现状与展望

有助于电力稳定供应和优化的能源解决方案的现状与展望

Energy Solutions Contributing to Stable and Optimal Power Supply

森本　正博　MORIMOTO, Masahiro　　松本　康　MATSUMOTO, Yasushi

1　引言

随着能源供需环境的变化以及社会基础设施和产业系统的升级，电力的稳定供应和工厂、设施中设备的稳定运行，以及节能需求不断增加。同时，在设备管理人才不足的背景下，要求在设备维护等售后服务中利用 IoT（Internet of Things）进行可视化和优化。经济增长显著的东南亚对社会基础设施和工厂的投资正在增加，电力供应的稳定化和高效化成为课题。

富士电机将变压器、配电柜、不间断电源装置（UPS：Uninterruptible Power System）等重要组件和能源管理等系统进行组合，提供包括安装工程、维护服务等在内的一整套电气设备解决方案。

图 1 所示为富士电机的电力电子系统能源事业概况。在变压器、配电柜、UPS 等组件上组合使用了测量与控制设备，受配电与开关及控制设备、电力电子设备的控制系统，推进系统业务的强化。本文对有助于电力稳定供应和优化的能源解决方案的现状和展望进行论述。

2　支撑强大组件的技术

2.1　变电技术

变压器和开关装置等变电设备在电力系统中是核心设备。在全球范围内，随着新电力系统建设在东南亚、中东、非洲各国的推进，变电设备有望迎来旺盛的需求。在日本国内，东日本大地震之后，企业和个人开始致力于节电，电力需求的增长呈减缓趋势。另一方面，变压器使用 40 年以上，开关装置使用 30 年以上的设备约占半数，因此预计需要更新。

图 2 所示为使用了变电技术的产品。富士电机开发了以源于植物的棕榈油脂肪酸酯代替未来可能会枯竭的石油类矿物油作为绝缘、冷却介质的棕榈油脂肪酸酯绝缘油变压器，以及使用干燥空气代替在万一泄漏时会导致地球变暖的 SF6 气体作为绝缘介质的箱式空气绝缘开关装置（C-GIS）等环保型产品，均有着 10 年以上的交货实绩。并且，积极采用了耐震性能比传统陶瓷套管大幅提高的变压器用 275 kV 聚合物套管及可缩短现场组装工期的变压器用 275 kV 电缆的滑动连接等新技术。

国内外有关提高设备可靠性、小型化等的需求高涨，富士电机正在致力于提高应对这些需求的分析技术。

2.2　设施电源技术

金融中的虚拟货币和智能支付、汽车的自动驾驶与电气化、所有物品连接至互联网的 IoT、使用了人工智能（AI）的大数据分析等呈爆炸式增长。与此同时，以超级云供应商为首的数据中心（DC(*1)）运营商的投资也愈发活跃。在新建的 DC 中，设备的超大型化在全球范围内快速推进。

