数据中心用高压柜的小型化

Compact Medium-Voltage Switchgear for Data Centers

岩本 启 IWAMOTO, Satoshi　藤本 义雄 FUJIMOTO, Yoshio　大田 博 OTA, Hiroshi

2005 年左右开始增加的数据中心，因大多建在城市近郊，所以要求所安装的电气设备小型化和节省空间。在此背景下，富士电机开发出了一种数据中心用小型高压柜，宽 900mm、进深 900mm，正面维护型，背面无需维护空间。在进行小型化设计时，将真空断路器（VCB）固定框架（托架）的功能纳入高压柜侧，实现了一体化。同时，采用最佳规格的变流器（CT），减小了 CT 尺寸。因此，包括 UPS 等在内的整体设备的安装面积缩小至原来的约 70%。

Data centers that have been flourishing since around 2005 are often built near urban areas, there is therefore a need to be compact and space saving of electrical equipment installed. From above background, we have released a compact medium-voltage Switchgear for data centers that is 900 mm wide and 900 mm deep while maintaining the front maintenance type and does not require maintenance space on the back side. For downsizing, the function of the vacuum circuit-breaker (VCB) fixed frame (Cradle) was integrated into the Switchgear side. In addition, a current transformer (CT) with optimal specifications was adopted and performed down size of the CT. As a result, the installation area of total equipment including UPS has been reduced to about 70% compared to the previous model.

1 引言

从 2005 年左右开始急剧增加的数据中心，基于“即使发生故障也可迅速恢复”、“接近互联网交换中心，可进行高速通信”的理由，在城市近郊大量兴建。但是，无法确保足够安装面积的情况目前仍然存在。

这就要求安装在数据中心内的电气设备小型化，从而节省安装面积和空间。

其中，可紧凑配置的正面维护型配电柜成为主流。

在此背景下，富士电机针对数据中心开发了小型、正面维护型高压柜，并将其产品化。

2 系统结构与产品概要

数据中心的高压受配电系统有各种各样的方式。例如，**图 1** 所示为仅由真空断路器（VCB：Vacuum Circuit-Breaker）构成的方式（在此称为系统 A），以及仅将电源切换部分设为断路器（DS：Disconnect Switch），其他设为 VCB 结构的方式（在此称为系统 B）这两种方式。在系统 A 中，使用了开关操作简单且可以从配电柜中拉出 VCB 来替代 DS。因 VCB 可从配电柜中拉出检查，所以维护和发生事故时的修复简单。

