

電 気 設 備 維 持 規 格

(2011年11月15日追補)

この追補は、平成22年7月15日に改定された“電気設備維持規格”2010年版の追補である。したがって、今後、**JPI-8S-4-2010**とは、この追補も含むものとする。

なお、この追補は、石油学会ホームページ上で、該当箇所のみを示す。2011年11月15日の追補は次の15箇所である。

| | |
|--|----|
| <u>JPI-8S-4-2010 の該当頁： 2 頁 (管理番号：8S-4-2010 追補 01)</u> | 2 |
| <u>JPI-8S-4-2010 の該当頁： 3 頁 (管理番号：8S-4-2010 追補 02)</u> | 3 |
| <u>JPI-8S-4-2010 の該当頁： 10 頁 (管理番号：8S-4-2010 追補 03)</u> | 4 |
| <u>JPI-8S-4-2010 の該当頁： 13 頁 (管理番号：8S-4-2010 追補 04)</u> | 5 |
| <u>JPI-8S-4-2010 の該当頁： 23 頁 (管理番号：8S-4-2010 追補 05)</u> | 6 |
| <u>JPI-8S-4-2010 の該当頁： 59 頁 (管理番号：8S-4-2010 追補 06)</u> | 7 |
| <u>JPI-8S-4-2010 の該当頁： 71 頁 (管理番号：8S-4-2010 追補 07)</u> | 8 |
| <u>JPI-8S-4-2010 の該当頁： 97 頁 (管理番号：8S-4-2010 追補 08)</u> | 9 |
| <u>JPI-8S-4-2010 の該当頁：101 頁 (管理番号：8S-4-2010 追補 09)</u> | 10 |
| <u>JPI-8S-4-2010 の該当頁：106 頁 (管理番号：8S-4-2010 追補 10)</u> | 11 |
| <u>JPI-8S-4-2010 の該当頁：115 頁 (管理番号：8S-4-2010 追補 11)</u> | 12 |
| <u>JPI-8S-4-2010 の該当頁：119 頁 (管理番号：8S-4-2010 追補 12)</u> | 13 |
| <u>JPI-8S-4-2010 の該当頁：175 頁 (管理番号：8S-4-2010 追補 13)</u> | 14 |
| <u>JPI-8S-4-2010 の該当頁：176 頁 (管理番号：8S-4-2010 追補 14)</u> | 15 |
| <u>JPI-8S-4-2010 の該当頁：177 頁 (管理番号：8S-4-2010 追補 15)</u> | 16 |

4. 用語の定義

下線部 削除

| | |
|---------------------|---|
| シース絶縁抵抗 | ケーブル外被 (絶縁体を外傷、水分、有害物質などから保護する目的で設けられたビニルシースなど) の絶縁抵抗をいう。 |
| 遮へい層電気抵抗 | ケーブル遮へい層 (感電防止及び誘導防止などの目的で銅テープなどが使用されている) の電気抵抗 (導通、絶縁) をいう。 |

| | |
|----------|---|
| 石油精製事業所 | 石油精製を主な事業とする工場設備 (精製設備) を持った事業所をいう。 |
| 絶縁油分析 | 絶縁油の劣化判定の一手法で、一般分析・ガス分析・フルフルール分析などを総称していう。 |
| セミストップ | OF ケーブルの接続箱に設けられている装置で異状時 (負圧時) の場合、被害を最小にとどめるため、この部分で区分するものをいう。セミストップ装置とセミストップバルブで構成されている。 |
| た | |
| 脱器履歴 | 絶縁油中に溶解した水分や空気を除去した経歴があることをいう。 |
| 直流成分法 | 活線 (課電) 下において CV ケーブル絶縁劣化の診断を行う方法で、 参考 C1. による。 |
| 直流重畳法 | 活線 (課電) 下において CV ケーブル絶縁劣化の診断を行う方法で、 参考 C2. による。 |
| 直流漏れ電流試験 | CV ケーブルの劣化を精密に診断する方法で、直流高電圧発生装置により、各々の導体と遮へい層間に直流電圧を印加して、漏れ電流の時間的変化を測定する試験をいう。 |
| テーピング | 導体又は絶縁物の上に絶縁テープを重ね巻きすることをいう。 |

下線部 追記

| | |
|-------------|--|
| 電気設備 | <u>この規格で用いる電気設備とは、事業用電気工作物の内、石油精製事業所で使用されている受変電、配電設備及び装置内の負荷設備をいう。</u> |
|-------------|--|

| | |
|-------|--|
| 電子データ | コンピュータ上で数値計算や参照できる形で保存された数値データ・ドキュメント類をいう。 |
|-------|--|

下線部 修正

| | |
|--------|--|
| トラッキング | <u>ケーブル端末 (終端) 部の表面が汚損や紫外線・オゾンなどにより絶縁抵抗が低下して漏れ電流が流れるような状態となり、局所的な放電によって熱劣化しその表面上に発生する炭化現象 (絶縁破壊を起こすような現象) をいう。</u> <u>絶縁材料の湿潤あるいは汚損に伴って局所的な電界の強さの高まりが起り、沿面絶縁が低下していく劣化現象をいう。</u> |
|--------|--|

な

| | |
|-------------|---|
| ニューラルネットワーク | 人間の脳の構造を真似て作った情報処理機構。NEDO の研究ではこの情報処理機構を利用して、設備の診断データと寿命推定の相関を高めることに利用している。 |
|-------------|---|

JPI-8S-4-2010 の該当頁：3 頁 (管理番号：8S-4-2010 追補 02)

下線部 追記

保安記録

保安規程で定める保安検査の記録をいう。

保安点検

法律や保安規程で定める点検をいう。

ま

水トリー

CV ケーブルの絶縁物である架橋ポリエチレンなどに発生する、微小な水泡の集合体で、形状が樹枝 (tree) 状に成長した物をいう。絶縁体中の水分と電界の影響で発生し、劣化現象の一つである。

や

誘電正接

絶縁体としての性能を評価する一つの基準となるもので、絶縁体内部での電気エネルギー損失度合のことをいう。絶縁物の吸湿・汚損やボイド(空隙)での部分放電などによる誘電損失 (充電される電流と損失する電流との比) を正接 (tangent) で表す。

余寿命

現時点から、電気設備の機能を維持できなくなるまでの期間をいう。

ら

ライフサイクルコスト

設備の計画・設計・製作・施工・運用・保全を経て廃却又は再利用を含めたすべての段階及び期間全体を通して必要なコストをいう。

BAJ

Battery Association of Japan の略
(社)電池工業会

CIGRE

Coference Internatinal Des Grands Reseaux Electriques A Haute Tension の略
CIGRE (国際大電力システム会議) は民間の非営利団体で、1921年にフランスの Jean T. Laspierre 氏によって設立され、日進月歩の送変電技術について技術的問題検討のために IEC から独立して作られた。

IEC

International Electrotechnical Commision の略
国際電気標準会議

JCMA

The Japanese Electric Wire & Cable Maker's Association の略
(社)日本電線工業会

JEMA

The Japan Electrical Manufacturers' Association の略
(社)日本電機工業会

NEDO

New Energy and Industrial Technology Development Organization の略
(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構

下線部 追記

NFPA

NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION の略

34. 補修手順

34.1 一般事項 電気設備はいろいろな部品の集合体で構成されたものが多い。一部が機能不全になった場合でも装置への影響度から運転を停止できないあるいは運転を停止したとしてもごく短時間しか許されない重要な設備が多い。したがって、運転中及び運転停止時に現場で行われる電気設備の補修工事は次回検査時までの設備の信頼性を確保し、事故の未然防止を図るため、適切な方法で施工しなければならない。また、点検により異常を発見し補修の必要を認めた場合、劣化の傾向が顕著に現れた場合においては、状況、範囲などを確認し、適切な対策を検討する。~~その内容、緊急度に応じた措置を行なう。~~ 参考に図 4.1.1 に措置フローを示す。

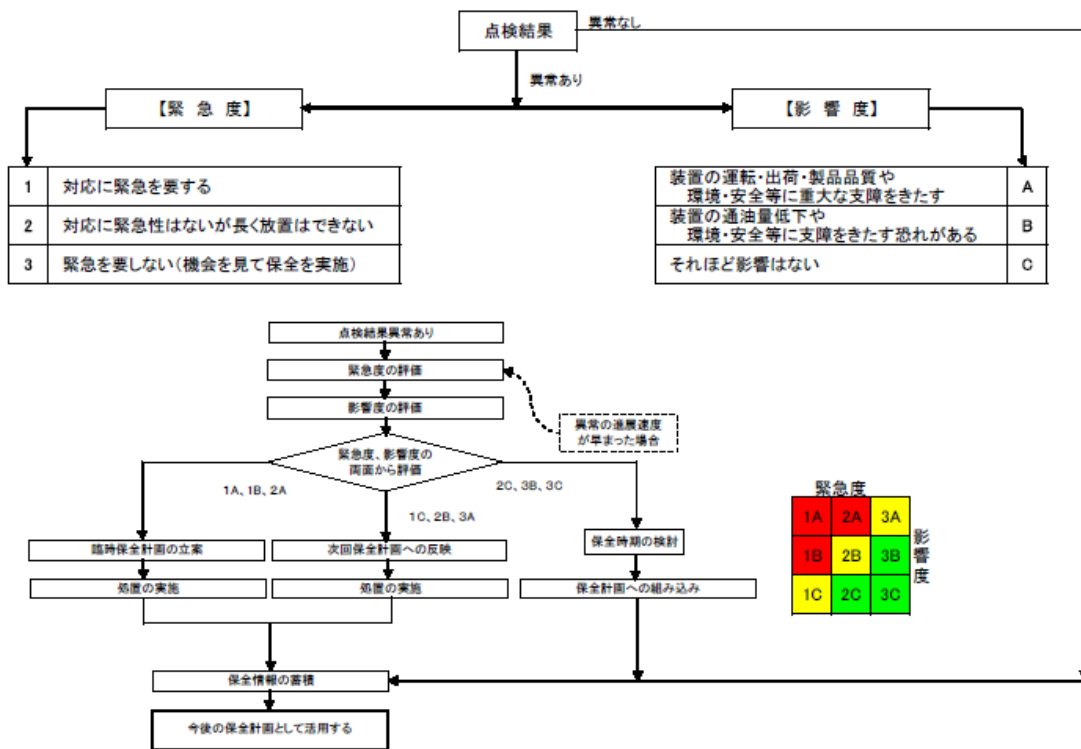


図 4.1.1 異常発見時の措置フロー (参考)