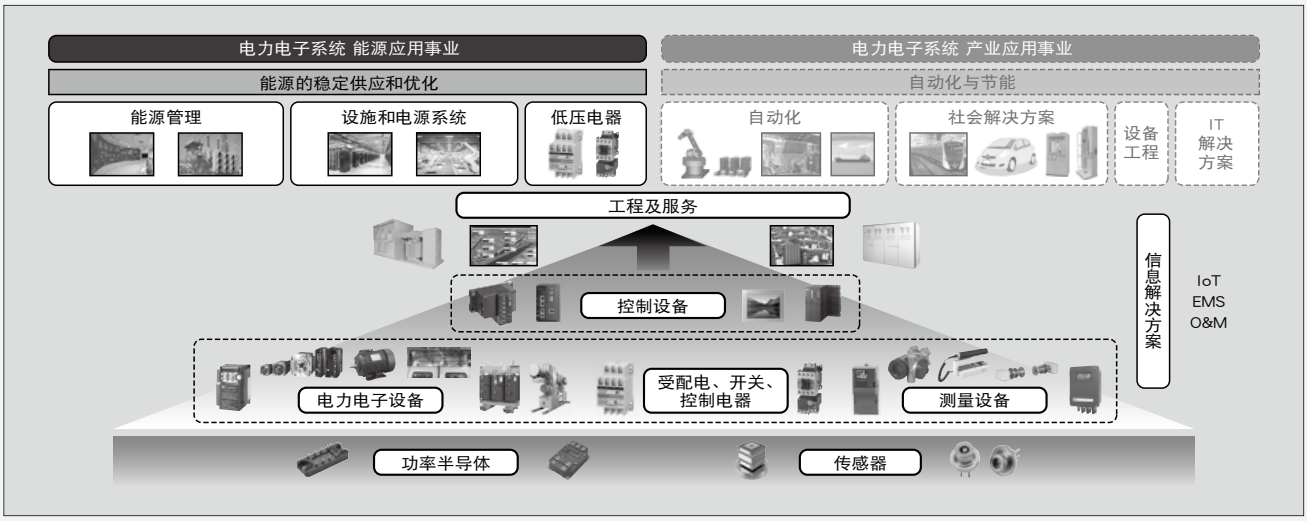

图 1　富士电机的电力电子系统能源业务概况

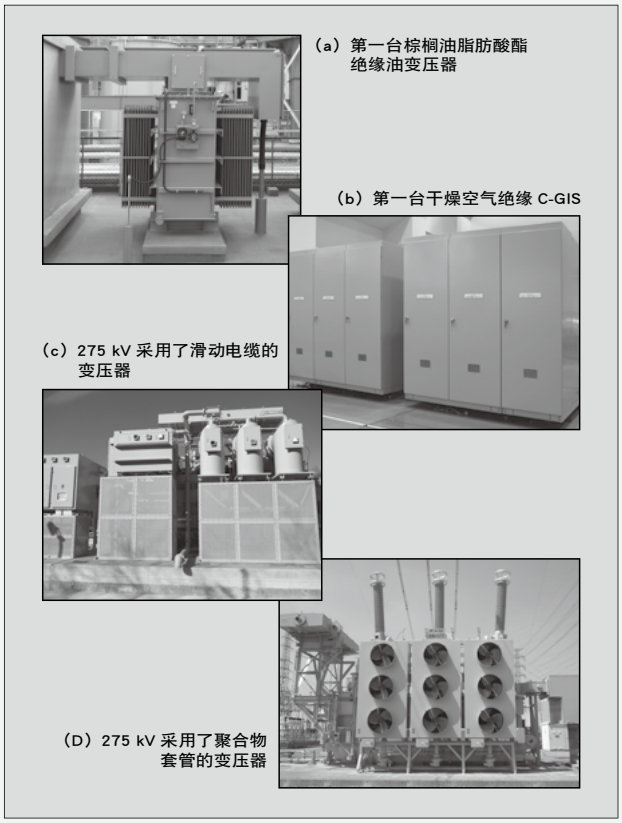

图 2　使用了变电技术的产品

UPS，则是支持 DC 可用性的重要设备之一。随着 DC 的大型化，电量消耗变得巨大。因此，要求 UPS 具有高效率。为实现 UPS 的高效化，富士电机采用了“低损耗 SiC（碳化硅）器件(*2)”、“A-NPC（Advanced Neutral-Point-Clamped）三电平转换电路(*3)”和“常时商用供电方式(*4)”。此外，为了让由多台构成的 UPS 能够以最佳的效率运行，在最新的 UPS 上搭载了可进行自动运行控制的台数控制功能（参照 184 页“用于超大规模数据中心的 UPS”）。

为应对设备的大容量化和可用性，生产出了模块型 UPS“UPS7400 WX 系列”产品（**图 3**）。与原有的最大单机容量 500 kVA 相比，新单机容量扩大至 1000 kVA。因采用了模块结构，即使部分模块发生故障，也能继续运行，可用性得到提高。

UPS 的备用电源也在积极采用比传统铅蓄电池体积更小的锂离子电池。希望电气设备小型化并确保服务器安装空间的 DC 用户，正在引进锂离子电池。

DC 领域今后仍计划针对服务器的高密度化、设备的大型化，投入支持更大容量的产品（参照 188 页“带有常时商用供电方式和台数控制功能的高效 UPS ‘UPS7000HX-T4’”）。