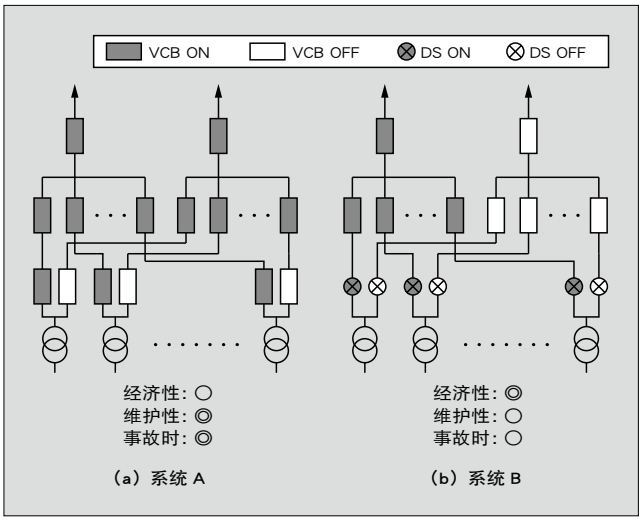


图 1　数据中心受配电柜系统比较

图 2 所示的结构示例由高压系统回路、不间断电源切换系统回路和低压系统回路构成。其中，高压系统回路采用系统 A，通常由高压受电柜、高压馈电柜和输入变压器柜构成。

面向数据中心生产的高压馈电柜产品的外观如**图 3** 所示，内部正视图如**图 4** 所示，主要规格如**表 1** 所示。

图 3 及**图 4** 所示的高压馈电柜装有两层 VCB。另外，控制回路所需的设备集中配置在柜门上。

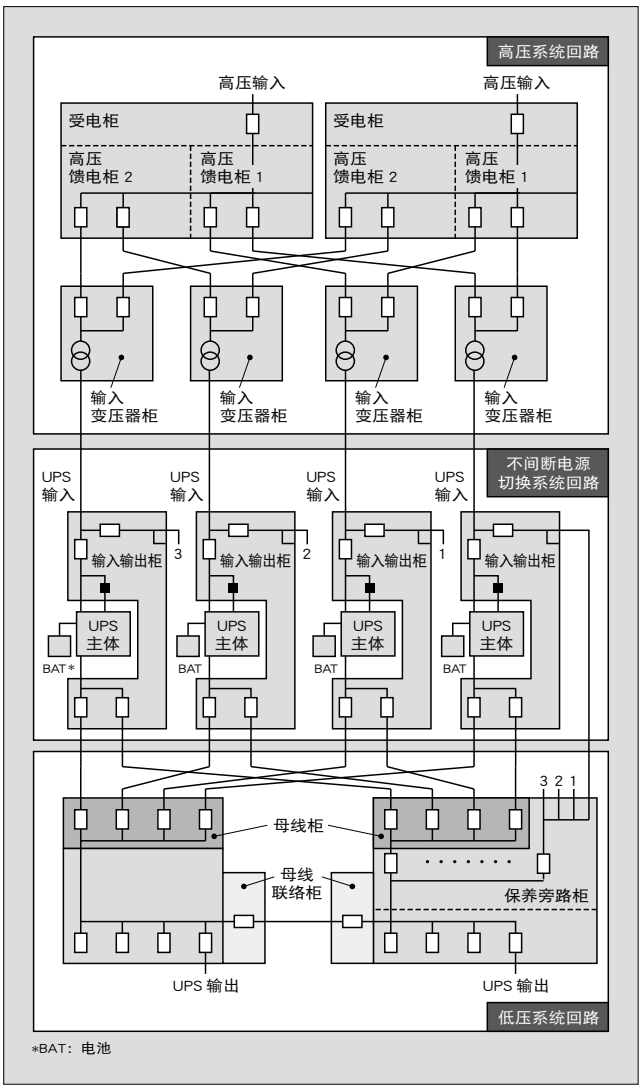


图 2　数据中心用系统示例

表 1　高压馈电柜额定规格

项目		规格
适用标准		JEM 1425-CW
设置环境		室 内
额定电压		3.6/7.2 kV
额定频率		50/60 Hz
额定母线电流		600 A
额定短时耐受电流		20 kA/1 秒
额定耐受电压值	商用频率	22 kV
	雷电冲击	60 kV
保护等级		IP2X*
外形尺寸 W×D×H（mm）		900×900×2300
真空断路器（VCB）		电动弹簧操作方式
变流器（CT）	变流比	100-150-300/1 A （3 分接头）
	额定负担	5 VA

