供需管理系统与 VPP 解决方案

Power Demand-Supply Management System and VPP Solution

冈林　弘树 OKABAYASHI, Hiroki　　寺田　岳生 TERADA, Takeo　　藤尾　昂弘 FUJIO, Takahiro

日本自 2016 年 4 月开始实施电力零售全面自由化，加入电力市场的新电力不断增加。针对此类电力公司，富士电机可按业务流程处理，与外部机构进行数据协作，支持集中多家公司（新电力），由合约代表进行计划值同时同量的“平衡组”运营，提供具有高精度预测功能等、并支持高效运营的供需管理系统。此外，富士电机还参加了 VPP 实证事业，可提供供需管理系统、大型蓄电池系统提供的服务及组合了这两个系统，针对新电力的 VPP 解决方案。

The number of power producers and suppliers that enter the power business has been increasing since the full deregulation of retail electricity in April 2016. For these power utilities, Fuji Electric provides a power supply and demand management system that allows users to operate according to the process flow diagram and to achieve high-precision and efficient operation using a high-precision prediction and other support functions. This system supports a balancing group operation, in which the delegate of contractors coordinates power companies (power producers and suppliers) by sharing data with external agencies to perform planned-value balancing. We have also been participating in virtual power plant (VPP) demonstration projects and can offer VPP solutions for power producers and suppliers, including the services using our demand-supply management systems and large storage battery systems.

1　引言

随着 2016 年 4 月电力零售全面自由化的实施，富士电机开始向新电力提供供需管理系统。该供需管理系统可满足计划值同时同量这一新运营规则。此外，还在支持供需管理运营的高精度化和效率化方面进行了多番研究，例如从一般输配电运营商获得需求实绩的功能、抑制预测与实绩差异（失衡）增大的需求预测功能、给电力广域运营推进机构提交计划功能及通过一般社团法人日本电力批发交易所进行的电力交易功能等。

另外，日本自东日本大震灾以来，作为稳定电力系统的措施，正在推进有效利用用户能源资源机制的构建。富士电机还致力于其中之一的虚拟电厂（VPP：Virtual Power Plant）的示范实证，继续参与 VPP 实证事业。本文将对供需管理系统和 VPP 解决方案进行论述。

2　富士电机的供需管理系统

供需管理系统的提供方式和特点如**表 1** 所示。新电力的业务规模有大有小，参差不齐。因此，针对中小型新电力，作为与新电力管理的用户数相应的月度实际利用量收费制的云服务，以合理的价格提供供需管理系统。大型新电力大多要求固有功能，通过附加的本地部署〈注 1〉提供发电计划优化技术等。

表 1　供需管理系统的提供方式和特点

提供方式	特点
云服务	○访问云上的供需管理系统，进行供需操作 ○与用户数量相应的月度实际利用量收费制
本地部署	○交付供需管理系统，新电力作为自家公司的资产进行系统运营 ○可应对个别原因造成的附加项目

2.1　富士电机供需管理系统的特点

⑴　与业务流程相应的供需管理系统

如**图 1** 所示，供需管理系统从需求预测到计划提交的每个业务阶段，使用者均可确认结果，制作并提交每日计划，进行业务支援。

比实际供需日提前两天制作 FIT 发电计划。前一天制作第二天的计划。当天进行当天的监控，如果预计失衡增大，则制作变更计划。

本系统的主要功能如**表 2** 所示。设置了计划管理功能，以便可按将来的实际供需日制定电力需求与采购一致的供需计划。此外，为方便使用者回顾过去的计划，除实绩之外，还将计划和成本数据储存在系统内，以作参照之用。

⑵　实现一站式服务的外部机构协作

日常供需管理运营需要与电力广域运营推进机构（OCCTO：Organization for Cross-regional Coordination of Transmission Operators）、一般输配电运营商、日本电力批发交易所（JEPX：Japan Electric Power Exchange）等 3 个外部机构进行数据协作。开发了如**表 3** 所示的与协作方的应用程序接口，作为标准功能安装在供需管理系统中。通过本功能和**表 2** 所示的业务功能，实现了供需管理的一站式服务运营。

