

受配電・開閉・制御機器コンポーネントを支える評価技術

Evaluation Technologies Supporting Electric Distribution, Switching and Control Devices

秦 淳一郎 HATA, Junichiro

野村 浩二 NOMURA, Koji

庄司 和樹 SHOJI, Kazuki

低圧から高圧まで、小電流から大電流までといった多種多様な仕様となる受配電・開閉・制御機器コンポーネントにおいて、市場の要求を満足する高い品質の製品を提供していくためには、開発工程においてさまざまな評価が必要となる。富士電機は、要素技術の評価、信頼性評価、ユーザ視点での評価、製品規格に基づく特性評価の四つの観点で、2014年12月に竣工したテクノラボを活用し、製品の信頼性向上と開発の効率化を可能としている。また、評価試験設備の充実を図り、低圧製品では日本で唯一のカスタマーラボ認定試験所としての認証を受けている。

Electric distribution, switching and control devices cover various specifications ranging from low voltage to high voltage and from small currents to large currents, and as such, various evaluations need to be made during the development process to ensure that high-quality products are offered that meet the needs of the market. Fuji Electric has been improving product reliability and development efficiency by making use of its Techno Lab, which was completed in December 2014, to carry out four types of evaluations, including evaluation of elemental technologies, evaluation of reliability, evaluation from the viewpoint of users and characteristic evaluation based on product standards. In addition, we are enhancing our evaluation testing facilities, and have received certification as Japan's only customer-lab accredited testing laboratory for low-voltage products.

1 まえがき

富士電機では、配線用遮断器や真空遮断器に代表される受配電機器、ならびに電磁開閉器やコマンドスイッチなどの開閉・制御機器をはじめとするさまざまな製品を取り扱っている。また、世界トップレベルの製品とするため、評価試験設備の充実を図り、低圧製品では日本で唯一のカスタマーラボ認定試験所としての認証を受けている。

本稿では、設備を効果的に活用し、お客さまの求める信頼性の高い製品を市場にタイムリーに提供するための評価技術について述べる。

2 評価による製品信頼性の向上

低圧から高圧まで、小電流から大電流までといった、多種多様な仕様の製品群を持つ富士電機では、それぞれにおける信頼性や耐久性能だけでなく遮断特性などの安全性について、市場の要求を満足する高い品質の製品を提供している。そのために、開発工程において次に示す四つの観点でさまざまな評価を行っている⁽¹⁾。

- (a) 製品の性能を決める因子を導き出し構造を検証する要素技術の評価
- (b) 使用環境を考慮した信頼性評価
- (c) 製品の使われ方を意識したユーザ視点での評価
- (d) IEC規格やUL規格に代表される製品規格に基づく特性評価

2.1 製品の評価技術の強化

新エネルギー用途やグローバル向けの新製品・新技術を効率よく創出するために、グローバルマザー開発拠点と位置付ける吹上地区に、平屋建て3,600m²の開発評価棟

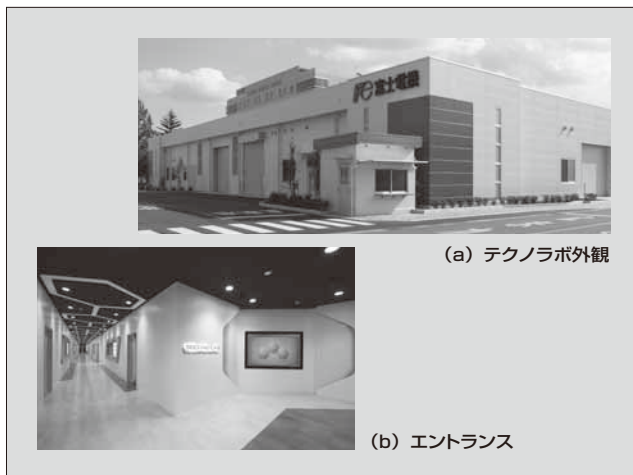


図1 テクノラボ外観およびエントランス

(TECHNO LAB: テクノラボ) を2014年12月に竣工した(図1)。チーム力をいっそう高めるため、開発設計部門、生産技術部門、品質保証部門が集結する建屋にテクノラボを隣接させた。さらに、評価設備の能力増強と評価の自動化を行い、製品の信頼性の向上と開発の効率化を可能としている。

