

一般論文

分散型電源を統合管理する エネルギー管理システム 「ENERGYMATE-Factory」の開発

Development of “ENERGYMATE-Factory”
– an Energy Management System for the Integration of
Distributed Power Resources

藤原基伸* 井尻有策*
M. Fujiwara Y. Ijiri

概要

当社では電力の安定的な確保、省エネ、省コスト、CO₂排出量削減などの課題を解決するためのソリューションを「SPSS (Smart Power Supply Systems : スマート電力供給システム)」と称して事業を推進している。エネルギー利用の多様化が進む中で、さまざまなソリューションを実現していくためには、エネルギーと情報を融合しながらエネルギー利用の最適化を創出していくエネルギーマネジメント技術がますます重要になる。このような環境変化の中で、SPSSのコア機能を担う製品としてエネルギー管理システム「ENERGYMATE-Factory (F)」を開発した。

本稿では「ENERGYMATE-F」の概要や特長、並びに、当社前橋製作所における実規模運用の状況などについて紹介する。

Synopsis

Nissin Electric Co, Ltd. is propelling Smart Power Supply Systems (SPSS) as solutions for stable power supply, energy and cost saving, and CO₂ emission reduction. Amid the progress of energy source and load diversification, energy management technologies to optimize the efficiency by unifying energy and information are becoming much more important to materialize various solutions. In such circumstance, we have developed an energy management system “ENERGYMATE-Factory (F)” as a core function of the SPSS.

This paper describes the ENERGYMATE-F system and its features, and also introduces a practical-scale demonstration system installed at our Maebashi plant.

1. はじめに

電力システム改革やガス供給事業の全面自由化が進められるなど、日本のエネルギー環境は大きく変化している。当社はこれまで特高・高圧受電の需要家や水処理、高速道路のような公共施設など、多くの需要家に受変電設備や監視制御設備を納入してきた。特に、近年では、長年培ってきた系統連系技術、受変電設備技術、制御技術を駆使して、電力の安定的な確保、省エネ、省コスト、CO₂排出量削減などの課題を解決するためのソリューションを「SPSS」と称して事業を推進しており、豊かなエネルギー社会の構築に寄与するこ

とを目指している。

本稿で紹介する「ENERGYMATE-F」は、当社が推進するSPSSのコア機能を担い、当社の中核製品である受変電設備に太陽光発電システム、コージェネレーションシステム (CGS)、蓄電池などの多様な分散型電源を組み合わせ最適に制御するシステムである。これは、ハードとソフトを融合して、電力の安定供給とエネルギーコストの削減に貢献するソリューションの実現に向けて開発したシステムであり、主として工場・施設向けに標準化された製品として、2016年4月より販売している。

*電力・環境システム事業本部

2. システム概要

これからのエネルギー社会においては、省エネ・節電対策のさらなる加速や太陽光発電、風力発電といった自然エネルギーの利用はもちろんのこと、エネルギーをより賢く使うために蓄電池システムを取り入れるなど、分散型エネルギーを活用することが重要になってくる。分散型エネルギーの活用は「環境に配慮したエネルギーの有効利用」「エネルギー供給リスクの分散化」「エネルギーの地産地消・循環型社会の実現」に大きな意義をもつものである。

ENERGYMATE-Fは「予測」「数理計画による最適化」「リアルタイム制御」の技術を駆使したもので、太陽光発電量や負荷需要を予測し、これらの予測情報と設備稼働状況ならびに目標電力や分散型電源の設備特性など、複雑な運用条件を満足しながら、エネルギーコストが最小となるように分散型電源の運用計画を立案して制御するものである。CGS、蓄電池など、複数の分散型電源を設置するような場合、設備管理者は最適な運用を維持するために、複雑な条件を考慮しながら、設備毎に運用パターンを設定する必要があるが、本製品は分散型電源の運用を全て統合管理することで、設備管理者の負担を軽減するとともに、「エネルギーコスト最小運用」「ピークカット運用」「余剰電力活用」「BCP対策」など、状況に合わせた運用に対応することができる。

