

スマートグリッド社会を実現するグリッド管理装置 「SANUPS K23A (M タイプ)」の開発

太田 拓 弥

東日本大震災以降、日本の電力供給システムでは、更なる省エネ化や電力の安定供給を図るため、スマートグリッドなどの新しい電力インフラの検討が進んでいる。しかし、そのニーズに応えられる電力変換装置は非常に少ない。今回開発したグリッド管理装置「SANUPS K23A (M タイプ)」(以下「本装置」という)は、太陽光発電などの再生可能エネルギーによる分散型電源の電力と商用系統の電力を、蓄電池を用いてバランスよくコントロールして効率よく利用することができ、スマートグリッド社会への貢献が期待される。
キーワード：スマートグリッド、グリッド管理装置、分散型電源、蓄電池、ピークカット

1. はじめに

現在、日本の電力システムは、電力会社による大規模集中電源により発電された電力が、需要家端まで管理され供給されている。東日本大震災以降、このような電力供給システムにおいて、いくつかの問題点が指摘されるようになった。そのひとつとして、大規模集中電源では、ひとたび事故が発生すると、広範囲に影響をおよぼすため、災害時のエネルギー供給の確保が課題となる。また、原子力発電の危険性が問題視され、火力発電はCO₂の排出問題も懸念される。このため、再生可能エネルギーを使用した分散型電源によるクリーンな発電への期待が大きくなっている。このような状況の中で、図-1に示すような需要家側に近いエリアで分散型電源を使用し、地域レベルでエネルギー供給することができる「スマートグリッド」が注目されている¹⁾。

しかし、再生可能エネルギーを使用した分散型電源が配電系に大量導入された場合、商用系統に悪影響をおよぼす可能性が懸念されている。再生可能エネルギーは自然環境に大きく左右されるため、気象状況による出力変動や分散型電源の一斉脱落といった事故により電力品質の維持が困難となる可能性がある。これに対応するために、蓄電池やITを用いて需給バランスの制御をおこないながら、電力会社のシステムや地域内のシステムと連動する無駄のない効率的なシステムであるスマートグリッドの必要性が高まっている²⁾。このような状況の中、スマートグリッドの電力事情に対応した、電力変換装置を開発した^{3), 4)}。

本装置は、ローカルエリアにおける発電と消費の交流電力網(グリッド)を管理していることから、「グリッド管理装置」と呼ぶ。

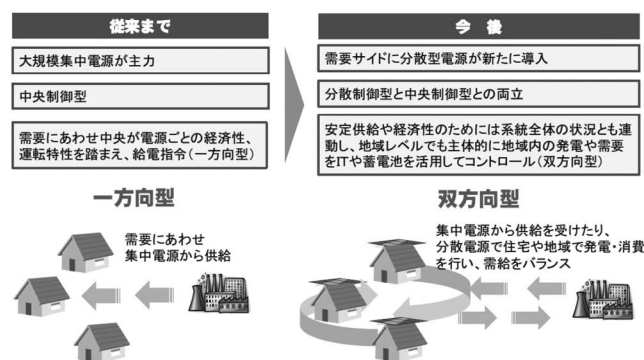


図-1 電力インフラの変化¹⁾

2. 基本構成と動作概念

(1) 基本構成

図-2にグリッド管理装置の基本構成を示す。本装置は、商用電力系統と電力消費機器との母線の間に直列に接続された交流スイッチ(以下 ACSW という)、商用電力系統と並列に接続された双方向インバータを介した蓄電池、グリッド管理装置の出力に接続さ

