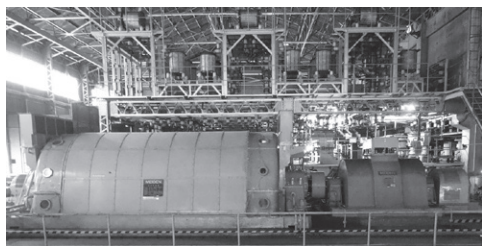


変電機器の短絡試験技術

齋藤 仁 Hitoshi Saito
松井芳彦 Yoshihiko Matsui
中山明彦 Akihiko Nakayama
高橋哲仙 Tetsushi Takahashi

キーワード ISO/IEC17025, 調相試験, 進み小電流試験, 内部閃絡試験

概要



短絡試験用発電機

遮断器・変圧器・避雷器などの変電配電機器であれば短絡事故時の大電流に耐えるか、遮断器であれば大電流を実際に遮断できるか、短絡試験によって性能を検証することが必須である。当社は1963年に沼津事業所内に大電力試験所を開所して以来、自社で短絡試験ができる体制を維持してきた。主な設備は、短絡試験用発電機（1000MVA-14kV-50Hz）、耐電流試験に用いる大電流変圧器（6.6kV/600V-5MVA）、高電圧で遮断試験を行うワイル合成試験設備などである。製品開発を担う変電機器工場と同敷地内で隣接していることを強みに、トライアンドエラーを繰り返すことで製品の質を高め、多くの製品を市場に送り出してきた。現在は、新たな技術や工夫を取り込みつつ、短絡試験技術の継承に努め、真空遮断器をはじめとした変電機器製品の信頼性確保の一翼を担っている。

1 まえがき

大電力試験所に対する要求は時代とともに変化し、近年は、試験結果の正確性や公平性の表明、試験の省力化、保有設備の特長に合わせた試験方法の工夫、準備作業の軽減による試験所の効率的な運用などが求められている。本稿では、これらの要望に応えるための4つの取り組み、「ISO/IEC 17025 試験所認定取得」、「コンデンサバンク自動開閉試験設備」、「60Hzを模擬した進み小電流試験」、「内部閃絡試験台車の導入」を紹介する。

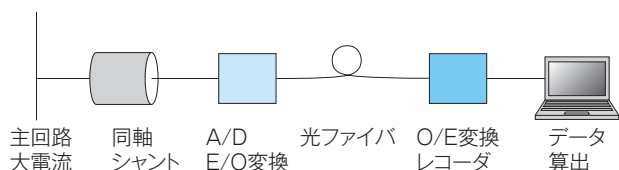
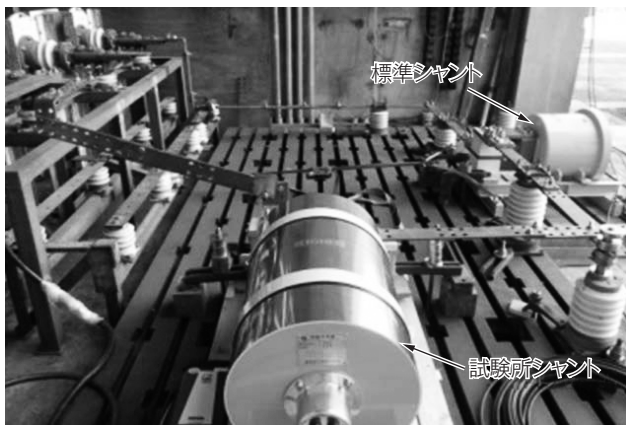
2 ISO/IEC 17025 試験所認定取得

大電力試験所は、変電機器製品の開発における最終的な性能確認として各種試験を行ってきたが、近年は、お客様による製品評価の一環として、これら

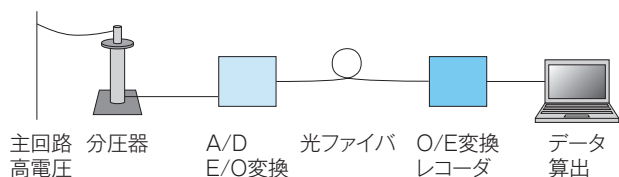
の試験結果の信頼性について客観的な説明が求められることが増えてきている。

そこで、当社大電力試験所では、2014年5月、国際規格「ISO/IEC 17025」に基づき(公財)日本適合性認定協会(JAB)から試験所認定を取得した。この認定は中立性・試験能力が一定の水準以上にある試験所に与えられる。これにより、当社が提供する試験データの信頼性が高いことをこれまで以上にお客様に示すことができる。認定取得にあたり、大電流測定・高電圧測定についてトレーサビリティの確保、光リンクを含む測定系の不確かさ評価の確立に取り組んだ。

