

受変電設備の保守

Maintenance for Substation

大鋸英五* Eigo Ôga
 広木洋一** Yôichi Hiroki

産業用受変電設備は、機器の故障の生産に及ぼす影響が直接的で大きく、公共設備では社会的問題となる可能性を有している。機器、システムの信頼性を保守の手段によって向上させるには、事後保全〔ブレイクダウン メンテナンス(Breakdown Maintenance)〕よりも、予防保全〔プレベンティブ メンテナンス (Preventive Maintenance)〕のほうが有効である。

本稿では受変電設備に適した予防保全の進め方、保守作業の実際、及び点検時の着眼点について述べる。

1 緒言

最近の工場生産設備の大規模化、ビルの超高層化などに伴い、産業用受変電設備の受電容量も10~100MVAと大容量化している。また一部に制御用電子計算機など、省力化機器の導入により監視制御システムの複雑さも増してきている。特に石油精製や化学産業などのいわゆる装置産業は、投資設備の資本に対する割合が大きく、且つ設備の故障の生産に及ぼす影響が直接的で大きい⁽¹⁾。また、上・下水道設備など公共設備では、故障によるシステム ダウンは社会的問題となる可能性を有する。

生産設備の中のいずれかの装置が故障したときに生産にどのような支障が生ずるかを考えたとき、その損害の大きさに見合うだけの人・組織・費用が、事故の未然防止のために投資される必要がある。最近、生産設備の高度化及び要求される信頼性がより高まる傾向にあるので、保守、特に予防保全(Preventive Maintenance以下、P.Mと略す)の重要性がますます大きなものになってきている。本稿では産業用受変電設備の保守の手法と点検時の着眼点についてその概要を述べる。

2 P.Mの進め方

2.1 P.Mの必要性

信頼性工学では、機器あるいはシステムの故障発生状況が

その運転時間の経過によって図1に示すように変化するといわれている。ここで機器、システムの信頼性を保守によって向上させるためには、有寿命部品の事前交換などによって同図に示す偶発故障期間をいかに延ばすか、故障の徴候の早期発見による偶発故障率をいかに減らすかが重要である。

この対策として、事後保全(Breakdown Maintenance 以下、B.Mと略す)よりP.Mのほうが有効である。

2.2 人員計画

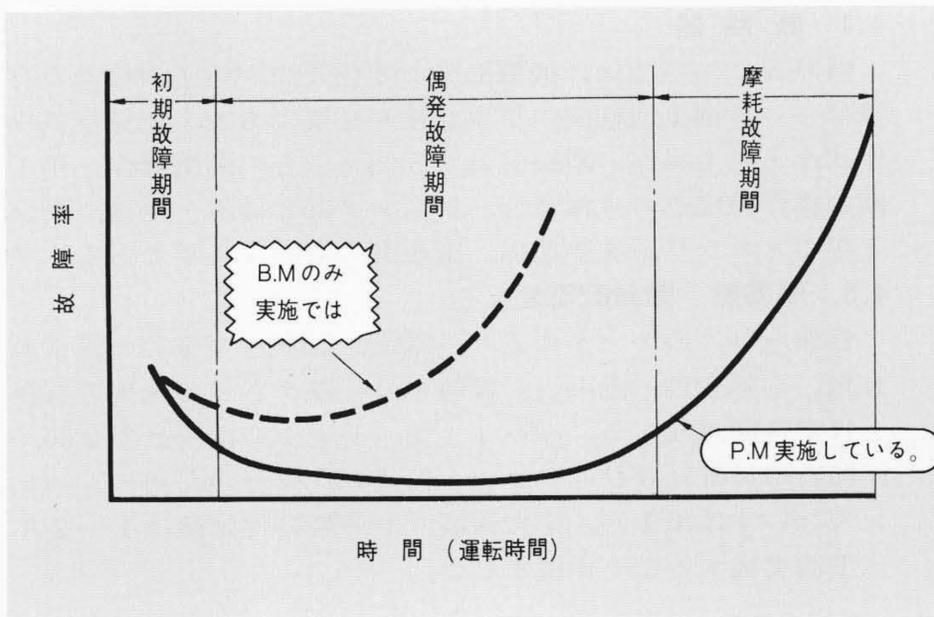
保守、保全業務の計画や、実際業務を的確に行なうには、それに見合った人材と人員が必要である。人員計画に当たっては次の各項目について検討すべきである。

