

スマート保安技術カタログ (電気保安)

－第 11 版－

**独立行政法人 製品評価技術基盤機構
国際評価技術本部**

バージョン情報

版数	発行/改訂日	内 容							
第1版	2022年 7月8日	保技2021 10001-01の新規登録、初版発行							
第2版	2022年 7月29日	要素2022 00001-01の新規登録 誤字脱字の訂正							
第3版	2022年 9月30日	保技2022 10002-01の新規登録							
第4版	2022年 11月30日	要素2022 00002-01の新規登録							
第5版	2022年 12月9日	要素2022 00003-01の新規登録 訂正：保技10002-P11 （4）絶縁状態監視と真空遮断機の新旧比較 <table><tr><th>訂正文</th><th>原文</th></tr><tr><td>ポリエステルプリミックス（炭酸カルシウム）は湿性を持つため、水と呼ば込み絶縁劣化が起こりやすい。</td><td>ポリエステルプリミックス（炭酸カルシウム）湿性を持つため、水と呼ば込み絶縁劣化が起こりやすい。</td></tr><tr><td>エポキシを主剤<u>としているため</u>、ポリエステルプリミックスより、絶縁劣化に対して強い。</td><td>エポキシを主剤<u>とする</u>ポリエステルプリミックスよりエポキシ製の方が絶縁劣化に対して強い</td></tr></table>		訂正文	原文	ポリエステルプリミックス（炭酸カルシウム）は湿性を持つため、水と呼ば込み絶縁劣化が起こりやすい。	ポリエステルプリミックス（炭酸カルシウム）湿性を持つため、水と呼ば込み絶縁劣化が起こりやすい。	エポキシを主剤 <u>としているため</u> 、ポリエステルプリミックスより、絶縁劣化に対して強い。	エポキシを主剤 <u>とする</u> ポリエステルプリミックスよりエポキシ製の方が絶縁劣化に対して強い
訂正文	原文								
ポリエステルプリミックス（炭酸カルシウム）は湿性を持つため、水と呼ば込み絶縁劣化が起こりやすい。	ポリエステルプリミックス（炭酸カルシウム）湿性を持つため、水と呼ば込み絶縁劣化が起こりやすい。								
エポキシを主剤 <u>としているため</u> 、ポリエステルプリミックスより、絶縁劣化に対して強い。	エポキシを主剤 <u>とする</u> ポリエステルプリミックスよりエポキシ製の方が絶縁劣化に対して強い								
第6版	2023年 3月17日	保技2022 10003-01の新規登録							
第7版	2023年 5月12日	要素2022 10004-01の新規登録							
第8版	2023年 7月31日	要素2023 00005-01の新規登録、要素2023 00006-01の新規登録 誤字脱字の訂正							
第9版	2023年 9月11日	要素2023 00007-01の新規登録							
第10版	2023年 10月23日	要素2023 00008-01の新規登録							

版数	発行/改訂日	内 容
第11版	2024年 1月31日	保技2023 10004-01の新規登録 保技2023 10005-01の新規登録（要素2022 00001-01の削除） ※ 要素2022 00001-01の技術は、第18回プロモーション委員会で実証データと検証評価の妥当性・実効性が確認されたため、保技2023 10005-01に区分を変更

※ 本技術カタログは予告なく更新することがありますので、必ず最新のバージョンをご利用ください。最新のバージョンは以下のURLからダウンロードできます。

【NITEホームページ（スマート保安）】

https://www.nite.go.jp/gcet/tso/smart_hoan_catalog.pdf

はじめに

近年、AI、IoT、ロボット、ドローン等の新技術とデータを活用したいいわゆる「スマート保安」に注目が集まっています。独立行政法人製品評価技術基盤機構（NITE）は、電気保安分野においてスマート保安技術の的確な導入促進に貢献するため、スマート保安技術やデータを活用した新たな保安方法の妥当性を確認し、官民間・業界間でその知見を共有する場としてスマート保安プロモーション委員会を立ち上げました。そして、当該委員会において妥当性・実効性を確認した新しいスマート保安技術をスマート保安技術カタログ（電気保安）としてとりまとめました。

本技術カタログは、スマート保安技術としての活用が可能又は期待されると評価された「基礎要素技術」と、スマート保安を導入する対象設備での実証試験により成果が評価された「保安技術モデル」に分類されており、電気設備の設置者等が保安技術導入・促進を検討する際の参考資料として広く活用されることを目的としています。

なお、電気設備の設備構成や設置環境は事業所によって異なり、本技術カタログに掲載された「基礎要素技術」や「保安技術モデル」を導入しても十分な効果が得られないこともあります。そのため、設置者や電気主任技術者において、設備構成や重要度、導入する保安技術の性能、保安品質の確保及び経済性等を総合的に検討・判断することが求められます。また、スマート保安技術を適用して点検内容や点検頻度等を変更する場合、各産業保安監督部への手続き（保安規程変更届等）が必要となります。

本技術カタログに掲載された「基礎要素技術」や「保安技術モデル」の活用に際しては、技術の詳細も含め各事業者にご直接問合せをお願いします。

目 次

1. 適用の範囲	1
2. 用語の定義	1
3. 技術カタログの一覧表	2
4. 技術カタログの詳細	3

1. 適用の範囲

本技術カタログに登録されている「基礎要素技術」と「保安技術モデル」は、「スマート保安プロモーション委員会」(事務局:NITE)において妥当性・実効性を確認した新しいスマート保安技術であり、スマート保安の導入・促進に寄与すると期待される技術を公表したものである。

なお、電気設備の設備構成や設置環境は事業所によって異なり、電気設備の種類や構成、設置環境等によっては、掲載されている保安技術を導入しても十分な効果が得られないこともあることから、掲載されている保安技術を導入又は活用することを検討する場合は、技術的な適用評価に加えて、保安品質の確保や投資効果等を十分に考慮して判断することが重要である。本技術カタログに掲載された「基礎要素技術」や「保安技術モデル」の活用に際しては、技術の詳細も含め各事業者にご直接問合せ願いたい。

2. 用語の定義

(1) 基礎要素技術

電気設備に実際に採用できる可能性のある新しいスマート保安技術であって、まだ実設備での実証がなされていない技術を「基礎要素技術」と言い、技術個別単位に評価する。

なお、保安技術モデルに相当する技術であっても、実証試験或いは効果評価が十分でない場合、提案事業者と協議し「基礎要素技術」として評価する選択もある。

①概略性能と活用例と②模擬又は試験設備での試験データの説明資料等により技術性能と活用の可能性について技術評価を行う。(センサー、システム、運用の単位での評価も可)

(2) 保安技術モデル

現場の電気設備での実証試験等の結果を踏まえ、従来業務の代替が可能な新たなスマート保安技術であると評価した技術を「保安技術モデル」と言い、総合的な運用単位で評価する。

なお、既存技術の組合せにより保安品質や業務効率の向上が検証され、実装又は普及拡大が期待できる保安技術も審議対象とする

①新技術導入の有効性とメリット②、新技術評価に係る実証データと分析結果、③安全性、信頼性、コスト評価、④導入・拡大への課題、規制等の見直し内容について技術評価を行う。

3. 技術カタログの一覧表

基礎要素技術一覧表	・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 2-1
保安技術モデル一覧表	・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 2-2

3.1 基礎要素技術一覧表

管理番号	対象設備	活用シーン	保 安 技 術 名 称	技 術 概 要	活用する技術								団体名または企業名	登録年月日 修正年月日	備 考
					デジタル化	IoT機器類	ドローン類	通信関係	システム	統計・AI	運用				
要素2022 00001-01	(削除) 削除日：2023年11月28日 削除理由「基礎要素技術」として掲載されていたが、現場運用を重ねて、実証データと実証評価が纏められ、プロモーション委員会で妥当性・実効性が評価され、2023年11月28日「保安技術モデル」に区分変更となった。														
要素2022 00002-01	需要設備、発電所	小型無線式振動データ収集装置を対象回転機械設備に設置し、収集した振動加速度データ等を基に機械の異常を早期検出することで機械故障によるトラブルや損失を未然に防止する。	小型無線式振動データ収集装置と振動データ監視・分析技術	小型無線式振動データ収集装置(ワイヤレス)で収集した振動データと温度データを専用クラウドに蓄積し、日常巡視を含む点検結果データのデジタル化と遠隔監視を行うシステムであり、閾値設定による警報の通知や測定した振動加速度スペクトル（8Hz～10,000Hz）を時系列で3次元グラフ化して異常兆候の推移(変化)を見える化することで機械異常を早期に発見できる技術。	○	○		○	○				株式会社 西島製作所	2022.9.26	
要素2022 00003-01	需要設備、発電所	零相電圧及び零相電流の常時監視により、地絡遮断電流よりも小さい地絡電流で絶縁劣化を早期に検出し、高圧地絡停電事故を未然防止する。	高圧絶縁監視機能搭載SOG制御装置による絶縁劣化の予兆検知技術	絶縁監視機能搭載地中線用GR付高圧交流負荷開閉器（UGS/UAS）に内蔵されている零相変流器や零相変圧器等を活用して、地絡動作値より低い設定値の絶縁低下或いは放電性の微地絡を検出して警報を発する装置である。 （注）微地絡とは、零相電圧(Vo)や零相電流(Io)が地絡動作設定値に至らないレベルの地絡や継続時間が短く地絡動作に至らない地絡と定義する。		○		○			○	一般財団法人 関東電気保安協会 株式会社 三英社製作所	2022.11.7		
要素2022 00004-01	石炭火力・バイオマス発電所	ローラ軸受損傷検出装置（トルクセンサ）により、同ローラ軸受の損傷を早期段階で発見・表示し、ベルトコンベアローラの不具合を防止する。	ベルトコンベアローラの軸受損傷を早期検知する技術	石炭やバイオマス燃料等の搬送ベルトコンベアにおいて、ローラ軸受損傷検出装置（トルクセンサ）をベルトコンベアのローラ軸受部に設置し、同ローラ軸受の損傷を早期段階で発見・表示することにより、誰でも安全かつ効果的なメンテナンス業務が可能であり、ベルトコンベアローラの不具合を防止する。		○		○				株式会社 三和テスコ	2023.3.27		
要素2023 00005-01	需要設備	電路を停電せずに絶縁抵抗を絶縁抵抗計と同等の精度で常時監視する非接地式低圧電路専用絶縁監視装置であり、閾値設定による警報を発報することにより予防保全が可能となる。	低圧非接地式回路の絶縁抵抗を高精度に計測・監視する絶縁監視技術	データセンターや半導体工場（Fab）等の停電が許されない非接地式低圧電路において、変圧器二次側の非接地式低圧回路と大地との間に内部抵抗（高抵抗）を介して接続し、直流低電圧(20V)を回路に重畳することで、重畳計測ニットの内部抵抗に流れる電流を検出・演算して絶縁抵抗を求める絶縁監視装置である。設定した絶縁抵抗値を下回ると警報を発報する機能も有している。		○		○			○	株式会社 関電工	2023.6.01		
要素2023 00006-01	需要設備、発電所	手持ちのスマートフォンやパソコンなど多種多様な通信媒体間で、現場映像のリアルタイム共有の他、グループ通話で同時通話やポインタ機能を有する現場作業に最適化した遠隔現場支援システムである。	手持ちのスマートフォン等を活用した遠隔現場支援システム	遠隔地にいる管理者（熟練者）と現場作業者をつなぐ新しいコミュニケーションツールであり、多彩な通信媒体に専用アプリをダウンロードしてアカウントを作成することで手軽に利用可能で、電話と同じようにボタンひとつで相手を呼び出すことができ、グループ通話では最大10人までの同時通話ができる。また、お互いに示したい箇所を画面上で指示・確認できるポインタ機能などで現場の状況が一目で把握できることや、写真や画像はクラウドに保管されて個人端末には残らず機密情報漏洩対策に配慮されていることなどの現場作業に適した機能を有している。				○	○			株式会社 クアンド	2023.6.19		
要素2023 00007-01	需要設備、発電所	誘導電動機の電源線に電流センサ(CT)を設置し、収集したデータを基に電動機及び回転機械の異常を早期検出することで機械故障によるトラブルや損失を未然に防止する。	回転機械設備の電流解析による状態監視技術	プラント設備の保全業務の遠隔常時監視において、回転機械設備の状態監視を比較的に簡単に導入・設置可能な「電流センサー（クランプ）を活用した電流情報量分析」を実施する診断技術である。電流センサーを制御盤内に設置することで、振動センサーと同様な監視・診断が可能であり、従来の診断技術では活用が難しかった特殊環境下の回転機械設備についても異常を兆候の段階で発見すること並びにインバータの異常についても診断が可能となる。	○	○		○	○			株式会社 高田工業所	2023.7.21		
要素2023 00008-01	需要設備	特高受変電設備の順次更新において、構内高圧ケーブルや高圧変電設備の絶縁劣化状態を常時監視することにより、設備毎の地絡事故発生の前兆現象を把握し、計画的な更新をサポートすることが可能となる。	微地絡及び間欠地絡が検出可能なデジタル形保護継電器を使用した高圧絶縁監視装置	特高受変電設備の高圧配電盤に使用する地絡継電器に、通常の地絡継電器の動作レベルに達しない微小な電流が流れる「微地絡」や高圧ケーブルの水トリーが進展することによって瞬間的に地絡が発生する「間欠地絡」を検知・発報する機能及び地絡電流を常時監視・記録する機能が付加されたデジタル形保護継電器であり、専用の絶縁監視装置と接続することでグラフ表示による管理が出来る。新規設備に限らず既存設備における運用も考慮しており、高圧地絡事故の前兆現象を捉えることによる予防保全を可能としている。		○		○	○			株式会社 日立産機システム	2023.8.29		

[illegible]

4. 技術カタログの詳細

基礎要素技術カタログ	・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 3-1
保安技術モデルカタログ	・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 3-2

4-1 基礎要素技術カタログ

1 要素 2022 00001 (削除)

※削除日：2023 年 11 月 28 日 削除理由：「基礎要素技術」として掲載されていたが、現場運用を重ねて、実証データと実証評価が纏められ、プロモーション委員会で妥当性・実効性が評価され、2023 年 11 月 28 日「保安技術モデル」に区分変更となった。

2 要素 2022 00002 小型無線式振動データ収集装置と振動データ監視・分析技術

．．．．． 要素 00002-P1 ～ -P10

3 要素 2022 00003 高圧絶縁監視機能搭載 SOG 制御装置による絶縁劣化の

予兆検知技術 ．．．．． 要素 00003-P1 ～ -P8

4 要素 2022 00004 ベルトコンベアローラの軸受損傷を早期検知する技術

．．．．． 要素 00004-P1 ～ -P7

5 要素 2023 00005 低圧非接地式回路の絶縁抵抗を高精度に計測・監視する

絶縁監視技術 ．．．．． 要素 00005-P1 ～ -P6

6 要素 2023 00006 手持ちのスマートフォン等を活用した遠隔現場支援システム

．．．．． 要素 00006-P1 ～ -P6

7 要素 2023 00007 回転機械設備の電流解析による状態監視技術

．．．．． 要素 00007-P1 ～ -P8

8 要素 2023 00008 微地絡及び間欠地絡が検出可能なデジタル形保護継電器を使用した

高圧絶縁監視装置 ．．．．． 要素 00008-P1 ～ -P6

スマート保安技術カタログ

資料-1.1

管理番号	要素 2022 00002-01		
技術区分	IoT センサー		
保安技術名称	小型無線式振動データ収集装置と振動データ監視・分析技術		
技術バージョン	Ver1		
登録区分・年月日	登録区分: 基礎要素技術 登録年月日: 2022 年 9 月 26 日		
修正履歴	Ver 年 月 日	Ver 年 月 日	Ver 年 月 日
	Ver 年 月 日	Ver 年 月 日	Ver 年 月 日
対象設備	需要設備、発電所		
活用シーン	小型無線式振動データ収集装置(b-Monitor2)を対象回転機械設備に設置し、iOS 端末または受信機(ゲートウェイ)を経由して振動データと温度データをクラウドに保存することで遠隔地から機械の状態を確認・把握できる。また、収集した 10,000Hz までの振動加速度データ等を基に機械の異常を早期検出することで機械故障によるトラブルや損失を未然に防止することが可能となる。		

1. 技術内容

本技術は、小型無線式振動データ収集装置(b-Monitor2)で収集した振動データと温度データを専用クラウドに保存することで、振動データ監視と収集データ分析による回転機械の異常を早期に発見する「回転機械モニタリングシステム(TR-COM システム)」である。

(1) システム概要

TR-COM システムは、小型無線式振動データ収集装置(センサ)の内部保存された対象機械の振動加速度、振動速度、温度の収集データを、現場巡視等において iOS 端末（専用アプリ）を用いて月 2 回程度の頻度で TR-COM クラウドにデータ転送、あるいは人がなかなか近寄れない場所などはゲートウェイを常設することでセンサからデータ受信してクラウドに転送する仕組みとなっている。

クラウドに保存された収集データは、ユーザー自身が遠隔地から PC の WEB ブラウザで機械の状態監視およびデータ分析ができる。

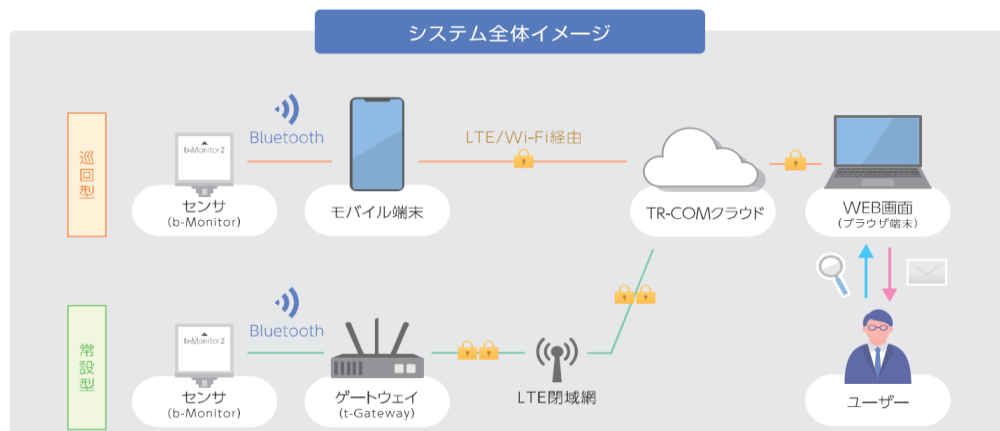


図 1 TR-COM システム構成図

管理番号	要素 2022 00002-01
------	------------------

(2) センサ設置と運用イメージ

ア センサは、小型無線式（センサ外観を図 2 に示す）で、電源はリチウム電池としていることから、監視対象の回転機械に電源及び制御配線工事なしで設置し、利用することができる。



図 2 センサ外観

イ データ収集は、iOS 端末を利用して、機械に設置されたセンサから約 20m 離れた位置からデータ収集(Bluetooth low energy(2.4GHz)方式)ができる。

データ収集しているイメージを図 3 に示す。

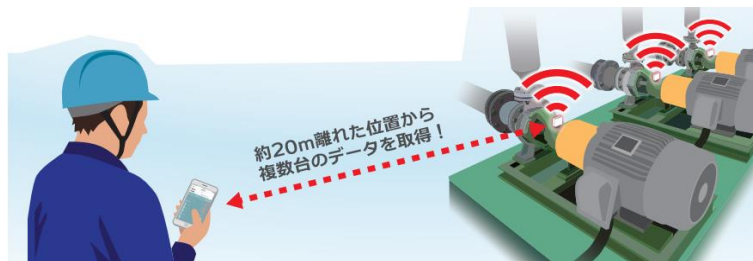


図 3 現場巡視等における、iOS 端末を用いたデータ収集イメージ

ウ クラウドに保存されたデータは、TR-COM システムにて収集データ監視とデータ分析が行われ、設定されたしきい値を超えた場合や機械状態が変化して FFT データ（振動スペクトル）が変化した場合に、変化通知メール(異常時)によりユーザーに通知される。

また、定期レポートを通知させることも可能である。運用イメージを図 4 に示す。

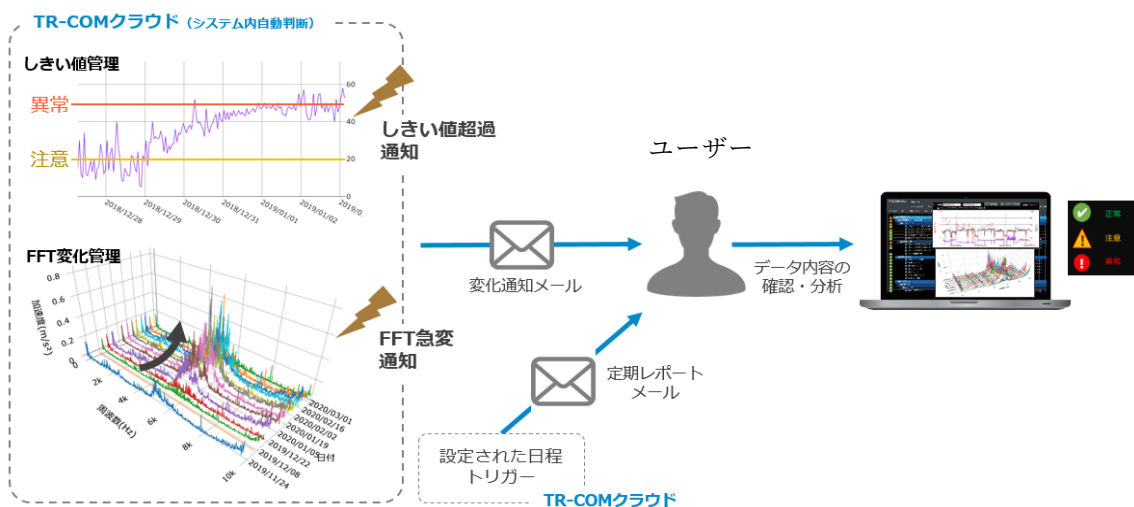


図 4 TR-COM システム運用イメージ

管理番号

要素 2022 00002-01

2. 検証データと特徴

(1) 振動加速度による早期異常検出

図 5 は、ポンプの軸受が焼き付いて動作しなくなるまでを実験した事例の収集データであり、振動を「変位」、「速度」、「加速度」で測定し、振動スペクトルを時系列に並べている。この実験結果では、「変位」データで監視しているとポンプが故障する 2 日前に急激な変化が見られる。また、「速度」データで監視していると約 1 ヶ月前に顕著な異常兆候が見られ、「加速度」データで監視していると約 3 ヶ月前に異常兆候の変化が見られる。

この実験結果から、振動は「加速度」がもっとも早期に異常が検出できることが分かる。そのため、TR-COM システムでは、「加速度」による測定で早期の異常検知に取り組んでいる。

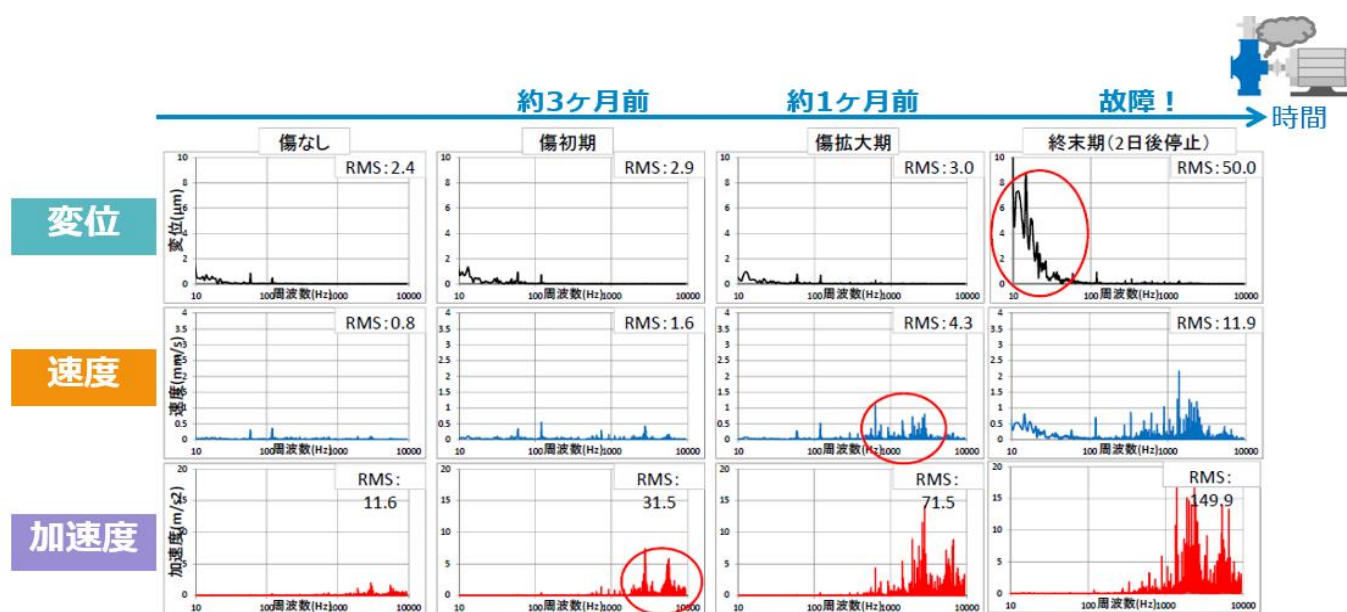


図 5 振動測定による異常検知タイミング実験結果

(2) 従来の回転機械監視手法と課題

ア 従来の回転機械の監視は、DCS（分散型制御システム）の様な高機能かつ高価な常設システムを除くと、以下の 3 つの手法が一般的に多く利用されている。

- ① 聴診棒を用いて人の耳で判断する。
- ② ハンディタイプのポータブル振動計を用いて振動を測定する。
- ③ 有線または無線式振動センサを設置して振動の大きさを測定する。

イ これらの手法は各種課題がある。

- ① ベテランの管理者は、聴診棒で機械の振動を耳で音として判断して状態を推定している。

振動周波数帯は 10,000Hz の高周波まで聞き取れるが、音の変化で機械の状態を推定するには、経験とノウハウなど熟練した技術が必要である。

- ② 手でポータブル振動計のプロブを機械に押し付けた場合、接触共振により 1,000Hz 程度までしか精度よく測定できない。また、測定箇所の選定、押し付け方など習熟が必要で、毎回同じ精度で安定した測定をするには 熟練した技術が必要である。

管理番号

要素 2022 00002-01

- ③ 有線または無線式振動センサを設置して利用する場合、多くの製品では振動の大きさ（RMS 値）を監視して異常を判断するが、原因推定までは難しい。また、インバータ装置を使って設備を運用した場合、インバータのキャリア周波数による特有の振動が加わり、回転機械が正常状態でも大きな振動値となり傾向監視が難しい。

なお、電源配線や制御配線の施工が必要となり、費用と時間が掛かる。

（3）TR-COM システムが提案する振動監視手法

熟練技術者が聴覚による音の変化と異常の見極めを行うと同等の保安全管理を、振動スペクトルを時系列に蓄積および監視することで、視覚的に捉えることができる。（デジタル化と異常兆候推移の見える化）

また、時系列に蓄積された振動スペクトルの形状から機械の異常原因を推定することが可能である。

この手法は、熟練技術者の可聴領域に近い 10,000Hz までの振動加速度データを常設したセンサで抽出し、蓄積することで実現できる。

図 6 の右図は、初期の軸受傷を経過観測した事例である。

本グラフは、センサで収集した振動加速度スペクトルを時系列に蓄積しており、グラフ内の一本一本が 1 回ごとに測定した振動加速度スペクトル（8Hz～10,000Hz までのスペクトル）である。手前のスペクトルが古い測定日で、奥が新しい測定日のデータであり、3 次元グラフ表示している。

この事例では、6,000Hz 付近の山の形状が少しずつ大きくなっており、軸受の初期傷による振動が時間と共に変化していることが見て取れる。

一般的に多く利用される左図の振動トレンド（横軸：時間、縦軸：振動加速度 RMS 値）では、軸受に傷が発生した事が分かりにくい。右図の様に振動スペクトルを時系列に表示すると、変化を容易に判断できる。また機械の異常ごとに、振動スペクトル蓄積グラフの形状に特徴があるので、異常原因の推定まで行うことができる。

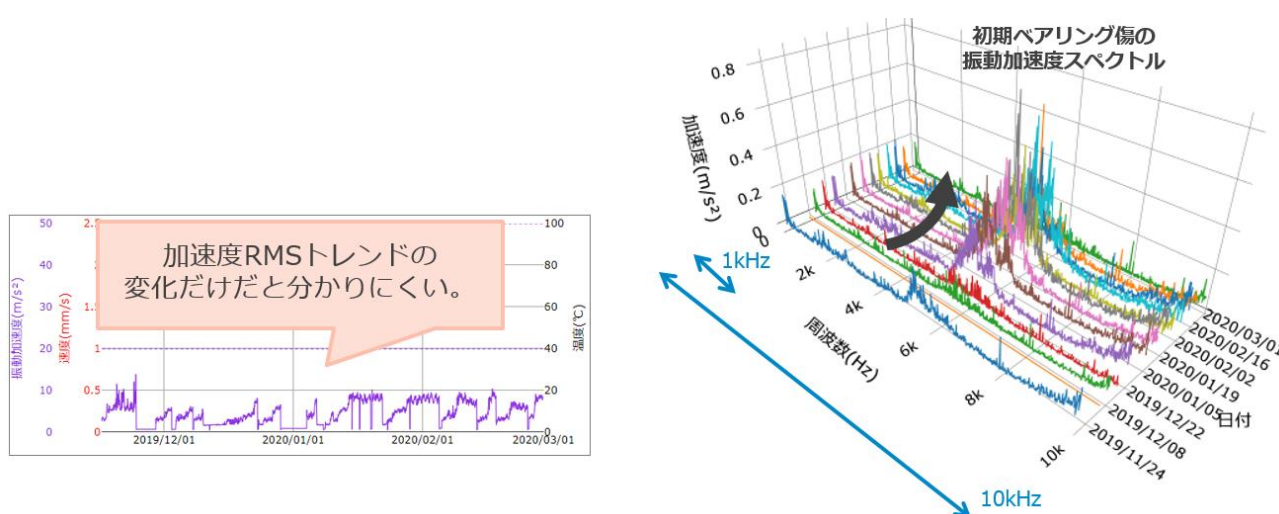


図 6 初期軸受傷の振動スペクトル

管理番号

要素 2022 00002-01

(4) TR-COM の特徴

ア センサは後付で簡単設置

センサは、電池を電源とした無線方式のワイヤレスのために、電源・配線工事が不要で、対象機械にセンサを簡単に後付けすることができる。

設置方法は、センサ本体から M6 サイズのネジが出ているので、基本的には対象機械にねじ込んで固定する。ただし、対象機械にネジ穴加工が難しい場合は、専用の取付台座を金属の様に固まるエポキシパテ又は接着剤で対象機械に堅牢に取り付けて、センサを取付台座にねじ込むことで利用が可能である。



図 7 センサ (b-Monitor2) と取付台座の外観

イ 振動は 10,000Hz まで測定可能

図 8 の左図に示す軸受傷の初期段階（左）では、右図の時系列振動スペクトルに示すように 6,000Hz などの周波数に山の形状として異常兆候が現れる。（軸受によって特徴周波数は異なる）

ポータブル振動計のプローブを手で測定する場合は、接触共振で 1,000Hz 程度まで、一般的な無線式振動センサは 2,000～3,000Hz までしか測定できない製品が多い。

そのため、図 8 のような初期の軸受傷の異常兆候は検出できないと想定できる。

TR-COM システムでは、10,000Hz までを分解能 1Hz で測定し、3 次元グラフとしているので異常兆候の早期検出が可能である。

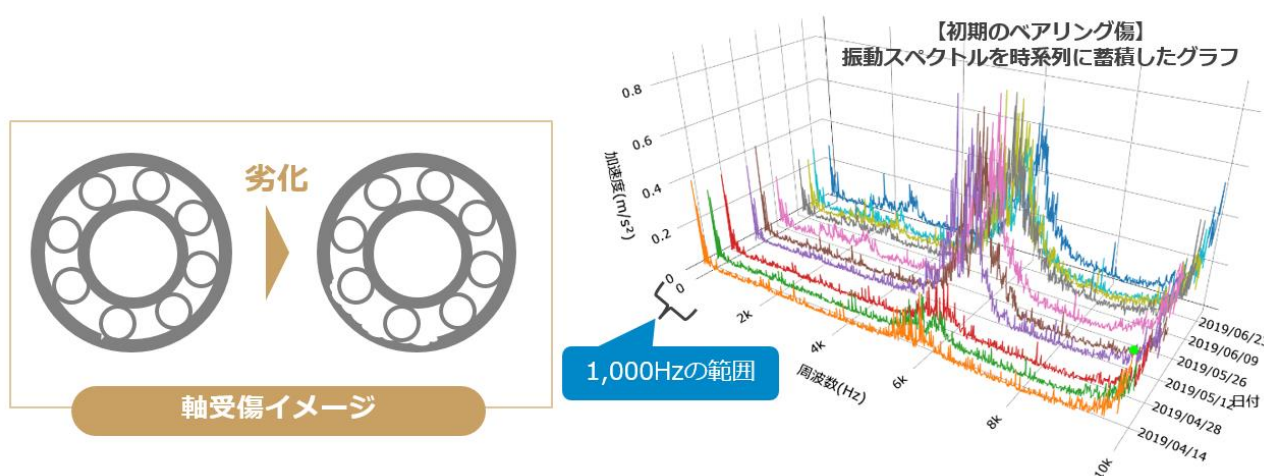


図 8 軸受傷イメージと振動スペクトル

管理番号	要素 2022 00002-01
------	------------------

ウ 振動スペクトル形状で原因推定

振動スペクトルを時系列に蓄積し、機械の状態変化を振動スペクトル形状で表すことにより、異常兆候を視覚的に把握することができる。なお、振動スペクトル形状から既知の現象かどうかを確認でき経過観察が可能である。

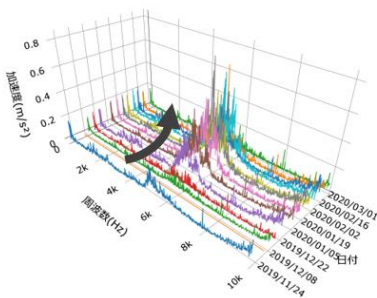
この振動スペクトル形状は、機械や機械異常の種類によって特徴的に表れるので、形状によって異常の原因推定に役立てることができる。

例として、特徴的な異常原因と時系列蓄積した振動スペクトル形状を図 9 に示す。

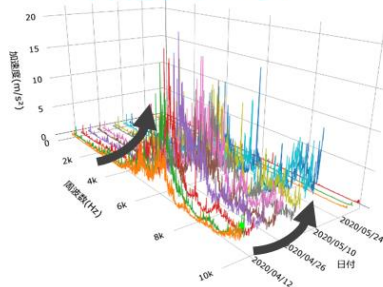
図 9 の左は「初期の軸受傷」、中央は「軸受の潤滑不良と外輪クリープ」、右は「ポンプの過少流量や吐出し部詰まり」が発生した際の振動スペクトル形状である。

例)

軸受の初期傷



軸受の潤滑不良と外輪クリープ



ポンプの過少流量や吐出し部詰まり

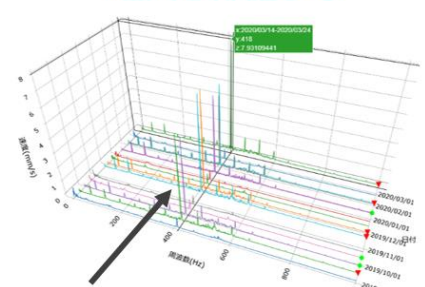


図 9 異常原因別の時系列蓄積した振動スペクトル形状(事例)

(参考) TR-COM システムで特定可能な故障要因の例示

- ① ころがり軸受の潤滑異常、ころがり軸受の初期傷およびクリープ
- ② インバータ駆動での軸受異常
- ③ アンバランス、ミスアライメント
- ④ ポンプの過少流量や吐出し部詰まりによる脈動

開発者名称	株式会社 西島製作所
連絡先等 (担当者、組織名、住所、電話番号)	(当該案件連絡先) 担当者：産業本部 事業開発部 企画課 高曾 哲英 〒569-8660 大阪府高槻市宮田町 1-1-8 TEL：072-695-0551(代表) E-mail：n-koso@torishima.co.jp

管理番号

要素 2022 00002-01

3. 機能と仕様

(1) TR-COM システムの主要機能概要

ア 管理 WEB 画面

① 監視対象の機器ごとに現在の状態（正常、注意、異常）が一覧で管理できる。

（図 10 の右図を参照）

② グラフ表示は、温度・振動の大きさを傾向管理できるトレンドグラフ（図 10 の左上を参照）と
どんな振動周波数が大きい原因推定する FFT 分析画面（図 10 の左下を参照）などがある。



図 10 WEB 画面イメージ

イ スマートログ機能

設備機器の日常点検では、異常兆候があった場合にどのように効率的に記録を残して共有するかが課題となる。

TR-COM システムでは、対象機械に紐づけて「メモ機能」、「写真」、「音声」、「動画」を記録として保存することができる。また、普段の日常点検項目を自由に追加し点検フォーマットを自分で作成できるため、振動と温度だけでなく、電流、流量、水漏れ、潤滑オイル量など自社の点検項目フォーマットを作成可能である。

点検時は、iOS 端末から点検結果および「メモ機能」、「写真」、「音声」、「動画」をクラウドに保存できるため、日常点検のペーパーレス化(デジタル化と電子保存)にも取り組むことが可能である。

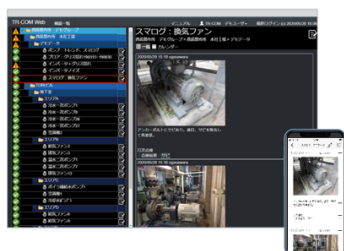
スマートログ機能のイメージを図 11 に示す。

管理番号

要素 2022 00002-01

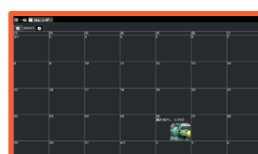
「点検記録を埋もれさせない」

- TR-COMのメモ機能
- 点検時の状況をかんたん入力
- カレンダーから点検記録を検索
- 点検項目を自由に設定可能
(フォーマット作成機能)



記録

機械の状態を、写真、動画、音声で記録し活用できます。



カレンダー表示

点検記録を時系列で表示します。



フォーマット作成

お客様の点検項目に応じて結果記入欄を編集できます。

図 11 スマートログ機能

(2) センサ仕様と動作モード

TR-COM システムのセンサ仕様を表 1 に示す。

センサは、動作モードにより電池寿命とデータ保存周期が異なるため、動作モードを表 2 に示す。

表 1 センサ仕様



項目	仕様
外形寸法	38mm×24mm×38mm
質量	約 50 g (電池含む)
計測内容	温度 振動加速度 RMS 振動速度 RMS FFT 波形
計測仕様	1 軸加速度：±30G 測定周波数：8Hz～10,000Hz
無線	Bluetooth low energy (2.4GHz)
動作温度範囲	周囲温度：-20～60℃ 設置面温度：-20～85℃
防水防塵保護	IP66
電源	塩化チオニルリチウム電池 (専用)

※ 設置対象機械の回転数は 480rpm 以上を推奨

管理番号

要素 2022 00002-01

表 2 センサ動作モード(電池寿命とデータ保存周期)

		重点モード	標準モード	省電力モード※2
電池寿命(目安)※1		1 年	2 年	3 年
保存 周期	振動加速度 RMS、温度	1 時間	1 時間	12 時間
	振動速度 RMS	1 日	1 日	3 日
	FFT	1 日	7 日	14 日

※1：電池寿命の条件は、周囲温度 25℃環境で、FFT 保存周期でデータを取得した場合

※2：省電力モードは、常時連続動作する機械で利用可能

※3：電池は、専用のパッキン付属の塩化チオニルリチウム電池である。(ユーザー交換可能)

(3) クラウドストレージのサービス内容

- ① クラウドストレージは、1 契約（アカウント）ごとに基本容量 50GB が利用可能である。
なお、追加容量が必要な場合は、50GB 単位での追加設定となる。
- ② データ量の目安は、センサ 500 台で 1 年間利用した場合に 50GB 程度（センサ収集データのみ、写真・音声・動画を含まず）である。
- ③ クラウドストレージの容量が満杯になった場合は、古い日付データから順次削除され、新しいデータが保存される。

管理番号 要素 2022 00002-01

4. 参考資料

(1) 西島製作所製ポンプへのセンサ設置

西島製作所が提供するポンプには、TR-COM のセンサを取り付けるネジ穴が標準で準備されているので、センサをねじ込むだけで、すぐに TR-COM システムを利用可能である。(図 12 を参照)



図 12 西島製作所製ポンプにセンサを設置した状態

(2) ゲートウェイ仕様

センサの収集データを常時取得する場合のゲートウェイ（受信機）は、独自 LTE 閉域網を利用しているため通信費を含めてレンタル提供となる。

表 3 ゲートウェイ仕様



項目	仕様
外形寸法	172mm×114mm×43mm
質量	約 600g
電源	AC100～240V（AC アダプタ使用）
動作温度範囲	-20℃～70℃
防水防塵保護	IP40
接続センサ数	最大 50 台
センサからデータ取得周期	随時（センサでデータ生成された時）
遠隔操作	任意操作で取得（振動加速度 RMS、FFT データ）

※屋外などで使用するために、防水ボックス仕様の製品あり。

スマート保安技術カタログ

資料-1.1

管理番号	要素 2022 00003-01					
技術区分	IoT センサー					
保安技術名称	高圧絶縁監視機能搭載 SOG 制御装置による絶縁劣化の予兆検知技術					
技術バージョン	Ver1					
登録区分・年月日	登録区分: 基礎要素技術			登録年月日: 2022 年 11 月 7 日		
修正履歴	Ver	年	月	日	Ver	年
	Ver	年	月	日	Ver	年
対象設備	需要設備、発電所					
活用シーン	高圧地中引込受電点に当該開閉器を設置し、検出センサは零相変流器や零相変圧器等を活用（新規センサ不要によりコスト削減）して、引込設備から受電設備機器までの広範囲を常時監視し、地絡遮断電流よりも小さい地絡電流で絶縁劣化を早期に検出して警報を発することで、地絡事故の発生前に設備点検やメンテナンスが可能となり、高圧地絡停電事故の未然防止が図られる。					

1. 技術内容（特徴、仕様、性能など）

(1) 技術の概要

絶縁監視機能搭載地中線用 GR 付高圧交流負荷開閉器（UGS/UAS）に内蔵されている零相変流器や零相変圧器等を活用して、地絡動作値より低い設定値の絶縁低下或いは放電性の微地絡を検出して警報を発する装置である。

注）微地絡とは、零相電圧(V_0)や零相電流(I_0)が地絡動作設定値に至らないレベルの地絡や継続時間が短く地絡動作に至らない地絡と定義する。

(2) 想定している電気保安の活用例

高圧地絡停電事故の多くは、設備機器の経年劣化や雨水浸入などによる絶縁低下に起因しての地絡事故が原因となっている。

そのため、引込口開閉器において、地絡遮断電流（数百 mA）よりも小さい地絡電流（数 mA）を前兆現象として検出することで、地絡事故の発生前に設備点検やメンテナンスを実施し、高圧地絡停電事故の未然防止を図る。

(3) 装置の特徴(機能)

ア UGS/UAS 内部の ZCT 以降、高圧引込ケーブル、キュービクル内の高圧機器（遮断器・開閉器類、変圧器、コンデンサなど）の高圧側の全域が検出範囲となる。

イ SOG 装置に絶縁監視機能を搭載し、絶縁状態を常時監視することで、絶縁に関するトラブルに繋がる恐れが高い絶縁抵抗の低下（閾値管理）と放電性の微地絡（閾値管理）を検出・発報する機能を有する。

