

計器用変成器の有効期間に関する検討報告書

平成18年3月29日

電気計器技術課題等研究会

はじめに

規制改革・民間開放推進3か年計画(改定)(平成17年3月25日閣議決定)において、計器用変成器の有効期間の延伸について検討することが盛り込まれていることを踏まえ、その妥当性について技術的な見地から検討を実施した。本報告書は、経済産業省の指導の下、日本電気計器検定所において学識経験者、電気事業者、製造事業者、修理事業者等の関係者の協力により研究会(電気計器技術課題等研究会)を設置し、その検討結果をとりまとめたものである。

なお、本報告書で「変成器」とあるのは、特に断りがない限り変流器、計器用変圧器又は計器用変圧変流器のことを言う。

計器用変成器について

1. 計器用変成器とは

高電圧・大電流の負荷(主に高圧で受電する工場など)の電気の使用量は、電気計器(最大需要電力計、電力量計、無効電力量計)で直接計量できないため、計器用変成器により高電圧・大電流を電気計器が測定できる電圧・電流に正確に下げることによって計量を行っている。【参考資料1】

2. 変成器の有効期間

変成器の有効期間は、電気測定法(注:明治43年法律第26号。電気測定法と計量法の本質化に伴い、昭和41年廃止。)時代には「変成器付電気計器ニシテ検定ニ合格シタルモノニ付更ニ検定ヲ受ケントスル者ハ当該変成器ニ異常ナキ場合ニ限り其ノ変成器ヲ提出セザルコトヲ得此ノ場合ニ於テハ申請書ニ其ノ旨ヲ附記スヘシ」とされていたが、当該条文は「ただし、当該変成器に附されている第91条第4項の合番号に表示された日から起算して通商産業省令で定める期間を経過する日(10年)までに、当該変成器付電気計器について検定を受ける場合は、この限りではない。」とされた。(以下、「特別検定制度」という。)その後、平成4年の計量法改正を受け、現行の「ただし、次条第2項の合番号であって、これに表示された日から起算して経済産業省令で定める期間を経過していないものが付されている変成器とともに使用しようとする電気計器について変成器付電気計器

検査を受ける場合において、その変成器に関し経済産業省令で定める事項を記載した書面を提出したときは、この限りではない。」と改正され現在に至っている。

これにより、変成器の取替え等をせずに継続して使用できる期間は、10年に電気計器の有効期間を加算した期間となっている。

3. 有効期間の延伸の必要性

平成14年度の計量法施行令の改正により、電子式変成器付電気計器の有効期間が5年から7年に延長された。これにより、変成器の提出を書面検査で代替できる期間(10年)については、電気計器の有効期間が満了する周期と一致しないため、改正前より有効期間が短縮する()場合があり、検定申請者の利便性が損なわれている現状となっている。これは、平成16年度の日本電気計器検定所の検定実績のうち、約63%が電子式の変成器付電気計器となっており、電子式変成器付電気計器が主流となっている実態も踏まえれば、より利便性の向上を図ることが必要であることから、この変成器の提出を書面検査で代替できる期間について、電子式変成器付電気計器の有効期間の延長及び変成器の性能や使用実態を踏まえ検討することとした。

通常考え得る変成器付電気計器の設置パターンを考えると、7年の有効期間の計器を設置した場合、電気計器の有効期間満了時に電気計器のみ検定を受けると、次回の有効期間満了時(7年+7年、14年後)には、10年の特別検定制度期間を超えるため、変成器とともに検定を受けなければならない。他方、これまで、電気計器の有効期間が5年であったため、特別検定制度期間の10年間のうちに2回、計器のみの検定を受けると最長15年後に変成器と共に検定を受ければよいこととなる。

有効期間の見直しに対する基本的考え方

1. 特別検定制度の期間について

特別検定制度は、大正9年から導入されているが、「電気計器検定50年史(昭和37年3月工業技術院電気試験所)」によれば、制度の導入理由として、変成器の経年変化が微小であること、受検のための取り外しや輸送に要する経費と手間を省くこととされており、検定時における合理的な運用を行うことが制度設計の基本的考え方となっていると考えられる。