- (1) 保守・保全対象機器の数量と保守業務の量
- (2) 突発的に発生する問題についての即応体制
- (3) 交替勤務の必要性の有無
- (4) 休暇や病気休養などの理由による予備人員
- (5) 教育、実習などの理由による予備人員
- (6) 他の業務との兼業の有無

次に計測器のP.Mに使用している保守のための人員算出基準の一例を示す⁽³⁾。

$$X = \frac{(n \times 0.005 + m \times 0.05) \times 0.5}{i} + A + B + C \dots (1)$$

ここに、X：必要人員



- 注：1. 初期故障期間
 運転開始の初期に製作上のミスや組立不良、及び運転操作上のミスなどによって生ずる故障が発生する期間をいう。
2. 偶発故障期間
 初期故障が除去されると、ほとんど故障の起きない正常運転が続く。この期間をいう。
3. 摩耗故障期間
 時間の経過によって構成部分の消耗劣化が始まる。この期間をいう。

図1 故障率と時間の経過 予防保全(P.M)の実施により、偶発故障区間を延ばすことができる。

* 日立製作所国分工場 ** 日立製作所大みか工場

- n : 保守・保全対象機器回路数(150~200回路に1名要)
- m : 計装盤・制御盤の数(約15~20面に1名要)
- i : 合理化省力化指数(特に合理化がないときは1) ($i \geq 1$)
- A : 3 交替勤務の場合で昼間以外の人員数
- B : 突発事故の処理など上記(4), (5)に関する予備人員
- C : 保守・保全の計画・管理人員

2.3 予算計画

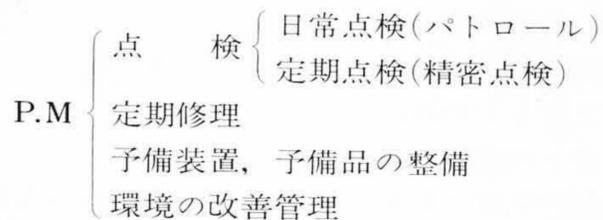
保守・保全を円滑に効率よく実施するには、あらかじめ各種の予算を計上しておくことが必要である。予算計画に当たっては次の各項目について検討すべきである⁽⁴⁾。

- (1) 予備品・部品類の購入計画(劣化部品ほか)
- (2) 工具・測定器の購入計画
- (3) 定期検査に対する予算
- (4) 増設・改良計画に対する予算
- (5) 教育関係の資料整備, メーカー トレーニング スクール用の予算
- (6) メーカー サービス員依頼用予算
- (7) 修理用予算(点検した結果などによるアクションを含む)
- (8) 各種機器の更新計画予算

一般に修繕費として、どれだけ使用されてきているかを表1に示す。

3 保守作業の分類

保全点検は、日常点検(パトロール)と定期点検(精密点検)が主であるが、P.Mを広義に解釈すると次のように分類される。



これらの各作業については、それぞれ作業計画書、点検結果記録書を作成し、計画的に実行する必要がある。

4 保守のチェックポイント

受変電設備を構成する主な電力設備について、保守点検時のチェックポイント及び検査項目を次に挙げる。

4.1 変圧器

油面計による油量の確認、油漏れの有無、温度上昇及びシリカゲルの変色の有無に関して日常巡回点検する。また、ブッシングの損傷の有無、外箱及び放熱器のさびの発生の有無について月1回ないし半年に1回程度、端子のゆるみ、ピトーリレーの導通チェック、絶縁油の汚損状況(絶縁耐力、酸化度の測定)及び各巻線の絶縁抵抗については年1回以上点検するのがよい。

