支持受配电、开关、控制设备组件的评价技术

Evaluation Technologies Supporting Electric Distribution, Switching and Control Devices

秦　淳一郎 HATA, Junichiro　　野村　浩二 NOMURA, Koji　　庄司　和树 SHOJI, Kazuki

低压到高压、小电流到大电流的多种规格的受配电、开关、控制设备组件，为保证提供可满足市场要求的高品质产品，在开发过程中必须进行各种评价。富士电机从核心技术评价、可靠性评价、用户视角评价、基于产品规格的特性评价这四个角度出发，利用 2014 年 12 月竣工的技术实验室，实现了产品可靠性的提升和开发的高效化。另外，为了充实评价试验设备，在低压产品方面，还获得了日本唯一的客户实验室认证试验所资格。

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　引言

富士电机开发生产以塑壳式断路器、真空断路器为代表的受配电设备，以及电动机起动器、指令开关等开关、控制设备等各类产品。另外，为了制造世界顶级产品、充实评价试验设备，在低压产品方面，还获得了日本唯一的客户实验室认证试验所资格。

本文将对有效利用设备，及时向市场输送可满足客户要求的高可靠性产品提供保障的评价技术进行介绍。

2　通过评价提升产品的可靠性

拥有低压到高压、小电流到大电流的多种规格产品群的富士电机，不断向客户提供不仅可靠性和耐久性、分断特性等安全性也满足市场要求的高品质产品。为此，在开发阶段，我们从以下四个角度进行各种评价[1]。

(a)　明确产品性能因素，验证结构的核心技术评价
(b)　考虑到使用环境的可靠性评价
(c)　重视产品用户体验的用户视角评价
(d)　基于 IEC 标准、UL 标准等具有代表性的产品标准进行特性评价

2.1　产品评价技术的强化

为高效开发用于新能源以及面向全球的新产品和新技术，占地面积 3600 m^2 的平房结构的开发评价楼（TECHNO LAB：技术实验室）于 2014 年 12 月在被定位为全球总开发据点的吹上地区竣工（**图 1**）。为进一步提升团队力量，将技术实验室建在集结了开发设计部门、生产技术部门、品质保证部门的建筑物旁。并强化了评价设备的能力，推进了评价自动化，从而产品可靠性得到提升、开发实现高效化。

另外，我们还把参观完率先投入使用的展示厅（TECHNO WAVE FUKIAGE）的客户邀请到技术实验室，向他们介绍试验区使用的评价设备，同时，让客户从通道和监视器上观看实际的试制和试验情景。由此，让客户确认主要产品群和尖端技术，加深对富士电机制造工序和评价过程的理解，我们把这项工作视为了解客户对产品规格和评价要求的平台。

图 1　技术实验室外观和正门入口

2.2　实现考虑到产品整个生命周期的评价

技术实验室按各开发工序流程进行布局。开发工序包括：初期阶段仿真；构成产品素材的开发到材料评价研究；使用选材制作各种试制品；一般条件下使用和极限条件下使用时的动作和性能确认；考虑实际使用的长期可靠性评价；以及预想事故的安全性评价。

另外，还强化了针对日本国内外新能源发电相关设备和数据中心相关设备等所使用的、要求不断提高的直流高电压（DC1500 V）的分断试验设备（**图 2**），以及可模拟实际环境条件的自动试验装置。并且，还能在一个区域内对高压产

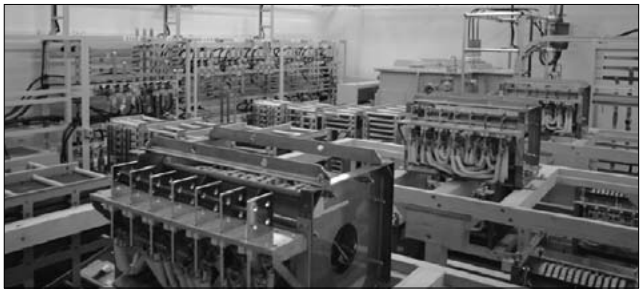

图 2　支持直流高电压（DC1500 V）的分断试验设备

品的基本特性——机械耐久性、绝缘性能等进行评价。

综上所述，技术实验室内集结了能为准确把握市场动向和需求的产品开发做贡献的设备，可在此实施考虑了产品整个生命周期的评价验证。

3　评价的高度化

3.1　利用品质工学手法优化产品

在进入实际产品试制阶段前的开发初期阶段，为了明确构成零部件的形状、尺寸等设计中应考虑的控制因素，我们运用了利用仿真技术的品质工学。作为实际事例，下面介绍真空阀的结构优化。