ウ 微小な零相電流 I_0 を検出・判定するので負荷電流や静電容量等による影響を除くため、下記の補正処理（ノイズの除去）を行う。

- ① ZCT 出力に対して FFT 処理を適用し、絶縁低下によらない周波数成分を除去する。
- ② CT 出力および UGS/UAS 製造段階で取得した開閉器のセンサ特性記憶を用いて、負荷電流に起因する ZCT 出力の誤差成分を除去する。
- ③ 現地の系統条件に起因する対地静電容量等による零相電流値を残留分誤差として除去する。

管理番号

要素 2022 00003-01

- エ 制御装置表示部の警告表示点灯状態により「微地絡（放電性の絶縁低下）、警戒（長期的に進行する絶縁低下、 $3M\Omega$ 相当）、特別警戒（長期的に進行する絶縁低下、 $1M\Omega$ 相当）」の警報種類及び点灯か点滅の内容の組み合わせにより、現地で過去の履歴と現時点の絶縁状況の把握が可能である。
- オ 一定の時間間隔(60 秒)で取得した計測情報や絶縁低下検出の結果を記録し、90 日間保持可能である。（古いデータから上書きサイクル）
- カ 絶縁監視の検出状況（警報）は、無線通信を活用して専用サーバへの伝送やスマートフォンなどへのショートメッセージ(SMS)で通知可能である。（サービス機能）
- キ 絶縁監視の検出状況（計測情報）データを表示部の保守通信端子からパソコンに直接取得可能(有線通信)であり、ユーザー自身で検出前後等のデータ分析ができる。（サービス機能）

(4) 検出範囲

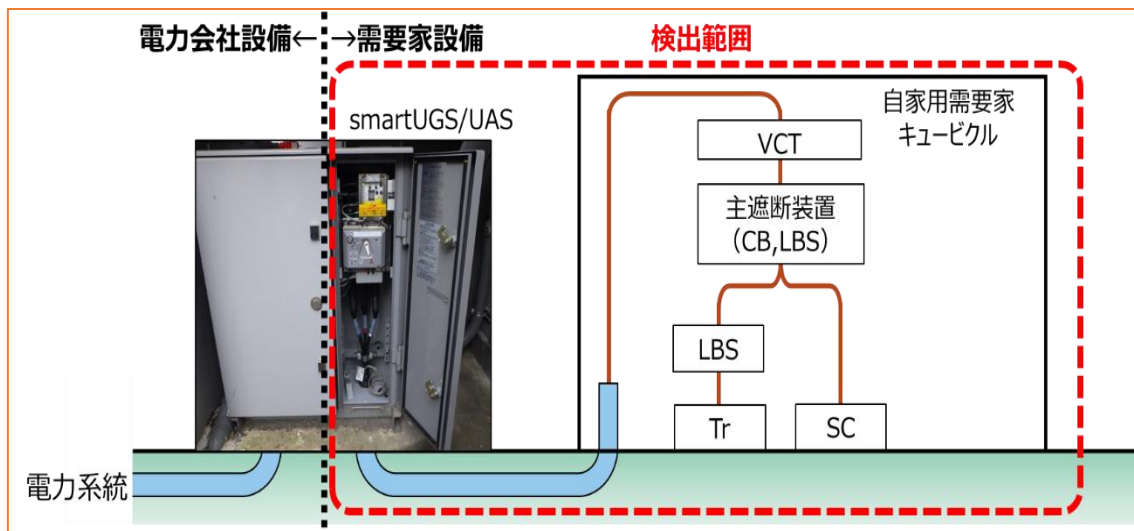


図 1 絶縁監視可能な高圧設備の範囲

図 1 に示すとおり、UGS/UAS 電源側の ZCT 以降の全ての高圧機器の絶縁状態の管理が可能(検出範囲)となる。また、開閉器に内蔵された継電器用センサの併用により、新規センサを設置することなく低コストで絶縁状態の常時監視(閾値管理)が出来るため、採用が容易でコストパフォーマンスも高い。

管理番号

要素 2022 00003-01

(5) 保護原理(概念)

SOG 制御装置は、高圧電路に設置されている地絡検出装置で零相電圧 V_0 及び零相電流 I_0 を検出し、進み 135 度～遅れ 45 度の範囲の場合需要家側と判断し、構内外の事故の発生側を判定できる。(図 2)

図 3 に絶縁状況検出の領域を示す。橙色枠が従来の SOG 制御装置の検出範囲であり、地絡事故として開閉器を開放する。黄色枠が「放電性の微地絡」、青色枠が「長期的に進行する絶縁低下」の検出範囲であり、本技術では従来の検出範囲より微小な零相電流 I_0 及び動作時間の領域で微地絡及び絶縁低下を区分して検出する事による絶縁状態の常時監視が可能となっている。

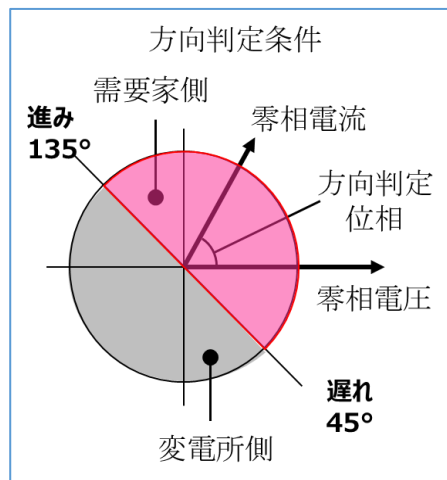


図 2 方向性判定条件

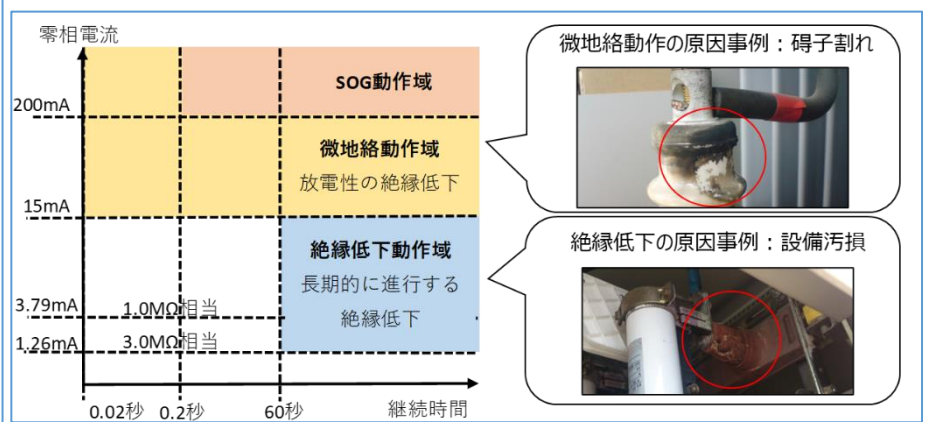


図 3 絶縁状況検出領域

表 1 に高圧絶縁監視機能搭載 SOG 制御装置の設定項目一覧を示す。SOG 動作、微地絡動作、絶縁低下の検出対象に対して、個別に動作電流、動作時間を設定することが可能となっている。

表 1 高圧絶縁監視機能搭載 SOG 制御装置の設定項目一覧表

絶縁検出	動作電流 [mA]	動作時間
SOG動作	200-400-600-800-1000 5段切替	0.2-0.4-0.6 [s]3段切替
微地絡動作	15 (実効値)	0.02~1.2[s]
絶縁低下	1.26(警戒閾値 絶縁抵抗値3MΩ相当：実効値) 3.79(特別警戒閾値 絶縁抵抗値1MΩ相当：実効値)	1~60[m]

管理番号

要素 2022 00003-01

(6) 制御装置の表示部の説明

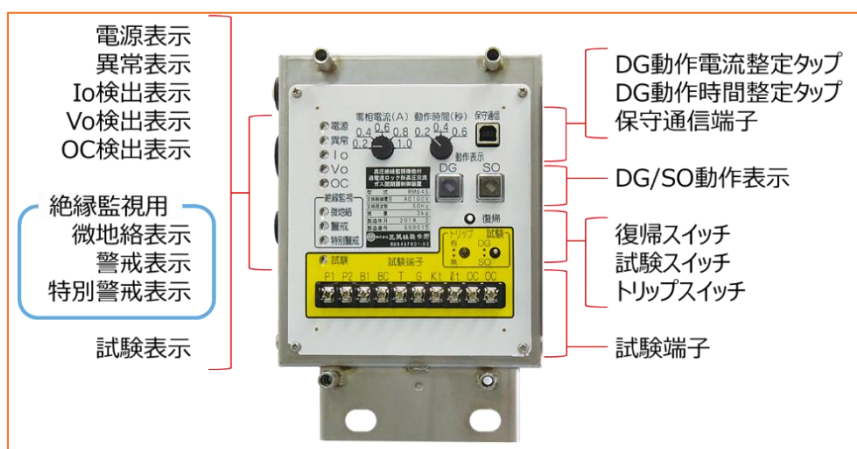


図 4 制御装置表示パネルの配置

図 4 に高圧絶縁監視機能搭載 SOG 制御装置の表示パネルの配置を示す。

表 2 に絶縁監視用表示器の機能概要、表 3 に絶縁監視機能の定格を示す。

表 2 絶縁監視用表示器の機能概要

絶縁監視用表示器の機能概要	
名称	機能概要
微地絡表示	点灯状態により微地絡（放電性の絶縁低下）検出状態を表示する。
警戒表示	点灯状態により警戒（長期的に進行する絶縁低下、3MΩ相当）検出状態を表示する。
特別警戒表示	点灯状態により警戒（長期的に進行する絶縁低下、1MΩ相当）検出状態を表示する。

表 3 絶縁監視機能の定格

絶縁監視機能の定格	
名 称	定 格
微地絡検出閾値	15mA
絶縁低下検出 警戒閾値	1.26mA(絶縁抵抗値3MΩ相当)
絶縁低下検出 特別警戒閾値	3.79mA(絶縁抵抗値1MΩ相当)
絶縁低下検出位相範囲	進み135°～(0°)～遅れ45°
計測ログ記録間隔	60秒毎
計測ログ記録件数	129600件(90日分)

※ 微地絡検出には方向判定機能は搭載されていない。

管理番号	要素 2022 00003-01
------	------------------

2. 模擬地絡試験による検証

(1) 絶縁低下検出機能の試験

変電所側の対地静電容量を考慮した実環境に近い模擬試験構成として、図 5 に示す試験装置を設定し、長期的に進行する絶縁低下の検出状況を確認・評価した。

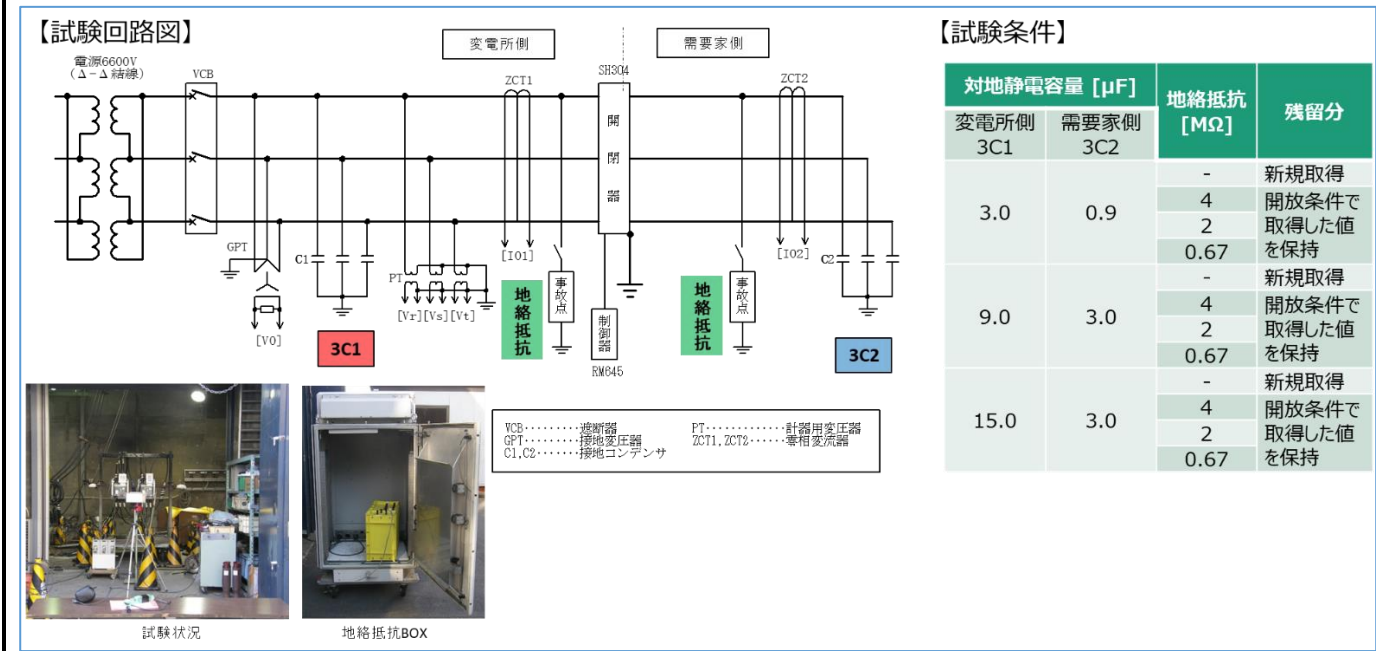


図 5 絶縁低下検出試験回路および試験条件

表 4 絶縁低下検出試験の試験結果

試験条件		理論値			試験結果			判定	
方向	地絡抵抗 [MΩ]	ΔIo [mA]	ΔVo [V]	警報	ΔIo [mA]	ΔVo [V]	方向判定	警報	判定良否
—	—	0	0	—	0.16	0.07	変電所側	—	良
変電所側	4	0.22	0.78	無	0.25	0.76	変電所側	無	良
変電所側	2	0.44	1.56	無	0.49	1.74	変電所側	無	良
変電所側	0.67	1.31	4.64	無	1.55	4.84	変電所側	無	良
需要家側	4	0.73	0.78	無	1.09	0.810	需要家側	無	良
需要家側	2	1.47	1.56	警戒	2.01	1.71	需要家側	警戒	良
需要家側	0.67	4.40	4.67	特警	5.16	4.48	需要家側	特警	良

① 変電所側 3C1 : 3.0μF と需要家側 3C2 : 0.9μF での試験回路構成における各試験条件の試験結果を、表 4 に示す。

変電所側と需要家側に模擬接地抵抗を接続して地絡試験を実施した結果、理論値に近い電圧・電流値による検出確認により、微地絡または絶縁低下の検出機能が正しく作動したことが検証された。

② 変電所側 3C1 : 9.0μF と需要家側 3C2 : 3μF および変電所側 3C1 : 15μF と需要家側 3C2 : 3μF での試験回路構成における試験結果も同様に良好であった。

管理番号	要素 2022 00003-01
------	------------------

(2) 微地絡検出機能の試験

変電所側の対地静電容量を考慮した実環境に近い模擬試験構成として、図 6 に示す試験装置を設定し、部分放電等による微地絡の検出状況を確認・評価した。

なお、放電現象は針金を接地極に瞬間的に近接させることで模擬した。

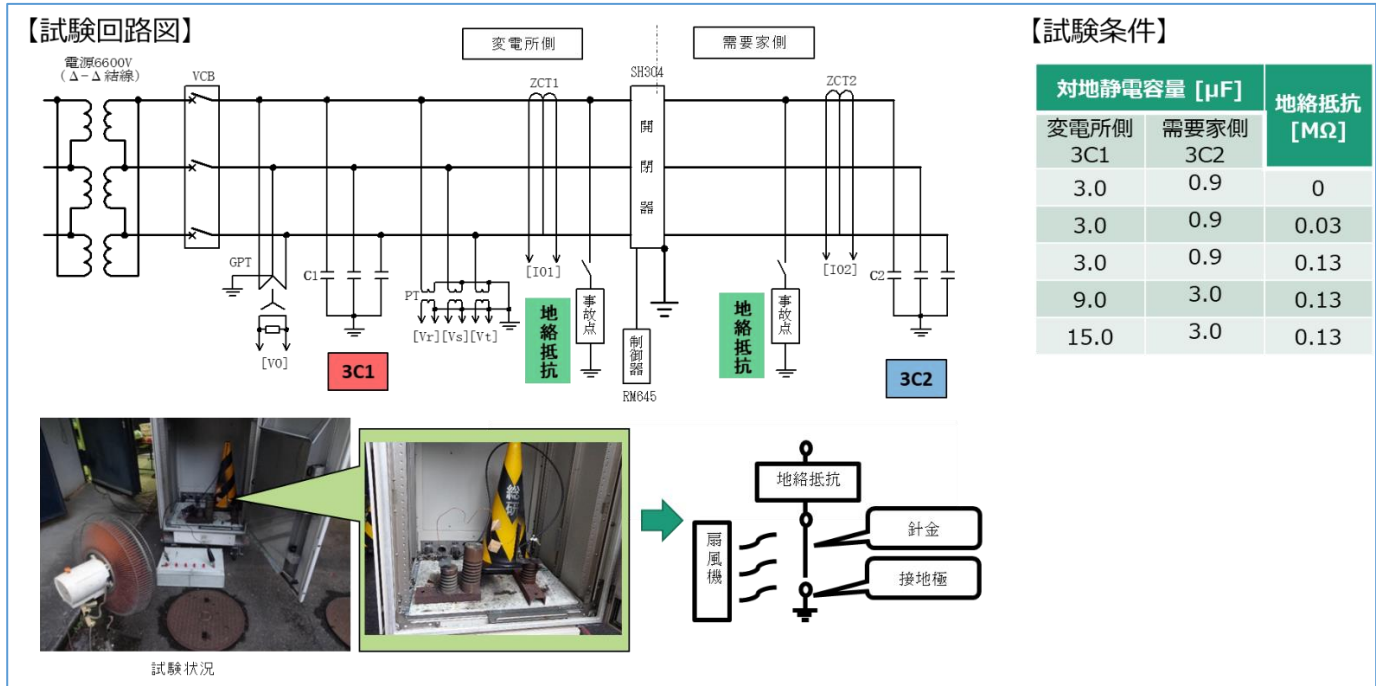


図 6 微地絡検出試験回路および試験条件

表 5 絶縁低下検出試験の試験結果

試験条件			理論値	試験結果		判定
対地静電容量[μF]			Io [mA]	検出Io[mA]		判定良否
変電所側 3C1	需要家側 3C2	地絡抵抗 [MΩ]		最小	最大	
3.0	0.9	0.03	97.68	89.3	100.2	有 良
3.0	0.9	0.13	22.59	20.4	25.9	有 良
9.0	3.0	0.13	21.99	19.6	23.1	有 良
15.0	3.0	0.13	24.43	20.8	25.6	有 良

- ① 変電所側 3C1 を 3.0、9.0、15.0μ に設定した場合に需要家側 3C2 : 0.9、3.0μF の場合の試験回路構成における各試験条件の試験結果を、表 5 に示す。
- ② 変電所側および需要家側の対地静電容量を変化させた検証試験の結果、理論値に近い微地絡電流が流れて正しく動作(警報)することが検証された。

管理番号	要素 2022 00003-01
------	------------------

(3) フィールド試験

現在、保守管理を受託している需要設備 19 箇所に設置してフィールド試験を行っている。図 7 に計測された零相電流の推移の一例を示す。全ての設備において、微地絡および絶縁低下の警報閾値レベルまでの微地絡電流は発生していない。

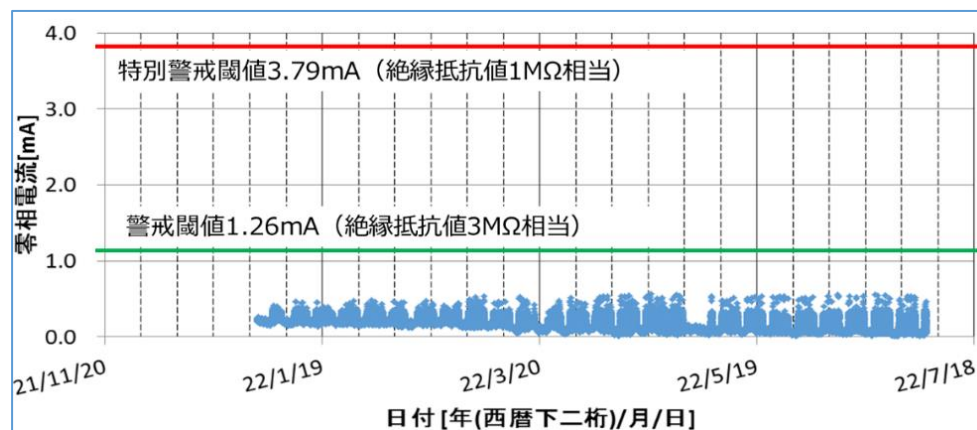


図 7 フィールド試験における微地絡電流の推移

3. 常時監視の運用方法（サービス機能）

絶縁状態の常時監視により検出した警報をお客さまサーバへの伝送やスマートフォンなどへショートメッセージ(SMS)にて通知する機能があり、速やかな前兆現象の把握と対応が可能となる。



4. 今後の予定

- (1) フィールド試験を拡大および継続するとともに、フィールド試験での課題である微地絡検出の方向判定機能搭載に向け、実証中である。
- (2) AI を活用したデータのトレンド管理により、絶縁劣化に係るトラブルの予測や事故の発生が想定される電気設備の特定等について研究開発を実施中である。

開発者名称	一般財団法人関東電気保安協会、株式会社三英社製作所
連絡先等 (担当者、組織名、住所、電話番号)	(当該案件連絡先) 一般財団法人関東電気保安協会 総合技術センター 担当者：小野 賢司 〒108-0023 東京都港区芝浦 4-13-23 MS 芝浦ビル 7 階 TEL：03-6453-8888 E-mail：kenji-ono@kdh.or.jp

管理番号

要素 2022 00003-01

別添:詳細仕様書・写真

共通仕様項目			
開閉器 適用規格 JIS-C4607「引外し形高圧交流負荷開閉器」			
定格電圧	7.2kV	定格周波数	50Hz
定格電流	300A ※	操作方法	手動式
定格耐電圧	60kV		
※ SH431 400A タイプもあります (UGS のみ)			
制御装置 適用規格 JIS-C4601「高圧受電用地絡継電装置」 適用規格 JIS-C4609「高圧受電用地絡方向継電装置」			
定格制御電圧	AC100V (変動範囲 AC85～110V)	制御電源表示	LED (緑)
定格周波数	50Hz	動作表示	
地絡動作零相電流整定値	0.2-0.4-0.6-0.8-1.0 (A) 5 段切替	(地絡、過電流)	マグサイン (橙) 手動復帰
地絡動作零相電圧整定値	完全地絡時の 5% 固定	(自己診断)	LED (赤) 自動復帰
地絡動作時間整定値	0.2-0.4-0.6 (秒) 3 段切替		Ia、Va、OC、トリップ (誤設定防止) 点滅
地絡動作位相範囲	進み 135°～遅れ 45°	動作表示	
ロック電流値	650A (動作範囲 450A 以上 650A 以下)	外部警報接点容量	AC100V 7A、DC100V 0.4A
試験方法	手動方式および自己診断方式	質量	3kg
制御電源用変圧器部仕様			
定格電圧	一次側 6.6kV/二次側 105V	定格耐電圧	60kV
定格周波数	50Hz		
絶縁監視部仕様			
微地絡検出レベル	15mA	特別警戒閾値	3.79mA (同1MΩ相当)
警戒閾値	1.26mA (絶縁抵抗値3MΩ相当)		

 537 268 smart UGS SH304-RM645 ・ガス絶縁方式を採用し20年以上の販売実績から得られたノウハウを凝縮した高い安全性と信頼性 ・小型軽量で取付作業が容易	 560 240 smart UAS SB089-RM656 ・気中絶縁方式を採用したクリーンな開閉器 ・既設UGSやモールドジスコンの交換に最適 (モールド母線対応品) ・小型軽量で取付作業が容易
---	--

スマート保安技術カタログ

資料-1.1

管理番号	要素 2022 00004-01		
技術区分	その他		
保安技術名称	ベルトコンベアローラの軸受損傷を早期検知する技術		
技術バージョン	Ver1		
登録区分・年月日	登録区分: 基礎要素技術		登録年月日: 2023 年 3 月 27 日
修正履歴	Ver	年 月 日	Ver 年 月 日
	Ver	年 月 日	Ver 年 月 日
対象設備	火力発電所、バイオマス発電所		
活用シーン	石炭やバイオマス燃料等の搬送ベルトコンベアでは、ローラの回転不具合等による運転停止や火災発生の危険性があり、定期的な熟練者による目視・聴覚での稼働状態における点検が必要である。 ローラ軸受損傷検出装置（トルクセンサ）をベルトコンベアのローラ軸受部に設置し、同ローラ軸受の損傷を早期段階で発見・表示することにより、誰でも安全かつ効果的なメンテナンス業務が可能であり、ベルトコンベアローラの不具合を防止できる。		

1. 技術内容

(1) 技術の概要

石炭・バイオマス発電所のベルトコンベア（以下「コンベア」という。）に設置したローラ軸受損傷検出装置（トルクセンサ）で、同ローラ軸受が損傷して焼付きが発生するトルクよりも低いトルクを検知し、同軸受の損傷を早期段階で発見・表示できる技術。

(2) 装置の仕組み

ア コンベアにおいて、一般的に使用されているローラ軸（シャフト）を、トルクセンサのトルクアームに差し込み、専用スタンドにセットする。

イ トルクセンサの専用スタンドは、シャフトを差し込んだトルクアームと接触している支持部分（滑り軸受）の材質、表面性状（粗さ）及び受口形状により、設計段階でトルクアーム（シャフト）が回転を始めるトルク値（すべり摩擦トルク）を決定できる。なお、トルクアームとスタンド部分には、粉塵対策カバーを取り付けることで、粉塵等にも対応している。

ウ 軸受の損傷が進み、ローラ内部の摩擦係数が高くなると、ローラ回転が重く（ローラ内部軸受のころがり摩擦力で決まるトルクがトルクアームを支持する滑り軸受のすべり摩擦力で決まるトルクより大きく）なり、設定したトルク値を超えるとトルクアームが回転する仕組みである。なお、トルク設定値は、ローラ内部の軸受が損傷して焼付きが発生するトルク値よりも低いトルク値（焼付きトルクの約 30%）を閾値とし、ローラ内蔵軸受の初期段階の損傷を発見する。

エ トルクアームが回転するとアーム先端に接続されているステンレスワイヤが引かれ、ワイヤの先に取り付けられた軸受損傷表示装置の色玉が引かれることで、損傷を検知・確認することができる。

なお、ステンレスワイヤは、PTFE（テフロン）チューブに収められており、自在に屈曲可能で、表示器を安全かつ見やすい位置に設置可能である。

オ トルクを検知及び表示する機構は、機械的な仕組みで行うため、電源及び制御電線を必要としない。

管理番号

要素 2022 00004-01

(3) 原理

既設のコンベアのローラ軸受部(スタンド)を専用スタンドに交換し、シャフトを差し込んだトルクアームをセットすることにより、一般的には固定状態にあるシャフト部ではあるが、軸受損傷(ボールベアリングの傷、変形等)によるこがり摩擦力(トルク)が増加し、設定されたすべり摩擦力(トルク)よりトルクアームとスタンドの金属接触部の摩擦力(トルク)が大きくなるとトルクアームが50度まで回転して、接続されたワイヤを引き、表示部の色玉を動かすことで、初期段階の軸受損傷を検知できる。

なお、トルクアームが一旦回転すると、ベルトとローラを持ち上げてリセットするまで残置表示となる。

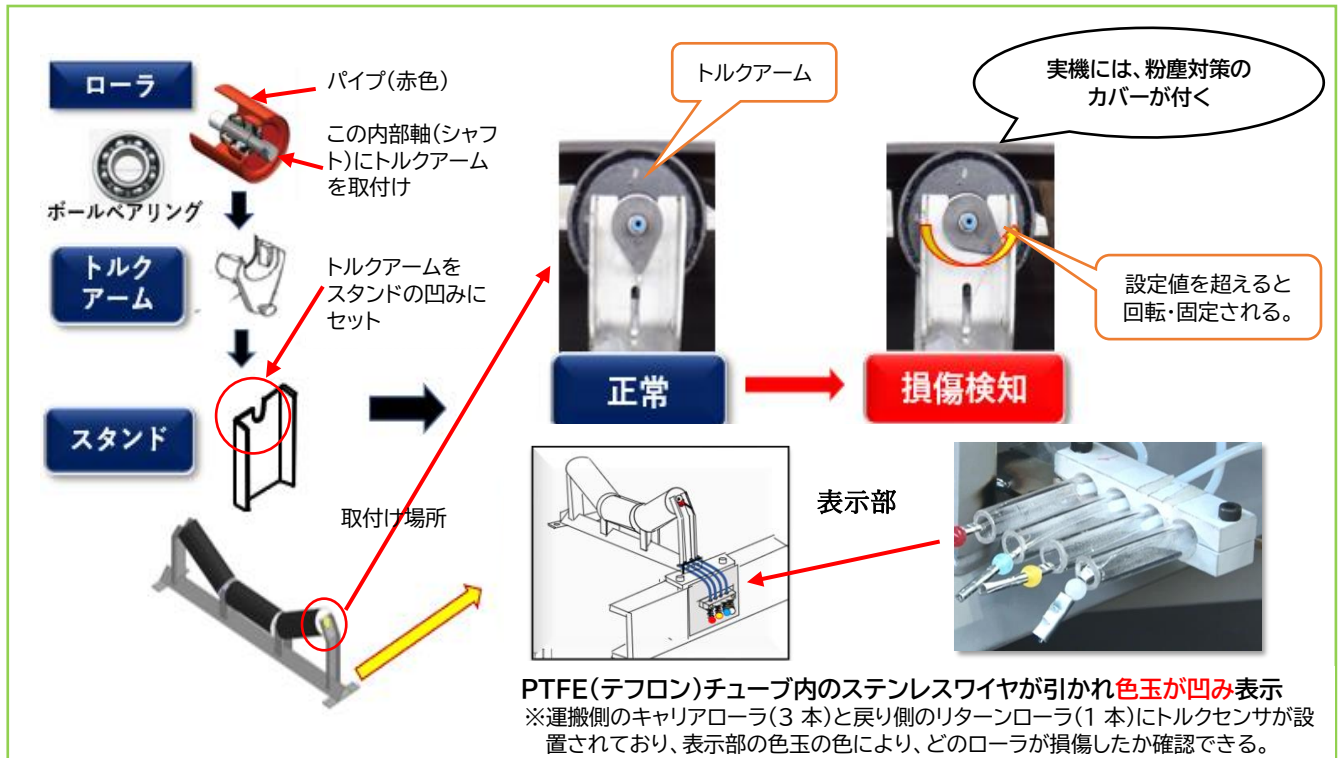


図1 トルクセンサの構成図

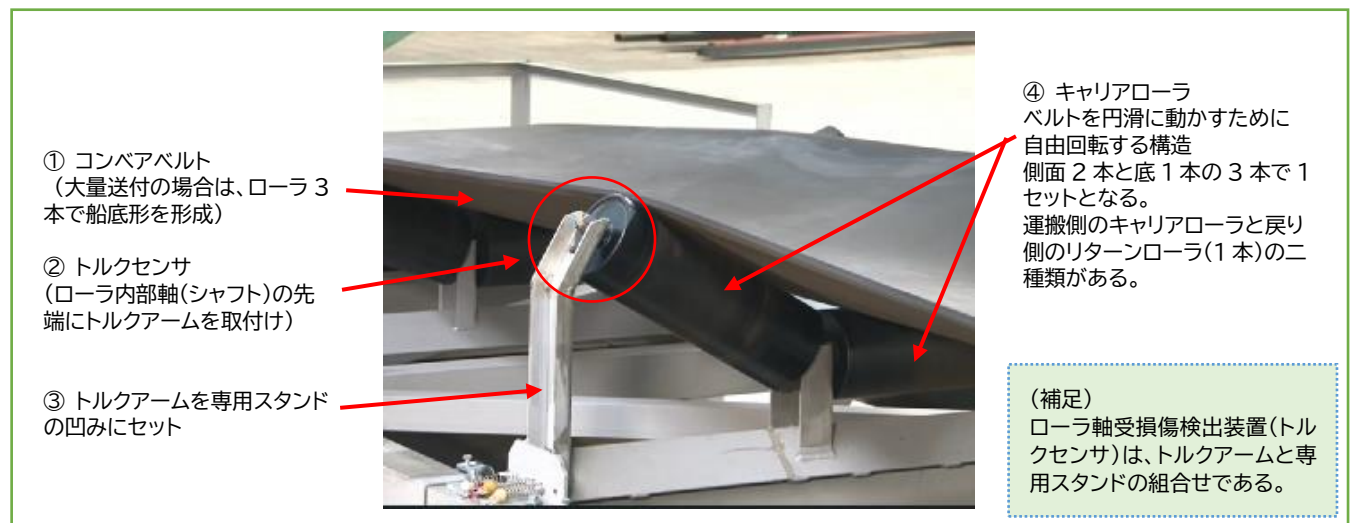


図2 ベルトコンベアとローラの構成図

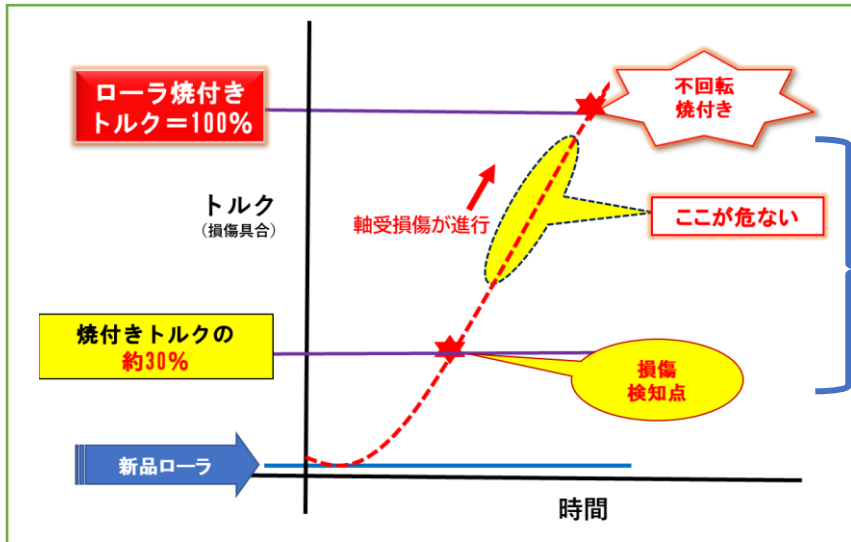
(参考) 大量搬送用のコンベアのベルトは、平形ではなく3本のローラで船底形を形作り搬送している。ローラは、軸と外枠のパイプがボールベアリングを介して取付けられ、自由回転する構造となっており、寸法はJIS（日本産業規格）で規定されている。

管理番号

要素 2022 00004-01

(4) 性能及び特徴

ア 設定トルク閾値は、ローラはまだ不規則に回転しているが振動や音が発生している初期レベルの損傷を検知するものとし、損傷ローラが軸焼付き（ロック）時のトルク値の約 30%として設計している。



- ① 軸受（ボールベアリング）が金属疲労や油切れなどにより、傷や変形等の損傷が発生し、ローラが回転し難い或いは時々不回転となり、振動及び音が大きくなっていく。
- ② ローラの不回転等が発生すると軸受部で金属同士の摩擦等が発生し、過熱や火花が発生する。

図3 軸受損傷におけるシャフトのトルク値と時間経過の関係のイメージ

イ 現行のコンベアローラの点検は、熟練者が目視・聴覚により軸受の損傷状況を判断している。

運転中の設備の現場巡視において、目視点検ではカバー越し或いはカバーを持ち上げてローラの動きを点検し、聴覚点検では低周波音を確認しているが、他の機器の音が多いことやコンベアの積載量が少ない時には音が小さくなるために故障を発見し難い状況にあった。

コンベアローラの点検をトルクセンサにより代替することにより、次のようなメリットがある。

- ① 巡視者に熟練技能が不要となり、要員数が削減できる。（単独作業も可能）

熟練技術者の目視・聴覚による点検からセンサによる機械表示の確認となり、少人数かつ技術レベルに依存しない点検が可能となる。

- ② 密閉コンベアカバーの開閉が不要で、コンベアに接近しないで確認が可能のため安全である。

ローラ軸受部の目視や音を確認する必要がないので、運転中のコンベアカバーの開閉操作が不要となり、開閉操作の手間だけでなく回転部への巻込まれ事故も無くなる。

- ③ 表示は残値式なので運転中でも運転停止後でも同レベルでの確認が可能である。

トルクアームは一旦回転するとローラを持ち上げてリセットしないと表示がそのままであるので、運転停止後でもローラ軸受損傷が確認できる。

- ④ 電源及び配線が不要で、防爆エリアへの設置が可能である。

粉塵が多い場所や可燃物の運搬等のコンベアにも簡単に設置可能である。

- ⑤ 既設キャリアスタンドに容易に取り付けられる。

既設のキャリアスタンドを一括で取り替える方式とスタンドのみを交換する方式があり、短時間での交換が可能である。

- ⑥ ローラは既存の標準ローラをそのまま使用できる。

ローラ軸受先端部にトルクアームを装着するため、既存品がそのまま使用できる。

管理番号

要素 2022 00004-01

2. 検証データ等(研究または実証試験)

(1) 試験方法

電動機により試験対象ローラを、回転数約 400 回/分で回転させ、トルクセンサの作動を確認した。

ア 試験対象ローラ(3 種類)

① 未使用品(新品ローラ)

② 火力発電所等の現場実機で軸受が損傷したと判断されたローラ。

熟練技術者が軸受破損と判断したローラ 4 台、軸受損傷のおそれがあるローラ 1 台（音も小さく、軸受温度も上がっていない破損が小さいローラ）、の計 5 台。

③ 軸受損傷を模擬したローラ

バルーンの空気圧力を調整してローラ内面に接させてトルク値を変化させて動作値を計測した。

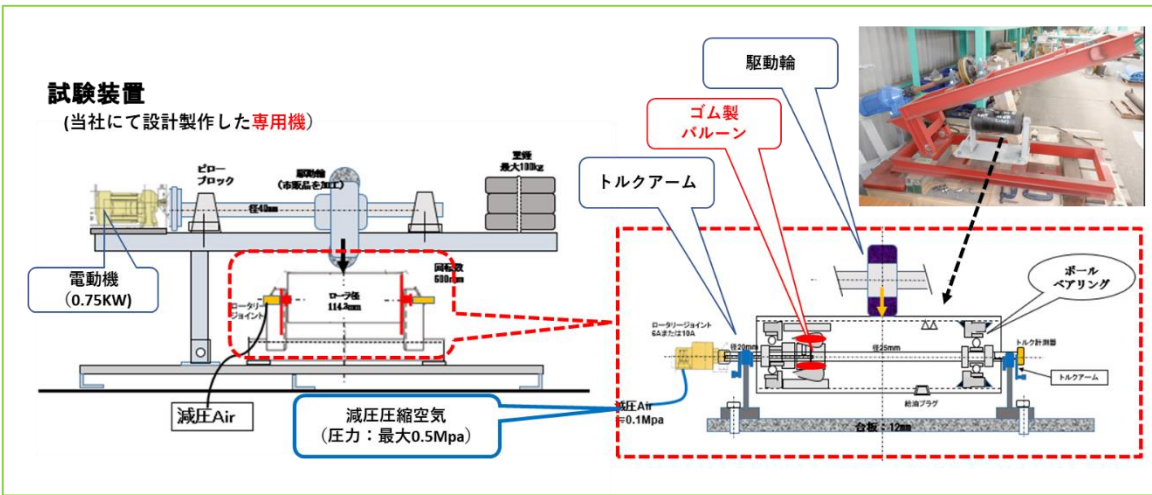


図 4 トルクセンサの動作模擬試験機

イ 取得データ

① 検知時のトルク測定（一部計算）。

② 軸受近傍の温度(熱画像)、騒音(振動)。

(2) 試験結果のデータ

表 試験結果のデータ

	ア,自由回転 →停止時間	イ、騒音 測定/暗騒音	ウ,軸受近傍 温度/環境温度	エ,検知可否 (検知トルク%)	オ,検知静摩 擦係数 μ	評価
実機で破損したローラ① ベルト幅750mm キャリア	50秒 (損傷が小)	70dB /40dB	約20° /15℃	検知しない	0	× 軸移動あり
実機で破損したローラ② ベルト幅750mm キャリア	13秒	80dB /40db	同上	○検知 (約15%)	0.18	○
実機で破損したローラ③ ベルト幅750mm キャリア	25秒	79dB /40dB	/30°	○検知 (約13%) ゆっくりと	0.15	△
実機で破損したローラ④ ベルト幅900mm キャリア	15秒	85dB /50dB	/33°	○検知 (約13%)	0.16	○
実機で破損したローラ⑤ ベルト幅900mm キャリア	20秒	同上	同上	○検知 (約13%)	0.16	○
未使用ローラ(新品)	40秒 (上記とメー カが違う)	50dB /60db	/15℃	検知しない	0	

スマート保安技術カタログ

資料-2.2

管理番号	要素 2022 00004-01
(3) 評価 ア 熟練技術者が軸受破損と判断したローラ 4 台は、自由回転時間に多少の差はあるがいずれも手で軽く回転する状態であり、ローラの軸受損傷レベルは摩擦係数 $\mu = 0.1 \sim 0.2$ の範囲と想定される。 実験の結果、4 台すべてにおいて軸受損傷により上昇したトルクを検知し、ローラ焼付き時のトルクを 100% とすると、概ね 13~15% のトルク値で検知しており、満足できる結果を得た。(設定閾値は 30% を想定。) 今後、検知する閾値の設定については、設備の実態と保守管理レベルにより設定することとしたい。 イ 試験ローラ①(軸受損傷のおそれがあり、予防保全的に交換したローラ)は、新品と同様に検知しなかった。 検知しなかった原因は、軸がブレてはいるがベアリング自体は損傷が少ない(音も小さく、軸受温度も上がっていない)ローラであり、いずれ軸損傷が進み、センサが検知するトルクが発生すると思われる。 3. 今後の展開予定 火力・バイオマス発電所の燃料搬送ベルトコンベアローラの目視・聴覚による巡視点検をトルクセンサで代替することで、ローラ内軸受故障を初期段階で発見でき、かつ点検品質の向上が見込めること、コンベア火災の予防につながることで、コンベア付近での危険な巡視作業頻度を減少させること及びセンサの設置も比較的容易であることから、今後、現場設備での運用環境下(粉塵や錆等の影響)における実証試験を重ねて運用評価データ及び運用に関する知見の収集を積み重ねる。 材質選択やトルク閾値設定及び健全性確保に向けた管理手法が確立された場合は、導入による品質向上、業務効率化及び安全確保への効果は大きく、更にセンサの表示機能を光ファイバセンサに置き換え、故障位置の特定と遠隔で常時監視が行える研究開発を進めることにより、無人化及び遠隔巡視によるコンベアのメンテナンス業務の改善及び火力発電所の構外遠隔監視の導入促進に寄与すると想定している。 4. 特記事項(課題、考慮すべき事項、その他) (1) トルクセンサの粉塵・固化対策 コンベアからの落粉及び周辺環境(粉塵等)等に起因するトルクアームの回転阻害及び検知の閾値に対する影響について、試験装置での模擬試験に加えて、実設備環境での実証試験等を行い、対策を進める。 (2) トルクセンサ(トルクアーム)が破損した場合の発見方法の研究。 トルクアームは、構造が簡単な機械式の装置であり、衝撃荷重等にも耐えるように材質・構造を考慮しているが、万が一の破損対応として、数ヶ月ごとの定期点検を推奨し、損傷の有無が発見しやすい方法を研究する。	
開発者名称	株式会社 三和テスコ
連絡先等 (担当者、組織名、住所、電話番号)	(当該案件連絡先) 組織名・部署：株式会社三和テスコ 技術開発室 担当者：室長 安藤 隆 〒760-0065 香川県高松市朝日町 4-11-67 TEL：087-821-4431 E-mail：t.ando@sanwa-tesco.co.jp

