

『低圧機器の更新推奨時期に関する調査』

報 告 書

平成 4 年 3 月



社団法人日本電機工業会

目 次

I. 低圧機器更新の考え方（総論）	1
1. 対象機器と更新推奨時期	2
2. 電気機器の寿命の考え方	4
3. 実績からみた機器の寿命	7
4. 電気機器の保全と診断	11
5. 機器更新の考え方	12
II. 各機器更新の考え方（各論）	17
1. 配線用遮断器	18
1.1 適用範囲	18
1.2 設置環境（普通の使用状態）	18
1.3 使用条件（普通の使用条件）	18
1.4 寿命を決める要因	19
1.5 更新推奨時期	21
1.6 更新推奨時期を設定した背景	21
1.7 配線用遮断器の特殊性	24
1.8 使用実績その他についての参考資料	24
1.9 保守・点検	28
1.10 参考文献	31
2. 漏電遮断器	32
2.1 適用範囲	32
2.2 設置環境（普通の使用状態）	32
2.3 使用条件（普通の使用条件）	32
2.4 寿命を決める要因	33
2.5 更新推奨時期	35
2.6 更新推奨時期を設定した背景	35
2.7 漏電遮断器の特殊性	37
2.8 保守・点検	39

3. 電磁開閉器（交流電磁開閉器，電磁接触器，コンタクタ形電磁継電器）	4 6
3.1 適用範囲	4 6
3.2 設置環境（普通の使用状態）	4 6
3.3 使用条件（普通の使用条件）	4 6
3.4 寿命を決める要因	4 7
3.5 更新推奨時期	4 9
3.6 更新推奨時期を設定した背景	4 9
3.7 電磁開閉器の特殊性	5 4
3.8 保守・点検	6 0
3.9 参考文献	6 2
4. 低圧進相コンデンサ	6 3
4.1 適用範囲	6 3
4.2 設置環境（普通の使用状態）	6 3
4.3 使用条件（普通の使用条件）	6 3
4.4 寿命を決める要因	6 4
4.5 更新推奨時期	6 6
4.6 更新推奨時期を設定した背景	6 6
4.7 低圧進相コンデンサの特殊性	7 0
4.8 保守・点検	7 2
4.9 参考文献	7 4

I. 低圧機器更新の考え方（総論）

1. 対象機器と更新推奨時期

(1) 機器の種類と定格範囲機器

本報告書で対象とした機器の種類と定格の範囲及び各機器の対象規格は表1の通りである。
 なお、対象機器は産業用であり、かつ屋内用である。

表1 対象機器と主要定格及び関連規格

機 器		規 格 で 定 め た 定 格		対 象 規 格
配線用遮断器		定格使用電圧	AC 50/60Hz 550V, DC500V以下	JIS C 8370 (1991)
		定格電流	5000A 以下	
		定格遮断容量	交流 200,000A以下	
			直流 100,000A以下	
漏電遮断器		定格電圧	AC 50/60Hz 600V以下	JIS C 8371 (1980)
		定格電流	2500A 以下	
		電流動作形		
電 磁 開 閉 器	交流電磁開閉器	定格使用電圧	AC 50/60Hz 550V以下	JIS C 8325 (1983)
	電 磁 接 触 器	定格使用電圧	AC 50/60Hz 1000V 以下	JEM 1038 (1990)
			DC 1500V 以下	
		コンタクタ形電磁継電器	定格使用電圧	AC 50/60Hz 550V, DC220V以下
		定格使用電流	20A 以下	
低圧進相コンデンサ		定格電圧	AC 50/60Hz 600V以下	JIS C 4901 (1984)
		定格容量	10～900 μF 又は10～100kVA	

(2) 設置環境と使用条件

機器の設置環境と使用方法に対する条件は、各機器毎に異なるため各機器の項を参照されたい。

(3) 対象機器の更新推奨時期

表1に掲載した各機器の更新推奨時期は、表2の通りである。なお、この更新推奨時期は、機能や性能に対する製造者の保証値ではなく、通常の使用条件、環境条件の下で通常の保守・点検を行って使用した場合に機器構成材の老朽化などにより、新品と交換した方が経済性を含めて一般的に有利と考えられる時期である。また、これら更新推奨時期を設定した根拠、背景等については、3項のアンケートに基づいた機器の寿命及び各機器の項を参照されたい。更に長期間保管した予備品については、十分な点検・整備を行ってから使用されることが望ましい。

表2 各機器の更新推奨時期

機 器		更 新 推 奨 時 期	備 考
配線用遮断器		15年	機器は左記年数で更新を推奨する。 ただし、機器には、規格に定める 開閉回数等があるので、その場合は その時点が交換時期となる。
漏電遮断器		15年	
電 磁 開 閉 器	交流電磁開閉器	10年	
	電 磁 接 触 器	10年	
	コンタクタ形電磁継電器	10年	
低圧進相コンデンサ		10年	—————

2. 電気機器の寿命の考え方

(1) 機器の劣化と寿命

電気機器の寿命は生物のそれと同様に機能を停止するまでの期間とすることもあるが、一般には「使用中に被むる種々のストレスや経年的な劣化などにより、その機器の電気的性能や機械的性能が低下して、使用上の信頼性や安全性が維持できなくなるまでの期間」を指している。

劣化要因の機器に与える影響の程度は対象機器により異なるが、例えば図1のように表される。

また、電気機器は一部の部品を交換することにより、さらに相当期間に亘り実用上支障のない性能を発揮して安全に運転が継続できる機器（修理系）と、劣化又は故障したら、更新する以外に性能が戻らない機器（非修理系）とに分けられる。低圧汎用機器について言えば、前者としては電磁開閉器、電磁接触器、コンタクタ形電磁継電器など主として、部品（接点等）が交換可能な機器が該当し、後者としては、配線用遮断器、漏電遮断器、低圧進相コンデンサが該当する。

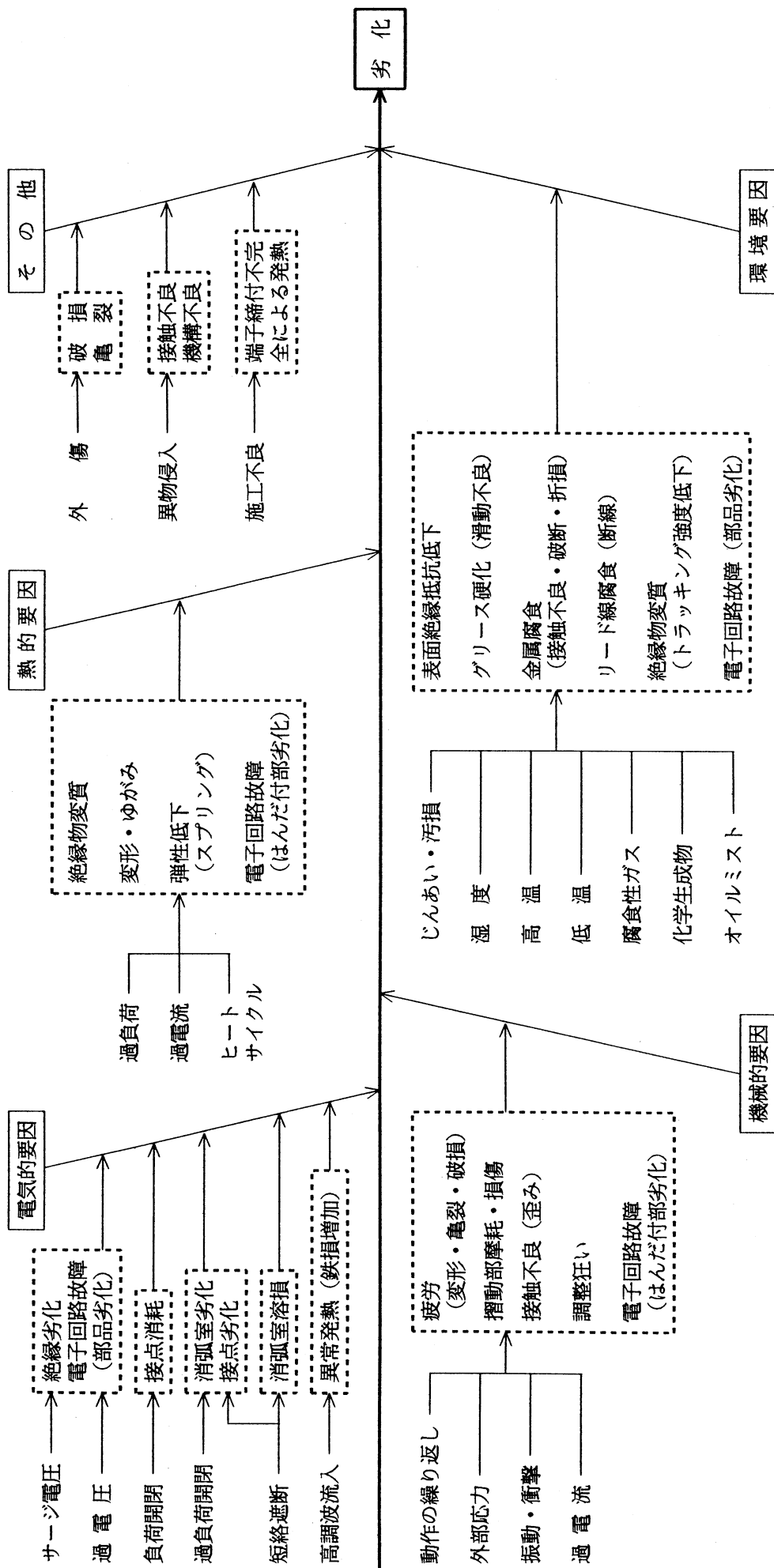
しかし、経済性を加味すれば、小容量の電磁開閉器、電磁接触器及びコンタクタ形電磁継電器のように、部品交換するよりはむしろ本体ごと交換（更新）した方が有利となる場合もある。

低圧汎用機器は、使用期間により影響を受ける絶縁物の劣化に対する耐久性のほかに、動作回数による機械的な摩耗、疲労、狂いなどに対する耐久性も寿命の決定要因となる。また、修理系の機器については、一部の部品を交換することにより引続いて使用することが出来るが、機器全体にガタが生じて機能を満足しえなくなった場合には更新する必要がある、これが各々の機器の規格に定められた動作回数、すなわち機械的開閉耐久性である。

個々の機器の寿命は、その機器の使用されてきた履歴により大きく異なる。すなわち、機器が使用されている環境条件（周囲温度、湿度、雰囲気など）、使用条件（電圧、電流など）にも大きく影響されるとともに、使用回路に短絡や地絡が生じた場合にも影響を受ける。

また、近年では低圧機器も電子部品（半導体、コンデンサ等）を内蔵する製品が増加しているが、環境条件、および使用条件が各機器で定められている標準使用状態を超えると、劣化を早めるため注意を要する。

図 1 劣化の要因分析（代表例：配線用遮断器）

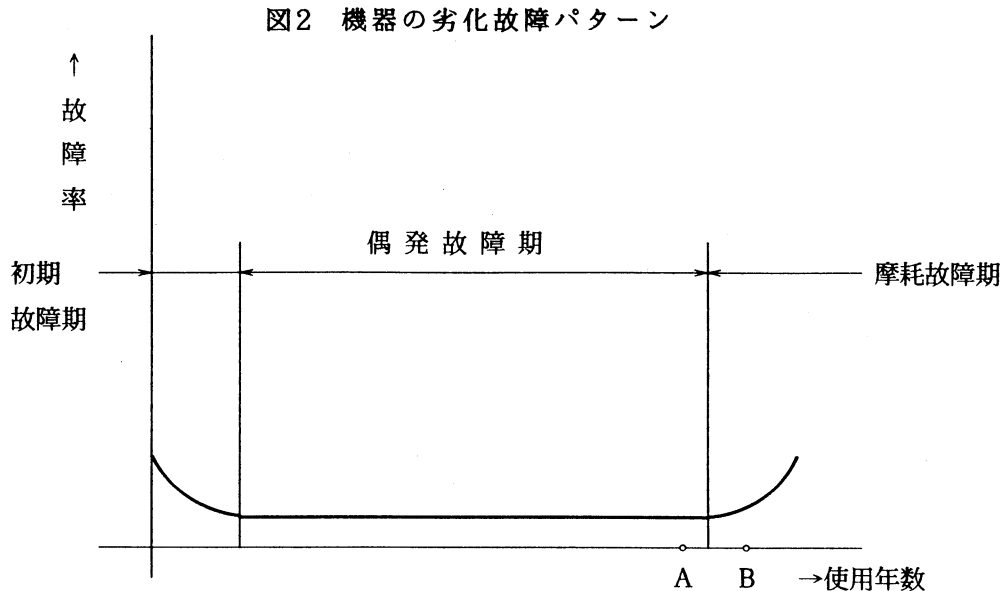


[注] 1. 各要因が並列的又は直列的に複合進行し、劣化が加速的に進行する場合もある。

2. 上記のほか、設計、製作、施工及び保守の不良なども劣化を促進させる原因となる。

(2) 劣化故障の形態

図2は機器の典型的な劣化故障パターンで、横軸に機器の使用時間、縦軸に故障率をとった場合、この曲線が洋式の浴槽に似ているのでバスタブカーブ (bath tub curve) と呼ばれているものである。



バスタブカーブは人間の死亡率パターンから出発したもので、必ずしも全ての汎用機器の故障率の時間的変化がこのパターンと合致するとは言えないが、寿命に対する基本的概念をつかむ上では有効なので、これに沿って説明する。

(a) 初期故障期

機器の運転を開始して暫くは、外部的環境になじまない弱点や設計、製作の不具合が現われる。この期間は、時間の経過とともに故障率が低下する傾向を示し、初期故障期と呼ばれている。

(b) 偶発故障期

初期故障期を過ぎると、故障率が時間の経過に関係なく、ほぼ一定な（定故障率の）期間が続く。この期間は偶発故障期と呼ばれ、故障率が低く、安定した運転が期待できる。

(c) 摩耗故障期

偶発故障期を過ぎると、構成部品の劣化や摩耗などにより、時間の経過に伴って、故障率が増加する時期が来る。この時期は、摩耗故障期と呼ばれ、設備としての機能を維持するためには、機器の部品交換又は更新が差迫った課題となる。

一般に、電気機器の寿命は上記の偶発故障期の長さで左右され、この期間を維持するためには、適切な保守が必要となる。また、修理系の機器に対する部品（主に接点、コイル）交換は、一定期間又は一定動作回数毎に点検を行い、消耗や劣化の生じている部品を交換して、機能や性能を維持することを目的としており、これらを行うことにより偶発故障期を延ばすことができる。

ただし部品を交換すると、更に相当期間実用上支障なく性能を維持できるとみなされるが、これは日常点検から定期点検に至る一連の保守管理を確実に実行している場合であり、交換しない部品も経時的に劣化が進行しているので十分注意する必要がある。

一般に低圧機器の場合、長期間使用したものは、本体ごと交換した方が経済的にみて有利となる場合が多いので、計画的な予防保全を実施することが望ましい。すなわち、図2のB時点より（まだ摩耗故障期に入る以前の）余裕をもった時点Aで機器を更新すれば、故障率を最小限に抑え、波及事故等による損失を防ぐことも可能である。

本報告書で設定した更新推奨時期はこのA点を指すものであり、修理系機器についてA点で更新するか、部品交換によって延命化を図るかは、後述するライフサイクルコストや更新による効果も含めて、総合的に判断する必要がある。

この偶発故障期から摩耗故障期に移るまでの期間は、次の要因により大きく左右される。

- (イ) 使用条件・環境条件
- (ロ) 保守点検状況
- (ハ) 機器の構造（機械的構造、絶縁構造、構成部品の材質など）

すなわち、同一定格の機器を同一時期から使用開始しても上記(イ)～(ハ)の要因により、寿命は大きく変わる可能性がある。

3. 実績からみた機器の寿命

電気機器の寿命（耐用年数）について、各種機関からアンケート調査に基づいた値が報告されているので、その中から低圧機器に関係ある部分を抜き出して掲載する。

なお、アンケート中の部品とされているものは、各機器のことを示す。

(1) 電気学会のアンケート調査結果

電気学会が昭和56年8～9月に、工場電気設備の寿命とメンテナンスの実態について、国内の大手工場129事業所に対しアンケート調査を行った。そのうち82の事業所から回答を得た結果をまとめたものが、電気学会技術報告（Ⅱ部）159号に「工場電気設備の寿命とメンテナンスに関するアンケート調査報告」（昭和58年11月）として報告されている。調査対象機器は、1.変圧器、2.コンデンサ、3.計器用変成器、4.遮断器、5.断路器、6.開閉器、7.閉鎖配電盤、8.CVケーブル、9.電動機、10.非常用発電設備、11.バッテリー、12.半導体応用製品（VVVF、CVCF）の12機器である。

この中で、アンケート〔4〕は取換部品に関するもので、設問は、「どのような部品を、運転してからどれ位の周期で取換えましたか。該当欄に御記入下さい。」というもので、表3の結果では、配線用遮断器が10～20年、低圧コンタクタ（交流電磁開閉器、電磁接触器）及び補助リレー（コンタクタ形電磁継電器）は5～15年となっている。

表3 取換部品の周期に関するアンケート調査結果

部 品 寿 命 に よ る 取 換 周 期			アンケート 回 答 数 (A)	アンケート回答率 (%) (A / 83 × 100)
機械名	部 品 名	取 換 周 期 (注)		
配電盤	1. 配線用遮断器	10～20年	37	44.6
	2. 低圧コンタクタ	5～15 "	41	49.4
	3. 保護リレー	10～20 "	42	50.6
	4. 補助リレー	5～15 "	43	51.8
	5. 操作スイッチ類	10～20 "	36	43.4

(注) 取換周期は回答率30%以上についてのみ集計している。

(a) 取換周期

アンケートに対する意見でも指摘されているが、取換部品の周期は、使用頻度（開閉、起動・停止）、負荷状況、機器仕様、機器構造、環境条件などでかなりばらつきがあるが、取換周期のある程度の目安にはなると考える。なお、アンケート集計は次のごとく行っている。

- ・アンケートの回答率30%以上についてのみ取換周期を集計した。
- ・記入対象設備別（A：受変電設備、B：負荷設備、C：A及びBの両方）及び設備場所の環境（雰囲気）別にどのように取換周期が変化するかも調査したが、結果として顕著な変化が認められなかったため、これらの区別なしで集計した。
- ・アンケートで〇〇年～〇〇年と幅で回答してあるものは、取換周期の短い方で集計した。

(b) 配線用遮断器

10～20年の取換周期が殆どである。配電盤部品の中では、比較的取換周期が長いのは、開閉及び動作頻度が最も少ないからと思われる。

(c) 低圧コンタクタ（交流電磁開閉器、電磁接触器）

取換周期のばらつきが大きいのは開閉頻度によるものである。配電盤部品の中で、最も取換周期が短いのは開閉頻度が高いことに起因するものと思われる。

(d) 補助リレー（コンタクタ形電磁継電器）

取換周期のばらつきが大きいのは低圧コンタクタ同様、開閉頻度が大きく影響しているものと思われる。

(2) 設備耐久性部会電気分科会のアンケート調査結果

建設省が総合技術開発プロジェクトのテーマとして、昭和55年度から5年間に亘って「建築物の耐久性向上技術の開発」に取り組んだが、電気設備に対しては、建築設備耐久性部会の電気分科会が調査を行い、その結果を雑誌「電設工業」の昭和60年12月号に発表した。

この調査は、建築電気設備の保全及び補修・交換の実態を把握するとともに、設備機器の寿命、あるいは終期状態に対する意義の実態を明らかにするため、関東地区における488箇所の自家用電気主任技術者あてにアンケート用紙を郵送して回答を求め、回答のあった121件についてまとめたものである。(うち有効回答数119件)

調査対象機器としては、受変電設備(変圧器、遮断器、避雷器、計器用変成器、保護リレー、計器、配線用遮断器)、自家用発電設備(原動機、発電機など4機器)、蓄電池設備(3機器)、動力・照明設備(3機器)、防災設備(4機器)、避雷設備、監視制御設備について報告されているが、このうち本報告書で対象としている受変電設備について抜粋して表4に掲載した。

表4 建築電気設備の寿命アンケート結果(電気主任技術者アンケート回答数119件より)

設 備 名		調査項目	実績から想定しての寿命としての限界年数と寿命の終期状態													
			限 界 年 数 (注) 1						アン ケート 回答数	終 期 状 態 (注) 2					アン ケート 回答数	
										5	10	15	20	25		30
大分類	小 分 類	受変電 設備	変 圧 器							89			○	○		96
							48.3	31.5				15.6	64.5			
			遮 断 器							86		○	○	○		94
						27.9	43				16	18	52.1			
			避 雷 器							72				○		78
							48.6	29.2					71.8			
			計器用変成器							85				○		93
				27.1	48.2						74.3					
大分類	小 分 類	保 護 リ レ ー							86				○		94	
					18.6	39.6	24.4					77.7				
			計 器							89			○	○		91
					22.5	33.7	21.4				18.7	60.4				
			配線用遮断器							86				○		90
						34.9	31.4					62.2				