⑶　支持平衡组

支持集中多家公司（新电力），由合约代表（新电力）进行计划值同时同量的平衡组（BG：Balancing Group）运营〈注 2〉。

〈注 1〉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

〈注 2〉平衡组（BG：Balancing Group）运营：将包括自家公司在内的多家公司（新电力）集中在一起，由合约代表（自家公司的新电力）进行计划值同时同量

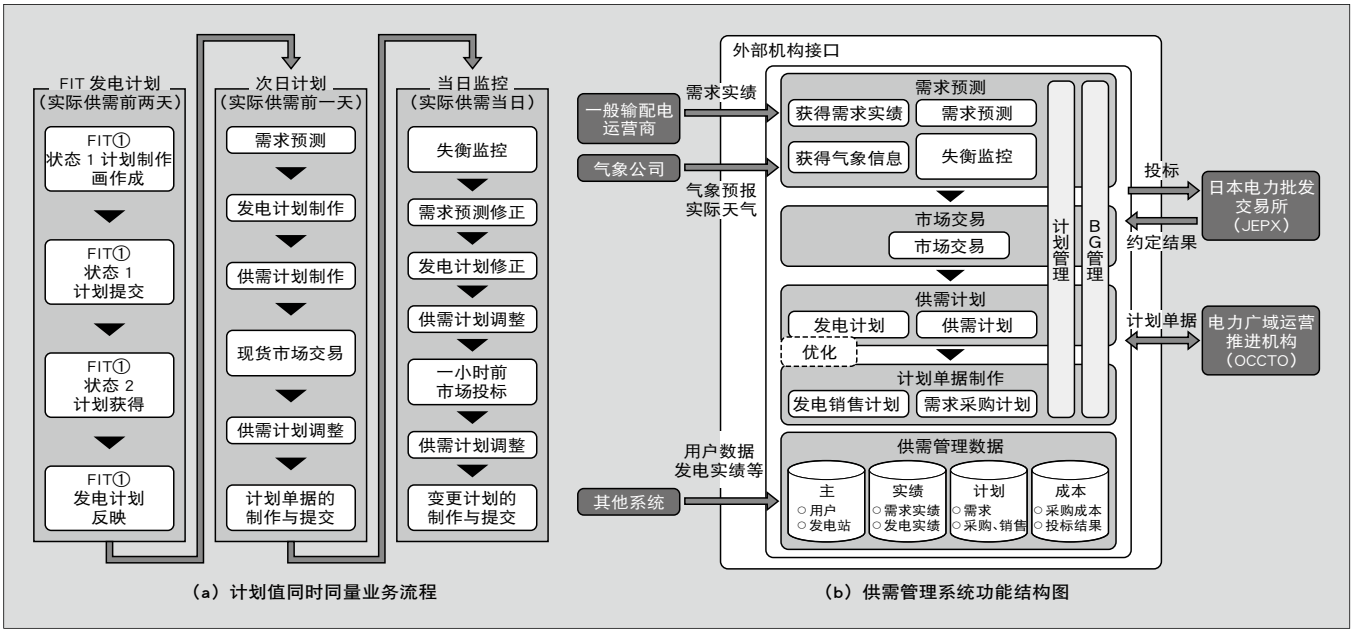

图 1　业务流程与供需管理系统功能结构图

表 2　供需管理系统功能一览

○：各业务的使用功能

功能	内容	与业务流程的应对		
		FIT	次日	当日
获得需求实绩	从一般输配电运营商那里获得以 30 分钟为单位的电力需求实绩值	—	○	○
获得气象信息	从气象公司那里获得气象预报、实绩数据	—	○	○
需求预测	以预测组为单位每 30 分钟进行电量需求预测	—	○	○
失衡监控	计算需求实绩值与预测值的背离	—	—	○
市场交易	进行现货交易市场、一小时前市场的投标、获得约定结果的管理	—	○	○
发电计划	给各发电站制定以 30 分钟为单位的发电量发电计划	○	○	○
供需计划	针对需求预测（计划），分配包括自家公司电源在内的采购电源	—	○	○
计划单据制作	根据供需计划结果制作计划单据（需求采购计划、发电销售计划）	○	○	○
计划管理	以天为单位、以 30 分钟为单位管理需求计划、发电计划和供需计划	○	○	○
BG 管理	对各公司各自的需求计划、发电计划、供需计划进行管理	○	○	○