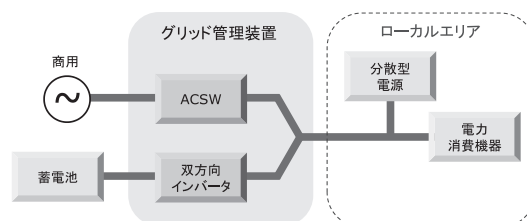


図-2 グリッド管理装置の基本構成

れた分散型電源により構成されている。

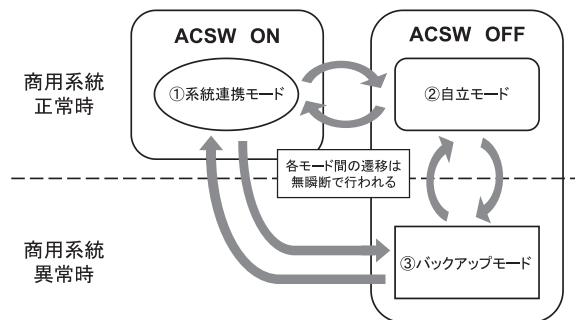
グリッド管理装置は、ローカルエリア内の電力変動を、蓄電池への充放電をおこなうことにより抑制することができる。

(2) 動作概念

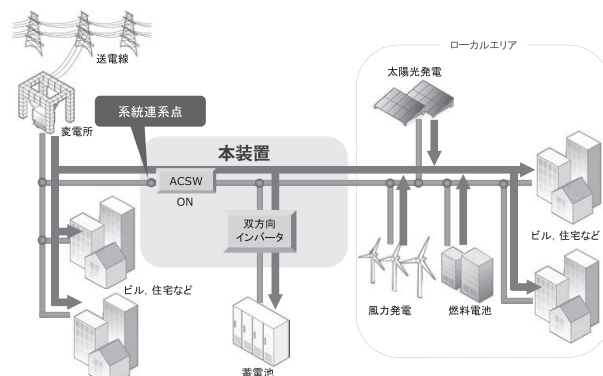
図—3にグリッド管理装置の動作モードの遷移図を示す。グリッド管理装置には、系統連系モード、自立モード、バックアップモードの3つのモードがある。その中で、グリッド管理装置は主に、系統連系モードと自立モードの2つの動作モードで運転をおこなう。以下に、各々の動作モードについて説明をする。

図—4に系統連系モードの動作概念図を示す。図—4に示すように系統連系モードは、商用系統と連系して動作するモードである。ローカルエリアでは、分散型電源の発電変動や電力消費機器の消費変動があり、需給変動が生じている。このモードでは、商用系統と蓄電池の2種類の電力源により、ローカルエリア内および商用系統とローカルエリア間の需給バランスのコントロールをおこなっている。商用系統と連系し、電力消費機器の消費電力のベース部分を商用系統から補うことで、蓄電池の充放電を少なくでき、蓄電池を小型化することができる。また、系統連系モード時に、商用系統異常が発生した場合、ACSWを無瞬断でOFFすることにより、商用系統とローカルエリアを切り離し、バックアップモードへ移行する。図—5にバックアップモードの動作概念図を示す。

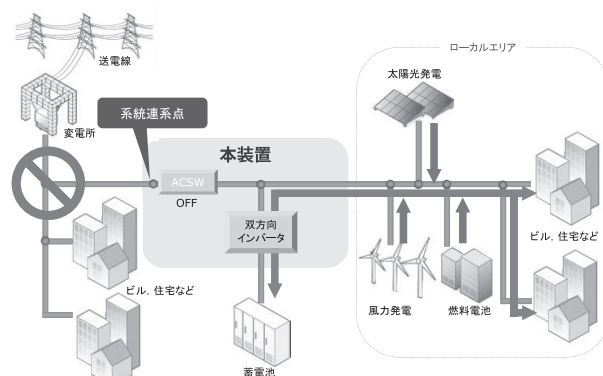
図—6に自立モードの動作概念図を示す。図—6に示すように自立モードは、ローカルエリアと商用系統を切り離し、ローカルエリアにてグリッド管理装置が自立して運転をおこなうモードである。このモードでは、蓄電池のみでローカルエリア内の需給バランスをとるため、系統連系モードよりも大きな蓄電池が必要となる。しかし、蓄電池を大型化することで、商用系統と独立したローカルエリアで電力供給を長時間維持することができるため、災害などの非常時に有効である。自立モード時に、蓄電池が運用下限電圧に達すると系統と同期を取った後、系統連系モードへ無瞬断で移行する。また、自立モード時に、商用系統異常が発生した場合、バックアップモードへ移行するが、もともとACSWをOFFしているため、グリッド管理装置の動作に変化はない。