管理番号

要素 2022 00004-01

別添: 詳細仕様書・オプション

1. キャリアスタンド及びリターンブラケットにおける、センサの位置

- ① キャリアスタンドのローラ毎に 1 個、計 3 個設置
- ② リターンブラケットのローラに 1 個
- ③ トルクセンサ（トルクアーム）の回転をステンレスワイヤに伝え（ワイヤを引き）スタンド端部の表示部に表示する。（ステンレスワイヤは PTFE 樹脂チューブで保護している。）

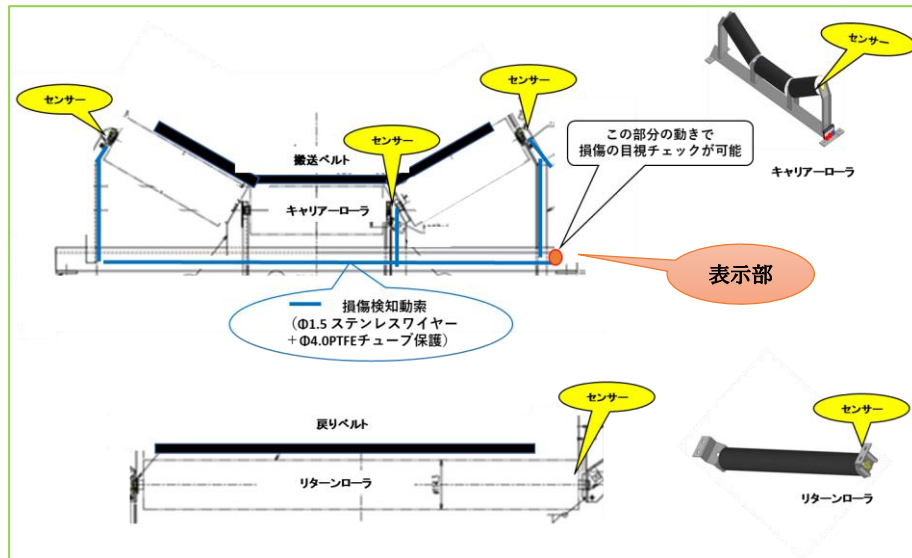


図5 トルクセンサの設置位置

2. トルクセンサの設置方法

既設キャリアスタンドを、センサ付スタンドに交換する方法と、既設スタンドにセンサを取り付ける方法の手順を説明。（所要時間はいずれの方法でも 20 分程度。）



図6 トルクセンサの取付方法

管理番号 要素 2022 00004-01

別添: 詳細仕様書・オプション

(参考資料)

- トルクセンサと光ファイバケーブル（センサ）とを組み合わせる遠隔監視（IoT）。

センサの表示機能を光ファイバセンサに置き換え、故障位置の特定と遠隔で常時監視が行える研究開発を進めることにより、無人化及び遠隔監視によるコンベアのメンテナンス業務の改善及び火力発電所の構外遠隔監視システムの開発を目指す。（工場の試験コンベアで実証済）

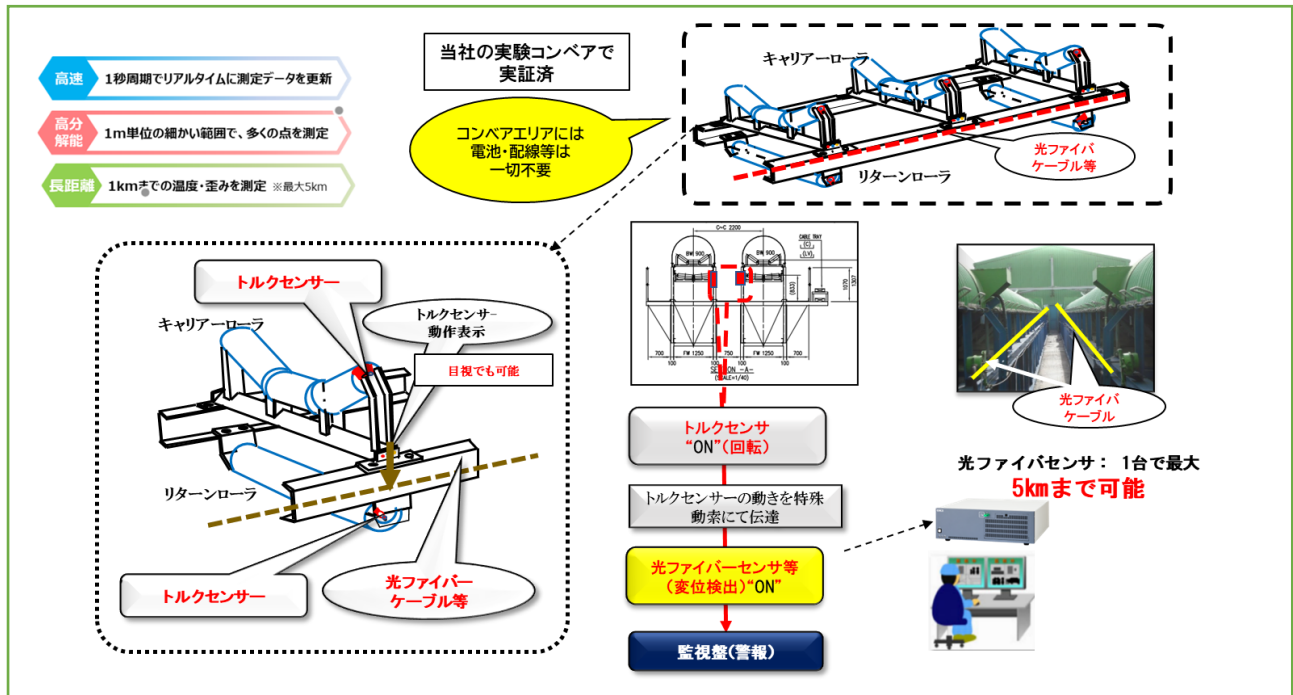


図7 トルクセンサと光ファイバを組合せた遠隔常時監視の構成図

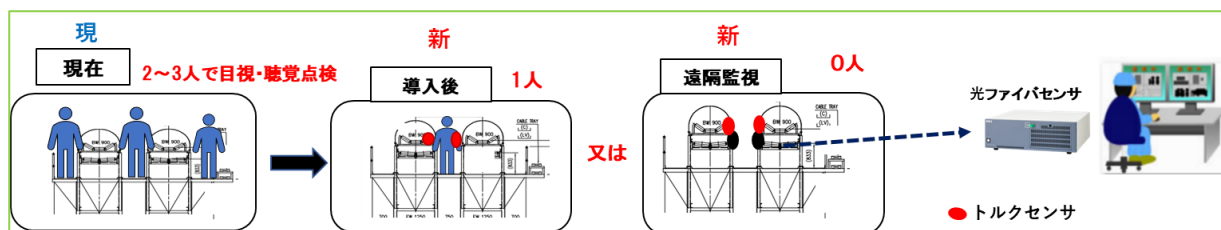


図8 センサ導入による段階的な巡視手法の変更概念図

スマート保安技術カタログ

資料-1.1

管理番号	要素 2023 00005-01		
技術区分	IoT センサ		
保安技術名称	低圧非接地式回路の絶縁抵抗を高精度に計測・監視する絶縁監視技術		
技術バージョン	Ver1		
登録区分・年月日	登録区分: 基礎要素技術		登録年月日: 2023 年 6 月 1 日
修正履歴	Ver	年 月 日	Ver 年 月 日
	Ver	年 月 日	Ver 年 月 日
対象設備	需要設備		
活用シーン	データセンターや半導体工場（Fab）等の停電が許されない非接地式低圧回路において、大地との間に内部抵抗（高抵抗）を介して直流低電圧(20V)を重畳し、重畳計測ユニットの内部抵抗を流れる直流漏れ電流を検出・演算して絶縁抵抗値を算出並びに閾値設定による警報を発報することにより、回路を停電せずに絶縁抵抗を絶縁抵抗計と同等の精度で常時監視する非接地式低圧回路専用絶縁監視装置である。		

1. 技術内容

(1) 技術の概要

変圧器二次側の非接地式低圧回路と大地との間に内部抵抗（高抵抗）を介して接続し、直流低電圧を回路に重畳することで、重畳計測ユニットの内部抵抗に流れる電流を検出・演算して絶縁抵抗を求める絶縁監視装置である。設定した絶縁抵抗値を下回ると警報を発報する機能も有する。

(2) 想定している電気保安の活用例

非接地式低圧回路では、活線における低圧絶縁監視装置（B 種接地線の漏れ電流検知）での検出は困難であり、停電困難な設備にも関わらず、毎年停電して絶縁抵抗を測定する必要がある。

当該絶縁監視装置を設置することにより、非接地式低圧回路の絶縁抵抗値の常時計測が可能となり、絶縁低下箇所の早期把握や定期点検における低圧回路の停電点検周期を延長することが期待できるとともに、電気保安品質と生産性の向上が可能である。

(3) 装置またはシステムの特徴

ア 変圧器二次側の対地電圧 460V 以下の交流の非接地式低圧回路（単相 2 線式・単相 3 線式・三相 3 線式・三相 4 線式）の絶縁抵抗を活線状態で 5.0～999.9kΩ の範囲で、5.0～9.9kΩ ±10%、10.0～999.9kΩ ±5%の精度で測定できる。（測定精度は JIS C 1302 に規定されている絶縁抵抗計の抵抗測定の許容差に準拠）

イ 非接地式低圧回路と大地との間に内部抵抗（高抵抗）を介して、直流低電圧(20V)を重畳し、重畳計測ユニットの内部抵抗に流れる直流漏れ電流を検出・演算して絶縁抵抗値を算出する。

ウ 校正用抵抗による絶縁抵抗測定値の精度の計測試験、通信や計測ユニット機能確認試験及び監視装置の正常動作確認など多様な性能維持に係る自己診断を自動で実施し、異常時には警報を発報する。

エ 一定の時間間隔で取得した計測データを記録し、監視計測ユニットとパネルコンピュータに 3 年間保持することが出来る。（3 年分以降は古い記録より消去（1 日単位）。また、パネルコンピュータで容易に過去のデータ及び履歴を確認することができる。

管理番号

要素 2023 00005-01

- オ 絶縁抵抗値の管理は、2 段階(注意、警戒)の警報を設定可能であり、発報する絶縁抵抗値は 10～1000k Ω の任意、時限は 3～999 秒の任意に設定することが出来る。なお、警報復帰値は絶縁抵抗設定値の 150% となる。
- カ 重畳計測ユニットは、既設配電盤ブレーカの二次側など取付け場所に制限はなく、無停電かつ安全、簡単に後付けや取外しが出来る。
- キ 1 台のパネルコンピュータで管理できる監視計測ユニットは 10 台(変圧器 10 台)である。
- ク 中央監視装置との通信機能を有し、遠隔監視での保守業務の効率化に貢献できる。
- ケ 絶縁抵抗値の継時変化を捉えることで、絶縁低下の前兆の把握が可能となる。

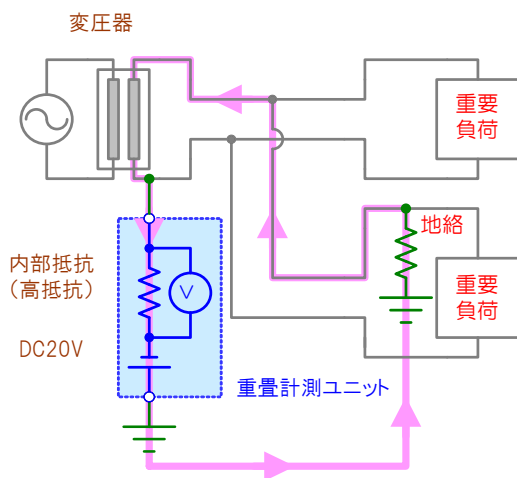


図1 直流電圧の重畳による絶縁管理の概念図

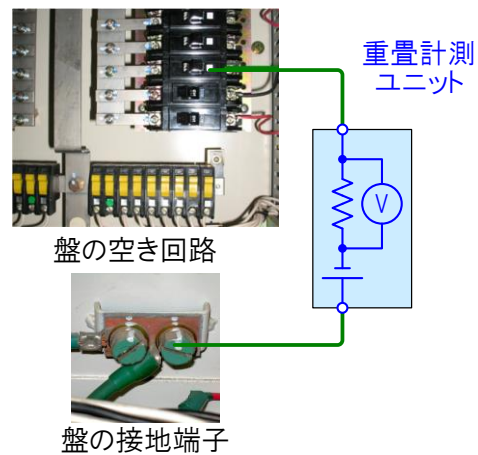


図2 重畳計測ユニットを後付けした例

(4) 構成図

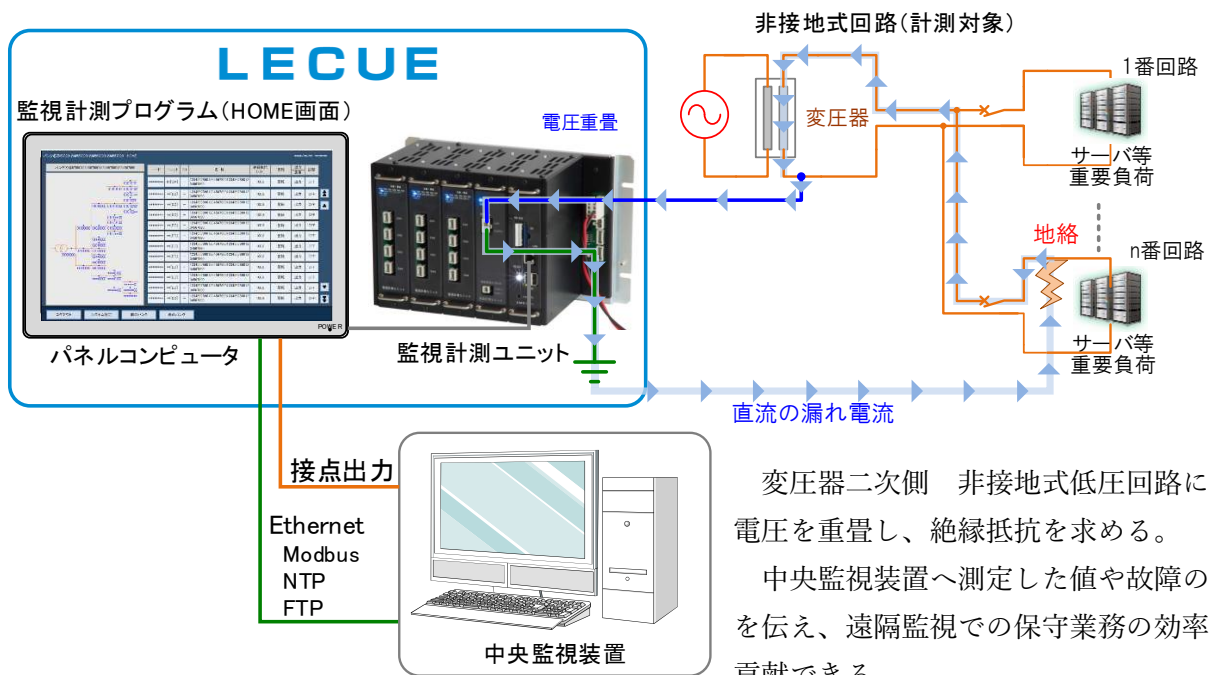


図3 構成図

管理番号	要素 2023 00005-01
------	------------------

2. 検証データ

(1) 型式試験

性能を確認する型式試験のうち、固有誤差は 5% に対し最大 0.4% と非常に優秀な試験結果であった。

表 1 型式試験

試験No.	010105	試験項目	固有の不確かさ	試験結果																																																																																																				
試験項目	IEC 61557-8 5.2.1			固有誤差は、最大0.4%であった。 60Hz																																																																																																				
試験方法																																																																																																								
重畳計測ユニットの重畳出力端子に交流回路を接続して試験する。試験点は、有効測定範囲の最大表示値及び最小表示値、並びに中央表示値の3点とし、試験は、試験抵抗を調整して行う。																																																																																																								
電源装置 交流回路 模擬負荷抵抗 試験抵抗 試験電源 電源装置 ⑤ ⑥ ① ② ③ ③ ④ ⑥ ①: ZMユニット ②: 重畳計測ユニット ③: 電流計測ユニット ④: 接点出力ユニット ⑤: パネルコンピュータ ⑥: 電源				<table><tr><th colspan="2">絶縁抵抗 (kΩ)</th><th colspan="2">AC:0V</th><th colspan="2">AC:100V</th><th colspan="2">AC:200V</th><th colspan="2">AC:300V</th></tr><tr><th>試験</th><th>真値</th><th>測定 (kΩ)</th><th>誤差 (%)</th><th>測定 (kΩ)</th><th>誤差 (%)</th><th>測定 (kΩ)</th><th>誤差 (%)</th><th>測定 (kΩ)</th><th>誤差 (%)</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0.3</td><td>—</td><td>0.3</td><td>—</td><td>0.3</td><td>—</td><td>0.3</td><td>—</td></tr><tr><td>500</td><td>501.5</td><td>500.6</td><td>-0.2</td><td>500.4</td><td>-0.2</td><td>500.4</td><td>-0.2</td><td>500.5</td><td>-0.2</td></tr><tr><td>1000</td><td>1000.4</td><td>998.7</td><td>-0.2</td><td>998.7</td><td>-0.2</td><td>998.7</td><td>-0.2</td><td>998.7</td><td>-0.2</td></tr></table> 50Hz <table><tr><th colspan="2">絶縁抵抗 (kΩ)</th><th colspan="2">AC:0V</th><th colspan="2">AC:100V</th><th colspan="2">AC:200V</th><th colspan="2">AC:300V</th></tr><tr><th>試験</th><th>真値</th><th>測定 (kΩ)</th><th>誤差 (%)</th><th>測定 (kΩ)</th><th>誤差 (%)</th><th>測定 (kΩ)</th><th>誤差 (%)</th><th>測定 (kΩ)</th><th>誤差 (%)</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0.3</td><td>—</td><td>0.3</td><td>—</td><td>0.3</td><td>—</td><td>0.3</td><td>—</td></tr><tr><td>500</td><td>501.5</td><td>500.6</td><td>-0.2</td><td>500.4</td><td>-0.2</td><td>500.4</td><td>-0.2</td><td>500.5</td><td>-0.2</td></tr><tr><td>1000</td><td>1000.4</td><td>998.7</td><td>-0.2</td><td>996.2</td><td>-0.4</td><td>996.1</td><td>-0.4</td><td>996.2</td><td>-0.4</td></tr></table>	絶縁抵抗 (kΩ)		AC:0V		AC:100V		AC:200V		AC:300V		試験	真値	測定 (kΩ)	誤差 (%)	測定 (kΩ)	誤差 (%)	測定 (kΩ)	誤差 (%)	測定 (kΩ)	誤差 (%)	0	0	0.3	—	0.3	—	0.3	—	0.3	—	500	501.5	500.6	-0.2	500.4	-0.2	500.4	-0.2	500.5	-0.2	1000	1000.4	998.7	-0.2	998.7	-0.2	998.7	-0.2	998.7	-0.2	絶縁抵抗 (kΩ)		AC:0V		AC:100V		AC:200V		AC:300V		試験	真値	測定 (kΩ)	誤差 (%)	測定 (kΩ)	誤差 (%)	測定 (kΩ)	誤差 (%)	測定 (kΩ)	誤差 (%)	0	0	0.3	—	0.3	—	0.3	—	0.3	—	500	501.5	500.6	-0.2	500.4	-0.2	500.4	-0.2	500.5	-0.2	1000	1000.4	998.7	-0.2	996.2	-0.4	996.1	-0.4	996.2	-0.4
絶縁抵抗 (kΩ)		AC:0V		AC:100V		AC:200V		AC:300V																																																																																																
試験	真値	測定 (kΩ)	誤差 (%)	測定 (kΩ)	誤差 (%)	測定 (kΩ)	誤差 (%)	測定 (kΩ)	誤差 (%)																																																																																															
0	0	0.3	—	0.3	—	0.3	—	0.3	—																																																																																															
500	501.5	500.6	-0.2	500.4	-0.2	500.4	-0.2	500.5	-0.2																																																																																															
1000	1000.4	998.7	-0.2	998.7	-0.2	998.7	-0.2	998.7	-0.2																																																																																															
絶縁抵抗 (kΩ)		AC:0V		AC:100V		AC:200V		AC:300V																																																																																																
試験	真値	測定 (kΩ)	誤差 (%)	測定 (kΩ)	誤差 (%)	測定 (kΩ)	誤差 (%)	測定 (kΩ)	誤差 (%)																																																																																															
0	0	0.3	—	0.3	—	0.3	—	0.3	—																																																																																															
500	501.5	500.6	-0.2	500.4	-0.2	500.4	-0.2	500.5	-0.2																																																																																															
1000	1000.4	998.7	-0.2	996.2	-0.4	996.1	-0.4	996.2	-0.4																																																																																															
評価方法				試験結果 良																																																																																																				
有効測定範囲の固有誤差は、表示値の±5%を超えてはならない																																																																																																								

(2) 実フィールド（データセンター）の非接地式低圧回路での評価試験

変圧器二次側の低圧回路で絶縁抵抗が低下していることを確認し、探査した結果、絶縁不良と絶縁抵抗が低下している分岐回路が特定でき、早期に保全計画を立てることができた。図 4 に変圧器単位の絶縁抵抗値データ、図 5 に変圧器 2 次側の No.1～20 の分岐回路のうち絶縁が低下した回路の絶縁抵抗値データを示す。No.14 の分岐回路は絶縁不良、No.13 の分岐回路は絶縁劣化の前兆を捉えている。

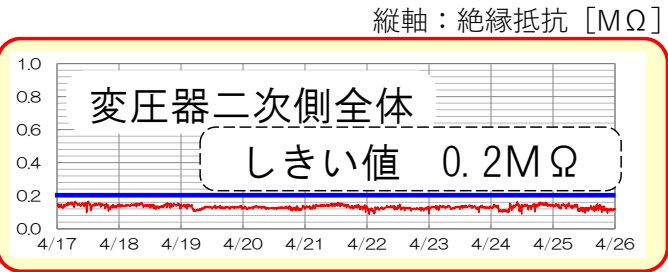


図 4 変圧器二次側の絶縁抵抗値

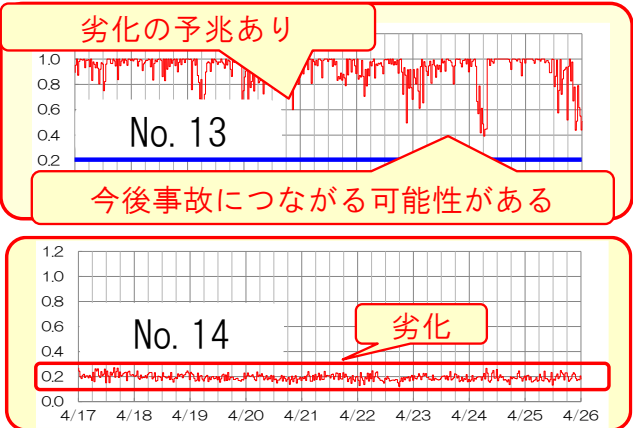


図 5 分岐回路 No.13、No.14 の絶縁抵抗値
(分岐探査の結果)

管理番号

要素 2023 00005-01

3. 運用方法

監視計測ユニットやパネルコンピュータは、電気設備の近傍に設置し、中央監視装置で遠隔監視を行う。

(1) 障害が発生したとき、中央監視装置（ア）への警報発報

- ・絶縁抵抗がしきい値よりも低下したとき
- ・LECUE が故障したとき

のどちらが発生したか中央監視装置で把握できる。

(2) パネルコンピュータ（イ）で状況を確認

- 発生日時、警報モード、警報名称、絶縁抵抗が低下したバンクの確認後に施設管理者へ連絡し、対策を開始する。
- ・LECUE が故障したときは、メーカーへ連絡する。

(3) 回路の絶縁抵抗が低下したとき

絶縁低下した変圧器二次側で直流漏れ電流センサなどを用い（ウ）で探査を行う。

絶縁抵抗が低下した分岐回路を特定した後、保全計画を立てる。

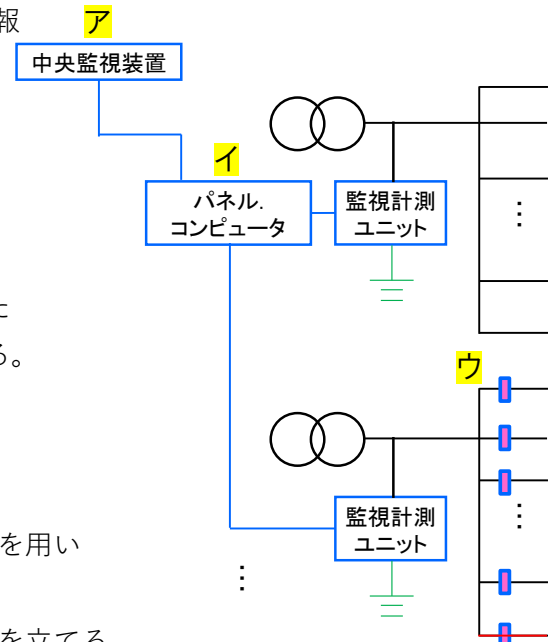


図6 システムの概要図

4. 特記事項

分岐回路の探査

絶縁抵抗が低下した分岐回路には、地絡箇所を介して直流電流が流れているので、直流漏れ電流センサでこの直流電流を検出することにより、絶縁抵抗が低下した分岐回路を特定することができる。

測定範囲、クランプの口径、記録方法などを考慮し、直流漏れ電流センサを選定する。

管理番号	要素 2023 00005-01
------	------------------

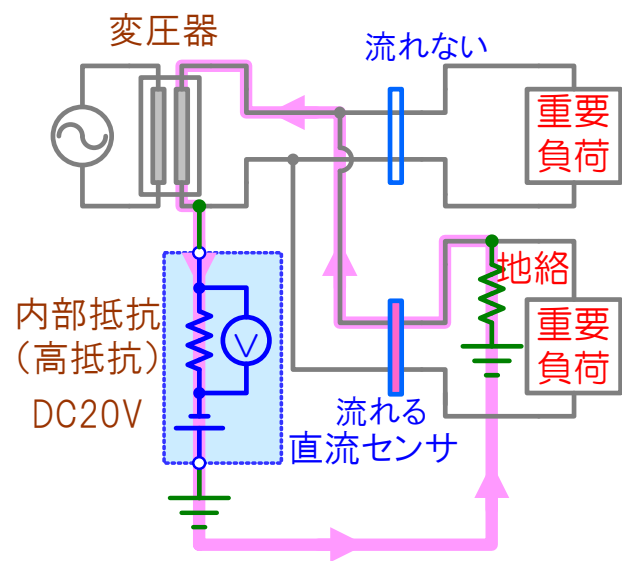


図7 市販のDC電流計測器を用いた分岐回路の探查例

5. 今後の予定

当該絶縁監視装置の導入件数を増やすとともに、計測データなどを収集し、トレンド監視に用いる判定値などを検討する。

当該絶縁監視装置を設置することにより、停電が困難な設備の非接地式低圧回路の絶縁抵抗値の常時監視が可能となり、絶縁低下箇所の早期把握や定期点検における低圧回路の停電周期を延長することが期待できる。今後はクラウドなどの利用などにより、現場データを収集し、データ解析を積み重ねることで、非接地式低圧回路のCBM管理への知見所得を予定している。

さらに、将来は常時絶縁抵抗測定による機能無停止点検とすることで、保守管理の品質向上と生産性の確保に貢献したい。

開発者名称	株式会社 関電工
連絡先等 (担当者、組織名、 住所、電話番号)	(当該案件連絡先) 組織名・部署：株式会社 関電工 戦略技術開発本部 技術開発ユニット 技術開発部 技術戦略チーム 担当者：坂本 英雄 〒108-8533 東京都港区芝浦 4-8-33 TEL : 050-3144-1434 E-mail : sakamoto-h04@kandenko.co.jp

スマート保安技術カタログ

資料-3

管理番号

要素 2023 00005-01

別添: 詳細仕様書

表 2 詳細仕様書

項目	適用
適用電路	非接地式低圧電路 単相2線・単相3線・三相3線・三相4線 対地電圧AC460V以下
測定範囲	5.0～999.9k Ω 5k Ω 未満は「0.0」, 1000k Ω 以上は「OVER」と表示
測定精度	5.0～9.9k Ω $\pm 10\%$, 10.0～999.9 k Ω $\pm 5\%$ JIS C 1302 2018 に規定されている精度に準拠
警報設定	発報 10～1000k Ω , 時限:3～999 ± 1 秒
	復帰 発報設定の150%, 時限:3～999 ± 1 秒
	警報精度 $\pm 5\%$
警報モード	軽故障…絶縁抵抗が低下したとき 設定値が正しく書き込まれなかったとき(注意, 警戒の二種類, 値は任意に設定)
	重故障…通信異常など, LECUE本体に異常が発生したとき
	ランプ表示, 接点出力
設置場所	屋内仕様 使用環境 0～50℃ 85%RH以下(結露無きこと)
適合規格	IEC 61557-8 相当(絶縁監視装置の規格)

※ 軽故障、重故障とも重要な情報であり、絶縁抵抗が閾値よりも低下したときを軽故障、本体に発生した異常を重故障と区別して本システムでは取り扱っている。

スマート保安技術カタログ

資料-1.1

管理番号	要素 2023 00006-01		
技術区分	現場支援		
保安技術名称	手持ちのスマートフォン等を活用した遠隔現場支援システム		
技術バージョン	Ver1		
登録区分・年月日	登録区分: 基礎要素技術		登録年月日: 2023 年 6 月 19 日
修正履歴	Ver	年 月 日	Ver
	Ver	年 月 日	Ver
対象設備	電気設備全般		
活用シーン	遠隔地にいる管理者（熟練者）と現場作業者をつなぐ新しいコミュニケーションツールであり、手持ちのスマートフォンやパソコンなど多種多様な通信媒体間で、現場映像のリアルタイム共有の他、グループ通話で同時通話が可能であり、音声文字変換、お互いに示したい箇所を画面上で指示・確認できるポインタ機能など、現場作業に最適化した機能を有した遠隔現場支援システムである。		

1. 技術内容（特徴、仕様、性能など）

（1）技術の概要

オフィスや自宅など、離れた場所においてもまるでその場にいるかのように「あれ、これ、それ」が伝わる現場に最適なりモートワークツールであり、現場版の Zoom ともいえる。

特徴的な機能として、多彩な通信媒体を活用できること、電話と同じようにボタンひとつで相手を呼び出せること、最大 10 人までグループ通話で同時通話が可能であること、ポインタ機能などで現場の状況が一目で把握できること、写真や画像はクラウドに保管されて個人端末には残らず機密情報漏洩対策に配慮されていること等がある。（図 1、2 参照）

手持ちのスマートフォン等に専用アプリをダウンロードしてアカウントを作成することで手軽に使用可能となる。



図 13 実際の使用例

- ・ 4 人の同時通話
(緑:現場、桃、青、黄)
- ・ ポインタ表示 3 個
(操作者名を色表示)
- ・ テキスト表示
(色で記載者が判る)



図 14 機能の概要

管理番号

要素 2023 00006-01

(2) 装置又はシステムの特徴(仕様・性能等)

ア 対象デバイス

Windows および Mac のブラウザや (Windows のみデスクトップアプリも利用可能)、iPhone・Android など幅広いモバイル端末で利用可能である。※

電話回線ではなくインターネット回線 (WebRTC) を利用したリアルタイム通話ツールである。

※ 利用可能なデバイス

(PC)

デスクトップアプリ：Windows11 最新推奨

ブラウザ版：Google Chrome 最新推奨 (Mac はブラウザ版のみ)

(モバイル)

iPhone 8 以降：iOS14 以降利用可能 最新推奨

Android 9 以降：最新推奨、Android タブレット サポート対象外

イ 機能と特徴 (図 3、図 4 参照)

① 発着信機能

登録した相手に電話のようにボタンひとつで発着信することができる。

② ビデオ通話とポインタ表示

スマートフォン等のアウトカメラ画像が受信側で表示され共用できると同時に、双方別々のポインタを表示可能。(現場では音声と画像を共用してもどの対象物を指しているのか判らないことが多い)

・すべての通話参加者が自分の名前が表示されたポインタを相手に示すことができる。

③ 遠隔撮影、録画機能

受信側が必要に応じて写真撮影・録画が可能で、双方から通話中や終了後も確認できる。

④ お絵描き、音声文書変換、テキストメッセージの送信

・写真に手書きメモを残すことが可能で、メモは保存される。

・騒音等を考慮しテキストメッセージを送信可能、また、PC では音声文字変換での送信も可能。

⑤ 画面共有

PC の画面に読み込み表示(例:図面)されているものを共有可能。ポインタによる明確な指示が可能。

⑥ グループ機能、複数人通話

・プロジェクトごとのグループ編成が可能。

・最大 10 人までグループ通話で同時通話が可能。(ほとんどの機能が利用可能)

⑦ クラウド保存

撮影・録画したものはすべてシンクリモートのクラウドに保存。ダウンロードも可能。

⑧ メンバ管理、着信履歴

グループ内の参加状況が確認できる。発信・着信、不在着信が確認できる。(一対一通話のみ)

⑨ 個人端末に情報が残らない設計

通話中に撮影した写真や動画はすべてクラウドに保管され、個人端末には残らず機密情報漏洩対策が可能。

管理番号

要素 2023 00006-01



図 3 ビデオ通話・発着信に関する機能



図 4 重要箇所を記録する機能

(3) 電気保安(保全)への活用想定

- ア 経験の浅い現場技術者への遠隔サポートにより、熟練技術者不足を緩和できる。
単独点検が早期に可能となることや設備内容による担当選定の必要性がなくなる。
- イ 新しい設備や高度な技術が増加する中での現場技術者の精神的負担の軽減
判らないことや迷ったことがあればベテランに見てもらってアドバイスが貰える。
- ウ 事故応動等の作業の合理化又は宿直勤務要員の削減
事故復旧時に管理者やベテランの判断が可能、あるいは出向人数を絞れる。
- エ 現場技術継承問題への取組み(育成・OJT・安全確認)
技術継承問題として、現場 OJT[On The Job Training]及び新人現場教育の遠隔安全管理と現場指導等の現場育成支援システムとして活用できる。
- オ 選任又は統括主任技術者への報告及び情報共有(現場担当者)
現場担当者と電気主任技術者等が常に情報共有可能となり運用幅が広がる。

管理番号

要素 2023 00006-01

2. 他業種での活用状況

建設業（建築・設備・土木など）や製造業（産業機器・産業用ロボット・資材）、インフラ業（交通・ネットワーク）、行政など幅広い現場で導入・運用されている。

（1）運用実例

ア 通信ネットワーク企業での保全現場における協力会社とのコミュニケーション（図5参照）

現場とのコミュニケーションをDX

これまで電話だけだった協力会社とのやりとりを、現場状況のリアルタイム可視化で社内共有、多彩な機能を活用し的確な指示が行えるようになり、作業効率化に役立っています。現場とのコミュニケーションをDX化できました。

現場側：下請けの現場作業員

遠隔側：本社保全担当者



図5 運用実例1：郊外保全業務

イ 機器製造企業での見積作成のための現場調査（図6参照）

現場調査や不具合対応の時間を短縮

ボイラの製品開発からメンテナンスまでを一気通貫で行っています。現地調査、メンテナンス、人材育成と多くのケースで活用ができ、社内外での利用をさらに促進させるべく奮闘しています。

現場側：実際の作業を請け負う協力業者

遠隔側：メンテナンス営業部の社員（現場責任者）



図6 運用実例2：技術営業業務

管理番号

要素 2023 00006-01

3. 運用方法

(1) 料金プラン

スマートグラスやウェアラブルカメラなどを導入するよりも安価で手軽に始められる料金プランが選択可能である。(図7 参照)

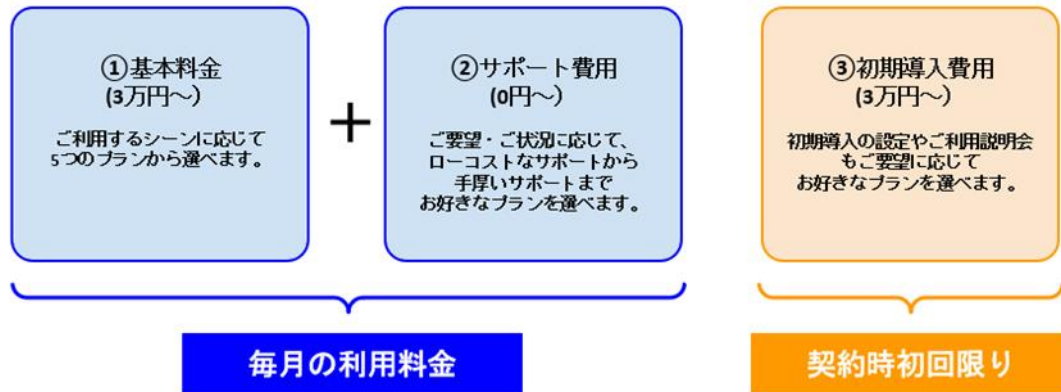


図7 料金プランの一例

(2) 費用効果

業種や業務によって費用効果の試算は異なるが、全般として移動時間やそれに伴う人件費・交通費が様々な業種において削減され、費用効果の試算として算出しやすい。(図8 参照)

ただし、遠隔支援による業務の効率化・迅速化や業務運営の柔軟対応など、費用効果の試算が難しい運営効果への貢献が大きいことや、スモールスタートが可能なこともポイントである。



図8 業種・業務による費用効果試算例

スマート保安技術カタログ

資料-2.3

管理番号	要素 2023 00006-01
4. 特記事項 (1) システムの健全性担保 ア ISMS 認証の取得 国際規格「ISO/IEC 27001：2013」の認証を 2022 年 10 月 24 日付で取得済み。 イ Microsoft Azure 標準のセキュリティ対策を適用 ウイルス検知システムは Azure に準拠している。 ウ 個人端末に情報が残らない設計 通話中に撮影した写真や動画はクラウドに保存され、現場の機密情報漏洩対策が可能になる。 エ サイバー対策 WAF（Web アプリケーションファイアウォール）を導入し、通信やデータの暗号化によって十分な対策がなされている。 (2) 今後の展開予定 現場運用における課題とカスタマー要望を検討し、次の 3 機能を開発・実装予定である。 ア 長時間通話をつなぎ続けながら両手を空けた作業が必要な場合 2023 年秋以降で外部カメラ連携を実装予定であり、ヘルメットの横に装着できるカメラをスマートフォンと有線で繋ぎ、スマートフォンを持たずに映像を配信できるようになる。(両手フリーで作業が可能) イ インターネット環境が脆弱な現場での利用 オフライン（インターネットがない状態）の現場においてカメラで撮影した動画や映像を、オンライン環境に戻った後に共有しながらポイントなどでコミュニケーションできるオフライン機能を開発予定である。(電波が届かない或いは弱い場所などでの運用) ウ 取得した動画を活用したナレッジマネジメント機能の研究・開発 動画に映っている映像や会話から現場の知識や技術を蓄積させ、現場の新人が困った時に自分で必要な情報を検索したり、トラブルシューティングガイドが作成できるようなナレッジマネジメントの機能を研究・開発していく。	
開発者名称	株式会社 クアンド
絡先等 (担当者、組織名、住所、電話番号)	(当該案件連絡先) 組織名・部署：株式会社 クアンド SynQ 事業部 担当者：梅田 絢子 〒810－0041 福岡市中央区大名 2-4-22 3F OnRAMP 内 Tel：050-3704-2058 E-mail：cs-support@quando.jp

スマート保安技術カタログ

資料-1.1

管理番号	要素 2023 00007-01		
技術区分	IoT センサー		
保安技術名称	回転機械設備の電流解析による状態監視技術		
技術バージョン	Ver1		
登録区分・年月日	登録区分: 基礎要素技術		登録年月日: 2023 年 7 月 21 日
修正履歴	Ver	年 月 日	Ver
	Ver	年 月 日	Ver
対象設備	需要設備、発電所		
活用シーン	本技術は、プラント設備の保全業務の遠隔常時監視において、回転機械設備の状態監視を比較的に簡単に導入・設置可能な「電流センサー（クランプ）を活用した電流情報量分析」を実施する診断技術である。電流センサーを制御盤内に設置することで、振動センサーと同様な監視・診断が可能であり、従来の診断技術では活用が難しかった特殊環境下の回転機械設備についても異常を兆候の段階で発見すること並びにインバータの異常についても診断が可能となる。		

1. 技術内容

三相誘導電動機の固定子電流を電流センサで計測し、得られたデータを時間領域解析の3種類のパラメータと周波数領域解析の5種類のパラメータにより、電動機、回転機械本体（接続部、ポンプ等）及び電源（インバータを含む）部位の異常を診断・検知する電流情報量診断システム（T-MCMA®）である。

（1）技術の概要

固定子による回転磁界の中を回転子が横切ると回転子に誘導的に起電力が発生し、誘導電流が流れ、この誘導電流により新たな回転磁界ができ、固定子の巻線に微弱な逆起電力を励起する。

回転機械に①磁気ギャップの不均衡、②回転子・固定子の電気抵抗の変化、③負荷・トルクの変動等の異常があると磁界が乱れ、固定子電流に変化が発生するが、この変化を解析することでどの部位でどのような異常がどの程度発生したのか判定する仕組みである。

（2）システムの構成

三相誘導電動機に接続されている配電盤の動力線にクランプ型のセンサを取付け、計測した電流信号を計測ユニットで変換して、通信回線にて専用のクラウドサーバ（TM-CLOUD®）にデータを保存し、クラウド上の解析ソフトで診断（解析）を行う。その解析・蓄積された結果データをお客様からのインターネット VPN（仮想専用線）の活用により閲覧できる。



図1 電流情報量診断システム（T-MCMA®）の構成

管理番号 要素 2023 00007-01

(3) 機能と特徴

ア モータ本体と負荷側機械を診断

コイルの絶縁やロータ異常などのモータ部（電氣的）と、モータに直結されているカップリングやベアリング異常などの回転機械本体部（機械的）の異常を検知できる。

イ 幅広い適用範囲（一般回転機械／低速回転機械／高速回転機械／高圧モータ／低圧モータ）

電流計測によるデータ分析・診断の仕組みを採用しているため、電動機の種類、電圧及び設置形態等にほとんど制限はない。

ウ インバータ診断、巻線絶縁劣化診断、電源品質モニタリング、過渡電流診断、プロセス診断

振動診断に劣らない機械的な異常診断に加えて、電氣的な異常診断、電源品質診断及びインバータ診断など多様な診断・管理を実施できる。

エ 無線ネットワーク及びクラウドコンピューティングによる多チャンネルオンライン監視・診断

信頼度が高い NTT Com 閉域網による無線ネットワークを使用し、専用クラウドに計測データを蓄積及び診断結果を保存して、お客様からの VPN（仮想専用線）の活用により閲覧を可能としている。