如**图 2** 所示，主结构为需求 BG、单个公司、用户 / 电源三层。每个主数据都与上一层相关联。利用该结构，运营者可以单个公司为单位独立制定计划。在此基础上，将以单个公司为单位的计划相加，作为整个需求 BG 的计划。此外，运营者也可修改整个需求 BG 的计划。

同时，使用 BG 管理的权限设置功能，可以限定只对该单个公司的负责人公开该单个公司的计划、需求实绩。

表 3　与外部机构的协作数据和通信方式

协作对象	协作数据	与协作对象的通信方式
OCCTO	计划单据数据	发电计划等领取业务 EDI 通用标准（OCCTO）（OCCTO）
一般输配电运营商	电力需求实绩值	零售电气运营商、一般输配电运营商间的 EDI 通用标准（OCCTO）
JEPX	投标、约定信息	市场参与者 API（JEPX）

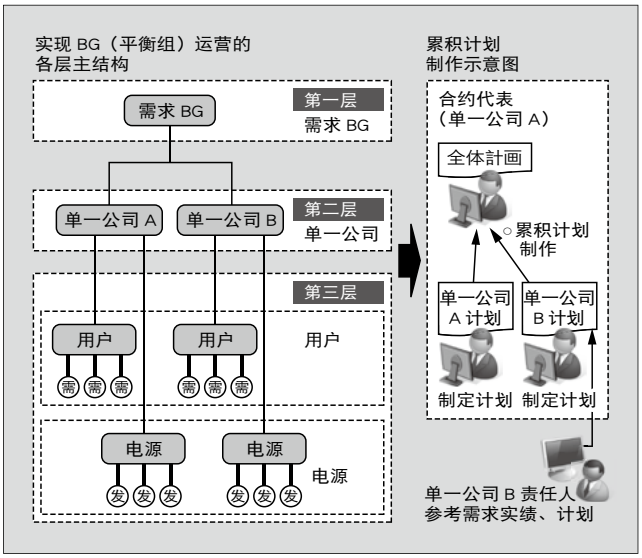

图 2　实现各层主结构的 BG 运营

2.2　需求预测技术

将电力需求曲线类似业态的用户群设定为预测组，对每个组进行需求预测。如**图 3** 所示，合计每个预测组的预测结果，制作一般输配电运营商各区域的需求预测值。此外，运营者可以在一定程度上根据自己的见解和技术诀窍修正整个区域预测值，从而将运营者的意图反映到预测结果之中。

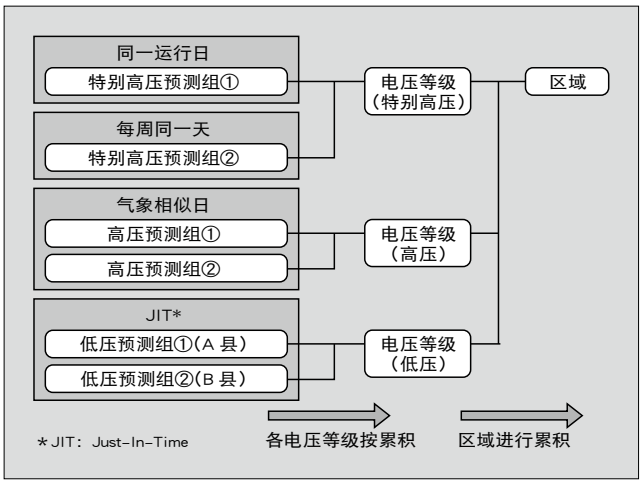

图 3　区域电力需求预测值的制作

需求预测有两种方法可供选择。一个是在供需管理系统的画面参照过去的需求实绩值与气象实绩、预测对象日的气象预报，运营者自己制作预测值。另一个是通过系统预测功能自动计算预测值。系统预测功能可输出当日、次日、第三天的需求预测。另外，当日预测功能可根据每 30 分钟获得的最新需求实绩值和最新气象预报依次进行修正。