在真空中进行电极开关的真空阀是高压真空断路器（VCB）的重要零部件之一。首先，为获得阀门在真空中进行电弧控制所必需的最佳磁通密度分布，采用了利用仿真技术的品质工学中的参数设计，得到了零部件形状等设计要素。然后，测量试制品的磁通密度，确认仿真的妥当性。制作电弧室，以展现真空中电弧的形态和动作，使用高速摄像机观测电弧动作，同时测量电压、电流等电气特性，提高阀门的设计完成度。**图 3** 中展示了电弧室的外观和触头部的模拟图。

3.2　利用自动试验验证长期可靠性

在 IEC 标准中，交流接触器中传统一般使用的负载类别有电动机直接起动式（AC-3）和点动式（AC-4）（**图 4**）。

AC-3 在电动机起动时，会有 6 倍于额定电流的浪涌电流流过，只要能分断之后的额定电流即可。而 AC-4 必须在电动机起动时，对流过的 6 倍于额定电流的浪涌电流

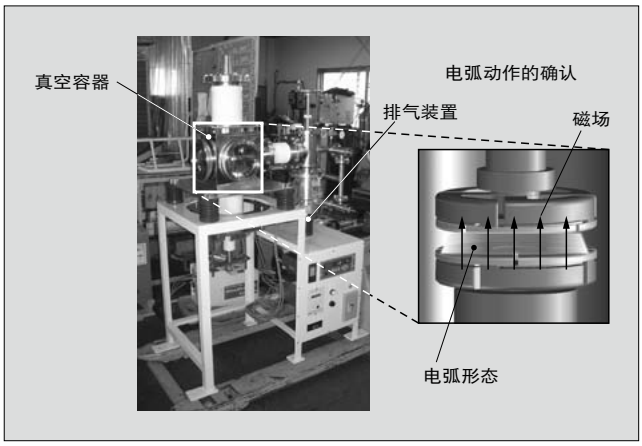

图 3　电弧室的外观和触头部的模拟图

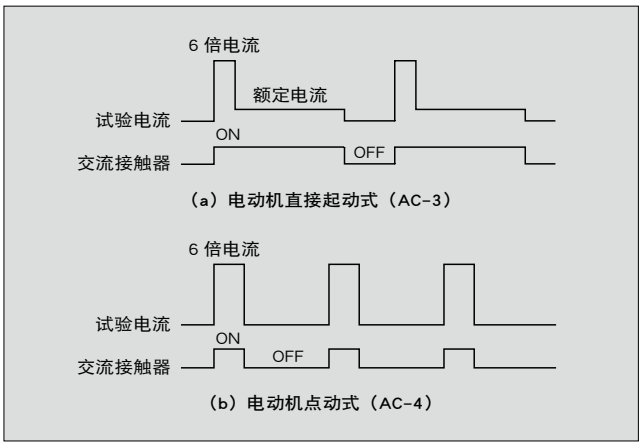

图 4　交流接触器的一般使用负载类别

进行分断。

交流接触器相关 IEC 标准有可能会调整（修改试验电流），为应对新标准，富士电机在设立技术实验室时，对电气耐久性的试验设备也进行了更新，现在可在 220 V、440 V、690 V 的电压下进行额定电流 9～800 A 的试验。

另外，更新设备时，还导入了电压、电流等电气特性波形的自动获取装置。AC-3 交流接触器要求具有 100～200 万次的长寿命，试验需要 1～2 个月。从电气耐久性试验记录的所有开关波形中提取故障时的开关波形并进行分析，可帮助查明原因、制定对策。另外，根据电气耐久性试验获取的波形，将影响交流接触器触头消耗的电弧能量等的计算和记录自动化。由此，如**图 5** 所示，捕捉到了开关次数导致的电弧能量的变化，可确认产品开关状态是否正常，提升了性能验证的精度。另外，由于波形自动获取装置的导入，可以尽早发现电气耐久性试验中异常发生的征兆。并且，使形状等设计控制因素发生变化，在此条件下进行比较评价时，还将其与交流接触器接通和分断时的数据相关联，明确了形状变更的有意差。