図1にシステムイメージ、図2に機能概要、図3に機能ブロック図を示す。



図1 ENERGYMATE-Fシステムイメージ

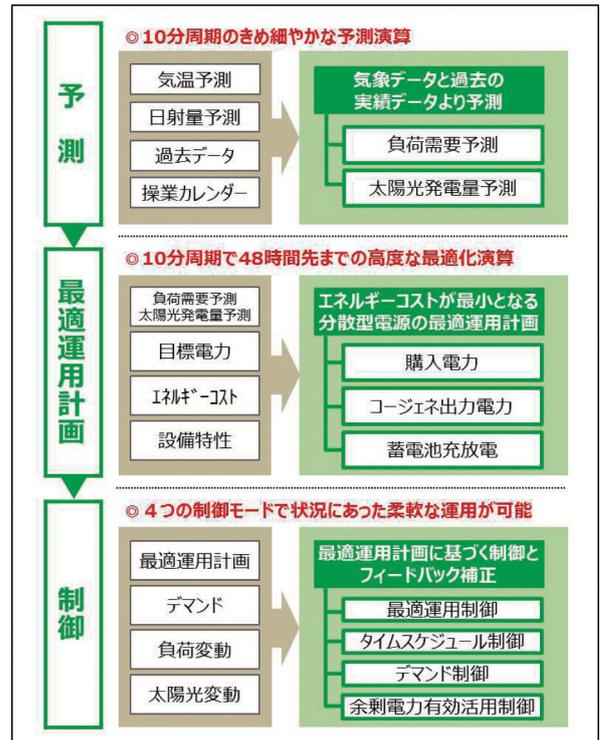


図2 ENERGYMATE-F機能概要

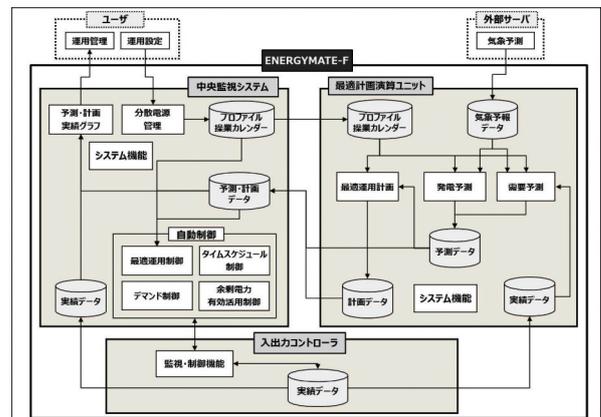


図3 ENERGYMATE-F機能ブロック図

2.1 太陽光発電量予測

気象予測情報、現在の気象情報、過去の発電電力量実績、パネルの設置条件などから10分周期で48時間先までの太陽光発電量を予測する。

2.2 負荷需要予測

気象予測情報、現在の気象情報、過去の負荷需要実績、操業計画などから10分周期で48時間先までの負荷需要を予測する。太陽光発電量予測、負荷需要予測のいずれも、10分周期のきめ細やかな演算を行うことで、予測誤差を低減している。

2. 3 最適運用計画

太陽光発電量予測、負荷需要予測から、CGS、蓄電池など分散型電源の運用計画を立案する。ここでは電力量料金単価、燃料単価、契約形態、目標電力、分散型電源の設備特性などの運用条件を考慮して、エネルギーコストが最小となる分散型電源の制御指令計画を導く。

この最適運用計画の演算には住友電気工業株式会社（以下、住友電気工業）の製品であるsEMSA^(注)を使用している。

2. 4 制御

最適運用計画にもとづいた制御を実行する。また、リアルタイム制御の機能も兼ね備えており、太陽光発電量や負荷需要の急激な変動などによって計画を逸脱する場合には、制御指令値を補正して出力する。

3. 特長

3. 1 最適化演算の高度化

最適運用計画策定には数理計画法を用いており、複雑な運用条件に対して数学的に最適な計画を導くことができる。さらに、10分毎の短周期で48時間先までという高度な最適化演算を実現している。計画においては、表1に示すような分散型電源の設備特性条件も考慮した演算を行っており、これにより高精度な制御運用を提供できる。

表1 設備特性条件の一例

CGS	<ul style="list-style-type: none"> 出力上下限制約 起動時間 出力コスト特性 	<ul style="list-style-type: none"> 出力応答速度 起動回数制限 など
蓄電池	<ul style="list-style-type: none"> 出力応答速度 充電率特性 	<ul style="list-style-type: none"> 充放電出力限界値 充放電効率 など

3. 2 余剰電力の有効活用

計画における受電目標電力として、上限値と下限値を設定することができる。上限目標電力は、いわゆる契約電力を守りながらエネルギーコストミニマムの最適計画を導くためのパラメータとして一般に用いられる。一方、下限目標電力は、太陽光発電などで余剰電力を発生させないようにしながらエネルギーコストミニマムの最適計画を導くためのものである。今後、太陽光発電の自家消費の増加など、余剰電力を賢く使う、無駄なく使うというニーズが高まってくると予想されるので、このような変化にも対応できるアルゴリズムを組み込んでいる。