图 3　“UPS7400WX 系列”

配电柜在日本国内市场虽然已经成熟，但年增长率仍达到了 1.5%(1)。为削减 CO_2 排放量，正在朝风力发电和太阳能发电等可再生能源转换，而该领域对低压柜的需求较多。而且，我们预测作为 IoT 基础设施之一的 DC 市场仍然会增长，高压柜的需求也在增加。

配电柜在东南亚保持着 4.7% 的高增长率(1)。在配电柜方面，维护人员的安全一直都得到高度重视，要求采用在关闭正面柜门的情况下，具备可从门外将真空断路器（VCB：Vacuum Circuit-Breaker）移动至运行位置的、具备外部操作功能的金属包层型开关设备等。

最近，对设备运行和人身安全要求越来越高，在断路单元的充电单元保护中须采用金属开闭器，指定设备运行持续性的分级等。另外，柜内短路时电弧产生的热气体，在传统技术中通常是通过管道排放至外部的。但是，最近要求将热气体冷却至安全温度后再排放。针对这一要求，开始提供**图 4 (a)**所示取得了 IEC 标准认证的产品。

DC 等通常安装在难以确保空间的城市地区，因此总体上要求缩小安装面积。针对这一要求，开发了**图 4 (b)**所示的正面维护型小型高压柜，安装面积比传统产品缩小到约 70%（参照 180 页“数据中心用高压柜的小型化”）。

今后，除致力于国内外用高压柜小型化外，还将推进无焊接化和无电镀化，提供追求 3R（减少使用、可再利用、循环使用）的低环境负荷的配电柜。

2. 3　设备维护技术

随着 IoT 的发展，可以收集到以前无法收集的数据。此外，使用了基于收集数据分析和 AI 新型分析的智能维

(*1) 数据中心 (DC)
专门用于互联网用服务器、数据通信，以及安装和运营固定、移动和 IP 电话等装置的建筑物的总称。

(*2) SiC 器件
SiC 器件是由 Si（硅）和碳化合物构成的宽带隙半导体。作为功率器件具有绝缘耐压和热导率高等优异的特性，因此可实现高耐压、低损耗、高温工作。

(*3) 三电平转换电路
大幅度降低包括电源和变频器在内的电力转换装置功耗的多电平转换电路之一。

(*4) 常时商用供电方式
商用电源正常时，给连接商用电源的设备直接供电，停电时，利用变频器将电池电力从直流转换为交流，给连接的设备供电。

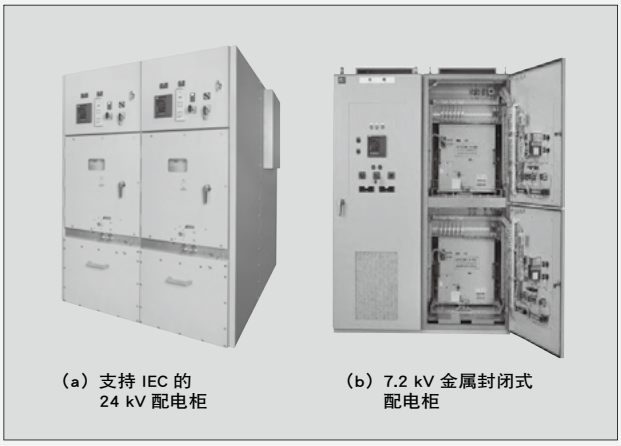

图 4　支持 IEC 的配电柜和小型化配电柜

护[2]也已经开始启用。

一直以来，富士电机都作为制造商，从客户处接受委托，以现场服务方式对交付的产品提供维护。除像以前一样进行设备维护和故障排除之外，对整体设备管理的支持服务也非常重要。

设备管理业务从维护战略和计划的制定开始，涉及维护的实施、维护数据管理、设备管理以及维护人员的教育训练等诸多方面。这种为客户提供的设备管理业务相关的服务，被称为“设备管理整体服务”。