4.2 しゃ断器

しゃ断器は使用電圧、用途によりガスしゃ断器(GCBと略す)、空気しゃ断器(ABBと略す)、油入しゃ断器(OCBと略す)、磁気しゃ断器(MBBと略す)など多岐にわたり、点検項目及び周期の詳細は当該機種取扱説明書によるがよい。一般には油量の適否、油漏れ、空気漏れ、ガス漏れの有無、ブッシングの損傷の有無などの点検を行ない、ABB用圧縮空気タンクの排水は毎日実施する。

普通点検は3年、又は500回動作ごとに行なう。これは各部

表1 設備価に対する年間修繕費の割合実績例 機械の加工組立産業に比べて、装置産業が設備価に対する修繕費の割合が高いことが分かる。

| 工場の種類 | 業 種 | 設備価に対する年間修繕費の割合 (%) | |
|--------|--|---------------------|-----|
| | | 範 囲 | 平 均 |
| 重プロセス | 鉄鋼, 紙パルプ, 硫安, 塩化ビニル, ソーダ, レーヨン, 精糖, 石油など | 4~10 | 7 |
| 軽プロセス | 紡績, 電線, 油脂, 食品, 醸造 | 4~11 | 8 |
| 重加工組立 | 産業機械, 工作機械, 自動車, 造船 | 2~5 | 3 |
| 軽加工組立 | 軽電気機械, 自動車部品, ゴム製品, 樹脂製品, ベアリング | 3~9 | 4 |
| ベンチワーク | 計器, 時計, カメラ, 変換器, ラジオ | 2~8 | " |
| 全工場 | | 3~9 | 5 |

注: 1. マネジメント, 昭和36年5月号より。
2. 昭和35年, 我が国での調査による。

を分解することなく、外見的、又は簡単な取はずしにより点検手入れを行ない、特性確認の操作試験を行なうものである。

細密点検は6年、又は1,000回動作ごとに行なう。これは各部を極力分解して不良部品の補修取換えを行ない、特性確認の操作試験を行なう。

しゃ断器は一般に開閉頻度が少なく、突発事故に対して操作及び電磁機構が正しく作動するかが問題であり、系統運用、受変電設備の回線切換などの許容できる範囲で可能な限り多く、遠方手動開閉操作、保護リレーによる引はずし操作を実施しておくことが望ましい。

4.3 避雷器

がい子の汚損及び損傷の有無などの外観点検、動作回数の点検記録は毎日実施する。

接地抵抗の測定は変圧器、しゃ断器など、ほかの電力設備でも年に1回程度の測定は必要であるが、避雷器においてはその保護特性からみて特に重要であり、年に2回以上、雨季と乾季に測定するのがよい。このほか、年1回絶縁抵抗を測定する。

4.4 断路器

断路器については、接触部分の変色及びがい子の損傷の有無について週1回程度の目視点検が必要である。圧縮空気操作式など動力操作の断路器は、3ヶ月ごとの開閉操作、年1回の操作機構部の点検清掃、シリンダ部の排水・注油、及び2年ごとのシリンダの清掃、電磁弁の清掃が必要である。

4.5 制御盤、閉鎖配電盤

盤面取付けのメータにより、電圧、電流及び電力の異常の有無、過熱変色、雨漏れ、塗料のはく離やさびの発生の有無を日常巡回点検する。がい子、ブッシングの清掃は年2回、回路の締付確認及び連動動作・保護動作確認のためのシーケンステストは年1回、また保護リレーの特性試験は1~2年に1回実施することが望ましい。