(注) 1. 寿命の限界年数

(注) 2. 寿命の終期状態

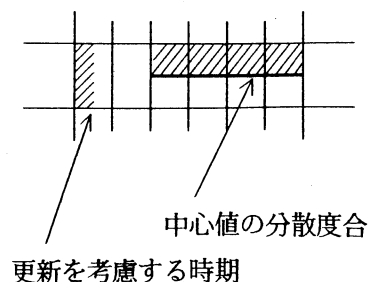
A: 故障頻度が高くなり、停電による損失が多くなった時点

B: 交換部品の入手が困難になった時点

C: 修理が技術的に不可能になった時点

D: 性能が低下し、使用上の安全性が維持できないと判断した時点

E: 性能劣化により維持管理費の増大が著しくなった時点



* 1. 限界年数のバーチャートの下の数値はその範囲の回答数の全回答数に占める百分率を示す。
(15%以上の範囲のみ数値を記入)

* 2. 終期状態欄の数値はその状態の回答数の全回答数に占める百分率を示す。
(15%以上の状態のみ数値を記入)

(上記* 1 及び* 2 は原文にはなく、本報告書作成に当たっての説明として追記した事項である。)

(a) 寿命としての限界年数

寿命としての限界年数について、10～30年程度の機器は保護リレー、計器、15～30年程度の機器は遮断器、計器用変成器、配線用遮断器、20～30年程度の機器は変圧器、避雷器である。

更新を考慮する時期は、保護リレー、計器については5年経過時から、遮断器、計器用変成器、配線用遮断器については10年経過時から、変圧器、避雷器は15年経過時からである。

(b) 寿命の終期的状態

一般的にいて、建築電気設備が寿命に達したとの判断は次の事由に要約される。

- A 故障頻度が高くなり、停電による損失が多くなった時点
- B 交換部品の入手が困難になった時点
- C 修理が技術的に不可能になった時点
- D 性能が低下し、使用上の安全が維持できないと判断される時点
- E 性能劣化により、維持管理費の増大が著しくなった時点

全機器ともD項の性能が低下し、使用上の安全性が維持できないと判断した時点が寿命終期と考えており、アンケート回答数の過半数を占めている。

変圧器、遮断器、計器はC項についても終期状態と判断されている。

寿命判定上、安全性の確保が修理不能、性能劣化より優先して考えられている。アンケート結果のいずれの設備も、修理不能・性能劣化より安全性の確保を最優先に考えているのは、ユーザーの立場をよく表す結果となっている。

4. 電気機器の保全と診断

電気機器の保全方法は大きく事後保全と予防保全との2つに大別される。

事後保全とは、機能や性能又、使い勝手等が低下したり故障を生じたりした機器をその都度交換する保全方法である。一般家庭で使用される家庭電化機器はこの類である。

予防保全とは、機能や性能又、使い勝手等が低下したり故障を生じたりしない前に機器、部品又、システムを計画的に交換する方法で、時間基準保全と状態基準保全とに大別されている。

(1) 時間基準保全

前述のバスタブカーブの考え方に基づいたもので、機器、部品、システムの故障率が摩耗故障率に達する期間以前（時間前）に機器、部品、システムを計画的に交換する方法である。この方法は、まだ暫く使用出来る機器、部品を健全なうちに交換してしまうため狭義の経済性では事後保全に比べて劣る事になるが、通電及び制御の信頼性向上即ち故障率の低下には大きな効果があり結果として生産性並びに、経済性の向上に結びついている。

(2) 状態基準保全

日常及び定期的な点検チェックの結果が許容値を超えた場合、機器、部品の交換を行う方法で、劣化の兆候を検出して事前に手を打つもので、故障率の低下、通電及び制御の信頼性向上には特に大きな効果があり、現在最も重要視されている方法である。

この予防保全をより効果的に行うためには、機器、部品の劣化状態を正確に把握する事が重要である。これらの保全方法について表5に示す。

表5 保全方法

保 全 方 法			長 所	短 所
事 後 保 全		故障寿命まで使用し、その都度交換する方法	短期的には経済的	大きな事故を伴うケースがあり、長期的には不経済である
予 防 保 全	時 間 基 準 保 全	故障率が許容値に達する期間以前に交換する方法	故障率が低下し、生産性が向上する	短期的には不経済である
	状 態 基 準 保 全	日常定期的な点検で結果が許容値を超えた時、交換する方法	故障率が低下し、生産性が向上する	・短期的には不経済である ・故障の兆候検知が難しい

今後、予防保全が主体となるが、この根幹をなす保守作業について言えば、対象とした各機器は各々の規格に定められた通常の使用条件、環境条件の下で使用され、かつ製造業者の推奨する保守点検基準に基づいた管理（日常点検及び定期点検）が実施されている事が重要である。電気学会のアンケート調査結果、また、設備耐久性部会電気分科会のアンケート調査結果より判断すると、時間基準保全でコンタクト、リレー群が10年、他の機器は15年で保全（新しい機器への取替え）が最も妥当と考える。

5. 機器更新の考え方

需要家においては、3項にも述べているように、電気機器の寿命の終期状態を概ね次のような判断に基づいて決めている。

- A：故障頻度が高くなり、停電による損失が多くなった時点
- B：交換部品の入手が困難になった時点
- C：修理が技術的に不可能になった時点
- D：性能が低下し、使用上の安全性が維持できないと判断した時点
- E：性能劣化により維持管理費の増大が著しくなった時点

このうち最も多い判断理由は“D”であり、修理系の機器については、“B”や“C”の理由も相当数あるが、部品の修理・交換を行っても次第に故障率が上昇することも考える必要がある。

また、低圧機器を用いた設備と高圧用の設備とでは、予防保全のため診断装置などに費やす点検・診断費と、更新した場合の機器の価格を比較した場合の経済的な分岐点が相当異なる。

経済的でかつ信頼性の高い診断技術が、低圧機器の領域まで実用化されていない状況を加味すると、機器のトラブルを最小限に抑えるためには、（機器の許容故障率の定量的数値を求めにくくとも考え合わせて）図2の摩耗故障期に達する以前に、故障率の低い新しい機器に更新した方が総合的にみて得策となる場合が多いと考えられる。

また、最近の機器は、信頼性向上、高機能・高性能化、安全性向上も図られており、長期的なトータルミニマムコストを実現するためのライフサイクルコストの面からも検討する必要がある。

(1) 機器の更新による効果

老朽化した電気機器を更新することの第一の目的は、安定した機能・性能を得ることであるが、新しい機器に置き換えることにより、単に機器の故障率を従来設備の新品状態に戻すだけでなく、現時点における新設設備と同様の合理的な配電制御システムを構築することができる。

更新に伴う付帯効果をまとめると、次のような事項が挙げられる。

(a) 信頼性の向上

最近の配電制御機器は、材料の進歩、コンピュータ解析に基づく設計・製造技術の向上、性能を検証する試験・検査と品質管理面の充実などにより、絶縁、駆動部品、接点、メッキなどあらゆる部品について、従来の機器に比べ一段と信頼性が向上している。

(b) 高機能・高性能化

例えば、最近の配線用遮断器や漏電遮断器は、従来の遮断器を電子式遮断器等に更新することにより、定格電流、遮断時間等の設定が容易にできるものもあり事故区間の選択遮断協調がより可能となる。

また、設定値を超える電流が継続して流れると信号を出す予知警報機能を備えた遮断器もある。

これらは、事故の発生・拡大・波及を防止する意味でも極めて効果大きい。

このように、同一容量・同一定格の機器でも、その機能・性能が向上されているものが多い。

(c) 安全性向上と小形化

据付け場所のスペースの削減及び有効利用の面から、配電盤、制御盤等の小形化が強く要求されてきており、それに収納する配電制御機器についても、絶縁技術、設計・製造技術の向上により、小形化されている。

また、小形機器は機器取付け用レールによる取付けを可能とし、取付け・交換作業を容易にしている。

保守・点検等の取り扱いについても、安全性について考慮しており、安全カバー等も要求により装備できる構造としている。

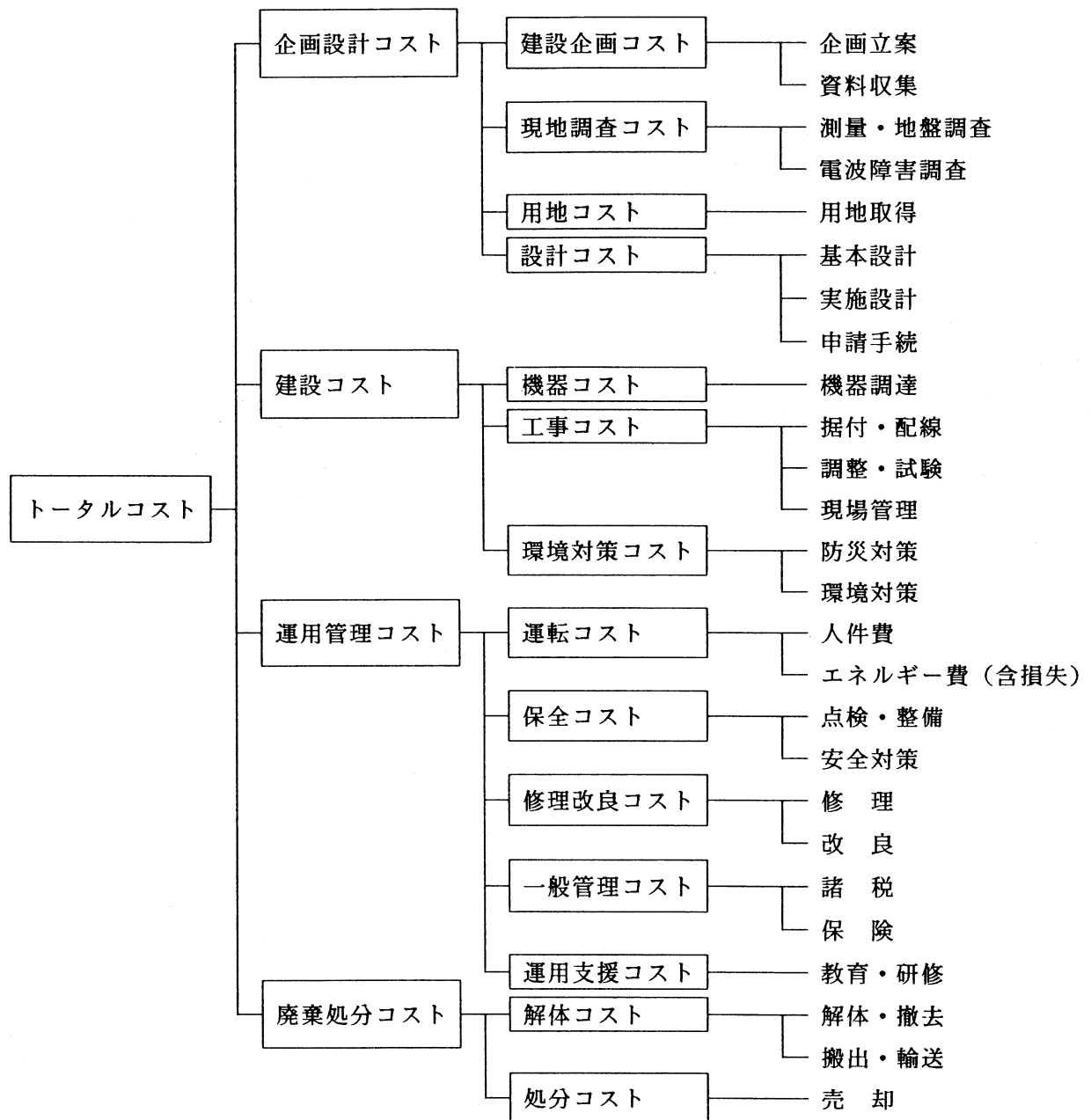
(2) ライフサイクルコストの考え方

受配電設備に限らず、広い意味での設備・装置を新設する際、ともすると、初期投資額のみを対象にしがちであるが、その機器の寿命終期までに必要とする費用は運転経費（損失費を含む）や点検・修理費などのランニングコストの方がむしろ大きなウェイトを占めている。

このため、その設備機器の寿命終期までに要する費用、すなわちライフサイクルコストを最低にすることが、総合的な経済性（トータルミニマムコスト）を得る手段であるといわれている。

ここで、建設省が体系づけた建築物のライフサイクルコストの項目を参考に受配電設備について主な項目をまとめると図3のようになる。

図3 受配電設備のライフサイクルコスト項目の体系



ライフサイクルコストは長期に亘って発生する費用を取り扱うので、発生コストを基準の年に換算して計算する必要がある。この換算にはいくつかの方法があるが、一般には基準の年を初年度、つまり現在の価格に換算する現価法が多く用いられる。たとえば、

C_P : 耐用年数 t 年目までに発生する現在価格の合計値

C_0 : イニシャルコスト (企画設計コスト + 建設コスト)

C_n : ランニングコスト (運用管理コスト)

$(1 + i)^{-n}$: n 年度末における現価係数

i : 利率

t : 耐用年数

S : 廃棄処分コスト (現存価値 - 処分費)

とすれば、

$$C_P = C_0 + \sum_{n=1}^t C_n (1 + i)^{-n} + S (1 + i)^{-t}$$

で表される。

また、 t 年間の年平均コストは次式で求められる。

$$C_m = C_P \times \frac{i}{1 - (1 + i)^{-t}}$$

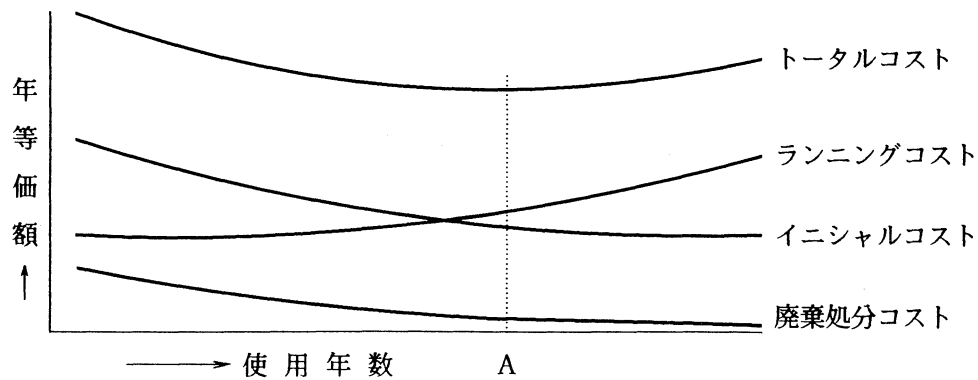
ただし、 C_m : 現在価格に換算された総費用を t 年間の均等額に換算した年等価額

$$\frac{i}{1 - (1 + i)^{-t}} : t \text{ 年間における資本回収係数}$$

上記のイニシャルコスト、ランニングコスト、廃棄処分コスト及びトータルコストの年等価額を縦軸に、使用年数を横軸にとってグラフに表すと、例えば図4のようになる。

つまり、トータルコストは建設後暫くはイニシャルコストの影響が大きく、経年につれて年等価額は減少するが、ある時期を過ぎると、保守・点検費や修理費の方が上回り、(ランニングコストの影響が大きくなり) 年等価額が増加する。このため、経済的な寿命として、このライフサイクルコスト (トータルコスト) が最低となる時期 (図4のA点) に更新することが最も有利と言える。なお、この検討はあくまで設備機器に対する経済性だけで、二次災害による損害や、停電による機会損失などは含まれていない。

図4 ライフサイクルコストから見た更新時期



参考文献（総論部）

- (1) 汎用高圧機器の更新推奨時期に関する調査報告書

日本電機工業会 平成元年9月

- (2) 工場電気設備の寿命とメンテナンスに関するアンケート調査報告

電気学会 技術報告（Ⅱ部）第159号 昭和58年11月 電気学会

- (3) 電気設備の耐久性に関する調査研究報告

電設工業 昭和60年12月号 日本電設工業協会

Ⅱ．各機器の更新の考え方（各論）

1. 配線用遮断器

1.1 適用範囲

- (1) 機 種 配線用遮断器
- (2) 規 格 J I S C 8 3 7 0 (1 9 9 1)
- (3) 定 格 定格絶縁電圧：600V以下
定格使用電圧：交流50/60Hz 550V以下，直流500V以下
フレームの大きさ：30～5000AF
定 格 電 流：3～5000A
定 格 遮 断 容 量：交流 1000～200,000A 直流 700～100,000A

1.2 設置環境（普通の使用状態）

項 目	状 態
設 置 場 所	屋内
周 囲 温 度	－5℃～＋40℃ 24時間の平均値が＋35℃を超えないこと。
湿 度	相対湿度 45～85%
振 動 ・ 衝 撃	異常な振動・衝撃を受けない状態。
標 高	2000m以下。
そ の 他	過度の水蒸気，油蒸気，煙，じんあい，塩分，腐食性物質などが存在しない雰囲気。

1.3 使用条件（普通の使用条件）⁽¹⁾

項 目	条 件
電 圧	主回路の定格使用電圧以下
電 流	定格電流以下 ただし箱や配電盤，分電盤等に収納されている場合は定格電流の80%以下
周 波 数	50Hz又は60Hz
操作制御電圧	操作回路の定格操作電圧の85～110% ただし直流操作の電圧引外し装置の場合，定格操作電圧の75～125%

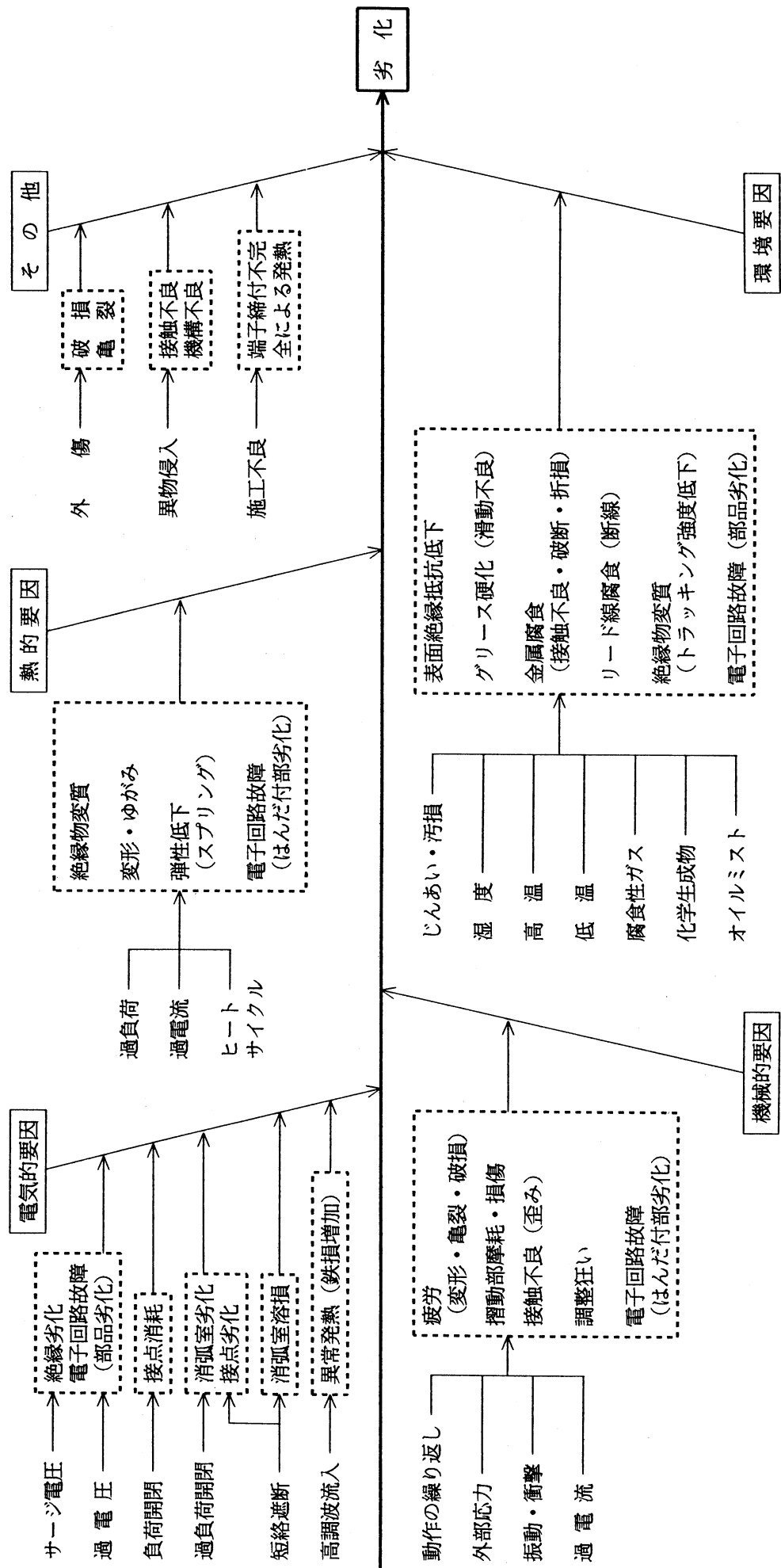
注⁽¹⁾ 接続電線（又は銅帯），逆接続，アークスペース，開閉回数については
JIS C 8370による。