设备管理整体服务构建在**图 5** 所示的 O&M（Operation & Maintenance）服务平台上。O&M 服务平台具有支持 ISO 18435（O&M 整合模型）定义的运行管理业务、维护管理业务、分析管理业务的功能。可整合、分析运行管理收集的运行信息和维护管理收集的维护信息。通过将其结果反映到运行和维护计划中，有助于设备的平稳运行和降低设备维护费用（参照 196 页“支持设备维护优化的‘设备管理整体服务’”）。

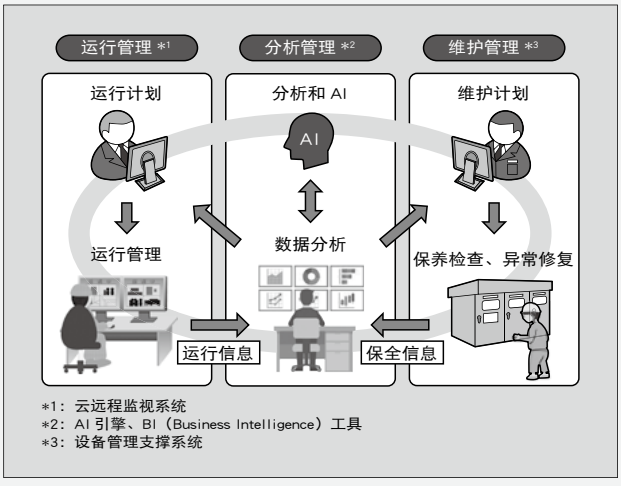

图 5　O&M 服务平台的功能结构

另外，通过引进远程监视系统，与引进前相比，可以缩短从检测到异常到完成恢复所需的时间。

3　能源系统解决方案

3.1　电源设备的一站式解决方案

富士电机通过把握**表 1** 所示电源设备的大趋势，向客户提出最佳解决方案。毋庸置疑，其中非常重要的就是进行稳定电力供给所需的冗余化。随着全球经济的加速，全产业的繁荣与衰退商业周期缩短，需要适应经济动向的灵活而及时的设备扩展性。另外，预算管理、设计调整、施工调整、交货期管理等建设管理的省人化和维护检查实现了一站式服务，因为可以进行统一设备订货，设备投资到运营的效率得以提高。

随着 DC 的大型化，除优质、高可靠性外，竣工时无需安装所有装置，可根据需求增长而增加装置。半导体工厂要求在运营中也可进行扩展和维护，需要在保持优质的同时确保安全。另外，在组装工厂，兼顾经济性和业务持续计划（BCP：Business Continuity Plan[*5]）也很重要。

因统计技术人员人手不足等原因，越来越多的客户不像以前那样按设备进行细分订货，而是从受电设备到低压设备进行统一订货。在这种背景下，富士电机为客户提供了电源设备的一站式解决方案（参照 200 页“大规模设施用电源设备的一站式解决方案”）。

表 1　受配电设备的大趋势与需求

市场背景	大趋势	受配电设备的需求
全球化的加速	○东南亚的经济发展 ○贸易摩擦 ○电子商务的普及 ○利用 M&A 扩大业务	○及时的设备投资 ○灵活的设备扩展性
国内劳动人口的减少	○少子老龄化 ○劳动时间缩短 ○技术人员不足	○全包式设备订货 ○自动检查 ○效率化 ○免维护 ○长寿命产品
生产技术的革新	○智能工厂 ○机器人的应用 ○灵活生产	○灵活的设备扩展性 ○可视化 ○自动化
IoT 的普及通信速度的高速化	○故障预知 ○学习功能 ○ AI ○大数据的应用 ○智能设备普及	○自动诊断 ○寿命诊断 ○故障分析 ○优化控制
环境性能	○高效率 ○降低环境负荷	○耐环境产品
安心、安全性能的提高	○异常气象 ○ BCP ○弹性	○冗余化 ○热电联产 ○紧急用发电设备 ○瞬间电压低下对策

(*5) 业务持续计划 (BCP)

企业在遭遇自然灾害、大火灾、恐怖袭击等紧急情况时，为将企业资产的损失控制在最小限度，同时使核心业务得以继续或尽早恢复，而事先决定平时需进行的活动和紧急状态下持续开展业务的方法、手段等。