第1図に大電流・高電圧測定システムを示す。大電流計測では同軸シャントを使用して数kA～数十kAの交流短時間電流を測定する。しかし、世界的にも国家標準として整備された大電流計測の標準器はないため、日本短絡試験委員会(JSTC: Japan



(a) 大電流測定(比較試験)



(b) 高電圧測定

第 1 図 大電流・高電圧測定システム

伝送系に光リンクを用いることでノイズを低減している。

Short Circuit Testing Committee) が管理する標準分流器⁽¹⁾との比較試験によって校正と不確かさの算定を行った。

一方、数kV以上のインパルス電圧などの過渡的な高電圧計測には分圧器を使用する。現在使用中の

第 1 表 測定システムの不確かさ評価結果

各要素の不確かさを合成して測定系全体の不確かさを評価した。

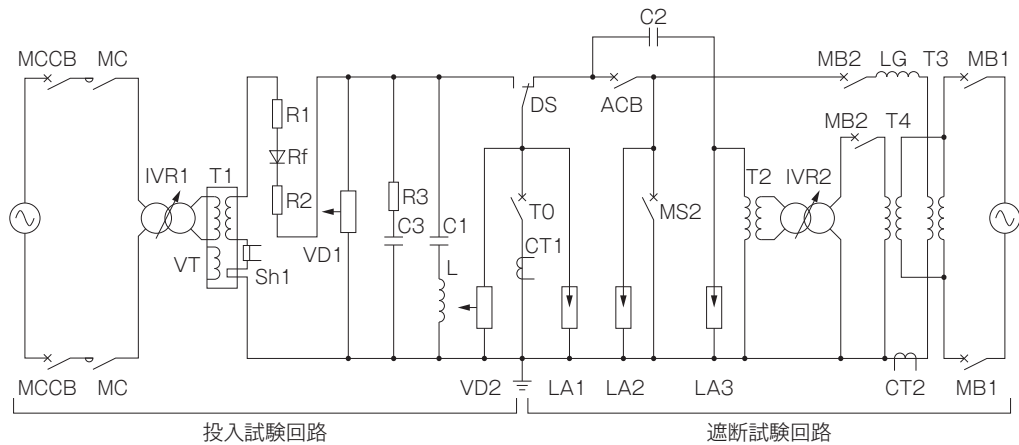
	不確かさの要因	標準不確かさ (%)
電流測定	シャントの合成不確かさ	0.282
	EO/OE 変換伝送系の不確かさ	0.513
	ソフトウェアの不確かさ	0.003
	合成不確かさ	0.59
	拡張不確かさ (k=2)	1.17
電圧測定	分圧器の校正不確かさ	0.45
	EO/OE 変換伝送系の不確かさ	0.513
	変換機 (レコーダ) の不確かさ	0.25
	読み取り不確かさ	0.3
	合成不確かさ	0.79
	拡張不確かさ (k=2)	1.57

分圧器は国内で国家標準とトレーサブルな校正ができなかったため、スイスの国家標準とトレーサブルな校正がされた海外製分圧器を導入している。

大電流・高電圧ともに、シャント又は分圧器、データ伝送に用いる光リンク、データの読み出しのそれぞれの不確かさを合成して測定システムとしての不確かさを算定した。第 1 表に測定システムの不確かさ評価結果を示す。電流計測で1.2%、高電圧計測で1.6%となり、遮断器の試験規格である IEC 62271-100が要求する不確かさ±5%を満足している。

