

工場電気設備保全への プロアクティブ手法の活用

工場電気設備におけるプロアクティブ保全技術
調査専門委員会編

目 次

1. まえがき	03	5.5 接触部へのプロアクティブ手法の活用	36
1.1 技術報告の位置づけ	03	5.6 劣化抑制のための具体的な施策	38
1.2 ZPC に至るまでの経緯	03	5.7 施策の実施時期、効果の確認	43
1.3 ZPC の目的と活動概要	03	5.8 保安全管理区分 (R,S,T) の見直し	44
1.4 技術報告の構成と概要	04	6. 蓄電池	46
2. 総論	05	6.1 蓄電池におけるプロアクティブ手法	46
2.1 「プロアクティブ」, 「保全におけるプロアクティブ手法」とは	05	6.2 制御弁式据置鉛蓄電池へのプロアクティブ手法の活用	46
2.2 保全にプロアクティブ手法を導入する工学的意義と効果	05	6.3 劣化抑制のための具体的な施策	49
2.3 保全におけるプロアクティブ手法の進め方	06	6.4 施策の実施時期と効果の確認	52
2.4 保全におけるプロアクティブ手法の選定基準 (原則)	07	6.5 保安全管理区分 (R,S,T) の見直し	52
3. 回転機	08	6.6 リチウムイオン蓄電池の劣化診断について	53
3.1 高圧電動機におけるプロアクティブ手法の活用	08	7. ケーブル	55
3.2 固定子巻線のプロアクティブ手法の活用	09	7.1 ケーブルにおけるプロアクティブ手法の活用	55
3.3 固定子巻線補強材のプロアクティブ手法の活用	12	7.2 絶縁部のプロアクティブ手法の活用	58
3.4 劣化抑制のための具体的な施策	12	7.3 遮へい銅テープへのプロアクティブ手法の活用	60
3.5 施策の実施時期・測定時期・効果の評価	13	7.4 保安全管理区分 (R,S,T) の見直し	63
3.6 保安全管理区分 (R,S,T) の見直しについて	14	8. プロアクティブ手法をより効果的に進めるために	65
4. 変圧器	16	8.1 プロアクティブ手法を導入した保全の在り方	65
4.1 油入変圧器におけるプロアクティブ手法の活用	16	8.2 保全業務内容への反映	66
4.2 絶縁紙へのプロアクティブ手法の活用	17	8.3 他分野技術との連携の必要性	69
4.3 ガasketへのプロアクティブ手法の活用	21	8.4 センサ技術およびデータ処理技術の活用	71
4.4 保安全管理区分 (R,S,T) の見直し	27	9. あとがき	76
5. 遮断器	29	付録-1 高圧電動機の部位別劣化プロセスと要因及び発生事象	
5.1 高圧真空遮断器におけるプロアクティブ手法の活用	29	付録-2 油入変圧器の部位別劣化プロセスと要因及び発生事象	
5.2 操作機構部へのプロアクティブ手法の活用	30	付録-3 高圧真空遮断器の部位別劣化プロセスと要因及び発生事象	
5.3 制御部へのプロアクティブ手法の活用	33	付録-4 制御弁式据置鉛蓄電池の劣化プロセスと要因及び発生事象	
5.4 絶縁部へのプロアクティブ手法の活用	33	付録-5 高圧 CV ケーブルの劣化進展フロー (部位別)	

工場電気設備におけるプロアクティブ保全技術 調査専門委員会委員

委員長 西村 誠介(日本工業大学)
幹事 江藤 計介(出光興産)
幹事補佐 山下 泉(東芝三菱電機産業システム)
委員 占部 昇(富士電機)
清水 博幸(日本工業大学)
犬島 浩(早稲田大学大学院)
伊原 秀樹(明電舎)
大池 宏文(三菱電機)
大高 巖(フジクラエンジニアリング)
蒲 新太郎(GSユアサ)
木越 保聡(東芝*)
喜多埜 安正(OGCTS*)
河村 寿仁(大阪ガス)

委員 桐生 一志(明電エンジニアリング)
斎藤 禎亮(東光高岳)
高木 義之(東京ガスエンジニアリング
ソリューションズ)
竹村 洋行(東京ガス)
千代島 昭広(三井化学)
辻 章(三菱電機エンジニアリング)
中原 良浩(日新電機)
成田 正男(日立製作所)
橋倉 誠(旭化成建材)
古沢 健一(住友電気工業)
宮本 泰伸(東芝三菱電機産業システム)

主な

参加者 笹川 真由美(東芝三菱電機産業システム)

* 所属は委員会活動時のもの

1. まえがき

1.1 技術報告の位置づけ

この技術報告は、電気学会・産業応用部門（D部門）・ものづくり技術委員会（以下、DMZK）傘下に設置された「工場電気設備におけるプロアクティブ保全技術調査専門委員会（以下、ZPC）」での調査研究の結果を取り纏めたものである。なお、現在、DMZKでは「工場電気設備」を調査研究の対象とする調査専門委員会は二つの系統があり、一つは技術単行本「工場配電」（電気学会刊行）に関する委員会であり、もう一つが「診断・更新」を扱う当委員会である。前者は新規設備の建設・構築関係を所掌し、後者は既存設備の保全関係を所掌するものとの認識に基づき、この二つはDMZKの中で、あたかも車の両輪としての関係にある。