3.2 能源管理系统

基于日本能源政策“3E + S”(*6)，提出了面向 2030 年能源基本计划。此外，“电力系统改革”从 2015 年开始推进。在这一变革之中，各种课题有望通过 AI 和 IoT 等技术创新得到解决[3]。

(1) 电力行业的变化

国家提出的能源结构与电力系统改革路线图如**图 6** 所示[3],[4],[5]。这两大动作带来的具体变化如下所示：

(a) 扩大引进可再生能源引起的系统运营变化

为兼顾最大限度使用可再生能源和稳定供应，必须应对系统制约，构建可确保电能质量和调整能力的新一代电力网络。在系统制约方面，正在研讨新的系统利用规则。在电能质量方面，正在增加设备以解决配电系统电压问题。因出于环保考虑无法增加 CO_2 的排放量，难以新建火力发电站，所以人们对储能系统等其他协调电力的期待越来越高，正在进行各种实证事业。另外，怎样充分活用用户设备（发电机、蓄电池、EV 等）也在研讨之中。

(b) 新参与加入的电力企业增加

从 2016 年 4 月开始，电力零售全面实现了自由化。截止到 2019 年 2 月，新电力 (PPS)(*7)（占电力销售总量的份额已经扩大到约 14.6%[4]。但是，并非所有企业均顺利地取得了业绩增长，也开始出现了退出的企业。

① 电力交易市场

通过竞争提高了效率，电费降低，电力交易市场也开始了变革。电力批发交易所的交易量大幅增加，从 2016 年的约 2% 达到了现在的约 30% 的水平[4]。电力广域运营推进机构正在推进容量机制和供需调节市场的制定。

② 发电、输电分离

为提高输配电部门的中立性，确保各运营商均可公平地使用输配电网，正在推进 2020 年以后进行法律上的分离和费用限制的全面废除。输配电部门被强烈要求进行高效经营，随着不稳定的可再生能源电源的增加，在引进和保持可确保稳定供应的系统的同时，还致力于降低运营成本。

(2) 富士电机的举措

根据近年来的情况，预计今后电力流通领域的变化（电力系统运营、设备配置等）如下：

(a) 整备电力稳定化设备

作为保持电能质量（频率、电压）的设备，蓄电系统的引进和用户设备的活用正在扩大。

(b) 新服务的出现与扩大

将会出现以新创建的新市场为目标，提供虚拟电厂（VPP）(*8) 和辅助服务(*9)等新服务的企业。

(c) 现有系统的升级

为了在实现电能稳定供应的同时降低成本，需要与现有运营系统和现场设备升级相应的电压管理功能。

为了满足基于这种设想的电力稳定化需求，富士电机正在准备**图 7** 所示的能源管理系统中的相应商品。目前，正在开发蓄电系统、供需管理与 VPP 系统以及具有先进电压管理功能的配电自动化系统。并且，为模拟将变电站数字化的产品、分散型电源和引进了蓄电池的系统，确认

图 6 能源结构与电力系统改革路线图

(*6) 3E + S

探讨日本能源政策的基本视角。由能源的稳定供应 (Energy Security)、经济效率 (Economic Efficiency)、环保 (Environment)、安全性 (Safety) 构成。

(*7) 新电力 (PPS)

因自身没有用于输电至家庭的电线设备而向当地的电力公司（一般电力运营商）支付使用费，向签约者输送电力的特定规模电气运营商 (PPS : Power Producer and Supplier)。

(*8) 虚拟电厂 (VPP)

Virtual Power Plant 的缩写。即将多个小规模发电站和电气需求抑制系统集中成一个发电站进行控制的系统模式。可均衡负载，吸收过剩的可再生能源供给，在电力不足时进行供应等。

(*9) 辅助服务

指为了维持所供应电力的质量而进行的运营服务。包括供需平衡的监视、系统运行、电压与频率的调节等。如果发电和输电等电力业务被不同公司负责，则会出现以此为业务的辅助服务企业。