JPI-8S-4-2010の該当頁：13頁（管理番号：8S-4-2010 追補04）

下線部 追記

67. 変更管理 以下の a) ~d) のいずれかに該当する事象が生じた場合には、電気主任技術者の意見を参考にし、設備維持管理計画の再評価を行なう。設計や施工上の変更管理等は、維持規格の性格上除外する。

a) 劣化・損傷に関する新たな検査データが得られた場合

定期点検や臨時点検などで、電気設備の状態が変化していると思われる検査データが得られた場合は、精密点検の実施や点検周期を短縮するなどの見直しを行なう。

b) 運転条件の変更を行なう場合

負荷設備の運転や系統運用上の変更が生じる場合は、設備の監視方法や運用手順の見直しを行なう。運転条件が変更され系統の負荷電流などに変更が生じる場合は、保護協調の見直し、整定値管理表の修正、及び最新版管理を行う。

c) 設備の変更^{注1}を行なう場合

電気機器の変更、設置環境の変更や新たな設備を追加する場合は、設備維持管理計画に反映し、管理方法を定める。設備の変更に伴い、保護継電器の保護協調整定値の見直し及び整定値管理表の修正、最新版管理を行う。

d) 設備の補修を行なう場合

設備の補修を行なう場合は、補修内容、方法に応じて点検周期や点検内容の見直しを行なう。

注1：設備の型式、容量等全く異なるものへの変更

【参考 運転変更、負荷増設時の過電流保護見直しに関わるトラブル事例（2006年）】

| | |
|------|---|
| 事 例 | 運転変更、負荷増設時の過電流保護見直しに関わるトラブル |
| 概 要 | 電動機無負荷試験において電動機を起動したところ、上位配電線の過電流保護継電器が作動し、遮断器がトリップした。これにより同系統の装置が停止した。 |
| 機器仕様 | 定格電圧：6,600 V 定格電流：86A 製造年月日：1998年 |
| 用 途 | リサイクルコンプレッサー |
| 使用年数 | 8年 |
| 推定原因 | 電動機の起動電流(465A)とベース負荷電流(520A)の合成値と時限が、上位配電線の過電流整定値800A、5秒(1000A、3秒)を上回った為、遮断器がトリップしたものと推定。 |

JPI-8S-4-2010の該当頁：23頁(管理番号：8S-4-2010 追補05)

3. 変圧器劣化診断

3.1 外部点検 日常点検、定期点検時に五感又は付属されている計測器類により変圧器本体の変形、腐食や変圧器内部における異常の有無を点検する。

3.1.1 外観検査 外観検査の内容は表 3.1.1 による。

下線部 追記

表 3.1.1 外観検査の内容

| 設 備 | 点 検 項 目 |
|-----|--|
| 本 体 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 異常音の発生の有無 ・ 振動、共振音の有無 ・ 異常な臭気の有無 ・ 油漏れの有無 ・ 発せい（錆）の有無 ・ 接地線の損傷、断線、緩みの有無^{*注} ・ 露出端子部の異常の有無 |
| 計器類 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 油漏れの有無 ・ 計器面の汚れの有無 ・ 油面レベルの確認 ・ 窒素ガス漏れの有無（窒素封入形） ・ 指示値の確認 ・ 結露の有無 |
| 付属品 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 部品などの汚損・破損・脱落の有無 ・ ブッシング部加熱の有無 ・ ブッシング碍管部の亀裂の有無 ・ 露出端子部の異常の有無 ・ 油漏れの有無 ・ 発せい（錆）の有無 ・ 吸湿剤変色の有無 ・ 冷却装置の異常音の有無 ・ 水冷式冷却器の漏水の有無 |

*注：電気設備の技術基準において、変圧器の外装接地、中性点接地、混触による危険防止用接地が求められている。

振動、騒音の異常により、内部の異常を検知し補修した事例を参考として次に紹介する。

JPI-8S-4-2010 の該当頁：59 頁 (管理番号：8S-4-2010 追補 06)

4.2.4 防食層絶縁抵抗データの評価 防食層絶縁抵抗データの判定レベルの例を表 4.2.4 に示す。
この数値を参考に、判定基準を定め管理することが望ましい。

表 4.2.4 防食層絶縁抵抗判定基準例

| 試験項目 | 測定器 | 要注意判定 |
|-----------|----------------|-------|
| 防食層絶縁抵抗測定 | 250～1,000V メガー | 1MΩ未満 |

下線部 修正、追記

4.3 遮へい層の接地 ケーブル遮へい層の接地は、遮へい層に誘起電圧が発生しないようにすることで、人体、機器などに与える影響を防ぐ目的で接地されている。接地配線は、導通があり、腐食などによる減線又は断線がないことを確認する。

4.3.4.4 点検周期 石油精製事業所での点検周期を表 4.3.1 に示す。

表 4.3.1 点検周期 (石油精製事業所)

| 点検項目 | CV ケーブル | | | | OF ケーブル |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | 3kV | 6kV | * 11kV | * 66kV | 66kV |
| 目視検査 | 3 か月～4 年 | 3 か月～4 年 | 1 か月～1 年 | 1 か月～1 年 | 1 か月～1 年 |
| 直流漏れ電流 | 2～6 年 | 2～6 年 | 2～6 年 | 2～6 年 | |
| 直流重量法 | 3 か月～4 年 | 3 か月～4 年 | 1 年 | 1 年 | |
| 直流成分法 | 3 か月～4 年 | 3 か月～4 年 | 1 年 | 1 年 | |
| シース絶縁抵抗 | 2～6 年 | 2～6 年 | 1 年 | 1 年 | |
| 遮へい層電気抵抗 | 3 か月～4 年 | 3 か月～4 年 | 2～6 年 | 2～6 年 | |
| 油中ガス分析 | | | | | 2～6 年 |
| 絶縁油分析 | | | | | 2～6 年 |
| 防食層絶縁抵抗 | | | | | 2～6 年 |

備考 * 印は、特別高圧 CV ケーブルにつき、参考点検周期とする。

5. 補修と更新 点検結果により異常と判断されるものについては、補修又は更新を検討する必要がある。ここでは、その代表例を記述するものとし、詳細は点検結果を踏まえ、状況により個々に検討のうえ補修方法を決定する。

5.1 補修 巡視点検又は絶縁診断により異常が発見された場合には、絶縁破壊にいたる前に補修する。その補修工法は、異常の種類又は程度により異なるため、ここでは一般的な補修方法について記述する。

5.1.1 CV ケーブルの補修 日常点検及び定期検査において劣化、異常現象が見受けられた場合には、環境条件、保全記録などから必要に応じて精密検査を実施することが必要になる。

ここでは、トラブル事例を踏まえた一般的な補修方法について記述する。

JPI-8S-4-2010 の該当頁：71 頁 (管理番号：8S-4-2010 追補 07)

2.3.8 制御配線 制御配線の劣化は絶縁被覆が主であり、その要因は熱的要因、機械的要因及び吸湿である。図 2.3.1 [6] に劣化要因とプロセスを示す。

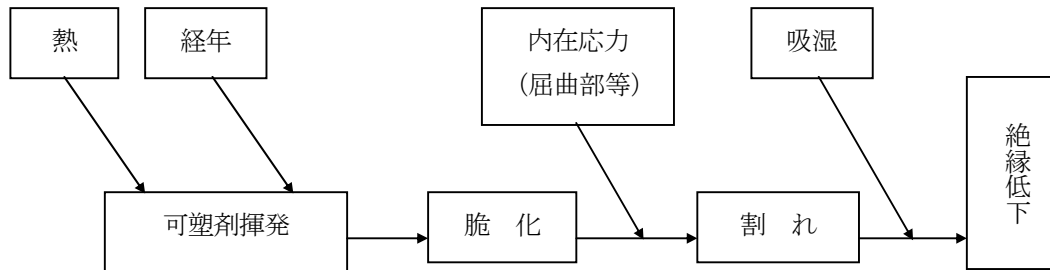


図 2.3.1 制御配線（絶縁被覆）の劣化要因

下線部 追記

2.3.9 接地設備 接地設備は不完全な状態にある場合、以下のような事象が発生するおそれがある。

- a) 雷などによる異常電圧発生時に、サージ保護装置が正常動作しない、機器が損傷するなどのおそれがある。
- b) 不等電位による機器の誤動作により、データ誤信号、発信器の誤指示が発生するおそれがある。
- c) 静電気放電により電子機器が損傷又はシャットダウンするおそれがある。
- d) 接地により保護装置の不要動作や動作不良又は電圧低下が発生するおそれがある。
- e) 接地極の試験により非接地状態になる場合、通电されていない回路に電圧が発生するおそれがある。
- f) 接地極との接続不良により電子機器の損傷、誤動作、不要動作が発生するおそれがある。

【参考 アメリカにおいて電気機器の保守に関するガイドラインとして規定され、産業用に推奨しているNFPA70B “Recommended Practice for Electrical Equipment Maintenance” では、電子回路における基準電位の確保を目的として信号接地、電子機器・電気機器の誤動作防止のためにシールド接地（電磁シールド、静電シールド）が有効とされている。

参考終】

2.4 寿命 電気機器の寿命については、一般的に「使用中に被る種々のストレス、経年的な劣化などによって、その機器の電気的性能及び機械的性能が低下して、使用上の信頼性及び安全性が維持できなくなるまでの時間」と考えられている。しかし、このような寿命に対し、技術革新の早い今日では、「優れた新しい機能を持った新製品が開発されたことによって、現存のものが社会的及び経済的にも陳腐化したとき」とする考え方もある。

これらの寿命に対する考え方について分類すると、表 2.4.1 [12] のようになる。

JPI-8S-4-2010の該当頁：97頁(管理番号：8S-4-2010 追補08)

4.3.10 操作スイッチ・補助リレー 接点の荒れや接点部の腐食などによる接触抵抗値の増加などがないこと。コイル等の過熱による変色がないこと。接触抵抗値として、100mΩ以下を目安とすべきである。