5 点検時の着眼点

P.Mでは電気設備の状態の変化をとらえて、ストレスを早期に発見することが大切である。点検時注目すべき現象とし

表2 点検時の着眼点 基本的な物理的現象に対する着眼点と、これに起因する電気設備の不具合現象及び事故例についてまとめたものである。

| 1. 環境条件に対する点検 | | | | | 2. 経年条件に対する点検 | | | | |
|---------------|-------------------------|--|---|-----------|---------------|------------------|---|--|----------------------|
| No. | 着眼点 | 内 容 | 事 故 例 | 点検方法 | No. | 着眼点 | 内 容 | 事 故 例 | 点検方法 |
| (1) | 腐食 | 環境による影響が大きい。特に塩素ガスによるめっきの腐食量は大きく、 (a)接触不良 (b)過熱焼損 (c)絶縁クリーブなどが生ずる。 また、潤滑剤を変質させ動作機能を失わせる。 注意ガスの種類(亜硫酸ガス、硫化水素ガス、塩素ガス、アンモニアガス) | (i)FFBの導電部めっきが侵食され、接触抵抗大となって火災発生。 (ii)巻線形抵抗器の巻線がガスにより腐食断線し、制御不能。 (iii)電子部品のプリント板接触不良により、制御不能。 | 目視 | (1) | 締付(増締) | 特に主回路、外部配線端子及びFFB端子には注意すべきである。(接続部増締は定期的にトルクレンチを使用し実施する。) | (i)主回路締付不良による過熱焼損。 (ii)FFB締付不良により火災発生。 | 目視、 感触、 サーモテープ |
| | | | | | (2) | 接点汚損 | 開閉頻度が少ない接点ほど、汚損による接触不良が生じやすい。もちろん、環境による差は大きい。 | (i)起動後加速できず、起動抵抗器が焼損して火災発生。 | 目視 |
| | | | | | (3) | 物体温度 | 電線や装置、又は部品など触感でも簡単に温度異常は発見できる。 | (i)主回路ケーブルの容量不足により、ケーブル焼損。 (ii)キュービクル内ヒータと外部ケーブルが近かったため、ケーブル焼損。 | 目視、 感触 |
| | | | | | (4) | 臭気 | 臭気は重大異常である。異常に気付いたときは非常手段を考える。 | (i)臭気に気付いたが発生場所など確認しなかったため、火災が拡大した。 | 感能 |
| | | | | | (5) | 異常音 | 異常音は事故発生の前徴である。 | (i)異常音を放置していたため、突然プラントを停止させた。 | 感能 |
| | | | | | (6) | 部分変色 | キュービクル内の部品変色は、部品過熱の証拠である。またスイッチ接触器などの変色も過熱が原因と考える。 | (i)この現象は突然発生するものでないが、放置したため焼損短絡し、システムダウンを生じた。 | 目視 |
| | | | | | (7) | 過熱 | 制御装置は熱をもつものもあるが、それが当前と考えるはならない。 | (i)温度の変化に注意すべきである。計器記録未確認のため、溶損破壊した。 | 目視 計測 (記録) |
| | | | | | (8) | 割れ、 破損、 変形 | 割れ、破損及び変形は絶縁性を極度に低下させる。特にモールド材は吸湿しやすく焼損の原因となる。これらは、目視により簡単に発見できる。 | (i)部品劣化で焼損した。 | 目視 |
| (6) | 水たまり、 雨漏れ、 雨雪の吹込み | 水は厳禁 | (i)雨水が立上り配線ダクトより浸入、キュービクルを全部焼損した。 (ii)キュービクル下のピットに水がたまり端子台のねじなどをさびさせた。接触不良、絶縁劣化を生じた。 (iii)屋外形キュービクル設置の床面排水が悪いため、さびの出を早めた。 | 目視 | (9) | 異物の除去 | 作業の後始末不備(工具などの置き忘れ)は予想外の事故を生ずる。 | (i)油浸ぼろ、新聞紙などに接触器のアーキが移り火災が発生。 (ii)不要ねじが接触器に落ち込み制御を全く乱した。 | 目視 |
| | | | | | (10) | 電源電圧低下 | 電源変動範囲は 交流→ $\left. \begin{matrix} +10\% \\ -15\% \end{matrix} \right\}$ を標準とする。 直流→ $\pm 20\%$ | (i)電源電圧がはなはだしく低下していたため、交流マグネットが十分に閉じず、コイル通電電流が大となって焼損した。 | 計測 (目視) |
| (7) | 小動物の侵入 | ネズミ、ヘビ、こん虫などによる感電致死、短絡及び電線をかじるなどの事故例は多い。 | (i)ネズミなどは好んでキュービクルに入る。高圧キュービクル短絡焼損した。(高圧ばかりでなく、400V回路でも感電短絡する。) | 目視 | (11) | 寿命 | セレン整流器に黒い放電痕が多くなると、過熱し急速に劣化する。 しゃ断器の動作回数指示計に注目する。 | (i)磁気しゃ断器の動作回数が、40,000回にもなっていたのに放置してあったため、動作不能となった。 | 計測 (目視) |
| (8) | 振動 | 振動は「ゆるみ」を生ずる。また保護継電器の誤動作の原因にもなる。接触器のうなり、振動音に注意が必要、焼損の原因ともなる。 | (i)環境が主因であったが、うなり、振動で接触器接点、焼損及び励磁電流が大となりコイル焼損した。 (ii)振動により保護リレーが誤動作し、主機が停止した。 (iii)振動により電線の被覆がこすれ、絶縁低下した。 | 目視、 感触 | (12) | 動作状態の変化 | 検出装置の異常、時限リレーの異常によりモータの起動時間、動作インターバルなどが変化する。 過負荷や制御系の異常により、盤面計器の指示値が変化する。 | (i)1ヶ月ごとの開閉器の動作頻度は帳帳したが、急激な増加傾向を発見できなかったため、装置がダウンした。 | 計測 (目視) 記録 |

