依据国际标准改善能源运用效率 —运用分析 AI 的 EMS 附加功能—

Improvement of Energy Efficiency According to International Standards–EMS Add-On Functions Using Data Analytics

竜田　尚登 TATTA, Naoto　　铃木　聪 SUZUKI, Satoshi　　松本　晴幸 MATSUMOTO, Haruyuki

世界各国都在加强规范各类规定及标准，在这种情况下日本企业所处的能源环境要求对能源运用效率进行深入改善。富士电机对目前的运用课题进行整理，为解决这些课题，依据国际标准运用能够为改善能源运用效率有所帮助的分析 AI，开发出能源管理系统的新功能。运用本功能可以建立 SDCA 循环的运用环境，推动节能活动的维持管理活动，并在 PDCA 循环中高效开展改善革新活动和方针管理。

As international regulations and standards become increasingly stringent, Japanese companies are being compelled to enhance energy efficiency by the environment situation surrounding them. Fuji Electric has reviewed current operating and developed new features for our energy management system, leveraging data analytics to improve energy efficiency in compliance with international standards. These features will facilitate the development of the framework of the SDCA cycle to maintain and manage energy-saving activities and will in turn speed up improvement, innovating activity and policy management through the PDCA cycle.

1　引言

依照 2015 年 12 月通过的“巴黎协定”(COP21)，日本为履行对国际社会做出的承诺同意于 2030 年之前与 2013 年度相比将温室气体的排放量削减 26%。为了跨过这道高门槛，2016 年 4 月日本经济产业省确定了能源革新战略。其中将“彻底节能”作为一大支柱，提出于 2030 年度之前将能源效率提高 35% 的目标，这相当于石油危机后的水平。

在新兴国家能源使用量增加的大背景下，世界的能源需求增加，可以推测能源成本在中长期内将不断上升。为了应对这种全球形势，能源管理系统 (EMS：Energy Management System) 的国际标准 ISO 50001 应运而生，德国、美国、中国等国企业积极采用。

世界各国都在加强规范各类规定及标准，在这种情况下近年来除了要求以设备为单位采取节能对策外，还要求根据能源需求对设备开展更加精细高效地运用。企业的能源效率改善措施在各部门及局部对策上已达到极限。需要将其定位成企业的经营课题，完善能源管理的基础，以便平时能持续推动改善措施。

本文将焦点放在根据现行 EMS 和节能分析研究来改善能源效率上，对目前的运用课题进行整理。然后，针对为解决这些课题依据国际标准运用，并能够为改善能源运作效率提供帮助的分析 AI 而开发出的 EMS 新功能进行介绍。

2　现行能源分析管理系统的课题

为了实现高效的能源分析，富士电机提供了一种使用制造实绩分析支援软件包“MainGATE/PPA”(**图 1**) 的能源分析管理系统[1]。

本软件包不仅使用了能源测量数据，还将公辅介质设备及生产设备的运行信息、生产量等制造信息有机结合，可以对工厂的能源进行分析和管理 (FEMS：Factory Energy Management System)。在事务所及办公大楼的能源管理 (BEMS：Building and Energy Management System) 方面，首先根据从长年建立 EMS 的经验中得到的知识制作能源分析模板，然后运用该模板便可对热源、搬运动力、照明、插座、空调及其他动力简单地建立 EMS。

图 1　“MainGATE/PPA”的分析显示例

富士电机在以下三个领域提供 EMS 解决方案包 (**图 2**)。

(a)　STEP1：可视化
　　能源数据的收集及可视化

(b)　STEP2：明白易懂
　　对所收集的实绩数据进行多角度分析

(c)　STEP3：优化
　　考虑了利用可再生能源、热电联产和蓄电池的成套设备整体优化

富士电机过去一直使用 MainGATE/PPA 提供“明白易懂”式解决方案，为改善顾客节能活动循环 (从分析及管理中提取课题、单独采取对策) 提供帮助。但是由于节能活动