この考え方に基づくと、特別検定制度の主旨は、変成器の経年変化が微小であること、利便性を考慮して、電気計器の有効期間が5年であったことから、5年を1周期とした時に最低で2回の再検定について、書面の提出をもって変成

器本体の提出と代替することになったと考えられる。

しかしながら、平成 14 年度に電子式の変成器付電気計器の有効期間が 5 年から 7 年に延伸されたことから、これまでの運用では変成器の特別検定制度を適用できる期間が短くなるといった現象が生じているため、特別検定制度の主旨を踏まえ、電気計器の有効期間 7 年を 1 周期としたときに、最低 2 回の再検定（変成器の実使用期間最長 21 年間）を書面の提出をもって代替することの可能性について検討することとする。

2．検討を行う上での考え方

これまでの電気計器の有効期間の見直しにおいては、一部を加速劣化試験の結果をもって代替したものがあるが、基本的には、実際に延伸する期間に使用された計量器を調査分析して評価している。

しかしながら、変成器は電気計器と異なり、駆動的な部分がないため、外箱等の劣化はあるものの、構造上その性能に経年変化が生じにくいとされていることから、既存の変成器に関する各種調査結果と使用の実態を調査分析することで、延伸された有効期間における使用に対する変成器の信頼性を検証することが可能と考えられる。

また、変成器事故が発生した場合は、生産活動への障害などの影響を及ぼす場合があることから、運用中の保全・管理が充分に行われることも重要であり、変成器の耐久面だけでなく保全面からも調査検証を行うこととした。【参考資料 1】

以上より、具体的には、実使用期間 21 年を考慮した器差の変化の検証、保全面の検証及び変成器が構造上その性能に経年変化が生じにくいことの検証も行った。なお、前述のとおり、各種調査結果と使用実態について調査分析する手法をとったため、検証結果の不足部分（経過年数不足等）については、変成器が構造上その性能に経年変化が生じにくいとの検証を実施した結果を用いて補完して検証を行った。

3．具体的な検証事項

（器差の変化の検証）

（1）変成器の誤差データの検証

使用経過年数によって変成器の性能（誤差）に変化がないことを検証するために、変成器を使用電圧及び種類別に分類し、製造後 10 年以上 15 年未満、20 年以上 30 年未満経過したものについて比誤差、位相角及び合成誤差に変化があるかどうかの調査を実施した。

(保全面の検証)

(2) 変成器の技術基準に則した検証

特定計量器検定検査規則 (以下「検則」という。) の変成器に係る技術基準では、誤差だけでなく、一定の安全性と計量性能を確保することを目的として構造に関しても規定している。この構造に関する項目について、製造後 14 年以上使用された変成器が検則に定める構造検査 (温度上昇試験、耐電圧、巻線間耐電圧、電流特性、電圧特性、相互干渉試験) の基準を満たしていることを検証するため、代表的な機種についての調査を実施した。

(変成器が構造上その性能に経年変化が生じにくいとの検証)

(3) 変成器の耐久性の検証

経年の使用に対する変成器の耐久性について、製造事業者に対し調査を実施するとともに構造に関する資料を分析し、その信頼性の検証を実施した。

(4) 環境劣化及び機械的ストレスによる誤差変化の検証

変成器の誤差変動の要因として、環境劣化 (鉄心の錆)、機械的ストレス (振動) があることから、これらの要因が変成器の誤差に与える影響について代表的な機種についての検証を実施した。

(5) 変成器の修理実態に関する調査

変成器を 15 年以上継続使用した実績は少ないものの、修理の実態から長期使用における変成器の劣化状態や有効期間を延長した場合の劣化想定が確認できることから、廃棄台数及びその理由、修理台数及び修理内容についての調査を実施した。

(6) 変成器の使用及び故障実態に関する調査

変成器は使用環境等により劣化状態が変化するため、電気事業者の協力を得て、変成器の使用実態 (屋外、屋内使用) についての調査を実施した。

(7) 外箱の耐久性の検証 (試算)