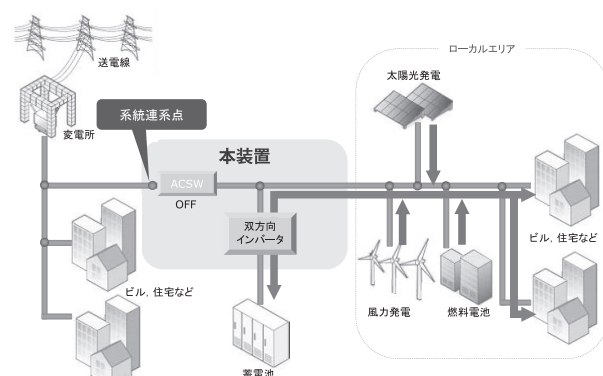
図—3 動作モードの遷移図



図—4 系統連系モードの動作概念図



図—5 バックアップモードの動作概念図



図—6 自立モードの動作概念図

3. 基本動作モード

グリッド管理装置は、商用系統の状態や外部入力指

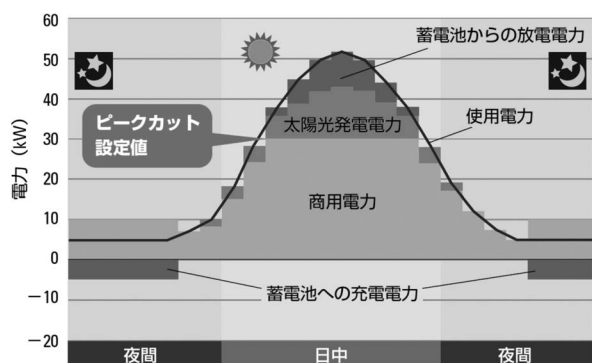
令の状態により、系統連系モード、自立モード、バックアップモードの3つのモードで動作する。

各々のモードにおいて、ローカルエリア内の負荷バランスが、「分散型電源の発電量が消費電力より小さい場合」と「分散型電源の発電量が消費電力より大きい場合」で、グリッド管理装置の動作が異なる。以下に、各々のモードにおける、ローカルエリア内の負荷バランスによるグリッド管理装置動作の説明をする。

(1) 系統連系モード

系統連系モードでは、あらかじめ商用系統からの最大受電電力を設定し、グリッド管理装置は受電電力が設定値を超えないように動作する。設定値を超えた分の電力は、蓄電池から放電をおこなうことで、商用系統からの受電電力のピークを抑制することができる。そのため、この設定値を「ピークカット設定値」と呼ぶ。

ピークカット設定値はあらかじめ時間帯毎に設定することができ、商用系統からの受電電力が大きい時間帯に、受電電力を抑制するよう、ピークカット設定値を設定することで、商用系統全体の電力平準化に寄与できる。図—7にピークカット動作のイメージ図を示す。



図—7 ピークカット動作のイメージ図

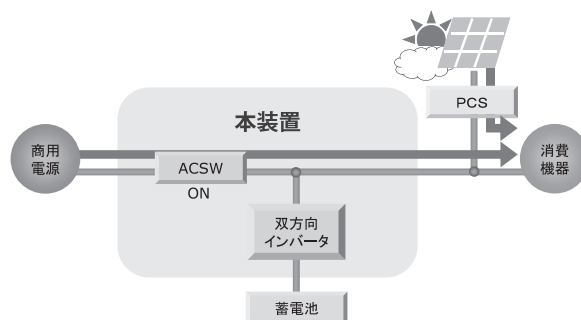
ローカルエリア内において、「分散型電源の発電量が消費電力より小さい場合」のグリッド管理装置の動作は、ローカルエリア不足電力（消費電力から分散型電源の発電電力を差し引いた電力）がピークカット設定値より大きい場合と小さい場合で異なる。