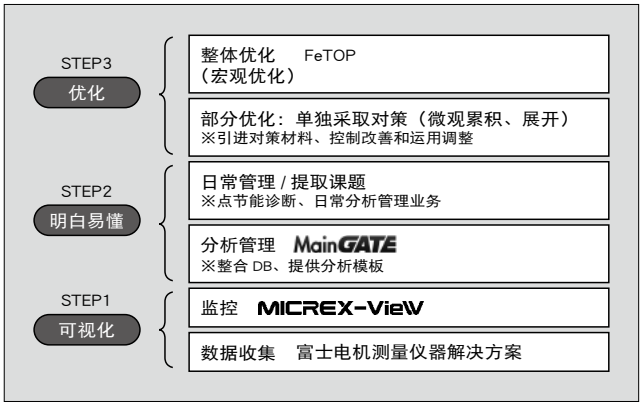

图 2　富士电机的 EMS 结构

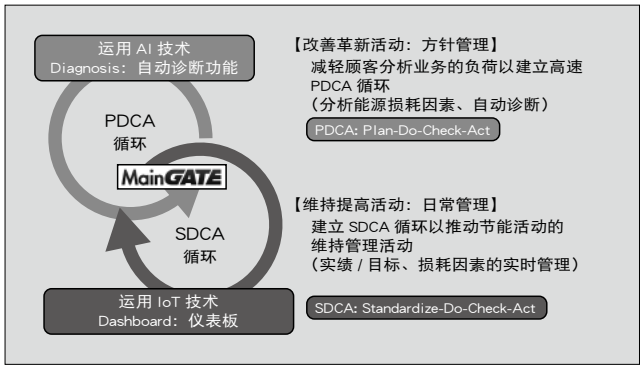

图 3　高速 PDCA 循环及 SDCA 循环

主要在以下两个运用方面存在课题，导致活动不能稳定推进、无法持续开展的情况屡见不鲜。

⑴　运用课题 1：节能活动的分析业务流程

旨在改善能源效率的、提取课题研究的 PDCA 规定和判断基准尚未在顾客处落地生根。

而且，可用于分析业务的人力和时间资源有限，每个人的认知能力也有偏差。因此，虽然千辛万苦地收集了大量数据，但是例如哪些人会查看哪些信息、其结果会为改善做出怎样的评价和运用，针对这一系列节能活动的分析工作以及业务流程的确立和运作都尚未得到落实。

⑵　运用课题 2：跨部门团结一致开展节能改善活动

节能活动由能源供应方的原动力设施部门全权担任，能源需求方的制造部门和业务部门等并未团结一致参与到活动中。原动力设施部门很想让节能意识和活动在制造部门、业务部门等部门生根发芽，但是却没有推进的有效手段。

而且，能源管理措施成了单方面强加的管理要求，这将给现场各级人员积极开展节能活动带来负面影响。但是使用富士电机 MainGATE/PPA 的当前功能则需要用户具备知识能力并建立运用体制。因此在改善活动方面，很多情况下无法确立节能课题的解决流程（日常管理、提取课题、具体问题采取具体对策）。

3　能源运用效率改善软件包 “MainGATE/PPA with DD”

3.1　开发理念

为解决**第 2 章**中介绍的节能活动的课题，富士电机依据国际标准 ISO 50001（EMS）的引用标准 ISO 50006（测量能源绩效）开发出 EMS 新功能。

针对运用课题 1，按照根据 ISO 50006 管理框架规定的各能源管理单元（组织、生产线、设备等）开发出能源损耗因素的分析与自动诊断功能。另外，针对运用课题 2，开发出显示能源效率达成率（实绩 / 目标）、损耗因素（管理阈值）等，并实时进行运用管理的通用仪表板功能。