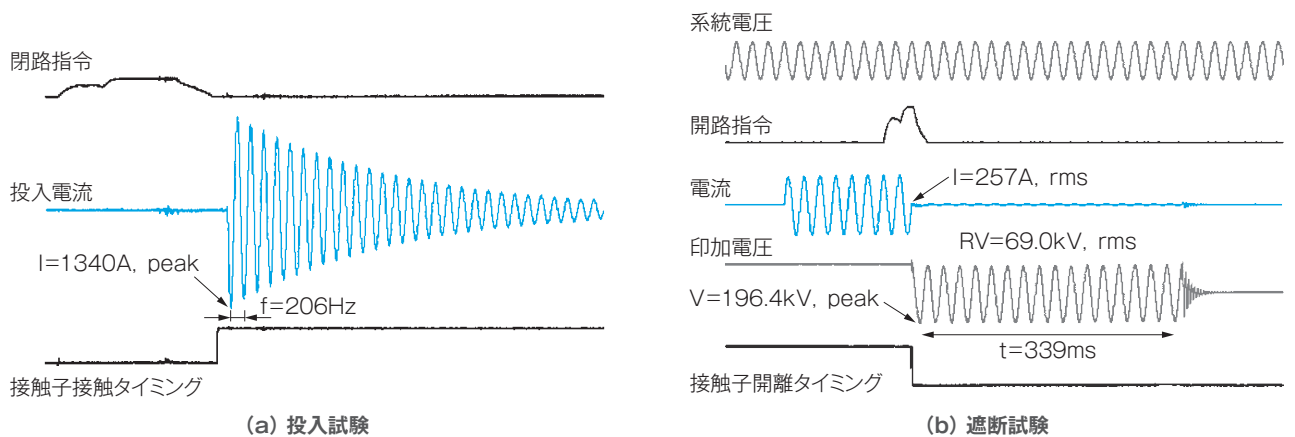
3 コンデンサバンク自動開閉試験設備

電力系統では、電圧変動や無効電力を制御する調相設備の一つとしてコンデンサバンクがある。コンデンサバンクを系統に接続・切り離しを行う遮断器は、負荷状況に応じて5000～10,000回の多頻度開閉が要求される場合がある。コンデンサバンクの負荷開閉では、投入時の突入電流による電極の消耗度合や、遮断時に電極間での異常閃絡が発生しないかどうかを確認するために、実際に多数回の電流開閉を伴う電氣的耐久性試験を行うことが望ましい。そこで定格電圧84kVまでの真空遮断器を対象にコンデンサバンク開閉試験を自動化する専用設備を整備し



第 2 図 調相試験用試験回路

投入試験回路と遮断試験回路から構成される合成試験回路を整備した。断路器 (DS) で投入と遮断の回路を切り替える。



第 3 図 調相試験の試験オシロ波形

突入電流周波数 206Hz、第一波高値 1340A、遮断電流値 257A、回復電圧波高値 196.4kV、回復電圧値 69.0kV が得られ、定格電圧 84kV コンデンサバンク容量 30MVA に適用した場合の試験要求条件を満たしている。

た。第 2 図に調相試験用試験回路を示す。本設備は投入回路と遮断回路から成り、PLC (Programmable Logic Controller) で自動運転され、測定波形データから異常の有無をリアルタイムで監視する。本設備の導入で、多数回開閉試験の効率が飛躍的に向上し、遮断器のコンデンサバンク開閉性能を実証的に評価できるようになった。第 3 図に調相試験の試験オシロ波形を示す。

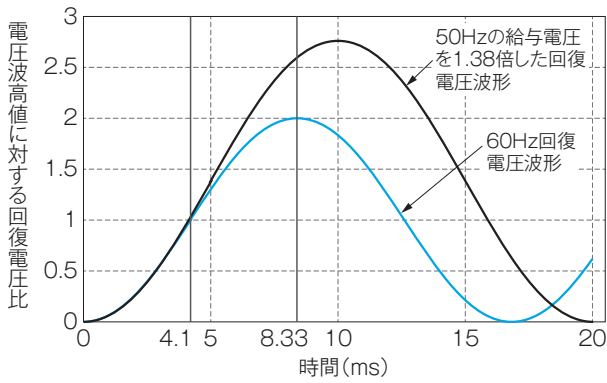
4 60Hz を模擬した進み小電流試験

進み小電流試験は、架空送電線路や地中送電線路並びにコンデンサバンクに直接接続される遮断器な

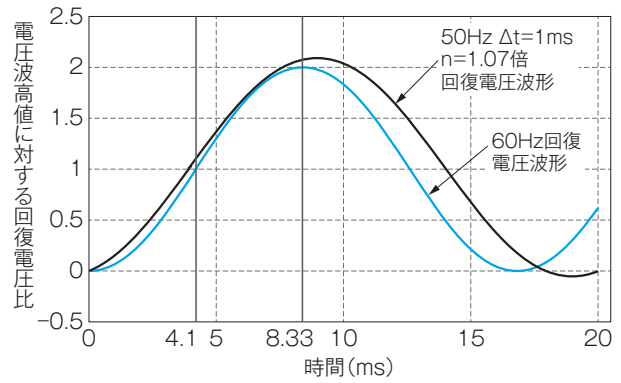
どに適用する。

60Hz の供試器を 50Hz の設備で試験する場合、JEC-2300-2010 に規定されているように、試験条件として、消弧後 4.1 ~ 8.3ms の間に印加される電圧が 60Hz の場合に規定される電圧を上回らなければならない。この回復電圧条件を満たすように給与電圧を調整して試験するには、第 4 図 (a) に示すように給与電圧倍率 $n = 1.38$ 倍で試験する必要がある。

規定の波高値以上の電圧での再点弧は当事者間の協議が必要となり、認められない恐れがある。また、過剰な電圧の印加で供試器へのダメージも懸念される。そこで投入位相を遅らせて直流分の含まれ