変成器外箱の材料が鋼板であり、屋外使用の場合は錆の進行により雨水の浸入が懸念されることから、外箱がどの程度の耐久性を有しているか、收拾可能な既存のデータ等から試算を実施した。

調査検証結果

(器差の変化の検証)

1. 変成器の誤差データの検証

変成器の使用状況等を勘案し、変成器を以下の種類に分類し、製造後 10 年以上 15 年未満、20 年以上 30 年未満経過したものについて、比誤差、位相角及び合成誤差を調査した。

低圧変流器

高圧 (7kV 以下) モールド形変圧変流器

特別高圧 (7kV 超過) モールド形変圧変流器

特別高圧 (7kV 超過) コンデンサ形変圧変流器 (変圧器がコンデンサ形)

特別高圧 (7kV 超過) 油入形変圧変流器

特別高圧 (7kV 超過) G I S 直結形変圧変流器

調査結果としては、全ての調査対象について比誤差、位相角及び合成誤差は検則に定める基準を満たしていた。

経年変化による比誤差、位相角及び合成誤差の変化については、製造後 10 年以上 15 年未満のものと 20 年以上 30 年未満のものを比較すると、調査個数を多く確保できた 低圧変流器、高圧 (7kV 以下) モールド形変圧変流器及び 特別高圧 (7kV 超過) 油入形変圧変流器では、大きな誤差変化は見られなかった。

他の変成器については数値の変化があったものの、これは使用されている絶対数が少なく、まとまった調査個数が得られなかったこと及び同一の変成器のデータではなかったことが要因。

：一般に変成器は、製造事業者や変成器の型式によって、合成誤差等に固有な特性を有する傾向があるため、調査数が少なくその種類が異なる場合は、合成誤差等のばらつきが大きくなってしまい、統計的手法の精度が低くなる。

特定計量器の有効期間延長においては、器差の平均値 ± 4 の範囲に入ること判断材料の 1 つに用いていることから、変成器の合成誤差についても同様に平均値 $\pm k$ の値を算出し、検則第 766 条に定める誤差の限度(使用中検査を含む。)との比較を行った。

変成器と違い電気計器は、経年変化によって器差の平均値も変化し、器差変化の程度も個体差が大きいものの、器差調整が可能であるので、製造又は修理時に器差をゼロ付近に調整されるが、変成器の場合は、可動部分も電子部品もないことから、誤差の変化は電気計器に比べて小さいという特徴があったため、設計(構

造、材料及び製造方法)で誤差が決まってしまう。

そのため、電気計器では器差の変化がどのように変化しているかを統計処理により平均値 ± 4 で判断することは経年変化を見る指標として有意であるが、変成器の場合は設計で定まる固定的な誤差が初回検査時から存在するので、経年による変化を検討するに当たっては、平均値にその固定的な誤差の分が含まれることを考慮に入れる必要がある。

通常、普通電力量計と組み合わせて使用する変成器であっても契約電力の関係から、稀に精密電力量計が組み合わせられる場合もあり、より高い精度を求められるが、精密電力量計の基準で見ても、いずれも統計的に ± 2 程度で基準に入っていることから、実態としては問題なく使用が可能と考えられる。

また、特別精密電力量計と組み合わせるレベルになると、使用負担による誤差変化の影響が大きく、誤差限度に対して十分小さい合成誤差となる変成器を製造することが難しくなるため、計器の方で器差調整を行って、計器と変成器を組み合わせたときの総合器差を限度内にすることもある。したがって特別精密電力量計の場合も、いずれも統計的に ± 2 の範囲に収まるものであることから、実態上は問題がなく使用可能と考えられる。

上記の詳細結果は以下のとおりであった。

低圧変流器

普通電力量計と組み合わせる場合の誤差の限度は ± 4 (99.99%)の範囲より外れる場合があるが、 ± 3 (99.7%)の範囲には収まっている。また、精密電力量計との組み合わせの場合においても2 (95%)の範囲内に収まる。