*IP2X：表示“防尘等级 2、无防水等级”。也称为“手指安全保护”，是指人的手指无法进入的保护等级。

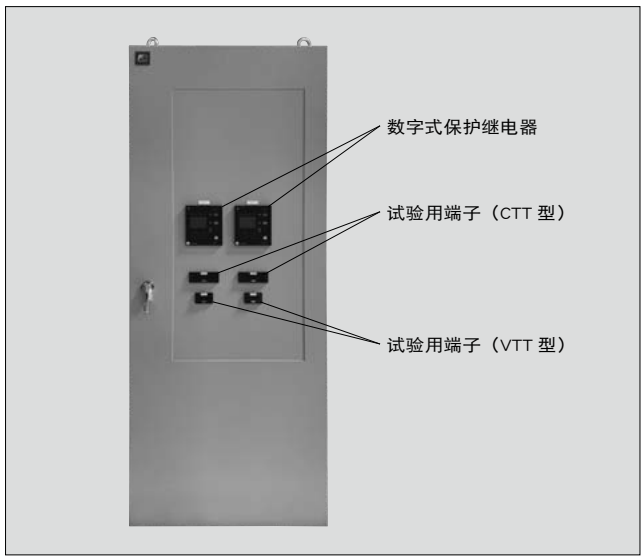


图 3　高压馈电柜的外观

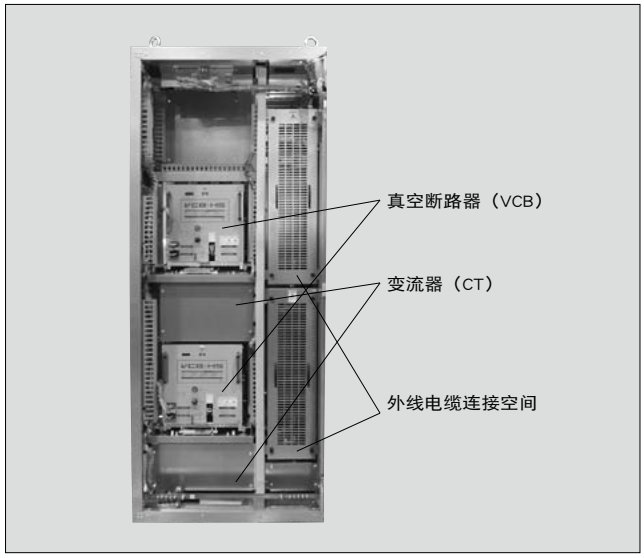


图 4　高压馈电柜的内部正面图

3　小型化

通过使高压柜小型化，节省了设备整体的安装面积。采用正面维护型结构，为将其收纳在与并列式不间断电源装置（UPS：Uninterruptible Power System）相同的进深尺寸内，采取了以下措施：

(a)　通过将 VCB 固定框架（托架）的功能纳入高压柜形成一体化，使内部结构部件（VCB 收纳单元）小型化

(b)　生产并使用数据中心用最佳规格变流器（CT：Current Transformer），从而实现小型化

3.1　整体设备安装面积的省空间化

高压柜产品采用了可在正面进行维护作业的结构。传统高压柜背面需要作业空间，因此会增加电气室内的安装面积。新开发的高压柜无需传统高压柜所需的背面作业空间，可配置于墙面。另外，与 UPS 并列的输入变压器柜也实现小型