【参考 製造業者の接触抵抗値】

製造業者の接触抵抗管理値としては、30mΩ、50mΩ、100mΩ以下(機種によって接触抵抗値が異なる)という数値がある。

参考終】

下線部 追記

4.3.11 接地設備 接地極は接地工事の種類ごとに、接地抵抗計による測定で、決められた接地抵抗値以下であること。また、接地配線は、導通があり、腐食などによる減線又は断線がないこと。

【参考 接地抵抗値】

| <u>適用法規</u> | <u>種類</u> | <u>抵抗値 (Ω)</u> |
|--|------------------|--|
| <u>電気事業法</u> <u>(電気設備の技術基準の解釈)</u> | <u>A種接地</u> | <u>10以下</u> |
| | <u>B種接地</u> | <u>150 / 1線地絡電流 以下</u> |
| | <u>C種接地</u> | <u>10以下</u> |
| | <u>D種接地</u> | <u>100以下</u> |
| <u>消防法</u> <u>(危険物の規制に関する政令)</u> | <u>静電気除去用接地</u> | <u>値はないが大凡100</u> |
| | <u>避雷接地</u> | <u>A型接地極 2極、10未満</u> <u>B型接地極 環状、基礎、網状</u> <u>接地極</u> <u>(JIS A 4201の規定による)</u> |
| <u>高圧ガス保安法</u> <u>(コンビナート等保安規則)</u> | <u>静電気除去用接地</u> | <u>100以下</u> |
| <u>二</u> | <u>信号線零電位用接地</u> | <u>10以下が望ましい</u> |

参考終】

4.4 機能検査データの評価

4.4.1 作動検査 盤面及び遠隔操作スイッチなどによる遮断器類の開閉動作及び表示が正常であること。また、引出形機器(遮断器・開閉器類)や断路器などのインターロックが正常であること。

4.4.2 連動検査 制御盤や継電器類の接点を作動させることなどにより、一連の動作及びターゲット表示などが正常であること。

JPI-8S-4-2010の該当頁：101頁（管理番号：8S-4-2010 追補09）

5.3.5 補助リレー 異常信号の接点増幅として使用される場合が多く、寿命が短い傾向にあること及び取替えが容易であることから原則として交換補修とする。なお、交換に際しては、信頼性向上の為、ダブル接点や金メッキ接点の採用などの方法もある。応急処置としては、鉄心吸着面のごみや錆などにより唸りが生じている場合には、これらを除去し防錆剤を塗布する。また、異常時に閉じる接点については接触不良とならないように接点クリーナなどにより手入れをする方法がある。

下線部 追記

5.3.6 接地設備 接地線、接地極の抵抗値が上昇し、規定値以上になった場合は補修を行う。接地極の腐食の多くは電食によるものであるため、異種金属の使用は避けなければならない。

- － 接続部の清掃、増し締めを行う。
- － 損傷、腐食しているものは補修又は取替を行う。
- － 必要に応じて接地棒の打ち増しや接地抵抗低減材等を使用し、接地抵抗値を低減する。

JPI-8S-4-2010の該当頁：106頁(管理番号：8S-4-2010 追補10)

2.2 電動機本体の劣化

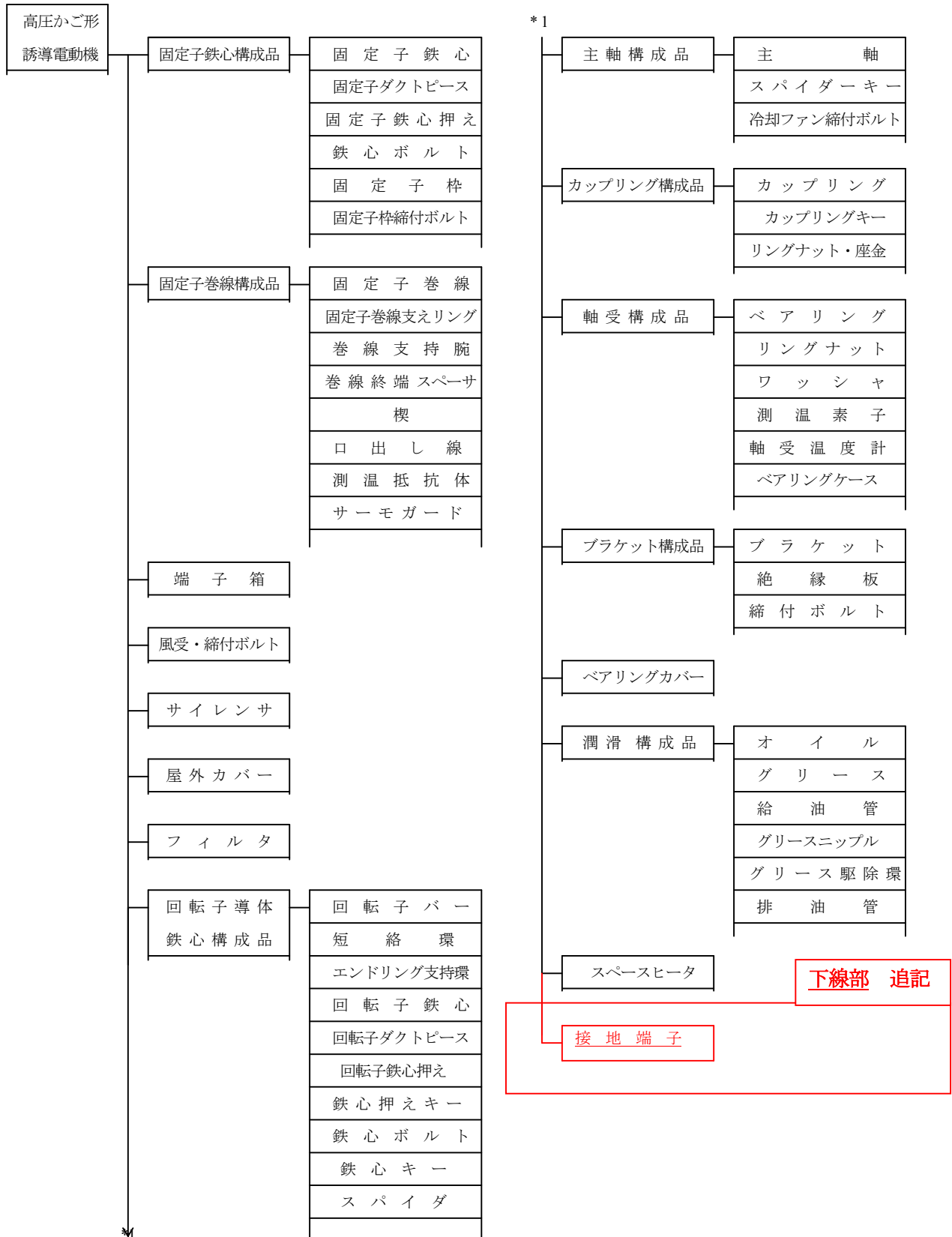


図 2.1.2 高圧かご形誘導電動機の機器構成 (例)

JPI-8S-4-2010 の該当頁 : 115 頁 (管理番号 : 8S-4-2010 追補 11)

3. 電動機の劣化診断

3.1 外観点検

3.1.1 外部点検

- a) **電動機本体** 電動機本体の外部点検は、主に据付状態、接地、汚損、塗装などのほか連結状態、端子箱、冷却ファン、屋外カバーなどの腐食、変形等を目視で点検する。運転中においては音、振動、臭気、温度などに異常がないか五感及び聴音棒・振動計などにより点検する。

下線部 追記

電動機の接地は、対象施設により高圧ガス保安法で要求される回転機の静電接地を兼用すること
があり、電気事業法で要求される電気接地とともに要求事項に従い点検する。

- b) **軸受** グリース漏れの有無や潤滑油の油面状態、運転中においては本体同様、軸受の音、振動、臭気、温度など、また、潤滑油の油量やオイルリングについても点検する。
- c) **付属品** 水冷式冷却器は、冷却器カバー、フィンチューブ、水室、ガスケット、バルブ、給水管、配水管、漏水検知器など、チューブの腐食、変形及び漏洩などについて点検する。
空冷式冷却器は、ファンカバーの目詰まりや、ファンの損傷などについて点検する。

3.1.2 **内部点検** 内部点検には、軸受点検を主体とするブラケットを開放した普通点検と、回転子を引き抜いて行う精密点検とがある。軸受の内部点検については **3.1.3** に記述する。

JPI-8S-4-2010の該当頁：119頁（管理番号：8S-4-2010 追補12）

4. データの評価と点検周期

4.1 外観点検データの評価

4.1.1 外部点検データの評価 日常点検、定期点検における外部点検データにより、必要に応じ補修を実施するか、更に詳細な臨時点検を行う。

a) 電動機本体 五感及び聴音棒・振動計などによる電動機本体の判定基準を表4.1.1^[21]^[23]に示す。

表 4.1.1 電動機本体・外部点検の判定基準（石油精製事業所）

| 点検対象 | 点検項目 | 判定基準 |
|------|---------|---|
| 外 観 | 固定子枠の汚損 | 平常の運転時に比べ著しい変化がないこと。 |
| | 軸貫通部の汚損 | 平常の運転時に比べ著しい変化がないこと。 |
| | 外部塗装 | 損傷、変色、はがれ、錆がないこと。 |
| | 接 地 | 確実に接地がされていること。 <u>接地抵抗値が定められた値以下であること。</u> |
| 運転状況 | 振 動 * | 平常と異なる振動や振幅増大がないこと。 |
| | 臭 気 | 焦げくさい臭いがいないこと。 |
| | 異 音 | 平常と異なる音響や騒音レベルの増大がないこと。 |
| | 固定子枠温度 | 正常の運転温度に比べ異常上昇がないこと。 |
| | 電 流 | 定格値以下であること、周期的な振れのないこと。 |
| | ブラシ | 火花の発生や躍りのないこと。 |

下線部
追記

下線部 追記

備考 接地抵抗値について、電気事業法で要求される電気接地は、A種・C種接地：10Ω以下、D種接地：100Ω以下。高圧ガス保安法で要求される静電接地を兼用する場合は、静電接地：100Ω以下。

