

環境劣化及び機械的ストレスによる影響調査結果

1. 変成器の構造と誤差変化要因

1 - 1 誤差変化の要因

| 変成器の構造 | | | 誤差変化の要因 |
|--------|---|---|--------------|
| 電磁形 | 全モールド形 | 鉄心、巻線とも樹脂でモールドしている。 | 誤差変化の要因はない。 |
| | 巻線モールド形 | 鉄心はボルト又は締め付けバンドで固定されている。巻線は樹脂でモールドし固定。外箱は気密構造でない。 | 環境劣化、機械的ストレス |
| | 油入形 | 鉄心をボルトで、巻線をスペーサで固定。外箱は気密構造である。 | 機械的ストレス |
| | ガス絶縁形 | 絶縁油の代わりにガスを封入したもの。鉄心等の構造は、油入れ式と同じ。 | 機械的ストレス |
| | 絶縁カバー保護形 | 鉄心を保護カバーで、巻線を絶縁カバーで覆っている。外箱は気密構造でない。 | 環境劣化、機械的ストレス |
| コンデンサ形 | コンデンサ部は絶縁油が封入されている。コンデンサ本体は、スペーサで固定されているが、電磁形に比べ、振動衝撃の影響は受けにくい。 | 環境劣化、機械的ストレス (電磁形変成器部) | |

注) 環境劣化：水分、汚損物質の付着による鉄心の腐食
 機械的ストレス：衝撃、振動による鉄心特性の低下

モールド形では絶縁性能を劣化させる以下の要因がある。

モールド形変成器の劣化要因

| 絶縁劣化の種類 | 要 因 | 進行プロセス |
|---------|------------------------|-----------------------|
| 熱劣化 | 熱 | 酸化、熱分解 機械強度低下、吸湿性増大など |
| 電界劣化 | 部分放電劣化 | 酸化、せん孔 絶縁厚さ減少 貫通破壊 |
| | トリッキング | |
| 応力劣化 | 熱応力 ヒートサイクル 振動応力 | クラックなどボイド発生・進展 電圧劣化 |
| 環境劣化 | 湿気、じんあいなど | 汚損、吸湿 絶縁抵抗低下、トラッキング |

ブチルゴムの場合、熱膨張係数が大きいいため、繰り返しの熱応力によりコイル中にクラック、はく離が発生する懸念がある。

| 項 目 | ブチルゴム | エポキシ樹脂 |
|--------------------------|-------|--------|
| 収 縮 率 (%) | --- | 2~3 |
| 熱膨張率($\times 10^{-6}$) | 70~80 | 31~33 |
| 接 着 率 | よい | よい |
| 吸 水 率 | 低い | 低い |
| 高温時の諸特性 | --- | 変化しない |