また、先に運用しているショールーム(TECHNO WAVE FUKIAGE)から顧客をテクノラボに招き、試験エリアで運用している評価設備を紹介するとともに、実際の試作や試験の様子を通路やモニターから見学してもらっている。これにより、主要製品群と最先端技術を確認した上で、ものづくりの工程や評価過程の理解を深めることができ、顧客からの製品仕様や評価に対する要望を受ける場としている。

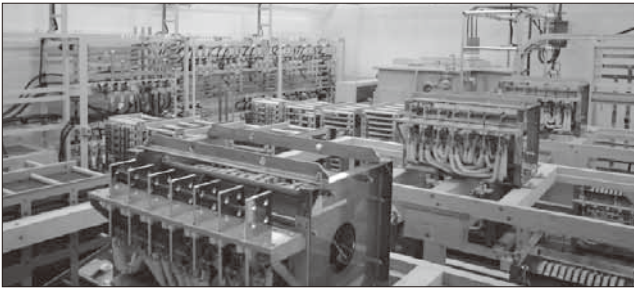


図2 直流高電圧 (DC1,500 V) に対応した遮断試験設備

2.2 製品ライフサイクル全体を考慮した評価の実現

テクノラボは、さまざまな開発工程の流れに即したレイアウトとしている。開発工程には、開発の初期段階におけるシミュレーションをはじめ、製品を構成する素材の新規開発から評価を行う材料研究、その選定材料を実際に活用したさまざまな試作品の製作、通常使用時や極限使用時における動作や性能の確認、実使用を考慮した長期の信頼性評価、さらには、事故を想定した安全性評価がある。

また、国内外の新エネルギー発電関連設備やデータセンター関連設備などで要求の高まっている、直流高電圧 (DC1,500 V) に対応した遮断試験設備 (図2)、ならびに実際の環境条件を模擬することが可能な自動試験装置の増強を行っている。さらに、高圧製品における基本特性、機械的耐久性、絶縁性能などの評価を一つのエリアで行うことができる。

前述のことから、市場の動向やニーズを的確に捉えた製品開発に貢献できる設備が集結しており、製品ライフサイクル全体を考慮した評価検証が実践できる。

3 評価の高度化

3.1 品質工学手法による製品最適化

実際の製品試作段階に移行する前の開発初期段階において、構成部品の形状や寸法などの設計で考慮すべき制御因子を明らかにするため、シミュレーションを活用した品質工学を適用している。適用事例として、真空バルブの構造最適化について述べる。

真空中で電極を開閉する真空バルブは、高圧真空遮断器 (VCB) における重要な部品の一つである。まず、バルブの真空中のアーク制御に必要な最適磁束密度の分布を得るために、シミュレーションを活用した品質工学におけるパラメータ設計を適用し、部品形状などの設計緒元を求めた。次に、試作品の磁束密度を測定し、シミュレーションの妥当性を確認した。真空中のアークの形態・挙動を可視化するためのアークチャンバを製作し、アーク挙動を高速ビデオカメラにて観測するとともに、電圧や電流などの電気的な特性を測定し、バルブの設計完成度を高めている。図3に、アークチャンバの外観および接点部の模擬図を示す。