注* 石油精製事業所における電動機負荷運転時振動の許容振動管理値を次表に紹介する。

| 電 動 機 | | 許容振動振幅 〔両振幅〕 (μm) |
|-------|--------------------------|----------------------|
| 極 数 | 同期速度(min ⁻¹) | |
| 2 | 3,600 | 40 |
| | 3,000 | 43 |
| 4 | 1,800 | 50 |
| | 1,500 | 57 |
| 6 | 1,200 | 70 |
| | 1,000 | 80 |

付属書 A 電気設備の重要度分類

- 1. はじめに** ここに紹介する電気設備の重要度分類による管理方法は、電気事業法で定める保安規程により検査周期、検査項目を超えて適用するものではない。したがって、保安規程の定める範囲内において、資源を有効に投資、活用しようとするものである。
- 2. 基本的考え方** 電気設備の信頼性維持管理に必要な点検、補修を効果的に実施するため、各機器の影響度と機器の性能低下による事故発生確率の面から重要度分類を行い、点検補修の必要性又は点検内容の細密度合を決定しようとするものである。この手法により、限られた資源をより適切に投資することで設備の信頼性をより高度に維持し、安全操業に寄与するものである。
- 3. 適用範囲** 石油精製事業所内の主要電気設備に適用する。
- 4. 実施手順** 機器ごとに設定された影響度ランクと事故発生確率ランクによるマトリックスを作成し、重要度分類を行う。重要度の高い機器が最も優先的に点検、補修、細密な診断などを実施する対象と位置付ける。

下線部 修正、追記

影響度のランクについては装置影響、火災爆発、人身、環境、品質など複数の側面から評価され、~~る場合があります、その場合には各要素におけるランクを合算してランク付けすることができる。この場合、各要素で重み付けなどすることも考えられる。その最大のランクを選択する方法や各要素を重み付けして合算する方法などもある。~~事故発生確率のランクについても同様であるに使用年数、環境、点検データなどから評価する。

影響度ランクは比較的固定的な側面があるが、事故発生確率のランクは日常点検や定期点検の結果を反映する必要があり、一度の判定で将来も継続したランクにあるとは限らない。この手法で効果を上げるためには、点検結果を確実に反映させることが重要である。

- 5. 影響度** 各機器又は系統ごとに事故、故障時の装置への影響度による評価を行い、影響度を区分する。区分は3ないし5段階程度が望ましい。

下線部 追記

電気設備の影響度の設定方法としていくつかの考え方があるが、ここでは石油精製事業所の電気設備を前提にして故障時に装置におよぼす波及度などからランク付けするものとした。安全制御装置などは、その機能が働かなかった時の装置に及ぼす影響を評価する。

設備の冗長化は重要設備に対して行われるが、故障による装置への波及度はむしろ減少すると考えることができるため、影響度ランクは下がると考えることもできる。各機器の影響度を決定する場合、機種が異なっていると判断の項目が必ずしも同一とならず、一律に当てはめることは不都合が生じる。

影響度のランク付けは、次の視点から設備の種類にマッチした項目を選択する。

- **停電による装置停止の波及度合** 電力会社の事故を除き、停電による装置への波及度合は系統上位の機器が想定される。電力母線、配電盤、幹線ケーブル、変圧器といったものが上位に位置

JPI-8S-4-2010 の該当頁：176 頁 (管理番号：8S-4-2010 追補 14)

- **運転監視不能 (制御電源供給)** 電力の供給対象により、電気設備の影響度を分類することもできる。装置の制御電源への供給は、影響度として上位にあり、照明などは下位となる。

下線部 追記

- **安全制御装置** 安全制御装置などは、装置が危険な状況に陥った状況で機能するもので、故障による影響は上位にある。その機能と範囲で影響度が異なる。

- **装置内重要機器** 装置内では、運転プロセス上欠くことのできない機器、通油制限があるが運転が継続可能な機器などそれぞれ影響度がやや異なっている。一律の保全を回避し、効率よく資源を投資する目安となる。

- **装置運転、停止の複雑さ** 上記とは趣が異なるが、運転操作の複雑さから電気設備の影響度を上位に位置付けることも考えられる。

下線部 追記

- **設備故障時の復旧費用、復旧時間** 故障による装置への影響の他に、故障時確実に起こりうる損傷形態、比較的起こりやすい損傷形態を想定し、それに対する復旧費用又は補修費要及び復旧時間を考慮し影響度を算定することもある。

6. 事故発生確率 各機器の使用年数、環境、点検データなどから、機器の事故発生確率を想定し区分する。区分は3ないし5段階が望ましい。

事故発生確率は、電気設備が故障する確率ということができる。通常、MTBF、MTTR などの数値で量化が可能である。事業所内の電気設備で考えた場合、設置後の年数、環境の相違、変化、モニタリング、機器の信頼性や点検結果などからランク分けすることができる。

事故発生確率は影響度とは異なり、劣化が進むにつれその確率が高くなる。

冗長化により設備点数又は数量が増加することにより事故発生確率は上昇するが、システム全体が停止する確率は低減する。

下線部 修正、追記

- **設置経過年数** 設置後の年数又は運転開始後の年数により劣化が進行していると考えられるもの。~~10年から15年以下では大きなインパクトにはならないもの。~~電気設備は寿命算定や劣化速度の推定は難しいが、経時的劣化は明らかに存在する。このため、製作段階で見込まれる設計寿命などの情報に基づき故障発生確率を定義することが望ましい。

- **設置環境** 設置環境は、劣化進展速度に影響する。屋内で空調が装備されている場合とない場合、屋外で高温多湿である場合などは劣化進展度合に違いが生じる。

- **点検結果による危険度** 目視点検、性能試験結果などから、故障発生の可能性を押し測るもの。事故発生確率のランク付けに大きなウェイトを占める。中間的な状態 (ex 当面の使用には問題ないが、徐々に故障の起きる確率が増加し、不良判定に至るまでの状態)における故障発生確率の定義を行う必要がある。 間歇データのため、評価には注意を要する。

- **運転中モニタリングデータによる危険度** 連続的に監視し劣化進展度合が顕著に読み取ることができる。精度的に劣る場合があり他の点検と併用しての事故発生確率判定が必要である。中間的な状態 (ex 当面の使用には問題ないが、徐々に故障の起きる確率が増加し、不良判定に至るまでの状態)における故障発生確率の定義を行う必要がある。

JPI-8S-4-2010 の該当頁 : 177 頁 (管理番号 : 8S-4-2010 追補 15)

【影響度と事故発生確率の考え方】

— **影響度、事故発生確率からの保全優先度決定手法例**

| 影 響 度 | 事故発生確率 |
|-------------------|--------------------|
| 停電による装置停止の波及度 | 設置経過年数 |
| 重要装置の停止(フィーダー優先度) | 設置環境 |
| 運転監視不能 (制御電源供給系統) | 点検結果による危険度 |
| 装置内重要機器 | 運転中モニタリングデータによる危険度 |
| 装置運転停止の複雑さ (可否) | |

— **影響度の考え方** 電気設備の種類で影響度の項目を別にする。

受配電設備、幹線ケーブルでは、装置停止の波及度、フィーダー優先度。

変圧器では、装置、負荷設備の影響度。

回転機では装置内の影響度、短時間停止の可否などから3~5段階に分類。

— **事故発生確率の考え方** 設置経過年数、設置環境、点検データ、モニタリング状況などから対象設備の事故発生確率を3~5段階に分類。

— **点検の実施検討に際し** 保安規程で定める周期での点検は省略できない。

| | 発生確率 5 | 発生確率 4 | 発生確率 3 | 発生確率 2 | 発生確率 1 |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 影響度 5 | 5 | 5 | 4 | 4 | 3 |
| 影響度 4 | 5 | 4 | 4 | 3 | 2 |
| 影響度 3 | 4 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 影響度 2 | 4 | 3 | 2 | 1 | 1 |
| 影響度 1 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 |

(実施優先度評価) 5: 最優先 4: 優 先 3: 普 通 2: 再検討 1: 見送り

(点検内容評価) 5: 精 密 4: 普 通 3: 簡 易 2: 再検討 1: 見送り

下線部 追記

実施優先度評価・点検内容評価など、各機器の影響度、事故の発生確率の予測から優先付けを行い点検、補修計画を作成する。同じランクの場合であっても、どちらかの選択が必要である場合のため、詳細な決定手順を定めることが望ましい。

事故発生確率は、基本的に設置年数、劣化度合、点検結果などから変動する要素を持つ。

区分は各事業所が任意に設定し、その区分方法、データ評価、適用方法について事前に定め適用する。

| | 発生確率 3 | 発生確率 2 | 発生確率 1 |
|-------|--------|--------|--------|
| 影響度 3 | 4 | 3 | 2 |
| 影響度 2 | 3 | 2 | 1 |
| 影響度 1 | 2 | 1 | 1 |

4: 最優先、3: 優 先、2: 検 討、1: 見送り

電 気 設 備 維 持 規 格

(2012年10月29日追補)

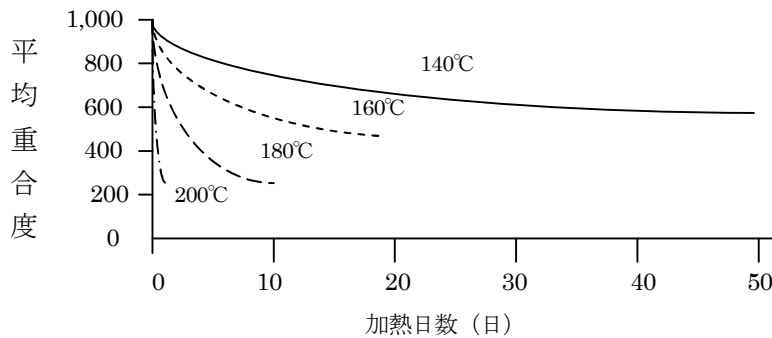
この追補は、平成22年7月15日に改定された“電気設備維持規格”2010年版の追補である。したがって、今後、**JPI-8S-4-2010**とは、この追補も含むものとする。