运用这些功能可以建立 SDCA 循环的运用环境，推动节能活动的维持管理活动。进而减轻顾客分析业务的负荷，从而可以在 PDCA 循环中高效开展改善革新活动和方针管理（**图 3**）。

3.2　运用 ISO 50006 管理框架

在能源管理中制定好评价能源效率变化（升高、减低）的对象是很重要的。ISO 50006 管理框架[2]中将管理多个能源绩效指标[注]（EnPI：Energy Performance Indicator）的单位称为能源管理单元（EMU：Energy Managed Unit）。重视能源效率的每日管理、确定对能源效率造成影响的相关变量（影响因素）。根据过去效率实绩数据制定管理目标基准，对能源效率（能源基本单位、设备效率等）进行管理，并管理对效率造成深刻影响的相关变量，这是非常重要的（**图 4**）。

能源运用效率改善功能以 EMU 为核心。仅收集并设定定义 EMU 所需的数据（输入、输出、相关因素），构建了

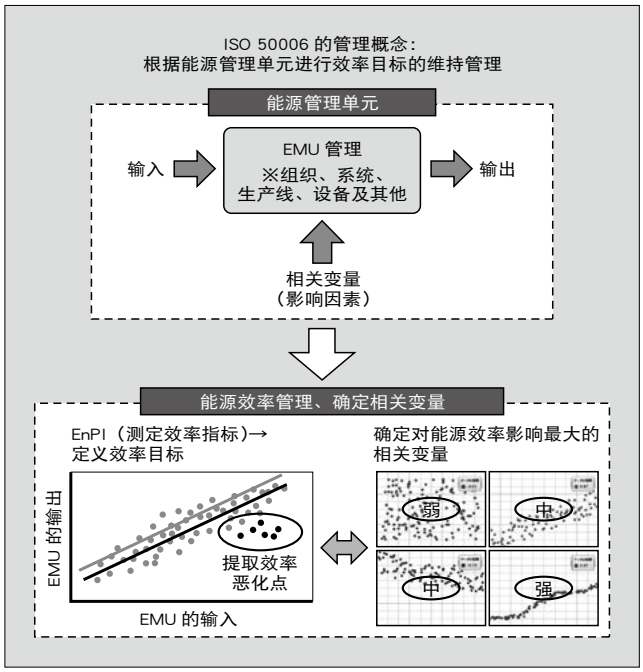

图 4　ISO 50006 管理框架的概念图

〈注〉能源绩效指标（EnPI）：将能源使用量、能源开销（用途）、与能源效率相关的可测定结果统称为能源绩效（能源性能）。具体包括：能源使用量、峰值电力、各用途能源消耗量、各种能源效率等。将组织为这些制定的定量值（或者标准）称为能源绩效指标（EnPI：Energy Performance Indicator）。相当于测量能源性能的标准，由组织进行判断，各种目的可使用多个。