低圧変流器のデータは、誤差特性の異なる複数型式の変成器が混在しており、標準偏差が構造上、大きな違いがない高圧(7kV以下)モールド形変圧変流器の2~3倍になっている。したがって変成器の型式別に見れば、標準偏差は1/2以下になると思われるので、普通電力量計、精密電力量計のどちらの場合でも ± 4 の範囲に入ると思われる。

高圧(7kV以下)モールド形変圧変流器

通常は普通電力量計と組み合わせられるが、この場合の誤差の限度は ± 4 の範囲に入っている。さらに厳しい誤差限度となる精密電力量計との組み合わせでも、合成誤差の限度は ± 3 の範囲に入っており、 ± 4 の範囲で見ても、合成誤差の平均値がプラス傾向(約0.1~0.3%)であるため、実態上は問題ないと思われる。

特別高圧(7kV超過)モールド形変圧変流器

調査個数が少なかったが、誤差限度が厳しくなる特別精密電力量計との組み

合わせでも ± 4 の範囲に入っている。

特別高圧（7kV 超過）コンデンサ形変圧変流器、 特別高圧（7kV 超過）油入形変圧変流器

特別精密電力量計との組み合わせでは、合成誤差の限度 ± 2 の範囲であり、合成誤差の限度 ± 3 の範囲についても、プラス傾向の平均値を考慮すれば問題がないと考えられる。また、精密電力量計との組み合わせでは ± 4 の範囲に入っている。

特別高圧（7kV 超過）GIS 直結形変圧変流器

特別精密電力量計との組み合わせでは、平均値を考慮しなくとも合成誤差の限度は ± 3 の範囲に入っていた。また、精密電力量計との組み合わせでは ± 4 の範囲に十分入っていた。

変成器製造事業者が実施した使用後 10 年～22 年の誤差変化の調査においても、経年による誤差変化は、影響が無い程度であった。

以上のことから、適切な修理等が行われることで、変成器の誤差が適切に維持されている状況にあるといえる。【参考資料 2】

（保全面の検証）

2．変成器の技術基準に則した検証

電気事業者において施設数が多い高圧（7kV 以下）モールド形変圧変流器のうち、製造後 14 年以上使用された変圧変流器について、検則に定める構造検査（温度上昇試験、耐電圧、巻線間耐電圧、電流特性、電圧特性、相互干渉試験）を実施した結果、検則に定める基準を満たしていた。【参考資料 3】

（変成器が構造上その性能に経年変化が生じにくいとの検証）

3．変成器の耐久性の検証

製造事業者等における性能評価等から、適切な保守管理が行われる環境下では、電子式計器の有効期間の 3 サイクル分（21 年）の継続使用は可能と考えられる。

また、用途は異なるが、同じ変成器である高圧配電用変圧器は、電気学会技術報告第 831 号（工場電気設備の診断・更新技術）及び日本電機工業会報告書（汎用高圧機器の更新推奨時期に関する調査）において、20 年の更新推奨時期が示されており、絶縁異常発見に有効とされる部分放電測定（基準値 100 pC）の結果では、22、23 年で基準値を下回る例が示されている。

なお、上記報告書においては、モールド形変成器の更新推奨時期（15 年）が示されているが、劣化診断の目安とされる部分放電特性と絶縁寿命の相関関係

の裏付けデータは必ずしも十分でなく、寿命予測が技術的に難しいとした上で、特定計量器検定検査規則に基づく変成器の有効期間も参考にしたとあり、変成器の寿命そのものを示したものではない。

4．環境劣化及び機械的ストレスによる誤差変化の検証

使用数が最も多く、環境劣化及び機械的ストレスの要因による誤差変化の影響を受ける可能性が高い、高圧（7kV以下）モールド形変圧変流器を各製造事業者（4社）において、振動による影響試験及び鉄心の錆による影響試験を実施した結果、鉄心のずれはなく、器差に与える影響も極めて小さいことが確認できた。【参考資料4】

5．変成器の修理実態に関する調査

電気事業連合会において変成器の修理実態を調査した結果、修理不能で廃棄となる変成器の割合は4.4%で、主な理由は、外箱の不良によるものであった。また、修理内容については、外箱補修、ブッシング及びパッキン交換が主なものであり、誤差に関係するVT及びCT素子については、修理を要することなく継続して使用されていた。【参考資料5】