系统预测功能标准安装了四种系统预测方法。由基于同一运行日预测、每周同一天预测、气象相似日预测等日历和气象条件的三种简易预测方法和具有自动原因分析功能的 JIT（Just-In-Time）预测[1]方法构成。从这四种方法中，运营者根据自身的见解选择适合各预测组需求特性的预测方法，从而对整个区域进行高精度预测。

下面对富士电机的最新需求预测技术“JIT 预测”进行说明。

JIT 预测通过以下三个步骤，根据过去条件相似日的需求实绩值计算出需求预测值（**图 4**）。

(a)　相关因素分析

每天自动分析与需求实绩值密切相关的因素。

(b)　选取相似日

使用步骤(a)中分析的相关性高的因素，选取距离预测对象日最近的相似日。

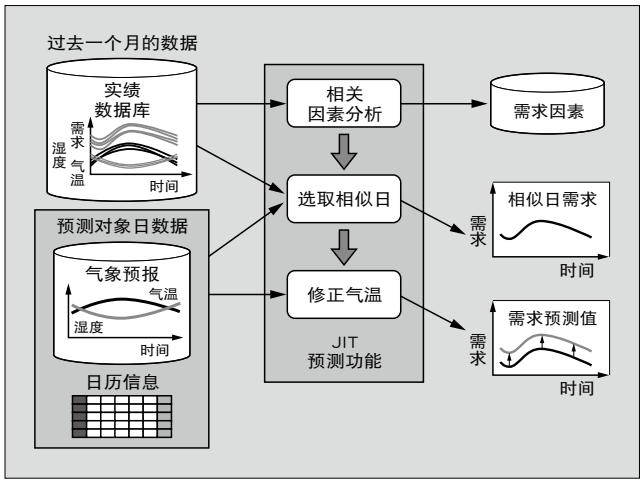

图 4　JIT（Just-In-Time）预测的结构

(c)　修正气温

根据步骤(b)中选取的相似日的气温实绩值和预测对象日的气温预报值的差异来修正需求预测值。

对于难以把握需求波动和因素相关性的用户群，可通过 JIT 预测快速得到预测结果。

2．3　发电计划优化技术

给各种发电机和限定地区供电的电力公司，探讨削减燃料成本和 CO_2 排放量的发电计划。富士电机的发电计划优化技术[2]采用线性规划，快速制作当日、次日以及一周的计划。除需求预测和太阳能发电、风力发电等可再生能源输出预测之外，还考虑发电机的连续运转限制和连续停止限制等运转使用条件，输出发电机、蓄电池的开停机计划及控制量优化结果。

3　VPP 解决方案

3．1　VPP 解决方案概述

VPP 是指利用 ICT（Information and Communication Technology）将分散设置的用户设备（资源）像单个发电站一样进行控制的技术。富士电机将大型蓄电池定位为今后最重要的 VPP 能源资源，旨在开发上位资源聚合器（RA）系统和资源端系统，作为平台进行提供。通过使用该技术，考虑为系统运营者等提供**表 4** 所示的五种服务业务。

3．2　用户端大型蓄电池扩大利用的举措

在 2016 年度开始的经济产业省“利用用户端能源资源的虚拟电厂构建实证事业”中，富士电机参加了关西电力统筹的“关西 VPP 项目”，持续进行功能开发和实证。

(1)　大型蓄电池 RA 系统的构成

系统构成如**图 5** 所示，各构成设备的作用如**表 5** 所示。富士电机正在开发大型蓄电池 RA 服务器、Open ADR - MODBUS[〈注 3〉]转换网关（GW）、支持 VPP 的蓄电池系统以及支持 VPP 的控制器。