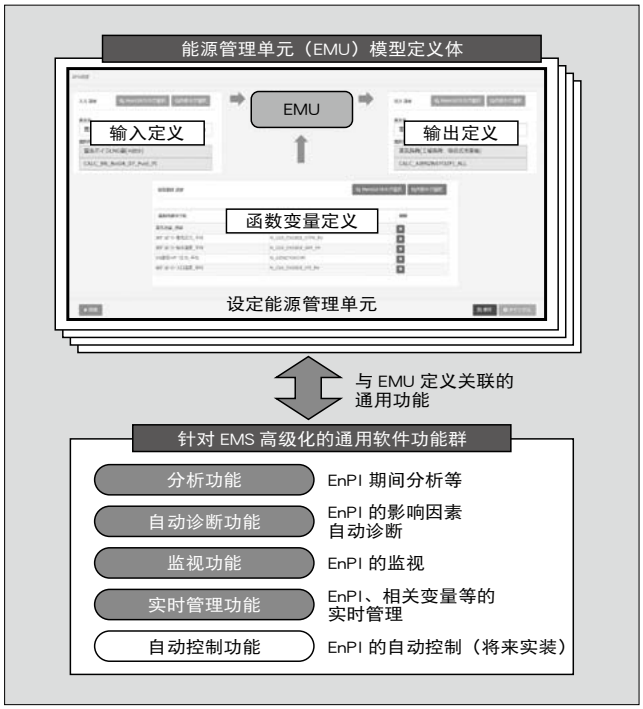

图 5　基于 EMU 的模型化示例

可发展成有助于各种能源运用效率改善的功能群（自动诊断、实时管理功能等）的系统结构（**图 5**）。

以某制造工序中对基本单位的管理为例，在 EMU 的输入方面将工序消耗的能源登录到 EMU 管理功能中，在输出方面将与工序生产量、工序基本单位相关的影响因素（设备运行信息、运用信息等多个信息）登录到 EMU 的管理功能中，从而可以对基本单位恶化时间、影响因素（对基本单位影响最大的设备运行状态等）进行分析，并运用自动诊断功能锁定。另外，运用监视功能则能以固定周期对基本单位与目标值的偏离进行监视。运用实时管理功能可以每日掌握能源效率目标、实绩的偏离、对效率造成影响的相关因素，从而在制造现场开展正确的能源消耗相关运用。而且，根据定义好的 EMU 制作出模型，可将其复制到类似工序和设备中进行横向展开，从而能够尽快开展新的节能活动。

3．3　能源运用效率改善功能（with DD）

能源运用效率改善功能是基于 **3.1 节**介绍的开发理念开发的 MainGATE/PPA 的附加功能。其拥有以下主要功能。

⑴　能源管理单元（EMU）与能源基线（EnB）的定义功能

⒜　EMU 的定义功能

可根据各设备、各生产线、各组织、各工厂的单位等树形层次来定义 EMU。制作 EMU 的输入输出信号、因素相关信息的内部标识，从作为该数据基础的 MainGATE-DB（数据库）分配标识。而且，还拥有运算功能（四则运算功能）。

⒝　EnB 的定义功能

EnB 是将指定期间内各 EMU 定义的 EnPI 定量化的评价基准（基线）。可以将过去的实绩值按定义好的各 EMU 或者按季节或操作形态进行分组，并限定任意期间、运用条件等，然后根据这些过去的实绩值定义多个效率目标基线。而且，还可以在 GUI（Graphical User Interface）上确认偏离正常范围的实绩值，并在 GUI 上将偏离的实绩值除外，提高基线的精度（**图 6**）。

⑵　能源效率因素项目的提取及监视功能

⒜　影响因素的相关强度计算的分析功能

在对定义为 EMU 的影响因素的相关强度进行计算的过程中，可按照定义的多个 EnB 进行分析，例如根据影响因素相对于 EnPI 的相关系数的大小，找出相关强度较大的影响因素。而且还拥有以下功能，例如在 EnB 上设定指定期间的数据（制造轮班的换班时间、休息时间等）、相关因素的数据边界（指定的温度区域等），从而可将效率恶化点的因素提取到 GUI 上。

⒝　效率的自动监视功能

除了运用 EnB 定义功能设定的基线外，还可以定义目标基线、警报基线。可以运用固定周期监视功能对超出警报基线边界的点（效率降低点）进行监视（**图 7**）。

⑶　实时管理功能

⒜　通用仪表板功能

配备了仪表板功能，方便现场使用人员随时查看想要查看的信息。在仪表板一览（与 EMU 相同的组织树）中选择层次后，显示与设定相应的仪表板。仪表板可更改为任意框架尺寸，由九个框架（区域）组成（**图 8**）。各框架可分别显示折线图 / 柱形图、显示仪表、显示数值、管理目标 / 实绩、创建简易画面、显示 URL 链接等。而且可