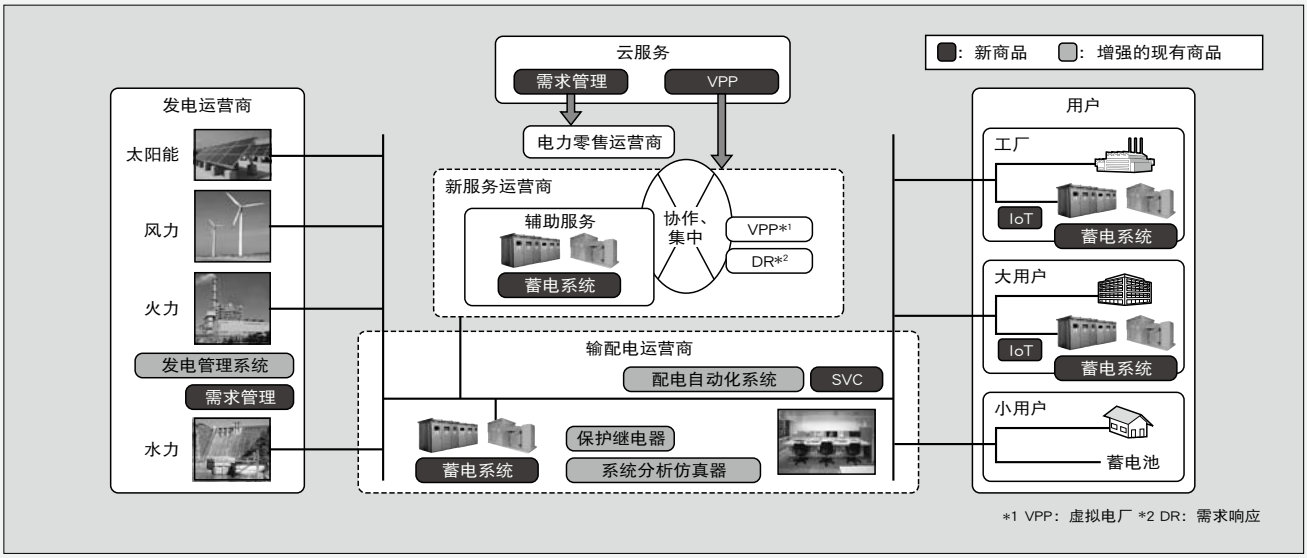

图 7　能源管理系统的商品

系统可靠性和运行安全性，特地开发并完善了系统分析仿真器等。

⑶　支持 EMS 的商品概况

(a)　电力稳定用蓄电系统、VPP

为解决电力系统的频率稳定性、供需平衡、用户负载均衡和 BCP 等课题，开发了使用蓄电池的控制系统。参与经济产业省的“利用用户侧能源资源的虚拟电厂构建实证事业”，开发统筹管理分散型用户蓄电池的蓄电服务器、蓄电服务器与用户蓄电池的接口、有效利用蓄电池的蓄电 IoT，验证效果（参照 214 页“供需管理系统与 VPP 解决方案”）。

(b)　供需管理系统

在 2016 年 4 月电力零售全面自由化的同时，开始了支援新电力运营的云服务。利用 AI 等预测电力需求，通过云服务，提供电力的采购、计划制定、供需监视等所有服务。另外，追加利用本地部署(*10)提供服务和针对发电企业的功能，并计划进行推广。**图 8** 所示为供需管理系统与 VPP 解决方案（参照 214 页“供需管理系统与 VPP 解决方案”）。

(c)　他励式配电系统用 SVC 与配电自动化系统

随着可再生能源的扩大，配电系统内电压上升的问题越来越明显。为解决这一问题，需要能应对可再生能源扩大的配电系统的电压管理系统。因此，富士电机与东北电力株式会社进行共同研究，开发了新型的他励式配电系统用 SVC（Static Var Compensator）。此外，进行了配电系统的电压调整机器的优化控制、设置和系统计划支援的功能开发。今后，准备向监控配电系统的配电自动化系统方向发展。此外，作为 BCP 对策，为了在灾害发生时也能继续稳定供应，开发了基于服务器分散配置的广域备份系统，并开始交货。**图 9** 所示为广域备份型配电自动化系统的结构（参照 208 页“针对配电领域可再生能源大量导入采取的对策和在 BCP 方面的应对措施”）。