(a)　大型蓄电池 RA 服务器

RA 服务器将从上位聚合协调器（AC 服务器）接收的需求响应（DR）最合理地分配给多个用户设置的大型蓄电池，并将各资源集中为一，在 AC 服务器上显示实绩合计。蓄电池在充电和放电时均有可瞬间控制的便利性，但另一方面，充放电时间均会受到蓄电池容量和充电状态的限制。因此，DR 分配重要的是监视各资源状态，预测各时间段对 DR 的可合作容量。为达到该目的，在 RA 服务器中，预测各用户在各时间段的耗电量，决定 DR 的基准值，计划蓄电池的 SOC（State Of Charge）变化，预测可合作容量。这里所用的需求预测使用了富士电机在智能社区实证和供需管理系统等现场改良过的 JIT 预测[3]。

同时，为提高控制精度，安装了用户设置的太阳能发电预测功能[4]。用户的需求通常是通过受电量来控制的。因用户设置的太阳能发电包含在需求中，所以会导致需求预

〈注 3〉MODBUS：Schneider Automation, Inc. 的商标或注册商标

表 4　有效利用 VPP 的服务

项目 \ 服务	峰值削减 节能	避免可再生能源 输出抑制	需求响应	计划值同时同量	电力系统调节能力
目的	降低电力成本	避免可再生能源 抑制的调节能力	BG 供应力度吃紧时的 调节能力	BG 失衡抑制的 调节能力	电力系统供需吃紧时的 调节能力
接受服务方	用户	可再生能源运营商	零售电气运营商	零售电气运营商	系统运营商
控制内容	需求增、减	需求增加	需求减少	需求增、减	需求增、减
控制周期	30 分	30 分	30 分	30 分	1～30 分

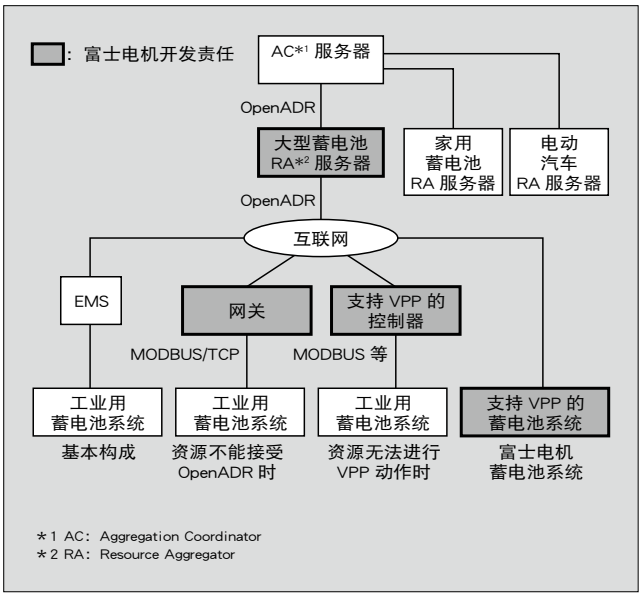

图 5　大型蓄电池 RA 系统的系统构成

测误差增大。本系统可预测用户设置的太阳能发电的发电量，提高需求预测精度及控制精度。

(b)　OpenADR-MODBUS 转换网关

依据经济产业省的指南，RA 服务器与资源之间通过 OpenADR 协议进行连接。但是，OpenADR 需要加密及通过电子证明进行相互认证等。因此，当资源端只有控制器时，难以直接接受 OpenADR。为了能够轻松地与 RA 服务器连接，特开发了将 OpenADR 转换为 MODBUS/TCP 的网关。通过本网关，可大幅降低蓄电池资源参加 VPP 的门槛，增加参加 VPP 的资源群。

