

# 電気学会 IEEJ プロフェッショナル アクションレポート

2024年7月・第58号

## IEEJ プロフェッショナルニュース

### ニュース1. IEEJ プロフェッショナル会 第139回議事メモ

1. 日時：2024年4月23日（火）14時～16時
2. 場所：Zoom オンライン
3. 出席者：佐野光夫、伊藤二郎、八坂保弘、佐藤信利、長瀬 博、木村軍司、古関庄一郎、谷口元、萩原勝夫、深尾 正、松岡孝一、松村基史、目黒雅也、持永芳文、山内経則、加藤紀光、河合三千夫、木下繁則、近藤良太郎、志関誠男、白川晋吾、白坂行康、高野哲美、寺嶋正之、羽馬洋之、前田隆文、森本雅之、山極時生、吉田昭太郎、吉満哲夫、渡辺和夫（IEEJ プロフェッショナル）、留目真行（日本技術士会）、末長清佳（講師）（IEEJ プロフェッショナル）（33名）

#### 4. 定例会次第

- ・伊藤副代表から今後のスケジュールの説明があった。

5. 講演：『最新の絶縁診断技術と設備保全の動向について』  
講演者：末長清佳氏（（一社）電気科学技術アカデミー）

#### 5.1 講演要旨

##### (1) 自己紹介

- ・1976年に岡山県の川崎製鉄水島製鉄所（現 JFE スチール西日本製鉄所）に入社。  
受変電設備・発電設備の建設、維持、管理に従事、電気主任技術者を長年務める。
- ・2018年 子会社の JFE アドバンテックに移籍
- ・2021年に（一社）電気科学技術アカデミーを設立  
JFEの後輩に設備は残せたが、ベテランがやめて古い設備が残った。若い人に問題解決ができるようにしたい思いで設立した。

##### (2) 絶縁の役割と性質

- ・絶縁体は電気を安全に導く堤防の役割がある。
- ・絶縁試験には、絶縁が破壊しないことを確認する絶縁耐力試験と、誘電特性などによって絶縁状態を診断する絶縁診断がある。
- ・回転機の絶縁は極めて薄く、高温・電磁力・遠心力のストレスを受けるので、絶縁診断が最も進んでいる。

##### (3) 絶縁診断技術【オフライン試験】

- ・絶縁診断には、電源の電気をかけないオフライン試験がある。
- ・直流試験では、最初は静電容量に充電電流が流れる。時間が経過するにつれ、充電電流が次第に落ち着いてくる。
- ・この絶縁体に流れる直流電流は、①静電容量の充電電流②漏れ電流③吸収電流の3種類の電流

が合成したものである。

- 各々の電流の特性は、次のようになる。①静電容量の充電電流は絶縁体が持つ静電容量に電荷が注入される電流で、1秒程度で収束する。②漏れ電流は主に絶縁体の表面の汚損や救出によって流れる電流で、収束せずに流れ続ける。③吸収電流は絶縁体の分極によって流れる電流で、絶縁体の性質に応じて収束時間が異なり、数分にわたって徐々に減少する。
- 1分経過後の充電電流を1分値、10分経過を10分値と呼ぶ。
- 充電電流の1分値と10分値が変わらない場合には、表面汚損や吸湿があると判断する。
- 手持ち式の絶縁抵抗計を10分間にわたり操作するのは難があるので、高圧の回転機では専門の絶縁測定機器を搭載した絶縁診断車により行われる。
- 交流試験は、静電容量に流れる電流で判断する試験である。電圧一定に対し電流が大きいほど吸湿しており、誘電正接が大きいほど熱劣化や表面汚損が進んでいる。一方、電圧を上げながら電流を見て、万一、電流の急増点があれば部分放電が始まる電圧である。

#### (4) 部分放電について

- 部分放電には、①沿面放電、②空隙のコロナ放電、③絶縁体内部のボイド放電がある。ボイド放電は外部から見えないので、一番怖い。
- 気体、液体、固体の複合体で構成される材料は弱い部分が先に放電する。部分放電を早期に検出して対応する予防保全が大事である。
- 回転機の絶縁に隙間（ボイド）ができると部分放電が起きる。すなわち、鉄心スロット内でコイルが緩んで部分放電が起きる。部分放電から硝酸塩腐食（NO<sub>3</sub><sup>-</sup>）である応力腐食割れを起こす。回転機の絶縁診断では、部分放電を見極めることが重要である。