なお、この追補は、石油学会ホームページ上で、該当箇所のみを示す。2012年10月29日の追補は次の9箇所である。

| | |
|--|----|
| <u>JPI-8S-4-2010</u> の該当頁：18頁 (管理番号：8S-4-2010 追補16) | 2 |
| <u>JPI-8S-4-2010</u> の該当頁：70頁 (管理番号：8S-4-2010 追補17) | 4 |
| <u>JPI-8S-4-2010</u> の該当頁：81頁 (管理番号：8S-4-2010 追補18) | 6 |
| <u>JPI-8S-4-2010</u> の該当頁：82頁 (管理番号：8S-4-2010 追補19) | 7 |
| <u>JPI-8S-4-2010</u> の該当頁：109頁 (管理番号：8S-4-2010 追補20) | 9 |
| <u>JPI-8S-4-2010</u> の該当頁：118頁 (管理番号：8S-4-2010 追補21) | 11 |
| <u>JPI-8S-4-2010</u> の該当頁：119頁 (管理番号：8S-4-2010 追補22) | 12 |
| <u>JPI-8S-4-2010</u> の該当頁：146頁 (管理番号：8S-4-2010 追補23) | 13 |
| <u>JPI-8S-4-2010</u> の該当頁：167頁 (管理番号：8S-4-2010 追補24) | 15 |

JPI-8S-4-2010の該当頁：18頁(管理番号：8S-4-2010 追補16)

平均重合度と加熱日数の相関関係は、おおむね図2.1.2^[1]のとおりである。



下線部 修正

備考 この図は、電気協共同研究会第54号(その1)(油入変圧器の保守管理)による。

図2.1.2 平均重合度と加熱日数との関係^[1]

- b) **局部過熱** 負荷電流に含まれる高調波電流により、巻線や鉄心付近の構造物に渦電流損が増加し局部過熱が生じる。また、直流電流の重畳により鉄心内の磁束が飽和し、励磁電流の増加及び漏れ磁束の増加(直流偏磁)を生じ、鉄心付近の金属性構造物にヒートスポットが形成され絶縁紙の劣化が急激に進展する。同時に、鉄心の締付け部に緩みが生じる。
- c) **多頻度ヒートサイクル** 変圧器温度の上昇と下降が多頻度になると、鉄心、巻線及び構造物に熱応力による疲労及び熱膨張・収縮の変位の蓄積によって、巻線及び鉄心の締付力が低下し、振動の増加、鉄心皮膜の損傷などが生じる。
- d) **その他** 上記及びその他の要因で発生する熱で絶縁物の酸化及び熱分解が起きる。これにより絶縁油は絶縁性能が低下する。絶縁紙は機械的強度が低下することにより絶縁性能も低下する。

2.1.2 電氣的要因及び劣化

- a) **インパルスコロナ** サージ電圧が加わった場合、変圧器内部でインパルスコロナが発生する可能性がある。この場合絶縁物を劣化させ絶縁性能が低下する。
- b) **部分放電** 1線地絡などの系統事故による交流過電圧が加わった場合、変圧器内部で部分放電が発生する可能性がある。これにより絶縁物を損傷し絶縁性能が低下する。
- c) **静電気放電** 大容量の強制油冷変圧器では絶縁油特性変化により流動帯電が増加すると、変圧器内部で静電気放電が発生し、油中ガス分析によるアセチレンの検出や絶縁破壊にいたる場合がある。

2.1.3 機械的要因及び劣化

- a) **振動及び緩み** 外部事故が発生した場合、定格電流の数十倍の事故電流が流れ、多頻度開閉を行った場合にも、定格電流の数倍の励磁突入電流が流れる。この過電流の2乗に比例した電磁力によってコイルと絶縁物及び締付構造物の間に緩みが生じ、振動や騒音が増加する。また、過負荷運転が多頻度もしくは長期継続した場合も、鉄心、コイル締付部、リード接続部などが緩み、振動増加、局部過熱の原因となり、絶縁紙の劣化などへ進展する可能性がある。

下線部 追記

ブッシング部が
長期間にわたる励磁振動やパッキンの劣化により締付ナットに緩みが生じ、接触抵抗が増大したことによる局部過熱で締付ナットが溶損した事例もある。

下表 追記

| 【参考 共用トランスの二次端子緩み (2001年)】 | |
|----------------------------|---|
| 事例 | オンサイト共用トランスの不具合 |
| 概要 | オンサイト共用の低圧動力トランスの負荷である低圧電動機のうち6台が過電流でトリップした。 |
| 機器仕様 | 3相 750kVA 60Hz 油入変圧器 一次電圧：6300V / 二次電圧：460V/266V 1971年製 |
| 用途 | 低圧動力トランス |
| 使用年数 | 30年 |
| 状況 | <p>低圧動力トランスの二次側電圧が三相不平衡となり電動機が過電流でトリップした。 (基準電圧 440V 各相の電圧 u1-v1 ; 425V、v1-w1 ; 395V、w1-u1 ; 355V) また、低圧動力トランスは二次ブッシング碍子 w1 相のパッキン部の黒変色、w1 相ブッシング端子周辺の絶縁油付着、同ブッシングが緩んで動くことが認められた。 工場中で身を吊上げて内部を確認した結果では、内部リードと黄銅製ナットの溶損が認められた。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>外側から見た二次ブッシング</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>内側から見た二次ブッシング</p> </div> </div> |
| 原因 | トランスの励磁振動及びパッキン劣化により、トランス二次側 w1 相の内部側端子締付ナットが緩み接触抵抗が増大したため、負荷電流による局所的なジュール熱によりナットが溶損した。 |
| 対策 | 異常の早期発見のため、日常点検では電圧確認を3相とも実施する。定期点検では①巻線抵抗測定、②端子部のタッピング(打音チェック)、③内部目視点検(同形状トランスのみ)の3項目を追加した。また、温度監視強化としてサーモラベルを貼り付けた。 |
| 考察 | ブッシングの取り付け箇所にパッキンを使用しているものは、パッキンの経年劣化でナットの締め付けトルクが低下する可能性がある。定期点検で締め付け確認ができないものは、ブッシング部が目視点検可能な場合、日常点検で油にじみ、変色等の異常の有無を監視することが必要である。 |

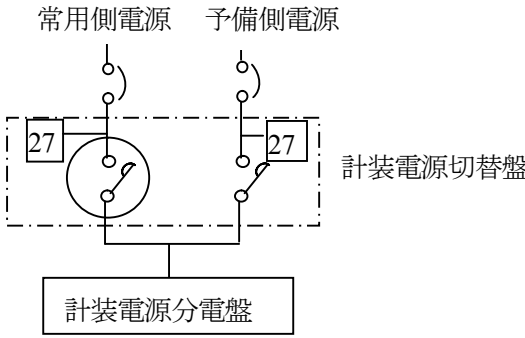
参考終】

下線部 追記

表 2.3.2 低圧電磁開閉器の劣化要因、劣化現象と予測される主な故障

| 劣化要因 | | 劣化現象 | 影響箇所 | 予測される故障 |
|---|---------------------------|------------------------------|----------------------------|---------|
| 温度 | 高温 | 絶縁劣化 | コイル | コイル焼損 |
| | | | リード線 | リード線断線 |
| | | | 絶縁部 | 短絡・焼損 |
| | | 変形 | 機構・構造部 | 可動部拘束 |
| | | 脆化 | 機構・構造部 | 破損 |
| | | 絶縁部の枯れ | 機構・構造部 | 緩み、がた |
| | <u>電子回路部品の劣化</u> | <u>制御部</u> <u>(コンデンサ)</u> | <u>不要動作</u> <u>動作不良</u> | |
| ヒートサイクル | 膨張、収縮による劣化 | 機構・構造部 | 緩み、がた | |
| | | コイル | 断線 | |
| 湿度 | 多湿・結露 | 発せい(錆) | 鉄心 | うなり音発生 |
| | | 絶縁耐力の低下 | 機構・構造部 | 短絡 |
| 塵埃・異物 | 摩耗増大 | 機構部 | 開放不能 | |
| | | 鉄心 | うなり音発生 | |
| | かみ込み | 鉄心 | うなり音発生 | |
| | | 接点 | 接触不良 | |
| | 堆積 | 機構部 | 可動部拘束 | |
| 腐食性ガス (二酸化硫黄、 硫化水素、 窒素酸化物、 塩素、 アンモニア、 オゾン など) | 金属腐食 | 絶縁部 | 短絡 | |
| | | 鉄心 | うなり音発生 | |
| | | 接点 | 接触不良、異常発熱 | |
| | 機構・構造部 | 破損 | | |
| 絶縁劣化 | 機構・構造部 | 破損、短絡 | | |
| 応力腐食割れ | 機構・構造部 | 破損 | | |
| 導電部 | 導通不良 | | | |
| 振動・衝撃 | ねじの緩み | 導電部 | 導通不良、異常発熱 | |
| | 摩耗増大 | 機構・構造部 | 破損 | |
| | 疲労破損 | 機構・構造部 | 破損、コイル断線 | |
| オイルミスト | 接触抵抗大 | 接点 | 接触不良 | |
| | 異常摩耗 | 接点 | 焼損、溶着 | |
| | 粘性増加 | 鉄心 | 開放不能 | |
| 使用条件 | 電圧 開閉頻度 開閉電流 周波数 | 絶縁劣化 | コイル | コイル焼損 |
| | | 異常摩耗 | 接点 | 焼損、溶着 |
| | | 疲労破損 | 鉄心、構造部 | 破損 |