利用波形自动获取装置，就能在达到规定的开关次数前，基于电弧能量数据，预测触头消耗影响下的寿命，从而提升交流接触器新开发产品的电气耐久性能和可靠性。

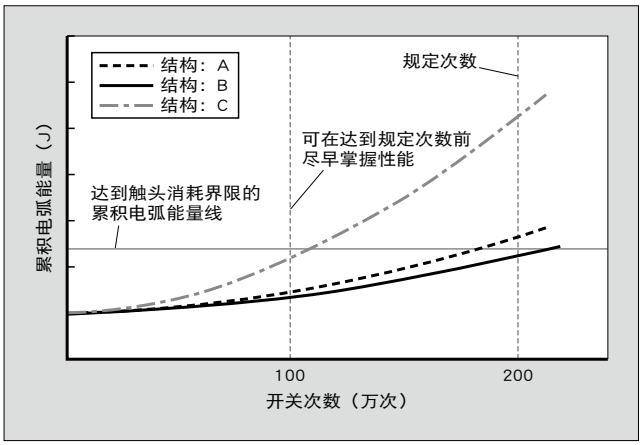

图 5　交流接触器 AC-3（接通和分断）的累积电弧能量

3.3 加速评价的适用事例

对电梯等使用的电磁制动器的线圈进行开关控制，是交流接触器的用途之一。

电磁制动器是包括在紧急停止时，让轿厢停止在指定位置并保持不动，以及在检查和修理时保持轿厢不动的装置。在实际的升降机上搭载交流接触器进行开关试验，由于装置整体的发热和机械开关等的限度，难以加快试验频率，寿命试验需约 6 个月时间。因此，必须在短期内完成开关性能的评价，所以富士电机实施了以下的加速评价试验。

首先，获取实际的电磁制动器用线圈，以和实机相同的电路构成，获取电压和电流波形。实际的电磁制动器在全波整流状态下接通交流接触器，之后通过控制转变为半波整流，但加速评价试验是在始终维持全波整流的严苛条件下实施的（**图 6**）。基于实际波形，通过用模拟负载（电抗和电阻）调整时间常数和电流，再现相同的电路条件，实现了对交流接触器的性能验证。

利用这一替代评价试验，把握了实际使用时的开关寿命，且因使用的是模拟负载，开关频率比实际使用时更高，使得试验时间缩短了 50%，仅 3 个月就完成了试验，成功尽早提供了客户要求的产品。

3.4 确立管理体制，获得标准认证

受配电、开关、控制设备组件，被用于受配电柜、操作和控制柜以及机床柜等各种环境下，因此与多种标准密切相关。

为及时提供符合标准的高可靠性产品，必须按照 ISO 17025 进行管理，并构建可由公司自主实施 IEC 标准和 UL 标准所要求试验的试验体制，力求在短期内获得标准的认证。

(1) 确立符合 ISO 17025 的试验所管理体制

ISO 17025 是就试验所和校正机构能力的一般要求事项进行规定的国际标准。为参加以其中的要求事项为基础的 UL 标准的 CTDP（Client Test Data Program）制度，富士电机在 2011 年确立了相应的管理体制。

基于这一管理体制，使目前开发中的“EX 系列”获得 IEC 标准认证，注册了第三方机构 TÜV（德国莱茵集团）的 CTF（客户试验设备认证实验室）。技术实验室则注册了电气设备、零部件符合性试验认证制度 IECEE CB 制度，2016 年完善了可发行 CB 测试报告的管理体制（**图 7**）。

由此，可大幅缩短获取标准认证所需的时间，同时今后在开发各机种产品时，可依据 IECEE CB 制度获取认证。并且，在低压产品方面，作为日本唯一的客户实验室认证试验所，评价技术得到 TÜV 的认可，证明了富士电机所拥有的高度评价技术。