1.2 ZPCに至るまでの経緯^{(1)~(4)}

ものづくり技術委員会（DMZK）では、その前身の一つである一般産業技術委員会の時代から、工場電気設備の保全に関する技術に大きな関心を寄せ、技術動向の把握とそれを踏まえて関連技術の一層の向上を図るべく、「工場電気設備の診断と更新」に関する調査研究活動を15年余の間、ほぼ継続的に進めてきた。

当調査専門委員会（ZPC）に至るまでに4次に亘って調査専門委員会が設置されてきた。それぞれの調査研究結果は、下記の技術報告または技術単行本として発刊されている。

- ①「工場電気設備の診断・更新技術」、電気学会技術報告第831号（2001年7月）、設備診断更新技術調査専門委員会（GDC、1998年6月～2000年5月）
- ②「産業用電気設備更新の考え方と進め方」、電気学会技術報告第940号（2003年12月）、産業用電気設備更新技術に関する調査専門委員会（GRC、2000年10月～2002年9月）
- ③技術単行本「工場電気設備—設備診断・余寿命推定から更新へ」、オーム社（2007年9月）、工場電気設備更新実施方法調査専門委員会（GMC、2003年4月～2006年3月）
- ④「工場電気設備の診断・更新に関する課題と将来展望」、電気学会技術報告第1238号（2011年11月）、工場電気設備の診断・更新に関する課題と将来展望調査専門委員会（GXC、2010年3月～2011年9月）

上記①～④の特徴と主要な内容を、ZPCに至る経緯として辿ると、以下のようなものである。

①では、当時までの主な劣化診断法の精査結果を踏まえて、設備保全における劣化診断の位置づけを整理。すなわち、機種毎に部位部品を最小取換単位にまで展開し、各々での主要な劣化モードとその影響を勘案して、保安全管理区分（R：詳細な診断で修理か更新かを判断、S：期間を決めて交換、T：定期または臨時の健全性点検で対応）の設定等を提案。

②では、設備更新の判断基準と具体的な手法に一步踏み込

んだ。すなわち、まず、工場電気設備を一つまたは幾つかのシステムと捉え、各システム内での機器間の寿命協調と機能協調を提案。同時に、更新を機器の生涯運用・保全計画での重要な一環として捉え、更新時点において次回の更新をも念頭に入れて、必要なデータ収集・評価の実施を提案。その上で、設備更新の進め方を、更新の時点から次回更新までの間に行うべき事項を定め、その実施時期とそれぞれの業務内容を五つのプロセスとして計画的に進めることを提案。

③では、②をより一般化して、設備診断（劣化診断のみに限らず）結果等を活用した余寿命推定を経て更新を進める考え方とその具体的手法を提案・解説。

④では、工場電気設備の保全を巡る近年の技術的・社会的情勢の変化に伴う課題とそれらへの対応策について検討。すなわち、劣化のモードやメカニズムが従来材料とは異なる新材料の適用拡大、電子・IT回路や装置（所謂ブラックボックス）を内蔵する機器・機種の普及、設計合理化の成果でもある所謂「限界設計機器」の普及、保全業界におけるメーカ系から保全専門系への転換動向、少子高齢化に伴う技術伝達・技能伝承問題等への対応である。これらのパラダイム・シフトともいえる課題に対処可能な今後の保全の在り方として「状態監視保全」への転換を提唱。その上で、この転換を円滑・効果的に進めるには、高信頼性と合理性（費用 vs 効果評価も含む）を兼備した「機器寿命協調を図る手法」の確立が肝要で、その具体的な手法の有力候補として「プロアクティブ手法」を採り挙げた。

1.3 ZPCの目的と活動概要

この調査専門委員会（ZPC）は、上記④で述べたような認識と経緯に基づき、2012年4月に設置された。主な研究調査項目は、次の3項目である（設置趣意書から抜粋）。

- ① 工場電気設備におけるプロアクティブ保全技術の考え方の明確化
- ② プロアクティブ保全を遂行するための技術課題の検討
- ③ オンライン診断遂行のための基盤技術の最新動向
（センサ技術・データ処理技術・運転データ評価技術などを含む）

ZPCでは、まず、保全におけるプロアクティブ手法とは何なるものかについて委員相互間での共通認識を形成・確認するため、可成りの回数をかけてフリー討論を継続繰り返した。続いて、その共通認識を具体化するため、代表的な複数の機種に対しそれぞれZPCの趣旨に適合する例（対象部位と劣化モードおよび施策）を吟味選定することとした。選定に当たっての判断基準は、第2章および、第3章～第7章で詳述する。この段階から、検討を効率的に進めるため、ZPC内に対象機種毎に五つの分科会を構成し、全体委員会への提案と、全体委員会からの諮問事項を検討することとした。各分科会への参加は委員自身として自発的意志によった。分科会の名称と参加者名等を表1.1に示す。