社団法人 日本電機工業会調査による

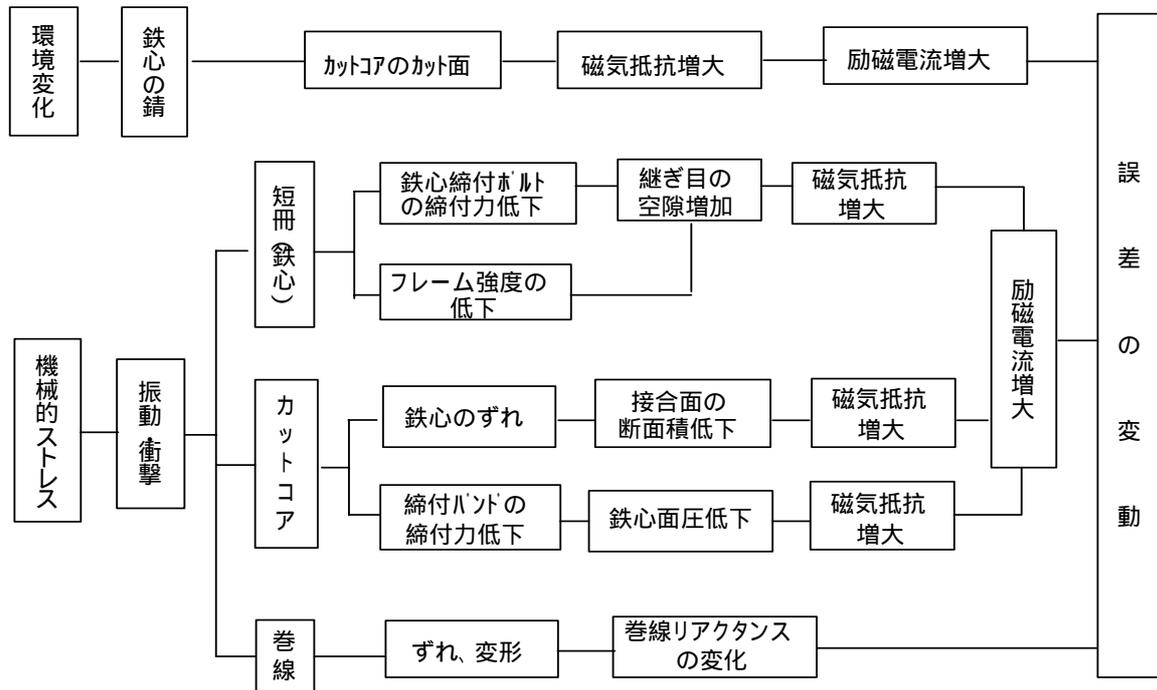
1 - 2 誤差変動について

(1) 電磁形

電磁形は、鉄心と巻線で構成され、巻線や鉄心は成形された後に緊縛されており、衝撃や振動の影響を受けづらい構造である。

またモールド形では鉄心がワニスで絶縁されているが空気中にさらされるため錆を生じる可能性がある。それ以外では巻線と鉄心はSF₆ガスや絶縁油など不活性物質内であるため、錆などは発生しにくい。

電磁形の誤差変動のプロセスを示すと次のとおりで、鉄心の錆や巻線の成形後のずれなどにより、誤差が変動する可能性がある。



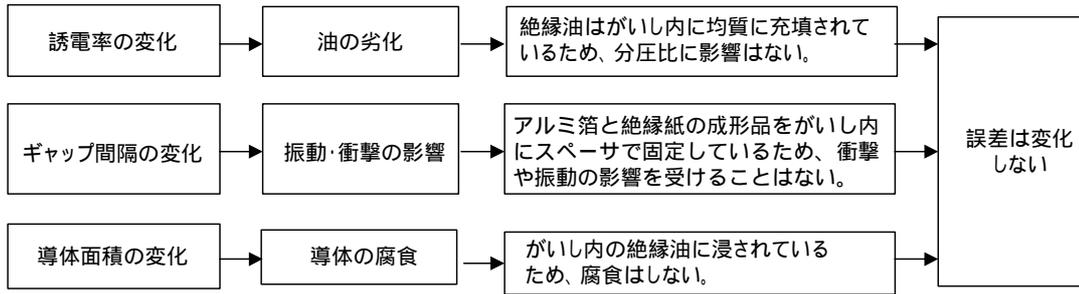
(2) コンデンサ形

コンデンサ部は、アルミ箔と絶縁紙で成形されたあと、がいし内へ収納してスペーサで固定し、絶縁油に浸した状態で完全密閉されており、衝撃や振動の影響を受けづらい構造である。

絶縁油は一般的に経年劣化はするが、コンデンサ部ではがいし内部に均一に絶縁油が行き渡っているため、部分的に劣化することがなく、分圧比に影響はしない。

コンデンサ部の誤差変動のプロセスを示すと次のとおりで、経年による誤差変化要因はないが、コンデンサ形の変成器は、電磁形変圧器と組み合わせられて使用されるため、電磁形と同様の誤差変動の要因を持つことになる。

$$C = \frac{A}{l} \quad (\quad : \text{誘電率、} A : \text{導体面積、} l : \text{ギャップ間隔})$$