3. 3 計画制御とリアルタイム制御の融合

「最適運用制御」「タイムスケジュール制御」「デ

マンド制御」「余剰電力有効活用制御」という4つの制御モード（図4）で分散型電源の運用を管理し、これらを最適に組み合わせることで、状況に応じた柔軟な運用を実現できる。「最適運用制御」「タイムスケジュール制御」では、計画に基づいて分散型電源を制御するが、計画による制御だけでは太陽光発電量や負荷需要の急変など、計画周期以下の状況変化に対応できない場合がある。一方、「デマンド制御」「余剰電力有効活用制御」では、このような状況変化にリアルタイムに追従し、制御指令値を秒単位で補正することで、常に最適な運用が行える仕組みとしている。

また、これら4つの制御は、それぞれが自律して機能するように設計されているので、いずれかの制御が機能停止に陥っても運用を継続することが可能である。

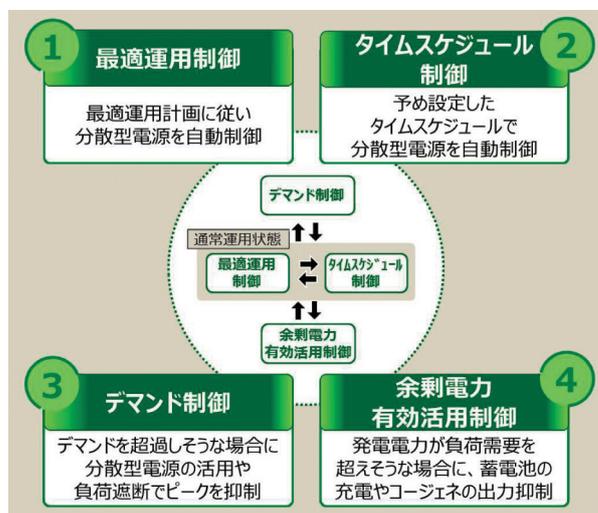


図4 4つの制御モード

3. 3. 1 最適運用制御

最適運用計画で立案された制御指令値に従って、分散型電源を自動制御する。

3. 3. 2 タイムスケジュール制御

予め設定したタイムスケジュールで分散型電源を自動制御する。1分間隔のきめ細かなスケジュール設定が可能である。また、分散型電源だけでなく、空調や照明のタイムスケジュール機能も備えており、負荷設備も含めた総合的な運用が行える。

3. 3. 3 デマンド制御

目標デマンドを超過しそうな場合には、蓄電池の放電やCGSの出力でピークを抑制する。デマンド負荷遮断機能も備えており、分散型電源の活用と負荷遮断を組み合わせることで、より確実な制御を実現している。

3. 3. 4 余剰電力有効活用制御

発電電力が負荷需要を超えそうな場合に、蓄電池の充電やCGSの出力抑制を行う。

3. 4 充実したユーザインタフェース

分散型電源を運用するための「制御運用メイン画面（図5）」の他、「太陽光発電量予測／実績グラフ」「負荷需要予測／実績グラフ」「最適運用計画／実績グラフ」などを備え、平常運用ならびに維持管理運用を快適に行えるように設計している。負荷需要は48時間先まで予測できるので、将来のピーク時間帯とピーク需要量を把握することで、事前のピーク対策立案に活用することができる。電力量料金単価、燃料単価、契約形態、目標電力、分散型電源の設備特性など各種の運用条件は、ユーザの利用環境に応じて、オンラインで簡単に変更することが可能である。



図5 制御運用メイン画面

3. 5 突発的な負荷変動にも対応

工場などでは大型の試験設備を不定期に稼動するようなケースがある。このような稀に生じる突発的な負荷増加に対しては、操業カレンダー設定機能を使って、平常時よりも増加する電力需要を10分単位で数値設定することができる。負荷需要予測では、ここで設定された数値をオフセット値として予測値に反映することで、より高精度な運用を提供できるようになっている。

4. 前橋製作所における実規模運用

当社では、SPSSソリューションビジネスの発展に向けて、前橋製作所に太陽光発電システム、CGS、電池電力貯蔵システムからなる分散型電源システムを構築して、2014年3月より検証実験を行ってきたが、2016年4月以降は、製品化された「ENERGYMATE-F」による完全自動運用に移行することで、検証から実規模運用へとステージを上げている。前橋製作所における設備構成は表2のとおりであり、導入効果実績として、年間エネルギーコスト26%削減（2012年度比）、年間CO₂排出量8.5%削減（2012年度比）を実現している。