下表 追記

| 【参考】 低圧電磁接触器開放事例 (2010年)】 | |
|---------------------------|--|
| 事 例 | 電解コンデンサ寿命による低圧電磁接触器開放 |
| 概 要 | 計装電源常用・予備用(2系統)切替盤の電源切替用電磁接触器(常用側)が開放し、計装電源が停電した。 |
| 機器仕様 | 計装電源切替盤： AC100V 常用側/予備側の2系統受電、常用側優先の2秒停電で、電磁接触器開放・投入で予備側に切替。停電検出は電磁接触器の1次側 電磁接触器： 電子ユニット搭載型、コイル定格：AC100-127V、DC100-110V 1995年製 |
| 用 途 | 計装電源切替用 |
| 使用年数 | 16年 |
| 状 況 | 計装機器関連の故障警報が発報。現場調査の結果、計装電源分電盤が停電していた。給電元の計装電源切替盤の受電点では常用/予備側共に正常に受電していたが、電源切替に使用している電磁接触器が常用/予備側共開放しており、計装電源分電盤へ給電できていなかった。  |
| 原 因 | 当該電磁接触器(設置から約16年使用)に搭載されている電子ユニット内の電解コンデンサが劣化し、誤動作(開放)した。 [参考に、メーカー情報では、電子ユニットを搭載している電磁接触器の寿命は、電解コンデンサの寿命により約10年～15年であった。] |
| 対 策 | 当該電磁接触器を交換して復旧した。 電解コンデンサを使用した電子ユニットが搭載されている電磁接触器は、メーカーからの情報や使用実績・重要度等を考慮し、計画した交換周期で取替を実施する。 |
| 考 察 | 電磁接触器によっては電解コンデンサを用いた電子ユニットを搭載したのがあることを認識し、新規導入及び更新時は構成部品の確認を行い、適正な交換周期を計画する必要がある。 |
| 参考終】 | |

JPI-8S-4-2010 の該当頁 : 81 頁 (管理番号 : 8S-4-2010 追補 18)

- b) **通電特性試験** 接触抵抗値が増加すると過熱現象が発生し、状況によっては接点の溶着、接点近辺の絶縁材が過熱劣化を生じ、機能不良となる。これらの劣化状態を把握するために直流通電で電圧降下法により接触抵抗値の測定を行う。
- c) **開閉特性試験** 通常の使用状態では静止状態にあり、遮断器の各部に使用されている潤滑剤の劣化、機械的摺動部の劣化など経年により始動摩擦が増加し、動作時間の遅れなどを生じ機能不良となる。閉路試験は閉路制御コイルの電流通電開始から主接点「閉」までの時間、及び三相同時差・各相のチャタリング時間も測定する。開路試験は開路制御コイルの電流通電開始から主接点「開」までの時間を測定し動作不良の有無を判定する。その他、制御コイルについて、テスト用電源を供給し、閉路制御及び開路制御動作の電圧変動範囲(定格電圧に対する%)を確認する。
- d) **絶縁油の劣化診断** 油遮断器の絶縁油について次の試験分析を行う。
- － 絶縁耐力
 - － 全酸価
 - － 油中水分量

3.4.3 限流ヒューズ特性 ここではヒューズリンクとヒューズホルダ一体の抵抗を測定し、初期値と比較して劣化の判定を行う。可溶体に亀裂が生じていても抵抗はほとんど変化しないため判定が難しい。

限流ヒューズの性能を十分発揮し、信頼性の高い運転を継続させるために、診断結果・始動・停止回数などの管理や経過年数なども考慮し交換することが望ましい。

異常とおぼしき徴候が見られる場合には、同一環境条件下で使用されている限流ヒューズの劣化判定を行うため、必要に応じ溶断試験を行う。

3.4.4 断路器特性 断路器は、接触部の劣化や不完全投入などにより接触部に過熱が生じる。定期的に接触抵抗を測定し、劣化傾向を把握する。また、赤外線サーモグラフィやサーモテープなどにより温度監視を行う。

3.4.5 計器用変成器特性 モールド形変成器の場合、絶縁物の電位傾度の大きいところに局所的な放電が発生する。モールド形変成器の内部の異常現象を把握するために部分放電試験を行う。

下線部 修正

3.4.6 進相コンデンサ特性 箔電極コンデンサでは絶縁劣化による静電容量変化は殆どないが、一部エレメントの絶縁破壊又は断線を生じた場合は、静電容量が変化により知ることができるので、この値を測定することにより劣化診断ができる。また、コンデンサの誘電体が劣化して損失が多くなると温度が上昇する。この温度を測定することにより劣化診断ができる。簡易な方法としてはサーモテープや赤外線サーモグラフィなどにより管理温度を超えていないか監視する。

JPI-8S-4-2010 の該当頁：82 頁 (管理番号：8S-4-2010 追補 19)

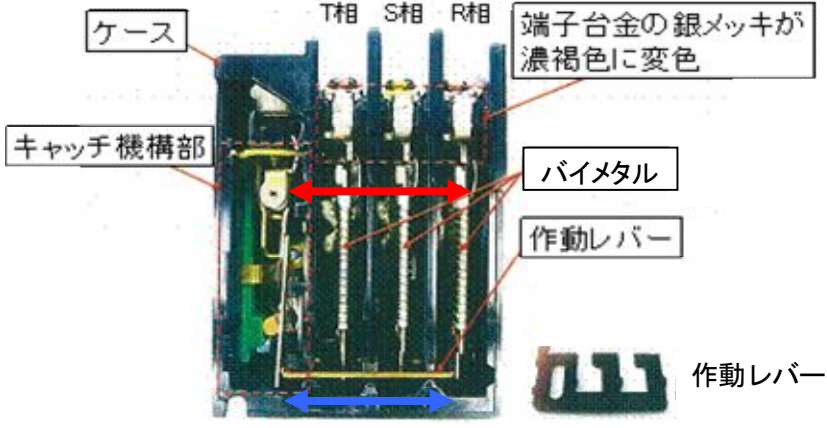
保護継電器は、製造業者の特性値或いは曲線の許容範囲内にあるかを確認するため、動作値、動作時間の測定を行う。

この他、保護継電器とは性格を異にするが、瞬時停電対策としての限時継電器（瞬時閉路・限時開路）があり、限時整定時間（秒）を測定し許容時間内であることを確認する。

【参考 静止型リレー欠相要素動作で電動機トリップ事例 1995年】

| 事 例 | 静止型リレー欠相要素動作で電動機トリップ | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|--|---------|--------------------|---------|----|---------|--------|-----|---------|--------|-----|---------|--------|------|---------|------|
| 概 要 | 1995年10月 HC-101A (H ₂ PRODUCT GAS COMP) を起動したところ、静止型保護リレーが動作した。 点検結果、電動機、ケーブル、CT2 次側機器、配線等いずれも異常なし。CT2 次回路の電流を測定すると、大きな脈動が確認された。また、当該コンプレッサーの負荷を変えると脈動も変わることが判明した。 HC-101A はレシプロコンプレッサーである。 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 機器仕様 | ・ HC-101A 電動機： 1974年製、3kV 361A 2,000kW 同期電動機 極数18 回転数333rpm ・ 静止型保護リレー： 1992年、2E リレー、過負荷・欠相の2要素 CT：400/5A | | | | | | | | | | | | | | | |
| 用 途 | 電動機：H ₂ PRODUCT GAS COMP リレー：過負荷、欠相保護用 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 使用年数 | リレー：3年 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 推定原因 対策 | メーカーによる検討の結果、2E リレーはその測定原理上、電流が一定以上の脈動を起こすと欠相を検出することが判明した。リレーの電流不平衡率整定値は製品の既成低感度設定値である65±10%、実動作値はメーカー回答値で71%であるが、起動昇圧中、約50%負荷時点において71%を超える脈動があったと推測される。今回の対策として、リレーの電流不平衡率整定値を誤動作せず、かつ欠相時に確実に保護が可能な75%（実動作値81%）に変更した。 (注)電流不平衡率には、不平衡三相回路の正相分に対する逆相分の百分率を見る場合と三相相加平均値に対する最大相電流と三相電流平均値の差分の百分率で見ることがあるため確認すること。 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 詳細図 | 負荷の状況と電流の波形測定から、脈動比率 ΔI とその時の不平衡率相当値をメーカーで算出した。その結果を以下に示す。 <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>負荷</th> <th>ΔI(最大/最少)</th> <th>不平衡率相当値</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0%</td> <td>2.0~2.2</td> <td>15~25%</td> </tr> <tr> <td>50%</td> <td>3.2~3.8</td> <td>60~65%</td> </tr> <tr> <td>75%</td> <td>1.7~2.8</td> <td>20~30%</td> </tr> <tr> <td>100%</td> <td>1.5~1.6</td> <td>~15%</td> </tr> </tbody> </table> | 負荷 | ΔI (最大/最少) | 不平衡率相当値 | 0% | 2.0~2.2 | 15~25% | 50% | 3.2~3.8 | 60~65% | 75% | 1.7~2.8 | 20~30% | 100% | 1.5~1.6 | ~15% |
| 負荷 | ΔI (最大/最少) | 不平衡率相当値 | | | | | | | | | | | | | | |
| 0% | 2.0~2.2 | 15~25% | | | | | | | | | | | | | | |
| 50% | 3.2~3.8 | 60~65% | | | | | | | | | | | | | | |
| 75% | 1.7~2.8 | 20~30% | | | | | | | | | | | | | | |
| 100% | 1.5~1.6 | ~15% | | | | | | | | | | | | | | |
| 考 察 | 静止型リレーで欠相保護する場合、電流脈動が発生する負荷設備に対しては、必要に応じて電流脈動を計測し、リレーの不平衡率整定値に抵触し欠相誤検出でトリップしないことを確認すること。 なお、リレーメーカー毎に欠相要素の不平衡率の考え方が異なることがあり注意が必要である。 | | | | | | | | | | | | | | | |

下表 追記

| 【参考 MCC サーマルリレーの動作特性不良 (2009年)】 | |
|---------------------------------|---|
| 事例 | MCC サーマルリレーの動作特性不良 |
| 概要 | MCC のサーマルリレーが経年劣化のため、特性ずれが発生し電動機がトリップした。 |
| 機器仕様 | サーマルリレー (3素子) 定格電流 8.5 A (セット 範囲 7.4~11.0 A) 1986年製 |
| 用途 | 電動機の過負荷保護用 |
| 使用年数 | 17年 |
| 状況 | <p>2009年2月、MCCのサーマルリレーが動作し、誘導電動機がトリップした。サーマルリレーの特性試験を行った結果、設定電流の100%で動作した。(110%不動作、125%動作のリレーを採用していた)</p> <p>設置年数15年以上使用のサーマルリレーについて類似品の調査を行ったところ、多数の動作特性が初期管理値より外れていた。</p>  <p style="text-align: center;">サーマルリレー内部写真(使用年数17年)</p> |
| 原因 | <p>サーマルリレーのバイメタル部の発熱等によってケースの熱収縮が進行して、動作性能に影響する部品の寸法が変化した。(最大0.48mm) これにより動作ストロークが減少したため、基準よりも低い電流で動作するようになった。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・赤線の部分 (バイメタルとキャッチ機構の距離) : 新品 40.84 mm ⇒ 当該品 40.36 mm ・青線の部分 (作動レバー) : 新品 39.02 mm ⇒ 当該品 38.87 mm |
| 対策 | サーマルリレーの取替周期見直し |
| 考察 | サーマルリレーは使用年数に応じて、特性試験、取替などを計画する。 |