1 - 3 振動・錆による誤差への影響（メーカーの試験データ）

機械的ストレス（振動）及び環境ストレス（錆）が変成器に与える影響について、変成器製造事業者 4 社が試験した結果を示す。試験品は、巻線E-IT[®]形変圧変流器（各社 1 台）である。

(1) 試験方法

変成器製造事業者 4 社は、下表のいずれかの試験方法で試験した。

1) 振動による影響

| 試験方法 | 振動数 | 複振幅 | 試験時間 | 備考 |
|------|--------|-------|---------------|------------------------------------|
| | 17Hz | 0.2mm | 10分 | JIS C 4605 高圧交流負荷開閉器 0.2G 相当 |
| | 16.7Hz | 4mm | 上下左右、各 1 時間 | 2G 相当 |
| | 30Hz | 2.2mm | 上下左右前後、各 1 時間 | 4G 相当 |

2) 鉄心の錆による影響

| 試験方法 | 条件 | 備考 |
|------|--|----|
| | 5%の食塩水を噴霧量 1～2mL/h、噴霧圧力 1kgf/cm ² で 14 日間放置 | |
| | 5%の食塩水に 7 日間浸漬 | |

(2) 試験結果

1) 振動による影響試験によって、鉄心のズレは発生しなかった。

鉄心の錆による影響試験によって、鉄心に錆の発生が見られた。

2) 振動及び鉄心の錆による影響試験による誤差の変化は下表のとおりで、影響は極めて小さかった。

変圧器部分

| | 負担力率 | 振動の影響による誤差変化 | | 錆の影響による誤差変化 | |
|-----|------|--------------|---------|-------------|---------|
| | | 比誤差 (%) | 位相角 (分) | 比誤差 (%) | 位相角 (分) |
| A 社 | 0.8 | -0.02 | +0.1 | +0.01 | +0.1 |
| B 社 | 0.2 | 0.00 | +0.1 | | |
| C 社 | 0.2 | -0.01 | +0.1 | -0.01 | +0.1 |
| D 社 | 0.2 | -0.02 | +0.3 | 0.00 | +0.3 |

変流器部分

| | 負担力率 | 負荷電流 | 振動の影響による誤差変化 | | 錆の影響による誤差変化 | |
|----|------|--------|--------------|---------|-------------|---------|
| | | | 比誤差 (%) | 位相角 (分) | 比誤差 (%) | 位相角 (分) |
| A社 | 0.9 | 100%In | +0.02 | -0.2 | 0.00 | -0.5 |
| | | 20%In | -0.01 | +0.3 | +0.01 | +0.4 |
| | | 5%In | -0.02 | +1.3 | +0.01 | -1.5 |
| B社 | 0.9 | 100%In | 0.00 | +0.3 | - | - |
| | | 20%In | -0.01 | +0.2 | - | - |
| | | 5%In | -0.01 | +0.2 | - | - |
| C社 | 0.2 | 100%In | +0.01 | -0.2 | 0.00 | -0.3 |
| | | 20%In | +0.01 | -0.6 | +0.01 | -0.2 |
| | | 5%In | 0.00 | -0.6 | +0.01 | -0.3 |
| D社 | 0.2 | 100%In | +0.00 | -0.3 | +0.01 | -0.5 |
| | | 20%In | +0.01 | -0.4 | +0.02 | -0.5 |
| | | 5%In | +0.02 | -0.6 | +0.01 | -0.4 |

塩水噴霧試験前後の素子状況

| | | |
|--------|-----|---|
| 変流器 | 試験前 |  <p>発錆はなし。</p> |
| | 試験後 |   <p>鉄心部の発錆部拡大</p> |
| 計器用変圧器 | 試験前 |  <p>発錆はなし</p> |
| | 試験後 |   <p>鉄心部の発錆部拡大</p> |

電気事業連合会調査による