6．変成器の使用及び故障実態に関する調査

変成器の使用される環境については、各電気事業者によって屋内、屋外の使用状況が異なる。主に屋内で使用される場合であったが、中には使用環境の厳しい屋外で使用される場合もあった。（使用環境の厳しい場合は、使用環境を考慮して耐塩、重耐塩仕様等の変成器を使用する例があった。）

故障実態については、使用中の変成器の故障率は、変成器全体で0.005%と極めて小さく、故障の原因も80%が自然災害によるものであった。また外箱劣化による故障は約100万台中4台と極めて少なかった。【参考資料6】

7．外箱の耐久性の検証（試算）

変成器の外箱には、調査の結果、いずれの製造事業者の変成器も、低圧変流器で1.2mm程度、高圧変成器で1.6mm～2mm程度の鋼板が使用され、その上に65μm程度の塗装が施されている。

外箱の耐久性は、塗装の耐久性と鋼板の錆の進行に依存するが、塗装の劣化は、下地処理、塗装回数、塗膜厚、塗料の材質、使用環境によって、一方の鋼板の腐食はメッキ処理の有無、厚さ、使用環境によって異なり、定量的な評価は難しいため、以下の条件で試算した。

塗装については、平成 13 年度の電気計器の実態調査（資源エネルギー庁において、電気事業連合会、日本電気計器検定所の協力により実施）における、屋外使用である強化耐候形計器（塗膜厚：30 μm 以上 JIS C 1281 電力量計類の耐候性能）の構造等外観検査の結果が、平成 13 年度～15 年度に検定満了となる初回検定品では、塗装のひび割れ等が著しい計器が約 4%、金属部の錆が著しい計器が約 1%であったことを勘案し、これより厚い塗装が施されている変成器については、鋼板が露出するまでの期間を 10 年と仮定する。

鋼板の腐食度合い（侵食度）は、工業地帯で 0.05mm / 年、臨海地帯で 0.09mm / 年（金属便覧 日本金属学会編）とする。

この試算条件で外箱に穴があくと想定されるまでの期間を単純試算すると次表のようになる。

| | 臨海地帯 | 工業地帯 |
|-----------------|--------|--------|
| 板厚 1.2mm（低圧変流器） | 23.3 年 | 34.0 年 |
| 板厚 1.6mm（高圧変成器） | 27.8 年 | 42.0 年 |

結論及び提言

1．特別検定制度の期間の延長について（結論）

以上の調査検証結果を踏まえると、適切な保守管理が行われる環境下では特別検定制度の期間を現状の 10 年から 14 年に延長することは可能とであると判断できる。これにより変成器の実使用期間は、最長 21 年（14 年に電子式計器の有効期間 7 年を足した数値。）となる。

判断の詳細理由は以下のとおり。

これまで特別検定制度が 10 年に電気計器の有効期間を加算した期間とされてきたのは、機械式の変成器付計器の有効期間が 5 年で実質 2 回の特別検定の採用を前提としていたものであるからであり、現在は変成器付計器で主流となっている電子式計器の有効期間が 7 年であることを踏まえれば、特別検定制度の期間を現在の 10 年（5 年 2 サイクル）から 14 年（7 年 2 サイクル）に延長することが適当である。これにより、特別検定制度による変成器の実使用期間は、現在 14 年（7+7 年）であるが、21 年間となる。

劣化診断の目安とされる部分放電測定（基準値 100 p C）で 22、23 年程度とされていること、外箱の耐久性が単純な試算でも低圧変流器の場合で 23 年程度となることを考慮すると、これを超えないことが適当である。

修理を行って再使用される場合でも、通常は 2 回の使用（約 30 年）であるが、特別高圧用変成器では 3 回の使用（約 45 年）もあり、これが現在の最長使用期間と考えられるため、通常 2 回の使用が行われることを考慮すると実質的な使用期間は 21 年（2 回使用で 42 年）とすることが適当である。