ては、悪い環境のもとで進展して表面化するものと、経年又は多頻度動作によって生ずるものがある。

表2に点検時の着眼点、及び事故例を記したので参考にされたい。

6 安全

保守点検に当たり安全性の確保は絶対条件である。受変電設備においては、特に感電事故防止及び高所からの落下防止について細心の注意をはらう必要がある。作業の安全のためのチェックポイントについては数多く論じられているので、次に点検時特に注意すべき事項について述べる。

6.1 日常点検時の注意事項

- (1) 運転中、充電中の機器の目視点検の際は、安全距離の確保を厳守すること。
- (2) 安全距離が十分とれていても、踏台の上や不安定な姿勢では、誤って充電部に接触するおそれがある。
- (3) 巡回は2名以上で行なうこと。
- (4) 回路計による電圧チェックは、レンジに十分注意すること。電流又は導通レンジで電圧を測定し短絡事故となり、やけどを負った事例もある。

6.2 定期点検時の注意事項

- (1) 点検設備を全停電し、主回路を接地して作業を実施すること。接地箇所は記録を残して復旧時に撤去漏れのないようにする。
- (2) 点検中、投入してはいけないしゃ断器、開閉器について、操作電源、操作空気圧のロック、及び操作系の機械的ロックを行なうとともに、操作禁止札を掲げること。
- (3) 共同作業者との合図、連絡は確実に行なうこと。

- (4) 2m以上の高所作業に際しては、ヘルメットを着用すること。
- (5) 足場の悪い高所作業に際しては、命綱を使用すること。

7 結 言

以上、受変電設備の保守、特にP.Mの進め方についてそのチェックポイント及び点検時の着眼点を中心に論じたが、現場で実際に受変電設備の保守作業に当たっている方々の参考になれば幸いである。

各種産業における各社の設備に対するP.Mの状況をみると、長い間の伝統でP.Mに対して多大に力を入れている産業や設備もあるが、反面、組織や予算などからの要求で習慣的に軽視されているところも多い。

設備の信頼度が、メーカーが工場製作時に植えつける固有信頼度と、ユーザーの適切なP.M措置によって設備に付加される使用信頼度とからなることを考えるとき、P.Mの重要性は高い。しかし、受変電設備の保守をどの程度まで実施するかは、P.Mの費用と故障が生じたときの損害との経済的な比較で論ぜられるべきであり、これらが正しく設定されたうえで、設備に応じた保守のプログラムを確立する必要があるものと考えている。