1.4 寿命を決める要因

(1) 配線用遮断器の劣化要因

配線用遮断器劣化の基本的なものをまとめると、図1.1のようになる。

図 1.1 配線用遮断器の劣化要因



〔注〕各要因が並列的又は直列的に複合進行し、劣化が加速的に進行する場合もある。

(2) 配線用遮断器の劣化要因と故障

配線用遮断器の機能低下を促進させる劣化要因と主な故障の関係をまとめると表 1.1 のようになる。

表 1.1 配線用遮断器の劣化要因と故障

劣化要因			劣化現象	影響箇所	予測される故障
温度	高温		潤滑剤の変質	トリップ機構・開閉機構	開閉操作不良，引外し不良
			変形		
			破壊		
			絶縁低下	端子部・導体支持部	内部短絡，遮断性能低下
			絶縁物の枯れ	機構部・導体接続部	異常発熱，不要動作
			電子回路部品の劣化	電子回路部品	不要動作，引外し不良
	低温	脆化		開閉機構	開閉操作不良
				トリップ機構	引外し不良
		氷結		トリップ機構・開閉機構	開閉操作不良，引外し不良
			ヒートサイクル	膨張，収縮による劣化，緩み	
	電子回路はんだ付部	不要動作，引外し不良			
湿度	多湿	発錆	トリップ機構・開閉機構 端子部	開閉操作不良，引外し不良 絶縁耐力低下，異常発熱	
じんあい，異物 オイルミスト			摩擦力の増大	トリップ機構・開閉機構	開閉操作不良，引外し不良
			接触抵抗の増大	接点部・導体接続部	導通不良，異常発熱
			絶縁耐力低下	端子部・絶縁部	内部短絡，遮断性能低下
腐食性ガス			金属腐食	端子部	異常発熱，不要動作
				接点部・導体接続部	接触不良，異常発熱
				トリップ機構・開閉機構	開閉操作不良，引外し不良
				リード線	リード線断線
			絶縁物劣化	機構部・絶縁部	内部短絡，遮断性能低下
			応力腐食割れ	端子部・導電部	異常発熱，導通不良
振動・衝撃			ねじの緩み	端子部・導電部	導通不良，異常発熱
				トリップ機構・開閉機構	開閉操作不良，引外し不良
			摩耗増大	トリップ機構・開閉機構	
			疲労破壊	トリップ機構・開閉機構	
			電子回路不良	電子回路はんだ付部	不要動作，引外し不良
使用条件	サージ電圧 過電圧		絶縁物劣化	絶縁部	内部短絡，遮断性能低下
			電子回路部品の劣化	電子回路部品	不要動作，引外し不良
	開閉頻度	負荷	異常消耗	接点部・機構部	導通不良， 接点消耗による溶着， 開閉操作不良，引外し不良
		無負荷	摩耗増大		
		周波数（高調波）		鉄損増大	トリップ機構

1.5 更新推奨時期

使用開始後15年、又は規定開閉回数。

これを目安に更新することを推奨する。なお、この値は製造業者の保証値ではない。

開閉回数については、規格値（JIS C 8370配線用遮断器及び1.6.1(1)の表1.2）を参照されたい。

1.6 更新推奨時期を設定した背景

配線用遮断器は非修理系の機器である。

配線用遮断器の寿命については、使用条件と使用環境の両面から考慮されなければならない。

更新推奨時期は、通常的环境下で、通常の使用条件にて保守点検を確実に行った場合に、新品と交換した方が経済性を含めて有利と考えられる時期であり、これは機器の保証を意味するものではない。

1.6.1 規格に基づく耐久性（寿命）

(1) 開閉耐久性能（定格電流以下の負荷電流開閉）

配線用遮断器の開閉耐久性能は、フレームの大きさによって異なっている。フレームが大きいほど回数は少なくなっている。JIS C 8370(1991)では表1.2に示すとおりとなっている。

配線用遮断器は、電磁開閉器や電磁継電器等と異なり、頻繁な開閉には不向きであることを設備の設計・計画の当初より留意しておかなければならない。

表 1.2 配線用遮断器の耐久性能

配線用遮断器の フレームの大きさ (A)	開 閉 耐 久 試 験 条 件				電圧引外し、 不足電圧引外 し装置による 引外し回数 (回)	過負荷開閉試験条件	
	開閉の割合 (回／時)	開 閉 回 数 (回)				試験電流 (A)	開閉回数 (回)
		In通電	無通電	合 計			
100 以下	360	6000	4000	10000	1000	6 In (最小150A)	50
100 を超え 225 以下	300	4000	4000	8000	800		25
225 を超え 600 以下	240	1000	5000	6000	600		25
600 を超え 800 以下	120	500	3500	4000	400	3600 + 2 (In-600)	25
800 を超え 1000 以下	60	500	2500	3000	300		25
1000 を超え 1200 以下	60	500	2000	2500	250		25
1200 を超え 2500 以下	60	500	2000	2500	250		10
2500 を超え 5000 以下	60	400	1100	1500	150		5

備考 In は配線用遮断器の定格電流を表す。

(2) 引外し動作の耐久性能（寿命）

配線用遮断器の開閉機構の動作は2通りあり、定格電流以下の負荷開閉動作と、過電流引外し、電圧引外し、不足電圧引外し等による引外し動作では、機構の動作メカニズムは全く異なっている。引外し動作は通常まれにしか発生しないことが予想され、種々の規格でも負荷開閉の耐久性能に対して少ない回数になっている。これは配線用遮断器の機構原理からも引外し動作は接点をできるだけ高速で開離させるため、機械的衝撃が大きくなっているためである。

また、過電流を遮断することはごくまれで、実用面からも定格電流以下の負荷開閉ほど、開閉回数は要求されない。

このような理由に基づいて、引外し動作の耐久性能は表に示す通電、無通電の合計の10%が要求回数となっている。しかし、この数値は機械的開閉回数で、過電流遮断の場合は、接点の消耗、消弧室の焼損が発生するので、その過電流の大きさにより耐久性能は異なってくる。JIS C 8370では過負荷開閉試験として表1.2の右欄に示す電流と開閉回数を規定している。

また、付属装置の耐久寿命は、いずれも配線用遮断器本体の動作と関連しているため、それぞれの本体の耐久寿命と同じ回数となる。

主な付属装置の耐久寿命は次のとおりである。

- ・補助スイッチ・電気操作装置・外部操作ハンドル : 表1.2に示す開閉回数
- ・警報スイッチ・電圧引外し装置・不足電圧引外し装置 : 表1.2に示す
合計開閉回数の10%

従って、特に、警報スイッチ・電圧引外し装置・不足電圧引外し装置等は、適用箇所に十分注意を要する。

(3) 短絡電流の遮断

配線用遮断器の短絡電流に対する遮断責務は、O-2分-COとなっており、2回遮断できることになっているが、これは1回短絡遮断しても更に継続して長時間使用に耐えられるという意味ではなく、短絡事故で遮断した後、事故原因を排除する前に原因が明確でなく、やむを得ず再投入したい場合のことを考慮して“CO”試験を課しているのである。従って、短絡事故の後には新品と交換するまでの間、絶縁抵抗測定（できれば耐電圧試験を実施）後、端子等の異常温度上昇がないことを確認しながら、暫時の間使用する程度にとどめ、すみやかに新品と交換しなければならない。

1.6.2 劣化要因からくる耐久性

配線用遮断器は、低圧電路において、電路の開閉並びに過電流の遮断という機能を有している。

配線用遮断器の劣化は、これら本来の機能を遂行していく過程で被る機械的・電氣的な要因と長期にわたる設置、使用状態において受ける環境要因によって進行していく。

要因の種類としては、温度、湿度、じんあい、ガス、振動・衝撃などの環境条件や、電圧、開閉頻度などの使用条件が主なものであり、表1.1にその概要を示す。

これらの要因による劣化は図1.1のように単独で影響する場合と、複数が絡み合って影響する場合がある。

以下に主な要因による耐久性への影響について述べる。

(1) 温 度

高温による影響は、主に絶縁物の劣化促進による絶縁耐力と強度の低下及び収縮、反りなどの経時変形である。

絶縁物の熱的劣化は熱分解や酸化劣化によって起こり、その速度は、化学反応のアレニウスの法則に準ずるという考え方が定着している。すなわち、一般的に使用温度が6～10℃上がるごとに耐久性は半減するといわれている。

電気機器に使用される絶縁材料の使用温度はJIS C 4003（電気絶縁材料の種類）により規定されているが、昭和51年電気用品調査委員会から、「電気用品に使用される絶縁物の使用温度上限値」が答申された。これによると、基本的には絶縁材料の使用温度を、その絶縁材料が40000時間（約5年）の耐熱寿命（材料の機械的及び電気的特性が初期値の1/2に劣化するまでの時間）をもつことができる温度ということで規定している。基準温度を40℃ベースで材料の選定を行えば、實際上通常の使用状態では年間平均温度は盤内でも30℃程度であるから、約2～3倍の寿命が期待でき絶縁材料としては10～15年前後の耐久性を有することが理解できる。

使用条件、環境要因等が常規使用状態よりも厳しい場合は、当然劣化が促進されるので、期待できる製品寿命は短くなる。従って、適切な間隔で定期的な保守点検を実施し、設備の安全、適切な運用に心がける必要がある。

(2) 湿 度

多湿による劣化現象には、金属の発錆と絶縁物表面の絶縁劣化がある。

高温、多湿下では、これらの劣化が更に促進されるが、金属の発錆が耐久性に与える影響が大きいのは、機構部品の錆による、開閉・引外し動作の不具合である。

多湿下で塩素ガスなどの腐食性ガスが存在する環境では、上記劣化が極端に促進される。

(3) じんあい

接点面にじんあいが付着すると導通不良になることが多く、接触抵抗増大、異常発熱、導通不具合の主な原因である。

また、じんあいは、摺動摩擦、摩耗の増大を招き、引外し動作不良や開閉不良のような不具合をもたらす。

絶縁物に堆積したじんあいは吸湿等により絶縁性を低下させ、短絡事故にまで波及することがある。

(4) ガ ス

塩素ガス（ Cl_2 ）、硫化水素（ H_2S ）、亜硫酸ガス（ SO_2 ）やアンモニアガス（ NH_3 ）などの有毒ガスは、金属腐食や絶縁劣化の促進のほか、黄銅材などに応力腐食割れを発生させることがある。

(5) 振動・衝撃

振動・衝撃はねじの緩み、摺動部の摩耗促進、コイルや電線の疲労による断線などの障害を発生させる場合がある。

(6) 使用条件

規格に基づく耐久性については1.6.1(1)の記述による。

1.6.3 使用実績

配線用遮断器の使用実績のデータとして、「工場電気設備の寿命とメンテナンスに関するアンケート調査報告（総論3.(1)項）」より見ると、機器寿命による取換周期は10～20年となっている。

一方、「設備耐久性部会電気分科会のアンケート調査結果（総論3.(2)項）」より見ると、更新を考慮する時期は10年経過時からとなっている。

これらを総合的に考慮して、更新推奨時期を設定した。

1.7 配線用遮断器の特殊性

配線用遮断器は、内部の点検、補修を行って使用することはない非修理系の製品である。

従って需要家にとっては、配線用遮断器の劣化又は寿命の到来を遮断器の機能上の異常又はその前駆現象から推察していかなければならない。

配線用遮断器は、主回路及び分岐回路の開閉保護機器として使用されることが多い。このため、一般には高頻度の開閉は少ない。劣化現象の主なものとしては、端子ねじの緩み、絶縁劣化、接触抵抗の増大等があげられる。

これらの劣化の進行状況を観察し、適切な処置を行うため、日頃の保守・点検及び定期点検が必要である。

1.8 使用実績その他についての参考資料

A 新聞社ビル使用配線用遮断器調査結果（一部抜粋）

ビル解体に伴い、同ビルに使用されていた配線用遮断器（MCCB）の経年劣化について調査した。調査品は昭和35～41年製の14台である。

(1) 調査結果のクラス分け

外観と内部状況については目視により、汚れ、変色、さび、その他の異常の有無について調査し、その程度により、A（程度の良いもの）、B、C（特にひどいもの）にクラス分けをした。また、調査項目を総合して、同様のクラス分けをした。

その調査結果を表1.3に示す。

(2) 調査項目による調査結果

(a) 端子間電圧降下

端子間電圧降下は、定格電流通電時の電源負荷端子間の電圧降下を測定したものである。結果は全般的に大きめであり、全極の38%が標準値を超えている。

これは、接点表面の荒れ（電流開閉時の発弧跡）、接点表面の酸化被膜の発生等によるものと推定される。しかし、電圧降下が標準値を超えたからといって、温度上昇が規定値を超えるというものではないが、接触面の劣化を判断する一つの方法である。

(b) 動作特性（表 1.3 では数値を省略した。）

100%電流不動作と 200%電流動作特性は、全数社内規準値内に入っているが、No.13, 14は 200%電流動作時間のバラツキが大きい。これは、過電流検出部の「ねじ」の締付けが緩み、引外し機構との調整裕度が減少し、引外し時間に遅れが生じたためと推定される。「ねじ」の緩みは経年によるものと考えられる。「ねじ」の緩み、機構部の腐食等による開放力の増加を考慮に入れると、動作時間は、数秒～十数秒の時間遅れを生ずることが考えられる。

(c) 投入力、開放力（表 1.3 では数値を省略した。）

操作ハンドルの投入力、開放力の測定を行った結果、標準値からはずれたものがある。これは、経年によるばねの弾性劣化及び機構部の発錆等による摩擦力の増大によるものである。

(d) 外 観（表 1.3 では状況を省略した。）

カバーあるいはハンドルの破損したもの（No. 3, 6, 7, 9）があるが、これはモールドの経年劣化というより、取外し時あるいはそれ以後に外力が加わったためと考えられる。なお、外部から液体の浸入した形跡のあるもの（No. 3, 4, 9）があるが、これは内部状況と考え合わせると、設置状態において、水等の飛散があった可能性が高いと推定される。

(e) 接点状況

長期間の使用により接点の表面が汚損されたものが多く、カーボン、じんあいの蓄積、発弧による表面の荒れにより接触抵抗が高くなっている。また、接点表面が黒色に変色したものもあり、硫化膜を形成したものと判断する。このため、電圧降下の増大を生じたものである。

(f) 結果のクラス分け

外観については、Aクラス（程度の良いもの）57%、Bクラス14%、Cクラス（特にひどいもの、破損しているもの）29%である。Cクラスの半数はカバーの破損によりCクラスとなったものである。

内部については、Aクラス（程度が良く、ほとんど変化のないもの）21%、Bクラス（軽度の白さびが発生している程度のもの）65%、Cクラス（さびが相当に進んでいるもの、及び機構に不具合のあるもの）14%である。Cクラスの中には、遮断器内にゴキブリが侵入していたものがあつた。

総合については、外部・内部を考慮して、Aクラス（継続使用可能なもの）21%、Bクラス（点検後使用可能なもの）43%、Cクラス（交換を要するもの）36%である。

総合のA、Bクラスにあるものも近い将来寿命に至ると判断されるが、どの程度経過すれば寿命となるかを判断することは困難である。

製造年別にクラス分けを分析してみると、昭和39年より以前に製造されている5台は全て交換を要するものとなっている。

この調査は昭和56年に行われており、約15年を経過すると、更新を推奨した方がよいことがわかる。

表1.3 調 査 結 果

No.	M C C B					調 査 結 果				結果の クラス 分け		
	フ レーム	極 数	定格 電流 [A]	製造 年 (昭和)	極	端子間電圧降下 [mV]		内 部 状 況	発 錆 状 況		開 閉 機 構 部	接 点 状 況
						測定値	標準値					
1	50AF	3	10	41	左	230	252 ? 168	各部に若干塵埃の付着 がみられる	ほとんど認めら れない	特に異常は認められ ない	接点表面に軽微なカーボン の付着がみられる	外観A
				中	220	内部A						
				右	220	総合A						
2	"	"	15	36	左	140	192 ? 128	消弧装置付近・機構部 に塵埃の堆積がみられ る	電磁部磁気棒 及び可動鉄片に 軽微	各リンク部の動きに 若干の渋滞がみられ る	同 上 負荷開閉時のアークによる 軽度の接点表面荒れがみら れる	外観B
				中	140	内部B						
				右	200	総合B						
3	"	"	15	35	左	130	"	外部から液体（水）の 流入した形跡があり、 消弧装置の変形・変色 がみられる	消弧装置・鉄板、 機構部主柱に 発生	同 上	同 上	外観C
				中	140	内部B						
				右	140	総合C						
4	"	"	20	36	左	200	168 ? 112	同 上	電磁部磁気棒・ 可動鉄片、機構 部主柱に軽微	同 上	大電流遮断の形跡がみられ る。左極接点表面は著しく 荒れている	外観B
				中	110	内部B						
				右	190	総合B						
5	"	"	30	40	左	120	120 ? 80	各部に若干塵埃の付着 がみられる	ほとんど認めら れない	特に異常は認められ ない	接点表面に軽微なカーボン の付着がみられる	外観A
				中	110	内部A						
				右	120	総合A						
6	"	"	30	36	左	110	"	負荷端子部付近・機構 部に塵埃の堆積がみら れる	同 上	各リンクの動きに若 干の渋滞がみられる	同 上	外観C
				中	90	内部B						
				右	120	総合C						
7	"	"	30	35	左	90	"	各部に若干塵埃の付着 がみられる	電磁部可動鉄片 及び同ばねに 軽微	同 上	同 上 負荷開閉時のアークによる 軽度の接点表面荒れがみら れる	外観C
				中	90	内部B						
				右	120	総合C						
8	100AF	2	50	35	左	110	90 ? 60	同 上	ほとんど認めら れない	同 上	同 上	外観A
				右	100	内部B 総合B						
9	"	"	75	35	左	90	"	外部から液体（水）の 流入した形跡がみられ、 消弧装置の変形・変色 がみられる	消弧装置・機構 部主柱に発生	ハンドルの破片が内 部に入り込み、リン ク部に付着していた。 このためトリップ後 ときどきリセット不 能となっていた	同 上	外観C
				右	75	内部C 総合C						
10	"	3	70	35	左	90	96 ? 64	各部に若干塵埃の付着 がみられる	ほとんど認めら れない	特に異常は認められ ない	接点金物が黒色に変色 （硫化被膜）している	外観A
				中	75	内部B						
				右	80	総合B						
11	"	"	100	39	左	100	84 ? 56	各部に若干塵埃の付着 がみられる。各箇所 にゴキブリが侵入していた	同 上	同 上	左極接点面にゴキブリの 羽根が付着し導通不能と なっていた	外観A
				中	100	内部C						
				右	90	総合C						
12	400AF	"	300	40	左	90	"	各部に若干塵埃の付着 がみられる	同 上	同 上	接点表面に軽微なカーボン の付着がみられる	外観A
				中	90	内部A						
				右	170	総合A						
13	"	"	300	40	左	70	"	同 上	同 上	遮断機構部の裕度が 規定より小さくなっ ていた	同 上	外観A
				中	80	内部B						
				右	90	総合B						
14	"	"	300	40	左	100	"	同 上	同 上	同 上	同 上	外観A
				中	90	内部B						
				右	150	総合B						

* ゴキブリの羽根を取り除いた後に測定。

- 備 考 1. 結果のクラス分けでAは程度の良いもの、Bは普通程度のもの、Cは特にひどいもの。
2. 各項の標準値は新品で実測したときの値を示す。

1.9 保守・点検

配線用遮断器の耐久性は使用条件と使用環境によって大いに左右される。それゆえ長期の使用の際には、製品の劣化と故障に伴う危険の防止を図り、装置の安全性と信頼性の確保にととめなければならない。

そのためには、

- (イ) 使用条件に対応した製品寿命の予測
- (ロ) 事故に連なるような劣化に伴う前駆現象としての異常を的確に把握するための保守・点検の徹底及び異常予知技術の周知徹底

等着実に実施していくことが必要である。

使用条件、環境要因等が普通の使用状態よりも厳しい場合は、当然劣化が促進されるので、期待できる製品寿命は短くなる。

従って、適切な間隔で定期的な保守・点検を実施し、設備の安全かつ適切な運用に心がける必要がある。

保守・点検の詳細については、日本電機工業会技術資料第 119号『配線用遮断器の適用及び保守・点検指針』を参照されたい。

1.9.1 需要家における定期点検及び評価方法

性能を維持し、不測の事故を未然に防止するために、設備の運転開始から一定期間ごとに配線用遮断器の外観や動作状態に関し、表 1.4 に示す 1～7 の項目について調査確認し、各部の点検・手入れをするとともに、診断評価を行う。