図—8にローカルエリア不足電力がピークカット設定値より小さい場合の給電状態を示す。この状態では、ローカルエリア不足電力はすべて商用系統から補われ、蓄電池からの放電はおこなわない。電力消費機器へは分散型電源と商用系統から電力が供給される。

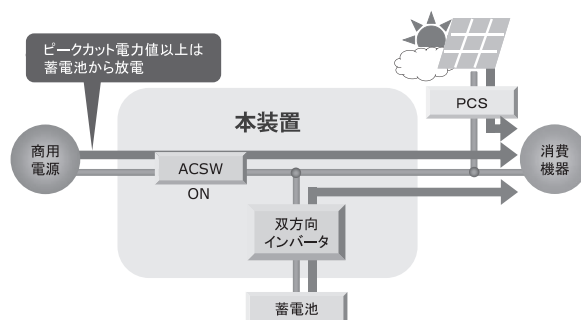
図—9にローカルエリア不足電力がピークカット設定値より大きい場合の給電状態を示す。この状態では、ローカルエリア不足電力の内、ピークカット設定

値までは商用系統により補われ、残りは蓄電池からの放電により補われる。電力消費機器へは分散型電源、商用系統、蓄電池から電力が供給される。

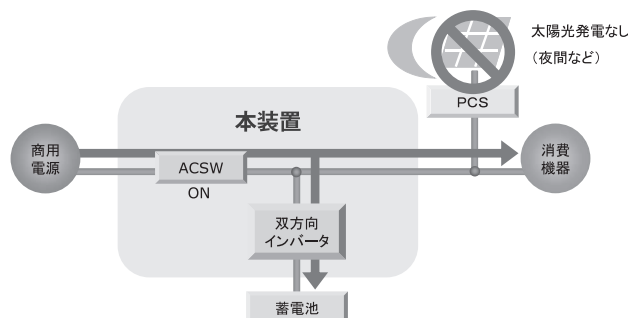
また、蓄電池への充電は、充電開始時刻をあらかじめ設定することで、自動でおこなうことができる。この時の給電状態を図—10に示す。



図—8 ローカルエリア不足電力<ピークカット設定値



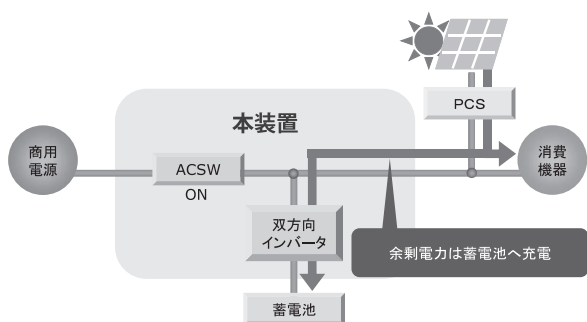
図—9 ローカルエリア不足電力>ピークカット設定値



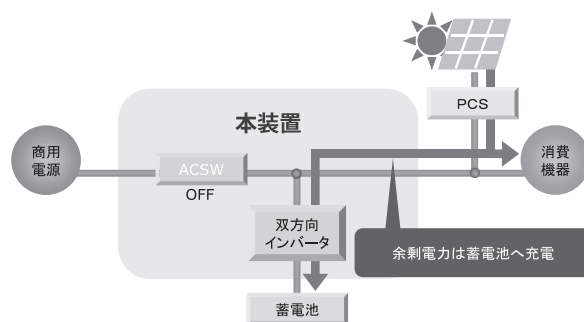
図—10 商用系統による蓄電池への充電

図—11にローカルエリア内において、「分散型電源の発電量が消費電力より大きい場合」のグリッド管理装置の給電状態を示す。この状態では、電力消費機器へは、分散型電源からの電力が供給され、電力消費機器で消費しきれない余剰電力は蓄電池へ充電される。

なお、充電により蓄電池が運用上限電圧に達した場合、グリッド管理装置の動作は、以下の2つのパターンから用途に応じて選択できる。分散型電源を停止しないでインバータを停止させ、余剰電力を商用系統へ逆潮流させる方式と、分散型電源を停止させインバータを停止させない方式の2つである。