オ 少ない初期投資で、オフライン／オンライン／遠隔での監視・診断

特殊な計測装置を設置する必要がなく、汎用計測装置（クランプセンサ等）によるデータの収集・解析により、少ない資金でかつ定期的或いはオンライン上で遠隔監視診断と傾向管理が可能である。

カ クラウド上で一元管理が可能。回転機器の状態はメールで通知

計測データは計測ユニットの SD カードに収納及びクラウドへの蓄積が可能で、回転機器に異常が発生した場合は、お客さまへのメール通知が可能である。

(4) 診断パラメータ

ア 簡易診断

確率密度分布解析と時間領域解析によるものが3種類、周波数領域（FFT）解析によるものが5種類、合計8種類の診断パラメータのそれぞれの変化やパラメータ毎の関連状態を確認することで回転機械の状態を解析できる。

確率密度分布解析 と 時間領域解析			
1	KI	回転機械系状態全般を監視するパラメータ KI : Kullback-Leibler Information	正常な電流時系列波形の確立密度分布と点検状態の電流時系列波形の確率密度分布を比較するもので、0に近いほど良好な状態で数字が大きくなると異常と判断。 キャビテーションなど電流がランダムに変化し確率密度分布が変動し KI が悪化する。
2	Irms	回転機械負荷・状態変動を監視するパラメータ	電流実効値
3	Iub	三相電流のバランスを監視するパラメータ	三相電流アンバランス
FFT解析（周波数領域）			
4	Lpole	モータ回転子劣化状況を監視するパラメータ	極通過周波数側帯波電流成分 と 電源周波数電流成分比率
5	Lshaft	モータ接続軸系芯ずれ、曲がり、接触などの異常荷重を監視するパラメータ	回転周波数側帯波電流成分 と 電源周波数電流成分比率
6	IHD	電源品質・インバータ状態を監視するパラメータ IHD : Individual Harmonic Distortion	最大高調波電流成分 と 電源周波数電流成分比率
7	THD	電源品質・インバータ状態を監視するパラメータ THD : Total Harmonic Distortion	全高調波電流成分 と 電源周波数電流成分比率
8	Lx	対象機器の特定部位や装置の状態を監視するパラメータ	回転機の特徴周波数側帯波電流成分 と 電源周波数電流成分比率

図2 簡易診断パラメータの内容一覧

管理番号 要素 2023 00007-01

イ 精密診断

電流波形脈動解析、高周波領域電流の包絡線処理・解析、電流波形歪み解析（高調波解析）を用い、簡易診断で確認された結果を専門技術者が精密診断。

（ア） 電流波形脈動解析（側帯波解析）

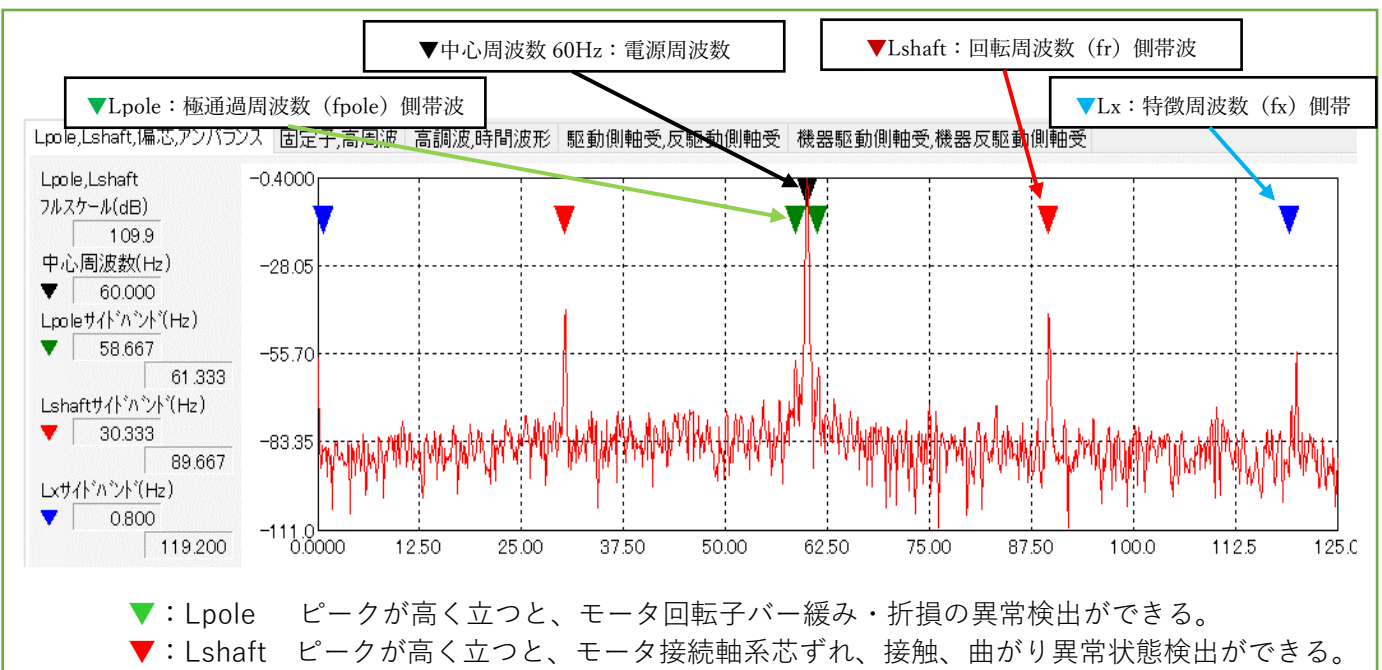
モータ本体の状態診断及び被駆動機械の状態診断。

（イ） 高周波領域電流の包絡線処理・解析

フィルタリング、包絡線処理の電流信号に FFT を行い、高周波電流成分エネルギー強さを算出。

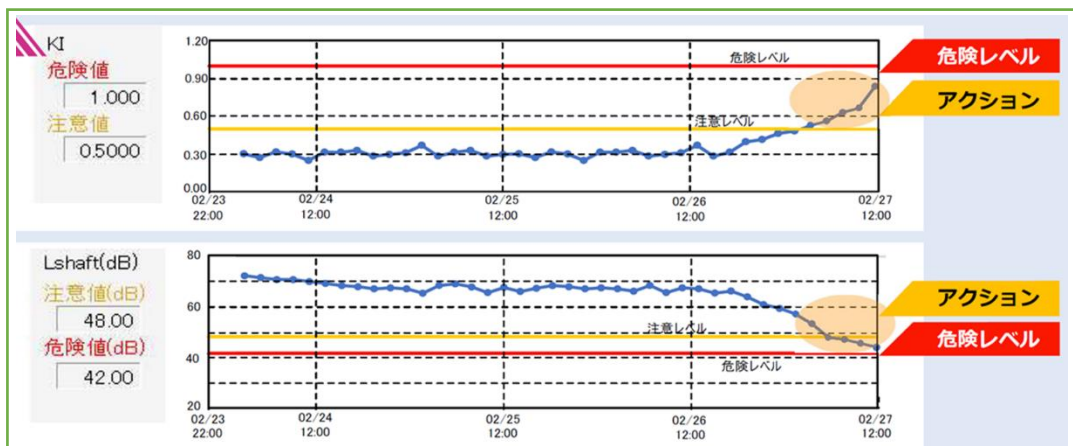
（ウ） 電流波形歪み解析（高調波解析）

電源品質監視、インバータ診断。



ウ 傾向管理

8種類のパラメータを傾向管理グラフ画面として表示し、推奨のしきい値（危険：赤、注意：黄）と表示プロットされたデータを見て、劣化予測や整備時期を計画することができる。



管理番号 要素 2023 00007-01

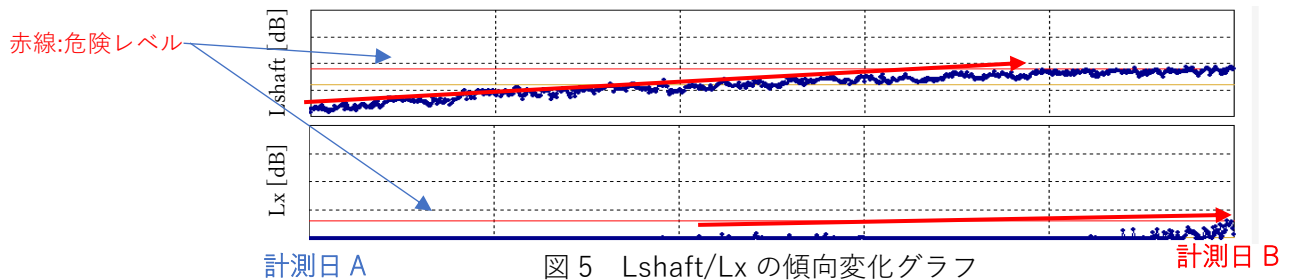
2 検証データ（異常診断事例）

（1）回転軸異常の検知事例

診断パラメータ（Lshaft・Lx）の傾向変化（約 20 日（A から B）間の悪化傾向）から遠心ポンプのミスアライメントを発見した。設備点検を実施し、基礎劣化によるベースのアンカーボルトのゆるみとそれに伴うポンプのカップリングの芯ずれを確認した。

表 1 各パラメータの変化（日別平均値）

	KI [-]	Lpole [dB]	Lshaft [dB]	Irms [A]	THD [%]	IHD [%]	Lx [dB]
計測日A	0.075	61.33	57.10	7.08	1.50	0.997	73.21
計測日B	0.154	62.70	41.99	7.14	1.53	1.14	57.62



Lshaft：モータの回転周波数成分の電流レベルを示すパラメータ
回転軸系の状態を監視し、値が小さいほど悪い状態となる。
Lx：回転周波数の 2 倍成分の電流レベルを示すパラメータ
アンバランスやミスアライメントを監視し、値が小さいほど悪い状態となる。

（2）プーリ・ベルト異常の検知事例

診断パラメータ（Lx）の傾向変化からベルト及びプーリの異常を発見した。点検を実施し、ベルトのバタつき及びプーリの大きな摩耗を確認した。ベルト及びプーリを交換後、値は改善した。

表 2 各パラメータの変化（日別平均値）

	KI [-]	Lpole [dB]	Lshaft [dB]	Irms [A]	THD [%]	IHD [%]	Lx [dB]
整備前	0.42	53.3	52.6	6.4	2.6	1.7	36.1
整備後	0.53	56.7	51.3	6.4	2.8	2.0	46.3

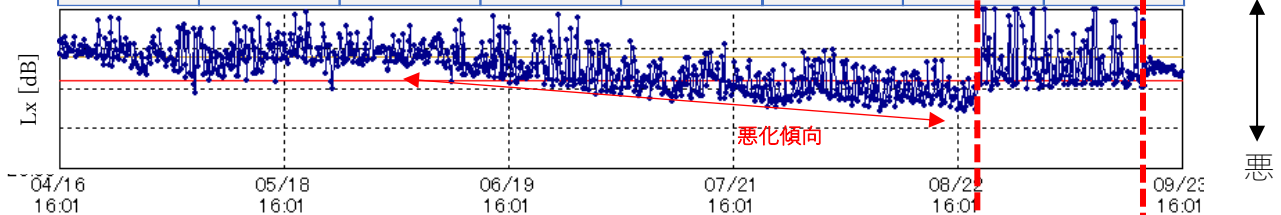


図 6 Lx の傾向変化グラフ



ベルト交換

プーリ交換

Lx：ベルト通過周波数×2 成分（2fb）を示すパラメータ。

ベルト側面摩耗し芯線露出⇒交換

両プーリとも底当たりはないが
摩耗は激しい。⇒プーリ交換を計画

図 7 異常のあったベルト（左）・プーリ（右）

管理番号

要素 2023 00007-01

(3) インバータ異常診断事例

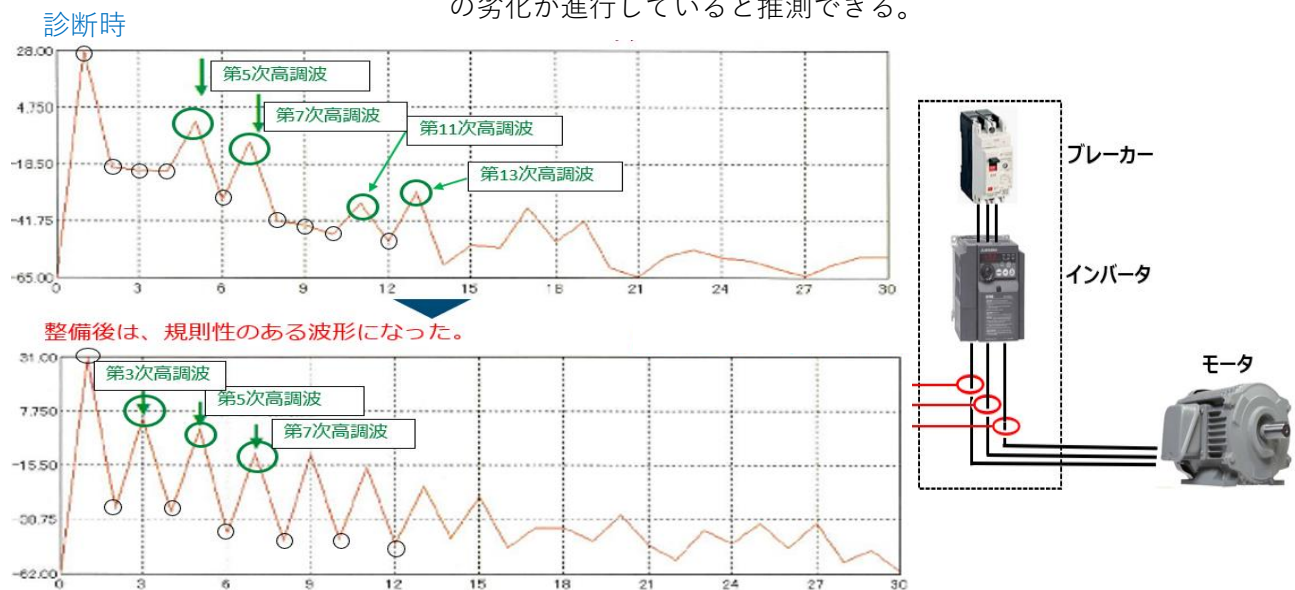
簡易診断において、KI、Lshaft、IHD の注意閾値の超過が確認されたので、精密診断にて電流波形と高調波波形の診断を行いインバータの劣化と判定した。インバータ設備の整備を行い、再度、精密診断を実施した結果、電流波形、高調波波形が正常になった。

表 3 インバータ異常の事例 (縦型水中ポンプ 30kW、インバータ駆動)

	KI	Lpole (dB)	Lshaft (dB)	Irms(A)	THD(%)	IHD(%)	Lx(dB)	Iub(%)
U 相	1.382	51.94	47.71	35.55	4.021	3.708	-	0.8074
V 相	1.386	52.88	47.60	35.92	3.969	3.643	-	
W 相	1.301	53.82	47.94	36.13	4.051	3.737	-	
注意値	1 以上	48 以下	48 以下	-	5 以上	3 以上	-	3 以上
危険値	2.0 以上	42 以下	42 以下	-	7 以上	5 以上	-	5 以上

(注) IHD：最大高調波成分と電源周波数電流成分比率

- インバータ異常の特徴 1：電流ピーク値の不揃いがあるとインバータの劣化が進行していると推定できる。
- インバータ異常の特徴 2：高調波解析結果からパターン： $h=6i\pm 1$ $i=1,2,3,\dots$ の 5 次、7 次高調波が顕著に現れ、 $h=6i\pm 3$ の 3 次、9 次より高い場合はインバータの劣化が進行していると推測できる。



管理番号

要素 2023 00007-01

3. 機器仕様

(1) 計測ユニットの外観



3CH：センサ 3 個接続



12CH：センサ 12 個接続

(注) 12CH タイプは回転機械 4 機～最大 12 機（単相計測時）まで計測可能

(2) 仕様

		TMDU-C3B	TMDU-C12B
使用条件	動作温度範囲	5℃～50℃	
	動作湿度範囲	RH10%～RH85%	
	動作雰囲気	極端な振動がないこと、および腐食性雰囲気でないこと。	
	ノイズ規格	IEC61000（イミュニティ規格）準拠	
電源		AC アダプタ（DC12V） AC 電源 100V 50/60Hz または、外付けバッテリー	AC アダプタ（DC12V） AC 電源 100V 50/60Hz
外形寸法／重量		177.2W × 117.2H × 90.2D ／ 800g	300.2W × 117.2H × 90.2D ／ 1.4kg

4. 想定している電気保安の活用例

- (1) 電気事業者が所有する発電設備や送配変電設備、工場や大型施設等が所有する設備に使用されるポンプ・ブローアなどの回転機械の電氣的異常・機械的異常の状態変化を監視して維持管理することで設備の予防保全や計画的な設備更新を図り、設備保全（電力保全）を確保するためのシステムツールとして活用。
- (2) クラウドによる遠隔監視で設備の状態監視を遠隔で行うことで、少子高齢化に伴う人材不足や設備の高経年化に精通した熟練者の不足などの問題解決につながるシステムとして活用。
- (3) 地下水中ポンプや立ち入りが困難な危険場所、劣悪な環境にある回転機械の安心安全な遠隔監視。

5. 今後の展開予定

- (1) 風力発電、水力発電などでの異常監視への適用を検討、デモ計測を行えるフィールドを調査中。
- (2) 高速道路トンネルのジェットファンについては、一部採用されており、全国へ展開を検討中。
- (3) 温暖化による洪水などで河川の排水ポンプ、地下街の排水ポンプなど緊急時に正常な運転が必要とされるため、状態管理用として展開を検討中。
- (4) AI による自動監視システムを目指して開発検討中。

開発者名称

株式会社 高田工業所

連絡先等

（当該案件連絡先）

(担当者、組織名、住所、電話番号)

組織名・部署：株式会社高田工業所 診断ソリューション部
担当者：西野 健児
〒806-8567 福岡県北九州市八幡西区築地町 1-1
Tel：093-632-2502 E-mail：diag-ser@takada.co.jp

管理番号

要素 2023 00007-01

別紙：その他資料

(1) 電流情報量診断システム (T-MCMA®) パンフレット

T-MCMA®とは？

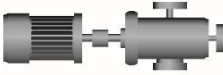
電流センサを配電盤内の動力線にクランプし、計測したモータの駆動電流信号を解析することにより、回転機械のモータと負荷側機械の状態を監視・診断するシステムです。



T-MCMA®の特徴

- | | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | モータと負荷側機械の状態を
監視・診断 | 4 | インバータ診断、コイル絶縁劣化診断、電源品質
モニタリング、過渡電流診断、プロセス診断 |
| 2 | 回転機械設置場所と関係なく、
動力線に クランプセンサ を取り付けるだけで、
計測・診断が可能 | 5 | 無線ネットワークおよびクラウドコンピューティ
ング による多チャンネルオンライン監視・診断 |
| 3 | 幅広い適用範囲
<div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;"> 一般回転機械 インバータ駆動機械 </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;"> 低速回転機械 高圧モータ等 </div> | 6 | 少ない 初期投資 で、 オフライン/オンライン/
遠隔 での監視・診断 |

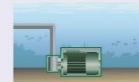
様々な部位の異常を検知

部位	検知可能項目
モータ部 	・ロータ(回転子)異常 ・ステータ(固定子)異常 ・ベアリング異常 ・コイル絶縁異常
回転機械本体部 	・ベルト、プリー異常 ・基礎取付け異常 ・駆動部異常 (ベルト、チェーン、減・増速機) ・カップリング異常 ・回転軸異常 ・翼異常 ・ベアリング異常
電源 	・電源品質(三相バランス) ・インバータ異常 ・漏電、欠相

こんな場所の
モータ・ポンプもOK！

1 河川・液中

・軸流ポンプ
・水中ポンプ



2 高所

・攪拌機



3 危険エリア

・高温、放射能
・酸欠、防爆、毒ガス



管理番号

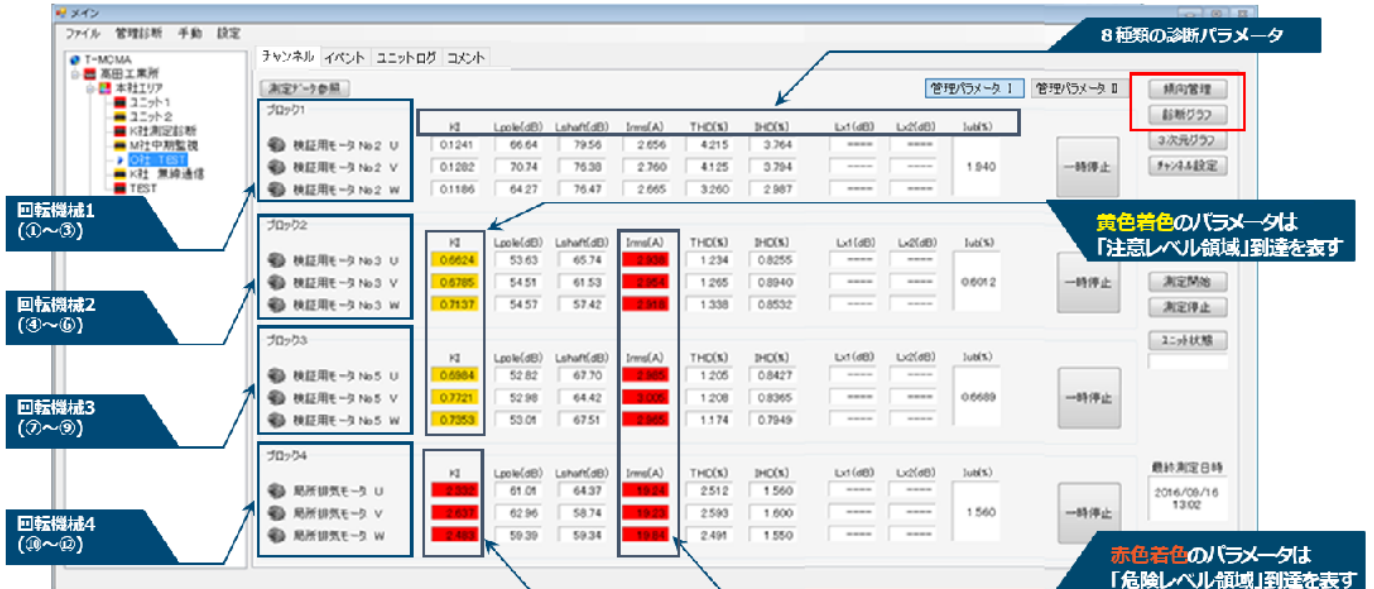
要素 2023 00007-01

(2) 診断モニタ

簡易診断方法

メイン画面

8種類の診断パラメータの初期判定基準をお客様に推奨し、状態を自動判定する

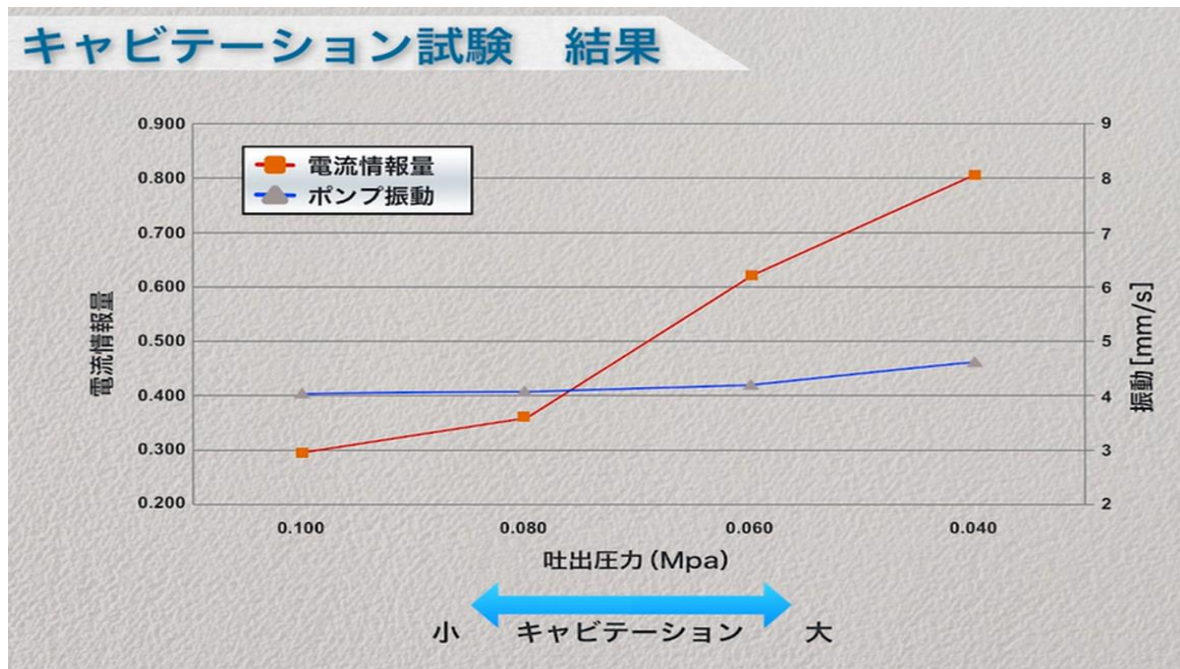


(注1) 個別に設定された閾値により、黄色表示：注意レベル、赤色表示：危険レベル、を示す。

(注2) 閾値は当初推奨値で設定し、設備の状況により微調整する。

(3) 流体系異常検出実験検証 (KI と振動速度の比較)

振動センサでは捉えにくいキャビテーションを比較的高感度で捉えられる。



キャビテーション状態における T-MCMA® と振動診断結果比較

スマート保安技術カタログ

資料-1.1

管理番号	要素 2023 00008-01		
技術区分	IoT センサー		
保安技術名称	微地絡及び間欠地絡が検出可能なデジタル形保護継電器を使用した高圧絶縁監視装置		
技術バージョン	Ver1		
登録区分・年月日	登録区分: 基礎要素技術		登録年月日: 2023 年 08 月 29 日
修正履歴	Ver	年 月 日	Ver
	Ver	年 月 日	Ver
対象設備	需要設備		
活用シーン	本技術は、特高受変電設備の更新において、順次更新する必要のある構内高圧ケーブルや高圧変電設備の絶縁劣化状態を常時監視することにより、設備毎の地絡事故発生の前兆現象を把握し、計画的な更新をサポートすることが可能となる。特に絶縁状態の管理が困難な高圧ケーブルの絶縁劣化に特化した間欠地絡検知機能は、高圧ケーブルの水トリー現象による地絡事故の初期段階での前兆現象を捉えることが可能である。		

1. 技術内容

(1) 技術の概要

特高受変電設備の高圧配電盤に使用する地絡継電器に、通常的地絡継電器の動作レベルに達しない微小な電流が流れる「微地絡」や高圧ケーブルの水トリーが進展することによって瞬間的に地絡が発生する「※間欠地絡」を検知・発報する機能及び地絡電流を常時監視・記録する機能が付加されたデジタル形保護継電器(ICU-T)であり、専用の絶縁監視装置(H-MACS)と接続することでグラフ表示による管理が出来る。新規設備に限らず既存設備における運用も考慮しており、高圧地絡事故の前兆現象を捉えることによる予防保全を可能としている。

※ 間欠地絡とは、ケーブル内に経年劣化によって水トリーが進展すると、瞬間的に地絡電流(針状波)が流れた後、即座に絶縁が回復するなどの現象が繰り返されるものと定義する。

(2) 想定している電気保安の活用例

特別高圧受変電設備の更新において、順次更新する必要のある構内高圧ケーブルや高圧変電設備の絶縁劣化の状態を常時監視することにより、設備毎の地絡事故発生の前兆現象を把握し、更新計画をサポートできる。また、地絡事故の初期段階での前兆現象を捉えることが可能であり、地絡事故発生前に設備点検することで停電事故の未然防止が図れる。

(3) 装置又はシステムの特徴（仕様、性能など）

ア 微地絡と間欠地絡の検出機能を持つ、高圧絶縁監視が可能な装置で常時監視することで、地絡事故発生までの時間的猶予のある初期段階で前兆を捉え、警報出力する。

イ 継電器本体には、事故発生の前後 20 サイクルの電圧、電流、零相電圧、零相電流のサンプリング値を記録しており、記録したデータはパソコンを接続して読み出し、Microsoft Excel の専用マクロを使用しグラフ化することで、事故時の様相を把握することが可能である。また、要因解析や事故報告に活用できる。

ウ 新規設備だけでなく、既存設備に継電器(ICU-T)及び専用の零相変流器(ZCT)を追加で配置し、既存設置の接地形計器用変圧器(EVT)を活用することで、既存高圧変電設備の絶縁劣化も監視可能である。

エ 専用の絶縁監視装置(H-MACS)と接続することで、絶縁監視管理グラフ(分布、劣化量、劣化速度)が確認可能となる。

管理番号

要素 2023 00008-01

(4) 原理概念と構成例

特別高圧受変電設備の高圧電路において、接地形計器用変圧器 EVT(非接地系又は 10A 接地系)を用いて零相電圧(V_0)を、高圧配電盤内の各フィーダ(高圧ケーブル)に取り付ける ZCT を用いて零相電流(I_0)を計測し、高圧地絡に係る「微地絡」及び「間欠地絡」の現象を別々の機能で常時監視する。

両地絡ともに湿気等の環境影響にもよるが、発生初期段階では発生間隔が長く、発生を繰り返しながら徐々に発生間隔が短く、さらに、地絡電圧・電流の値が大きくなり、地絡継電器の動作整定値を超えて、地絡事故(停電)に至る。

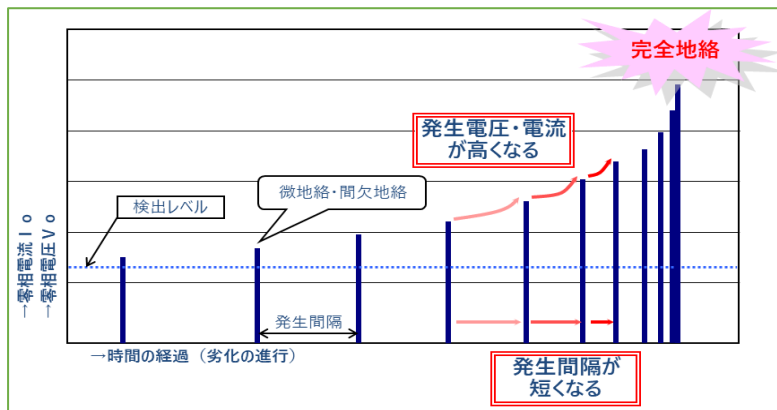


図1 絶縁劣化のメカニズムの例示

ア 各フィーダ(高圧ケーブル)に取り付けられた ZCT の零相電流と EVT の零相電圧の計測値を比較することで、どの高圧電路で微地絡及び間欠地絡が発生したか判別できる。

イ 微地絡の検出は、EVT の零相電圧と ZCT の零相電流の波形位相を比較する。零相電圧と三相の相電圧の位相を比較することで、どの相で微地絡が発生したか判別できる。なお、遮断器の開閉やノイズに伴う誤検出を防止するために、検出値を零相電流は 50mA 以上、零相電圧は 5V 以上とし、微地絡の発生現象が一定時間継続する特性を考慮して、動作時間は 10 秒以上の設定としている。

ウ 間欠地絡の検出は、EVT の零相電圧(波高値)と ZCT の零相電流(波高値)をピークホールドし、波形の位相を比較する。零相電圧(波高値)と三相の相電圧の位相を比較することで、どの相で間欠地絡事故が発生したか判別できる。なお、雷サージなどによる誤検出を防止しつつ初期状態の間欠地絡を的確に捉えるために、零相電流(波高値)は 70.7 Apeak 以上、零相電圧(波高値)は 28.3 Vpeak 以上、動作時間は 60 m 秒(50Hz 時: 3 サイクル相当、60Hz 時: 3.6 サイクル相当)以上の設定としている。

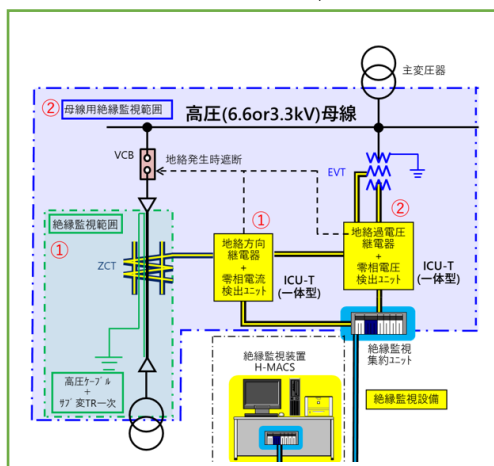


図2 新規設備のシステム構成例

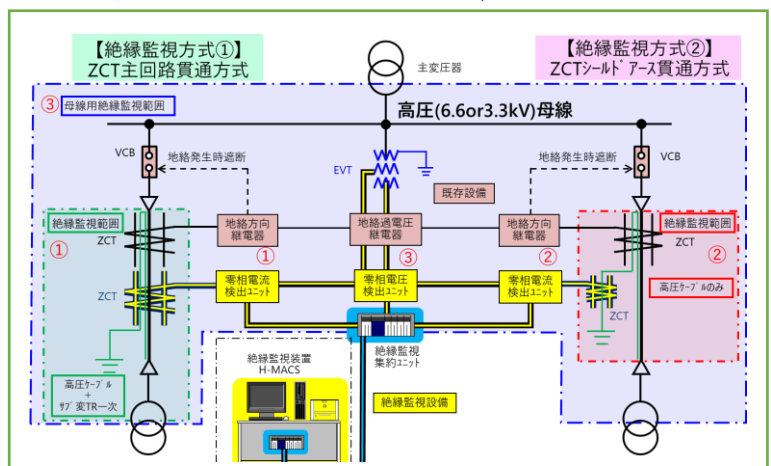


図3 既存設備のシステム構成例

管理番号

要素 2023 00008-01

2. 検証データ等（研究または実証試験）

試験設備での間欠地絡動作試験は、JEC-2512(2002 年版)に基づいた①ケーブルに小さな穴(ピンホール)をあけ、そのケーブルを塩水に浸して高電圧を印加しての継電器動作確認と、②針ギャップに放電電圧を印加して間欠地絡動作確認を行い、様々な条件において間欠地絡検知機能が仕様通りであることを確認した。

(1) ピンホールのあるケーブルを塩水に浸しての継電器動作確認試験

- ① 印加直後に間欠地絡検出機能(67K)は正常に動作したが、地絡方向保護機能(67)は動作しなかった。
- ② 連続した電圧印加により断続的に間欠放電が発生していたが、やがて完全地絡に移行し、地絡方向保護機能(67)が動作した。
- ③ 同一母線上の事故フィーダのみ検出・動作し、健全フィーダでの誤動作はなかった。

(2) 針ギャップ放電による間欠地絡検知機能試験

ア 試験方法

6.6 kV を印加した回路に針ギャップ放電(間欠地絡)を発生させる。

イ 試験結果

- ① 当該故障模擬回路にて間欠地絡検知機能が動作すること及び間欠地絡相を正しく判定できること並びに別の健全回路では検出しないことを確認した。
- ② 地絡の前兆である間欠地絡のみを検出し、地絡方向保護機能(67)は動作しないことを確認した。

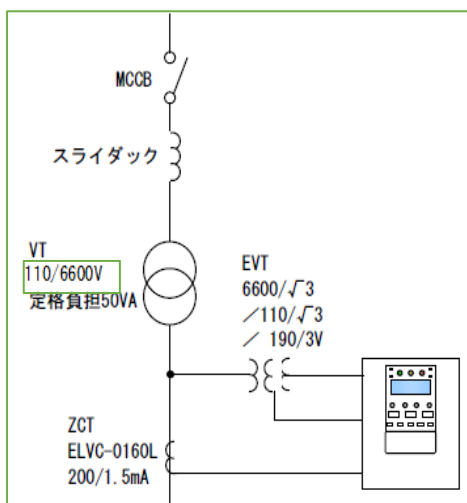


図3 試験回路



図4 試験時の様子

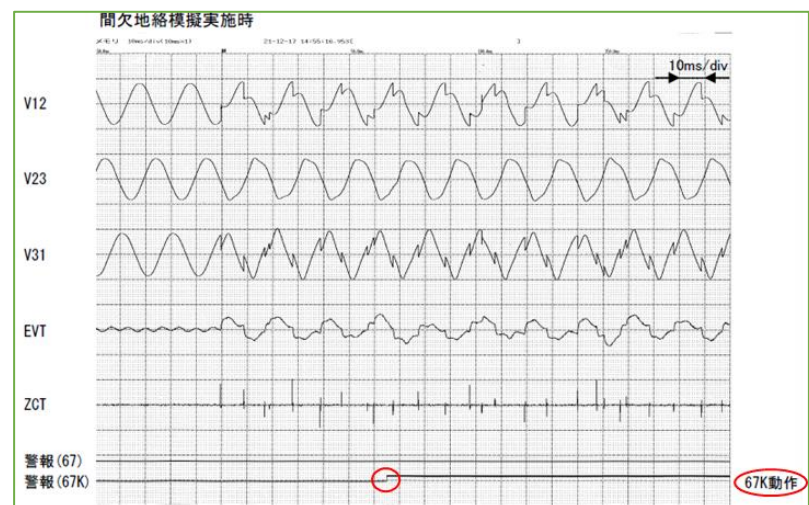


図5 試験結果波形

管理番号

要素 2023 00008-01

3. 運用方法

専用の絶縁監視装置を導入することで、地絡電圧及び地絡電流を常時監視・記録することにより絶縁劣化の前兆現象の把握と進行をデータ分析し、メンテナンス及び設備更新計画等の参考資料として活用できる。下図は微地絡や間欠地絡による絶縁劣化が徐々に進行することを判り易く説明した模擬データによるサンプル図である。



図6 地絡過電圧・地絡電流の劣化量グラフ例

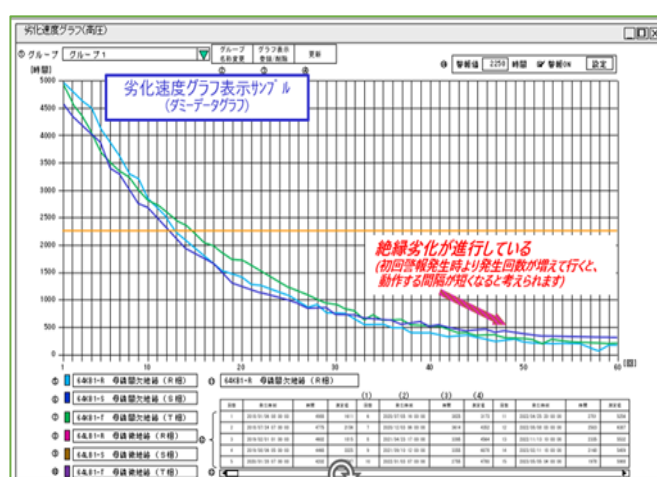


図7 絶縁劣化速度の推移グラフ例

4. 特記事項

既に 113 事業場（約 1000 台導入）に本機器を設置しているが、現在の運用方式はスタンドアローンとなっており、現地(専用の絶縁監視装置内)でのみデータを収集・累積している状況である。今後、このデータを入力・解析して得られた知見がスマート保安推進に寄与することを期待する。

5. 今後の予定

高圧受変電設備での専用零相電圧検出器(ZPD)を使用しての絶縁監視方式を開発中である。

開発者名称

株式会社 日立産機システム

連絡先等

(当該案件連絡先)

(担当者、組織名、住所、電話番号)

組織名・部署：セールスエンジニアリング統括部 スマート保安推進部

担当者：佐藤 深大

〒101-0021 東京都千代田区外神田一丁目 5 番 1 号 秋葉原ファーストビル

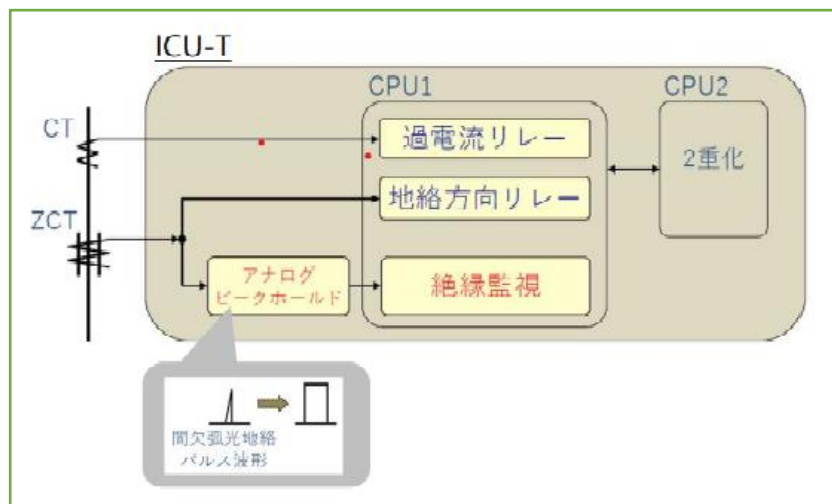
TEL：03-6271-7001（代表） E-mail：sato-shindai@hitachi-ies.co.jp

管理番号

要素 2023 00008-01

別添: 写真・図面

(1) ICU-T 外観写真及び一般仕様



No.	項目	仕様
1	制御電源	DC100/110V -20% +30% : 電流容量 最大 0.2A
2	定格電流	CT2 次 : 1A : 負担 0.1VA 以下
3	定格電圧	VT2 次 : 110V EVT3 次 : 110V/190V ZPC2 次 : 1V
4	定格周波数	50Hz/60Hz
5	環境	周囲温度 性能保証 : 0℃～40℃ 動作保証 : -10℃～55℃ (ただし、-10℃～55℃は1日数時間程度を許容する。) 保 存 : -20℃～60℃
6	相対湿度	日平均 30～90% (結露しないこと)
7	雰囲気	著しい塵埃(じんあい)、腐食性ガスがないこと
8	標高	2,000m 以下
9	性能	商用周波耐電圧 AC2,000V 1min
10	雷インパルス耐電圧	4,500V 1.2/50 μ s
11	過負荷耐量	電流回路 : 定格電流の 40 倍 1s 間 電圧回路 : 定格電圧の 1.15 倍 3 時間
12	耐振動	振動数 : 16.7Hz 複振幅 : 0.4mm(前後、左右、上下) 加振時間 : 600s(各方向とも) 加速度 : 0.2G
13	耐衝撃	30G : 3 方向 各 3 回
14	絶縁抵抗	DC500V メガーで 10M Ω 以上 (電気回路一括対地間)