点検時期のおおよその期間を表 1.5 に示す。

また、日常の運転状態において異常が生じた場合、適切な処置を施すとともに、上記の診断評価により、配線用遮断器を交換するかどうかを判断する。

なお、製品の修理・調整・改造等を要するものは製造業者に相談のうえ、処置することが望ましい。

表 1.4 需要家における点検方法及び処置

点 検 項 目		点 検 要 領	処 置
1	じんあい汚損の有無	配線用遮断器表面，特に上部電源側表面にじんあいが積っていないか，また油などの付着がないかなどを点検する。 沿面距離を大きくするための溝のあるものはじんあい・異物等で橋絡していないこと。	クリーナでじんあいを吸い取ったのち，乾燥したきれいな布で拭きとる。
2	排気孔部の点検	排気孔近傍部の炭化物・金属粒など異物の付着状況の観察によって過電流を遮断した形跡があるかどうか点検する。	すすや金属粒などの付着が認められる場合，新品と交換する。 付着が些少の場合 6 及び 7 の点検により交換するかどうか判断する。
3	端子部の変色・	異常温度上昇の形跡がないか，硫化ガスなどの腐食性ガスによる損傷の著しい進行がないかを点検する。	銀めっきの多少の変色は問題ない。 変色が極度に進んでいるもの，あるいは異常温度上昇による絶縁部の損傷が認められるものは新品と交換する。
4	端子ねじの緩み	端子ねじ・電線締付ねじ等の増締めにより緩みがないか確認する。 標準工具を使用のこと。	ねじの材質に対してあらかじめ規定の締付トルクを調べ締付不足又は過剰締付にならないこと。
5	開 閉	常時閉路されている配線用遮断器は，数回開閉を行いグリースの硬化等による摩擦増加を防止したり，接点の摺動作用により接触抵抗を安定させる。	開閉がスムーズでないものは交換又は製造業者に補修を依頼する。
6	絶縁抵抗	500V 絶縁抵抗計により，相間及び対地間の絶縁抵抗を測定する。 接続導体は外して測定する。	5 M Ω 以下のものは新品と交換する。
7	温度上昇	負荷電流を通じ，次のことを確認する。 ・配線用遮断器の絶縁ケースは70℃を超える温度上昇がないこと。 ・煙，異臭の発生がないこと。	異常のものは，新品と交換する。

表 1.5 需要家における点検基準

程 度		環 境	具 体 例	点 検 間 隔 の 基 準	備 考
普 通 の 使 用 状 態	1	空気がいつも清浄で乾燥している場所。	防塵・空調された電気室など。	2～3年に1回 設置後10年以上のものは1年に1回 設置後15年以上のものは6ヶ月に1回	標準仕様の配線用遮断器を使用する。状況に応じて点検間隔を考慮する。
	2	屋内でじんあい等の少ない腐食性ガスのない場所。	防塵・空調のない個別電気室の配電盤及び箱入のもの。	1年に1回 設置後10年以上のものは6ヶ月に1回 設置後15年以上のものは1ヶ月に1回	
悪 環 境	1	亜硫酸、硫化水素、塩分、高湿等のガスが含まれ、じんあいの少ない場所。	地熱発電所、污水处理場、製鉄、紙、パルプ工場等。	6ヶ月に1回 設置後5年以上のものは1ヶ月に1回	適当な処理を考慮する必要あり。
	2	人間が長時間滞在できず、腐食性ガス、じんあいの特にひどい場所。	化学薬品工場、採石場、鉱山現場等。	1ヶ月に1回	

定期点検において、異常が察知された場合、更に表 1.4 に示す 7 つの項目について詳細評価し、配線用遮断器に次のような現象が観察された場合は、寿命に近づいたものと判断し新品と交換する。

- (1) 配線用遮断器の絶縁ケースの異常高温（70℃を超える温度上昇）
- (2) 絶縁抵抗の低下（5 MΩ 以下）
5 MΩ 以下にならない場合でも絶縁抵抗に著しい低下があった場合は、何らかの異常があると考えられる。特に 400 V 回路では注意を要する。
- (3) 定格電流以下での通電における引外し動作（配線用遮断器の内部発熱の場合）
- (4) 異臭の発生
- (5) 電源側排気孔近傍部の炭化物、金属粒などの異物の付着
- (6) 端子、裏面スタッドと本体締付け部及びモールド部の変色

1.10 参考文献

- (1) ㈱日本電機工業会 技術資料119号 : 配線用遮断器の適用及び保守・点検指針
- (2) ㈱日本電機工業会 技術資料167号 : 電磁接触器の耐久性と保守・点検
- (3) 建築設備の耐久性向上技術(オーム社) : 電気設備 第2章劣化診断

2. 漏電遮断器

2.1 適用範囲

- (1) 機 種 漏電遮断器
- (2) 規 格 J I S C 8 3 7 1 (1 9 8 0)
- (3) 定 格 定格電圧：交流600V以下
定格電流：2500A以下
定格周波数：50Hz又は60Hz

2.2 設置環境（普通の使用状態）

項 目	状 態
設 置 場 所	屋 内
周 囲 温 度	-10～+40℃
湿 度	相対湿度 45～85%
振 動 ・ 衝 撃	異常な振動及び衝撃を受けない状態
標 高	2000m以下
そ の 他	過度の水蒸気，油蒸気，煙，じんあい，塩分，腐食性物質などが存在しない雰囲気

2.3 使用条件（普通の使用条件）

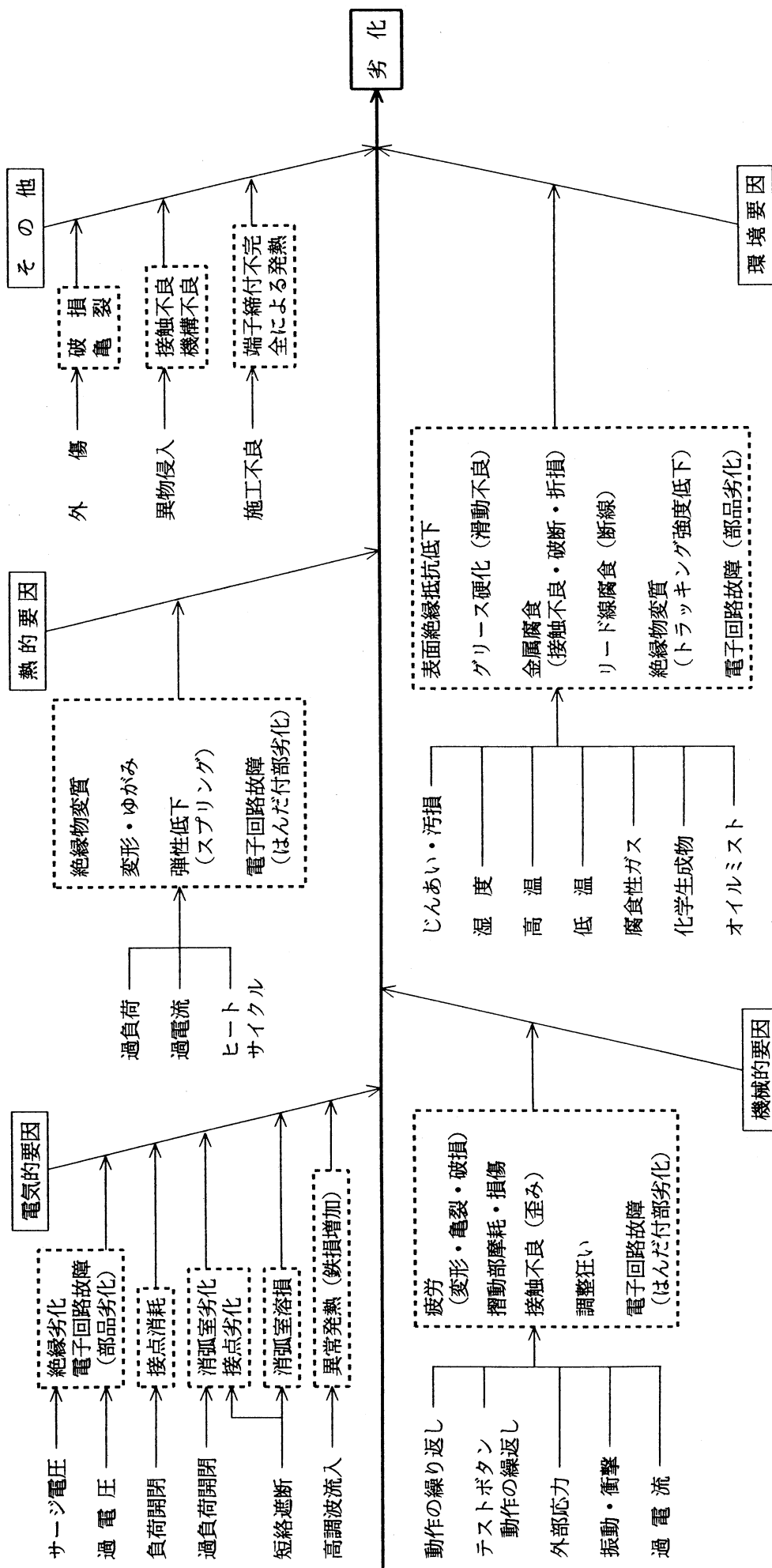
項 目	条 件
電 圧	定格電圧の80%～110%の範囲内
電 流	定格電流以下 ただし箱や配電盤，分電盤等に収納されている場合は定格電流の80%以下
周 波 数	50Hz又は60Hz
操作制御電圧	操作回路の定格操作電圧の85～110% ただし直流操作の電圧引外し装置の場合，定格操作電圧の75～125%

2.4 寿命を決める要因

(1) 漏電遮断器の劣化要因

漏電遮断器劣化の基本的なものをまとめると、図 2.1 のようになる。

図 2.1 漏電遮断器の劣化要因



[注] 各要因が並列的又は直列的に複合進行し、劣化が加速的に進行する場合もある。

(2) 漏電遮断器の劣化要因と故障

漏電遮断器の機能低下を促進させる劣化要因と主な故障の関係をまとめると表 2.1 のようになる。

表 2.1 漏電遮断器の劣化要因と故障

劣化要因			劣化現象	影響箇所	予測される故障
温度	高温		潤滑剤の変質	トリップ機構・開閉機構	開閉操作不良，引外し不良
			変形		
			破壊		
			絶縁低下	端子部・導体支持部	内部短絡，遮断性能低下
			絶縁物の枯れ	機構部・導体接続部	異常発熱，不要動作
			電子回路部品の劣化	電子回路部品	漏電時不動作・不要動作，引外し不良
	低温		脆化	開閉機構	開閉操作不良
				トリップ機構	引外し不良
		水結	トリップ機構・開閉機構	開閉操作不良，引外し不良	
			ヒートサイクル	膨張，収縮による劣化，緩み	トリップ機構・開閉機構 導体接続部
電子回路はんだ付部	漏電時不動作・不要動作，引外し不良				
湿度	多湿	発錆	トリップ機構・開閉機構 端子部	開閉操作不良，引外し不良 絶縁耐力低下，異常発熱	
じんあい，異物 オイルミスト		摩擦力の増大	トリップ機構・開閉機構	開閉操作不良，引外し不良	
		接触抵抗の増大	接点部・導体接続部	導通不良，異常発熱	
		絶縁耐力低下	端子部・絶縁部	内部短絡，遮断性能低下	
腐食性ガス		金属腐食	端子部	異常発熱，不要動作	
			接点部・導体接続部	接触不良，異常発熱	
			トリップ機構・開閉機構	開閉操作不良，引外し不良	
			リード線	リード線断線	
		絶縁物劣化	機構部・絶縁部	内部短絡，遮断性能低下	
		応力腐食割れ	端子部・導電部	異常発熱，導通不良	
振動・衝撃		ねじの緩み	端子部・導電部	導通不良，異常発熱	
			トリップ機構・開閉機構	開閉操作不良，引外し不良	
		摩耗増大	トリップ機構・開閉機構		
		疲労破壊	トリップ機構・開閉機構		
		電子回路不良	電子回路はんだ付部	漏電時不動作・不要動作，引外し不良	
使用条件	サージ電圧 過電圧		絶縁物劣化	絶縁部	内部短絡，遮断性能低下
			電子回路部品の劣化	電子回路部品	漏電時不動作・不要動作，引外し不良
	開閉頻度	負荷	異常消耗 摩耗増大	接点部・機構部	導通不良， 接点消耗による溶着， 開閉操作不良，引外し不良
		無負荷			
		周波数（高調波）	鉄損増大	トリップ機構	異常発熱，不要動作，発音

2.5 更新推奨時期

使用開始後15年、又は、規定開閉回数。

これを目安に更新することを推奨する。なお、この値は製造業者の保証値ではない。

開閉回数については、規格値（JIS C 8371漏電遮断器及び2.6.1(1)の表2.2）を参照されたい。

2.6 更新推奨時期を設定した背景

漏電遮断器は非修理系の機器である。

漏電遮断器の寿命については、使用条件と使用環境の両面から考慮されなければならない。

更新推奨時期は、通常的环境下で、通常の使用条件にて保守点検を確実に行った場合に、新品と交換した方が経済性を含めて有利と考えられる時期であり、これは機器の保証を意味するものではない。

負荷の開閉という機能を遂行していく過程で被る機械的・電気的要因、長期にわたる設置・使用状態において受ける環境要因（導電部・機構部等の部材の腐食による機能障害、絶縁材料の使用温度による劣化）等については、前述の配線用遮断器とほぼ同様である。

2.6.1 規格に基づく耐久性（寿命）

(1) 開閉耐久性能（定格電流以下の負荷電流開閉）

漏電遮断器の開閉耐久性能は、定格電流によって異なっている。定格電流が大きいほど回数は少なくなっている。JIS C 8371（1980）では表2.2に示すとおりとなっている。

漏電遮断器は、電磁開閉器や電磁継電器と異なり、頻繁な開閉には不向きであることを設備の設計・計画の当初より留意しておかねばならない。（配線用遮断器と同様である。）

表2.2 漏電遮断器の耐久性能

漏電遮断器 の 定 格 電 流 (A)	開閉の 割 合 (回／時)	開閉耐久試験条件			テスト ボタン による 引外し	過 負 荷 開 閉 試 験 条 件			
		開 閉 回 数 (回)				地絡保護専用形		過 負 荷 保 護 兼 用 形	
						試験電流 (A)	開閉回数 (回)	試験電流 (A)	開閉回数 (回)
100以下	360	6000	4000	10000	無通電 試験の うち電 圧だけ 印加； 1000回	1. 5In	100	6 In (最小150A)	50
100を超え 225以下	300	4000	4000	8000					25
225を超え 600以下	240	1000	5000	6000					25
600を超え 800以下	120	500	3500	4000				3600 + 2 (In-600)	25
800を超え1000以下	60	500	2500	3000					25
1000を超え1200以下	60	500	2000	2500					25
1200超過	60	500	2000	2500					10

備考 1. Inは漏電遮断器の定格電流を表す。

2. 上表は单相2線式2極及び三相3線式3極の耐久性能を記載した。

(单相3線式3極と三相4線式4極の耐久性能は JIS C 8371 (1980) 9.10, 9.13項を参照されたい。)

(2) 引外し動作の耐久性（寿命）

漏電遮断器の開閉機構の動作は2通りあり、定格電流以下の負荷開閉動作と、テストボタン引外し、過電流引外し（過負荷保護兼用形の場合）等による引外し動作では、機構の動作現象は全く異なっている。

テストボタン引外しの耐久性能については、後述の2.7(1)を参照されたい。また、過電流引外し動作の耐久性能及び付属装置（補助スイッチ・電気操作装置・外部操作ハンドル・警報スイッチ・電圧引外し装置等）の耐久寿命については、前述の配線用遮断器と同様であるので1.6.1(2)を参照されたい。

(3) 短絡電流の遮断

漏電遮断器（過負荷保護及び短絡保護兼用形の場合）の短絡電流に対する責務は、 $0-2$ 分- CO となっており、前述の配線用遮断器と同様であるので1.6.1(3)を参照されたい。

2.6.2 劣化要因からくる耐久性（寿命）

漏電遮断器は、低圧電路における漏電を検出して遮断するという基本機能のほか、電路の開閉、並びに過電流の遮断（過負荷保護及び短絡保護兼用形の場合）という機能を有している。

漏電遮断器の劣化は、これらの本来機能を遂行していく過程で被る機械的・電氣的な要因と、長期にわたる設置・使用状態において受ける環境要因によって進行していく。

要因の種類としては、温度、湿度、じんあい、ガス、振動・衝撃などの環境条件や、電圧、開閉頻度などの使用条件が主なものである。

これらの要因による劣化は単独で影響する場合と、複数が絡みあって影響する場合がある。以下に主な要因による耐久性への影響について述べる。

(1) 温 度

漏電遮断器に対する高温の主な影響として、まず、絶縁物の劣化促進による絶縁耐力と強度の低下及び収縮、反りなどの経時変形があげられる。絶縁物の熱劣化については前述の配線用遮断器と同様であり、1.6.2(1)を参照されたい。

一方、漏電遮断器の漏電検出用電子回路には、電子部品（半導体、コンデンサ等）を使用していることから、高温時の影響としてこれらの電子部品の熱劣化があげられる。電子部品が劣化して、その機能が失われると、漏電発生時の不動作・健全時の不要動作などの故障に至る。従って普通の使用状態（周囲温度： $+40^{\circ}\text{C}$ 以下）を超えることが予想される場合（例：箱・配電盤・分電盤等に収納時）には、負荷電流を低減させるなどの対策が必要である。また、漏電遮断器の使用電圧が高くなると、電子部品の劣化が促進されるので、使用時の一時的な電圧上昇（例：夜間の軽負荷時）にも注意が必要である。

以上のように、使用条件、環境要因が普通の使用状態よりも厳しい場合は、当然劣化が促進されるので、期待できる製品寿命は短くなる。従って、適切な間隔で定期的な保守点検を実施し、設備の安全・適切な運用に心掛ける必要がある。

(2) 湿度・じんあい・ガス

湿度・じんあい・ガス〔塩素ガス（ Cl_2 ）, 硫化水素（ H_2S ）, 亜硫酸ガス（ SO_2 ）, アンモニアガス（ NH_3 ）等〕による劣化現象については、前述の配線用遮断器と同様であり、1.6.2(2)(3)(4)を参照されたい。

なお、多湿下で塩素ガスなどの腐食性ガスが存在する環境において、漏電引外し用コイルが腐食・断線して、漏電発生時に不動作となった実例もあるので、このような環境での使用にあたっては、腐食性ガスの影響を受けないように箱へ収納するなど、適切な対策が必要である。

(3) 振動・衝撃

振動・衝撃は、ねじの緩み、摺動部の摩耗促進、コイルや電線の疲労による断線などの障害を発生させるほか、漏電遮断器の内部配線や電子部品ハンダ付部に過大な機械的要因が加わり、ハンダ割れ・断線が生じて、漏電発生時の不動作・健全時の不要動作などの故障に至ることがある。

(4) 使用条件

規格に基づく耐久性については、2.6.1の記述による。

2.7 漏電遮断器の特殊性

2.7.1 テスト機構による耐久性

- (1) 漏電遮断器はその保護目的が漏電による感電保護と火災保護であるため、その機能が正常であるかどうかを確認するためのテスト機構を有し、月に1回程度の確認が望まれている。JIS C 8371 (1980) ではテスト機構の性能について表2.3に示す通り規定している。

表 2.3 テスト機構による耐久性

試験電圧	負荷電流	開 閉 頻 度		開 閉 回 数
定格電圧の80%	なし	6回/分		10回
定格電圧	なし	100A以下	6回/分	1,000回
		100A超～225A以下	5回/分	
		225A超～600A以下	4回/分	
		600A超～800A以下	2回/分	
		800A超～	1回/分	

ただし、定格電圧印加によるテスト機構の引外し1,000回は2.6.1(1)の耐久性の無通電試験を兼ねており、開閉寿命としての総開閉回数は表2.2に示す通りである。

- (2) テスト機構による引外しは、あくまで漏電が発生した時、その機能が正しく動作するかどうかの確認であり、通常の開閉操作には使用してはならない。通常の開閉をテスト機構で行うと寿命が短くなり結果として更新時期が早くなる。例として、毎日1回、テスト機構による引外しを行った時は約3年で1,000回の耐久寿命に達してしまうことになる。

2.7.2 耐電圧試験に対する耐久性

漏電遮断器の殆どは電子回路による増幅式であり、その増幅回路の電源を漏電遮断器の負荷側から取っているのが一般的である。従って、負荷側の異極間の耐電圧試験は不可で、最悪のケースは機器の損傷を伴うことになる。この損傷まで至らなくとも内部に使用している電子部品の劣化を早め、結果として寿命が短くなることがあるので、特に留意が必要である。

2.7.3 雷インパルス耐電圧性能及び雷インパルス不動作性能

漏電遮断器には電子部品が使用されている。このため、誘導雷サージによる高電圧が配電線路から漏電遮断器に入ると、電子部品を誤動作させて漏電遮断器の不要動作をおこしたり、あるいは電子部品を劣化して不動作にすることがある。

これらの不具合を未然に防止するため、漏電遮断器には、過電圧保護素子や、ノイズ除去回路が設けられている。これらの耐量を評価するためJIS C 8371 (1980) では雷インパルス耐電圧性能が、また、雷サージでの不要動作の性能を確認するために雷インパルス不動作性能が規定されている。

(1) 雷インパルス耐電圧性能

現在JISで規定されている雷サージ電圧は、7kVであり、漏電遮断器の雷インパルス耐電圧性能は、この試験電圧を漏電遮断器の各端子相互間及び各端子と大地間に印加して異常のないことを確認するように規定している。

この試験電圧は誘導雷によるものを対象としたもので、一般の低圧配電線路で発生する誘導雷の90%がこの値以下であるといわれている。

サージ電圧の実測値の一例を図2.3に示す。

(2) 雷インパルス不動作性能

雷インパルス不動作性能については、7kVの雷インパルス電圧を異極間に加えたとき動作しないことの確認及び、図2.2に示した回路で7kVの雷インパルス電圧で試験したとき動作しないことの確認を規定している。