参考終】

JPI-8S-4-2010 の該当頁：109 頁 (管理番号：8S-4-2010 追補 20)

【参考 3kV 誘導電動機固定子巻線・楔の緩みによるトラブル事例 (1996年)】

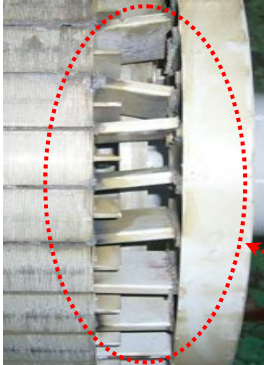
| | |
|------|--|
| 事 例 | 固定子巻線焼損 |
| 概 要 | N 製油所において、高圧電動機用スタータが 51G 動作によりトリップした。 点検結果、絶縁抵抗が 0MΩ のため、製造業者へ搬出し原因調査及び補修を行った。 |
| 機器仕様 | 出力：1,200kW 電圧：3,000V 相数：3Φ 周波数 50Hz 極数：6 極 同期回転速度：1,000rpm 製造年：1971 年 |
| 用 途 | クーリングタワー |
| 使用年数 | 約 25 年 |
| 故障箇所 | 回転子反負荷側 30 度地点にて絶縁破壊発生。 |
| 推定原因 | 絶縁物の枯れと振動による複合作用により絶縁物が摩耗・絶縁耐力が低下、絶縁破壊に至ったものと推定する。 |
| 調査結果 | <ul style="list-style-type: none"> ・測定データ <ul style="list-style-type: none"> (1) 絶縁抵抗 (三相一括大地間) : 0MΩ (2) 端子間抵抗 U-V 間 : 0.2023Ω <li style="padding-left: 40px;">V-W 間 : 0.1689Ω <li style="padding-left: 40px;">W-U 間 : 0.1687Ω ・固定子関係 <ul style="list-style-type: none"> (1) 打音チェックの結果、楔の多くに緩みがあり、脱落した楔も 2 本あった。 (2) 巻線の糸縛りは事故点を起点に半周緩みがあり、1.0mm 弱の移動が認められた。 (3) 巻線口出し用ケーブルには異常は認められなかった。 (4) 巻線部にダスト油などの汚損及びワニスのはく離が見られた。 (5) 鉄心部にも若干ダスト油などの汚損及び錆が発生していた。 ・回転子関係 <ul style="list-style-type: none"> (1) 回転子バーに緩みがあった。 (2) 軸ジャーナル部に摩耗・錆が見られた。 (3) バーに緩みや移動が見受けられた。 (4) 鉄心部に若干ダスト油などの汚損が見られた。 ・軸受関係 <ul style="list-style-type: none"> (1) オイルリングが摩耗変形していた。 (2) 油切りのクリアランスが広がり、油漏れが発生していた。 (3) メタル (負荷側、反負荷側とも) にはく離が見られた。 ・その他 <ul style="list-style-type: none"> 風道にもダスト油などの汚損及び錆が見受けられた。 |
| 補修期間 | 約一か月間を要した。 |

参考終】

下線部 追記

2.4 回転子の劣化 かご形回転子は機械的なストレスにより鉄心や回転子バー・短絡環の緩み、多頻度始動停止が行われる場合には回転子バーの折損などが生じる可能性がある。また、同期電動機の場合には、回転子巻線に固定子巻線と同様の楔の緩み、絶縁材の摩耗などが生じる。場合によっては軸の曲がりなども生じる。

下表 追記

| 【参考 回転子バー折損事例 (2010年)】 | |
|------------------------|---|
| 事 例 | 誘導電動機回転子バー折損 |
| 概 要 | 陸上出荷用誘導電動機が過電流でトリップした。 |
| 機器仕様 | 3.3kV 110kW 4P 屋外全閉外扇 安全増防爆 1985年製 |
| 用 途 | 陸上出荷ポンプ用 |
| 使用年数 | 25年間 |
| 状 況 | <p>1) 当該電動機はA/B/Cの3台が存在するが、C号機が電動機運転中に過電流でトリップした。</p> <p>2) 電気的特性(巻線抵抗バランス、絶縁抵抗)調査するも異常なし。⇒固定子側は健全。軸受等、回転系の健全性確認後運転再開時に、電流値が高い状況を確認。</p> <p>3) 隣接のA号機と電動機入替した所、電流値が35%程度高いことを確認した。</p> <p>4) 電動機分解点検結果、回転子バーが折損していることを確認。</p> |
| |  |
| 原 因 | 当該電動機は多頻度始動停止で使用しており、メーカー設計寿命10,000回に対し、40,000回程度(推定値)の始動停止を行ったため、機械的ストレスで回転子バーが折損した。 |
| 対 策 | 出荷ロジックの変更を行い、可能な範囲で始動停止頻度の低減を実施する。 |
| 考 察 | 回転子バーの状態を運転中に診断する技術があり、この診断技術を用いてA号機とB号機を実施した結果、回転子バーの折損状態を確認したので新たな診断手法として展開する。 また、多頻度始動停止する機器はソフト面の対応、適合する仕様に更新等を検討する。 |

【参考終】

2.5 軸受の劣化

2.5.1 ころがり軸受の劣化 電動機軸受の劣化は、組込み時の不具合が原因となるものと使用上の原因によるものがある。ころがり軸受の不具合はフレーキング、割れ、圧痕、錆の発生、摩耗、電食、焼付きなどの状態となって現れる。これらは、過大な衝撃、荷重、異物の混入、外部の振動や有害環境下での使用、グリースの劣化によって引き起こされる。代表的な故障現象と原因について表2.5.1^[21]に示す。

JPI-8S-4-2010 の該当頁：118 頁 (管理番号：8S-4-2010 追補 21)



3.2 励磁装置の点検 励磁装置の回転部の構成部品について、緩みや脱落などがないかを目視、触手により点検する。また、整流素子についてはテスター（回路計）で順方向の導通と、逆方向の抵抗値を測定する。

スリップリング方式のものは運転中、ブラシの火花の有無、摩耗などについて目視により点検する。制御装置（盤）の点検については、**第4章 受配電盤編**に準じる。

3.3 端子箱の点検〔ラグ式、スタッド（固定端子）式〕 端子箱を開き、箱内部を目視及び触手により腐食、変形、水滴、汚損、発せい（錆）の有無について点検する。

端子部については、ラグ式では口出し線など導通部の損傷、劣化の有無、接続部の過熱痕跡の有無、スタッド式では端子などの接続部の緩み、変形、発熱の痕跡の有無を点検する。

下表 追記

| 【参考 低圧電動機の口出し線焼損 (2011年)】 | |
|---------------------------|---|
| 事例 | 低圧電動機の口出し線焼損 |
| 概要 | 電動機の口出し線が経年劣化により、焼損、熔断した。 |
| 機器仕様 | 電動機 400V、90kW、150A、2P、B種絶縁 1969年製 電源ケーブル 600V、CE-3c-100sq |
| 用途 | ポンプ |
| 使用年数 | 42年 |
| 状況 | <p>主機電動機を予備機側に切り替え、次の日に予備機から主機へ再度切り替えを行おうとしたところ、主機電動機が起動しなかった。</p> <p>当該電動機の電源ユニットのMCCBがトリップ位置であったことから、負荷側に異常があるものと推測し調査したところ、電動機端子箱内でスタッドボルト、電源ケーブルが焼損し、口出し線が圧着端子部で断線していた。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>圧着端子部過熱痕</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>口出し線断線箇所</p> </div> </div> |
| 原因 | 圧着端子部分で口出し線（材料：銅）を曲げて接続されていたことにより、曲げ部分に経年的にストレスがかかり素線が断線した。 |
| 対策 | 端子箱開放時に端子の締め付け状態等の確認を行う。また、開放点検等実施する際は、口出し線の状態の確認も併せて行う。 また、水平展開として同様の低圧で容量の大きい電動機の口出し線の点検を行う。 |
| 考察 | 口出し線の劣化は通常の点検では発見しづらいことから、計画的な点検の実施が重要となる。 |
| 参考終】 | |

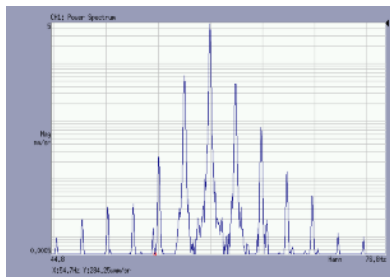
JPI-8S-4-2010 の該当頁 : 119 頁 (管理番号 : 8S-4-2010 追補 22)

また、部分放電の診断技術は様々あり、運転中に漏れ電流を測定する「クランプ式 CT を用いた部分放電診断技術」と、海外の診断技術である「オンライン部分放電診断」を用いた大形機器についての状態監視技術などがある。詳細は**参考 G** に紹介する。

下線部 追記

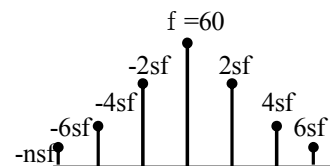
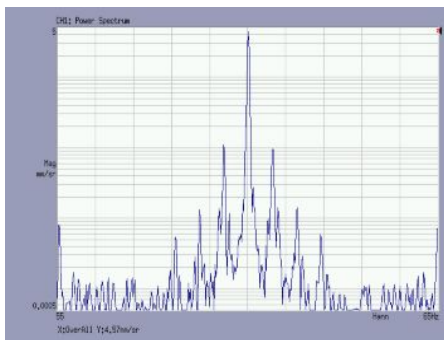
3.5 回転子診断 回転子の劣化診断は、運転中の電流波形を周波数解析することにより、回転子バーの折損、回転子の偏心などの状態を推定するものである。