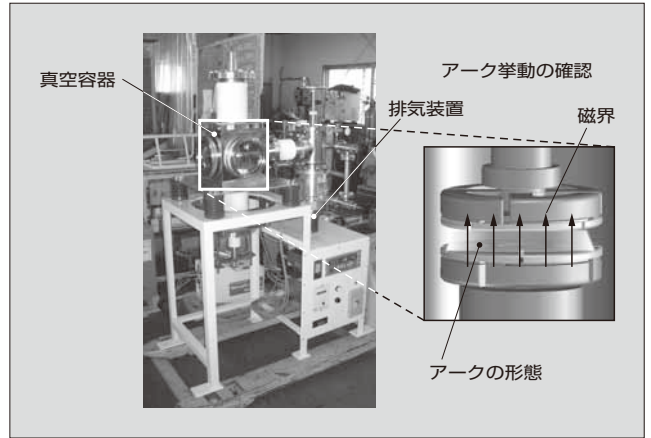


図3 アークチャンバの外観および接点部の模擬図

3.2 自動試験による長期信頼性の検証

IEC規格では、電磁接触器における従来の一般的な使用負荷種別として、電動機の直入れ (AC-3) とインチング (AC-4) が分類されている (図4)。

AC-3では、電動機の始動時に定格電流の6倍の突入電流が流れ、その後の定格電流を遮断できればよい。一方、AC-4では、電動機の始動時に流れる定格電流の6倍の突入電流を遮断する必要がある。

電磁接触器に関するIEC規格の見直し (試験電流の変更) の動きがあり、新たな規格にも対応できるように、テクノラボ設立に伴って電気的耐久性試験設備をリニューアルし、220 V、440 V、690 Vで定格電流9~800 Aの試験を可能とした。

また、設備のリニューアルに併せて、電圧や電流など電気的特性の波形自動取得装置を導入した。電磁接触器は、AC-3では100~200万回という長寿命が要求され、試験期間も1~2か月を要する。電気的耐久性試験中に記録した全ての開閉波形の中から不具合時の開閉波形を抽出し解析することで、原因の究明および対策につなげている。また、電気的耐久性試験中に取り込んだ波形から電磁接触器の接点消耗に影響するアークエネルギーなどの計算、および記録を自動化した。これにより、図5に示すように開閉

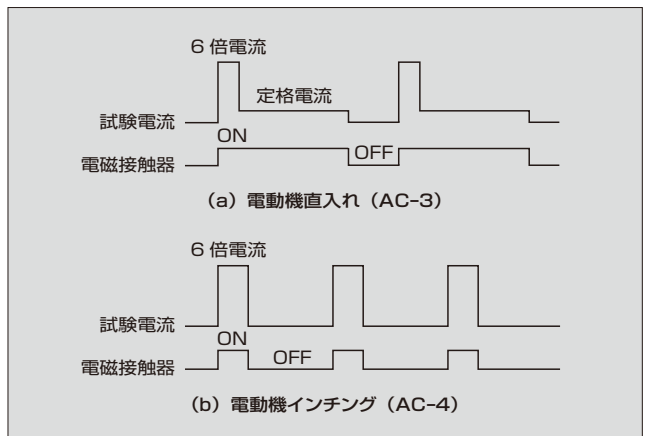


図4 電磁接触器の一般的な使用負荷種別

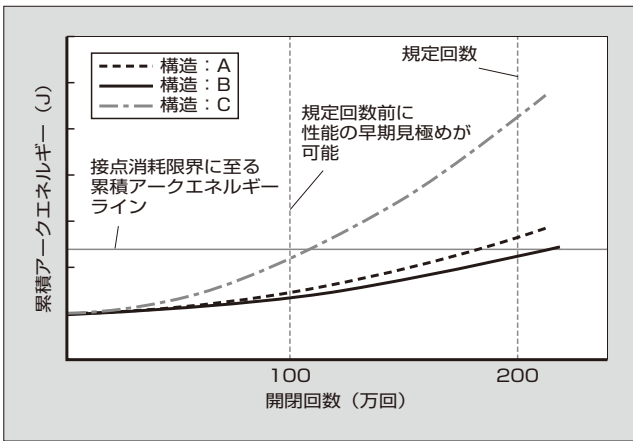


図5 電磁接触器 AC-3 (投入・遮断) の累積アークエネルギー

回数によるアークエネルギーの変化を捉え、製品の正常な開閉状態であるかどうかを確認することができ、性能検証の精度が向上した。また、波形自動取得装置の導入により、電気的耐久性試験中の異常発生の兆候を早期に見つけることができるようになった。さらに、形状など設計制御因子を振った条件での比較評価時には、電磁接触器の投入・遮断のデータと関連付けを行い、形状変更の有意差を明確化している。