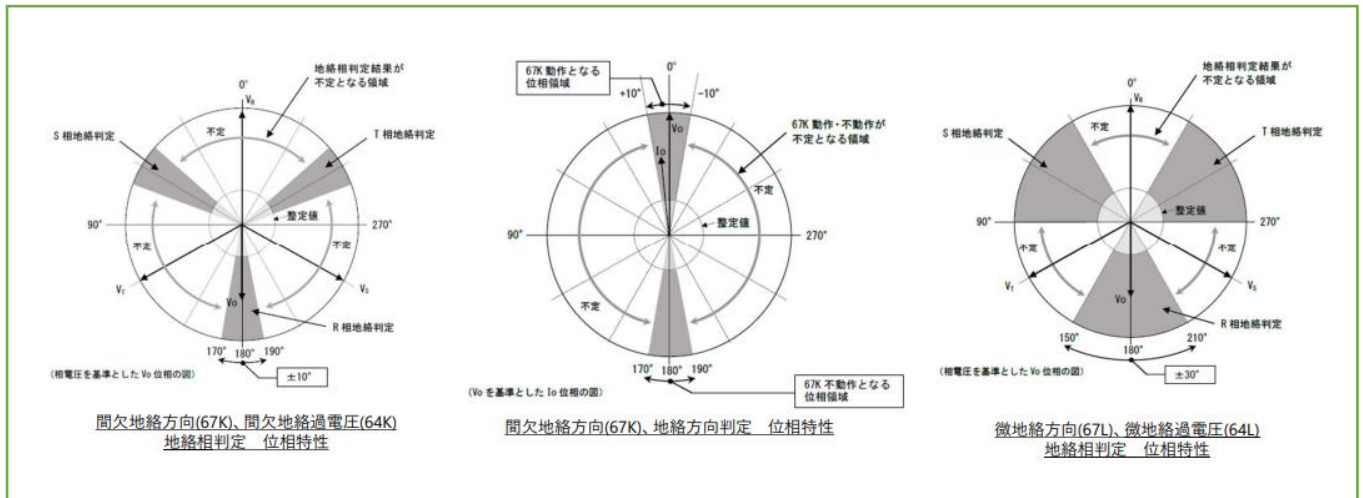
(2) 主な保護機能整定値

	地絡リレー	微地絡	間欠地絡
整定値	100～1000mA(100mA単位) 誤差 : 整定値 $\pm$ 10%	50～1000mA(100mA単位) 誤差 : 整定値=50mA : $\pm$ 20% 整定値 $\geq$ 100mA : $\pm$ 10%	$50 \times \sqrt{2} \sim 100 \times \sqrt{2}$ Apeak ($10 \times \sqrt{2}$ Apeak単位) 誤差 : 整定値 $\pm$ 50Apeak
動作時間	0.1s～10.0s(0.1s単位) 誤差 : 整定値<2s : $\pm$ 100ms 整定値 $\geq$ 2s : $\pm$ 5%	10s～100s(1s単位) 100s～500s(10s単位) 誤差 : 整定値 $\pm$ 5%	60～100ms (10ms 単位) 100～1000ms (100ms 単位) 誤差 : 整定値<100ms : $\pm$ 50ms 整定値 $\geq$ 100ms : $\pm$ 100ms
波形の特徴	正弦波に近い	正弦波に近い	パルス波(針状波)

管理番号

要素 2023 00008-01

(3) 間欠地絡及び微地絡の位相判定



間欠地絡の場合は、零相電圧の波形と零相電流の波形の電圧と電流の立ち上がりのずれが $\pm 10^\circ$ 以内なら事故回線と健全回線を正しく判定できる。(製品保証値)

4-2 保安技術モデルカタログ

- 1 保技 2021 10001 高圧絶縁状態の常時監視 保技 10001-P1 ~ -P11

- 2 保技 2022 10002 巡視点検の遠隔監視と
特高受変電設備の絶縁状況等の常時監視 保技 10002-P1 ~ -P17

- 3 保技 2022 10003 高圧絶縁状況の常時監視（高圧受変電設備）
. 保技 10003-P1 ~ -P12

- 4 保技 2023 10004 製鉄所電気設備のスマート保安技術
. 保技 10004-P1 ~ -P6

- 5 保技 2023 10005 高圧絶縁監視機能の導入による高圧地絡停電事故の前兆検知技術
(要素 2022 00001-01 からの区分変更)
. 保技 10005-P1 ~ -P11

スマート保安技術カタログ

資料-1

管理番号	保技2021 10001-01		
技術区分	IoTセンサー		
保安技術名称	高圧絶縁状況の常時監視		
技術バージョン	Ver1		
登録区分・年月日	登録区分: スマート保安技術モデル		登録年月日: 2022年 03月 28日
修正履歴	Ver	年 月 日	Ver 年 月 日
	Ver	年 月 日	Ver 年 月 日
対象設備	特別高圧受変電設備		
活用シーン	特別高圧受変電設備において、Voセンサー(地絡過電圧)と部分放電センサーを設置した高圧電路絶縁状態の常時監視及び熱画像診断装置等の活線測定器類の活用による無停電年次点検(停電点検3年1回、他2年は無停電年次点検を実施)の導入		

1. 導入するスマート保安技術の概要

今回、導入する主なスマート保安技術は次の通りである。

(1) 高圧絶縁監視装置:Voセンサー(地絡電圧の検出)による絶縁状態の常時監視

地絡電圧を検出するVoセンサーは、特別高圧変圧器の高圧回路に設置されるEVT(接地変圧器)の三次巻線に接続され、地絡過電圧継電器の電圧設定値の30%以上の地絡電圧を検出すると「警報」を発信する。

(2) 超音波センサー(部分放電音の検出)による絶縁劣化現象の常時監視

電気保安分野で使用されている超音波式放電探知器(ウルトラフォン等)の小型版で、特に重要な遮断器に近接した場所に固定設置し、絶縁劣化の初期段階で発生する部分放電を常時監視して、設定値を超過したら警報を発する。

(3) 温度センサーによるコンデンサー・リアクトルの外箱温度の常時監視

温度が上昇する恐れがある機器(コンデンサー・リアクトル等)の外箱に磁石で温度センサーを接触させ、温度を常時監視し、設定値を超過した場合に警報を発する。

(4) 熱画像診断装置(サーモグラフィー等)による接続状態及び過熱箇所の確認

充電状態で機器及び接続部等の放射温度を測定・判定する。

接続部の締付け状況の確認、電気機器本体の一部発熱などの確認に有効である。

(5) デジタル測定器(lorクランプリーカー)による低圧絶縁抵抗の測定

無停電年次点検において、低圧部の停電による絶縁抵抗測定の代替えとして、有効漏れ電流lorを測定できるlor測定器(デジタル測定器)を活用し、絶縁状態を確認する。

(6) クランプ式接地抵抗測定器の活用

クランプ式接地抵抗計による接地抵抗の測定を行う。

管理番号

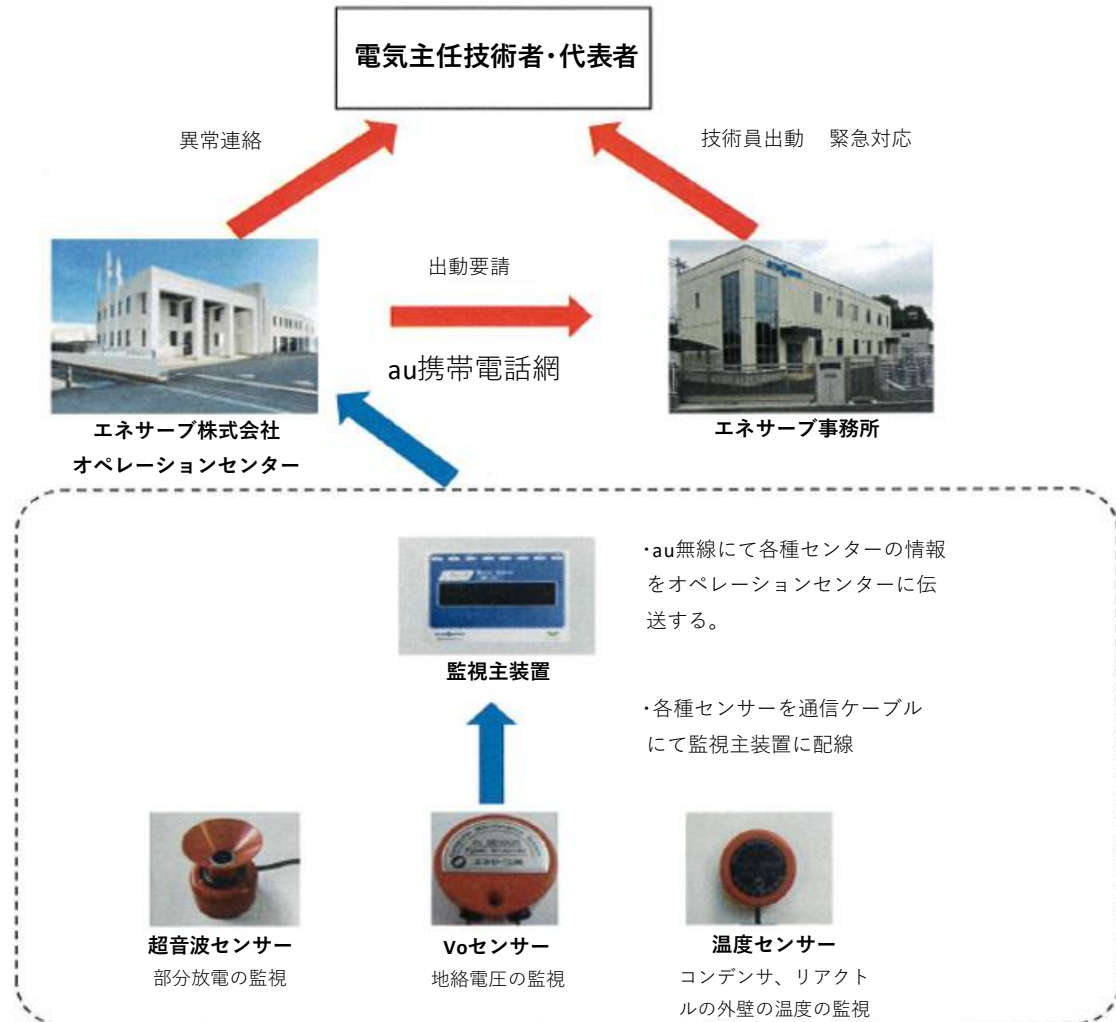
保技2021 10001-01

2. スマート保安技術の内容

(1) 常時監視

エネサーブの電力設備保守点検等契約(G-PacsBasic)システムの仕組み

①電力設備常時監視システムの体制



・お客様の受変電設備に絶縁劣化、機器温度等の事故予兆が検出できるセンサー（エネサーブ製）を設置し、エネサーブ株式会社オペレーションセンターにて24時間365日監視をする。異常時にはオペレーションセンターからお客様へ連絡をし、必要に応じてエネサーブの技術員が現場に出向き原因の究明、対策を提案する。

※電気事故の予兆を捉え、対応することにより事故を未然に防ぐことがこのシステムの目的である。

(2) 活線測定器(デジタル)等の一覧

ア 赤外線サーモグラフィー	FLIR iシリーズ	フリーシステムズジャパン
イ 非接触lorクランプリーカー	MCL-500IRV 等	マルチ計測器
ウ クランプ式接地抵抗計	MET-X	マルチ計測器

管理番号	保技2021 10001-01
3. スマート保安技術の導入によるメリット及び課題 (1) 導入メリット ア 受変電設備の保守運用における安全面の強化 ① 年1回の絶縁抵抗測定に替えて、絶縁状態を24時間365日常時監視することで、絶縁劣化による不意な停電の防止など、絶縁状態管理の保安力が向上する。 ② 設置された各種センサーから警報が発報された場合、オペレーションセンターから当該事業所に連絡するとともに、専門技術者を派遣し、事故調査と原因究明を早急に実施する体制が整えられることにより、電気保安品質の向上が望める。 ③ 事故発生又は不具合発見後の対応から、各種センサーによる常時監視で事故等に至らない軽度な現象を早期に捉え、対応策を検討・実施することにより事故の未然防止に努めることができる。 イ 対象施設の運用面の向上 当該施設は、オフィス、店舗、駐車場及び公共交通関連施設が入居しており、停電点検が3年に1回となったことから、毎年の全館停電による8時間前後の営業停止時間が2年間は不要となり、施設利用率や利便性の向上が図れた。 ウ 停電準備・復電に係る経費及び要員の削減 停電の準備及び復電後の確認までに要する労力は大きく、次の効果が認められる。 ① 停電点検の技術要員10人日が無停電点検の2年間は削減される。(年間点検費用の20%) ② 停電点検の約半年前からの各テナントとの停電日時調整(管理会社の負担軽減) ③ 課金用検針装置の誤差修正と各種高度機器の停止・運転開始作業(トラブル対応を含む) (2) 課題(懸念事項)と対策 ア 全停電の回数減少に伴う設備管理員の停電操作対応能力の維持 停電操作手順のマニュアルを整備し、年1回の停電復電操作の研修会を実施する。 イ 設備更新工事の日程調整(停電点検に合わせて工事を実施していた。) 多くの設備更新や増設工事は、一部の停電範囲に限られることから、緊急性や停電範囲を検討して必要な時期と日程を設定し、安全と利便性を確保する。 ウ 受変電設備の清掃 設置及び周囲環境を考慮し、必要により粉塵や湿気対策を行い、3年1回の清掃で保守維持できるように整備する。(粉塵や湿気による部分放電が発生した場合、超音波センサーで早期に検知し、対策の検討・実施する。)	
4. 特記事項(考慮すべき事項、その他) (1) 超音波センサーは、近傍に高調波を発生している装置がある場合、検知確度が低くなる恐れがあるので調査・検討が必要である。 (2) 超音波センサーは、屋内又は躯体内の使用に限定する。 (防水機能及び外部からの種々の音波が影響することを考慮) (3) 監視主装置は、携帯電話網の通信回線を使用しているので、地下又は金属遮蔽物のある建物内では、通信品質が確保できない場合があるので事前確認が必要である。	

スマート保安技術カタログ

資料-2.3

管理番号	保技2021 10001-01
5. メブクス豊洲における停電年次点検を3年1回とする前提条件及び技術要件 停電年次点検を1年1回から3年に1回に変更し、他の2年は活線診断装置等を活用した無停電年次点検を実施する点検内容と周期とする。 (1) 前提条件 ア 巡視点検等における主任技術者の点検内容及び点検頻度は従前通りの実施とすること。 イ 直前の停電点検等において異常がなかったこと。 (2) 技術要件 ア 特別高圧受変電設備は高信頼度の製品を使用していること。 (日本電機工業会における保守点検時期が3年又は6年) イ 特別高圧受変電設備の整備計画が作成されていること。 ウ 特別高圧受変電設備の計測類、継電器及び各種センサー等の動作警報表示等を管理センターで常時監視していること。 エ 高圧電路の絶縁状態の常時監視をVoセンサーで実施し、補助として超音波センサーによる高圧遮断器の絶縁劣化現象を常時監視すること。 オ 年次点検において、熱画像診断装置を用いた過熱状態(接続部や機器)等の確認及び活線絶縁抵抗測定と接地抵抗測定を実施すること。	
対象設備名称	メブクス豊洲
設置者、住所、設備概要	清水建設株式会社 東京都江東区豊洲 6丁目4番34号 22kV本線・予備線受電 設備容量 10,000kVA 複合施設ビル
当該案件連絡先等 (担当者、組織名、住所、電話番号等)	(当該案件連絡先) 株式会社エネサーブ神奈川 担当者：営業担当 藤原 将太 〒246-0001 神奈川件横浜市瀬谷区卸本町9279-86 Tel 045-923-1551 E-mail s.fujiwara@ene-kana.com (G-PacsBasicシステムに関する連絡先) エネサーブ株式会社 〒520-2152 滋賀県大津市月輪2丁目19番6号 コールセンター0120-109-246 E-mail call@eneserve.co.jp

スマート保安技術カタログ

資料-3.1

管理番号	保技2021 10001-01
------	-----------------

別添: 詳細仕様書

(1) マスターモジュールの仕様

- ・各センサーの警報データを携帯電話網で管理センターに送信する装置
- ・送信データは内部メモリーに30日間保存



機 能	停電検知機能	商用電源AC100Vを監視し、設備の停電を検知する。
	通信機能	KDDI packetOne網(携帯電話)を利用してオペレーションセンターとの通信機能。
	バックアップ電池の搭載	マスターモジュールは商用電源AC100Vにて稼働し、停電などでAC100V電源がなくなったとしてもバックアップ電池を搭載している為、停電通知が可能。
外形寸法	W 246 × D 78 × 200 (mm)	
取付箇所	電気室の壁、Cub内の空きスペース	
取 付	木板、プラボックス等を用いてネジ取付	
備 考	・データの送信は1回～4回/日に設定可能。また現場より手動送信可能。 当システムは事故予兆を未然に察知するための監視である為、予兆を検出した時のみの通信及び定期伝送を基本としている。 ・通信がうまくいかなかった場合、10回のリトライを行う。通信が完了すればデータは保存され、合わせて通信ログの完了フラグに確認可能。 リトライ失敗時は、オペレーションセンターからエネサーブ事業所に連絡を入れ、エネサーブ事業所の担当者が調査復旧を行う。 ・G-Pacs設置場所(メプクス豊洲)とオペレーションセンターとの通信はネットワークに接続せず、KDDI packetOne網を使用。AU回線は閉域網を使用しているため外から入れない。また、受信システム側は離隔環境にあり、社外及び社内からも入れないようになっており、外部からの不正アクセス等は困難である。 ・マスターモジュールは独自のプログラミング言語である為、WindowsのようなOSは使用しておらず、更新については原則不要である。ただし、エネサーブ側で必要な場合はアップグレードを行う場合がある。 ・マスターモジュールの健全性として、データ受信確認を毎日行っており、データを受信して値を持たせており、バックアップ電池の劣化が把握できる。停電点検時には実際に停電信号が発報するかを確認する。 ・マスターモジュールの校正については、毎日の定期通信で正常に動作しているかを確認する。また、年次点検時に接点の確認等を行い、必要に応じて交換などの対応を行う。	

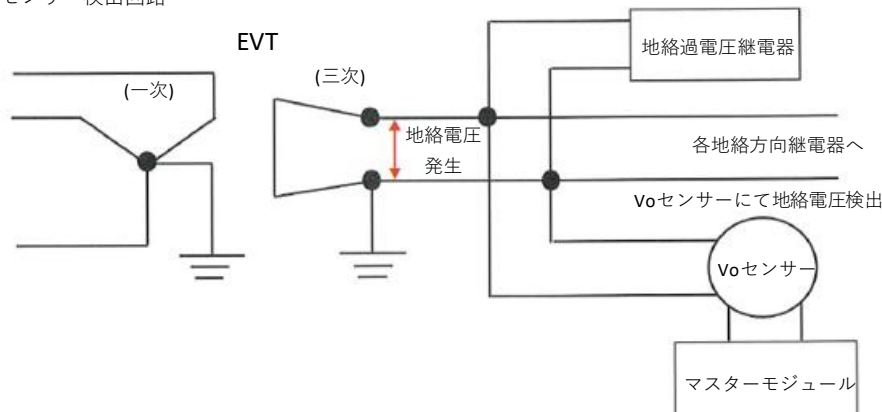
管理番号 保技2021 10001-01

別添: 詳細仕様書

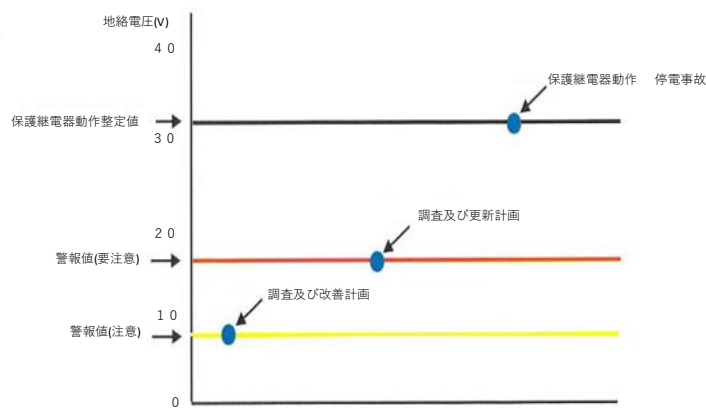
(2) Voセンサーの仕様

- ・ 22kV本線・予備線の各接地変圧器(EVT)の三次巻線に接続
- ・ EVTの地絡過電圧により地絡事故を判定し、警報信号を発報
- ・ 検知する地絡電圧の基本設定値は、地絡過電圧継電器のVo設定値の30%

センサー検出回路



機 能	地絡電圧の監視	地絡電圧を監視することで、高圧回路の絶縁を監視する。 基本警報値は地絡過電圧継電器の整定値の30%とし、警報値の設定は1V単位で変更可能。
計測範囲(Vo)	190Vの場合 7.5 V~237.5 V 110Vの場合 5.5 V~137.5 V	
精 度	± 5 %	
外形寸法	Φ 50 × 26 (D) (mm)	
取付箇所	EVTの3次	
取 付	EVTの3次にセンサーを割り込み、ネジ取付でセンサーを固定	
備 考	・Voセンサーの時限は、当該センサーが遮断を目的としていない為、マスターモジュール側で最大40Hz(0.8秒)に区切った中で異常電圧を検出し、記録・警報する。 ・Voセンサーの精度確認については、停電年次点検時に試験器にて精度の確認やセンサーの接点確認・目視を行い汚損等も含めて必要に応じて交換などの対応を行う。	



管理番号 保技2021 10001-01

別添: 詳細仕様書

(3) 超音波センサーの仕様

- ・ 絶縁物の表面等で発生する部分放電(絶縁劣化等に伴う)を検出する。
- ・ 検出方位 ±30度以内、検出可能距離1.5m以内
- ・ 検出感度 57dB

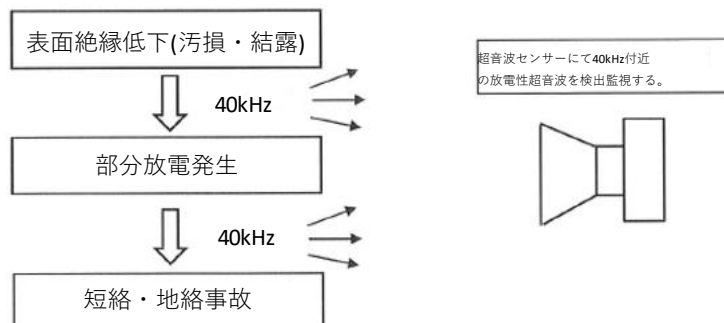


機能	部分放電の監視	絶縁劣化過程で初期の絶縁不良である部分放電を検出監視し、放電音が連続的に発生した場合に警報。 ※センサーは40kHzの超音波を監視する。 理由は配電設備が設置されている空間では、数キロヘルツ以下の音響が存在することが多い為、外乱のノイズの少ない帯域である40kHzの監視としている。
検出範囲	方向は機器垂直軸に対して約±30度以内、検出可能距離は約1.5m以内	
外形寸法	Φ56×45(D) (mm) / 貫通Φ24 (mm)	
取付箇所	遮断器及び開閉器の周辺	
取付	マグネットにて取付	
備考	・超音波センサーは絶縁上の欠落及び絶縁物の表面に流れる微小電流を検出する。 ・超音波センサーの検出時限は、6分間毎に部分放電の回数をカウントし、50回以上を故障信号としてセンサーに発報する。50回以下(50回以上も記録)は発生回数を記録している。 ・超音波センサーの精度確認については、停電年次点検時にセンサーの接点確認や目視を行い汚損等も含めて必要に応じて交換などの対応を行う。	

ア.原理、有効性

絶縁物に汚損や結露が生じると絶縁物の表面が絶縁低下し、部分放電が発生する。

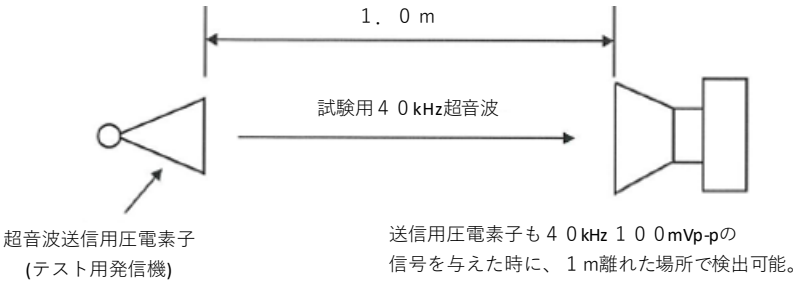
これを超音波センサーで検出し、監視する。



管理番号	保技2021 10001-01
------	-----------------

別添: 詳細仕様書

イ 超音波センサーの性能試験



実測データサンプル数 10

項 目		R4016AI受信機
4.0 kHzにおける感度(dB)	(平均値)	-57
	(最小値~最大値)	-58.0~-56.6
最大感度受信周波数(kHz)	(平均値)	40.1
	(最小値~最大値)	39.9~40.3
出力インピーダンス(Ω)	(平均値)	5,320
	(最小値~最大値)	4,890~5,440
1 kHzにおける静電容量(pF)	(平均値)	2,180
	(最小値~最大値)	2,100~2,330

条件:0 dB = 1 V/ μ bar、 R_L =3.9 k Ω 、距離 = 30 cm

管理番号	保技2021 10001-01
------	-----------------

別添: 詳細仕様書

(4) 温度センサーの仕様

- ・コンデンサーやリアクトルは、高調波や過電圧により素子の過負荷となり焼損する恐れがある。
このような温度上昇を常時監視し、事故の未然防止を行う。



機 能	外壁温度の監視	コンデンサ、リアクトルの外壁温度監視
測定範囲範囲	7 0℃検知、1 0 5℃検知	
外形寸法	Φ 4 7 × 1 2 (D) (mm)	
取付箇所	コンデンサ、リアクトル	
取 付	マグネットにて取付	
備 考	・温度センサーの精度確認については、停電年次点検時にセンサーの接点確認や目視を行い汚損等も含めて必要に応じて交換などの対応を行う。	

スマート保安技術カタログ

資料-4

管理番号	保技2021 10001-01
別添: 参考資料	
(1) 運用実績	
Voセンサーと超音波センサーが設置されている特別高圧需要設備は、（株）エネサーブ神奈川で累計86件、エネサーブグループ全体で累計233件（2021年現在）となっている。 センサーが異常を検知し、事故を未然に防止した事例は、Voセンサーで2件、超音波センサーで2件となっており、不意な停電や重大な損傷事故等を防止しており、事故の未然防止に効果がある。 ただし、Voセンサーでの誤警報や検出不能の事例は報告されていないが、超音波センサーについては誤警報による事例が2物件で報告されている。	
(2) Voセンサーによる事故の未然防止事例	
地絡過電圧継電器は動作していないが、Voセンサーが異常を検知したので専門技術員が出向して現地調査をおこなったところ、停電による点検が必要と判断して絶縁抵抗測定を実施し、サブ変電所への送り高圧ケーブルの絶縁不良を発見した。 当該高圧ケーブルを切り離して復電し、後日更新工事を実施した。	
(3) 超音波センサーによる事故の未然防止事例	
超音波センサーが異常を検知したために、現地調査を実施したところ、サブ変電所送りの真空遮断器(VCB)の絶縁樹脂部分でトラッキングを起こしている箇所を発見した。	
(4) 超音波センサーの誤警報事例	
屋外に設置されたキュービクルに激しい雨と強風が打ち付けて発生した音を、キュービクル内に取り付けられていた超音波センサーが異常検知して警報を発信した。当初は現地調査で原因不明であったが、同様な気象条件で数回誤警報が発生したので、この特殊な環境下での事例が検証された。	

スマート保安技術カタログ

資料-5

管理番号	保技2021 10001-01
------	-----------------

別添: 写真・図面

(1) 装置の取付写真



写真 - 1 マスターモジュール

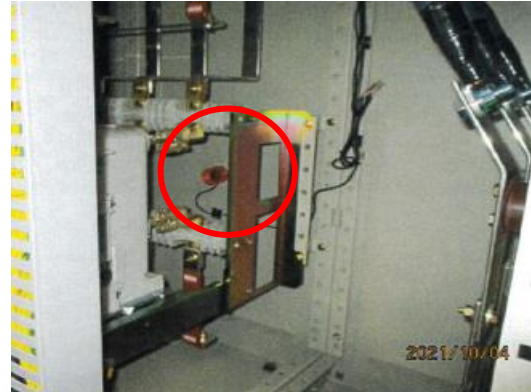


写真 - 2 超音波センサー

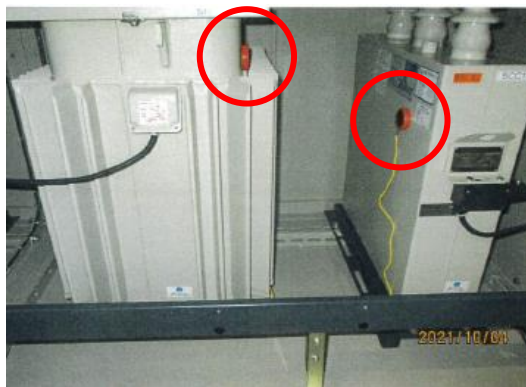


写真 - 3 温度センサー

スマート保安技術カタログ

資料-1.1

管理番号	保技2022 10002-01		
技術区分	IoTセンサー		
保安技術名称	巡視点検の遠隔監視と特高受変電設備の絶縁状況等の常時監視		
技術バージョン	Ver1		
登録区分・年月日	登録区分: スマート保安技術モデル		登録年月日: 2022年 8月 22日
修正履歴	Ver	年 月 日	Ver 年 月 日
	Ver	年 月 日	Ver 年 月 日
対象設備	特別高圧受変電設備		
活用シーン	監視カメラ(画像認識を含む)や計測装置等による遠隔監視及び収集データの蓄積機能により、現場巡視点検頻度を月1回とし、多機能形デジタル継電器(IoとVo)、部分放電検出器(TEVセンサ)等を活用した絶縁状態の常時監視を導入することにより、停電年次点検を6年1回、他5年は無停電年次点検(活線診断装置による診断)の年次点検とする。		

1. 導入するスマート保安技術の概要

今回、導入する主なスマート保安技術は次の通りである。

(1) 遠隔監視巡視点検 (24時間365日常時監視と定例目視巡視点検の分担・併用)

ア 目視点検からIoT機器活用による点検手法の変更 (監視カメラや計測装置による点検データの常時取得)

- ① 「数字メータ認識、針メータ認識、色認識」活用による指示値の数値・デジタル化
- ② 計測装置等の点検データ等のデジタル化
- ③ 携帯端末機による点検及び端末機画面への収集データ等の自動取得・表示

イ 収集データの常時閲覧機能による効果的な保安管理の実施 (いつ・何処でも確認可能)

ウ 収集データの保存・累積 (経過観察、故障予知、寿命診断等への活用)

(2) 年次点検 (常時監視+定期メンテナンス)

ア 多機能形デジタル継電器と部分放電検出器等を活用した絶縁状態の常時監視と計測記録

- ① 地絡過電流(Io)と地絡過電圧(Vo)の計測値の常時監視と異常警報通知機能
- ② 部分放電検出器(TEVセンサ)による部分放電の徴候検知

イ 特高変圧器及び特高真空遮断器の故障徴候の早期検出や寿命診断

- ① N2ガス圧検知、部分放電検出器の他、油中ガス分析器(実証中)による常時監視
- ② 真空監視装置による特高真空バルブの真空度の監視(検証中)

ウ 超音波検出装置及び熱画像診断装置等の実施による無停電年次点検の導入

- ① ウルトラホンやリークホンなどを活用し、リーク放電等の前兆現象の把握
- ② サーモビュア等を活用し、発熱状態(接続部や機器)や熱分布等の確認

エ 細密点検時に遮断器の開閉機構動作確認と部品交換等のメンテナンスの徹底

- ① 遮断器類の開閉信頼度確保(グリスレス又は長寿命グリスの採用)
- ② メンテナンス周期に伴う保守及び部品交換の実施

(3) 計測装置、センサ類、多機能形デジタル継電器及び部分放電検出器等のセンサ類の検出

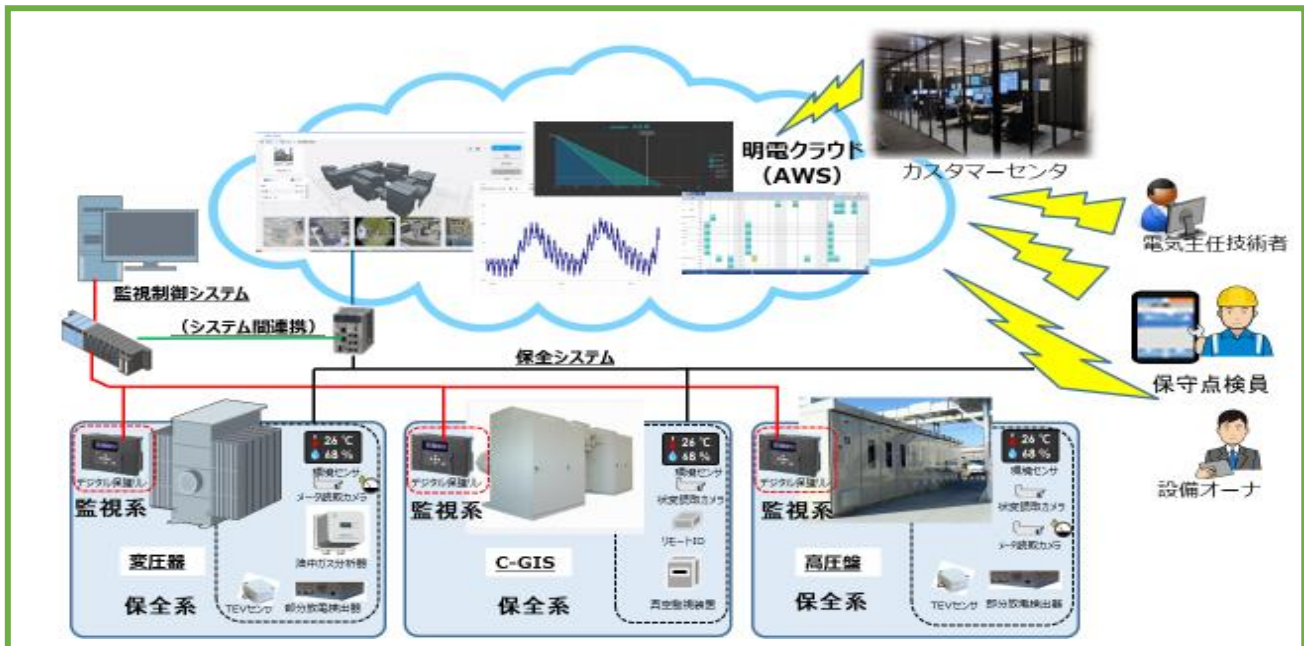
データを累積・保存し、AIを活用した自動化、効率化に向けた実証及び検証を実施

管理番号 保技2022 10002-01

(4) 概念図

監視システムの監視装置 (OPMS)

- ・ 特別高圧及び高圧機器の絶縁状態監視 (地絡過電流、地絡過電圧、部分放電等)、故障表示 (軽故障・重故障)、計測 (電流、電圧等) 及び状態監視・制御 (遮断器入切) を一括して管理している。
- ・ 監視センターで常時監視し、故障はメール等にて登録している電気担当者に配信している。



(5) 対象設備の外観

環境配慮型+リモート監視機能付+IoT機器設置 スマート保安特高変電所

特別高圧受変電設備は最新ICT機器を導入し、スマート保安を目指した保安技術の実証試験とデータ採取を目的としたスマート保安の具体的な設置事例を展示



管理番号 保技2022 10002-01

2. スマート保安技術の内容

(1) 巡視点検の点検手法の見直し(遠隔監視と人による現場巡視点検の併用)

機械監視が可能な巡視項目(計測装置や監視カメラ等の活用)は常時監視とし、困難な巡視項目は携帯端末機を活用しつつ人による現場巡視頻度を見直す(月1回の頻度)ことにより、点検データのデジタル化促進と点検品質の維持・向上及び効果的な巡視を目指す。

- ① 遮断器の動作回数や開閉状態表示、温度、ガス圧、油量などのメータ読等の機械監視が可能な目視点検は、監視カメラと自動認識機能を活用して数値化や画像認識を実施する。
- ② 機械監視が困難な巡視項目(変色、フィルタ汚れ等は、携帯端末機を活用した現場入力を実施する。なお、自動監視しているデータはクラウド上へ格納され、点検報告書の作成は自動作成されインターネット経由で何時でも何処からでも閲覧可能である。
 - ・現状設備の巡視における201点件数の内、59点検数が常時監視(リモート)となる。
 - ・映像監視カメラ：7台、画像認識カメラ：39台、アナログ入力：228点/デジタル入力：168点
 - ・カメラ及びセンサ類は品質が高い業務用とし、機能消失又は定常値から著しく外れたデータを検出した場合、警報等により通知するなど監視信頼度を担保している。

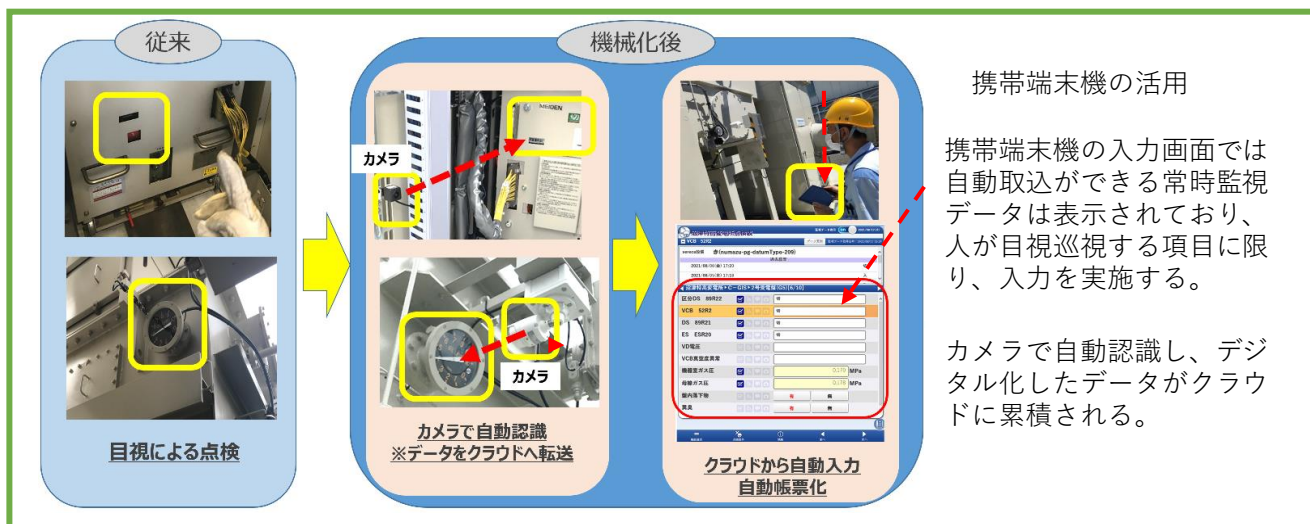
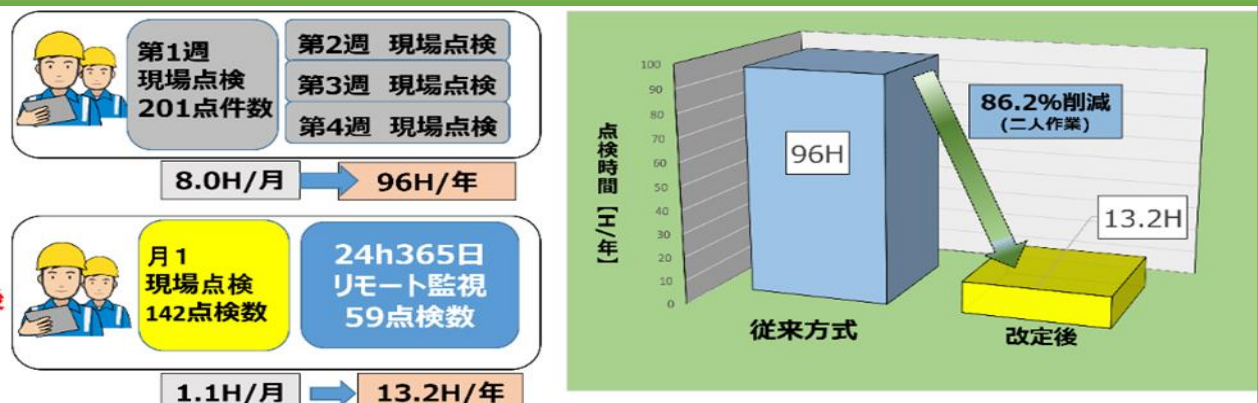


図-1 画像認識カメラの設置と携帯端末機の活用事例



- ・週1回の現場巡視点検が、機械による常時監視を導入することにより、月1回の巡視点検となる。
- ・巡視における業務効率化は86.2%となり、二人1組の巡視作業では年間165時間の削減が見込まれる。

図-2 機械監視と人による現場巡視の併用による内訳及び効率化

管理番号

保技2022 10002-01

(2) 年次点検の点検手法の見直し(高信頼度機器の採用と絶縁監視及び無停電年次点検の導入)

ア 高信頼度機器の採用

特高受変電設備の特高及び高圧の遮断器には、開閉信頼度を担保するために開閉機構の改善(三相一括駆動形電動ばね操作機構や永久磁石保持式電磁操作機構等)及び長寿命グリス又はグリスレスを採用した製品を使用する。

なお、これらの機器のメンテナンス期間(6年又は12年)はメーカー保証によるものに限る。

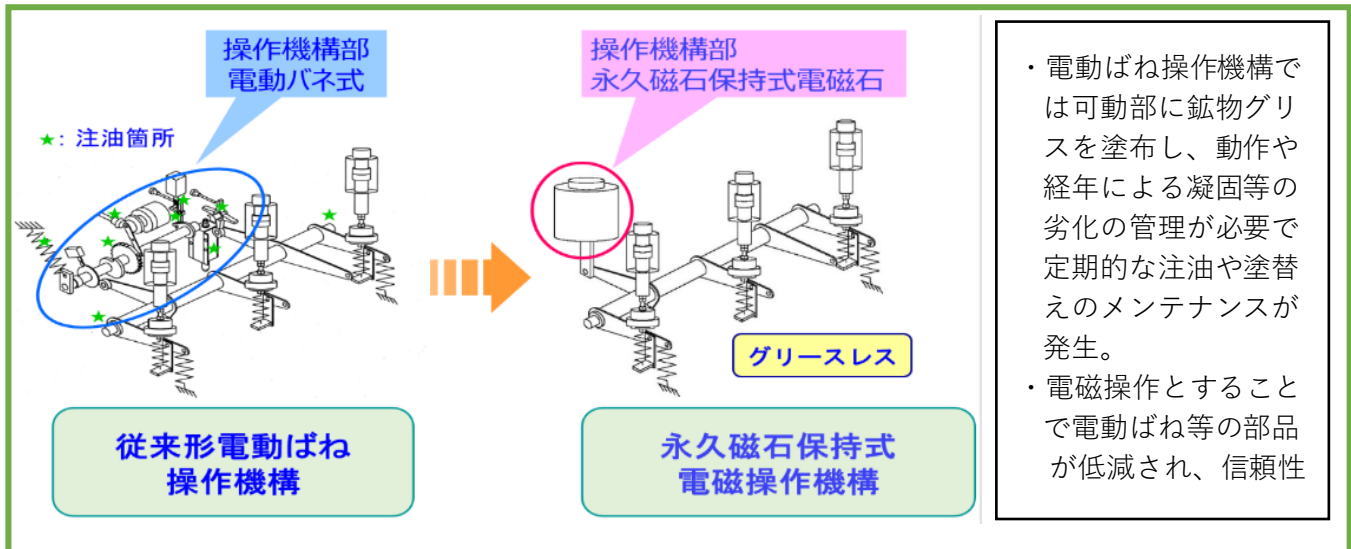


図-3 従来製品のバネ機構と電磁操作機構の操作機構の比較(高圧遮断器)

イ 絶縁状態の常時監視

多機能形デジタル継電器と部分放電検出器等を活用した絶縁状態の常時監視と計測記録

(ア) 多機能形デジタル継電器



図-4 多機能形デジタル継電器 IPMAT III Sの外観

- ・ オールデジタル方式を採用し、保護・監視・制御・計測機能を搭載している。
- ・ 常時監視の自己診断機能で継電器の健全性を確保し、故障時には警報を発する。
- ・ 保護機能はCPUを二重化し、故障発生に対する信頼性を高めている。
- ・ 特高、高圧受電盤から高圧電動機に至る機種をシリーズ化している。
- ・ 接地変圧器(EVT)の地絡過電圧(V_0)、地絡過電流(I_0)、位相(Φ)及び動作時間(s)を監視することにより、絶縁状態の常時監視を実施し、設定値(警報及び動作設定)を超過すると警報若しくは遮断動作を実施する。