【参考 周波数解析と実際の回転子バーの状況を観察した結果を紹介する。】



サンプル誘導電動機の仕様
3.3kV 60Hz 110kW 4P

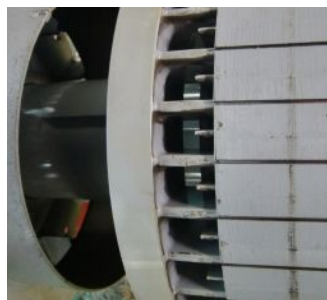
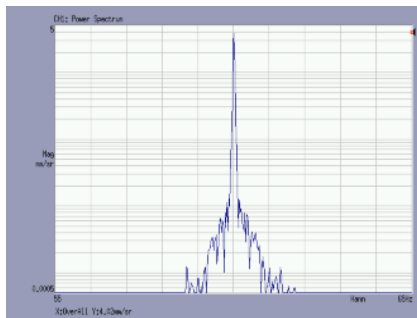
(事例 1) 折損数が多い時の電流スペクトル



f は基本周波数、s はすべりを示す。

破損すると側帯波が大きくなる。

(事例 2) 折損数が数本時の電流スペクトル



(事例 3) 折損がない時の電流スペクトル

参考終】

4. データの評価と点検周期
4.1 外観点検データの評価

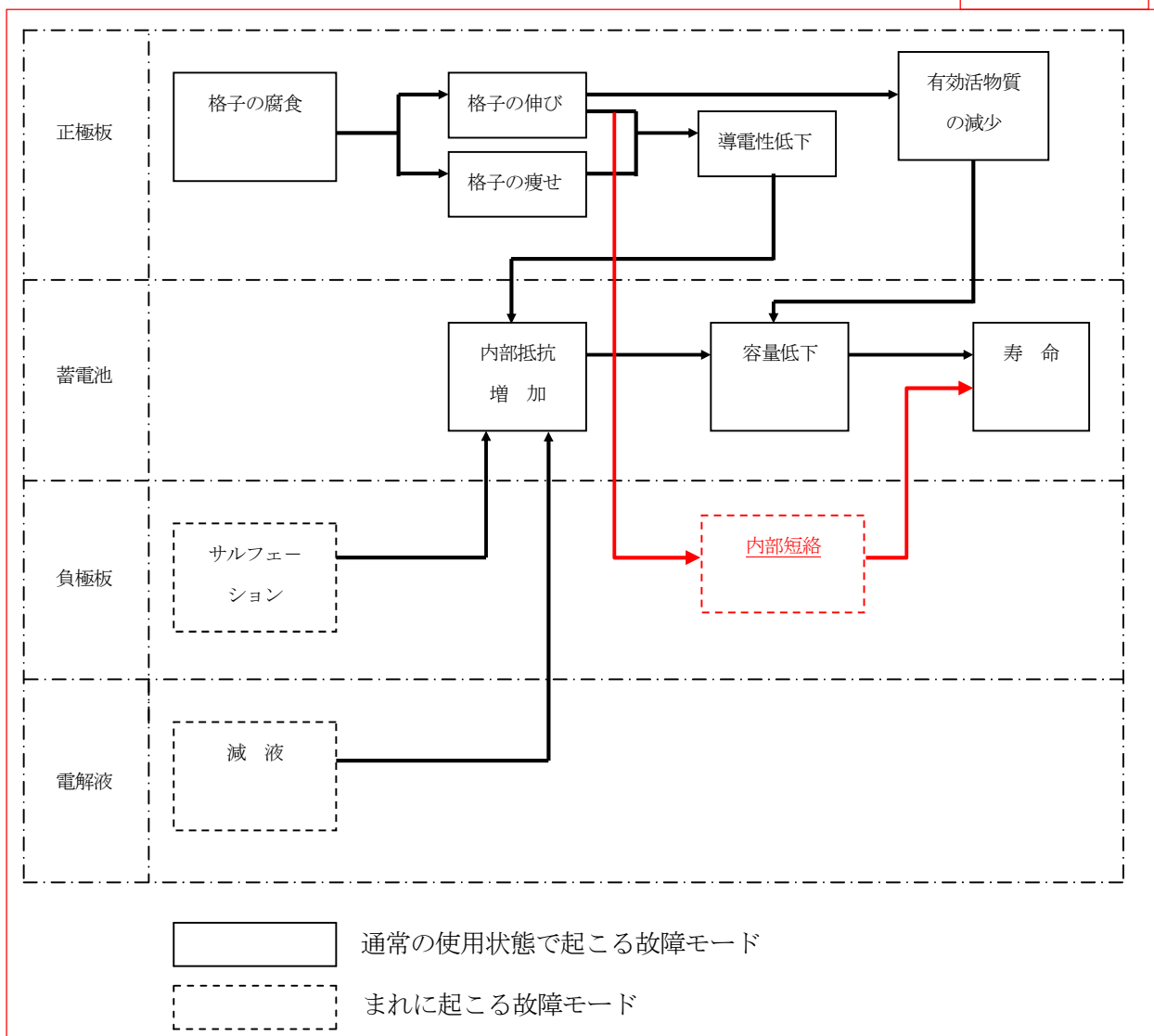
JPI-8S-4-2010 の該当頁：146 頁 (管理番号：8S-4-2010 追補 23)

- 2) 負極板の水素過電圧が低下すると、浮動充電・トリクル充電の充電電圧が一定であるので、結果的に充電電流が増加することになり、正極板の格子又は芯金の腐食が進行する。充電電流が増加すると、電解液中の水分の電気分解量が増加して、補水量が経年とともに増加する。
- 3) 負極板に析出したアンチモンは、負極板の自己放電量を増加させるが、通常は浮動充電電流が増加することによって補われる。長期間使用すると蓄電池個々に充電状態にバラツキを生じる。均等充電では是正しきれない蓄電池は、自己放電量の増加とともに端子電圧及び電解液比重の低下として現れ、更に進行するとサルフェーション(鉛蓄電池の活物質*が過放電、長期放置などによって、充電しても元に戻り難い硫酸鉛になること。)を起こす場合もある。

注* 活物質とは、蓄電池が放電するとき、電気エネルギーを生成する電気化学反応物質をいう。

b) 制御弁式鉛蓄電池 制御弁式鉛蓄電池とは、通常の条件下では密封されているが、内圧が規定値を超えた場合ガスの放出を行う蓄電池で、電解液を補液できないものをいう。

下線部 追記



劣化の主要因について次に示す。

- 1) 制御弁式鉛蓄電池は使用中、正極格子（鉛-カルシウム系合金）が徐々に腐食し、導電部の減少或いは格子の伸びによって、正極活物質との密着性が低下する。これによって有効活物質が減少して、蓄電池の容量が低下する。

下線部 追記

また、正極格子の腐食や伸びにより負極板と接触し短絡することもある。

- 2) 充電中に発生した酸素ガスは負極板に吸収され、通常は制御弁から蓄電池の外部に放出されることはないが、充電電圧の不適合や大電流充電をした場合は電解液の水分が減少し、電解液が濃縮して比重が上昇し、正極格子の腐食を一層加速する。また、過放電はサルフェーションを起こし、蓄電池容量が低下することもある。

JPI-8S-4-2010 の該当頁：167 頁 (管理番号：8S-4-2010 追補 24)

| | |
|----------------------|--|
| 不良箇所 調査及び 調査結果 | 端子電圧測定結果もほぼ同様な劣化傾向を示した。また、セル温度は、内部抵抗値が著しく高いセルに高い温度が発見。その他はほぼ外気温程度であった。不良セルの配置、温度分布等の因果関係は特に見られなかった。 蓄電池の解体調査は、実施していない。 |
| 原因 | 経年劣化。一般的な寿命(期待寿命)を超えた運用。 通常は、1回/年程度、運転中に内部抵抗測定を実施するが計画漏れ。 |
| 対策 | 応急処置：内部抵抗値が極端に高いセルをバイパス、またはセル単品の取替えを実施。 恒久処置：5ヵ月後蓄電池ユニットの更新を実施 |
| 考察 | UPS設置環境は、全て空調設備が完備し約25℃～28℃にて管理。結果期待寿命以上の運用が可能となった。今回は不良割合が非常に高く、容量試験は省略し予定外で更新したが、劣化状態に応じて実施すべきと考える。 制御弁式鉛蓄電池は、メンテナンスフリーが最大のメリットだが、メーカー推奨寿命を超えて運用する場合、適切な周期での診断が必要である。 |

【参考終】

下表 追記

| 【参考】 MSEバッテリーの内部短絡による更新事例 (2008年5月) | |
|-------------------------------------|--|
| 事例 | MSEバッテリーの内部短絡 |
| 概要 | 2008年5月 DC110V 電源装置の異常により CDT 装置 (電力会社との情報通信装置) がトリップした。 |
| 機器仕様 | 制御弁式鉛蓄電池、MSE200+MSE500、浮動 131.6V、59セル 1995年製 |
| 用途 | 受電設備用 DC110V 電源装置 |
| 使用年数 | 13年 |
| 状況 | 電源装置メーカーにて詳細調査を実施した結果、直流電圧波形に大きな脈動波形が確認されると共に、一部の蓄電池に発熱、異臭等の異常が確認された。 応急対策として、異常の確認された蓄電池 (2セル) を取り外して運転したところ、電圧波形が正常状態に戻ったことから、蓄電池の異常による不具合と判断した。 |
| 原因 | 蓄電池内部の正極板の格子が膨張のため負極と接触し、内部短絡を起こしていた。 この内部短絡により、蓄電池が異常発熱した。 |
| 対策 | ・内部短絡が確認された 2/59セルを取り外して仮運転。その後の新バッテリーを購入して全数交換を実施。 ・劣化診断を行うほか、用途別に最長使用年限を設け更新する。 |
| 考察 | 正極板の格子は時間とともに腐食が進み、寿命末期では腐食が内部まで進行し、極板に伸びや亀裂を生じさせる。これは、粒界腐食と言い、結晶と結晶の境界に沿って腐食が進行する現象である。 蓄電池寿命は使用環境により大きく異なるため、適切に劣化状況を把握し、適正な時期に更新する必要がある。 また、寿命末期では”急激な劣化”を起すことがあることから、重要な装置に対しては、これらを考慮した更新計画の立案が必要である。 |

【参考終】