波形自動取得装置を活用することにより、開閉の規定回数に至る前に、アークエネルギーのデータを基に接点の消耗による寿命を予測することが可能となり、電磁接触器における開発品の電気的耐久性や信頼性の向上を図っている。

3.3 加速評価の適用事例

電磁接触器の用途の一つに、エレベータなどに用いられている電磁ブレーキを作動させるコイルの開閉がある。

電磁ブレーキは、非常停止時を含めかごを所定の位置に停止し、保持する働きと、点検・修理のときにかごを保持する働きを持つ装置である。電磁接触器を実機の昇降機に搭載して行う開閉試験では、装置全体の発熱や機械的開閉などの限度により試験頻度を早めることが難しく、寿命試験に約6か月を要してしまう。そこで、開閉性能の評価を短期間に行う必要があり、次に述べる加速評価試験を実施した。

まず、実際の電磁ブレーキ用コイルを入手し、実機と同等の回路構成で、電圧と電流の波形を取得した。実際の電磁ブレーキは全波整流で電磁接触器を投入し、その後、半波整流に変わる制御を行うが、加速評価試験では全波整流のままの厳しい条件とした(図6)。実波形を基に、模擬負荷(リアクタンスおよび抵抗)にて、時定数、電流を合わせ込み、同等の回路条件を再現することで電磁接触器の性能検証を可能にした。

この代替評価試験により、実使用における開閉寿命の把握をした上で、模擬負荷であることから開閉頻度を実使用時より高くすることにより、期間として50%短縮となる3か月で完了し、顧客の求める製品を早期に提供すること

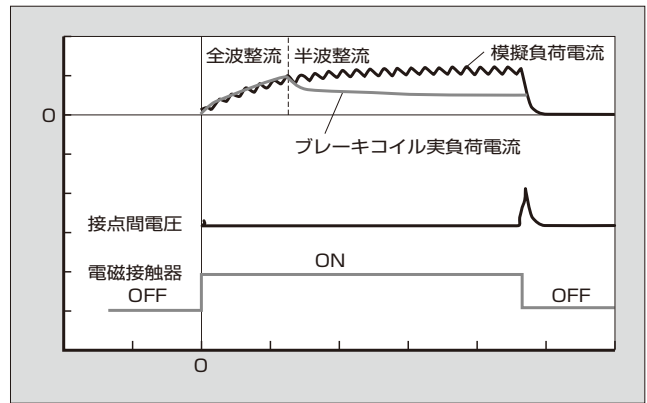


図6 実負荷と模擬負荷の波形比較

ができた。

3.4 規格認証取得における管理体制の確立

受配電・開閉・制御機器コンポーネントは、受配電盤や操作・制御盤および工作機械盤などさまざまな条件で使用されることから、多くの規格が関連している。

規格を満足した信頼性の高い製品をタイムリーに提供するためには、ISO 17025に準拠した管理と、IEC規格およびUL規格の要求試験を自社で実施できる試験体制を構築し、規格認証取得の短期間化を図る必要がある。

(1) ISO 17025に準拠した試験所の管理体制の確立

ISO 17025は、試験所および校正機関の能力に関する一般要求事項の国際標準規格である。この要求事項をベースとした、UL規格のCTDP(Client Test Data Program)制度に参加するために2011年に管理体制を確立している。

この管理体制に基づいて、現在開発中の「EXシリーズ」がIEC規格認証を受けるために、第三者機関であるTÜV(テュフラインランド)のCTF(顧客試験設備認定試験所)登録に取り組んだ。電気機器・部品適合性試験認証制度であるIECEE CB制度へのテクノラボの登録を完了し、2016年にはCBテストレポートが発行できる管理体制が整った(図7)。