※ 地絡に関する整定値と動作時間設定例

- | | | |
|-------|--|----------------|
| ・ 51G | I_0 :100~3000mA | 時間:0.05~10.00S |
| ・ 67G | V_0 :3~80V I_0 :100~3000mA 位相0~80° | 時間:0.1~10.0S |

管理番号 保技2022 10002-01

(イ) 部分放電検出器(TEVセンサ)

絶縁劣化の前兆現象として発生する部分放電により、変圧器の壁面などに発生する過渡接地電圧(TEV)を測定することで絶縁劣化の徴候検知を行う。

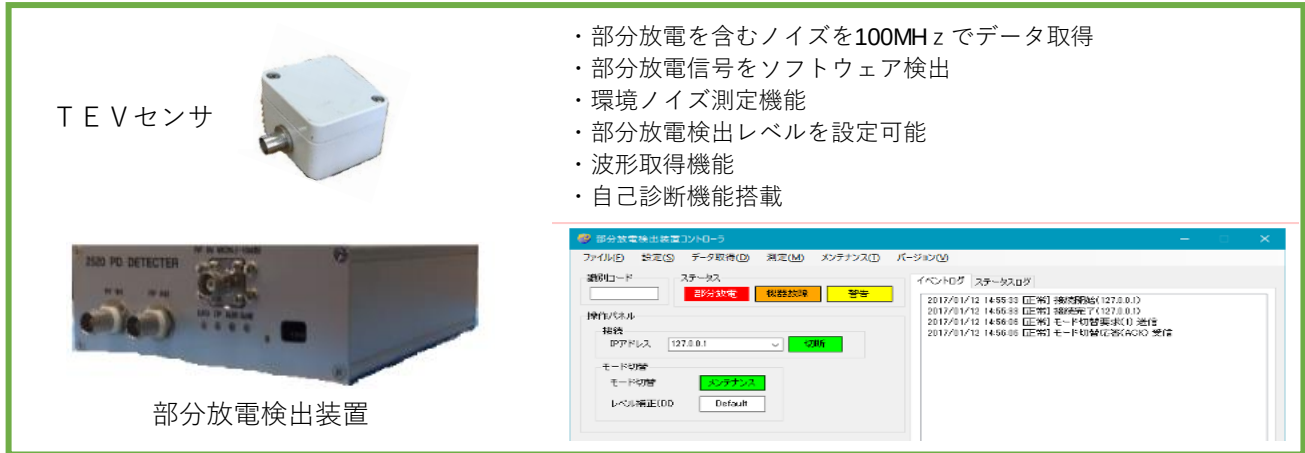


図-5 部分放電検出装置とTEVセンサ及び特徴

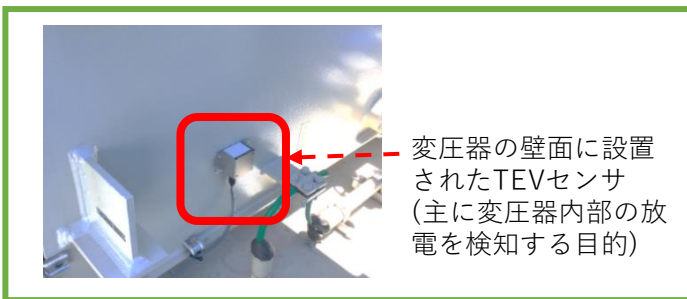


図-6 部分放電検出装置とTEVセンサの設置例

ウ 故障徴候の早期検出や寿命診断

(ア) 油中ガス分析器(実証中)

変圧器内部で発生する部分放電やアークによる絶縁油中の水素ガス濃度を常時監視することにより、経過観察による故障徴候の早期検出や寿命診断への活用を実施する。

- ・ 変圧器 絶縁油中のH₂及びH₂Oのモニタリング装置
- ・ 廃油弁に取付可能



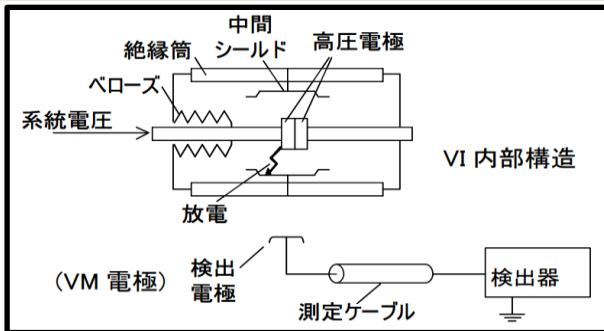
図-7 変圧器廃油弁に設置した油中ガス分析器

管理番号 保技2022 10002-01

(イ) 真空監視装置(検証中)

特高真空遮断機(VCB)の真空バルブ(VI)の充電中の真空度の劣化を測定、監視を行う。

- ・真空度が劣化するとVI内部ではパルス状の放電が発生する。(パッシェンの法則)
- ・パルス信号としてVIの近くに設置したセンサーで測定し検出を行う。
- ・検出したパルス状の振動電流の周波数帯、信号レベル、放電発生パターンを判定して、警報を発報させる。

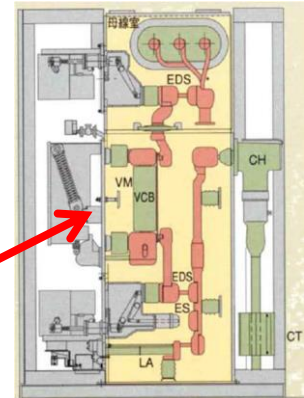


- ・真空劣化時の耐電圧低下により、高圧電極と中間シールド間でパルス状の放電が発生。
- ・センサでパルス状の振動電流を測定、検出器に送信。
- ・真空度監視装置で振動電流の周波数帯、信号レベル、放電発生パターンを判定し、警報を発報。



真空監視装置
(VM-100)

VI 背後に配置したVM電極により、VI放電信号を検出



エ 超音波検出装置及び熱画像診断装置等の実施による無停電年次点検

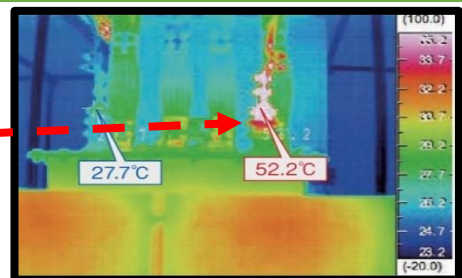
停電点検の年を除く他の年の年次点検は、熱画像診断装置や超音波診断装置などの無停電診断装置を活用した無停電年次点検を実施する。

- ・ウルトラホンやリークホンなどを活用し、リーク放電等の前兆現象の把握
- ・サーモビューア等を活用し、発熱状態(接続部や機器)や熱分布等の確認



サーモビューアカメラによる診断

変圧器高圧側ブッシングの左側が過熱(端子部の緩み?)



コロナ検出カメラによる診断

高圧交流負荷開閉器(LBS)の樹脂製碍子に部分放電が発生している。(赤点部)



管理番号	保技2022 10002-01
------	-----------------

3. スマート保安技術の導入によるメリット及び課題

(1) 導入メリット

ア 巡視点検(リモート監視と点検支援システム)

- ① 巡視点検データ精度の向上と巡視点検作業時間の短縮
- ② データ量の増加(週1回→5分毎)と蓄積したデータの設備状態診断への活用の可能性
- ③ 何時でも何処からでも、変電所の状況把握が可能(フレキシビリティ)
- ④ 管理値の逸脱によりアラーム送信(計測値等の閾値監視)

イ 年次点検(停電年次点検6年に1回、他5年間は無停電年次点検)

- ① 生産調整や停電の準備及び復電後の確認作業が6年に1回に減少
- ② 無停電年次点検の導入による年次点検作業員減
- ③ 無停電年次点検は平日作業(休日出勤無し)となり、働き方改革が推進した。

ウ ICT化(通信技術を活用したコミュニケーション)

- ① 機器に設置されたIoTセンサから送信されたデータが蓄積されており、前回の点検以降の稼働状態を事前把握できることや経過観察が可能で故障徴候の早期検出や寿命診断への活用が期待される。
- ② 特別高圧受電設備における新たなスマート保安技術の実装実験の実施や実証試験結果評価並びにデータ取得が可能であり、技術開発や運用・導入に係る知見の蓄積が期待される。

管理番号 保技2022 10002-01

(2) 課題(懸念事項)への対策

ア サイバーセキュリティ対策

インターネットを使用しているため、次のようなセキュリティ対策を実施している。

<サーバ側の対策>

【技術的対策】

- ・認証（シングルサインオン）
- ・データ保護（アクセス制御、暗号化）
- ・暗号化通信（SSL）

【運用】

- ・ISMS(ISO/IEC 27001) 取得
- ・定期的なセキュリティ診断
- ・PSIRT、SOC運用※（準備中）

<現場側の対策>

【技術的対策】

- ・設備内閉域網接続（NW分離）
- ・暗号化通信（インターネット）
- ・ガイドラインに沿った設計、製造、検査

【物理的対策】

- ・設備やコントロール盤の施錠管理
- ・監視カメラ（侵入者検知機能付き）

イ 技術継承

スマート保安導入に伴い現場技術者の技術力の維持・向上を目的に研修カリキュラムを作成し、積極的な技術力向上推進を実施する。

・特高受変電設備システム技術研修

模擬設備において停電及び復電切替、トラブルシューティング、一般点検、

・お客様メンテナンス技術研修電気設備のメンテナンス技術の習得を目的とするお客様体験実習で、運用技術、保守点検方法及び安全遵守を基本とする。

なお、現場操作や緊急時の対応方法及び関係法規、環境問題の習得する。



特高受変電システム



高圧受変電システム

管理番号	保技2022 10002-01
4. 明電舎沼津事業所における巡視点検及び年度点検の点検手法と点検頻度の変更に係る前提条件並びに技術要件 ①監視カメラや計測装置等による機械監視できる点検項目は、365日24時間の常時監視の遠隔巡視点検とし、その他の点検項目は人の目視による現地巡視点検を1カ月1回とすること、 ②停電年次点検を1年1回から6年に1回に変更し、他の5年は活線診断装置等を活用した無停電年次点検を実施する年次点検の点検内容と点検周期とすること。 (1) 前提条件 ア 巡視点検に係る遠隔監視装置の設置から現時点までの運用において、遠隔巡視点検と現場巡視点検の結果に不具合やトラブルが発生していないこと。 イ 直前の特別高圧受変電設備の停電年次点検において、不具合や異常がなかったこと。 (2) 最終的な案件承認に関する技術要件の概要 ア 特別高圧受変電設備は、高信頼度の製品(点検時期が6年又は12年)を使用していること。 イ 特別高圧受変電設備の整備・更新計画が作成されていること。 ウ 特別高圧受変電設備の計測類、継電器及び各種センサ類の動作警報表示等を管理センター(特高監視盤を含む)等で常時監視していること。 エ 特別高圧受変電設備の遠隔巡視点検は、管理センター或いはタブレット等で常時監視・確認ができること。 オ 特別高圧及び高圧電路の絶縁状態の常時監視は、多機能形デジタル継電器(IoとVo)、部分放電検出器(TEVセンサ)などの検出データを複合的に判断し、最終確認として超音波診断装置等による診断を実施すること。 カ 油中ガス分析器及び真空監視装置は、絶縁状況及び機器の健全性確保に向けた補完的監視装置として運用すること。 キ 監視カメラ、計測装置及びセンサ類による機械監視に代替できるものは、常時監視の遠隔巡視点検とし、その他の点検項目は人の目視による現地巡視点検として分担・併用すること。 ク 無停電年次点検において、熱画像診断装置や超音波診断装置を用いた過熱状態(接続部や機器)等の確認を実施すること。	
対象設備名称	株式会社明電舎沼津事業所 特別高圧受変電設備
設置者、住所、設備概要	株式会社明電舎 静岡県沼津市東間門字上中溝515番地 66kV本線・予備線受電 変圧器容量 15,000kVA×2台 工場
当該案件連絡先等 (担当者、組織名、住所、電話番号等)	(当該案件連絡先) 株式会社明電舎沼津事業所 生産統括本部 生産技術部 施設課 担当者：大西 祐次 TEL 055-929-5196 (直通) 内線5196(8-31-5196) E-mail oonishi-y@mb.meidensha.co.jp 〒246-0001 静岡県沼津市東間門字上中溝515番地 TEL 055-921-5111(代表) H P アドレス：http://www.meidensha.co.jp

管理番号 保技2022 10002-01

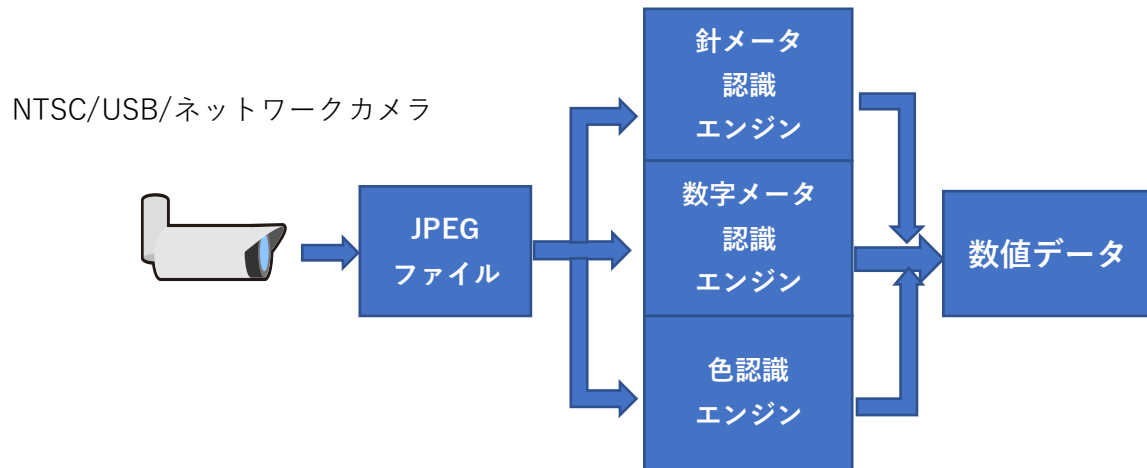
別添: 詳細仕様書と参考資料

(1) 画像認識エンジン

数字メータ認識エンジン／針メータ認識エンジン／色認識エンジン

特徴:カメラは、USB／ネットワーク／NTSCのカメラに対応

図-B1 カメラによる画像認識の構成



(2) 巡視点検におけるカメラ、計測装置及びセンサ類の活用

IoT機器の導入による巡視の点検手法と点検頻度の見直しは表-B1のとおり

表-B1 日常巡視点検の点検手法と点検頻度の新旧比較

設備区分		巡視点検					
		旧			新		
機器	監視項目	手法	周期	記録	手法	周期	記録
変電所全体	外観	目視	週1回	点検表 (紙ベース)	カメラ	常時監視 + 5分毎に データ蓄積 + 月1回現地 巡視点検	クラウドへ データ蓄積 + データ閲覧
C-GIS	開閉表示 ガス圧	目視 目視	週1回 週1回		画像認識 アナログ入力		
変圧器	油温	目視	週1回		画像認識		
	油面	目視	週1回		画像認識		
	N 2 ガス圧	目視	週1回		画像認識		
	油漏れ	目視	週1回		カメラ		
	部分放電	聴覚	週1回		部分放電検出器		
高圧盤	開閉表示	目視	週1回		画像認識		
	部分放電	聴覚	週1回		部分放電検出器		
低圧盤	発熱	—	—		温湿度センサ		
	Tr温度	目視	週1回		画像認識		
	部分放電	聴覚	週1回		部分放電検出器		
	発熱	—	—		温湿度センサ		

管理番号 保技2022 10002-01

別添: 詳細仕様書と参考資料

(3) クラウド監視システムの詳細

- ・ 常時監視システム
- ・ 点検データは明電クラウドへ蓄積
- ・ データ保管期間は、設備導入～設備廃棄まで(契約により選択可能)
- ・ データ閲覧は、インターネット接続環境があれば何処からでも何時でも閲覧可能

(4) 絶縁状態監視と真空遮断機の新旧比較

効果内容		改善前	改善後
絶縁状態監視	常時監視	アナログ型保護継電器を使用 ※リレー特性の経年劣化が発生	第3世代のデジタル保護継電器 絶縁状態は常時監視しておりトレンド管理が可能 リレー特性による経年劣化は無い CPU完全二重化による信頼度向上 (自己診断機能)
	計測	計測機能は無し	電圧・電流計測: 1.0級の精度 事故電流記録(波形等): トリガ前19サイクル、後8サイクル
真空遮断機の劣化	グリス関係	鉱油系のグリスを使用、低温時と経年経過で固着する可能性が有る。1年毎のメンテナンスが必須	合成油系のグリスに変更、更にグリスレス構造に変更することで、低温時と経年劣化の対策を実施。 1.2年毎の精密点検時のメンテナンス
	操作機構	小さな蓄勢爪を操作する複雑なバネ機構のため復元力が弱くなると、グリスの固着に影響された。	電磁操作式に変更になり、バネに影響がないシンプルな機構を採用。
	絶縁フレーム(構造変更)	三相一体型の絶縁フレームは、経年劣化で表面を伝い相間短絡が発生する。	三相分離型の絶縁フレームに変更。 経年劣化しても相間に空気層があるため、相間短絡が発生しない。
	絶縁フレーム(材料変更)	ポリエステルブリミックス(炭酸カルシウム)は湿性を持つため、水を呼び込み絶縁劣化が起こりやすい。	エポキシを主剤としているため、ポリエステルブリミックスより、絶縁劣化に対して強い。

(5) 多機能形デジタル継電器の機能・仕様一覧表

表-B2 多機能形デジタル継電器の機能・仕様一覧表

機能	仕 様			広域 W	W	R	T	H
	デバイス	整 定 範 囲	動 作 時 間	複合広域	複 合	受 電	変 圧 器	電 動 機
保 護	51L	20～160%、ロック (1%ステップ) 1.0～8.0A、ロック (0.1Aステップ) 第2高調波抑制付	N = 0.5～10.0 (0.1ステップ) 4特性 (定、反、長、超) INST. 0.04～1.00s 定限時 (0.01sステップ)	○2	○2	○3	○3	
	51H	200～1600%、ロック (10%ステップ) 10～80A、ロック (1Aステップ) 第2高調波抑制付	INST. 0.04～1.00s 定限時 (0.01sステップ)	○2	○2	○3	○3	
	51	ln×2.0～16.0、ロック (0.5ステップ)	INST. 0.04～1.00s 定限時 (0.01sステップ)					○
	51G (ZCT)	100～3000mA、ロック (10mAステップ)	0.05～10.00s 定限時 (0.01sステップ) 0.10～10.00s 定限時 (0.01sステップ)	○	○	○		○
	51G (残留)	0.1～2.5A、ロック (0.1Aステップ) 第2高調波抑制付	N = 0.5～100.0 (0.1ステップ) 2特性 (定、反)			○		○
	27AND	10～110V、ロック (1Vステップ)	0.05～10.00s 定限時 (0.05sステップ)	○3	○3			
	27OR	10～110V、ロック (1Vステップ)	0.05～10.00s 定限時 (0.05sステップ)	○3	○3			
	59	100～150V、ロック (1Vステップ)	0.1～10.0s 定限時 (0.1sステップ)	○2	○2			
	64L (EVT)	3～80V、ロック (1Vステップ)	0.2～30.0s 定限時 (0.1sステップ)	○	○			
	64L (ZPD)	30～400mV、ロック (5mVステップ)	0.2～30.0s 定限時 (0.1sステップ)	○	○			
	64H (EVT)	3～80V、ロック (1Vステップ)	0.2～30.0s 定限時 (0.1sステップ)	○	○			
	64H (ZPD)	30～400mV、ロック (5mVステップ)	0.2～30.0s 定限時 (0.1sステップ)	○	○			
	67G (ZCT, EVT)	IO: 100～3000mA、ロック (10mAステップ) VO: 3～80V (1Vステップ) φ: 0～80° (1°ステップ)	0.1～10.0s 定限時 (0.1sステップ)	○	○	○		○
	67G (ZCT, ZPD)	IO: 100～3000mA、ロック (10mAステップ) VO: 30～400mV (5mVステップ) φ: 0～80° (1°ステップ)	0.1～10.0s 定限時 (0.1sステップ)	○	○			○
	67G (残留, EVT)	IO: 0.1～2.5A、ロック (0.1Aステップ) VO: 3～80V (1Vステップ) φ: 0～80° (1°ステップ)	0.1～10.0s 定限時 (0.1sステップ)			○		○
	67G (残留, ZPD)	IO: 0.1～2.5A、ロック (0.1Aステップ) VO: 30～400mV (5mVステップ) φ: 0～80° (1°ステップ)	0.1～10.0s 定限時 (0.1sステップ)					○
	49TR	ln×1.05～1.20、ロック (0.01ステップ)	2～120s 反限時 (1sステップ)					○
	49AL	許容上昇: 60～125℃、ロック (5℃ステップ) 定格上昇: 5～150℃、ロック (1℃ステップ)	発熱時定数: 0～180分 (5分ステップ)					○
	48	ln×2.0～4.0、ロック (0.1ステップ)	2～120s 反限時 (1sステップ)					○
	47	0.40～0.80、ロック (0.01ステップ)	1.0～4.0s 定限時 (0.1sステップ)					○
	46	2.0、ロック	1s					○
	87T	30～50%、ロック (10%ステップ) 第2高調波抑制付	50ms以下				○3	
	87I	Id ≥ 8PU、ロック	45ms以下				○3	

スマート保安技術カタログ

資料-3.3

管理番号 保技2022 10002-01

別添: 詳細仕様書と参考資料

(6) 遮断器の従来型と最新型の点検周期比較

特高受変電設備の特高及び高圧の遮断器には、開閉信頼度を担保するために開閉機構の改善
(三相一括駆動形電動ばね操作機構等)及び長寿命グリス又はグリスレスの製品

表-B3 特高設備(C-GIS:[SF-6]と[ECO])の新旧点検周期比較表(カタログ抜粋)

点 検 項 目		従来C-GIS					Eco C-GIS					対象設備
項 目	点 検 細 目	巡視点検	普通点検	細密点検	臨時点検	点検周期	巡視点検	普通点検	細密点検	臨時点検	点検周期	
外部点検	異常音、異常の有無確認	○				巡視時	○				巡視時	設備全般
	圧力計・開閉表示器の指示確認	○				巡視時	○				巡視時	設備全般
	締付部のチェック		○			1回/3年		不要	○		1回/6年	設備全般
操作装置	開閉動作		○			1回/1年		不要	○		1回/6年	遮断器 EDS操作装置 ES操作装置
	開閉操作試験		○			1回/3年		不要	○		1回/6年	
	清掃、給油			○		1回/6年			○		1回/6年	
	操作機構内部・補助開閉器の点検			○		1回/6年			○		1回/6年	
測定試験	制御回路絶縁抵抗測定		○			1回/3年		不要	○		1回/6年	遮断器 EDS操作装置 ES操作装置 避雷器
	主回路絶縁抵抗測定		○			1回/3年		不要	○		1回/6年	
	開閉操作試験 (現場での電圧による閉極・開極時間、三相不揃いの測定)			○		1回/6年			○		1回/6年	
	最低動作電圧測定、引き外し自由試験			○		1回/6年			○		1回/6年	
	圧カスイッチ・警報接点の動作値測定			○		1回/6年			○		1回/6年	
	漏れ電流の測定			○		1回/6年			○		1回/6年	
	真空度異常の有無の確認			○		1回/6年			○		1回/6年	
シーケンス試験	機器動作、インターロック条件確認			○		1回/6年			○		1回/6年	設備全般
規定開閉回数に達した場合	遮断部あるいは断路部点検手入れ及び、摩耗部品の交換				○					○		設備全般
	必要箇所の点検手入れ及び、部品の交換				○					○		
各種点検により異常を発見した場合	必要箇所の点検手入れ及び、部品の交換				○					○		設備全般

表-B4 高圧汎用遮断器の新旧点検周期比較表

点検種別	主要点検項目	気中盤用従来形 VCBの点検周期 (電動バネ操作)	VR-D形VCBの 点検周期 (電磁操作)
普通点検	真空インタラプタの清掃	3年	6年
	絶縁物の清掃	3年	6年
	開閉動作試験	3年	6年
	主回路絶縁抵抗の測定	3年	6年
	制御回路絶縁抵抗の測定	3年	6年
細密点検	真空インタラプタの 接点消耗量確認	6年	12年
	真空度の良否判定	6年	12年
	主回路断路部の清掃 及びグリスアップ	6年	12年
	操作機構への注油	6年	不要
	開閉特性の確認	6年	12年

管理番号

保技2022 10002-01

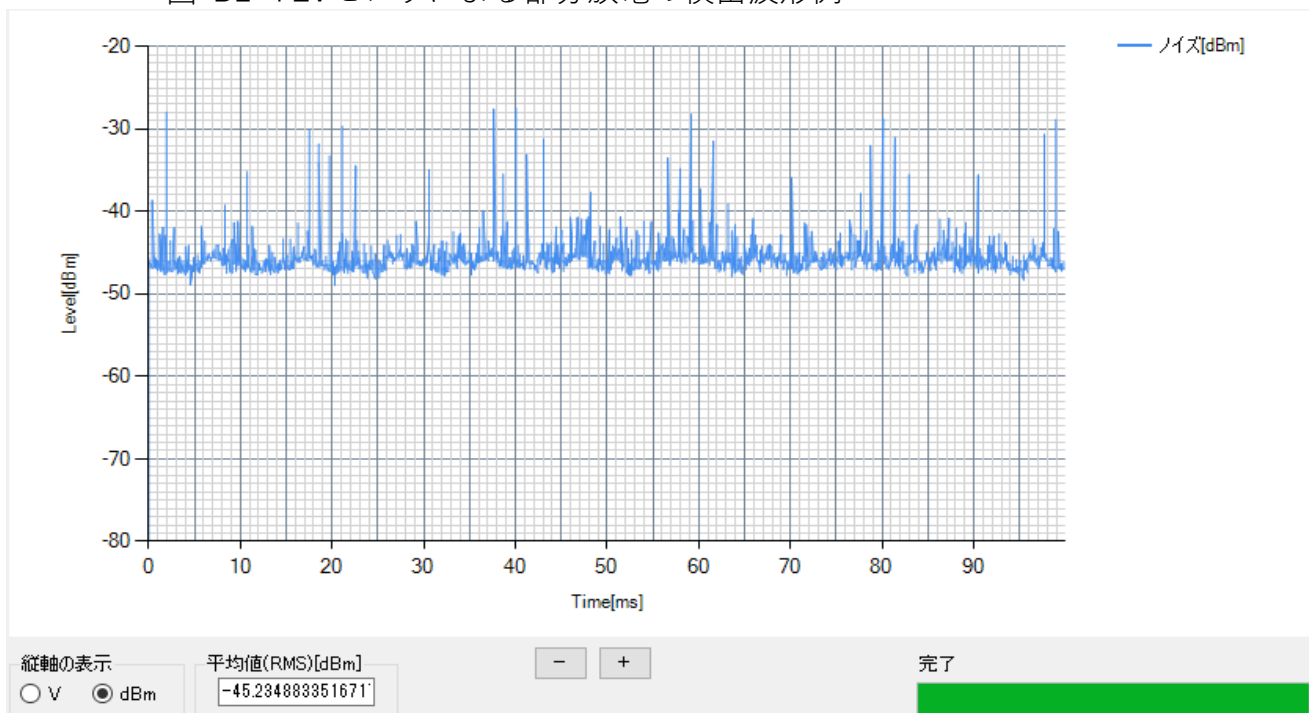
別添: 詳細仕様書と参考資料

(7) 部分放電検出器(TEVセンサ)の機能

絶縁劣化で発生する部分放電(PD)では、紫外線・超音波・接地線の高周波電流・タンク壁面の過渡接地電圧(TEV)を測定対象とする検出法があるが、得手不得手があり測定対象機器やその設置環境に応じた最適な手法を選定する必要がある、躯体内では機械的振動ノイズに強いTEVセンサを選定する。

なお、現場運用において、特高ケーブルヘッドの接触不良、C-GISの支持碍子のボイドによる部分放電、特高油入計器用変圧器(VT)の絶縁劣化の前兆、高圧発電機の局部絶縁劣化の検出事例がある。

図-B2 TEVセンサによる部分放電の検出波形例



(8) 水素ガス検出器の検証試験と評価

従来品 (SmartDGA) が使用できないために、代替品として燃料電池式油中水素ガスセンサ (ProGuard-101) が使用できるか検証実験を実施して、動作と適用環境に問題ないことを確認した。なお、従来品に比較して機器費用が25%程度と費用効果も高い。



図-B3 水素ガス検出器の検証試験

【評価方法】

センサ付簡易タンクを恒温槽に入れ、温度と水素濃度の測定値を比較する。

管理番号 保技2022 10002-01

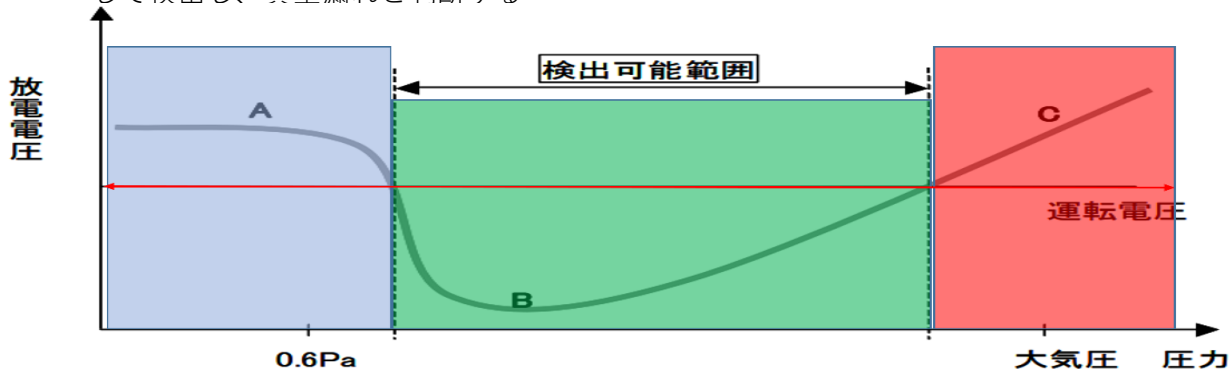
別添: 詳細仕様書と参考資料

(9) パッシェンの法則と真空監視の関係

図-B4 パッシェンカーブ例

A領域：真空度が良好で運転電圧に対して十分な耐電圧を保持している。

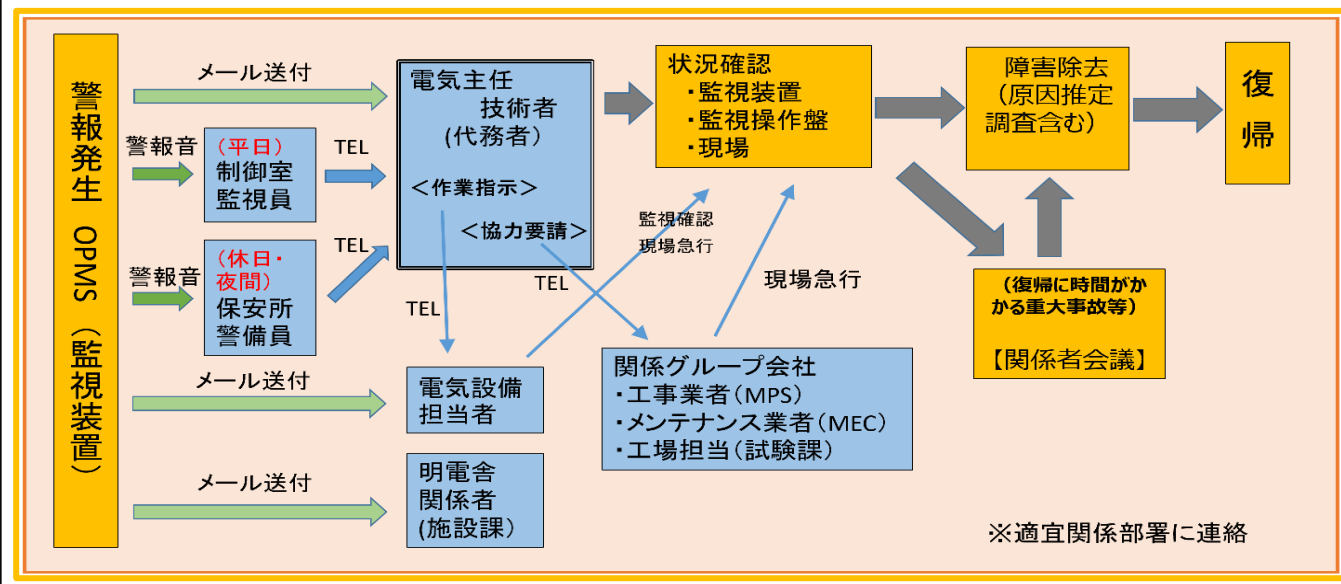
B領域：パッシェンの底といわれ最も放電しやすく、漏れたガスが大気の場合は300V、SF-6では500Vで放電する。B領域の運転電圧で発生した放電現象を信号として検出し、真空漏れと判断する



(10) 警報発生時の対応手順

- ・監視装置で警報が発生すると、警報音が鳴り関係者にメールが送信され、電気主任技術者（代務者）にはメールとともに、平日は監視員、休日夜間は警備員から電話で連絡がある。
- ・連絡を受けた電気主任技術者（代務者）は、状況確認から障害除去及び復帰までの全てを指揮監督し、電気設備担当者への作業指示（主に初動対応）、関係グループ会社へ協力要請（専門家による障害除去、原因推定調査）を行う。
- ・復旧に時間がかかる重大事故等は関係者を招集し対策会議を開く。
- ・適宜関係者に連絡し各部署が連携して対応する。
- ・電気主任技術者（代務者）は、端末（スマホ・タブレット等）に入る情報を整理し、状況判断を行い各電気担当者に展開を実施し即応する。

(注) 代務者とは電気主任技術者と同等の能力又は資格を有するものいう。



管理番号

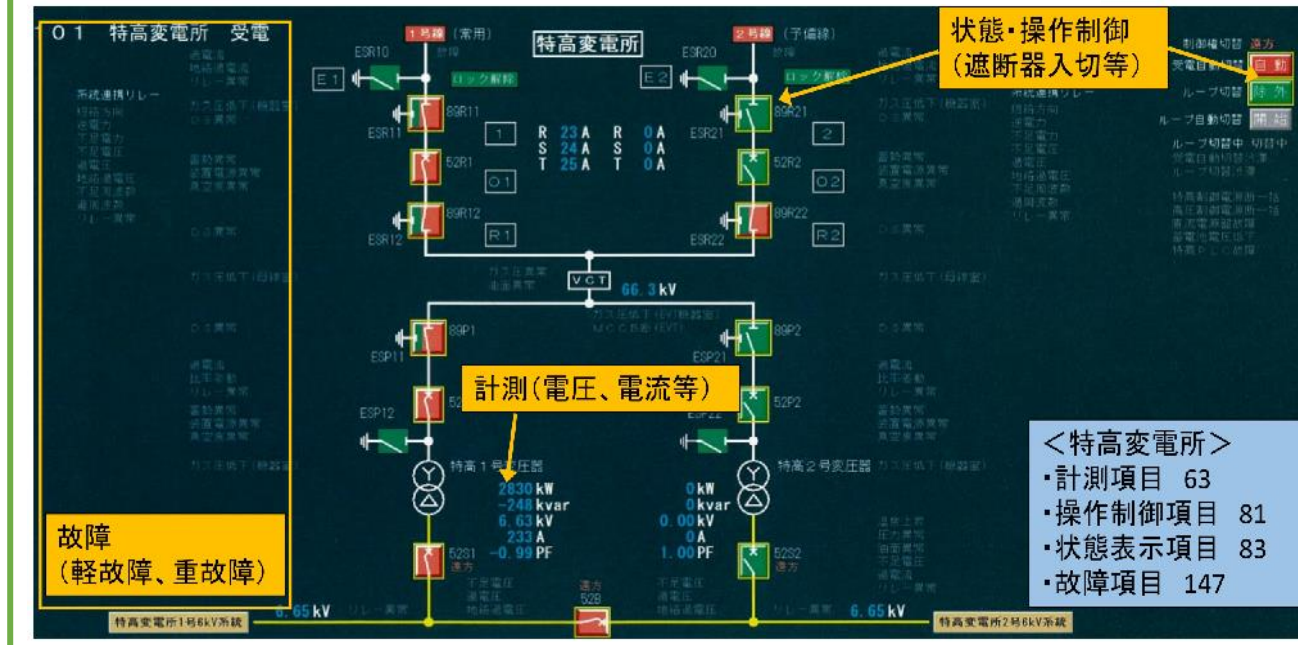
保技2022 10002-01

別添: 参考資料

(1) 特高受電所の監視・制御

特高受電所の状況監視は管理センターの監視装置(OPMS)で表示される。

図-C1 特高受電所の監視装置(OPMS)の画面



(2) クラウドリモート監視システム

特高受電所の計測値や監視データを明電クラウドに送信するシステムを構築すると、遠隔地からも何時でもリモートによる変電所の状況監視が可能である。

図-C2 遠隔地からの変電所監視システム



管理番号

保技2022 10002-01

別添: 参考資料

(3) 特高受変電設備のリモート監視(カスタマーセンター)

- ・ガス圧と外気温による絶縁耐力や油面低下など、絶縁劣化の傾向監視。
- ・定期的に内部放電発生状況を分析しレポートを作成、部分放電の傾向を監視。

図-C3 カスタマーセンターによるリモート監視



(4) 技術研修センター「Manabi-ya」によるお客様技術支援

常時監視による現場点検作業の減少や事故・トラブルの減少に伴う現場技術継承は、弊社の技術研修センターでのお客様技術支援研修によって補うサポート体制を構築している。

図-C4 お客様メンテナンス技術研修



- お客様の技術研修サポート
お客様主体で電気設備のメンテナンス技術研修を実施する。
- お客様メンテナンス技術研修
電気設備のメンテナンス技術の習得を目的とした教育プログラム
 - ・運用技術、保守点検方法及び安全遵守を基本とした研修
 - ・現場再現操作及び緊急時の対応方法の習得

管理番号

保技2022 10002-01

別添: 写真・図面

(1) 装置の取付写真 (参考)

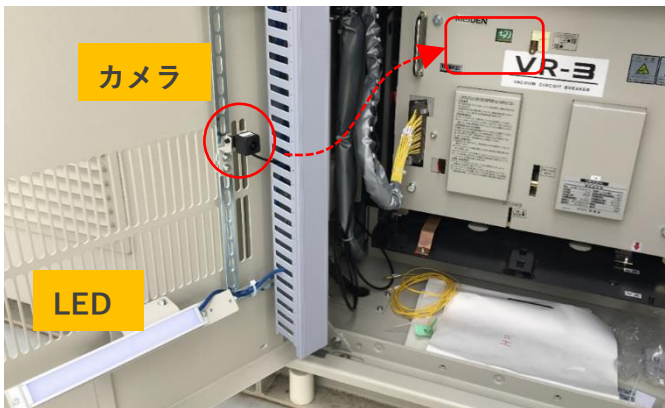


写真 - D1 高圧盤のカメラとLED
(イメージ)

- 三相分離型の絶縁フレームに変更。
経年劣化しても相間に空気層があるため、相間短絡が発生しない。
- ポリエステルを主剤とするポリエ
ステルプリミックスよりエポキシ
製の方が絶縁劣化に対して強い

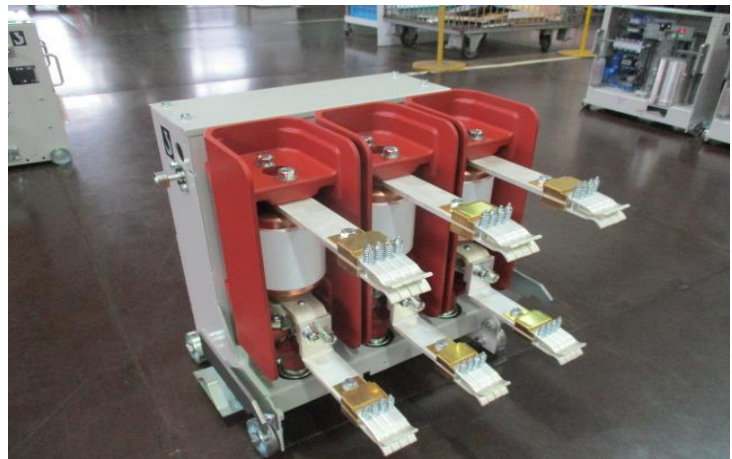


写真 - D2 高圧汎用遮断器

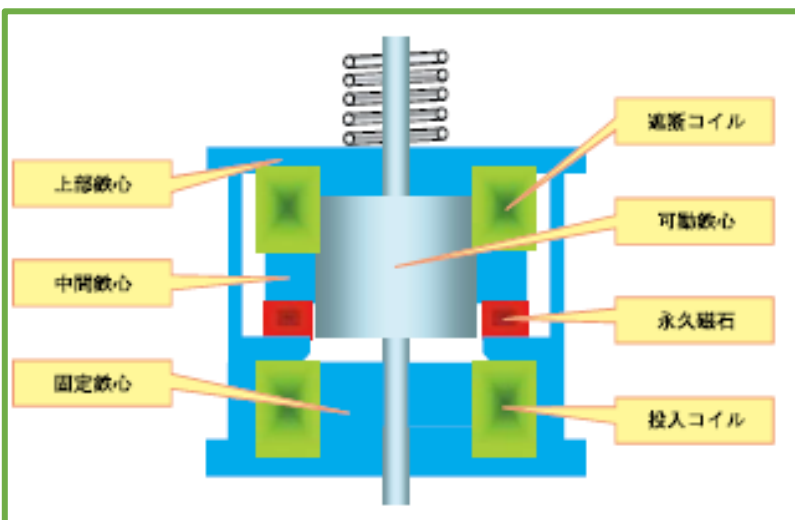


写真 - D3 電磁操作投入機構

- 開閉操作部を電磁操作機構採用で、構成部品を最小数10点として、機構を単純構造化することでグリースレス化を実現して信頼性の向上を図った。

スマート保安技術カタログ

資料-1.1

管理番号	保技 2022 10003-01		
技術区分	IoT センサー		
保安技術名称	高圧絶縁状況の常時監視（高圧受変電設備）		
技術バージョン	Ver1		
登録区分・年月日	登録区分: 保安技術モデル		登録年月日: 2023 年 1 月 24 日
修正履歴	Ver	年 月 日	Ver
	Ver	年 月 日	Ver
対象設備	高圧需要設備		
活用シーン	高圧受変電設備において、漏洩電流方向判別センサー、零相変流器及び部分放電センサーを設置した高圧電路絶縁状態の常時監視及び熱画像診断装置等の活線測定器類の活用による無停電年次点検(停電点検 3 年 1 回、他 2 年は無停電年次点検を実施)の導入		