図一 11 分散型電源の発電電力>消費電力



図一 13 分散型電源の発電電力>消費電力

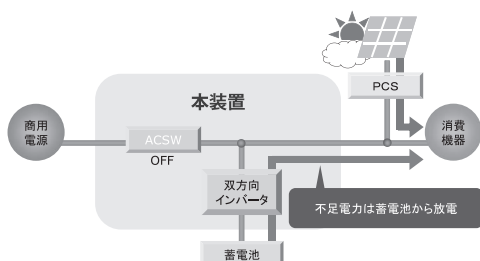
(2) 自立モード

系統連系モード中に外部入力により ACSW の OFF 指令を受けると、ACSW を無瞬断で OFF して、商用系統とグリッド管理装置およびローカルエリアを切り離し、自立モードで運転をおこなう。このモードでは商用系統と装置が完全に独立しており、商用系統に依存しない運転ができるため、商用系統災害時においてもローカルエリアの電力が確保できる。したがって、この運転モードは BCP (Business Continuity Plan) に非常に有効である。

図一 12 にローカルエリア内において、「分散型電源の発電量が消費電力より小さい場合」のグリッド管理装置の給電状態を示す。この状態では、電力消費機器へは、分散型電源と蓄電池から電力が供給される。

災害時などで長期停電の際、分散型電源による発電が見込めなく、蓄電池からの放電が継続し蓄電池の運用下限電圧を検出した場合、グリッド管理装置はインバータを停止させ待機状態となる。この状態で分散型電源からの発電が見込める状態となった場合、外部からの起動信号により、グリッド管理装置は再度インバータを始動させ、分散型電源の電力を使用して蓄電池への充電、および電力消費機器への電力供給をおこなう。

図一 13 にローカルエリア内において、「分散型電源の発電量が消費電力より大きい場合」のグリッド管理装置の給電状態を示す。この状態では、電力消費機器へは、分散型電源から直接電力が供給される。このとき、電力消費機器で消費しきれない余剰電力は蓄電池へ充電される。

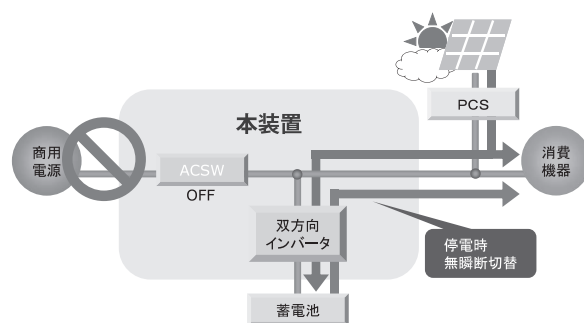


図一 12 分散型電源の発電電力<消費電力

このとき、グリッド管理装置は、充電により蓄電池の運用上限電圧を検出すると分散型電源を停止させ、蓄電池への過充電を防止する。

(3) バックアップモード

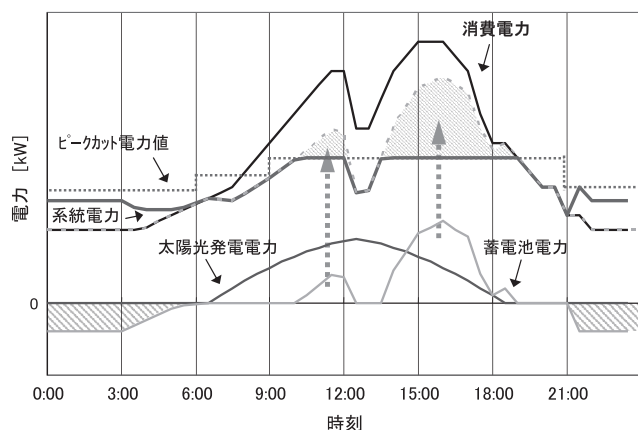
図一 14 にバックアップモードの給電状態を示す。系統連系モード、及び自立モード時に停電が発生するとバックアップモードに移行する。バックアップモード移行時の動作は、自立モードの動作と同様に、ACSW を無瞬断で OFF することにより、商用系統とグリッド管理装置およびローカルエリアを切り離す。停電が復旧すると、自立モードへ移行し、商用系統と同期を取ったのち、ACSW を無瞬断で再び ON して、系統連系モードに移行する。