表2 前橋製作所 設備構成

設備	容量など
太陽光発電システム	550kW
CGS	ガスエンジン700kW
電池電力貯蔵システム	リチウムイオン電池96kWh
EMS	ENERGYMATE-F

2016年4月以降の実規模運用ステージでは、目標電力を契約電力に対して300kW引き下げた条件での運用を通年で実現しており、2017年4月以降は空調・照明の負荷設備側の省エネ制御も組み合わせた運用を開始して、さらなる省エネ、省コストを目指している。

また、システム構築に際しては、省エネ制御に必要な温湿度や照度の計測用センサ類などの機器との接続に無線技術を活用することで、工事コストの低減も図っている。

実規模運用システムのイメージを図6、システム構成を図7、構成する分散型電源の写真を図8～図10に示す。

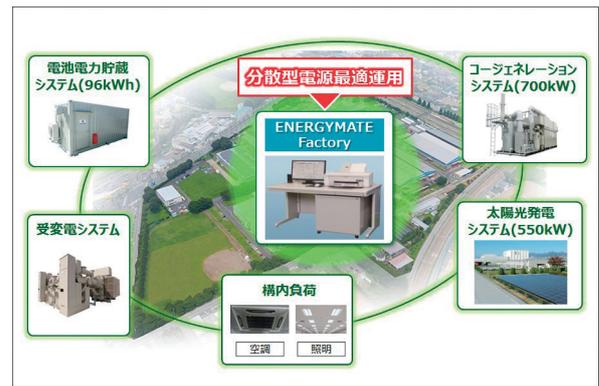


図6 当社前橋製作所 実規模運用システムイメージ

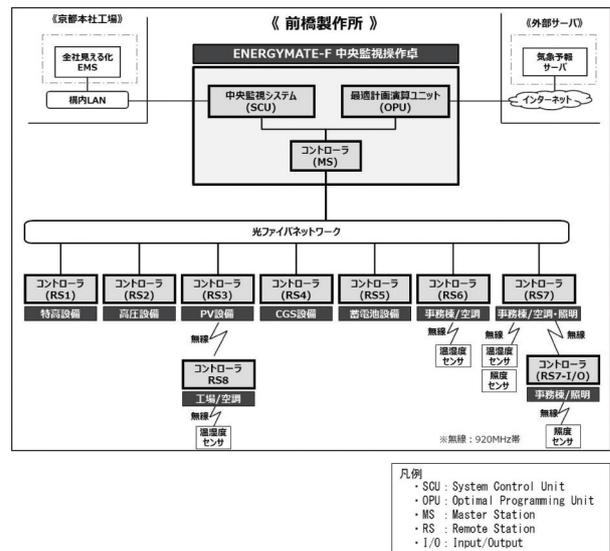


図7 実規模運用システム構成



図8 太陽光発電システム



図9 コージェネレーションシステム



図10 リチウムイオン電池

4. 1 運用事例

「ENERGYMATE-F」による実規模設備での運用結果の事例を図11、図12に示す。図11は、買電価格がCGS発電価格よりも安価な場合の事例を示している。安価な買電がベースとなり、受電が上限目標電力を超過する時には、蓄電池の放電とCGSの出力でピークを抑制する運用となっている。蓄電池、CGSのどちらの制御を優先するかは、上限目標を超過する電力の大小に応じて、蓄電池、CGSの出力効率や出力応答速度などの特性を考慮して判断している。反対に受電が下限目標電力を下回る場合には、蓄電池の充電とCGSの出力抑制を行うことで下限目標電力を下回らないようにコントロールしている。

図12は、昼間時間帯は買電価格よりもCGS発電価格の方が安価、夜間時間帯は買電価格の方が安価という場合の事例を示している。昼間時間帯は安価なCGSがベースとなるが、負荷需要が減少して余剰電力が生じる可能性がある昼休みの時間帯に向けて、下限目標電力を管理しながら、蓄電池を事前に放電しておき、昼休みの負荷減少に応じて蓄電池の充電とCGSの出力抑制を行うことで余剰電力が生じないようにコントロールしている。夜間時間帯には安価な買電がベースになる運用に移行するが、受電が上限目標電力を超過する時間帯には、CGSからの出力でピークを抑制する運用となっている。

このようにCGSの効率や出力上下限制約、応答速度、蓄電池の充電率などのさまざまな条件を考慮しながら、買電とCGSと蓄電池の中からエネルギーコストが最小になる電源を常に適切に判断して運用することが可能である。

