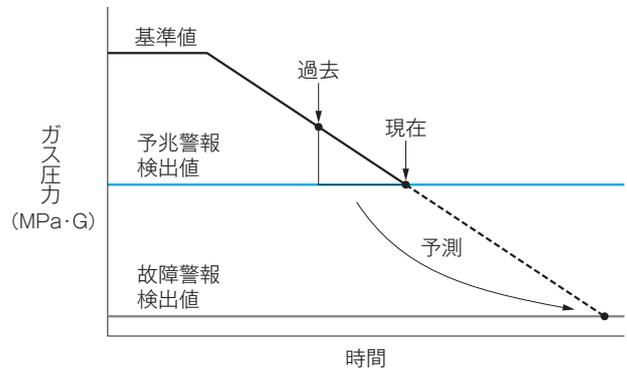
3.1 VI真空度・主回路絶縁監視

VI真空漏れ発生時の放電パルス信号や主回路の絶縁不良発生時の部分放電パルス信号を、C-GISタンク内部に設けられたセンサで受信して測定する。受信した信号から、診断装置内部の周波数フィルタ・時限フィルタによって特定成分のみを取り出し、信号レベルを判断する。第2図にVI真空度・主回路絶縁監視方式を示す。



第2図 VI真空度・主回路絶縁監視方式

VI真空度・主回路絶縁監視方式を示す。放電パルス信号を、C-GISタンク内部のセンサで受信する。



第3図 タンクガス漏れ監視方式

タンクガス漏れ監視方式を示す。ガス圧力が予兆警報検出値に到達すると、現在と過去のガス圧力から故障警報が発生するまでの期間を予測する。

3.2 タンクガス漏れ監視

初期のガス圧力を基準値とし、機器によって定められた予兆警報検出値まで低下すると予兆警報が発生し、現在と過去の圧力勾配で故障警報検出値到達までの期間を予測する。第3図にタンクガス漏れ監視方式を示す。

3.3 搭載機器の動作時間監視

VCB・DS・ESの動作時間をそれぞれ監視する。VCBの開閉動作時間は、制御電流値と補助開閉器接点のタイミング、DS・ESの開閉動作時間は、動作接点のタイミングで常時監視する。予兆警報・故障警報の2段階の警報を設定でき、設定範囲を逸脱するとそれぞれの警報が発生する。

4 試験結果

第2表にJEC規格試験一覧（JEC-2500-2010/JEC-2501-2010）を示す。各検証試験を診断装置単体で実施し、全て良好であることを確認した。また、製品化にあたり信頼性試験としてC-GIS実器に搭載してJEC規格以外の各種試験を実施し、良好であることを確認した。

4.1 DS開閉サージ試験

一般に電子機器を搭載した装置は、主回路で発生した高周波サージに対して十分な信頼性を有することを確認する必要がある。したがって、無負荷充電路のDSで発生する開閉サージ電圧に対して誤動作の有無を確認した。試験条件は、印加電圧 $84/\sqrt{3}$ kV、負荷としてケーブル（900pF）を接続、開閉を各200回連続で繰り返し、発生するサージ電圧に対して診

断装置の誤動作がないことを確認した。第4図にDS開閉サージ試験時の放電の様子を示す。

4.2 短絡サージ試験

前述のDS開閉サージのほかに、VCB事故電流を遮断した時に発生する短絡サージに対しても配慮する必要がある。試験条件は、印加電圧84kV・遮断電流31.5kAで、搭載VCBの遮断不能な領域で遮断失敗を模擬し、発生するサージ電圧に対して診断装置の誤動作がないことを確認した。

4.3 VCB開閉時振動試験

VCB開閉時に発生する振動は、診断装置本体・ガス密度センサの寿命の低下や誤動作の原因となる。本装置をC-GISに組み込み、振動の影響が一番大きいVCBで連続開閉試験を実施し、試験前後での誤動作がないことを確認した。また、VCB開閉時におけるガス密度センサのひずみ測定・加速度測定試験を実施し、ひずみや加速度の値が基準値以下であることを確認した。

4.4 センサ信頼性試験

4.4.1 加速劣化試験

診断装置に適用する圧力測定用ガス密度センサの信頼性試験として、長期劣化加速試験を実施し出力の安定性を確認した。六フッ化硫黄（SF₆）ガス（0.16MPa・G）が封入された試験用タンクにガス密度センサ2つを取り付け、恒温槽で周囲温度を70℃一定とし、11.5か月（20℃換算で約30年相当）にわたり試験した。第5図に加速劣化試験における出力特性を示す。センサの初期値に対する出力変動は、30年相当で-4.5%程度となった。本装置は、-4%の出力変動が発生すると誤動作するが、3年ごとに変動分を補正すれば最大-0.45%程度の変動となり、十分な信頼性が得られる。