1. 保安技術の概要

今回導入する主なスマート保安技術は次の通りである。

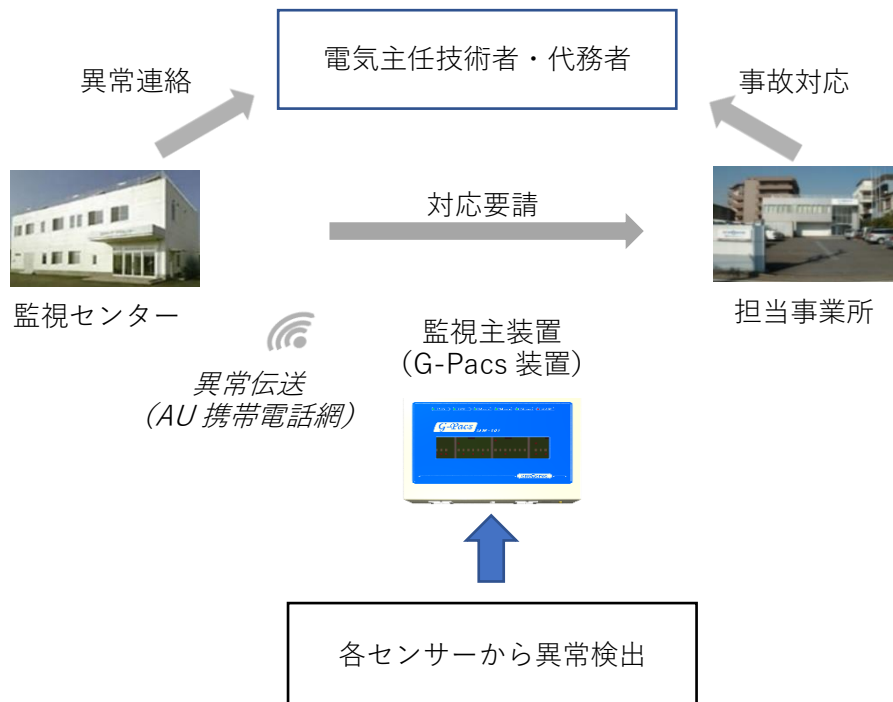
- (1) 漏洩電流方向判別センサー（Z-IV）と零相変流器（ZCT）の組み合わせによる絶縁状態の常時監視と地絡事故時の方向性判別（構内と構外事故の判定）
 - ・ 高圧ケーブルに零相変流器（ZCT）を、シールドアースに漏洩電流方向判別センサー（Z-IV）を取付け、漏洩電流が設定値を超過したときに、漏洩電流値、Hz 数、方向性の情報を警報として発する。
- (2) 超音波センサー（部分放電音の検出）による絶縁劣化現象の常時監視
 - ・ 電気保安分野で使用されている超音波式放電探知機で、特に重要な遮断器に近接した場所に固定設置し、絶縁劣化の初期段階で発生する部分放電を常時監視して、設定値を超過したときに警報を発する。
- (3) 温度センサーによるトランス・コンデンサ・リアクトルの外箱温度の常時監視
 - ・ 温度が上昇する機器の外箱に磁石で温度センサーを接触させ、温度を常時監視し、設定値を超過したときに警報を発する。
- (4) 熱画像診断（サーモグラフィー）による接続状態及び過熱箇所の確認
 - ・ 充電状態で機器及び接続部等の放射温度を測定・判定する。接続部の締付け状態の確認、電気機器本体の一部発熱などの確認に有効である。

管理番号 保技 2022 10003-01

2. 技術の内容、仕様等

(1) 常時監視

常時監視、連絡体制、及び事故対応の仕組み



(2) 活線点検の導入

通常毎年停電して行う年次点検を3年に1回とし、他の2年は無停電にて点検を行う活線点検手法を取り入れる。

活線点検の内容は、遮断器等の機器・母線線路関係は音響、振動、及び異臭の有無を調査する。また、サーモグラフィカメラを使用し、接続状態及び過熱箇所を確認する。

(3) 停電点検における絶縁診断（P I 法※）の実施

通常の絶縁抵抗測定に加え、当社オリジナルの非破壊絶縁診断装置を用いて、電気設備の絶縁状態を診断する。

（※）当社オリジナル非破壊絶縁診断装置について

直流電圧を1～6kVまでステップにて印加し、絶縁抵抗を測定する。極端な漏洩電流の増加による絶縁低下、及び放電現象があった場合、自動的に印加電圧を遮断する。

管理番号	保技 2022 10003-01
3. 導入によるメリット及び課題 (1) メリット ア 受変電設備の安全面の強化 ① 活線で絶縁状態を常時監視することにより、絶縁劣化の前兆現象が把握できる。 ② 地絡事故の前兆を捉えて保全することにより電気事故を未然に防止できる。 ③ 各種センサーが異常を検出した際、必要に応じて当社技術員が原因究明を行う体制を整えているため、緊急時の迅速対応が可能である。 イ 施設運用面の向上（無停電年次点検時） ① 停電点検による業務停止の作業準備と復電後の原状回復作業が不要となる。（4 人日減） ② 停電による機器・サーバー等の故障またはトラブルのリスクを削減する。 ③ 各部門との停電調整が不要となる。 ウ 点検費用削減 ① 無停電年次点検の導入により 3 年トータルでの点検費用を 4 0 % 削減。 ② 停電作業に伴う仮設発電機借用及び設置作業費用の 4 4 8 万円が削減。 ③ 深夜作業に伴う設備担当者の追加人件費の削減。及び労働環境の改善。 エ 機器更新工事の予算取り ① 点検費用の削減分を機器更新工事の予算に充当できる。 (2) 課題（懸念事項）と解決策 ア 塵埃の蓄積により毎年清掃をしないと電気事故が起こらないか心配である。 （解決策）一部の製造業種で発生する膨大な塵埃を除き、業務用では 3 年毎の停電点検では通常問題ないレベルの塵埃量である。どうしても心配な場合は、接合部へのアクリルカバー等の取付けを行う。常時監視において、高圧漏洩電流や部分放電等の異常発生の状況により清掃を行う必要があると判断した場合、その箇所のみ部分停電を取り清掃を行う。 イ 通常、停電点検と同時に行う電気工事が、無停電点検の年ではできないのではと心配である。 （解決策）機器更新計画をしっかりと立て、全停電が必要な工事は停電点検の年で、部分停電で済む工事は活線点検の年に工事箇所のみの部分停電を行う。また停電点検年、無停電点検年とは関係なく緊急工事を想定し、停電できる体制を構築しておく。	

スマート保安技術カタログ

資料-2.3

管理番号	保技 2022 10003-01
4. 前提条件及び技術要件 停電年次点検を1年1回から3年に1回に変更し、他の2年は活線診断装置等を活用した無停電年次点検を実施する点検内容と周期とする。 (1) 前提条件 ア 巡視点検等における主任技術者の点検内容及び点検頻度は従前通りの実施とすること。 イ 直前の停電点検等において異常がなかったこと。 ウ 低圧設備の絶縁抵抗測定及び接地抵抗測定の実施者、点検手法及び点検頻度は、適用する施設の管理体制により異なることから、委員会での技術要件評価については高圧受変電設備の点検に限定するものとする。 (2) 最終的な案件承認に関する技術要件の概要 ア 高圧受変電設備は高信頼度の製品を使用していること。(点検時期が3年又は6年) イ 高圧受変電設備の更新計画が作成されていること。 ウ 高圧電路の絶縁状態の常時監視を漏電電流方向判別センサーと零相変流器の組合せで実施し、補助として超音波センサーにより高圧遮断器の絶縁劣化現象を常時監視すること。 エ トランス、コンデンサ、リアクトルの外壁温度を温度センサーで常時監視すること。 オ センサー類による常時監視は、エネサーブ株式会社の監視センターにて24時間365日実施し、異常時には監視センターからユーザーに連絡を行い、必要に応じて専門技術員を現場に出向させて対応する体制があること。 カ 無停電年次点検において、熱画像診断装置を用いた過熱状態(接続部や機器)等の確認を実施すること。	
対象設備名称	物流センター
設置者、住所 設備概要	首都圏 6kV 受電 設備容量 5,650kVA 大型物流倉庫
当該案件連絡先 (担当者、組織名、 住所、電話番号)	エネサーブ株式会社 担当者：営業統括部 コールセンター 〒540-0012 大阪府大阪市中央区谷町1丁目5番7号 ストックビル天満橋10階 TEL 0120-109-246 E-mail call@eneserve.co.jp

スマート保安技術カタログ

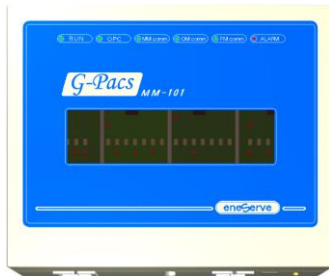
資料-3.1

管理番号 保技 2022 10003-01

別添: 詳細仕様書、オプション、データ等

(1) 監視主装置（マスターモジュール）の仕様

- ア データ送信は、異常信号（リアルタイム）、計測値を送る定期信号（1～4 回/日）の 2 種類。マスターモジュールより手動伝送も可能。
- イ AU 携帯電話網は閉域網を使用しており、マスターモジュールと監視センター間のみ通信を行う専用回線であるため、外部からの侵入は不可能である。通信内容は独自のプロトコルを使用し外部から内容を読み取ることは不可能である。
- ウ マスターモジュールは独自のプログラミング言語で設計されており、Windows などの汎用 OS を使用していないためソフトの更新は必要ない。



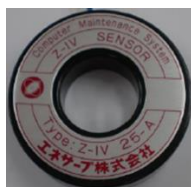
項目		仕様	備考
電源供給		AC100V ± 10% (50/60Hz)	
消費電力		7W	マスターモジュール（MM）は単体
接続台数		MAX 15 台	16 台目はメンテナンスモジュール用
通信方式		RS-485	専用プロトコル
通信距離		500m（総延長）	使用環境により異なる
拡張スロット		MAX 4 スロット	オプションモジュール（OM）拡張（SPI 通信）
外部機器 （FM）	接続台数	MAX 15 台	ファンクションモジュール（FM）
	通信方式	RS-485	専用プロトコル
	通信距離	50m（総延長）	使用環境により異なる
機能		停電検知機能	AC100V を監視し停電を検知
		バックアップ電池	停電時に時刻を保持
		通信監視	OM/FM の通信を監視
外形寸法		W246 × D78 × H200（mm）	
重量		2.6 k g	MM 単体
取り付け		ネジ取り付け	付属取付板を使用

管理番号

保技 2022 10003-01

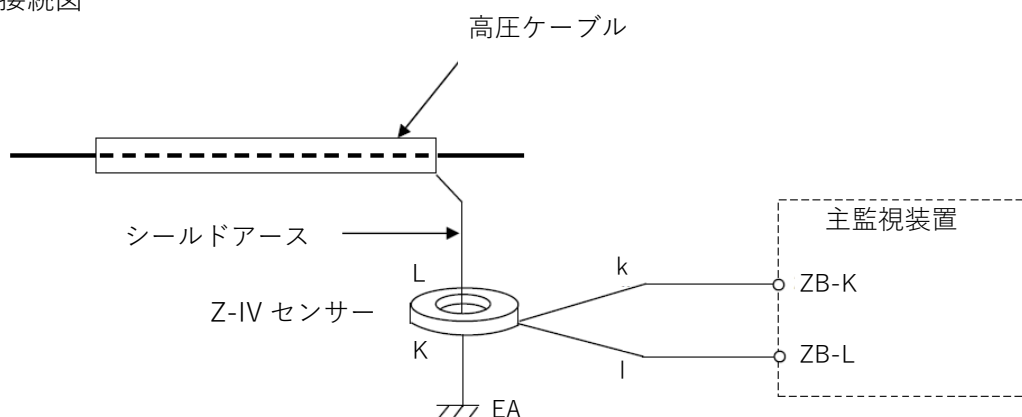
(2) 漏洩電流方向判別センサー (Z-IV) の仕様

ZCT の零相電流と Z-IV で検出した電流の位相を比較し、漏洩電流の絶対値と地絡事故時に内部事故か外部事故かを判断する。



項目	仕様	備考
貫通電流	5mA～200mA	最大電流 200A
検出範囲	10mA 以上	OM-CMS の場合
巻線比	約 2000 : 1	
機能	零相の貫通電流を約 1/2000 で出力	
精度	± 5 %	
負担抵抗	2.2 k Ω	OM-CMS (ZB 端子内蔵)
絶縁抵抗	100M Ω 以上	at 500V メガー
耐圧	AC1000V 1 分間	
使用温度	− 25～75℃	
使用湿度	25～85% RH	結露なきこと
外形寸法	Φ 56 × 14(D)(mm)/貫通 Φ 24(mm)	
取付	貫通線に固定	

接続図



管理番号 保技 2022 10003-01

(3) 分割型 ZCT (ZCT-80)

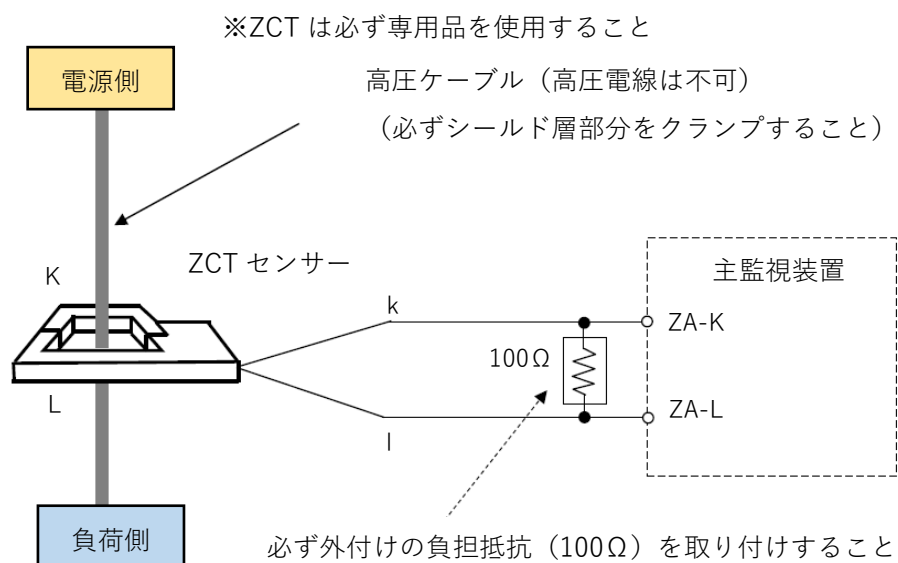


項目	仕様
使用範囲	AC1mA～1000A（許容電流）
精度	±10%
外形寸法	138（W）×225（H）×37（D）（mm）
取付箇所	高圧ケーブル（引き込み線又はサブ変電所送りのケーブル）
取り付け	高圧ケーブルにクランプして取り付け
対応ケーブル	22～200sq（ZCT1100 型を使用した場合 325sq まで取付け可能）

※漏洩電流方向判別センサーの動作性能の関係で、22sq の場合は 50Hz 13m、60Hz 10.7m 以上の長さが必要である。

接続図

■高圧漏洩電流の計測及び監視用 ZCT センサー

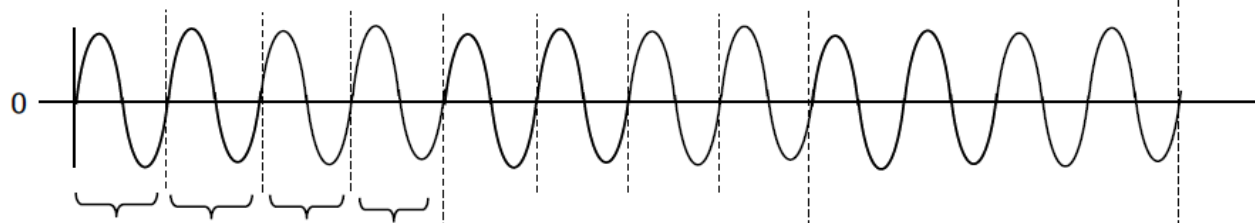


管理番号

保技 2022 10003-01

(4) 高圧漏洩の算出方法

ア 高圧漏洩の算出方法



1 サイクル毎に実効値を算出する。
このとき、30mA 以下はゼロとする。

4 個の実効値の数値が出たところで 4 サイクル分の実効値の平均を取る。
この平均値を最小単位時間当たりの高圧漏洩電流とする。

(定期データ)

この 1 コマ分の数値から、最小値、平均値、最大値を選択して、指定時間ごとにデータを保存する。

(警報設定)

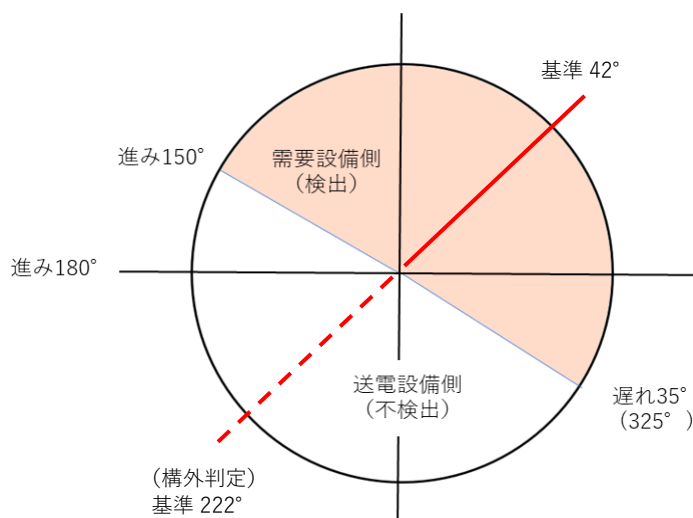
この 1 コマ分の数値が比較設定値を超えた場合に警報発報する。警報発報した場合は、警報検出から 10 コマ分 (4 サイクル×10) の数値の中から最大値の数値を計測値として伝送する。

イ 方向判別の算出方法と位相比較図

Z-IV センサーから基準波形を ZB 端子に入力する。

1 サイクル毎に基準波形のゼロクロスポイントを算出し、ZCT センサーから ZA 端子に入力した比較波形のゼロクロスポイントとの位相のずれ (時間のずれ) を 1 サイクル毎に比較し、進み 150 度、遅れ 35 度であれば構内、それ以外は構外とし、判別不能の場合は誘導とする。

算出サイクル数は警報検出してから 40 サイクルとなる。



※ Z-IV センサー電流を基準として、ZCT 零相電流 (高圧地絡電流) は、進み 150 度から遅れ 35 度までの範囲を動作域 (構内) として判定する。

当システムでは、構内判定を 0 度ではなく、42 度を基準とし、構外判定を 222 度付近としている。

管理番号

保技 2022 10003-01

(5) 温度センサー

変圧器、コンデンサ、リアクトルの外箱温度監視。

絶縁劣化要因のひとつに温度が挙げられる。ヒートサイクルを繰り返すことにより絶縁物の劣化につながり、コンデンサ、リアクトルや高調波または過電圧により素子の過負荷となり、本体温度が上昇して容器の破損につながる。このような温度上昇を常時監視し事故の早期発見を促す。



項目	仕様		備考
計測範囲	T-70A	70℃検知	検出条件により機器を使い分け
	T-105A	105℃検知	
機能	検出温度を超えると接点解除 検出温度以下で接点復帰		
精度	±10%		
使用温度	0～130℃		
使用湿度	25～85% RH		結露なきこと
外形寸法	Φ47×12 (D) (mm)		
取り付け	マグネットで取り付け		マグネット一体型

機器名	種類	センサー警報値
変圧器	油入式	70℃
	乾式	105℃
コンデンサ	油入自冷式	70℃
	窒素ガス封入式	
リアクトル	油入自冷式	70℃
	モールド	105℃

参考 変圧器：「JIS C 4003：2010」で定められている耐熱クラス（絶縁階級）

コンデンサ・リアクトル：JEMA が出している「知っておきたい高圧進相コンデンサ設備の正しい取扱い」内の「3.高圧進相コンデンサ設備の保守点検チェックポイント」

管理番号 保技 2022 10003-01

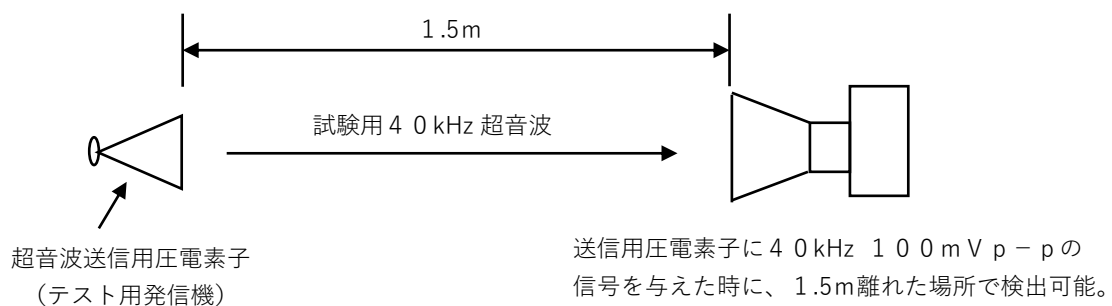
(6) 超音波センサー

絶縁劣化過程で初期の絶縁不良である部分放電を検出監視し、放電音が連続的に発生した場合に警報を発信する。超音波センサーは 40kHz の超音波を監視する。



項目	仕様
検出範囲	方向は機器垂直軸に対して約 ± 30 度以内、検出可能距離は約 1.5 m 以内
外形寸法	Φ 56 × 45 (D) (mm) / 貫通 Φ 24 (mm)
取付箇所	遮断器及び開閉器の周辺
取り付け	マグネットにて取付け
備考	- 超音波センサーは絶縁上の欠落及び絶縁物の表面に流れる微小電流を検出する。 - 超音波センサーの検出時限は、6 分間毎に部分放電の回数をカウントし、50 回以上を故障信号としてセンターに発報する。50 回以下（50 回以上も記録）は発生回数を記録している。 - 超音波センサーの校正については、超音波センサーは電流値などを計測する計測機器ではないため、特段校正は行わない。ただし、停電年次点検時にセンサーの接点確認や目視を行い汚損等も含めて必要に応じて交換などの対応を行う。 - 超音波センサーは雨音を拾うため、屋内変電所に取り付けること。

- コロナ放電の際に発生する約 40kHz の超音波を検出することにより部分放電の計測を行う。



項目		R4016A1受信機
40 kHzにおける感度 (dB)	(平均値)	-57
	(最小値~最大値)	-58.0 ~ -56.6
最大感度受信周波数 (kHz)	(平均値)	40.1
	(最小値~最大値)	39.9 ~ 40.3
出力インピーダンス (Ω)	(平均値)	5,320
	(最小値~最大値)	4,890 ~ 5,440
1 kHzにおける静電容量 (pF)	(平均値)	2,180
	(最小値~最大値)	2,100 ~ 2,330

条件：0 dB = 1 V/μbar, RL = 3.9 kΩ, 距離 = 30 cm

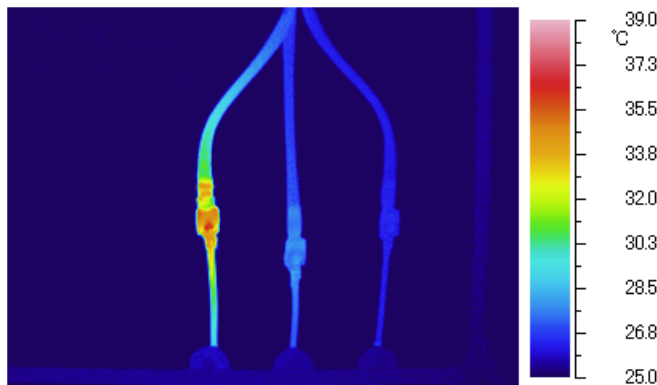
管理番号

保技 2022 10003-01

(7) 熱画像診断

無停電点検時には機器のボルトの弛み、接触不良の確認ができない為、ボルトの弛み、接触不良の確認の代用として熱画像診断を使用する。

[熱画像]



[可視画像]



撮影日時：5月25日10：43

天気：晴

設備環境：屋内フレーム

周囲温度：25°C

負荷電流：左相51A

電圧：6,600V

最高温度：36.6°C

状況：高圧接続部接触不良による発熱

判定基準測定時の負荷状況を把握し、定常負荷と考えた場合、下記の通り判定する。

(負荷が増す可能性のある場合、そのことを加味し判定する。)

良 好	温度上・各相の差異が殆んどない場合。
要 注	若干の温度上昇があり、且各相に差異がある場合。
危 険	最高温度上昇限度をこえる場合。 最高温度上昇限度を超えなくても各相の差異が極端な場合。

スマート保安技術カタログ

資料-4

管理番号

保技 2022 10003-01

別添: 写真・図面

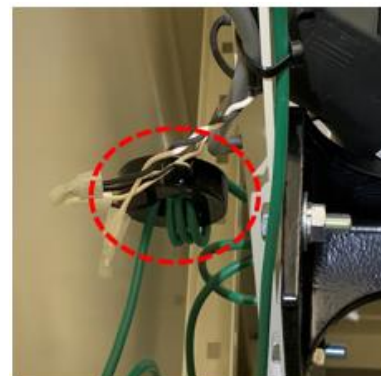
マスターモジュール
(監視主装置)



ZCT
(漏洩値計測)



Z-IV
方向判別
センサー



温度センサー



超音波センサー



スマート保安技術カタログ

資料-1.1

管理番号	保技 2023 10004-01					
技術区分	IoT 機器と分析システム					
保安技術名称	製鉄所変電施設におけるスマート保安技術					
技術バージョン	Ver1					
登録区分・年月日	登録区分: 保安技術モデル			登録年月日: 2023 年 10 月 31 日		
修正履歴	Ver	年	月	日	Ver	年 月 日
	Ver	年	月	日	Ver	年 月 日
対象設備	特別高圧受変電設備					
活用シーン	特高受変電設備の電路や機器に、電圧センサー、過渡接地電圧センサー、高周波電流センサー等の各種センサーを設置し、計測した電圧や電流波形を PRPD(位相分解部分放電)と TF マッピングを活用して解析することで、雑音やノイズによる影響を弁別・除去し、高い精度で部分放電の種類と発生部位を特定することで、劣化予兆の把握と設備保守の時期の適正化が可能となる。					

1. 保安技術の概要

(1) 技術の背景

特別高圧受変電設備は日本に 1 万数千件あり、建設後 30 年から 40 年経過している設備が数多く、一括での設備更新が必要となるが、生産体制の維持や投資費用の関係で、産業界の中心的な企業においても、機器単位の更新に留まっていることが多い。このような重要な設備を計画的に更新するためには、現行設備を極力延命しつつ定期的部分更新を実施する必要がある、現在稼働中の設備の状態把握(故障・寿命予測)は重要となる。

特に社会的に重要度の高い設備においては、新旧設備ともにデジタル技術を活用した電気設備の CBM(Condition Based Maintenance)管理と予兆管理の導入が望まれている。

今回提案の保安技術は、特高・高圧受変電設備へ高周波パルス信号を検知する電圧センサー、TEV センサー(過渡接地電圧センサー)、HFCT (高周波電流センサー)を設置して常時監視をし、捉えた波形を数学的に変換した 2 種類のグラフを用いてノイズの中から部分放電を抽出し、劣化予兆を検出できる技術である。

なお、部分放電を捉えた場合、別途現場で超音波センサーや熱画像センサーを用いて劣化位置を探索し劣化原因を特定することで重大事故防止と設備更新や保守のタイミングの適正化を図ることができる。

(2) 原理

特高受変電設備の電路や機器に、電圧センサー、TEV センサー、HFCT を設置し、計測した電圧や電流波形を解析し、部分放電を監視することで、絶縁劣化の予兆を検知することができる。

- ア 発電機に電圧センサーを設置し、部分放電を計測する。
- イ 配電盤に TEV センサーを設置し、部分放電から生じる過渡接地電圧を計測する。
- ウ 特別高圧または高圧ケーブルまたは変圧器に HFCT を設置し部分放電から生じる電流を計測する。
- エ 上記の各種センサーで検出したパルス信号一つひとつから次の 4 つの情報を読み取る。(図 1)
 - p: パルスの波高値 (部分放電の強度に比例)
 - q: 電源周期に対するパルスの発生位相
 - F: パルスの周波数帯域
 - T: パルスの継続時間

管理番号 保技 2023 10004-01

オ 上記 4 つの情報の内、[p]と[q]を PRPD グラフに、[F]と[T]を T F マップにプロットする。

カ 発生源が同じパルスは類似した F と T の特徴量を持つため T F マップ上でかたまり（クラスタ）となって現れるため、クラスタ毎に PRPD グラフを描き直し、PRPD パターンを標準パターンと比較することでノイズや放電の種類を弁別する。（図 2）

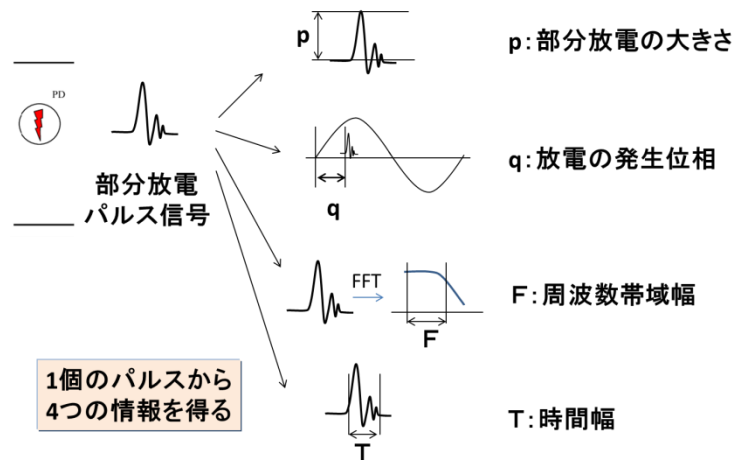


図 1 パルス信号からの情報抽出

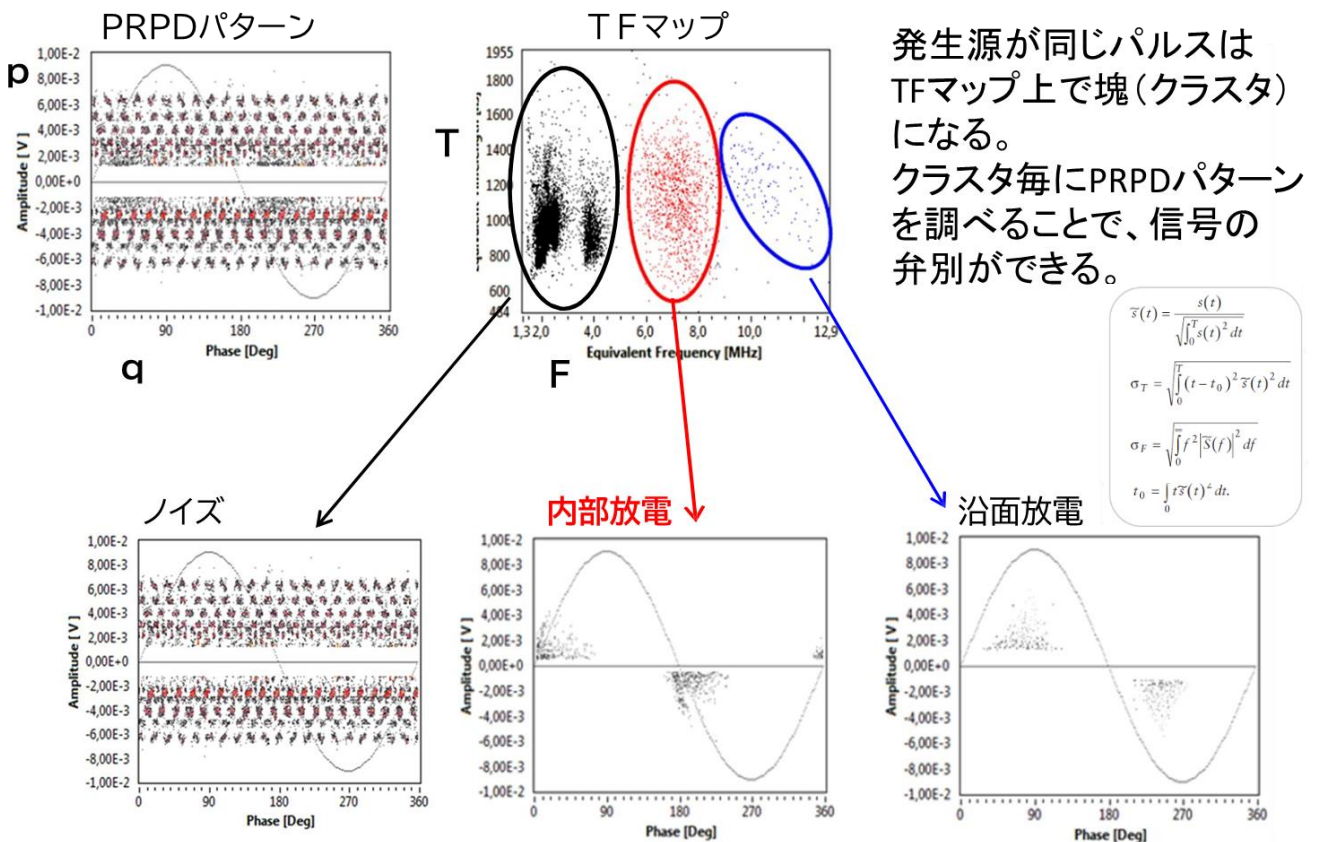


図 2 T F マップを用いた特徴抽出

管理番号 保技 2023 10004-01

2. 技術の内容

図 3 の部分放電監視システムの概要図を用いて機能の概要を説明する。部分放電が生じた際に生じる信号は図 1 で示したような形状の数 $n \sim$ 数十 n 秒 ($n: 10^{-9}$ 秒) で立ち上がる急峻なパルス信号で、収集装置では各種センサーが検出した一つひとつのパルスを広帯域の A/D 変換器でデジタル信号に変換し、[p],[q],[F],[T]の各値を演算した後、内部の記憶装置に記憶する。計測時間が所定の時間（例えば 30 秒）に達するか、またはパルス数が所定の数（例えば 10,000 点）に達したら一回の測定を終了し、PRPD パターンと TF マップを描き、データを中央監視室に置いたサーバーに伝送する。中央監視室のサーバーは、伝送されたデータを予め設定した TF マップのクラスタ毎に仕訳けてノイズ以外のデータの放電パルスの最大値のトレンドを表示する。オペレータはトレンドの異常な上昇が認められた場合、図 4 に示す手順で詳細解析を行い、危険な放電と認められた場合は放電原因の探索を行い、設備の健全化を図り、重大事故を防止する。

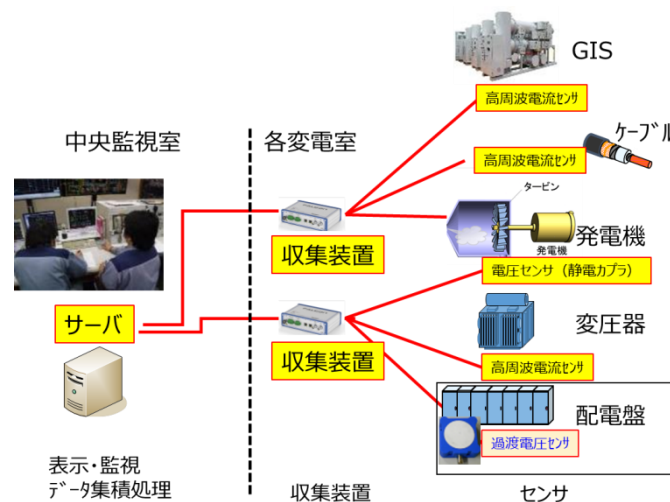


図 3 部分放電監視システムの概要図

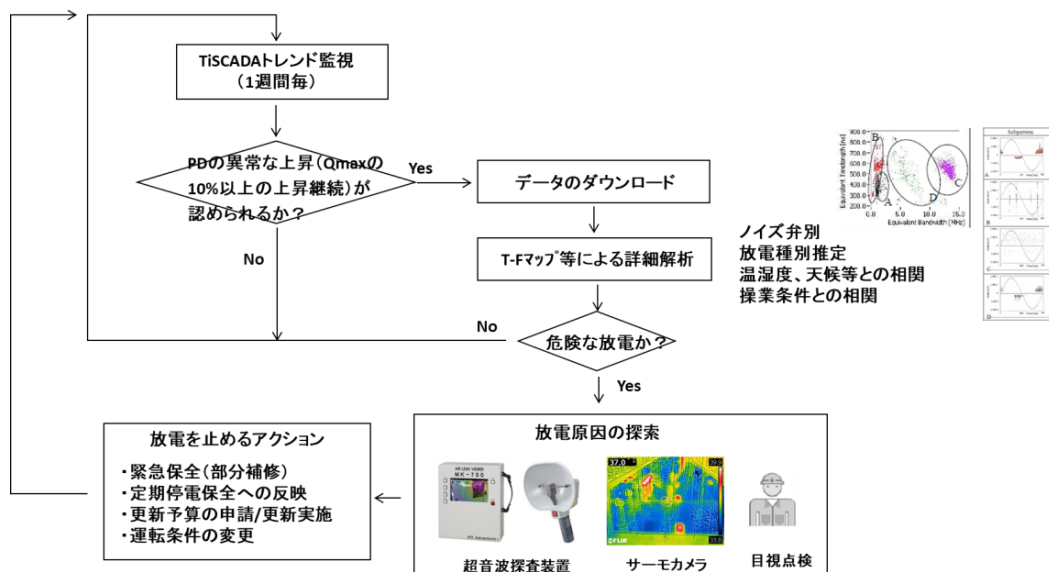


図 4 放電が検出された時のアクション

管理番号 保技 2023 10004-01

3. 絶縁劣化予兆の検出事例

11kV の配電盤で 1 年間に亘って TEV センサーで部分放電の推移を監視した事例を図 5 に示す。この事例では、当初部分放電は検出されなかった配電盤で部分放電が次第に増加していたが、12 月から減少傾向に転じて、春先から再び増加傾向が見られるようになった。

これらの経過データから配電盤を停電して点検したところ、図 6 に示すように計器用変流器に放電の痕跡が確認された。この変流器を更新したことにより部分放電の検出は無くなり、問題なく運用出来ている。

この部分放電を見逃して放置していると、いずれ絶縁破壊し、11kV 配電盤の母線事故という重大事故に進展していた可能性が高いと考えられる。

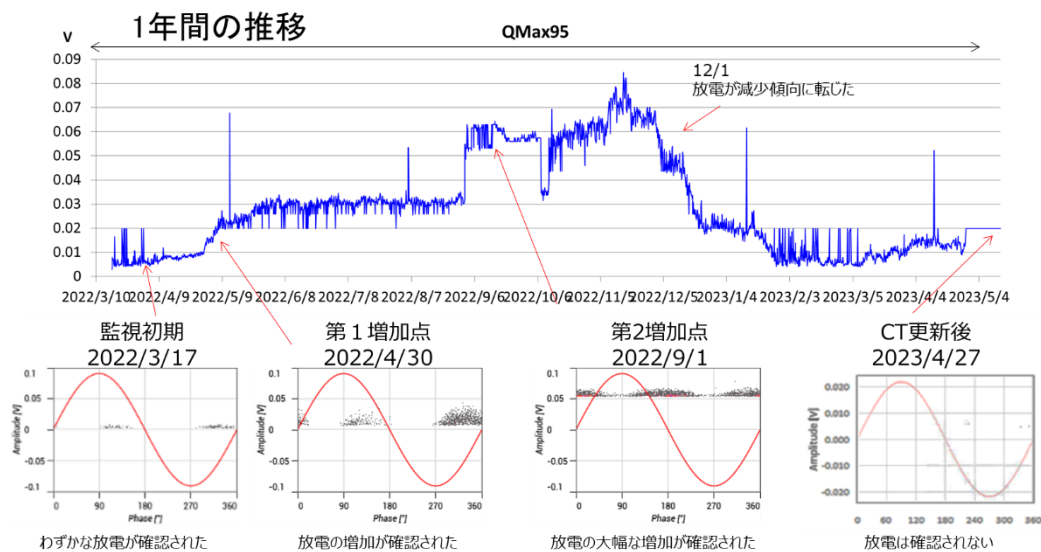


図 5 11kV 配電盤での部分放電検出事例

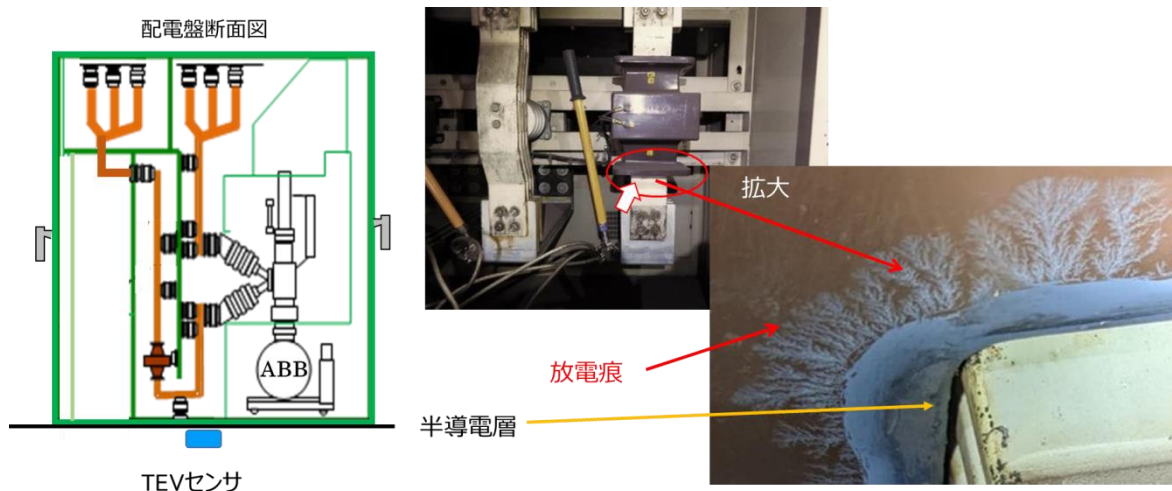


図 6 計器用変流器での部分放電の痕跡事例

管理番号 保技 2023 10004-01

4. 導入によるメリット及び課題

特別高圧受変電設備の劣化予兆による重大事故防止のメリットは、老朽化した受配電・電力設備の使用延長または更新判断の根拠に大きく寄与しているものの、事業所の生産物や規模、受変電設備の重要度によって評価が千差万別で定量化することは難しい。そこで比較的共通する話題として部分放電監視による発電機のロータ抜き点検の周期適正化の検討案があり、このメリットを例として説明する。

一般に発電機の保全は、メーカーが定めた保全周期と保全レベルに基づいて TBM(Time Based Maintenance) 保全プログラムを組み立てる場合が多い。図 7 に某メーカーの保全プログラムの事例を示すが、8 年を 1 サイクルとして、L1～L4 の保全を繰返し実施する。この中で L4 保全は、発電機のロータを引き出して行う大規模な保全で、絶縁診断も実施するなど数千万円の費用が必要になる。オンラインの部分放電監視システムを導入すると絶縁の劣化状態を常に把握できるため、事前にロータ抜き点検の要否が判断でき、一般的には L4 保全を延長することができるようになる。

図 8 に TBM と CBM の保全プログラムの比較例を示すが、このケースでは L4 保全 2 回分を不要とする規模の金額と保全時間が短縮されるメリットが生まれることが分かる。

大型回転機の保全（某メーカーの事例）

保全レベル	L1	L2	L1	L3	L1	L2	L1	L4
稼働年	1	2	3	4	5	6	7	8
保全レベル	L1		L2		L3		L4	
TBM時の周期	0.5～1年		1～2年		3～5年		8～12年	
保全時間	4～8時間		8～16時間		5日		10日	
要員	SE×1人		SE×1人		SE×2人 助成1人		SE×2人 助成2人	
保全項目	・目視点検 ・運転履歴評価 ・電圧、電流、温度、 振動、冷却確認 ・寿命部品の交換 （フィルタ、オイル、 ブラシ等）		L1に加え ・固定子絶縁抵抗 ・回転子、励磁器 の絶縁抵抗（可能な 場合）測定		L2に加え ・軸受け点検 ・クーラ清掃 ・ファイバースコープによ るロータ点検		L2に加え ・軸受け点検 ・クーラ清掃 ・ロータ抜き点検 ・絶縁診断	

