

お客様の成功に貢献する 電力制御技術

柳沢 実

Minoru Yanagisawa

1. まえがき

近年の電力系統には、さまざまな負荷や発電設備がつけられることにより、いろいろな問題や要求が出てきている。

商用電力系統およびその受電点を含まない小規模な電力系統では、構内に瞬時の大電力を必要とする負荷が存在すると、そのピーク電流による電圧フリッカと呼ばれる瞬低現象が発生し、その他の機器へ影響を及ぼしている。

受電点を含む中規模な電力系統では、使用電力量のピーク抑制、夜間電力の有効利用の要求がある。

商用電力系統を含む大規模な電力系統では、天候に左右される不安定な発電である太陽光発電などの自然エネルギーの導入が進むことによる影響が懸念されている。

これらの問題・課題の対策は、電力系統の安定化技術であり、電力の有効利用の技術である。

当社パワーシステム事業部では、電力変換技術を生かし、さまざまな製品を開発してきたが、この中で電力系統の安定化、電力の有効利用に関連した製品がある。

まず、当社の電力変換技術、電力制御技術について説明し、その製品である電力回生装置、グリッド管理装置の活用例について紹介する。

2. 電力変換技術

図1に示すスイッチング素子(ここではIGBT)を上下2つ使用し、中点にリアクトルを接続する基本の回路は、その使い方で交流

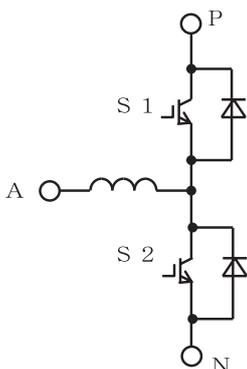


図1 電力変換回路の基本回路

から直流に、直流から交流に、さらに直流を異電圧の直流に変換することができる。この原理を簡単に説明する。

図2ではP端子に高い直流電圧を入力し、上下のIGBTを図のようにON/OFF制御することで、A端子に低い直流電圧、ここでは式①の電圧を出力する。次に図3ではA端子に低い直流電圧を入力し、上下のIGBTを図のようにON/OFF制御することで、P端子に高い直流電圧、ここでは式②の電圧を出力することができる。図2、3はDC/DC変換器となり、図2は降圧チョップパ、図3は昇圧チョップパの動作を示す。

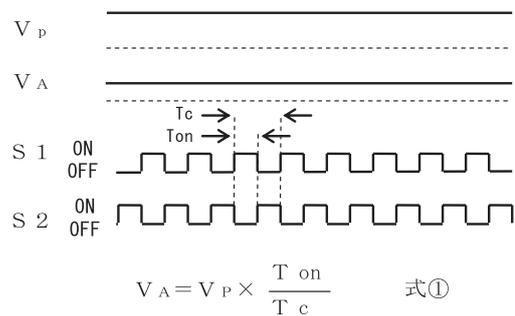


図2 降圧チョップパの動作

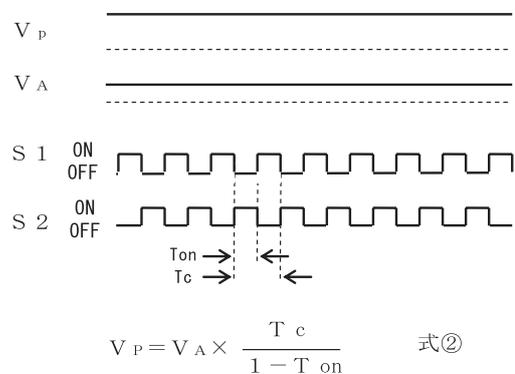


図3 昇圧チョップパの動作

図4ではP端子に直流電圧を入力し、上下のIGBTを式③でON/OFF制御するとA端子に交流電圧が出力される。また、図5ではA端子に交流電圧を入力し、式④で上下のIGBTをON/OFF制御し、P端子に直流電圧が出力される。図4はDC/AC変換器(INV)、図5はAC/DC変換器(CONV)となる。

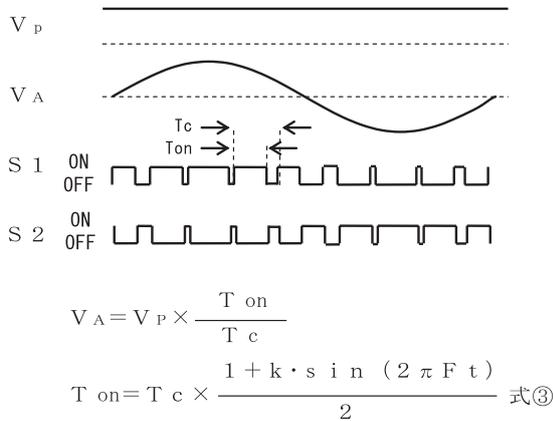


図4 DC/AC変換器(INV)の動作

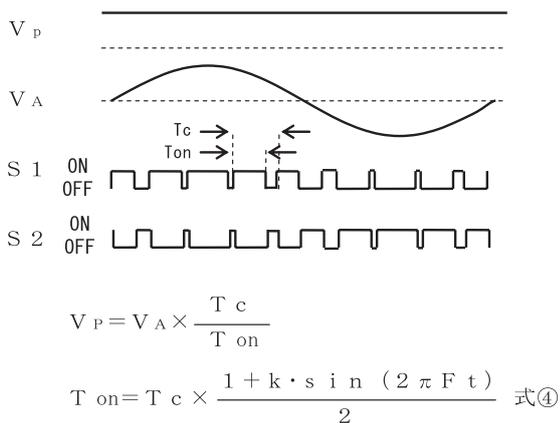


図5 AC/DC変換器(CONV)の動作

このようにIGBTのON/OFF制御を変えるだけで直流を異電圧の直流へ、直流を交流へ、交流を直流へ変換することができる。さらに、この基本回路(図1)は、A/P端子どちらも入力/出力端子にすることができる。これは、A端子からP端子へ、P端子からA端子へ、両方向へ電力を通せることを意味している。