#### (5) 技術の変遷・日本の現状

##### 1) オフライン診断の限界

- 回転機は、電磁力でコイルが偏るなどがあり、オフライン診断では見抜けない。
- 1940年代にWH（ウェスティングハウス）のJohn Johnson氏は、実ストレス下で行わないと劣化を正しく評価できないと唱えて、オンライン診断装置を開発した。当時はノイズ除去が難しく、実用化できなかった。

##### 2) オンライン診断の実用化

- 1980年代にカナダのオンタリオ・パワー・ジェネレーション(Ontario Power Generation、OPG)のGreg Stone博士のグループがオンライン診断を実用化した。
- 電力線搬送通信用の技術を応用してその結合コンデンサと同値の80pFをカップラーとして回転機の根元に接続することで、部分放電パルス信号を分離して測定ができ、世界中で大型回転機にカップラーが設置されるようになった。
- Stone博士はコンデンサを用いた部分放電測定方法として、感度は低いが、ノイズの少ない80pFのカップラーを採用した。ノイズ弁別方法として、回転機に近いカップラー1と少し離れたカップラー2を置き、検出時間差を利用して、カップラー1が先に検出したら部分放電で、カップラー2が先に検出したら外から入るノイズと判定する。回転機内部の励磁器から発生するノイズは、除去できない。

- 1999年にイタリアのボローニャ大学の Gian Carlo Montanari 教授と、Andrea Cavallini 教授が、世界初の特徴抽出技術を使った信号弁別技術（TF マップ）を実用化した。TF マップとは、1個のパルスから部分放電の大きさ  $p$ 、放電の発生位相  $q$ 、周波数帯域幅  $F$ 、時間幅  $T$  の4つの情報を得て、部分放電の位相特性 PRPD(phase resolved partial discharge)パターンと TF マップを作成し、ノイズ、内部放電、沿面放電を弁別できる。
- 最近の診断装置は部分放電の推移を自動で監視することができる。最近の規格 IEC60034-27-1 では、劣化の原因別に PRPD パターンを 16 種に分類している。最近は、AI を活用して判定の自動化をする研究が行われている。

### 3) 日本の現状

- 日本では、オフライン診断＝精密診断、オンライン診断＝簡易診断という誤った概念が定着し、オンライン診断は普及していない。一方、海外ではオンライン診断を行わないと、絶縁の程度について殆ど分からないという考えである。
- 半年に1回位の部分放電測定では見逃すので、連続測定の必要性がある。
- 日本は近年、人口減や技術の遅れを取るが、一気に最先端技術が普及するチャンスである。
- 絶縁診断技術への熱い期待として、「電気設備の絶縁診断入門」の冊子を2022年11月に発刊したところ、1000部を突破し、第2刷を開始した。
- 背景には、ベテラン技術者の退場、若手技術者の不足、強電に対する学生の人気がないことから絶縁を教える大学や教員の減少、メーカーのサービス減少、設備の老朽化がある。
- 電力会社では、電力工学の寄付講座を各大学に行っている。

### (6) 将来展望

- スマート保安、DX（デジタルトランスフォーメーション）の潮流の中、絶縁診断技術はデジタル装置の進歩の中で急速に発展している。日本の現場は、世界に遅れを取っている。
- ケーブル・変圧器・配電盤・回転機・GISで常時オンライン監視ができるようになってきた。
- 海外の会社は、日本語に対応する難しさと、コスト面から日本へは参入しない。遅れを挽回するチャンスである。

### 5.2 質疑応答

- (1) メーカー（発電機）出身者である。電力会社と共同でオンライン診断の研究を行ったが、そのものを取り付けることへの信頼性の懸念で進まなかった。

電気学会で、診断技術や電気絶縁を委員会などでまとめて進むとよいと思う。

- 電気学会でそのような動きは余りない。

- (2) 絶縁診断は回転機に限定されるのか。

- GIS の関係もやってきた。

- (3) 昔、「変電所のオンラインの予測保全エキスパートシステム」を開発し、電力会社に納めていました。しかしながら、電力機器の故障が少なく、将来のデータ取りの位置付けとなり、設備投資は中断した。最近、老朽機器が多くなり、更新時期の選定やベテラン技術者の代替技術として、

DX 技術と結びつけた診断システムが見直され始めた。

- JFE のシステムは 20 年前の設計図を具現化したものだということがわかる。当時のデジタル技術や価格が、自家用にも近づいたように思う。

(4) 電気鉄道ではそのような例はないか。

- 東京地区でポリマーがいしの絶縁についてオンライン診断が行われたが難しいことがわかった。

(5) 電気科学技術アカデミーは何人の技術者がおられるか。

- 主に 4 名の技術者であり、手広くはできていない。

6. 電気理科クラブ状況

- 山内代表より、支援員の増員の要請があった。

以上