2．有効期間延長に当たって考慮すべき事項

主に電気事業者が使用する変成器については、特別検定制度を経て製造後 15 年で修理等を行った後、2 サイクル目も使用されていることから有効期間を実質 21 年に延長することにより、修理の後に 2 サイクル使用の場合は製造後 42 年間使用されることとなる。

これについては、現在、特別高圧用変成器においては、3 回目の変付検査を受ける変成器もあり最長で約 45 年使用されているものもあると考えられること、また、計量法第 49 条第 3 項の規定に基づき、製造後 21 年の使用後に変成器の製造又は修理の事業を行う者が、合番号を除去するにあたり、次の期間の使用を踏まえ、適切に変成器の修理等を行うことが当然に求められること、計量法施行規則第 10 条第 2 項において、絶縁がよい補修又は取替え、外箱の補修、絶縁油の取替えが合番号を除去せずに行える軽微な修理として認められていることから、変成器の使用者による適切な管理により、機械的性能、電気的性能が保たれるならば、42 年の使用が可能と考えられる。

しかしながら、当面はこれまでの有効期間を前提として設計、製造及び修理された変成器の使用が続くため、21 年を超えての再使用については、使用者においては、製造事業者等に確認をとりつつ、適切な管理等を行うことが必要である。

3．有効期間延長後のフォローアップ

有効期間延長後は新しい有効期間を考慮し新たに設計される変成器への置き換えが進むと思われるが、当面、これまでの有効期間を前提として設計・製造された変成器の使用が続くことになるため、30 年以上使用された変成器（当面、再使用で最長使用期間となる 36 年）の性能調査、変成器の事故等の調査を行い、有効期間延長後も適正な状態にあることを確認する仕組みを整備するとともに、再使用のための適切な修理及び運用形態を含む保守管理等のための技術データの蓄積、寿命診断技術の開発を進めていくことが望ましい。

(参考)

電気計器技術課題等研究会 委員名簿

| | | |
|------|-------|--|
| 委員長 | 加藤 隆 | 日本電気計器検定所 検定管理部長 |
| (代理) | 坂野 勝則 | 日本電気計器検定所 検定管理部 検定管理グループマネージャー |
| 委員 | 信太 克規 | 佐賀大学 理工学部 電気電子工学科 教授 |
| " | 北原 一秀 | 経済産業省 資源エネルギー庁 電力・ガス事業部 電力市場整備課 電気計器係長 |
| " | 柴田 修 | 経済産業省 資源エネルギー庁 電力・ガス事業部 電力市場整備課 |
| " | 浅野 淳一 | 電気事業連合会 工務部 副長 |
| " | 中田 誠一 | 東京電力 株式会社 販売営業本部 営業部 技術サービスグループ 副長 |
| " | 近藤 泰吉 | 中部電力 株式会社 販売本部 配電部 技術グループ 課長 |
| " | 岩見 建一 | 関西電力 株式会社 お客さま本部 ネットワーク技術高度化推進グループリーダー |
| " | 小林 俊一 | 株式会社 東芝 電機・計測事業部 計器営業部 技術担当部長 |
| " | 長島 優 | 富士電機システムズ 株式会社 e-ソリューション本部 計量システム統括部 安曇野工場 技術部長 |
| " | 小山 博 | 東光電気 株式会社 計器部 課長 |
| " | 諸橋 敏昭 | 東北計器工業 株式会社 取締役 技術開発部長 |
| " | 山田 宏 | 日本電気計器検定所 経営企画室 グループマネージャー |
| 臨時委員 | 小林 堅司 | 日新電機 株式会社 変成器事業部 設計部 技術・開発グループ長 |
| " | 浮田 和隆 | 東光電気 株式会社 電力機器事業本部 機器製造部 静止機器設計グループマネージャー |
| " | 小川 和夫 | 日本電気計器検定所 検定部 次長 |
| 事務局 | 本橋 克己 | 日本電気計器検定所 検定管理部 型式試験グループマネージャー |
| " | 畠山 修 | 日本電気計器検定所 検定管理部 型式試験グループアシスタントマネージャー |