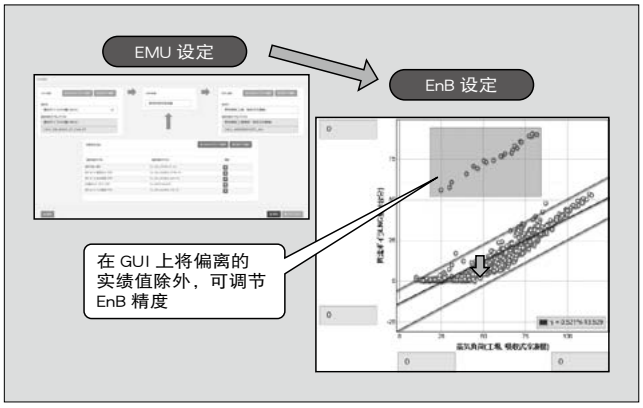

图 6　设定能源管理单元的基线

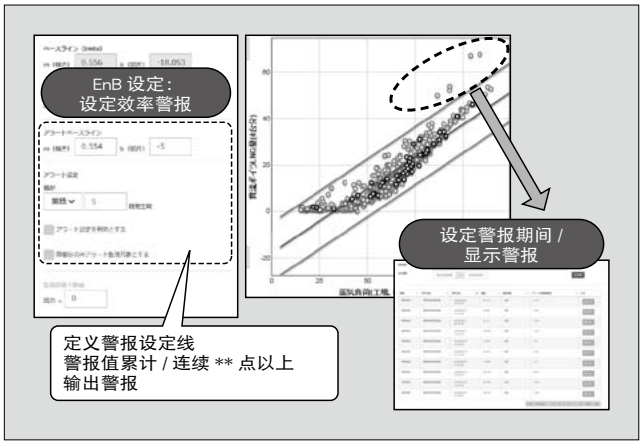

图 7　能源效率因素项目的提取及监视功能

图 8　通用仪表板功能

随时调出设定画面，随意设定或更改显示形式及显示对象数据。

4　能源效率因素的自动诊断引擎

在能源效率改善活动中，为了提高分析业务循环的效率，并实现高度化，除了**第3章**介绍的功能之外，还开发出根据实绩数据自动诊断能源效率因素的分析引擎。

4.1　引擎功能

(1)　对分析引擎输入

为了对能源效率因素进行诊断，需要提取能源效率变好或变差时导致与实绩数据产生差异的因素。将授予了效率好或效率差标签的数据群输入到引擎中以提取因素。该标签以**3.2 节**介绍的 EnB 为基准来授予，还可以在 GUI 上对用户指定的数据组授予标签。

(2)　分析引擎的功能

分析引擎将带标签数据当作老师数据进行学习，自动制作对标签进行说明（预测）的模型。从该模型中提取说明因素，从而可找出对标签（能源效率的好坏）影响较大的因素。而且，还可以提取预测标签的边界值（相关变量边界及时间边界），所以能够就哪个相关变量的哪段时期的值对能源效率造成了影响进行分析（**图 9**）。