(c)　支持 VPP 的蓄电池系统

为支持 VPP，平时按照峰值削减等目的运行，对可充放电量等进行控制。DR 发动时，在考虑各种制约的同时，通过预测功能等进行高度的充放电控制，并进行将电力系统的连接点与 DR 值保持一致的高精度监控。这些通常需要 EMS（能源管理系统：Energy Management System）和控制器。富士电机开发出具有 EMS 功能的控制器，通过与 RA 服务器分担功能并进行通信，实现了这些功能。将其进行标准封装，生产出支持 VPP 的蓄电池系统。

(d)　支持 VPP 的控制器

对于不具备 VPP 所要求的高级功能的蓄电池系统，开发了带有可实现与富士电机 VPP 支持蓄电池系统同等功能的 VPP 支持逻辑及与原有蓄电池系统相连接口等的控制器。

表 5　大型蓄电池 RA 系统的功能分担表

构成设备	作用
聚合协调器（AC）	○ 与服务提供方的连接和 DR 的接收（供需调整） ○ DR 启动与对 RA 的 DR 分配 ○ 所有 RA 的实绩合计
大型蓄电池 RA 服务器	○ 需求预测、太阳能发电预测 ○ DR 可合作容量计算 ○ 对各资源的 DR 分配 ○ 下属资源的实绩合计
网关（GW）	○ OpenADR-MODBUS/TCP 转换
支持 VPP 的蓄电池系统	○ 峰值削减等本地控制 ○ 基于 DR 的充放电控制 ○ 运行计划制定、通知 ○ RA 服务器协作功能
支持 VPP 的控制器	○ 与支持 VPP 的蓄电池系统同等的功能 ○ 与原有蓄电池系统的接口

(2)　VPP 的课题与应对措施

需求波动大的资源较多，或需求预测精度不佳时，难以将电力控制在目标值内。对此，在提高预测精度的同时，需要进行改进，以便可在整个资源群中进行反馈控制。

另外，参考今后将开设的供需调整市场等，在 VPP 实证事业中研究各资源对供需调整贡献度的评价指标。

3．3　结合了供需管理系统的新电力用 VPP 解决方案

新电力用 VPP 解决方案如**图 6** 所示。该解决方案是新电力零售部门为了使失衡费用最小化，通过用户能源管理服务，来有效利用蓄电池，抑制本公司用户的需求。另外，用户端享受与贡献度相应的贡献费用。预计需求实绩大于需求预测的缺电失衡增大时，大型蓄电池 RA 系统接收来自供需管理系统的需求抑制请求信息，控制设置在用户端的蓄电池，抑制失衡。另外，平时用作面向用户服务的峰值削减和节能服务，通过实现多服务来提高蓄电池导入效果。