図2.2 雷インパルス耐電圧試験回路

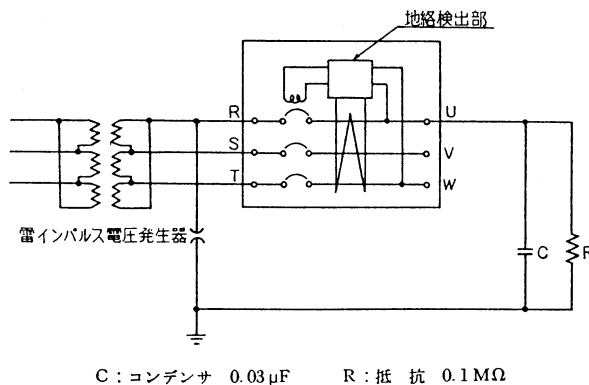
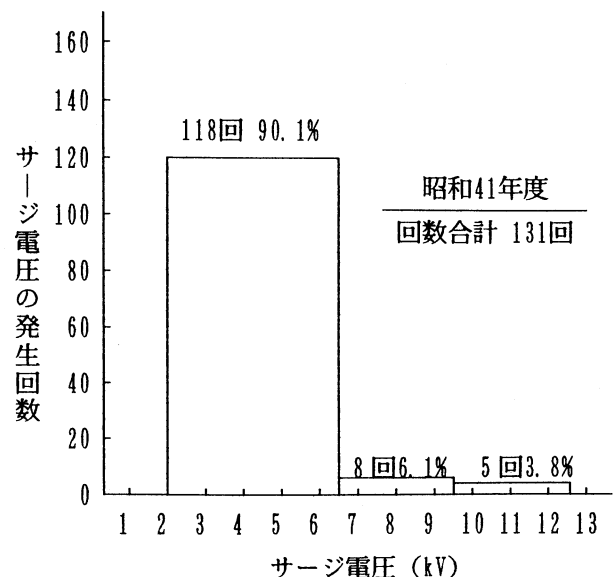


図2.3 低圧配電線に現れるサージ電圧
(大地間電圧)
電力中央研究所の測定
〔電力中央研究所技術研究報告 No. 64061〕



- (4) 漏電遮断器に加わるサージのエネルギーが大きい場合や発生頻度が高い場合には、長期的に見て漏電遮断器内部の過電圧保護素子やノイズ除去回路の劣化を進行させることがある。漏電遮断器と同一の系統に過大なサージを発生する電気機器がある場合には、発生源にサージ吸収回路を設置することが望まれる。また、過大な誘導雷の発生する可能性がある場合には、低圧電路の電源側に近い箇所にサージ吸収回路を設けることが望ましい。

2.8 保守・点検

漏電遮断器の耐久性は使用条件と使用環境により大きく左右される。それ故長期の使用の際には、製品の劣化と故障に伴う危険の防止を図り、装置の安全性と信頼性の確保に努めなければならない。そのためには、

(イ) 使用条件に対応した製品寿命の予測

(ロ) 事故につながるような劣化に伴う前駆現象としての異常を的確に把握するための保守・点検の徹底及び異常予知技術の周知徹底

等々を着実に実施していく必要がある。使用条件、環境要因、電源要因等々が普通の使用状態よりも厳しい場合は、当然劣化が促進されるので、期待出来る寿命は短くなる。

従って、適切な間隔で定期的な保守・点検を実施し、設備の安全かつ適切な運用に心がける必要がある。保守・点検の詳細については以下による。

2.8.1 需要家における定期点検及び評価方法

性能を維持し、不測の事故を未然に防止するために、設備機器の運転開始から一定期間毎に漏電遮断器の外観や動作機能に関し、表2.5に示す1～9の項目について調査確認し、各部の点検、手入れをするとともに診断評価を行う。この点検は概ね、表2.4に示す間隔で行う。また、日常の運転状態において異常が生じた場合の処置の概要について、表2.6に示す。

表2.4 需要家における点検基準

程 度	環 境	具 体 例	点検間隔の基準	備 考
普 通 の 使 用 状 態	1	空気がいつも清浄で乾燥している場所	防塵、空調された電気室など 2～3年に1回 設置後10年以上のものは1年に1回 設置後15年以上のものは6ヶ月に1回	標準仕様の漏電遮断器を使用する。状況に応じて点検間隔を考慮する。
	2	室内でじんあい等の少ない腐食性のガスのない場所	防塵、空調のない個別電気室の配電盤及び箱入りのもの 1年に1回 設置後10年以上のものは6ヶ月に1回 設置後15年以上のものは1ヶ月に1回	
悪 環 境	1	亜硫酸、硫化水素、塩分、高湿等のガスが含まれ、じんあいの少ない場所	地熱発電所、污水处理場、製鉄、紙、パルプ工場等 6ヶ月に1回 設置後5年以上のものは1ヶ月に1回	適当な処置を考慮する必要あり
	2	人間が長時間滞在出来ず、腐食性ガス、じんあい等が特にひどい場所	化学薬品工場、採石場、鉱山現場等 1ヶ月に1回	箱入及び適当な処置を必要とする。

表 2.5 需要家における点検方法及び処置

点 検 項 目		点 検 要 領	処 置
1	じんあい汚損の有無	・漏電遮断器表面，特に上部電源側表面にじんあいが積もっていないか，また油などの付着がないか等を点検する。 ・沿面距離を大きくするための溝のあるものはじんあい，異物等で橋絡していないこと。	・クリーナでじんあいを吸い取った後，乾燥したきれいな布で拭き取る。
2	排気孔部の点検	・排気孔近傍部の炭化物，金属粒などの異物の付着状況の観察によって，過電流を遮断した形跡があるかどうか点検	・煤や金属粒などの付着が認められる場合，新品と交換する。 ・付着が微小の場合 6，7 の点検により交換するかどうか判断する。
3	端子部の変色	・異常温度上昇の形跡がないか，硫化ガスなどの腐食性ガスによる損傷の著しい進行がないかどうかを点検する。	・銀メッキの多少の変色は問題ない。 ・変色が極度に進んでいるもの，あるいは異常温度上昇による絶縁部の損傷が認められるものは新品と交換する。
4	端子ねじの緩み	・端子ねじ，電線締付けねじ等の増締めにより緩みがないか確認する。 ・標準工具を使用のこと。	・ねじの寸法及び材質に対し予め規定の締付けトルクを調べ，締付け不足又は過剰締付けにならないこと。
5	開 閉	・常時閉路されている漏電遮断器は，数回開閉を行いグリースの硬化等による摩擦増加を防止したり，接点の摺動作用により接触抵抗を安定させる。	・開閉がスムーズでないものは製造業者に補修を依頼する。
6	絶縁抵抗	・500V絶縁抵抗計により，相間及び対地間の絶縁抵抗を測定する。 ・接続導体は外して測定する。	・5 MΩ以下のものは新品と交換する。
7	温度上昇	・負荷電流を通じ，次のことを確認する ①漏電遮断器の絶縁ケースは70℃を超える温度上昇がないこと ②煙，異臭の発生がないこと	・異常なものは新品と交換する。
8	テストボタン動作	・定格電圧を印加した状態でテストボタンを押し，漏電遮断器が動作することを確認	・異常なものは新品と交換する。
9	感度電流動作時間	・漏電遮断器用テスターを用い測定する。	・異常なものは新品と交換する。

表2.6 異常現象に対する処置

異常の種類	異常時の状態 又は箇所	推 定 原 因	処 置	処 置 者	
				需要家	製造者
異常発熱	端子部の異常高温	・端子ねじ，導体接続ねじの緩み	・増締めする	○	
	端子部絶縁物の焼損	・接触子の接触抵抗増大による発熱	・修理又は交換する	○	○
	漏電遮断器本体の絶縁ケース温度の異常(70℃以上)	・接触子の接触抵抗の増大 ・内部締付け部の緩み ・編組線断線等による電流密度増大	・新品と交換する	○	
操作不能	投入不良	・漏電遮断器が引外し状態でリセットされていない	・リセット操作をする	○	
	リセット不能	・過電流引外しの後，十分漏電遮断器が冷却されていない	・冷却後リセットする	○	
		・パイナルが腐食等で変形している ・引外し操作回数が数多く寿命となっている（テストボタン動作や電圧引外し操作を頻繁に実施の時） ・機構部の異常	・新品と交換する	○	
付属装置の異常	電気操作装置の異常	・操作回路誤配線による操作不能 ・操作回路誤配線による入，切の連続操作	・配線の点検，修理を行う	○	
		・電源回路の電線の容量不足による電圧降下のための操作不能 ・操作回路の電源容量の不足	・電線を太くする ・電源容量を大きくする	○	
		・操作機構，ストローク調整不良による投入，開放，リセットの操作不能	・ストロークを再調整		○
	電圧引外し装置の異常	・操作回路の通電容量不足による電源電圧降下による不動作 ・電源容量不足による電源電圧降下による不動作	・通電容量を大きくする ・電源容量を大きくする	○	
		・連続励磁，コイル定格の間違い，焼損防止接点の不動作及び溶着等によるコイルの焼損	・装置の交換，コイルの交換，焼損防止接点の交換		○
	不足電圧引外し装置の異常	・残留磁気で無電圧でも引外し動作しない ・ストローク調整不良で無電圧でも引外し動作しない	・修理又は交換する ・修理又は交換する		○

異常の種類	異常時の状態 又は箇所	推 定 原 因	処 置	処 置 者	
				需要家	製造者
付属装置の異常	補助スイッチ及び警報スイッチの異常	・ マイクロスイッチの定格値の超過による接点溶着又は焼損	・ マイクロスイッチを交換し、補助継電器を介在させることにより、マイクロスイッチ接点の負荷軽減を行う	○	○
		・ マイクロスイッチ調整不良による不動作	・ 修理する		○
過電流による不動作	規定の動作電流以上での不動作	・ 上位ヒューズの限流遮断又は上位遮断器との協調が取れていない ・ 周囲温度が異常に低い ・ 高調波電流のため電流計が正しい値を示していない	・ 協調の再検討又は機種の変更 ・ 補正電流を確認	○	
漏電遮断器の不要動作	定格電流以下の通電中に過電流引外し動作	・ 周囲温度が異常に高い (40℃以上)	・ 通気等により周囲温度を低くする	○	
		・ 端子部ねじの緩みによる異常発熱	・ 増締めする	○	
		・ 漏電遮断器内部の発熱	・ 新品と交換する	○	
		・ 異常な振動、衝撃	・ クッション等で振動、衝撃の減衰処置	○	
		・ 定格電流以上の負荷電流が流れている (電動機を過負荷、低電圧、過電圧で運転した時等)	・ 選定の見直し	○	
	始動電流で過電流引外し動作	・ 始動突入電流で引外し動作 ・ スターデルタ始動において、切換え時に動作 ・ インチング始動した時、瞬時動作する ・ コンデンサの充電電流、白熱電灯の越流、蛍光灯の始動電流等による瞬時引外し動作	・ 瞬時引外し電流の設定値変更又は定格を変更する	○	
		・ 始動電流が大きく時延引外し動作する ・ 始動時間が長く時延引外し動作する	・ 定格電流を変更する	○	
		・ 電動機内部でレアーショートしている	・ 電動機の修理交換	○	
		・ 電圧引外し装置、操作回路の誤接続による誤動作	・ 配線のチェック	○	

異常の種類	異常時の状態 又は箇所	推 定 原 因	処 置	処 置 者	
				需要家	製造者
漏電遮断器 の不要動作	投入と同時に 動作する －漏電表示ボ タンが突出 する等の漏 電機構部が 動作する場 合－	・配線が長く対地静電容量が大きい ため、漏洩電流が流れている	・定格感度電流の変更又 は設置箇所の変更 ・配線を大地より離して 施設する	○	
		・並列に使用したり、中性極を配線 していない等の誤結線	・正規の結線にする	○	
		・突入電流が大きいため平衡特性に より不要動作する	・突入電流を抑圧するよ う回路を変更する ・平衡特性耐量の大きい 漏電遮断器に交換する	○	
	使用中に動作 する	・誘導雷などの過大なサージが侵入	・サージ発生源側にギャ ップ又はギャップレス アREST等を設置する	○	
		・漏電遮断器近傍の大電流母線など により誘導ノイズが侵入	・ノイズ発生源を遠ざけ る	○	
テスト動作 異常	テストボタン 動作確認等 により動作し ない	・漏電検出回路の異常又は引外し機 構部の異常	・新品と交換する	○	

2.8.2 漏電遮断器の不要動作時の点検について

漏電遮断器の不具合でなくても回路に問題があり、使用中に頻繁に動作するとか、投入時に動作するとか、また、外来ノイズにより動作するとか種々の場合があり、不要動作モデルを図2.4に示す。また、その主な原因及び対策処置を表2.7に示す。

図2.4 不要動作モデル

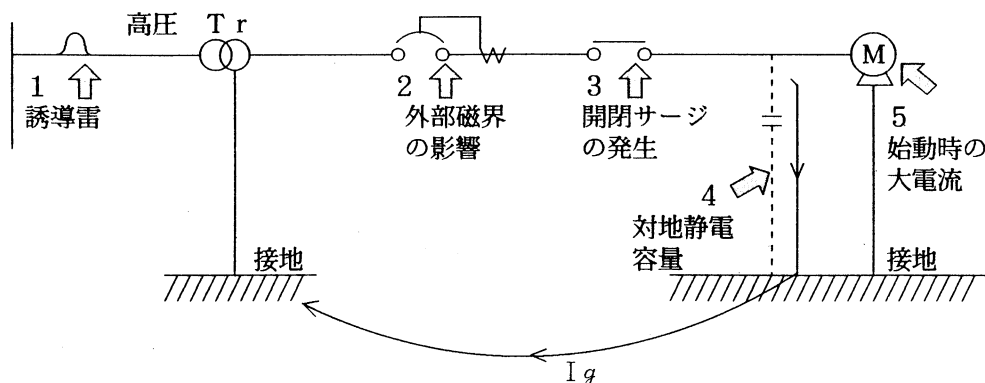


表2.7 原因と対策処置

原因	対策，処置
1 誘導雷によるもの	現在の漏電遮断器は衝撃波不動作形であり、一般的な誘導雷では不要動作することは殆どない。
2 外部磁界によるもの	- ZCTに磁気シールドを施してあるので、一般的な外部磁界では不要動作することは殆どない。 - 漏電遮断器の近傍に数千A程度の大電流母線がある時はこの間の距離を10cm以上離す。
3 開閉サージによるもの	- 現在の漏電遮断器は衝撃波不動作形であり、一般的な開閉サージでは不要動作することは殆どない。 - ただし、電磁開閉器の各極投入時間に時間差がある場合、接点の異常消耗等によりサージが過大の場合、対地静電容量が大きく常時漏洩電流が大きい場合等々で不要動作することもある。
4 対地静電容量の影響によるもの	- 金属管配線、金属ダクト配線等に電線を納めると、対地静電容量が他の配線方式と比較して大きくなり、常時漏洩電流が大きくなることもある。また、電磁開閉器のチャタリング等があると、一時的に常時漏洩電流がアンバランス状態となり、感電電流に相当する漏洩電流となって不要動作をすることがある。 対策として (イ) 負荷回路長を短くするか、漏電遮断器の設置位置を使用負荷（機器）に近くする (ロ) 制御機器等の電源は漏電遮断器の一次回路と区別する。 (ハ) 定格感度電流、機器等を再設定する。
5 始動時の大電流によるもの (平衡特性の不具合によるもの)	- 現在の漏電遮断器は始動電流等の大電流で不要動作することは一般にはない。 - ただし、始動電流が非常に大きく（定格電流の10倍を超える）、また、時間も非常に長い時は不要動作をすることがある。 対策としては定格電流もしくは定格感度電流の変更、又は機器の変更をする。

2.8.3 遮断後の点検について

定期点検及び評価方法については2.8.1で記述したが、ここでは通常使用時に遮断した後の点検及びその機器の処置について記述する。

漏電遮断器が事故電流を遮断した場合、表2.8のように遮断した事故電流の大きさにより、再使用可能な場合と新品に交換する必要がある場合とがある。

表 2.8 過電流遮断における損傷及び処置

遮断電流の大きさ	漏電遮断器の損傷程度	処 置
定格電流の10倍以下の過電流 又は漏電電流	排気孔等の汚れも全くなくハンドル 操作、テスト動作等に異常がない時	再使用可能
瞬時引外しが動作する様な電流 又はそれらに値する漏電電流 及び定格遮断容量に近い大短絡 電流	排気孔部に黒いススの汚れがある	再使用可能
	排気孔部は著しく汚れ又はハンドル部 にも汚れがある	新品と交換する
	遮断器内部の金属溶融物の付着がある	

なお、事故電流の大きさが推定困難な時は、漏電遮断器を取外し絶縁抵抗を測定し、良好な時は絶縁耐圧試験を実施し、良好な時のみ再使用可能である。ただし、再使用に当たってはテストボタン動作を確認し、使用初期異常がないかどうか確認が必要である。

2.8.4 保守・点検時の留意点について

前記内容で保守・点検する時、下記の点について留意する。

- (1) 線間の絶縁抵抗を測定する時は、漏電遮断器の端子から接続導体を外して測定する。そのまま測定すると内部電子回路の抵抗を測定することになるので、抵抗値は0Ω指示となり、機能劣化を伴うことがある。
- (2) 結線後ハンドルをONにしてからテストボタンを押し動作の確認をする。
また、単相三線式の主幹の時は投入後一次及び二次電圧の確認が必要である。
- (3) 漏電遮断器は機器により電源側と負荷側の逆接続が出来ないものもあるので、商品に表示されている電源側、負荷側を正しく接続する。

3. 電磁開閉器（交流電磁開閉器，電磁接触器，コンタクタ形電磁継電器）

3.1 適用範囲

電 磁 開 閉 器					
機 種		交 流 電 磁 開 閉 器※	電 磁 接 触 器	コ ン タ ク タ 形 電 磁 継 電 器	
規 格（現行規格）		JIS C 8325 (1983)	JEM 1038 (1990)	JIS C 4531 (1982)	
定 格	電 圧	定格絶縁電圧	交流 600V以下 (周波数50Hz又は60Hz)	交流1000V以下 (周波数50Hz又は60Hz) 直流1500V以下	交流 600V以下 (周波数50Hz又は60Hz) 直流 250V以下
		定格使用電圧	交流 550V以下 (周波数50Hz又は60Hz)	交流1000V以下 (周波数50Hz又は60Hz) 直流1500V以下	交流 550V以下 (周波数50Hz又は60Hz) 直流 220V以下
	定 格 容 量		範囲の規定なし	範囲の規定なし	—
	電 流	定格通電電流	—	範囲の規定なし	0.5～20A
		定格使用電流	範囲の規定なし	範囲の規定なし	0.3～20A

※ 熱動形保護継電器については，交流電磁開閉器に含む。

3.2 設置環境（普通の使用状態）

項 目	状 態
設 置 場 所	屋 内
周 囲 温 度	－5℃～＋40℃ 24時間平均35℃以下
湿 度	45～85%
標 高	2000m以下
そ の 他	過度の水蒸気，油蒸気，煙，じんあい，塩分，腐食性雰囲気 などが存在しないこと。 異常な振動及び衝撃を受けないこと。