これにより、規格認証取得までの期間が大幅に短縮可能になるとともに、今後の各機種の製品開発においても



図7 IEC EE CB スキーム登録認証書

IECEE CB 制度を適用した認証が可能となる。さらには、低圧製品では日本で唯一のカスタマーラボ認定試験所として TÜV に評価技術が認められたことにより、富士電機の評価技術の高さが裏付けられた。

IECEE CB 登録に向けた管理体制の確立のために、取り組んだ内容について述べる。

ISO 17025 に準拠した管理とするためには、試験所の管理体制を基準化する必要がある。既に構築している UL 規格に準拠した試験所の基準と共通化するため、12 件の個別管理基準書をまとめた。これらの基準書には、組織体系や試験業務フローから文書・記録、重要消耗品の管理（トレーサビリティ含む）、規格対応試験設備や計量器のリスト化、規格要求に基づく計量器認定校正が実現可能な手順に至るまで、さまざまな管理項目を明確に定めている。

さらには、規格に裏付けられた試験が誰でも正確にできるよう、機種ごとに次に示す試験手順書を作成し、ISO 17025 に準拠した試験所の管理体制を構築した。

- (a) IEC 60947-1（一般要求事項）
- (b) IEC 60947-2（配線用遮断器・漏電遮断器）
- (c) IEC 60947-3（開閉器・断路器）
- (d) IEC 60947-4-1（電磁開閉器）
- (e) IEC 60947-5-1（コマンドスイッチ・補助装置）

(2) 認定試験所としての維持と発展

今後は、年 1 回の認証機関による定期監査（アポイントメントラボ）を受けながら、認定試験所としての維持・発展を図っていく。今回は、ステージ II（WMT）での認証を受けたが、ステージ III（SMT）やステージ IV（RMT）へのバージョンアップを目指している（表 1）。

表 1 CB スキームの試験所の種類

ステージ	試験所の種類	正式名称	報告書受入れ方法	対応範囲
I	TMP	Testing at Manufacturer's Premises	CBTL (CB試験所) の人がメーカーの設備で試験を行う	主に計量器・設備の管理
II	WMT	Witnessed Manufacturer's Testing	CB 試験所の人 がメーカーで立会い試験を行う	ISO17025 に準じて管理 (管理・評価)
III	SMT	Supervised Manufacturer's Testing	国家認証機関の監督の下、メーカーの試験所で試験を行う	ISO17025 に準じて管理 (管理・評価)
IV	RMT	Recognized Manufacturer's Testing	ISO/IEC17025認定試験所での試験結果を受け入れる	ISO17025 に準じて管理 (管理・評価)

■: 今回認証

これからの市場動向とともに新技術を取り入れた新製品開発の推進が予想されるが、常に評価技術をレベルアップし、規格認定試験として認められる高信頼性評価技術を身につけていくことで、高度な認定試験所の実現を図っていく。

4 あとがき

本稿では、受配電・開閉・制御機器コンポーネントを支える評価技術について述べた。

今後は、これまで以上にお客さまのニーズに沿い、高信頼性と高品質の製品を市場にタイムリーに提供するため、現有設備をさらに効率良く運用して開発効率の向上を図っていく。また、評価技術者が積極的にお客さまと会話をすることにより、市場の声を収集し、それらを製品仕様や評価内容・基準に盛り込むことで、お客さまにとって安全・安心で、より使いやすい製品を目指した製品開発評価を行っていく所存である。

参考文献

- (1) 宮沢秀和ほか. 受配電・開閉・制御機器コンポーネントの製品評価. 富士電機技報. 2014, vol.87, no.3, p.206-210.



秦 淳一郎

受配電・開閉・制御機器コンポーネントの開発・評価に従事。現在、富士電機機器制御株式会社開発本部技術開発部課長。電気学会会員、電気設備学会会員。



野村 浩二

制御機器コンポーネントの開発・評価に従事。現在、富士電機機器制御株式会社開発本部技術開発部課長補佐。



庄司 和樹

電磁開閉器の開発・評価に従事。現在、富士電機機器制御株式会社開発本部技術開発部課長補佐。



*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。