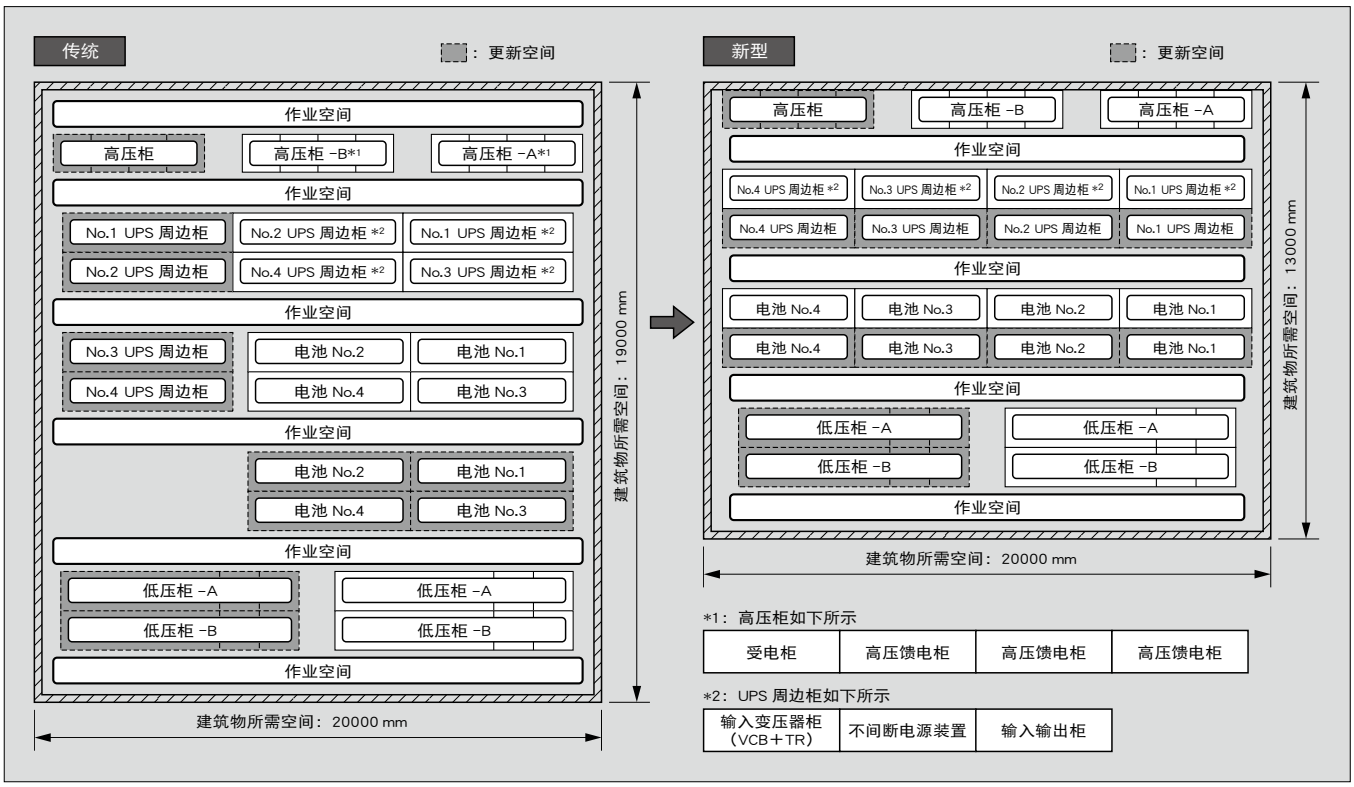


图 5　电气室高压柜安装示例

化宽 900 mm、进深 900 mm。采取与 UPS 相同的进深尺寸，可并列配置。另外，因无需背面作业，所以可以背靠背配置。由此，可将配电柜集中配置，布局制约变少，可以集中连接配电柜的外部电缆。此外，在针对数据中心使用时，为了在不停止供电的情况下更新配电柜，还需要相应空间。因此，考虑到上述情况，与传统产品的安装面积相比，如**图 5** 的电气室高压柜安装示例所示，包括 UPS 在内的整体设备的安装面积与本公司传统产品相比缩小了约 70%。

3．2　高压柜的小型化

⑴　VCB 收纳单元的小型化

一般来说，拉出型 VCB 由主体和托架组合而成。

如**图 6** 所示，通过将托架的拉出 VCB 功能和断路功能纳入高压柜进行一体化，使高压柜的尺寸从宽 1100 mm × 进深 1500 mm 缩小至宽 900 mm × 进深 900 mm。

⑵　变流器（CT）的小型化

迄今为止，不限定领域、可支持大规模设备容量的 CT 开始得到应用。为应对各种变流比，要确保外形尺寸，以便设置一次电流为 2000 A 的 CT。这样，就无法实现小型化。

在此，分析交货实绩可知，数据中心的受配电系统中 550 kVA、1000 kVA、2000 kVA 的变压器较多，将一次电流分为适合 UPS 容量的 100 A、150 A、300 A 三种。另外，因 CT 的二次端所连设备的性能得到了飞跃性提高，CT 的负担减少。因此，将规格调整为二次电流 1 A、额定负担 5 VA，实现了 CT 的小型化。此外，如**图 7** 所示，分接头采用了切换结构，以便支持多个一次电流额定值。

作为 CT 的可选规格，也准备了二次电流为 5 A、额定负担为 10 VA、一次电流可根据规格选择电流值的 CT，可

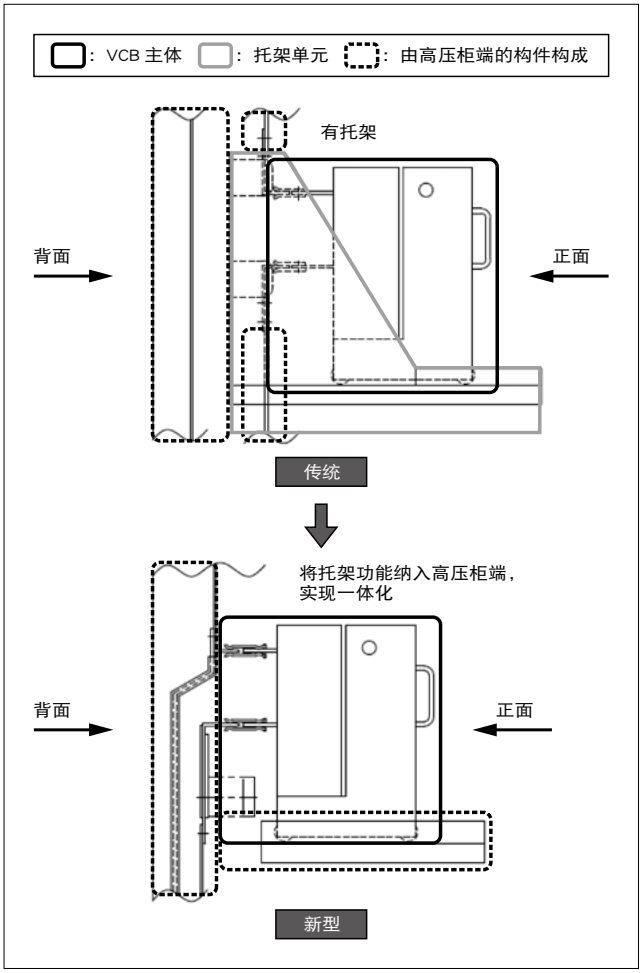
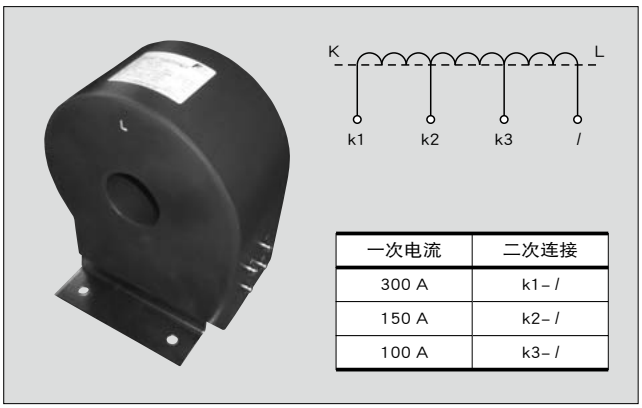