3.3 使用条件（普通の使用条件）

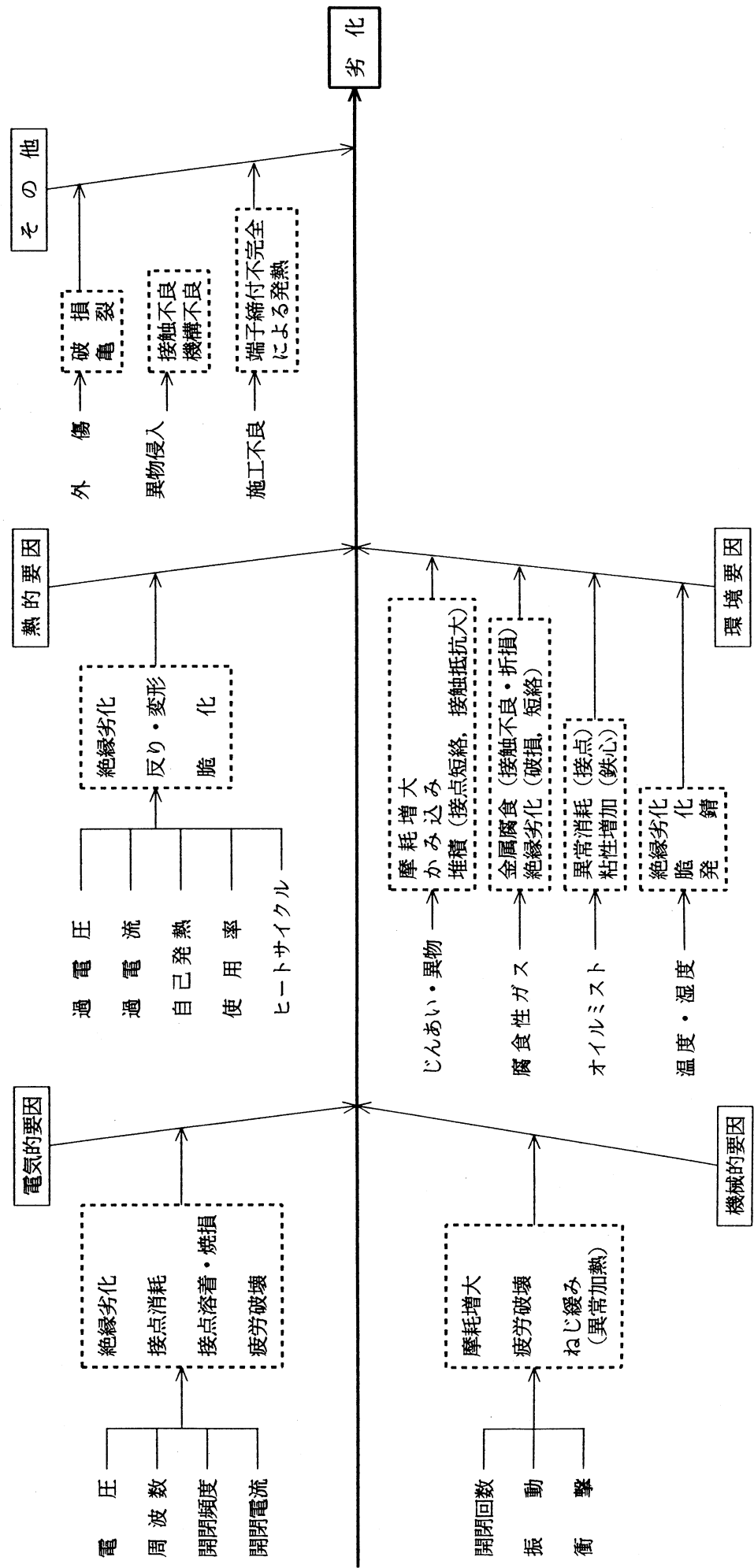
項 目	条 件
電 圧	定格使用電圧以下
電 流	定格通電電流及び定格使用電流以下
周 波 数	50Hz又は60Hz
操作制御電圧	定格使用電圧85～110%の範囲内

3.4 寿命を決める要因

(1) 電磁開閉器の劣化要因

電磁開閉器劣化の基本的なものをまとめると、図3.1のようになる。

図 3.1 電磁開閉器の劣化要因



[注] 各要因が並列的又は直列的に複合進行し、劣化が加速的に進行する場合もある。

(2) 電磁開閉器の劣化要因と故障

電磁開閉器の機能低下を促進させる劣化要因と主な故障の関係をまとめると表 3.1 のようになる。

表 3.1 電磁開閉器の劣化要因と故障

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
	低温	脆化	機構・構造部	破損
		氷結	機構・構造部	可動部拘束
	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	発錆	鉄心	うなり音発生
		絶縁耐力の低下	機構・構造部	短絡
	低湿	絶縁物の枯れ	機構・構造部	緩み, がた
じんあい, 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
			機構部	可動部拘束
		堆積	絶縁部	短絡
ガス		金属腐食	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
		異常消耗	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
		異常消耗	接点	焼損, 溶着
		疲労破壊	鉄心, 構造部	破損

3.5 更新推奨時期

使用開始後10年、又は規格に定める級別、号別、種別の規定開閉回数。

これを目安に更新することを推奨する。なお、この値は製造業者の保証値ではない。

3.6 更新推奨時期を設定した背景

電磁開閉器は一般に、電動機を始動、停止させる電磁接触器と電動機の過負荷焼損を防止する熱動形保護継電器（以下、サーマルリレーという。）より構成されている。一方、コンタクタ形電磁継電器も基本構造が電磁接触器とほぼ同一であることから、劣化パターンも同一である。

以上のことから、電磁開閉器の更新推奨時期の設定に対しては、各機種規格に基づく耐久性と劣化特性に着眼し、検討を行った。

なお、電磁接触器、コンタクタ形電磁継電器は修理系とし、接点、コイル交換を可能としているが、電磁開閉器の構成部品であるサーマルリレーは、非修理系である。

ただし、修理系といえども寿命（耐用年数又は回数寿命）を超過した電磁開閉器は、各部共、電気的な性能劣化や、機械的な性能劣化が確実に進行しているため、たとえ不具合部のみを一部修理したとしても、その他の部分が寿命を超過していることから、製品全体としては、やはり寿命到達品と同等としか評価できず、その信頼性も依然低レベルの状態にあるので十分注意する必要がある。

従って、寿命超過品は、製品全体として更新する必要がある。

3.6.1 規格に基づく耐久性（寿命）

電磁接触器、コンタクタ形電磁継電器は、開閉によって接点が消耗し、機構部が摩耗することから、消耗及び摩耗の程度を共通に評価するため、機械的及び電氣的開閉耐久性について規格に定められている。

これらは、前に述べたように接点等を交換すると更に相当期間、実用上支障なく性能を維持できる機器とみられているが、これは、後述する一連の保守点検を確実に実施している場合であり、交換又は補修しなかった部品も経時的に劣化が進行しているので十分注意する必要がある。

3.6.2 劣化要因からくる耐久性（寿命）

電磁開閉器は、標準使用状態においても劣化は進行するため、耐久性には限度がある。また、その耐久性は、各種の要因によって大きく左右される。

3.4で劣化を加速させる要因について分析したが、これらの要因は単独で影響する場合と複数が相互に絡み合って影響する場合がある。一般には、後者の方が多いと考えられる。

以下に主な要因による耐久性への影響について述べる。

(1) 温 度

高温による影響は、主に絶縁物の劣化促進による絶縁耐力と強度の低下及び収縮、反りなどの経時変形である。絶縁物の熱的劣化は熱分解や酸化によって起こり、その速度は化学反応のアレニウスの法則に準ずるという考え方が定着している。

この法則によって耐久時間と温度の関係は、次の式で示される。

$$\log L = \frac{a}{T} + b$$

ここに、 L : 耐久時間

T : 絶対温度

a, b : 定 数

すなわち、耐久時間は絶対温度に反比例し、一般的に使用温度が6～10℃上がるとに耐久性は半減するといわれている。

ここでは、温度の影響が特に大きいコイルの耐久性について述べる。

電磁開閉器のコイルとして代表的な絶縁区分と、その温度上昇限度を表3.2に示す。

表 3.2 コイルの絶縁区分と温度上昇限度 (JEM 1029)

絶 縁 区 分	温度上昇限度 (℃)
A 種コイル	85
E 種コイル	100
B 種コイル	110

備考 この表の値は、周囲温度40℃における抵抗法による測定値を示す。

一方、JIS C 3003 (エナメル銅線及びエナメルアルミニウム線の試験方法) に従って求めた巻線材料 (マグネットワイヤ) の耐熱寿命特性を図3.2に示す。

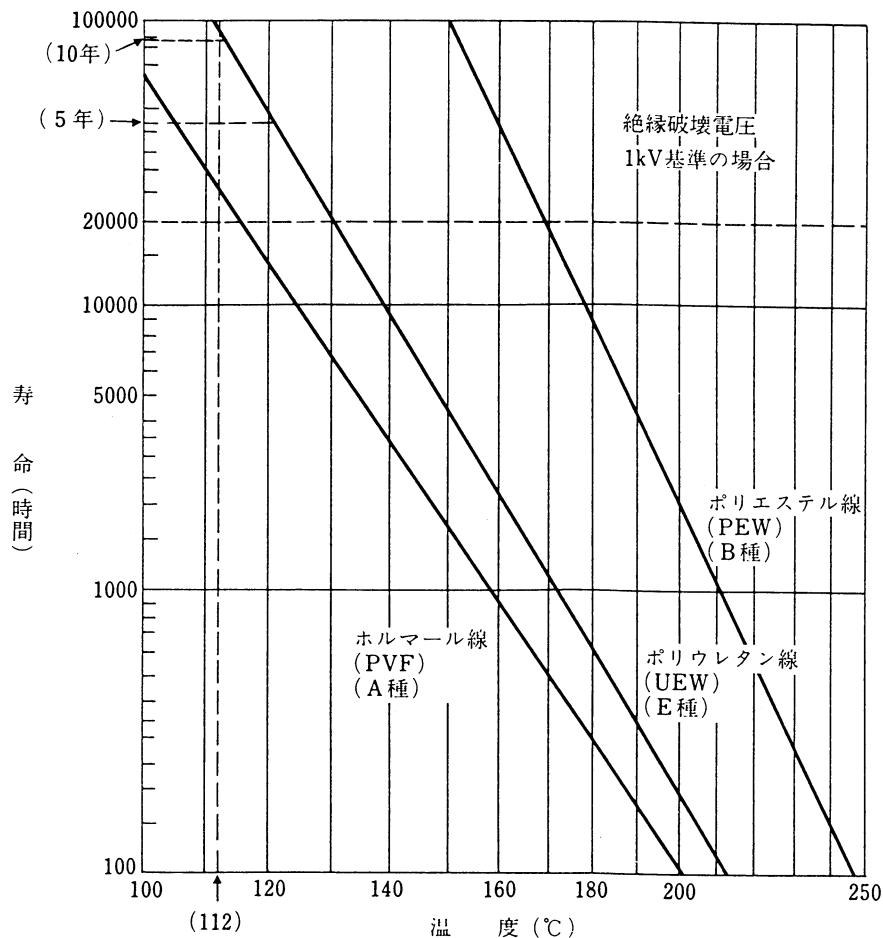
例えば、定格使用電圧印加時の温度上昇値が約72℃のE種コイルを、112℃ (平均盤内温度40℃) で連続使用した場合には、コイルの耐久性は約10年と予想される。

このコイルを120℃で使用すると、図3.2に示すように耐久性は約5年に短縮すると予想される。電磁開閉器は一般に制御盤などの盤内で使用されるが、盤内は周囲温度より通常高くなる (10～20℃) ので注意が必要である。特に、直射日光によって盤内温度が異常に高くなる場合がある。

なお、図3.2の耐熱寿命曲線は温度だけを変化させたときの特性であるので、湿度やガスなどの他の条件が加味されると適合できない場合がある。

サーマルリレーは、通常、周囲温度補償装置を備え付けているため、周囲温度が、変化しても動作特性は大きく変化しないが、周囲温度が普通の使用状態から外れる場合は、部品の経時的劣化・変形などによって正常に動作しなくなる場合がある。

図 3.2 マグネットワイヤの耐熱寿命曲線



(電気学会技術報告第II部第44号による)

(2) 湿度

多湿による劣化現象には、金属の発錆と絶縁物表面の絶縁劣化がある。

高温、多湿下ではこれらの劣化が更に促進されるが、金属の発錆が耐久性に与える影響が大きいのは、電磁石鉄心の錆によるうなり音発生である。

多湿下で塩素ガスなどの腐食性ガスが存在する環境では、上記劣化が極端に促進される。

また、一般のフェノール樹脂成形品を使用したものは、成形品から微量なアンモニアガスがでる。フェノール樹脂は絶縁性や耐熱性が優れているため、電磁開閉器をはじめ種々の配線器具類の絶縁部材としてよく使用されているが、これらの配線器具を気密度が高い制御箱に収納して使用すると、箱内のアンモニアの濃度が高くなるため、環境が多湿な場合や結露などがあると、端子などに使用している黄銅部分の応力腐食割れを促進しやすくなる。さらに、密封下で高頻度開閉すると、窒素と反応して硝酸が発生し、金属を腐食する場合がある。

なお、直流回路の場合には端子類が銀めっきされているものではシルバーマイグレーション（銀が絶縁物表面に樹枝状に析出する現象）が起こり、数年後に絶縁破壊を起こすことがある。

低温、多湿下では結露や氷結によって、絶縁耐力の著しい低下や可動部の拘束による使用不能の状態に至ることもある。

(3) じんあい

接点面にじんあいが付着すると接触不良になることが多く、接触障害の最大要因はじんあいといっても過言ではない。また、じんあいは摺動摩擦、摩耗の増大や電磁石のうなり音増大などの不具合をもたらす。接点間に付着したじんあいがセメント粉や石灰石などの場合には、開閉アークが増大され、接点の異常消耗のため、電氣的開閉耐久性が著しく短くなることがある。摺動摩擦の増大は、動作不良や開閉不良などの致命的影響となって機械的開閉耐久性が低下する。さらに、絶縁物に堆積したじんあいは、絶縁性を低下させ短絡事故にまで波及することがある。

なお、改造工事などにおいて発生する鉄粉などの磁性体のじんあいは、電磁石の鉄心接極面に吸引され、動作不良やうなり音発生 of 要因となる。

また、サーマルリレーの制御回路接点は、電磁接触器の操作コイルの開閉を前提として設計、製作されている。従って、微少な電圧・電流負荷では、じんあいなどによる接触不良によって、わずかな接点开離で自己保持を解くなど不具合を発生させることがある。

(4) ガス

塩素ガス (Cl_2)、硫化水素 (H_2S)、亜硫酸ガス (SO_2) やアンモニアガス (NH_3) などの有害ガスは、金属腐食や絶縁劣化の促進のほか、黄銅などの応力腐食割れを発生することがある。

特に、電磁開閉器の接点は、銀又は銀合金が多く使用されているので、銀と化合しやすい成分のガスによって接点接触障害を発生させることもある。

(5) 振動・衝撃

振動・衝撃は接点誤動作の要因となるほか、端子ねじの緩み、摺動部の摩耗促進、コイルや接続電線の断線などの障害を発生させる場合がある。振動・衝撃の影響は取付部の剛性など、盤構造によって左右されるので配慮が必要である。

(6) オイルミスト

オイルミストの存在する環境では接点が接触障害に至るおそれは少ないが、開閉電流が大きくなると、開閉アークによって油が分解し、多量の水素ガスを放出して接点の消耗を促進させ、電氣的開閉耐久性が正常な環境に比べ1/10以下になることがある。

また、オイルミストが鉄心面に付着すると鉄心の開離不能に至ることがある。

(7) 使用条件

(7.1) 操作電圧

電磁開閉器の操作回路の電圧許容範囲は、定格使用電圧の85～110%である。しかし、温度上昇、電氣的及び機械的開閉耐久性などは定格使用電圧で規定している。従って、操作回路電圧が許容範囲であっても、耐久性に対しては次の点に注意する必要がある。

(a) コイルの耐久性

コイルの温度上昇は、印加電圧のほぼ2乗に比例する。従って、定格使用電圧の110%で使用した場合、コイルの温度上昇は定格使用電圧での使用に対し約121%になる。前記3.6.2の(1)項の例で、定格使用電圧印加時約72℃のコイルは約87℃の温度上昇になるので、周囲温度40℃における連続使用では耐久性は約3年になる。

(b) 電氣的開閉耐久性

コイルの印加電圧が高くなると、投入時に可動部の動作速度が速くなり、投入衝撃が大きくなるため、接点のバウンスが増加する。このため、電動機適用の場合などには始動電流によるアークによって接点の消耗が増加し、電氣的開閉耐久性に大きく影響する。

(c) 機械的開閉耐久性

コイルの印加電圧が高くなると、投入時に可動部の動作速度が速くなり、電磁石の投入衝撃が増大する。電磁石の吸引力はコイルの印加電圧のほぼ2乗に比例し、この吸引力の増大によって、投入時の衝撃が大きくなり、鉄心の摩耗や各機構部品の疲労が大きくなる。実験結果などでは、コイルの印加電圧の約4～5乗に反比例して、機械的開閉耐久性が低下する。従って、印加電圧がコイル定格の110%で使用すると機械的開閉耐久性は約50%になる。

(7.2) 開閉頻度

接点温度は通電によるジュール熱と、電流開閉によるアーク熱によって影響を受ける。アークの温度は数千度に達するので、電磁開閉器の能力以上の頻度で開閉した場合、アーク熱によって接点部に異常発熱を起こすとともに、消弧室が異常損耗するなど不具合を生じて開閉耐久性が著しく短かくなることがある。

(7.3) 開閉電流

電磁開閉器は、一般にAC3級（かご形誘導電動機の始動・停止，すなわち，定格電流の6倍投入，1倍遮断）を基準にして電氣的開閉耐久性を規定している。故に，コンデンサ（電動機と並列で使用されるものや力率改善用コンデンサも含む。また，並列バンクがあると特に突入電流が大きい。），白熱灯，直流電動機などの負荷の種類によっては，開閉時の電流などの条件が厳しくなるため，劣化を促進することがある。

また，電動機の全負荷電流を遮断する責務を定格としているAC3級定格の電磁開閉器を，そのまま同一定格でインテング開閉（AC4級，すなわち，定格電流の6倍投入，6倍遮断）すると遮断時のアーク熱による熱的要因が過大となるため，電氣的開閉耐久性は著しく短かくなる。インテング開閉（AC4級）の開閉耐久性は，開閉電流の大きさのほぼ2乗に反比例すると考えられるが，適用に当たっては，製造業者の技術資料などに従って適切に定格を低減して使用することが望ましい。

なお，サーマルリレーは始動電流が繰り返し通電されることによって，通電部分（ヒータ，バイメタル）の熱的疲労劣化をきたすことがある。

(7.4) 周波数

(a) 主回路

一般の電磁開閉器は、主回路定格周波数は50Hz及び60Hzとして設計製作されている。従って、主回路周波数がこの周波数より大幅に異なる場合には、個別に検討が必要である。すなわち、周波数が低い場合には遮断時のアーク時間が長くなり、接点消耗の増大が考えられる。

周波数が高い場合には遮断が困難になり、遮断不能による焼損に至ることがある。

また、通電部近傍の磁性体が、誘導加熱によって温度が高くなる。

いずれにしても50～60Hz以外で使用する場合には、製造業者の技術情報によって定格を低減して使用するか特殊品を使用する必要がある。

(b) 操作回路

電磁開閉器の操作コイルには交流電磁石の場合、コイルのインダクタンスの関係で、電流が周波数に反比例して流れる。従って、周波数が高くなると動作する電圧が上り、場合によっては動作不良になったり、うなり音を発生しやすくなる。

また、周波数が低くなると電磁石の吸引力が増大し、開閉衝撃が大きくなるため、機械的及び電氣的開閉耐久性の低下をもたらすことになる。

なお、周波数が低い場合には電流が大きくなり、コイル焼損に至ることもある。

3.7 電磁開閉器の特殊性

(1) 電磁開閉器は、自動運転などによって負荷を頻繁に開閉することが多く、更新推奨時期以前に接点消耗に至る場合が多い。

(2) 電磁開閉器は、短絡保護機能をもたないので短絡事故時には本体ごと交換が必要である。

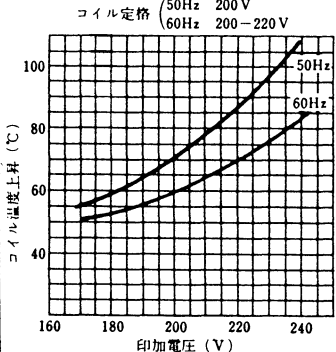
(3) 電磁コイルは、交換可能であることを前提として巻線の温度上昇は、他の機器よりも高くなることが規格で許容されている。(例：E種で 100℃)

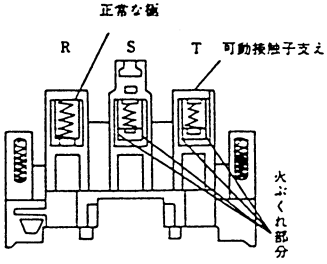
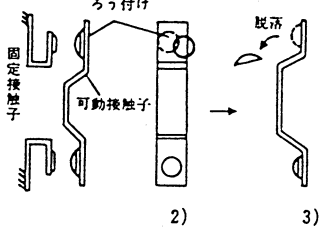
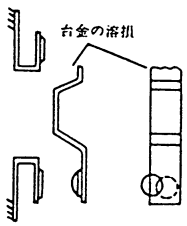
従って、過電圧の連続励磁によってコイルの焼損に至るまでの期間が短くなる場合がある。

(4) 以上の他に、電磁開閉器がその仕様の規定値を超えたところで使用された場合、コイル、接点、鉄心及び機構部が、短期間のうちに大きなダメージを受け、使用不能に陥ることがある。

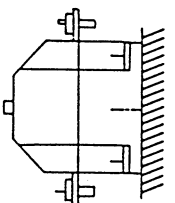
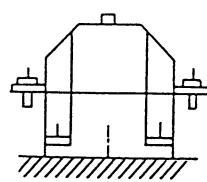
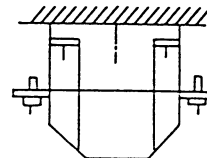
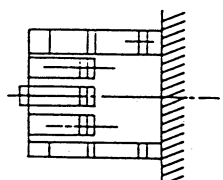
このような異常な状態で使用された場合に現れる故障の内容について表3.3に示す。