下面介绍为确立注册 IECEE CB 所需的管理体制而采取的措施。

要符合 ISO 17025 的管理要求，必须实现试验所管理体制的标准化。为实现与已构建的符合 UL 标准的试验所标准通用，富士电机总结整理了 12 份个别管理标准。这些标准对各管理项目作出明确的规定，如组织体系 / 试验业务流程、文件和记录 / 重要消耗品的管理（包含可追溯性）、标准应对试验设备和测量仪器清单，及可基于标准要求实现测量仪器认证校正的步骤。

为确保任何人都能根据标准正确进行试验，制定了各机种的试验步骤指南，构建了符合 ISO 17025 的试验所管理体制。

(a) IEC 60947-1（一般要求事项）
(b) IEC 60947-2（塑壳式断路器、漏电断路器）
(c) IEC 60947-3（开关、隔离开关）
(d) IEC 60947-4-1（电动机起动器）
(e) IEC 60947-5-1（指令开关、辅助装置）

图 7 IECEE CB 体系注册认证书

表 1 CB 体系中试验所的种类

级别	试验所的种类	正式名称	报告的获得方法	应对范围
I	TMP	Testing at Manufacturer's Premises	CBTL（CB 试验所）的人员用制造商的设备进行试验	主要是测量仪器、设备的管理
II	WMT	Witnessed Manufacturer's Testing	CB 试验所的人员在制造商的场地现场审核试验	依据 ISO 17025 进行管理（管理和评价）
III	SMT	Supervised Manufacturer's Testing	在国家认证机构的监督下，于制造商的试验所进行试验	依据 ISO 17025 进行管理（管理和评价）
IV	RMT	Recognized Manufacturer's Testing	采用 ISO/IEC 17025 认证试验所的试验结果	依据 ISO 17025 进行管理（管理和评价）

□：此次获得的认证

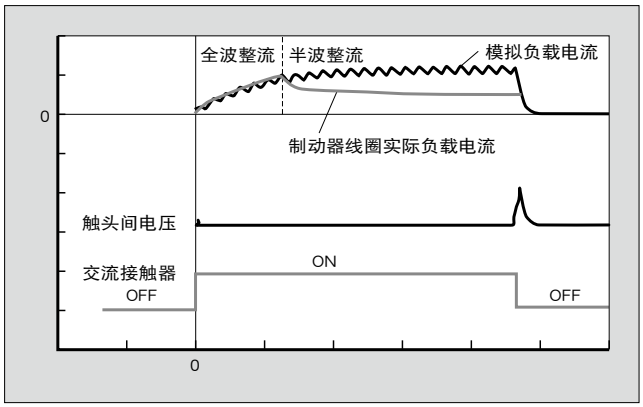

图 6 实际负载与模拟负载的波形比较

⑵ 认证试验所的维持和发展

今后，将每年接受认证机构的定期审查（指定实验室）1 次，维持认证试验所的资格并实现进一步发展。此次得到了 II 级（WMT）认证，但今后将力争逐渐向 III 级（SMT）、IV级（RMT）升级（**表 1**）。

富士电机将在把握市场动向的同时引进新技术，继续推进新产品的开发，还将不断提升评价技术，掌握满足标准认证试验要求的高度可靠的评价技术，努力成长为高水平的认证试验所。

4 后记

本文对支持受配电、开关、控制设备组件的评价技术进行了介绍。

今后，为了进一步满足客户的需求，向市场及时提供高可靠性和高品质的产品，富士电机将更加高效地运用现有设备，提高开发效率。另外，进行评价的技术人员还将与客户积极交流，收集市场的声音，并反映到产品规格和评价内容、标准中，制造对客户而言安全、安心且使用起来更加方便的产品，以此为目标开展产品开发评价工作。

参考文献

⑴ 宫沢秀和等. 受配电、开关、控制设备组件的产品评价. 富士电机技报. 2014, vol.C6, no.4, p.197-201.

秦 淳一郎

从事受配电、开关、控制设备组件的开发和评价。现为富士电机机器制御株式会社开发本部技术开发部课长。电气学会会员、电气设备学会会员。

野村 浩二

从事控制设备组件的开发和评价。现为富士电机机器制御株式会社开发本部技术开发部课长助理。

庄司 和树

从事电动机起动器的开发和评价。现为富士电机机器制御株式会社开发本部技术开发部课长助理。

富士电机

Fuji Electric

＊本刊记载的公司名称及产品，有可能是各相关公司的商标或注册商标。