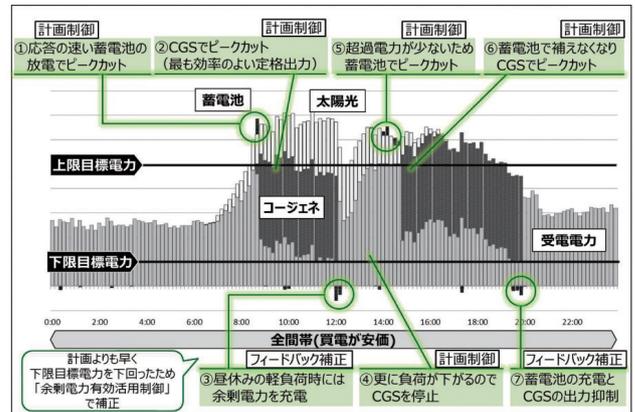


図11 事例1 (買電安価)

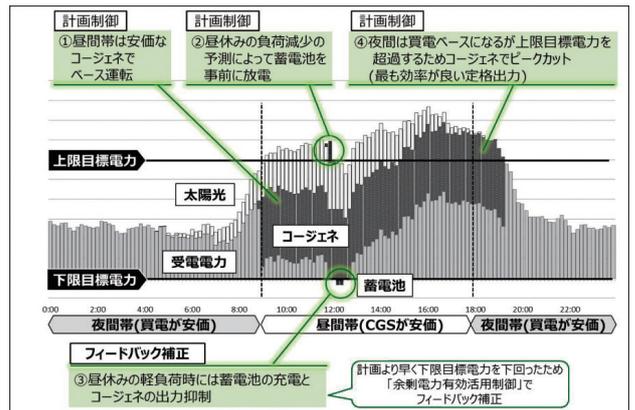


図12 事例2 (時間帯別料金)

図中で“計画制御”となっているところは最適運用計画による制御を示している。“フィードバック補正”となっているところは、計画を逸脱したことで「デマンド制御」や「余剰電力有効活用制御」に変更し、太陽光発電量や負荷需要の変動にリアルタ

イムに追従して制御したことを示しており、計画周期以下の状況変化に対しても柔軟に対応して運用できていることが分かる。

5. おわりに

本稿で紹介した「ENERGYMATE-F」は、きめ細やかな演算結果に基づくエネルギーの適切な運用を実現していることから、地球温暖化対策と安全・安心に貢献する製品として高く評価され、JECA FAIR 2017（第65回電設工業展）の製品コンクールにおいて環境大臣賞を受賞することができた。

エネルギー環境は大きく変化している。省エネ性、環境性、自律性に配慮したエネルギー構造に加え、電力の需要と供給のバランスを制御して、より効率的なエネルギー利用を実現していくことがますます重要になっていく。本製品は、主に工場・施設を対象にした製品であるが、このような社会ニーズに対するソリューションを提供していく基盤になるものであり、公共分野やスマートコミュニティの構築など、さまざまな分野への活用拡大を図っていく。

また、エネルギー運用データを分析することが、さらなる省エネ、省コストを生み出していく。今後は、AI（人工知能技術）を活用した運用データの自動分析や、その結果を活用した運用支援機能を提供するなど、エネルギーマネジメント技術の向上と新たな価値創出に取り組んでいく所存である。

6. 謝辞

本開発は住友電気工業のご協力を得て進めることができた。ここに深く感謝の意を表する。

参考文献

- (1) 荒川 修三 他：「スマート電力供給システム (SPSS) と実規模検証計画の概要」、日新電機技報Vol.59 No.1, pp.38-58(20144)
- (2) 藤原 基伸：「多様な分散型電源を最適に制御するエネルギー管理システム「ENERGYMATE-Factory」の開発」、クリーンエネルギーVol.25, No.10, pp.6-12(2016.10)
- (3) 藤原 基伸：「分散型電源を統合管理する「エネルギー管理システム」の開発」、電気評論 第637号、第102巻、第3号、pp.53-57(2017.3)
- (4) 井尻 有策 他：「ENERGYMATE-Factoryによる分散型電源の最適運用制御」、SEIテクニカルレビュー、第190号、pp.57-61(2017.1)

(注) 「sEMSA」は、住友電気工業の登録商標です。

執筆者紹介



藤原 基伸 Motonobu Fujiwara
電力・環境システム事業本部
システムエンジニアリング部
ソリューション技術部
部長



井尻 有策 Yusaku Ijiri
電力・環境システム事業本部
システムエンジニアリング部
ソリューション技術部
グループ長