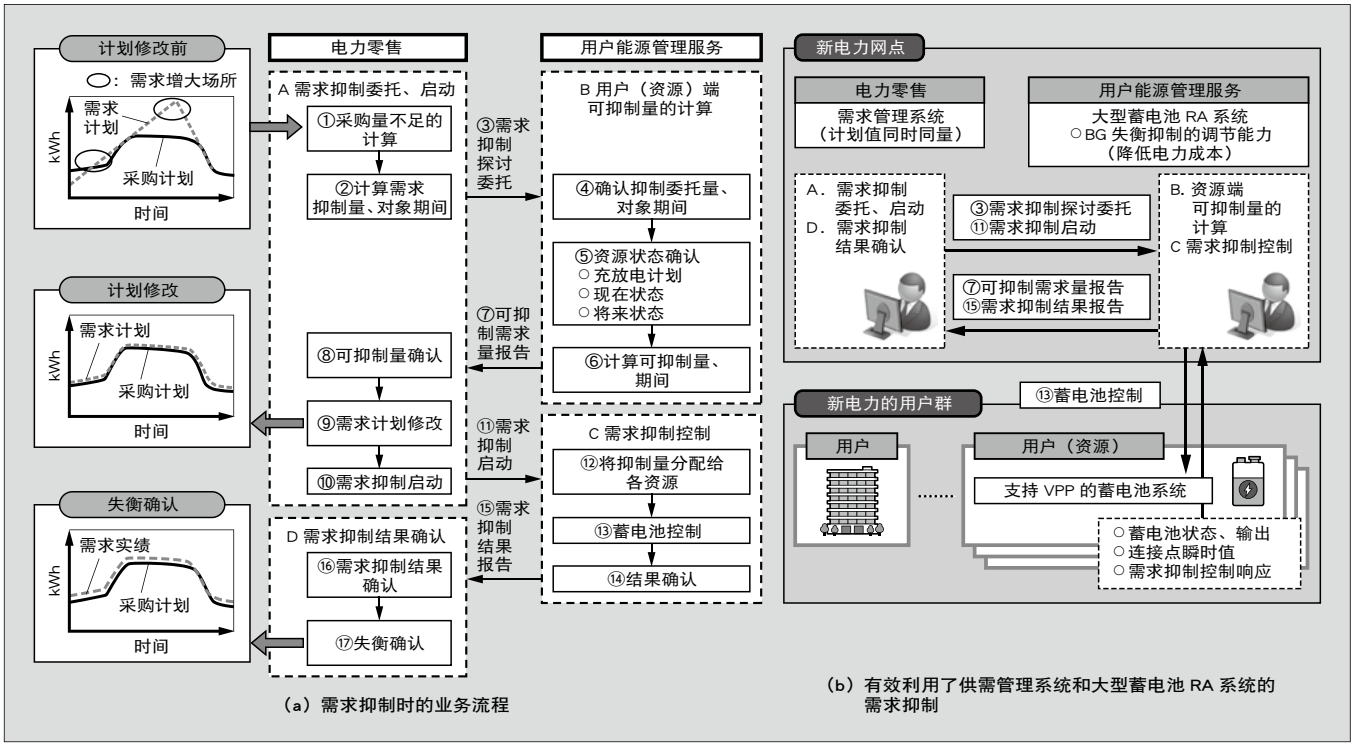

图 6　结合了供需管理系统的新电力用 VPP 解决方案

4　后记

本文针对供需管理系统和 VPP 解决方案进行了论述。

电力系统改革将开设基本负荷市场、供需调整市场、容量市场等新的电力市场。另外，要求减轻环境负荷的《关于促进能源供给事业者利用非化石能源及有效利用化石能源原料的法律》(能源供给结构高度化法) 也对电力公司的业务方针产生了影响，外部环境不断变化。

针对这一变化，富士电机将继续探讨和创造可使电力公司利益最大化的服务。

参考文献

⑴　新谷祐樹ほか．“Just-In-Time モデリングを用いた翌日需要曲線予測手法の検討”．平成 28 年電気学会全国大会論文集．2016, p.6-121.

⑵　胜野彻等. 分散电源系统中的供需控制系统技术”. 富士电机技报. 2013, vol.C5, no.4, p.238-241.

⑶　石橋直人ほか．“データマイニング手法を適用した需要予測手法の提案”．平成 26 年電気学会電子・情報・システム部門大会講演論文集．2014, TC3-3, p.109-114.

⑷　石桥直人等. 太阳能发电的发电量预测技术. 富士电机技报. 2013, vol.5, no.4, p.242-245.

冈林　弘树

从事电力流通领域的开发及工程业务。现为富士电机株式会社电力电子系统能源应用事业本部能源管理事业部电力流通综合技术部课长助理。

寺田　岳生

从事能源管理系统的开发。现为富士电机株式会社电力电子系统能源应用事业本部能源管理事业部电力流通综合技术部课长助理。情报处理学会会员。

藤尾　昂弘

从事供需管理系统的开发及工程业务。现就职于富士电机株式会社电力电子系统能源应用事业本部能源管理事业部电力流通综合技术部。

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。