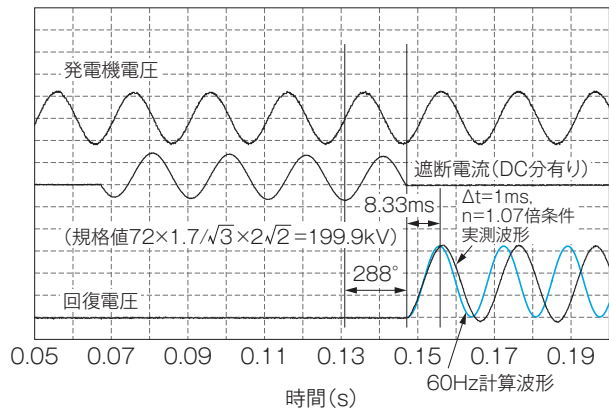
(a) 給与電圧調整による60Hz模擬波形



(b) 位相調整による60Hz模擬波形

第4図 50Hz設備を用いた進み小電流試験における回復電圧波形の比較（計算波形）

給与電圧調整による波形では印加電圧ピークが規格要求を大きく上回ってしまうが、位相調整による模擬波形では過剰な電圧印加を緩和することができる。



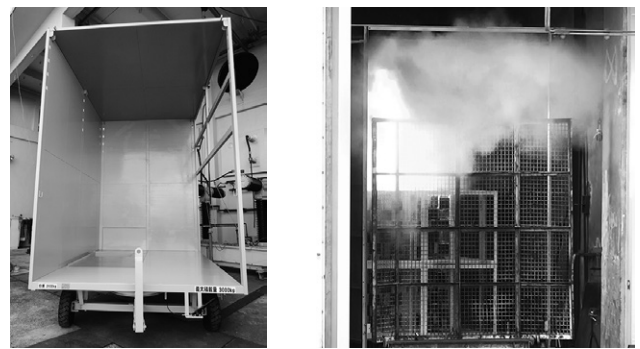
第5図 位相調整による進み小電流試験オシロ波形

比較のため実際の測定波形に60Hzの波形を重ねて表示しているが、回復電圧の立ち上がりは60Hz波形を上回り試験条件が成立している。

た電流を遮断させることで、遮断点を通常の90°あるいは270°から遅らせる方式を採用している。**第4図 (b)** に示す波形は、給与電圧倍率 $n = 1.07$ 倍、遅れ時間 $\Delta t = 1\text{ms}$ (18°) に設定した計算波形である。立ち上がりから60Hz基本波形の波高値に至るまで回復電圧条件を満足しており、かつ波高値を1.04倍に抑えることができる。**第5図** に位相調整による進み小電流試験オシロ波形を示す。実際の試験波形で、回復電圧の立ち上がりは60Hz波形を上回り、試験条件が成立している。

5 内部閃絡試験台車の導入

内部閃絡試験 (Internal arc test) は IEC 62271-



第6図 内部閃絡試験用台車と内部閃絡試験の様子

供試器のセッティングなどの準備作業を完了した状態で試験所に搬入されるため、準備時間の短縮を実現した。

200に規定された配電盤の必須試験項目で、海外向けの製品を中心に実施が増えている。試験内容は、配電盤などの内部事故を模擬した短絡を発生させ、噴き出したアークで盤の周囲に設置した布が燃えないことを確認できるものである。すなわち万一、人がその位置にいても負傷しないことを確認する。噴き出したアークが壁や天井から吹き返すことを模擬するため、天井・側面・後方の壁を設置することが規定されている。従来、試験ごとに天井と壁を仮設していたが、壁と天井を供えた試験台車を導入した。これにより、準備作業を軽減し速やかに試験を行える環境を整えた。**第6図** に内部閃絡試験用台車と内部閃絡試験の様子を示す。

6 むすび

当社は、変電機器の開発・性能検証の要として今後も大電力試験所を活用し、試験技術や設備の効率化・高度化を進め、機器の高性能化・信頼性向上に貢献していく所存である。

- ・本論文に記載されている会社名・製品名などは、それぞれの会社の商標又は登録商標である。

《参考文献》

(1) 木田順三, 中島昌俊, 合田豊, 菊池邦夫, 工藤喜悦, 石井博美, 松井芳彦, 松村年郎, 河村達雄「交流短時間大電流測定用標準分流器の開発と測定システムの検討」電気学会論文誌B, Vol.35, No.8, pp.1-8, 2015年

《執筆者紹介》



齋藤 仁
Hitoshi Saito
基盤技術研究所
真空遮断器の研究開発と短絡試験業務に従事



松井芳彦
Yoshihiko Matsui
基盤技術研究所
真空遮断器の研究開発と短絡試験業務に従事



中山明彦
Akihiko Nakayama
基盤技術研究所
真空遮断器の研究開発と短絡試験業務に従事



高橋哲仙
Tetsushi Takahashi
基盤技術研究所
真空遮断器の研究開発と短絡試験業務に従事