図 7 保全プログラムの例

保全レベル	L1	L2	L1	L3	L1	L2	L1	L4
TBMの場合	1	2	3	4	5	6	7	8
	9	10	11	12	13	14	15	16
	17	18	19	20	21	22	23	24
	25	26	27	28	29	30	31	32
	33	34	35	36	37	38	39	40
↓								
CBMの場合 (例)	1	2	3	4	5	6	7	8
	9	10	11	12	13	14	15	16
	17	18	19	20	21	22	23	24
	25	26	27	28	29	30	31	32
	33	34	35	36	37	38	39	40

図 8 TBM と CBM の比較例

スマート保安技術カタログ

資料-2.4

管理番号	保技 2023 10004-01
5. 特記事項 今回、インバータやコロナノイズの多い製鉄所に於いて、最先端の部分放電検出システムと特徴抽出による弁別技術：TFマッピングの適用事例を紹介した。従来、オンラインで部分放電を検出することは予防保全上有効であることは知られているが、ノイズ弁別や放電種の弁別がネックになり十分な活用が出来ていないと思われる。例えば、空気中で放電が生じるコロナ放電は、絶縁物に直接ダメージを与えるものではないため大きな問題にはならないが、有機絶縁物の表面や内部で生じる部分放電は、絶縁物に直接ダメージを与えて絶縁破壊事故に進展し、停電事故等となる可能性がある。 TFマッピングによる特徴抽出技術は、ノイズ弁別だけでなく放電種の弁別も可能なためオンライン部分放電監視の活用範囲を大幅に広げるものと考えられる。 ただし、電気設備で使用されている有機絶縁物は、部分放電を許容した設計になっていないため、部分放電を検出したら放電の発生部位を特定し、放電を止める処置をとる必要があるが、オンライン部分放電検出は緒に就いたばかりで、どれくらいの放電量や放電期間が許容できるのかなどの知見が十分に蓄積されていないこともあり、部分放電に関する運用基準を定められていない。従って、現段階では保安規程に反映することはできないが、今後、多種多様な放電パターンと知見を収集することにより、高経年設備に限らず新設または既設設備のスマート保安の推進にも寄与することが期待される。 6. スマート保安推進への期待 重要かつ高経年な特高受変電設備において、絶縁劣化の兆候を早期に検知することにより、稼働中の設備の状態把握(劣化進展・寿命予測)と継続管理することで、保安レベルを維持しつつ計画的な高経年設備の更新をサポートすることが十分可能である。特に、重畳したノイズ弁別機能は、早期段階の絶縁劣化による微小な部分放電を捉えるのに必要な技術であり、多種多様な放電パターン図と知見を収集することにより、高経年設備に限らず 新・既設設備のスマート保安の推進にも寄与することが期待される。	
対象設備名称	JFEスチール株式会社 西日本製鉄所（倉敷地区）
設置者、住所 設備概要	JFEスチール株式会社 西日本製鉄所（倉敷地区） 岡山県倉敷市水島川崎通り1丁目 受電電圧：110 kV 受電変電所容量：680 MVA 製鉄所
当該案件連絡先 (担当者、組織名、 住所、電話番号)	JFEスチール(株)西日本製鉄所（倉敷地区）エネルギー部エネルギー技術室 担当者：上山 哲平 〒712-8511 岡山県倉敷市水島川崎通り1丁目 TEL：086-447-2020 E-mail：t-ueyama@jfe-steel.co.jp

スマート保安技術カタログ

資料-1.1

管理番号	保技 2023 10005-01					
技術区分	IoT センサー					
保安技術名称	高圧絶縁監視機能の導入による高圧地絡停電事故の前兆検知技術					
技術バージョン	Ver1					
登録区分・年月日	登録区分: 保安技術モデル			登録年月日: 2023 年 11 月 28 日		
修正履歴	Ver	年	月	日	Ver	年
	Ver	年	月	日	Ver	年
対象設備	需要設備、発電所					
活用シーン	高圧受電設備に設置されている柱上用高圧交流負荷開閉器(PAS)に高圧絶縁監視機能付方向性 SOG 制御装置(CHZ-E 形)を設置することで、地絡保護に加えて微地絡時の零相電圧と零相電流を検出して警報を発する機能及び微地絡検出時に本装置内へのログデータの保存機能などを保有しており、高圧電路の絶縁状態の常時監視が運用可能となり、突発的な高圧地絡停電事故のリスク低減を図ることができる。					

1. 保安技術の概要

(1) 仕組み(原理等)

PAS に内蔵されている地絡検出装置(ZCT と ZPD)を活用し、保護継電器の地絡動作設定値より低い零相電圧(V_0)、零相電流(I_0)を検出することで、継電器動作に至らない微小地絡や短時間の地絡事故を※微地絡現象として警報を発し、地絡事故の前兆として把握することができる。なお、高圧絶縁状態を常時監視することで、電気保安管理の品質向上が十分可能となり、停電年次点検の頻度の見直しが期待できる。

※ 微地絡とは、零相電圧(V_0)や零相電流(I_0)が地絡動作設定値に至らないレベルの地絡や継続時間が短く地絡動作に至らない地絡と定義する。

(2) 電気保安の活用

従来の地絡保護は SOG 制御装置で地絡検出を行い、PAS を開放して配電線への波及事故を防止していたが、本製品(高圧絶縁監視機能付方向性 SOG 制御装置)を導入することにより、地絡保護に加えて高圧電路の絶縁状態の常時監視が可能となり、突発的な高圧地絡停電事故のリスク低減を図ることができる。

なお、本装置の導入メリットは下記のとおりである。

ア 保安レベルの向上

- ① PAS に内蔵された ZCT 以降、PAS 内部と二次側配線、高圧ケーブル、主遮断装置開閉器類、計器用変成器、変圧器及び高圧コンデンサの一次側までの高圧電路を監視・検出範囲として、高圧絶縁状態の常時監視が可能となる。
- ② CHZ 本体表示部での微地絡・地絡検出ログの現地確認やオプションの OUD 遠隔監視サービスを利用することで、微地絡発生 の把握が可能となり、地絡事故に至る前の計画的な細密点検や設備更新のきっかけとすることで、早期対応により突発的な地絡停電事故を防ぐことができる。

イ コストメリット、導入のしやすさ

- ① 既設の戸上電機製作所製 SOG 制御装置(方向性に限る)と上位互換性があり、SOG 制御装置の交換により、新規だけでなく、現在使用中の既設設備においても、速やかに高圧絶縁監視機能の導入・運用が可能となる。

管理番号	保技 2023 10005-01
------	------------------

② 開閉器内蔵の保護継電器用の地絡検出装置(ZCT と ZPD)をそのまま活用するため、新たに絶縁監視のためのセンサー類を設置する必要がなく、機器費用と工事が低く抑えられる。

③ 設置者や主任技術者が必要とする管理レベルに対応するために、CHZ 本体表示部のログ表示、CSV ファイルの取得、メール通知及びデータ常時取得・蓄積の機能が用意されており、現場完結から遠隔監視まで種々の管理方法の選択が可能となっている。

(3) 装置又はシステムの特徴(仕様・特徴等)

ア PAS の電源側に設置された ZCT 以降、PAS 内部・二次側配線、高圧ケーブル、主遮断装置、開閉器類、計器用変成器、変圧器及び高圧コンデンサのほぼ全高圧電路部分が検出範囲となる。図 1 に本装置の高圧絶縁監視の検出範囲を示す。

イ 検出値の選択(V_o 、 I_o 及び動作時間)に加えて、検出条件の選択(① V_o のみ、② I_o のみ、③ V_o & I_o 、④ V_o & I_o & 位相)が可能かつ幅広く設定できる。(設定項目一覧は、別添の装置詳細を参照)図 2 に地絡と微地絡の検出領域範囲比較を示す。

ウ 微地絡検出時に本装置内へログデータを保存(最大 100 件)し、表示部にて動作ログを確認できる。

エ 現在の零相電圧(V_o)、零相電流(I_o)の計測値を確認(表示機能)できる。

オ 既設の戸上電機製作所製の方向性 SOG 制御装置と交換することで高圧絶縁監視ができる(互換性)。

カ SOG 制御装置と絶縁監視に個別の自己診断機能を保有し、故障時は異常表示灯により故障表示する。

キ オプション等の導入により可能となる追加機能

① 本装置に保持している収集データは PC を接続し、CSV ファイルとして収集し、確認できる。

② 本装置の故障時(自己診断機能)及び微地絡確定時に接点出力(無電圧 a 接点)を利用して、設置者が設置している監視盤にそれぞれの警報信号を通知できる。

③ オプションで提供している OUD 遠隔監視サービスを導入することで、微地絡確定時に必要な箇所へメールで通知できる。

④ 本装置の拡張機能として「地絡状態監視装置」を設置することにより、微地絡・地絡発生前後の V_o 値、 I_o 値及び 10 分毎の V_o 値、 I_o 値の平均値と最大値を収集可能となる。

※ OUD 遠隔監視サービスとは、電池式の通信機器にて LPWA 通信により登録されたメールアドレスへ通知を行うサービスで、月額使用料のみで運用可能となる。

ク 構成図、原理概念等

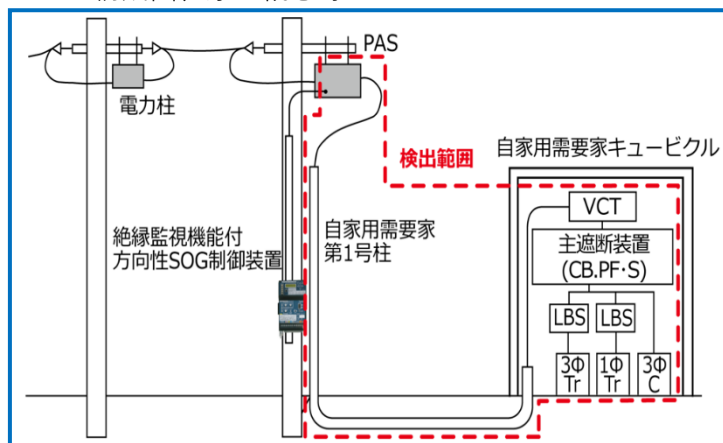


図 1 高圧絶縁監視の監視・検出範囲

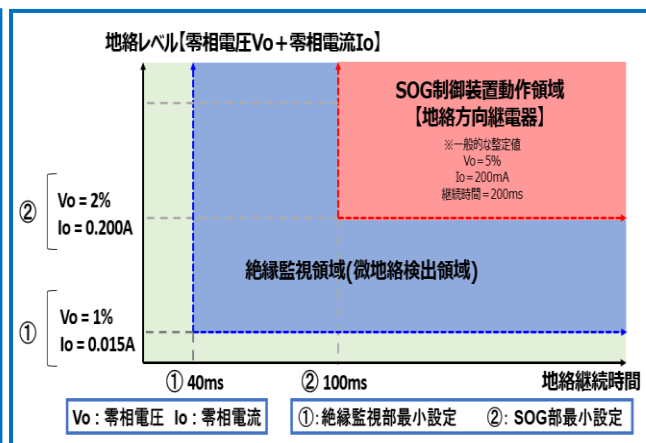


図 2 地絡と微地絡の検出領域範囲比較

管理番号 保技 2023 10005-01

2. 検証データ等(研究又は実証試験・運用)

(1) 模擬試験

人工地絡試験機を用いて、高圧ケーブルの水トリー現象、碍子の破損、樹木及び鳥獣接触の各種地絡を擬した試験を行い、その時の現象記録と地絡波形を測定・収集した。

「鳥獣接触や機器損傷」などは突発的な地絡事故となることが多々あるが、「碍子破損や劣化、樹木接触及び高圧ケーブルの絶縁劣化」などは、徐々に絶縁破壊が進む現象が多いこと及び短時間で解消する地絡事故(微地絡発生)になり得ること並びに地絡発生の機器(ケーブル・枝木・鳥獣・碍子)毎の地絡波形に特徴があることが確認できた。

※ 試験データの詳細は、別添:基礎要素技術:要素 2022 00001-01 の概要を参照

(2) 現場における微地絡現象検出の実証データ

CHZ(高圧絶縁監視機能付方向性 SOG 制御装置)の取得データを、リアルタイムに当社の地絡状態監視サーバーへ送信するために「地絡状態監視装置」を開発し、全国 37 ヶ所の高圧需要家に実証試験への協力を頂き、この装置を現場に設置された CHZ へ付加することで、次の機能の運用が可能となった。

ア CHZ の微地絡・地絡検知をトリガーとして、その前後の 1.5 秒間(前 1 秒、後 0.5 秒)の V_o 値と I_o 値をサーバーに送信する。

イ 10 分毎の V_o 値と I_o 値の平均値、最大値を算出し、60 分周期でサーバーへ送信する。

ウ 微地絡・地絡確定時は、指定されたメールに発生警報通知を送信する。

エ 送信されたデータは、サーバー内で波形に変換・蓄積され、閲覧とデータ分析が可能である。

この地絡状態監視装置を設置して、高圧絶縁の遠隔常時監視にてデータを収集した結果、高圧ケーブルの微地絡、鳥獣(猫及びビヨドリ)接触による微地絡と地絡、設備の絶縁劣化(降雨による絶縁劣化と推定)の状況を捉えて、取得した実証試験データと模擬試験データとの比較検証・評価を行った。図 3 に微地絡・地絡データ収集システムの概要を示す。

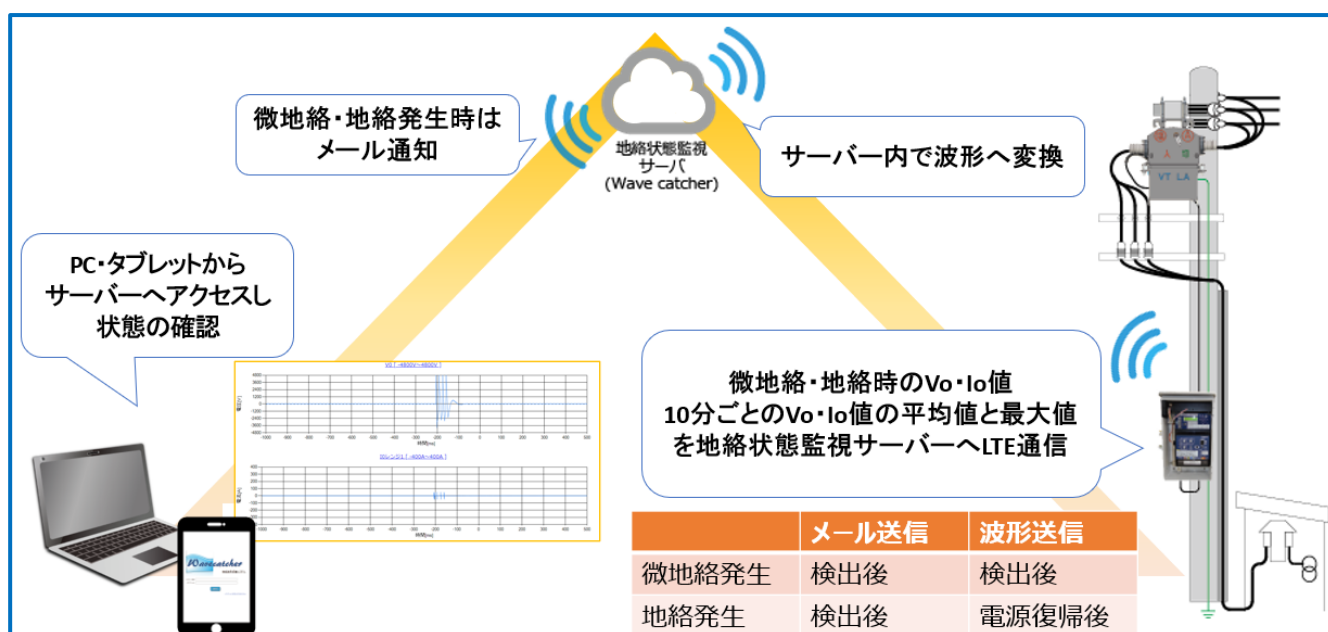


図 3 微地絡・地絡データ収集システムの概要

管理番号	保技 2023 10005-01
------	------------------

(3) 実証試験における高圧ケーブルの絶縁劣化事例(水トリーと推察)

ア 年次点検において、引込高圧ケーブルの絶縁抵抗が 600 MΩ に低下しており、絶縁劣化が懸念されたことから本装置を設置して、高圧絶縁の遠隔常時監視を行い、設置 6 カ月後に微地絡を検出した。なお、微地絡の検出の連絡を受けて、確認・検討後に交換手配を行い、交換工事を実施した。

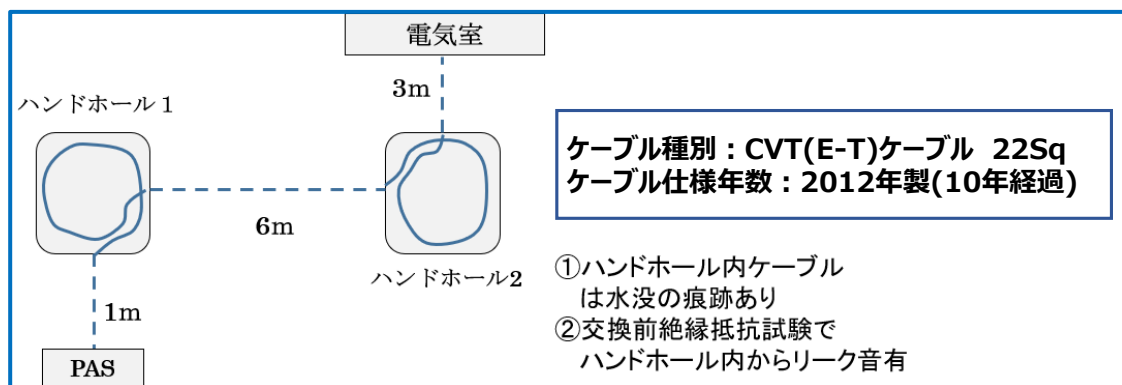


図4 微地絡発生時現場の高圧ケーブルの配線状況

イ 微地絡検出及び原因調査経緯

- ① 2021 年 12 月 年次点検時(お客様にて点検)
絶縁抵抗測定結果(導体－遮蔽銅テープ間)
1000V メガにて R 相が 600 MΩ と絶縁低下が見られた。
- ② 2022 年 5 月
CHZ 及び地絡状態監視装置を設置
(絶縁監視部検出設定 15 mA 1% Vo & Io & Ph 40 ms 1 回)
(SOG 部検出設定 0.2 A 5% Vo & Io & Ph 0.2sec)
- ③ 2022 年 11 月
CHZ の微地絡ログを確認(地絡状態監視サーバーから検出メール通知もあった)
- ④ 2022 年 12 月 高圧ケーブル交換工事
ケーブル交換前に現地にて外観点検と絶縁抵抗測定を実施
絶縁抵抗測定(ハイビットメガ) 3 相一括 3000 V 印加で電流増加
絶縁抵抗測定(ハイビットメガ) 3 相一括 10000 V 印加でリーク音発生(ハンドホール 2)
- ⑤ 2023 年 1 月
お客様から提供いただいた事故ケーブルの調査を実施

ウ 調査結果

当該ケーブルについて、当社試験装置にて詳細な調査を実施した。

- ① 絶縁抵抗測定
1000 V メガにて R 相 = 40 MΩ (2 回目 190 MΩ) S 相 = 20 MΩ T 相 = 30 MΩ
- ② X 線・CT 画像検査
リーク音が発生している部位を特定して撮影し、事故状況を分析した。

管理番号

保技 2023 10005-01

当該高圧ケーブルを詳細に外観点検すると、ケーブル外側の被膜(ビニルシース)には熱によると思われる部分的な溶融は見られるものの損傷(孔)は確認できなかった。慎重に解体を進めると、遮蔽銅テープや外部半導電層は一部焼損しており、絶縁体(架橋ポリエチレン)には地絡によると思われる損傷(孔)が開いていた。(孔は導体まで絶縁体を貫通している。)

図 5 に X 線透視 CT システムで撮影した高圧ケーブルの事故箇所の詳細調査(X 線 CT 画像)を、図 6 に高圧ケーブルの事故箇所の解体調査(外観)を示す。

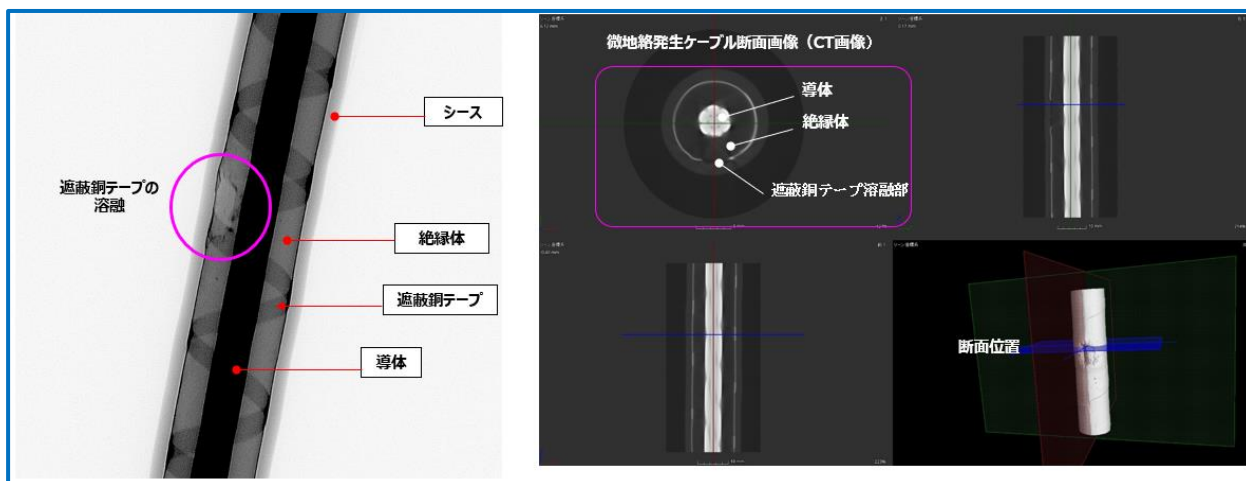


図 5 高圧ケーブルの事故箇所の詳細調査(X 線 CT 画像)

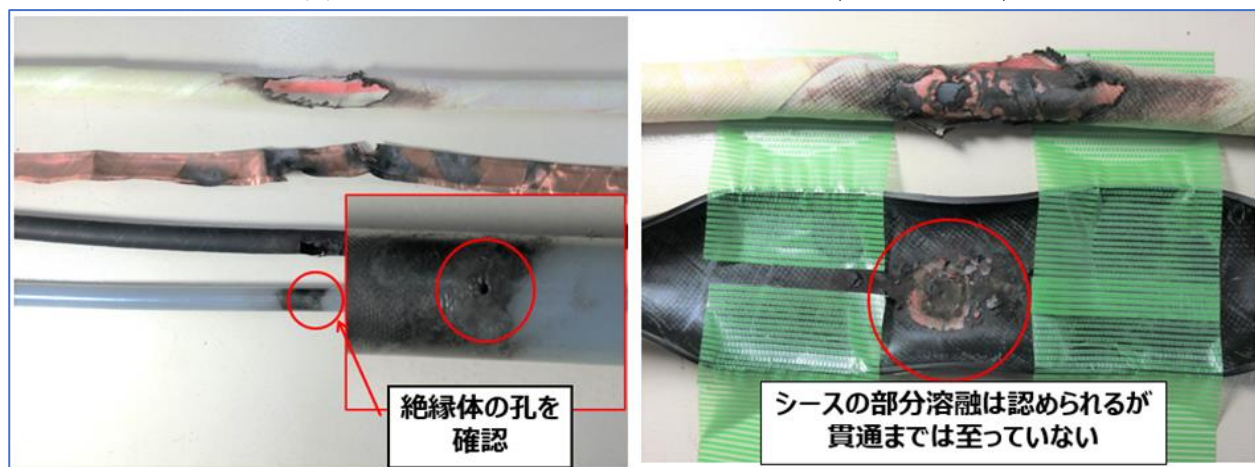


図 6 高圧ケーブルの事故箇所の解体調査(外観)

③ 評価

現場で微地絡が発生したケーブルと人工地絡試験にて人工的に微地絡を模擬させたケーブル(水トリー想定)の損傷状況を比較したところ、遮蔽銅テープなどの焼損状況や絶縁体の損傷跡、その他の様相が非常に酷似していることが確認された。加えて、微地絡発生時の波形を比較したところ、 V_0 と I_0 共に同様の波形パターンが読み取れた。図 7 に人工地絡試験ケーブルと現場のケーブルとの外観比較、図 8 に人工地絡試験ケーブルと現場のケーブルとの微地絡波形比較を示す。

人工地絡試験での知見から、当該ケーブルも微地絡が継続状態で使用を続けていれば、やがて地絡へ移行し、SOG が動作、地絡停電事故となった可能性が高いと考えられる。

管理番号

保技 2023 10005-01

人工地絡試験で使したケーブル



地絡



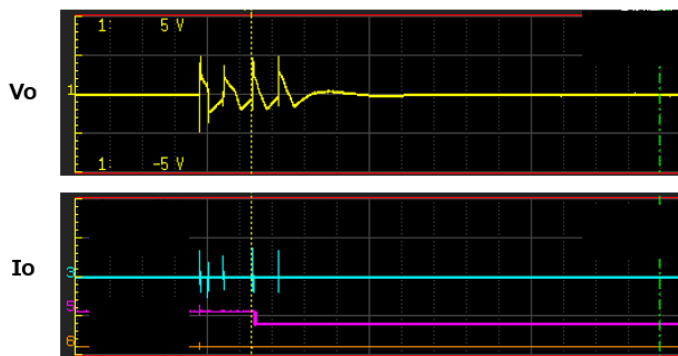
微地絡

現場で微地絡が発生したケーブル



図7 人工地絡試験ケーブルと現場のケーブルとの外観比較

社内ケーブル人工地絡試験波形



微地絡検出時波形

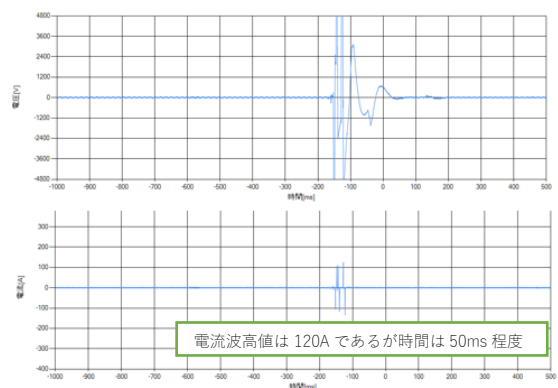


図8 人工地絡試験ケーブルと現場のケーブルとの微地絡波形比較

(4) 高圧ケーブルの人工地絡試験時の画像(参考)

高圧ケーブルの微地絡は閃光を伴う間欠地絡であり、パルス状の地絡電流(波高値数十 A~数百 A)が間欠的に流れるが、電流の流れる時間は数 ms から数十 ms 程度と短い特徴がある。

図9に微地絡時の瞬間的な閃光の様子を示す。微地絡の再現度を高めるために水中で人工地絡試験を実施した。



微地絡発生とともに音と閃光が確認できる。

水中では閃光に伴い、気泡が発生し、水面が盛り上がる。

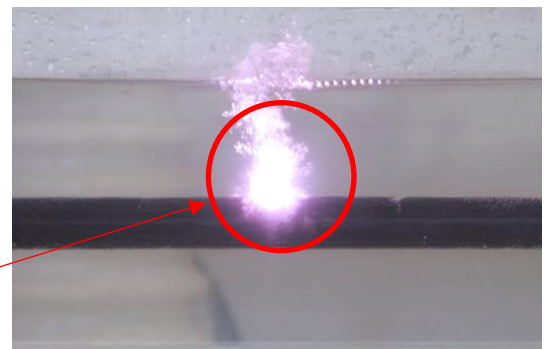


図9 人工地絡試験(微地絡)の様子(左: 気中、右: 水中)

管理番号

保技 2023 10005-01

3. 運用方法

(1) CHZ では動作ログの保存(最大 100 件)が可能のため、巡視や点検時に動作表示やログを確認し、微地絡の検出が記録されていれば、それをきっかけに臨時点検等を実施する。

なお、CHZ にパソコン(PC)を接続し、詳細なログデータを取得・分析することも可能である。



図 10 CHZ の動作ログ表示と PC 接続によるデータ抽出

(2) 本装置には、微地絡検出時、GR/SO 動作時及び自己診断異常時(高圧絶縁監視部、SOG 制御部)の動作表示だけでなく、動作通知のための接点出力(無電圧 a 接点)が装備されており、設置者が高圧受電設備に警報回路を敷設している場合は警報盤に動作通知が可能である。

なお、オプションの OUD 遠隔監視サービスを利用することで、簡単に遠隔常時監視が運用可能となり、現場から離れていてもタイムリーに微地絡の検出などの動作情報を取得することができる。

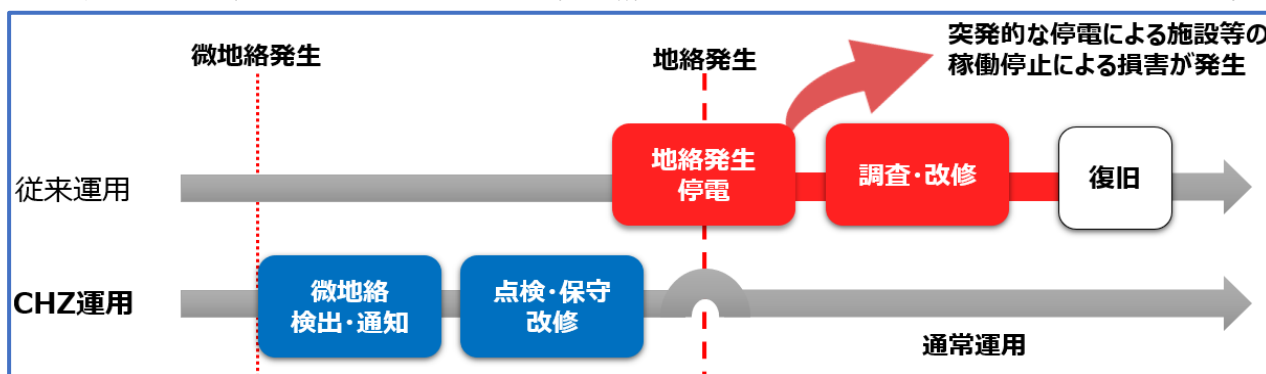


図 11 CHZ を運用した突発的な停電防止対策フォロー図

4. 今後の予定

(1) 地絡電流波形を用いた AI による地絡事故原因特定技術の確立

(2) Vo 及び Io トレンドデータを用いた AI による地絡事故予兆検知技術の確立

上記 2 項を実現するために高圧需要家へ実証の協力を依頼し、多種多様な事故データの取得を継続して実施し、地絡事故の予防保全に向けた知見を蓄積する。

開発者名称

株式会社 戸上電機製作所

当該案件連絡先
(担当者、組織名、
住所、電話番号)

組織名・部署：株式会社戸上電機製作所 営業統括部 ソリューション&マーケティング G
担当者：平川 将紀
〒840-0802 佐賀県佐賀市大財北町 1-1
TEL：0952-25-4129 E-mail：m-hirakawa@togami-elec.co.jp

管理番号 保技 2023 10005-01

別添: 詳細仕様書、オプション、データ等

1. 装置詳細

高圧絶縁監視機能付方向性 SOG 制御装置(CHZ)の機能配置図を図 12 に示す。一般的な SOG 制御装置の機能に高圧絶縁監視の機能が追加されており、SOG 制御装置部の上部に新たな高圧絶縁監視部が配置された区分構成となっている。

なお、SOG 制御装置部と高圧絶縁監視部とは区別された独立回路となっており、地絡事故時の継電器機能の確実な動作を担保すると同時に、両装置とも無電圧接点出力の動作通知用接点と自己診断異常通知用接点を持ち、警報監視盤への接続或いは通信装置を追加することで、遠隔での動作状態の把握と機能維持管理を可能としている。

高圧絶縁監視部には、微地絡動作 LED 表示や PC 接続端子の他にデジタル表示の画面があり、現場で現在の計測値($V_o \cdot I_o$ 値)表示と微地絡動作記録の確認(最大 100 件)ができる。

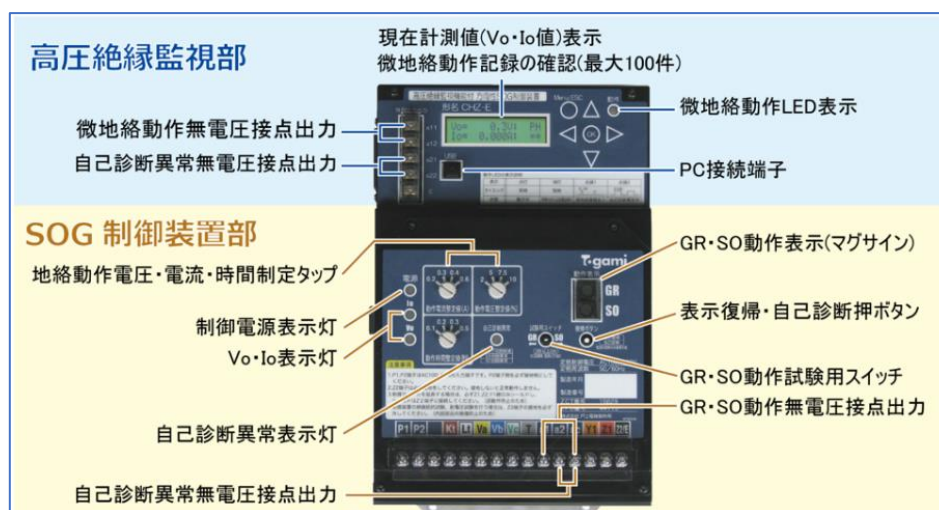


図 12 高圧絶縁監視機能付方向性 SOG 制御装置の機能

表 1 設定項目一覧置の機能

項目	SOG制御装置部	絶縁監視部
① V_o 設定	2/5/7.5/10%	1/2/3/4/5/6/7/8/9/10%
② I_o 設定	0.2/0.3/0.4/0.6A	0.015~0.040 : 0.005A刻み 0.040~0.100 : 0.010A刻み 0.100~0.600 : 0.100A刻み
③ 地絡(微地絡)動作時間設定	100/200/300/500ms	40~100 : 10ms刻み 100~500 : 50ms刻み
④ 位相設定 (負荷側判定範囲)	-60° ~ +120°	-60° ~ +120° -45° ~ +135°
⑤ 地絡(微地絡)検出条件	方向性のみ(V_o, I_o , 位相)	V_o & I_o & 位相 V_o & I_o V_o のみ I_o のみ

高圧絶縁監視機能付方向性 SOG 制御装置(CHZ)は、PAS に内蔵されている地絡検出装置(ZCTとZPD)で検出される零相電圧 V_o と零相電流 I_o を SOG 制御装置部の設定値より低く、動作時間を短く設定することにより、微地絡を検出して警報を発する、いわゆる高圧絶縁監視の一種である。

管理番号 保技 2023 10005-01

別添: 詳細仕様書、オプション、データ等

2. オプション機器



地絡状態監視装置



CHZ

- ・CHZ へ拡張設置が可能
絶縁状態監視装置のコネクターを接続する。
- ・CHZ の微地絡・地絡検知をトリガーとしてその前後の V_o 値、 I_o 値を収集し、データをサーバーへ送信 (LTE)
- ・10 分毎の V_o 値、 I_o 値の平均値と最大値をサーバーへ送信



図 13 地絡状態監視装置

LOUD 遠隔監視サービス



CHZとLOUD通信端末
接続例



LOUD通信端末

- メール通知で確認できる情報
- ・微地絡検出
- ・GR / SO動作
- ・自己診断異常(絶縁監視部)
- ・自己診断異常(SOG制御部)

・電池駆動のため電源工事が不要

図 14 LOUD 遠隔監視サービスの構成

管理番号

保技 2023 10005-01

別添: 基礎要素技術:要素 2022 00001-01 の概要

○ 模擬試験による検証データ等

人工地絡試験を用いて、高圧ケーブル、碍子、樹木及び鳥獣接触の各種地絡を模擬した微地絡・地絡事故を発生させて、その時の現象(映像記録)と地絡波形(データ)を記録した。

(1) 試験方法(高圧ケーブルの例)

- ・ ケーブルにΦ0.6mm の穴を導体まで貫通させ、塩水を少量(約 0.01cc~0.1cc の範囲)注入して、導体と遮へい層間に高電圧を印加した。
- ・ 同資料で複数回続けて地絡を発生させることで、初期異常(微地絡)~故障異常(地絡事故)までの水トリーによる絶縁劣化を模擬した。

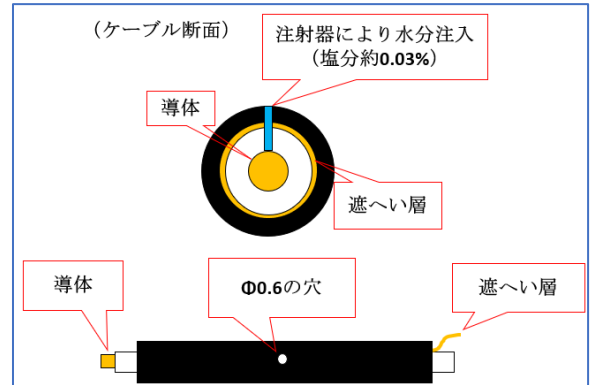


図 15 人工地絡試験の試料

(2) 試験結果(高圧ケーブルの例)

ケーブル(新品)及びケーブル(中古品:地絡事故発生ケーブル)の合計7本に地絡試験を実施した。

表 2 人工地絡試験の結果

絶縁監視部	SOG部	合計
検出	未検出	35
検出	検出	15
試験回数合計		50

合計 50 回(絶縁監視、SOG 部共に未検出結果は除く)絶縁監視部が動作した試験において、同時に SOG 動作(地絡事故)が発生した割合は 30%で、絶縁監視部(微地絡)だけの動作が 70%であった。この結果から地絡事故まで至らないケーブル絶縁劣化を検出・警報できる可能性は高く、地絡停電事故の未然防止が期待できる。

(3) 波形データ(高圧ケーブルの例)

ア 新品・中古ケーブル共に、人工地絡試験を複数回実施することで、ケーブルの劣化進行(Φ0.6 の穴が徐々に拡大)により地絡継続時間が延び、「絶縁監視部」、「SOG 部」共に未検出状態から、まず「絶縁監視部」が検出し始め、数回地絡を繰り返すと「SOG 部」も動作するようになる。

【波形:ケーブル】 微地絡:検出 地絡:未検出

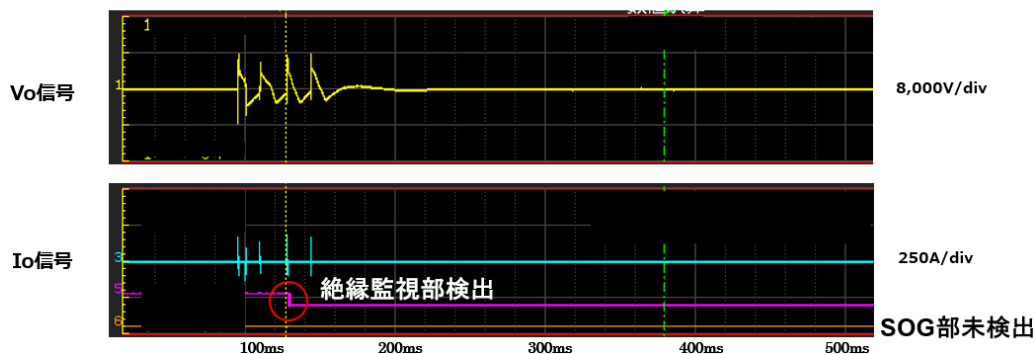


図 16.1 高圧ケーブル(Φ0.6 mm の穴)の地絡試験波形(微地絡)

管理番号 保技 2023 10005-01

イ 新品・中古ケーブル共に、微地絡から地絡へと推移した結果が見られた。連続して試験を重ねて終盤になってくると、「絶縁監視部」、「SOG 部」共に検出状態に移行する。また、「SOG 部」が検出するような状態でも絶縁抵抗が 2,000 MΩ 以上ある場合があり、アークにより注入した水分が蒸発かつ排出することで絶縁が回復したと推測される。

【波形：ケーブル】 微地絡：検出 地絡：検出

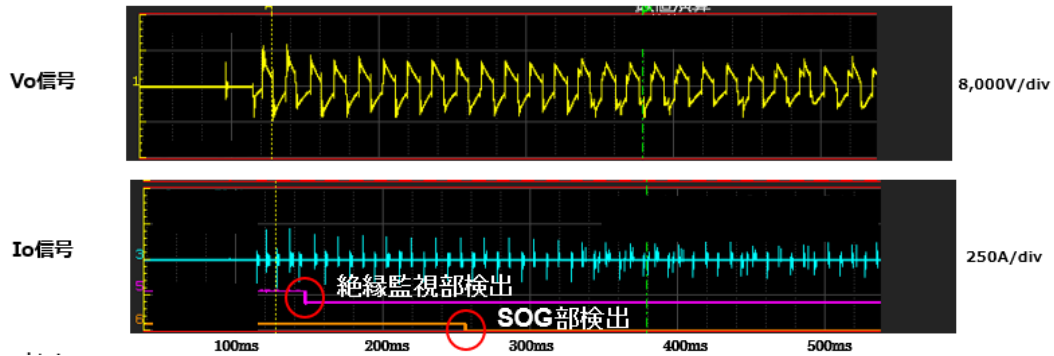


図 16.2 高圧ケーブルの地絡試験波形(地絡事故)

(4) 波形データ(小枝接触の例)

- ・小枝の表面ではなく、内部を通して地絡が起きていた。(接触した箇所に焼け焦げた跡が残っていた)
- ・枝葉の葉の部分については、葉脈を通して地絡が起きていた。(葉脈が若干変色していた)
- ・針状の波形ではなく、商用周波数成分が見られ、微地絡を検出してからも地絡レベルが増加している三角波形が見られる。今回の試験では地絡の検出までは至らなかったが、繰り返し枝葉が接触することによって地絡レベルが増加し地絡に至ることが考えられる。

【波形：樹木(枝、葉など)】

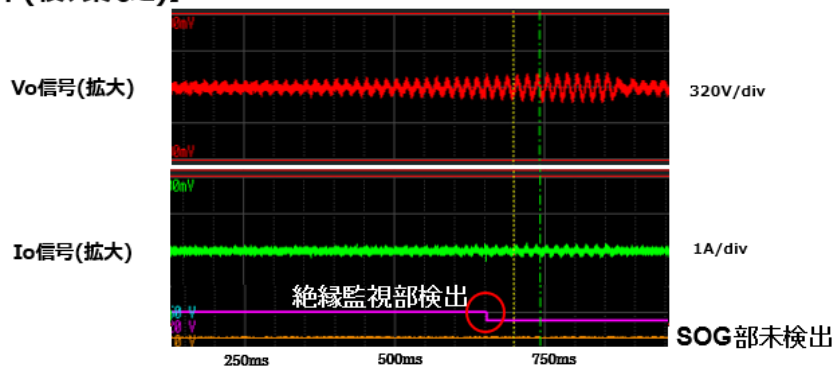


図 17 小枝接触の地絡試験波形

スマート保安技術カタログ(電気保安)

2024 年 1 月 31 日 第 11 版発行

発行 独立行政法人 製品評価技術基盤機構 国際評価技術本部
〒151-0066 東京都渋谷区西原 2-49-10
<https://www.nite.go.jp/gcet/index.html>

本カタログの無断複写・複製(コピー等)は、著作権法上の例外を除き禁じられています。