4.4.2 フィールド試験

圧力測定用ガス密度センサをC-GISに組み込み、フィールド試験を2年間実施した。第6図にフィールド試験における出力特性を示す。1年目の出力変動は0.0061MPaで、周囲温度を用いた温度補正に

第2表 JEC規格試験一覧（JEC-2500-2010/JEC-2501-2010）

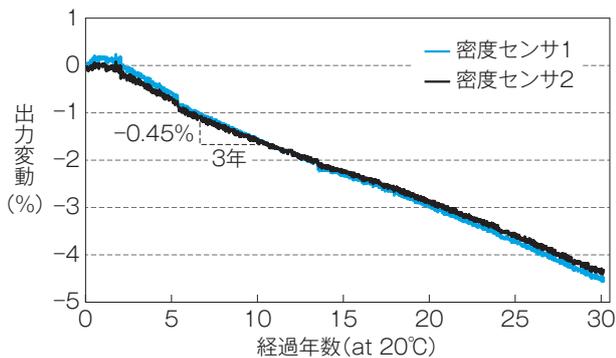
JEC規格試験の一覧を示す。試験結果は全て良好であることを確認した。

試験種別	試験項目	試験概要
絶縁	商用周波耐電圧	2kVrms-1分
	雷インパルス耐電圧	±4.5kV-3回
EMC	電波ノイズ	トランシーバ・携帯電話・無線LAN-10秒
	減衰振動波ノイズ	2.5kV, 1MHz-2秒
	静電ノイズ	接触放電8kV, 気中放電15kV-10回
振動・衝撃	定振動	16.7Hz, 0.4mm-10分
	衝撃	300m/s ² , 11ms (半波)-3回



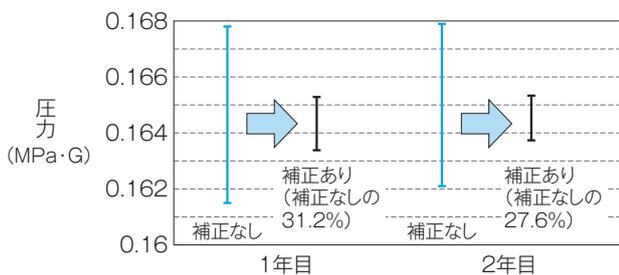
第4図 DS開閉サージ試験時放電の様子

C-GIS内部のDS開閉時の放電の様子を示す。



第5図 加速劣化試験における出力特性

加速劣化試験における出力特性を示す。約30年（20°C換算）で、初期圧力に対して-4.5%程度の出力変動が発生する。



第6図 フィールド試験における出力特性

フィールド試験における出力特性を示す。1年目・2年目ともに温度補正によって出力変動が抑制されている。

よって0.0019MPa（補正前の31.2%）に変動を抑制した。2年目の出力変動は0.0058MPaで、温度補正によって0.0016MPa（補正前の27.6%）に変動を抑制した。1年目と2年目の出力を比較すると、2年目の方が若干、出力特性が全体的に上昇しており、加速劣化試験の結果と整合することを確認した。

4.4.1 項の加速劣化特性に示したとおり、3年ごとに出力変動分を補正することで出力変動による誤差を軽減することができる。また、4.4.2 項の温度補正と合わせて実施することで、更に精度の良いガ

ス圧力の監視ができ、診断装置の誤動作防止につながる。

5 むすび

C-GIS向けの設備診断装置を紹介した。JEC規格試験以外に信頼性試験として、サージ試験・開閉時振動試験を実施し、本装置が誤動作しないことを確認した。また、本装置に適用する圧力測定用のガス密度センサの出力特性を考慮することで、ガス圧力の監視精度を向上した。

今後は、クラウドシステムによる監視・診断の効率化を図っていく所存である。

・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》



諏訪晃弘
Akihiro Suwa
基盤技術研究所
真空遮断器の基礎研究に従事



大和田学
Manabu Owada
コンピュータシステム工場
遠方監視制御装置の開発に従事



齋藤 仁
Hitoshi Saito
基盤技術研究所
真空遮断器の研究開発と短絡試験業務に従事



榊 正幸
Masayuki Sakaki
研究開発本部
真空遮断器の基礎研究に従事