表 3.3 異常使用による故障

使 い 方	故障モード	故 障 に 至 る 過 程	要 因	備 考
1 1-1 定格値より高い (定格値の110%程度)	コイル焼損 開放不能 電氣的開閉 耐久性低下 機械的開閉 耐久性低下 機構部折損	◎印加電圧が高くなると励磁電流の影響で電力損失が増加するため、コイル温度が上昇する。コイルの熱的耐久性は電線の絶縁被膜の熱劣化によるもので、コイル温度が6～10℃上昇するごとに半減する。この結果、正規使用状態よりもコイルの熱的耐久性が著しく低下する。 例えば、印加電圧が5%高くなるとコイルの熱的耐久性は50%に低下する。 ◎スプールが熱的に変質して硬化し、弾力性を失い、割れを起こし、コイル焼損に至る。 ◎コイル温度はスプールにも影響を与え徐々に焦げが進行し、焼けぶくれが起こり、鉄心の構造によっては可動鉄心（可動鉄心がスプール内に入る構造に限る）がロックする場合がある。 ◎鉄心の下に敷いている緩衝材が熱的に徐々に変質して硬化し、衝撃吸収能力を失い、バウンスが増大して電氣的開閉耐久性の低下を起こす。 ◎定格値よりもコイル印加電圧が大きくなると、余剰吸引力エネルギーが増大し、機械的開閉耐久性が印加電圧に対して実験的な値として、約4～5乗に反比例して短くなる。また、機構部への異常なストレスによって折損、異常摩耗等が発生する。 例えば、電圧が10%上昇すると、機械的開閉耐久性は約50%に低下する。	◎容量の大きい操作トランスを無負荷に近い状態で使用。 ◎操作トランスのタップ接続ミス。 ◎電圧・周波数に対するコイル定格の選定ミス。 ◎電源電圧の変動。	 コイル温度上昇 (°C) コイル定格 (50Hz 200V 60Hz 200-220V) 印加電圧 (V) 印加電圧とコイル温度上昇 (注) 定格の増大においてコイル温度上昇が70℃付近になる電磁開閉器の例。
1-2 定格値より大幅に高い (定格値の200%程度)	コイル焼損 接点変色 異常消耗	◎コイル定格に対して大幅に高い電圧が印加されると過大な励磁電流が流れて異常過熱するため数時間をまたずしてコイルが焼損する。 ◎また、コイル焼損に至るまでは過大吸引力の影響でバウンスが増大するため、アーク熱による接点過熱、異常消耗が進行する。	◎コイル選定ミス	

使 い 方	故 障 モード	故 障 に 至 る 過 程	要 因	備 考
1-3 電圧降下が大きい	1) 可動接触子を支える絶縁部の火ぶくれ変形 ↓ 2) 接点ろう付け部の位置ずれ ↓ 3) 接点脱落 (この段階で溶着することもある) ↓ 4) 台金部分の溶損 ↓ 5) 絶縁部分の炭化進行による極間短絡	◎電磁開閉器の投入によって、モータの始動電流が流れ、回路の電圧降下が大きい（保持電圧以下に低下）場合、電磁開閉器は投入－電圧降下－開放－電圧回復－再投入－電圧降下を繰り返し1秒間に10～20回程度の高頻度でチャタリングが続く。 ◎この場合、高頻度で電流の投入、遮断を繰り返すため、アーク熱を放散するよりも蓄熱する量が多く接点部は短時間のうちにろう付け部が溶ける高温になり、左記の過程を経て短絡に至ることもある。	◎電源容量不足。 ◎始動方法の不適。 （多数個のモータの同時始動など。） ◎配線が長すぎる。 ◎電線サイズの過小。	 1) 火ぶくれによって図のS、T極のように、ばね受けがこの部分に引っ掛り、可動接触子は押し切らない状態となる。 (注) R極は正常状態を示す。
1-4 定格値より低い	1-3 と同じ故障を示す場合と、接触圧力がない状態で始動電流が流れるので溶着に至る場合とがある。	◎コイルに印加される電圧が当初から低い場合（定格の85%未満～可動鉄心が動く範囲の電圧が印加）又はコイルに印加される電圧が、突入電流（励磁電流の8～15倍）によって低下（定格の85%未満～可動鉄心が動く範囲の電圧に低下）する場合、鉄心部は接点が接触する位置付近で吸引力不足を起こし、投入－接点接触－跳ね返り－吸引－接点接触を繰り返し、1-3 と同様にチャタリングを起こす。 この場合、1-3 と同様に短絡又は接点溶着に至る。	◎操作トランスの選定ミス（容量不足）。	 2) 3)
1-5 定格値より大幅に低い	コイル焼損	◎コイルに印加される電圧が初めから低い（可動鉄心部が動かないような電圧が印加）の場合、コイルには突入電流が流れるが、投入できないためコイルが異常過熱する。 この状態が続けば数時間でコイル焼損に至る。	◎コイル選定ミス	 4)

使 い 方		故 障 モード	故 障 に 至 る 過 程	要 因	備 考
2	開閉頻度が高い	1-3 と同じ故障が起り進行する	◎主回路の接点温度は、通電によるジュール熱と負荷電流開閉によるアーク熱の影響を受ける。 電磁開閉器の能力以上の頻度で開閉した場合、アーク熱によって接点部は異常に発熱を起こす。	◎電磁開閉器の選定ミス。	インチング含有率に対する電氣的開閉耐久性の低減率 グラフの見方：定格電流の同じ電動機をインチング運転（Z%）とした場合、開閉耐久性の低減率を求める。 α：開閉器定格使用に対する始動電流の倍数 （Z%）：全運転回数の中に含まれるインチング運転の割合
3	インチングブラッキング	1-3 と同じ故障が起り進行する	◎全開閉回数のうちインチング、ブラッキングを行う割合によっては、アーク熱によって接点部は異常に発熱を起こす。	◎電磁開閉器の選定ミス。	
4	急速相切換え	接点溶着 接点焼損 相間短絡	◎モータの正逆運転、スターデルタ運転等での急速切換えによる相間（アーク）短絡。	◎操作回路不備 ・インターロック（電氣的） ・切換時間不足	
5	操作回路がチャタリングを起こす	1-3 と同じ故障が起り進行する	◎操作回路の接点が、外部からの衝撃、振動等によってチャタリングを起こすと、電磁開閉器のコイルに印加される電圧はチャタリングの期間断続するため、接点は、投入－遮断－投入を繰り返す。 接点部は、異常な発熱、消耗、溶着などが発生する。	◎電磁開閉器の近くにリレーが取り付けられ電磁開閉器の投入衝撃によってリレーの接点がチャタリングを起こしている。 ◎圧力スイッチ、フロートスイッチ、リミットスイッチの接点が、動作不安定で断続の動作をしている。 ◎制御盤構造あるいは取付け不備によって電磁開閉器の接点がチャタリングを起こしている。	
6	振動衝撃が多い	4 と同じ	◎外部から加わる振動、衝撃によって電磁開閉器が同時投入を起こして短絡。	◎メカニカルインターロック不備 ・動作不良 ・使用されていない	
		端子部の焼け 相間短絡	◎主回路端子ねじが緩み、その部分が発熱焼損して、場合によってはアーク短絡に移行する。	◎主回路端子ねじの締め付けトルク不足	
		サーマルリレーの誤動作	◎ホット状態で衝撃を受けると誤動作をすることがある。	◎過大な衝撃	

使 い 方	故 障 モード	故 障 に 至 る 過 程	要 因	備 考
7 7-1	取付状態 床置き 機械的開閉 耐久性低下 電氣的開閉 耐久性低下 開放不能	◎可動鉄心は重力の加速度が働く方向に動くために、投入速度が早くなり、鉄心部及び機構部は大きな衝撃力が加わるために、機械的開閉耐久性が短くなる。 ◎可動接触子も同様に投入速度が速くなるためにバウンスが長くなり、接点の消耗が増加する。 ◎床置きで固定取付がされていない場合、更に次の故障が発生することがある。 ・固定鉄心の衝撃を吸収する振動系が変わるので、接点バウンスが異常に継続する。この結果、接点は始動電流を開閉するために、異常消耗や溶着が起こる。 ・電磁開閉器は開閉するごとに無作為に動き回るので、充電部が他の機器と混触して短絡事故や、開閉時の振動によって接続リードの折れが起こる。 ◎可動部の重量によって、開放不能となることがある。	◎取付方法の不備。	取付状態図  正規取付  床取付  天井取付  横取付 横取付けは、許容される場合があるので製造業者と協議のこと。
7-2	天井取付け 動作不能 接点脱落 接点溶着	◎可動鉄心は重力の加速度の働く方向とは逆方向に動くために、動作電圧が高くなる。 この結果、コイルに印加される電圧が低くなるような場合（定格値以内でも）投入不能を起こしたり、接点接触付近で吸引力不足によって跳ね返りを起こし（1-4 に似た現象で）、接点部に大きなダメージが生じることもある。	◎取付方法の不備。	
7-3	横取付け 機械的開閉 耐久性低下 機構部折損 動作不能	◎開閉動作時の可動部の摺動位置が重力の影響を受けて変化するため、可動部は正規状態とは異なった開閉動作をするようになる。 この結果異常な摺動磨耗を起こして、機械的開閉耐久性が低下したり、支持部品や係合ピンなどの干渉が発生して、機構部折損や動作不能を起こすこともある。	◎取付方法の不備。	

使 い 方		故 障 モード	故 障 に 至 る 過 程	要 因	備 考
8	人為的ミス	不意の動作 溶 着 短 絡	◎外部から可動部を故意に操作，あるいは不意に可動部が押された場合，電磁開閉器は突発的に動作するために人身事故や負荷（機械部）を破損することがある。一方，電磁開閉器は，接点の接触圧力が十分でない状態でモータの始動電流が流れるために，接点が溶着を起こすことがある。 ◎可逆電磁開閉器において，可動部が不意に押された場合，双方の電磁開閉器は，同時投入と同じ状態となり，短絡を起こすことがある。 ◎消弧室を外して点検の後，取付忘れによってあるいは故意に消弧室を外して電磁開閉器を操作した場合，開閉時のアークによって，相间短絡を起こす。	◎可動部が人為的ミスによって操作された。 ◎点検時の復元ミス	

3.8 保守・点検

3.8.1 保守・点検の目的

電磁開閉器は、3.6.2及び3.7で説明してきたように種々の故障発生が考えられる。

例えば正常に使用していたとしても接点の消耗が進むと溶着しやすくなる。もし、接点溶着が発生すると、過電流によって過負荷継電器が正常に動作しても開放しない場合があり、開閉器や電動機の焼損に至ることがある。すなわち、予防保全を含めた配電系統の信頼性の維持向上を図るためには、電磁開閉器の故障に対する適切な保護手段を講じるとともに、保守点検が非常に重要である。

本項は、電磁開閉器における製造業者の目安としている保守基準をまとめ、使用者側にお願する保守の適切なあり方の基本を示すものである。

目的とするところは次のとおりである。

- (イ) 給電の持続性・誤動作防止を狙いとした配電系統の信頼性の向上
- (ロ) 不具合箇所の修理・交換等による設備の稼働率の向上
- (ハ) 余寿命推定等による予防保全

従って、適切な間隔で定期的な保守・点検を実施し、設備の安全かつ適切な運用に心がける必要がある。

3.8.2 保守・点検の種類

保守・点検の種類を表3.4に示す。

電磁接触器の性能を長期間にわたって維持するために、保守・点検は不可欠である。

予測しない故障の大部分は、運転開始当初に起こることが多いので、特に初期点検は意義がある。

点検間隔の目安は表3.4のとおりであるが、環境・使用頻度等を考慮して点検を行うと適切な予防保全が図れる。

また、点検の際、電磁開閉器に次のような現象が観察された場合、寿命に近づいたものと判断し、新品と交換する。

- (イ) 端子部及び接続電線の異常変色
- (ロ) 鉄心接極面の摩耗大
- (ハ) くまとりコイルの断線
- (ニ) 接点の残存量少（接触圧力の低下）

許容値等については、製造業者発行の技術資料を参考のこと。

- (ホ) 部品の有害な欠損、あるいはクラックの発生
- (ヘ) 樹脂部、あるいはコイルの著しい変色又は異臭の発生
- (ト) 絶縁抵抗の低下（5 MΩ以下）

5 MΩ以下にならない場合でも、絶縁抵抗に著しい低下があった場合は、何らかの異常があると考えられる。特に 400 V回路では注意を要する。

なお、保守・点検の詳細については、(社)日本電機工業会 技術資料第 167号（電磁接触器の耐久性と保守・点検）を参照されたい。

表 3.4 保守・点検の種類

点 検 の 種 類	概 要		間 隔
初 期 点 検	1	主回路，補助接点及び操作回路（コイル）の定格を確認する。	試運転時
	2	端子部の緩み，電線くず，切粉などの異物，各部の損傷，付着物などがいないか調べる。	
	3	電源を切って摺動部を手で動かし，異常がないか調べる。	
	4	配線を確認し，負荷をかけない状態で動かし，異常がないか調べる。	
	5	負荷をかけて動かし，異常音，変色，ふくれ，異臭，異常発弧などがいないか調べる。	
日 常 点 検	1	日常点検は，外部から異常音，異臭，損傷等の異常はないか点検内容に従って点検する。	1 回／日～ 1 回／月
	2	異常を発見した場合は，異常の箇所と程度を確認する。	
	3	異常の内容が機能不全にただちに発展する場合を除き，異常内容を記録しておき，定期又は詳細点検時の運用に当たって参考資料とする。	
定 期 点 検	1	原則として全停電の状態とし，点検内容に従って点検する。	1 回／6 ヶ月 ～ 1 回／2 年
	2	接点の荒れ，消弧室などの異常を調べる。	
	3	使用開始約10年経過したものは，点検間隔をより短くする。	
詳細（定期）点検	1	全停電の状態とし，使用方法によって特に手入れ等の保守が要求される箇所を分解し，点検内容に従って点検する。	—
	2	必要に応じてサンプリングし，製造業者と相談の上行う。	
	3	3～5回の定期点検に対して1回の割合で行う。	
臨 時 点 検	1	日常及び定期点検によって更に詳細に点検する必要がある場合又は故障発生の場合に行う。	随 時
	2	点検は，製造業者と相談の上行う。	

3.9 参考文献

- (1) ㈱日本電機工業会 技術資料第167号：電磁接触器の耐久性と保守点検(1990)
- (2) 電気学会技術報告(Ⅱ部)第159号：工場電気設備の寿命とメンテナンスに関するアンケート調査結果(1983)
- (3) 電気と管理 株式会社 電気書院：耐用年数の常識，予防保全と寿命(1984)
- (4) 三菱電機技報 Vol. 60, No. 6：配電盤機器の劣化寿命(1986)
- (5) 電気学会技術報告(Ⅱ部)第376号：電気設備診断・更新技術に関する調査報告(1991)

4. 低圧進相コンデンサ

4.1 適用範囲

- (1) 機 種 : 低圧進相コンデンサ

備考: JIS C 4901は, SH及びNHの両素子を規定しているが, 定格電圧 440V以下のものは, ほとんどが金属蒸着電極のためSH素子品だけに適用する。

- (2) 規 格 J I S C 4 9 0 1 (1 9 8 4)

- (3) 定 格 定格周波数: 50Hz専用, 60Hz専用又は50Hz・60Hz共用

相 数: 単相, 三相及び単相・三相両用

定 格 電 圧: 200V, 220V, 400V, 440V

定格静電容量又は定格容量: 10~900 μ F又は10~100kVA

4.2 設置環境 (普通の使用状態)

項 目	状 態
設 置 場 所	屋 内
周 囲 温 度	最高周囲温度 45℃ 24時間の平均温度 35℃以下 1年間の平均温度 25℃以下 最低周囲温度 -25℃
湿 度	相対湿度 85%以下 (結露しないこと)
標 高	標高は2000m以下
そ の 他	爆発性, 可燃性, 腐食性その他の有毒ガスが存在しないこと。 異常な振動又は衝撃を受けないこと。 潮風, じんあい等により, はなはだしく汚損されないこと。

4.3 使用条件 (普通の使用条件)

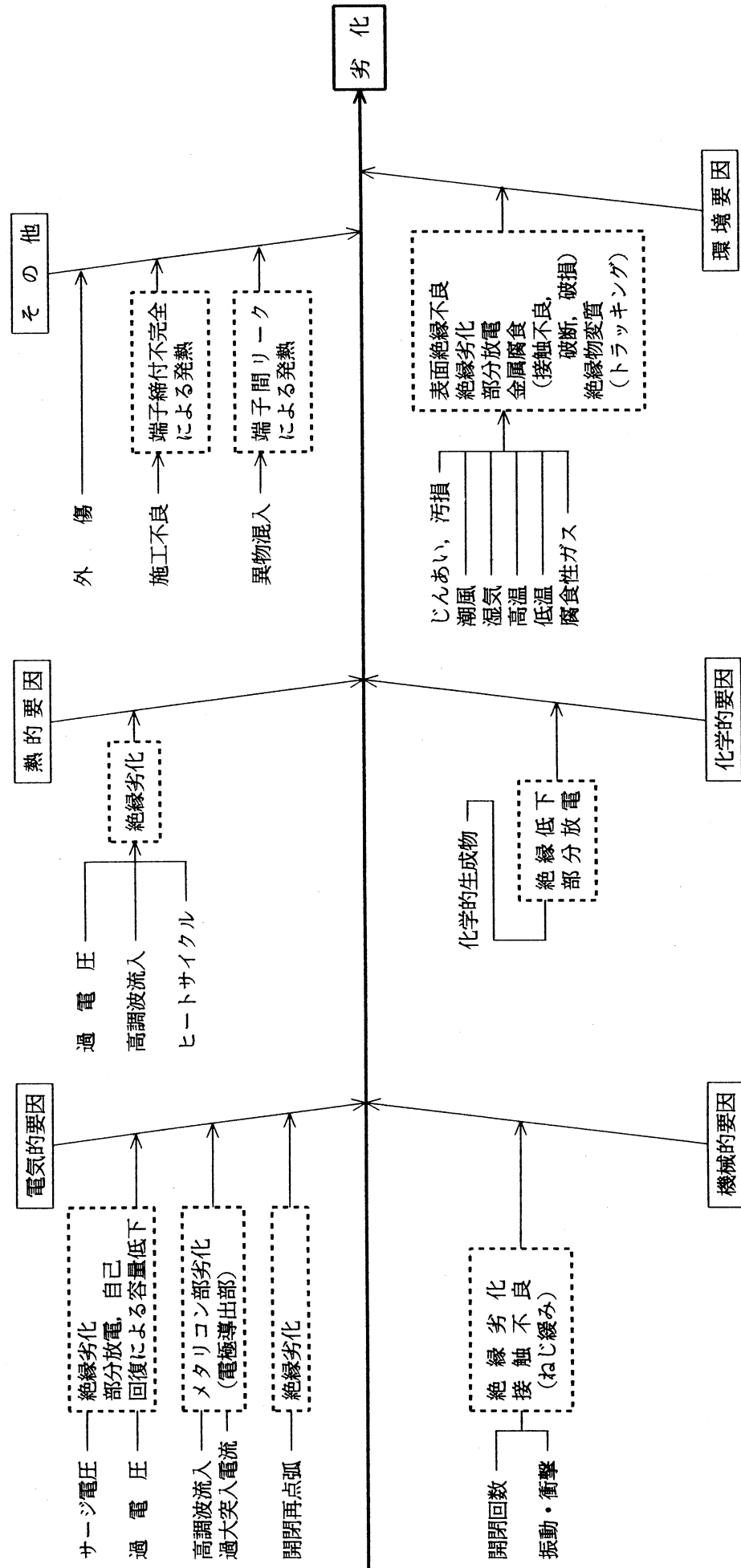
項 目	条 件
最高許容電圧	定格電圧に対する倍数
	許 容 印 加 時 間
	1.10 24時間のうち8時間以下
	1.15 24時間のうち30分以下
	1.20 1ヶ月のうち5分以下が2回以下
	1.30 1ヶ月のうち1分以下が2回以下
最大許容電流	最大許容電流は定格電流の 1.3倍とする。ただし, 静電容量の実測値が許容差の範囲内でプラス側のものは, その分だけ電流を増加する。
周 波 数	50Hz又は60Hz
異 常 電 圧 異 常 電 流	雷による異常電圧・電流, 開閉による異常電圧・電流, 高調波を含む持続性交流電圧・電流等にさらされないこと。

4.4 寿命を決める要因

(1) 低圧進相コンデンサの劣化要因

低圧進相コンデンサ劣化の基本的なものをまとめると、図4.1のようになる。

図 4.1 低圧進相コンデンサの劣化要因



[注] 各要因が並列的又は直列的に複合進行し、劣化が加速的に進行する場合もある。

(2) 低圧進相コンデンサの劣化要因と故障

低圧進相コンデンサの機能低下を促進させる劣化要因と主な故障の関係をまとめると表4.1のようになる。

表 4.1 低圧進相コンデンサの劣化要因と故障

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	誘 電 体 部	絶縁破壊
		絶縁物変質	端子絶縁部	短 絡
	低 温	脆 化	ケース、構造部	破 損
		部分放電絶縁劣化	誘 電 体 部	絶縁破壊
	ヒート・サイクル	膨張収縮による劣化	誘 電 体 部	絶縁破壊
			メタリコン部、リード線部	断 線
			端 子 部	異常発熱
			取付構造部	緩み、 がた
湿 度	多 湿	・ 発 錆 ・ 絶 縁 劣 化	端 子 部	接触不良、断線
		ケース、取付構造部	破 損	
じんあい・異物		絶縁耐力の低下	端子絶縁部	短 絡
ガ ス	金 属 腐 食	端 子 部	異常発熱	
		取付構造部	緩み、 がた、 破損	
		リ ー ド 線	断 線	
	絶 縁 劣 化	端子絶縁部	短 絡	
	応力腐食割れ	導電部	導通不良 異常発熱	
振 動 ・ 衝 撃	ねじの緩み	端 子 部	導通不良、異常発熱	
		取付構造部	破 損	
	接 触 不 良	端 子 部	導通不良、異常発熱	
	疲 労 破 壊	端 子 部	導通不良、異常発熱	
ケース、取付構造部		破 損		
使 用 条 件	電 圧	絶 縁 劣 化	誘 電 体 部	絶縁破壊
		端子絶縁部	短 絡	
		静電容量低下	誘 電 体 部	容量ぬけ
	高 調 波 流 入	絶 縁 劣 化	誘 電 体 部	絶縁破壊 異常発熱 うなり音発生
		接触不良	メタリコン部	異常発熱 絶縁不良
	開 閉 頻 度	絶 縁 劣 化	電極導出部劣化	異常発熱、断線、 破損