4.2　解析事例与评价

为了对分析引擎的功能进行评价，使用成套设备的实绩数据进行了解析（**图 10**）。

(1)　对象事例

工厂公辅介质的蒸汽供应锅炉

(2)　EMU 定义

(a)　对 EMU 输入：锅炉燃料

(b)　从 EMU 输出：蒸汽供应量

(c)　相关变量：与锅炉运行有关的各种测量值

(3)　解析结果

结果显示，在对以上定义的 EMU 的能源效率造成影响的因素中，蒸汽差压的影响较大。

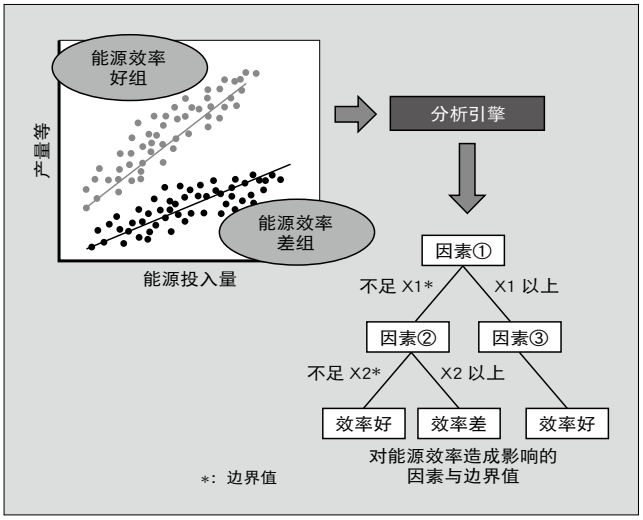

图 9　分析引擎的概念图

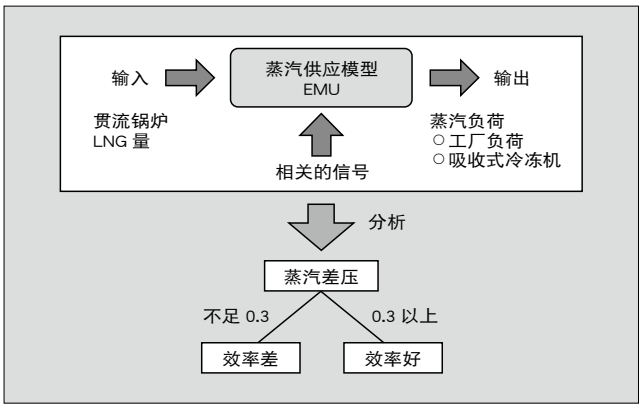

图 10　利用分析引擎的解析事例

(4)　结果的评价

使用分析引擎得知，蒸汽差压对锅炉运行的能源效率影响较大。这与另外安排有经验的操作人员花费很长时间人工进行分析而得到的结果相同。而且，关于蒸汽差压是否对能源效率产生影响的边界值，人工分析的结果与分析引擎分析的结果基本相同。

5　后记

本文针对依据国际标准运用能够为改善能源运作效率有所帮助的分析 AI 开发出来的 EMS 附加功能进行了介绍。

从各种法律法规、国际标准、CSR 等角度来看，受能源单价高涨的影响，能源用户越来越有必要将自己公司的能源环境问题作为经营课题来解决。

富士电机运用现行的能源管理解决方案（可视化、明白易懂、优化）和新开发的能源运用效率改善功能，将包括今后需求有可能扩大的可再生能源在内的新能源、蓄能设备、公辅介质设备、生产设备的信息有机结合，逐步确立自动诊断技术，实现可随时进行高效运行的控制自动化。

今后我们将继续为客户的节能活动提供支持，不断为客户解决课题做出贡献。

参考文献

⑴ 东谷直纪等. 支持节能活动的能源管理解决方案. 富士时报. 2012, vol.C4, no.1, p.6-9.

⑵ 一般社団法人 電子情報技術産業協会 . 標準のエネルギー管理手法～ EnPI 導入ガイド～ 実践編 . 2015. https://home.jeita.or.jp/upload_file/20161004170422_BFV4HTaX8b.pdf, (参照 2018-06-26) .

竜田　尚登

从事制造管理、能源管理、监视控制系统的企划和开发。现为富士电机株式会社电力电子系统事业本部工厂自动化事业部 EMS 技术部调查主审能源管理士。

铃木　　聪

从事信息控制系统的研究开发。现为富士电机株式会社技术开发本部先进技术研究所系统技术研究中心高级算法研究部主任。测量自动控制学会会员、人工智能学会会员。

松本　晴幸

从事能源分析管理软件包的开发及工程设计业务。现就职于富士电机株式会社电力电子系统事业本部工程统括部系统技术中心产业系统部。日本智能信息模糊学会会员。

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。