图 6　真空断路器收纳单元结构的比较（侧面图）



一次电流	二次连接
300 A	k1–/
150 A	k2–/
100 A	k3–/

图 7　变流器

灵活地应对客户的规格。

(3) 支持轻松连接外部电缆

小型化后，高压柜内外部电缆的连接作业就会变困难。

用于连接电缆的空间和安装 VCB 空间通过设置在高压柜宽度方向中央的支柱进行分割。通过改变支柱的配置，让手臂可以伸入作业，因此可轻松地进行外部电缆的连接作业。

3.3　耐震性能

自 2011 年发生东日本大地震之后，人们要求电气产品应具备高耐震性能。

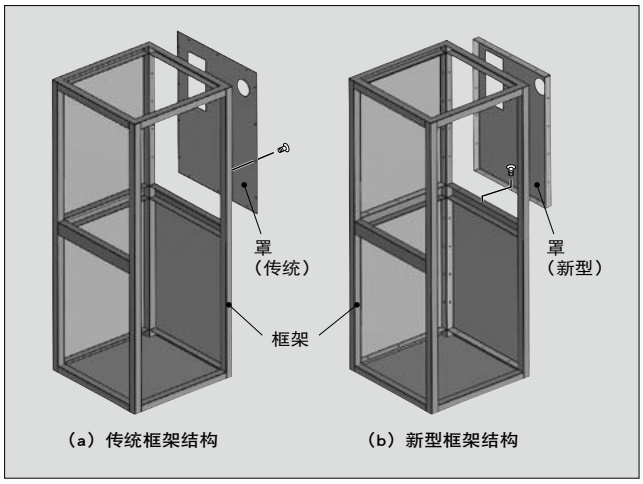


图 8　框架结构比较

另一方面，如果进行小型化，特别是缩小进深尺寸，则对水平地震力的刚性可能会变弱。

因此，通过采用如**图 8** 所示的壳体结构，即可兼顾强度及柜内空间。在传统型结构中，因从水平方向用螺栓将板状罩固定在框架上，故应力会集中在螺栓上。而新型结构则将罩做成箱状，刚性得以提高。而且，固定时让罩和梁进行面接触，从而避免了应力集中。

根据配电柜、控制柜耐震设计指南（JEM-TR144：2017），使用实机进行了正弦 3 波振动试验。此外，还进行了再现过去发生的地震“埃尔森特罗 El Centro 地震波：最大 0.3 G、3 轴同时”、“兵库县南部地震波：最大 0.6 G、3 轴同时”、“东日本大地震地震波：最大 1.5 G、3 轴同时”的振动试验。结果表明，它可满足设计用标准烈度 2.0 的耐震性能，具有足够的性能以应对过去发生的地震。

4　后记

本文对数据中心用高压柜的小型化进行了论述。

今后我们仍将根据客户的需求，继续开发可靠性和安全性更高的产品。

岩本　　启

从事配电柜的开发及企划。现就职于富士电机株式会社电力电子系统能源事业本部工程统括部工厂系统中心柜系统技术部。

藤本　义雄

从事配电柜的设计。现为富士电机株式会社电力电子系统能源事业本部神户工厂电气电源装置部课长助理。

大田　　博

从事配电柜的设计。现为富士电机株式会社电力电子系统能源事业本部神户工厂电气电源装置部课长助理。

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。