4.5 更新推奨時期

使用開始後，10年。

これを目安に更新することを推奨する。なお，この値は製造業者の保証値ではない。

4.6 更新推奨時期を設定した背景

低圧進相コンデンサは，通電中は常に全負荷運転となる機器であるため，運転中の温度・過電圧・過電流の影響を受けやすい。このため，誘電体の絶縁性能が次第に低下し，誘電体が部分的に絶縁破壊を起こす。この部分的な絶縁破壊は瞬時的に絶縁を回復し，コンデンサ機能を復帰する自己復帰特性を有している。しかし，この回数が極端に増大すると容量減少をきたし，コンデンサ機能がなくなるか又は，自己回復が完全でなくなり遂には安全装置（保安装置又は保安機構）が動作し，寿命に至ることになる。

低圧進相コンデンサの劣化がどのくらい進行しているかは，コンデンサの容量・損失率を測定することによりある程度知ることができるが，コンデンサの初期容量・損失率が必要なため，この方法を適用するのは容易でない。

低圧進相コンデンサが設置され運転に入ってから安全装置の動作時点あるいは容量が極端に減少した（公称値より15～20%低い値）時点を生寿命としているが，この時点を確認に予見することは非常に困難であり，現段階ではその具体的な方法は確立されていない。低圧進相コンデンサの劣化を促進する要因としては特に過電圧・過電流（高調波による）・周囲温度等による熱的要素又は，前述した自己回復現象を誘起する瞬時的な過電圧（サージ電圧）等が大きく影響するが，これらの内容について以下に述べる。

4.6.1 規格に基づく耐久性（寿命）

(1) 耐用性

低圧進相コンデンサの耐用性については，JIS C 4901（1984）に定められている。その試験方法は，

- (a) 試験周囲温度（最高周囲温度に熱安定性試験終了直前の周囲温度とケース温度との差を加算した値）を設定する。
- (b) 定格電圧の1.25倍の電圧を1250時間印加する。
- (c) その後，次の充放電を1000回行う。

定格電圧の2倍の直流電圧を充電する。その後，次の式に該当する範囲内のインダクタンス（L）を通して放電する。

$$L = \frac{1000}{C} \sim \frac{10000}{C} \quad (\mu H)$$

ここに，C：定格静電容量（ μF ）

三相の場合は，2端子間で行うが，デルタ結線の場合は，2端子間を短絡して2/3容量を作り，スター結線の場合は任意の2端子間で行う。

- (d) (a) の試験を再度行う。
- (b) と，(c)，(c) と(d) との間は48時間を超えてはならない。

この耐用試験後の性能は，表4.2に示す通りである。

表 4.2 耐用性試験後の性能

試験項目	試験後の性能
静電容量	試験前の測定値に対する変化率は相平均で5%以内、1相7%以内であること。
端子相互間耐電圧	定格電圧×2.15、印加時間10秒に耐えること。
端子一括と金属ケース間耐電圧 ⁽¹⁾	1800V10秒間（E形、N1形）に耐えること。 ただし、定格電圧400V及び440Vは3000V10秒間とする。
E形又はN1形の密閉性 ⁽²⁾	JIS C 4901 8.8に示す試験法により、漏れ（液体含浸剤）又は、連続した気泡（固体含浸剤及び非含浸の場合）の発生のないこと。

注⁽¹⁾ N1形の外装及びN2形の非金属ケース間と端子一括間の耐電圧は3000Vとし、その時間は60秒間とする。

(2) N2形〔密閉（Ⅱ）〕には、適用しない。

この試験はケース表面温度を最高周囲温度に自己発熱による温度上昇値を加えた温度、定格電圧の1.25倍の電圧を合計2500時間連続印加し、かつ、途中で1000回の充放電試験を加えるという苛酷な試験方法である。

この試験方法は、温度的にも電圧的にも寿命に対し、非常に加速された条件となっている。JIS C 4908（1988）の電気機器用コンデンサでは、連続耐用試験では試験時間800時間が40000時間の通電区分に相当するとされている。

これと比較しても2500時間の通電試験は、10年以上の通電区分に相当すると考えられる。

(2) 最高許容過電圧

使用状態において、前述4.3の表に示した最高許容電圧以上の電圧が連続的に印加された場合、コンデンサ損失（W）が増し、自己発熱により熱的劣化が加速される。

4.3の表において、115%を超える過電圧は国際規格（IEC 831-1）では、コンデンサの寿命を通じて200回を超えないこととなっている。このようなことから使用状態における電圧については、十分留意する必要がある。

(3) 最大許容電流

最大許容電流は、定格電流130%と前述4.3の表に示しているが、高調波流入等によりこれ以上の電流となる場合は、熱的劣化を促進し特に著しくなった場合は、熱的バランスを失い絶縁破壊に至る場合がある。また、高頻度で開閉使用される場合には、過大な突入電流の繰返しにより損傷を受け寿命を短縮することがあるので、突入電流の抑制について留意することが必要である。

IEC 831-1では、開閉回数は年間5000回許されるとして突入電流のピーク値は定格電流の100倍を超えないこととしている。

(4) 耐湿性

JIS C 4901 (1984) では、プラスチックケースなど絶縁ケースを使用した樹脂充填方式の開口部をもつケース（密閉Ⅱ方式）のコンデンサにおいて適用されている。

この試験方法は、

- (イ) $40 \pm 3^\circ\text{C}$, 90～95%の恒温恒湿槽内
- (ロ) 試験電圧 : 定格電圧 $\times \sqrt{2}$ の直流電圧
- (ハ) 試験時間 : 500 ± 12 時間

試験後の特性は、表 4.3 に適合しなければならないとなっている。

表 4.3 耐湿試験後の性能

試験項目	試験後の性能
外 観	著しい異常のないこと
容 量	初期値に対する変化率が $\pm 4\%$
絶縁抵抗	規定値の $1/2$ 以上
損 失 率	初期値に対して増加値が 0.5×10^{-3} 以下

4.6.2 劣化要因からくる耐久性（寿命）

低圧進相コンデンサは電氣的、熱的、機械的要因と長期にわたる設置、使用状態において受ける環境要因によって劣化が進行していく。要因の種類としては、じんあい・汚損、潮風、湿度、温度、腐食性、ガスなどの環境条件や、電圧、開閉再点弧、高調波流入、ヒートサイクルなどの使用条件が主なものであり、表 4.1 にその概要を示す。

これらの要因による劣化は図 4.1 のように単独で影響する場合と複数が絡み合って影響する場合がある。

以下に主要要因による耐久性への影響について述べる。

(1) 温 度

一般的にプラスチックの劣化は、アレニウスの法則に示される温度依存性を持っている。このためプラスチックフィルムを使用したコンデンサの劣化においても温度依存性を持っていると考えられ、コンデンサの使用温度により劣化の速度が異なる。

その速度はプラスチックフィルムを使用したコンデンサの場合は、 $8 \sim 11^\circ\text{C}$ アップすれば寿命が半減するとされている。

一般に10度則と言われている温度加速を示すものである。

電気用品調査委員会（昭和51年）から答申された「電気用品に使用される絶縁物の使用温度上限値」によると基本的には絶縁材料の使用温度を、その絶縁材料が 40000 時間（約 5 年）の耐熱寿命（材料の機械的及び電氣的特性が初期値の $1/2$ に劣化するまでの時間）をもつことができる温度ということで規定している。基準温度を 40°C ベースで材料の選定を行えば、低圧進相コンデンサの場合、使用周囲温度は24時間の平均温度が 35°C 、1 年の平均温度が 25°C を超えないので（JIS C 4901-1984）、絶縁材料として10年以上の耐久性を有していると考えられる。

使用条件、環境条件が普通の使用状態よりも厳しい場合は、当然劣化が促進されるので期待できる製品寿命は短くなる。

従って、定期的な保守・点検で異常温度上昇がないか確認することが必要である。逆に、常時 -25°C 以下の低温の特殊条件で使用することは特殊条件以外では極めて少ないと考えられるが、これ以下の低温になると低圧進相コンデンサの場合、コロナ開始電圧が低くなり、絶縁劣化が進行しやすくなる。また、プラスチックフィルムあるいは外装ケース等の構造材料に使用しているプラスチックが脆化し、破損に至る可能性があるので暖房等の処置を考慮する必要がある。

(2) 湿 度

多湿による劣化現象には、金属の発錆と絶縁物の絶縁抵抗の低下による電気特性の低下がある。

高温・多湿下では、これらの劣化が更に促進され更に多湿下で塩素ガスなどの腐食性ガスが存在する場合には、劣化が極端に促進される。

結露等があると、端子などに使用している黄銅部分の応力腐食割れを促進しやすくなる可能性もある。

また、金属ケース使用の油入コンデンサの場合、極端に腐食が進行し、穴があき油漏れを生じて絶縁破壊を起こす場合もあるので、定期的な保守点検が必要である。

(3) じんあい

低圧進相コンデンサは、端子部をカバーでおおい、じんあいが蓄積しても影響の少ない構造をしているが、表面に付着し、更に、端子部内に侵入した場合には水分の共存等により表面絶縁の低下をきたし、短絡事故にまで波及することがある。

(4) ガ ス

塩素ガス (Cl_2)、硫化水素 (H_2S)、亜硫酸ガス (SO_2) やアンモニアガス (NH_3) などの有毒ガスは、金属腐食や絶縁劣化の促進のほか、黄銅などの応力腐食割れを発生することがある。また、潮風にも影響を受ける。低圧進相コンデンサの場合は特に端子部の接触不良による異常発熱と取付構造部の緩み、がたに十分留意する必要がある。

(5) 振動・衝撃

振動・衝撃は、端子部や取付構造物のねじ緩み、がたや端子部あるいは導体の疲労による断線などの障害を発生させる場合がある。

(6) 使用条件

(a) 電 圧

低圧進相コンデンサの取付けられている回路に外雷の進入あるいは開閉サージ等の瞬時的なサージ電圧が進入した場合、又は短時間の過負荷電圧が発生した場合には、誘電体部で部分放電を発生させ、絶縁劣化を促進し、容量低下をきたし、連続的あるいは連鎖的に発生すると遂には安全装置の動作に至る場合がある。

(b) 高調波

周辺回路の機器の影響で、低圧進相コンデンサに高調波が流入する場合は、過電流が流れ、異常発熱し、誘電体の絶縁劣化を促進する。また、絶縁劣化と並行し、絶縁物、導体部が振動し、うなり音が発生する場合もある。

(c) 開閉頻度

開閉回数が非常に多い場合は、突入電流の影響でコンデンサ素子の電極導出部が接触不良となり、異常発熱、断線に至る場合がある。また、開閉再点弧現象により、異常電圧、電流が発生し、部分放電が発生させ、発熱の影響とあわせて、絶縁劣化を促進する場合がある。

4.6.3 使用実績

正常な製作、運搬、据え付けされたコンデンサについては、JISで定める範囲内で使用した場合に10～15年程度の寿命が期待できるとされている。寿命にもバラツキがあり、稼働年数8年程度から故障率が高くなる傾向があるものもあり、予防保全の見地から早期の更新が望ましい。

これらを総合的に考慮して更新推奨時期を10年とした

4.7 低圧進相コンデンサの特殊性

- (1) 低圧進相コンデンサはケース密閉構造のため、内部劣化の点検、外装ケース（容器）や接続端子の修理が不可能な非修理系の機器である。

従って、需要家にとっては、低圧進相コンデンサの劣化、又は寿命の到来を機能上の異常電流低下として見つけるか、あるいは定期点検を行い、異常を見つけなければならない。

- (2) 低圧進相コンデンサは、通電中は常に全負荷運転であるため、過電圧、過電流の影響を受けやすい。

特に最近、高調波を発生する機器が周辺回路に設置されることが多く、高調波の影響で低圧進相コンデンサの最大許容電流を超える場合がある。従って、高調波の心配のある箇所では波形の確認が必要である。

- (3) 表示に保安装置内蔵又は保安機構付を明示してある低圧進相コンデンサには、過酷な使用条件などが原因で万一低圧進相コンデンサが極度に劣化した場合、これを回路から切り離す装置を内蔵、又は切り離す機構を付けている。

保安装置内蔵の低圧進相コンデンサは、装置が動作した場合はケースが著しく変形するため外観で判断ができるが、保安機構付の場合は外観での判断が難しいので、運転時に流れる電流が定格電流に対して著しく減少していないかどうかの確認が必要である。

(4) 過電圧対策

- (a) 低圧進相コンデンサにおいても軽負荷の場合、又は負荷稼動を停止した夜間は進み力率による過電圧になりやすいので軽負荷、無負荷時にはコンデンサを開放する等の配慮が必要である。
- (b) 低圧進相コンデンサをスターデルタ始動器を用いた誘導電動機に取り付ける場合は、始動器操作に伴うコンデンサ端子の瞬時短絡や電源開放時の自励過電圧〔日本電機工業会技術資料第 114号の 2.6 (2)及び(3)参照〕が起こらないよう配慮しなければならない。
- (c) 低圧進相コンデンサの開放は他の負荷と異なり、電流遮断の 0.5サイクル後に開閉器接点間に定格電圧の 2 倍の回復電圧が現れる。もし、開閉器がこの回復電圧に耐えられない場合、再点弧現象を発生し、コンデンサには異常な過電圧が印加され、絶縁破壊を招く可能性がある。このような障害を避けるため、コンデンサ回路用の開閉器（遮断器）はコンデンサの進み電流を確実に遮断できる機種を選定する必要がある。

(5) 過電流対策

- (a) 投入時の突入電流を少なくする方法として、直列（又は限流）リアクトルの挿入が一般的である。
- (b) 直列リアクトルを付設しないコンデンサを設置した場合、電源側の誘導性リアクタンスとの間で高調波共振を発生し、条件によっては高調波電流が過大流入する可能性がある。特にコンデンサ容量が大きくなる程、共振次数は低次に移行し高調波電流が過大流入しやすくなる。従って、基本的にはコンデンサには直列リアクトル（通常コンデンサリアクタンスの 6 % のリアクタンスをもつもの）を付設することが望ましい。

なお、回路に大容量の高調波発生負荷や、特殊な高調波を発生する負荷がある場合には直列リアクトルのリアクタンス値及び低圧進相コンデンサの電圧についても検討する必要がある。

(6) 誘電体の絶縁破壊要因

低圧進相コンデンサの寿命は、内部誘電体の絶縁破壊が進展し、自己回復機能が完全でなくなり、安全装置が動作するかあるいは容量が極端に減少した状態をいう。この誘電体の絶縁破壊の要因は既に述べられているが、大別すると電圧破壊と熱破壊に区分される。

(a) 電圧破壊

雷サージ・開閉サージの侵入、コンデンサ開放時の再点弧現象の発生、あるいはコンデンサの電荷が十分放電されず残留している状態での再投入等により、過渡的に過電圧が印加されることにより誘電体が局部的に劣化し絶縁破壊するもので、寿命に至るには過電圧の印加回数で決定される。従って、この場合過電圧の印加条件によっては、短期間で寿命に至ることもある。

(b) 熱破壊

定常的な過電圧の印加，過大な高調波電流の流入等による過負荷運転，あるいは過大な周囲温度での使用等により，内部誘電体が異常発熱し，熱劣化から絶縁破壊に至るもので，過負荷条件にもよるが一般的に誘電体の熱劣化は長期間で全体的に進展する。

従って，コンデンサを長期にわたって安定して使用するためには，上記の電圧的及び熱的要因を排除することが必要である。

4.8 保守・点検

低圧進相コンデンサの耐久性は使用条件と環境により影響を受けやすい。

従って，長期間の使用に際しては，低圧進相コンデンサの劣化と故障による危険の防止，安全性と信頼性の確保を図らねばならない。

そのためには使用条件，使用環境の把握と，事故に連なるような劣化を伴う前駆現象としての異常を把握するための定期的な保守・点検が必要である。

低圧進相コンデンサは，不測の事故を未然に防止するため，少なくとも年1回，表4.4に示す項目の点検が必要である。

なお，保守・点検，設置条件等については，(社)日本電機工業会 技術資料第114号を参照されたい。

表 4.4 保守・点検項目と処置

点 検 項 目		点 検 要 領	処 置
1	ケースの異常膨れ	外装ケースを観察し、側面が異常に膨れていないか点検する。	異常に膨れている場合は新品と交換する。
2	油 漏 れ	外装ケースを観察し、表面に油漏れがないかを点検する。	油が漏れている場合は新品と交換する。
3	じんあい汚損の有無	外装ケース表面、特に端子部がじんあい、異物等で橋絡していないかを点検する。	クリーナーでじんあいを吸い取った後乾燥したきれいな布で拭き取る。
4	錆，変色	接続端子部の変色、錆の発生がないか、腐食性ガスによる損傷の著しい進行がないかを点検する。	メッキの多少の変色は問題ない。変色、錆が極度に進んでいるもの、あるいは異常温度上昇による絶縁部の損傷が認められるものは新品と交換する。
5	端子部ねじの緩み	端子ねじ、電線締付けねじ等の緩みがないか確認する。	ねじの材質に対して締付け不足、又は過剰締付けにならないこと。
6	周囲温度	規格範囲内であることを確認する。 (最高使用温度45℃、1日平均温度35℃、年平均温度25℃以下)	通風等の処置を取る。また、発熱機器から距離をおいて設置すること。
7	コンデンサの温度上昇	・負荷電流を通じ、異常な温度上昇がないか確認する。目安として70℃以上になっていないこと。 ・煙、異臭の発生のないこと。	異常品は新品と交換する。
8	高 調 波	・負荷電流が定格電流の130%以内かどうか確認する。 ・異常音の発生がないか。	・負荷電流が130%を超える場合には軽減処理を実施すること。 ・高調波測定器で高調波の種類を観測し、それに適したリアクトルを挿入する。(製造業者と相談すること。)
9	設 置 場 所	・直射日光の当たらない場所であること。 ・雨、水滴などがかからない所であること。	設置場所を移動すること。

なお、低圧進相コンデンサは、残留電荷を放電してから点検すること。

放電コイル付の場合は開放後5秒以上、放電抵抗内蔵の場合は、3分以上経過してから点検すること。

また、コンデンサ開放後残留電荷が放電しきれないうちに再投入すると、コンデンサ並びに母線に過電圧が発生するので、開放から再投入までの間隔は必ず上記時間を保持することが必要である。

4.9 参考文献

- (1) 工場電気設備の寿命とメンテナンスに関するアンケート調査結果報告
電気学会技術報告（Ⅱ部）159号 昭和58年11月 電気学会
- (2) 工場電気設備の寿命予知技術に関する調査報告
電気学会技術報告（Ⅱ部）230号 昭和61年10月 電気学会
- (3) 配電盤使用状況実態調査報告書
昭和63年3月 日本配電盤工業会

◆本書執筆担当委員会並びに傘下加盟会社一覧◆

1. 委員会名（順不同）

低圧遮断器業務専門委員会	漏電遮断器技術専門委員会	コンデンサ技術専門委員会
標準制御器業務専門委員会	配線用遮断器技術専門委員会	低圧機器更新WG
進相コンデンサ業務専門委員会	制御装置技術専門委員会	

2. 傘下加盟会社（五十音順，複数委員会加盟の会社もある。）

朝日電機工業(株)	テンパール工業(株)	光商工(株)
和泉電気(株)	東京産業洋紙(株)	日立エーアイシー(株)
大崎電気工業(株)	(株)東芝	(株)日立製作所
オムロン(株)	東芝ライテック(株)	(株)フジケン
春日電機(株)	東洋電機製造(株)	富士電機(株)
川崎電気(株)	トーエイ工業(株)	松下産業機器(株)
河村電器産業(株)	(株)戸上電機製作所	松下電器産業(株)
旭東電気(株)	ニチコン(株)	松下電工(株)
山洋電気(株)	(株)日幸電機製作所	マルコン電子(株)
(株)指月電機製作所	日新電機(株)	三菱電機(株)
神鋼電機(株)	日新電工(株)	(株)明電舎
(株)大日製作所	日東工業(株)	(株)安川電機
中国電機製造(株)	日本高圧電気(株)	利昌工業(株)
寺崎電気産業(株)	日本電気精器(株)	

「低圧機器の更新推奨時期に関する調査」

報告書

平成4年3月

発行所 社団法人 日本電機工業会

〒102-0082 東京都千代田区一番町17番地4

電話 03(3556)5881 総務部（購入受付）

電話 03(3556)5885 重電部（内容問合せ）