参考文献

- (1) 阿部「受変電設備とその保守管理」OHM 51-4, 5 (昭39-3)
- (2) 山下, 西尾「10年を経過したビル受変電設備の総点検」OHM 61-1, 137 (昭49-1)
- (3) 日立製作所那珂工場「講習会テキスト, 保守・保全の計画と管理」日刊工業新聞社 50, (昭45-9)
- (4) 日比「設備保全の経済計算」日刊工業新聞社 131, (昭37-5)



特許の紹介

硬化性液状組成物

奈良原俊和・向井淳二・津久井陸郎

特許 第622575号 (特公昭46-10672号)

各種電気機器のモールド樹脂としては、熱衝撃特性の点から柔軟性に富んだものが有利である。しかし、エポキシ樹脂や不飽和ポリエステル樹脂の可とう化は、電気的性質、耐熱性あるいは耐水性などの急激な劣化を招き好ましくない。一方、天然および合成ゴムは溶剤を不可欠とし、これがボイド発生の原因となり、電気的、機械的性質において致命的欠点を招くものである。

本発明の画期的な点は、硬化後はゴムと同様にすぐれた弾性を示すにもかかわらず、ゴムと違い無溶剤タイプとして使用することができ、そのうえ、図1および図2に示したように、諸特性の面でも格段にすぐれており、特に熱劣化特性においてその差は顕著である。また、一般の軟質樹脂あるいは可とう化樹脂では電気的性質が著しく悪いのに対し、本発明の樹脂は十分満足しうる電気的性質を有するという大きな特長がある。

このようにぎん新たな機能および性能を有

する本発明の樹脂組成物は、末端にOH基を有し、かつ分子内の二重結合部分に水素を添加したポリブタジエンから成るグリコール成分と無水マレイン酸のような不飽和多塩基酸成分とを縮合させて得られる不飽和ポリエステルに、スチレンのような α, β 不飽和エチレン結合と共重合可能なビニル単量体を配合したものである。そしてこの組

成物を過酸化ベンゾイルのようなラジカル開始剤を用いて硬化させることにより、目的とする柔軟性、電気的、機械的性質および熱劣化特性のすぐれたゴム弾性を有する硬化物に変換することができる。本発明の樹脂組成物は、価格の点でも比較的安価である。たとえばシリコン樹脂の $1/3$ 、エポキシ樹脂との比較でもほぼ同等である。

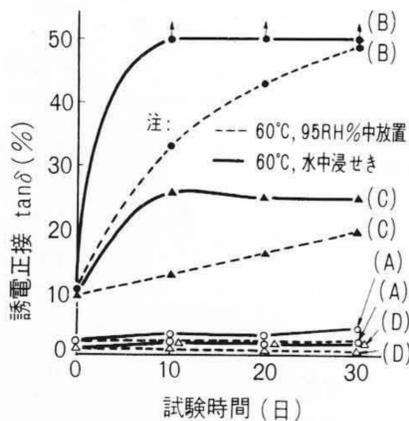


図1 高温耐湿、耐水—誘電正接特性

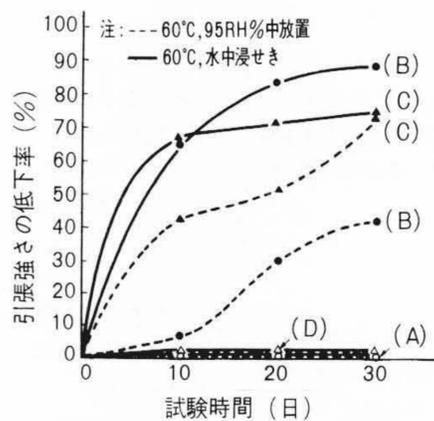


図2 高温耐湿、耐水—引張強さ特性

備考：(図1, 2)

| 供試品 | 種類 |
|-----|----------|
| (A) | 本発明品 |
| (B) | 軟質エポキシ |
| (C) | 軟質ウレタン |
| (D) | シリコン-LTV |