(d)　变电站的数字化

目前，正在研究变电站的数字化，以提高变电站设备的更新效率、降低成本，同时，让变电站信息更容易访问。例如，使用过程母线取代连接开关等现场设备和保护控制装置之间的大量控制电缆，推进将变电站信息进行了数字化的变电站监视控制系统的研究（参照 203 页“可实现高级维护和操作的数字化变电站技术”）。

(e)　电力系统仿真器

利用电力设备模型和电缆构成包含可再生能源发电等分布型电源和蓄电池的系统，通过流通缩微后的电流进行模拟，开发了在各种系统结构或负载与发电情况下模拟电力系统现象的模拟仿真器。可以再现数字仿真器无法分析的现象。该产品可用于大量导入可再生能源时的设备强化、运营方案整改效果验证、系统事故分析等。各变电设备等的信息通过符合国际标准的数字网络进行通信，所以也可仿真电力系统的控制系统。该技术被应用于上述变电站数字化的研究。

(*10) 本地部署 (on-premises)

将服务器、软件等信息系统设置及引进到使用者（通常为企业）管理的设备内，并进行运用。

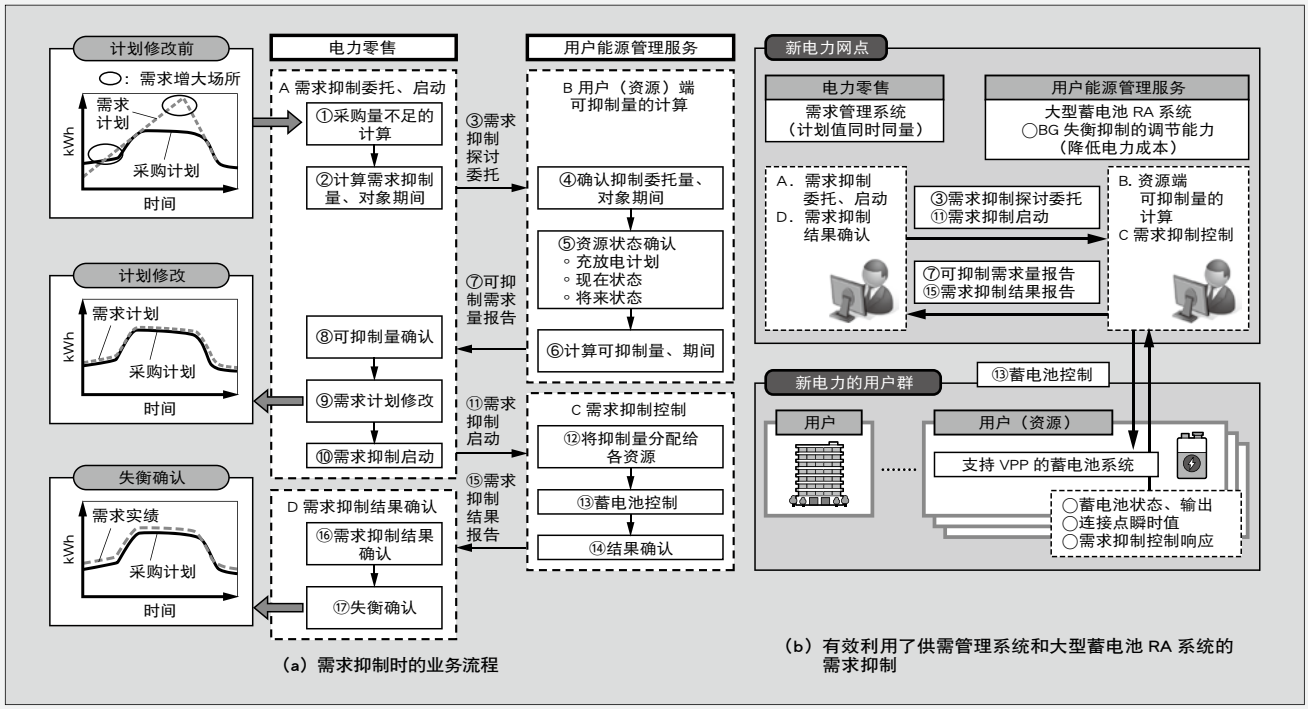

图 8　供需管理系统与 VPP 解决方案

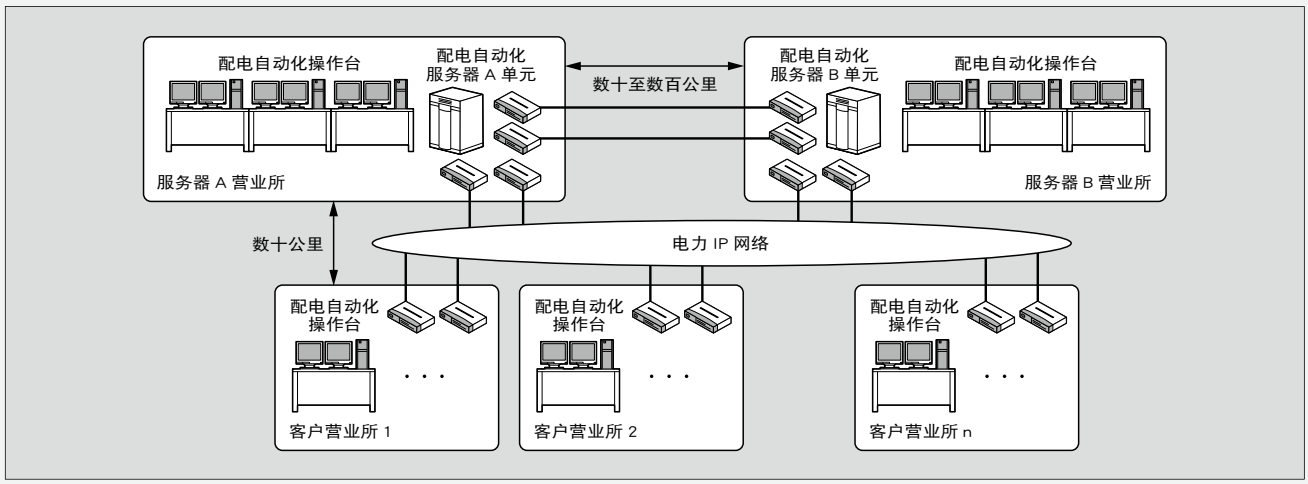

图 9　广域备份型配电自动化系统

4　后记

本文从富士电机正在攻关的能源解决方案中列举了具有代表性的项目，对其现状和展望进行了论述。

富士电机今后也将通过推进电力的稳定供应和优化为社会做出贡献。

参考文献

⑴　Asia-Pacific Switchgear Market, Forecast to 2025. Frost & Sullivan, 2019.

⑵　山田隆雄，福住光记．富士电机 IoT 平台的全貌．富士电机技术期刊．2018, vol.10, no.4, p.182-184.

⑶　**資源エネルギー庁.“ 2030 年エネルギーミックス実現へ向けた対応について～全体整理～ ”. 総合資源エネルギー調査会 基本政策分科会（第 25 回会合）（平成 30 年 3 月 26 日）. https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/025/,（参照 2019-07-10）.**

⑷　**資源エネルギー庁.“ 電力・ガス小売全面自由化の進捗状況について. 2019 年 5 月 28 日資源エネルギー庁 ”. https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/denryoku_gas/pdf/018_03_00.pdf,（参照 2019-07-10）.**

⑸　**國松亮一.“ 我が国における電力卸取引の現状と今後の役割 ”. 一般社団法人 日本卸電力取引所. http://www.econ.kyoto-u.ac.jp/renewable_energy/wp-content/uploads/2018/11/20181113-2-doc.pdf,（参照 2019-07-10）.**

森本 正博
富士电机株式会社执行董事、电力电子能源系统事业本部长。

松本　　康
从事电力电子系统的研究开发。现为富士电机株式会社电力电子能源系统事业本部开发统括部部长。IEEE 会员。电气学会会员。

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。