図一 14 バックアップモード

4. グリッド管理装置の運用例

図一 15 にグリッド管理装置運用の一例として、日中の受電電力のピークを抑制した場合の1日の電力推移を示す。消費電力が少ない夜間に、スケジュール充電機能により蓄電池へ充電をおこない、昼間はピークカット設定値に従い商用系統からの受電電力を制限した運転をおこなうことで、日中のピーク電力の抑制ができる。このような運用により、1日の使用電力を平準化することで、契約電力料金を削減することができる。



図ー15 グリッド管理装置の運用例

5. 装置仕様

表ー1に本装置の標準仕様を示す。写真ー1に今回開発した本装置の20kWの外観写真を示す。製品ラインアップとしては、20kW、50kW、100kWの装置容量があり、BEMS (Building and Energy Management System) などの外部コントローラにより運転管理をすることにも対応できる。また、オプションの入出力盤を装置に接続することで、入力、出力、蓄電池の使用電力などを電力メータにより確認することができる。

装置に接続する蓄電池は、大電流での充放電や長期間の使用に適したリチウムイオンバッテリーを標準としているが、長寿命の鉛蓄電池を使用することもできる。



写真ー1 本装置 20 kW の外観

6. おわりに

本稿では、再生可能エネルギーからの電力と商用系統からの電力をバランスよくコントロールして効率的に利用できる本装置「SANUPS K23A (M タイプ)」の特徴について紹介した。

本装置は、様々な電力事情に柔軟に対応することで、スマートグリッド社会への貢献が期待される製品であり、新たな電力インフラ市場へ展開していきたいと考えている。

謝 辞

本グリッド管理装置は2006年～2010年まで愛知工業大学および株式会社NTTファシリティーズとのマイクログリッドに関する共同研究に基づくものであり、多くの関係者からの協力と助言を得られたことに感謝する次第である。

表ー1 本装置の標準仕様

項目	型名	K23A203M	K23A503M	K23A104M
定格出力容量		20kW	50kW	100kW
交流入力	相数・線数	三相3線		
	定格電圧	AC200V		
	定格周波数	50 / 60Hz		
交流出力	相数・線数	三相3線		
	定格電圧	AC200V		
	電圧精度	±2% 以内 (蓄電池運転時)		
	定格周波数	50 / 60Hz		
	周波数精度	±0.1% 以内 (蓄電池運転時)		
	負荷力率	1.0 変動範囲: 0.7 ~ 1.0 (遅れ)		
装置寸法・重量 (幅×奥行き×高さ)		500×700×1525 約250kg	800×700×1775 約450kg	1050×800×1950 約700kg

J C M A

《参考文献》

- 1) 経済産業省 資源エネルギー庁, 本格化するスマートコミュニティ実証を通じて見えてきたものー, 第13回配布資料2-2, p.6, 次世代エネルギー・社会システム協議会 (2011)
- 2) 経済産業省 資源エネルギー庁, 本格化するスマートコミュニティ実証を通じて見えてきたものー, 第14回配布資料2, 次世代エネルギー・社会システム協議会 (2012)
- 3) 降幡ほか, “グリッド管理装置「SANUPS K23A (M タイプ)」の製品開発”, 山洋電気テクニカルレポート, Vol.35, pp.17-22 (2013)
- 4) 奥井ほか, “分散型電源導入系統におけるパラレルプロセッシング方式を用いた給電システム”, 電学論B, Vol.129, No. 11, pp.1349-1356 (2009)

【筆者紹介】

太田 拓弥 (おおた たくや)
山洋電気(株)
パワーシステム事業部 設計第一部
主務