この基本回路の組み合わせにより、いろいろな電力変換装置が実現できる。図6では2つの基本回路をAC/DC変換器(CONV)とDC/AC変換器(INV)として使用し、直流ラインに蓄電池をつなげることで、常時INV給電の無停電電源装置^[1]が実現できる。図7では1つの基本回路をAC/DC変換器(CONV)とDC/AC変換器に切り換え、交流ラインに高速スイッチ、直流ラインに蓄電池をつなげることで、パラレルプロセッシング方式の無停電電源装置^{[1][2]}が実現できる。また、図8では2つの基本回路をDC/DC変換器(CHOP)とDC/AC変換器(INV)として使用し、直流入力に太陽電池をつなげることで、太陽光発電

用のパワーコンディショナ^[3]が実現できる。さらに、図9では2つの基本回路を、1つはAC/DC変換器(CONV)、DC/AC変換器(INV)の両機能を待たせ、1つはDC/DC変換器(CHOP)で昇圧と降圧の機能を持たせ、蓄積エネルギー素子を図のように構成することで電力制御装置が実現できる。これについては次項で説明する。

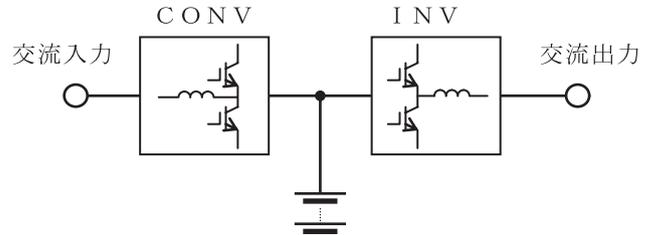


図6 常時INV給電の無停電電源装置

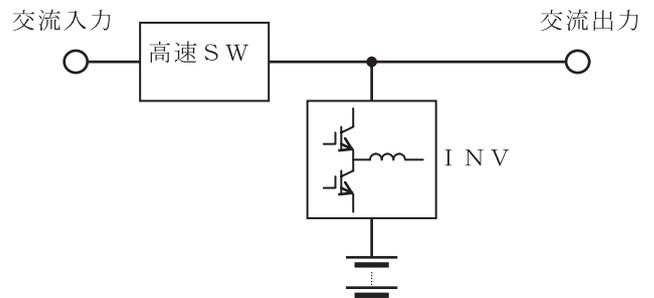


図7 パラレルプロセッシング方式無停電電源装置

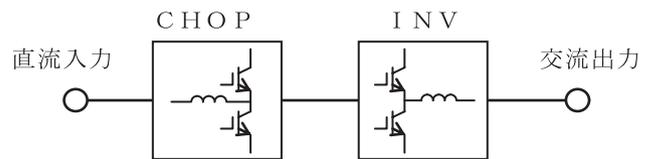


図8 太陽光発電用のパワーコンディショナ

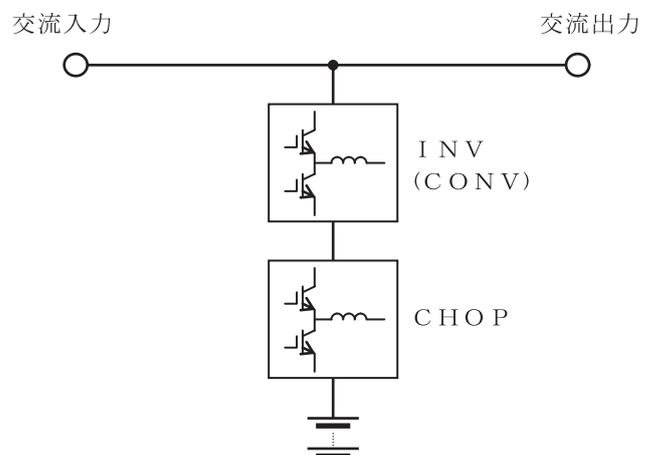


図9 電力制御装置

3. 電力制御技術

2項で電力の変換について主回路の基本回路は一つで、制御を変えるだけで交流から直流に、直流から交流に、直流を異電圧の直流に変換でき、電力の流れも自由にできることを説明した。この変換技術を用い図9の電力制御装置で電力の流れをマネジメント制御し、お客さまに役立つシステムを提案できる。

ここでは、電力のマネジメント制御の種類を説明する。電力の流れは図10による。なお、回生電力は負の電力として表す。

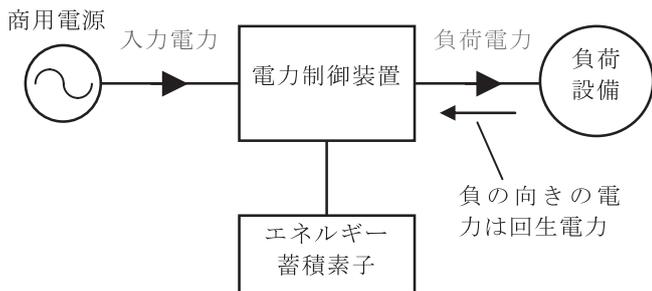


図10 電力の流れ

まず、短い時間での電力制御として、瞬時電力のピークカット制御、瞬時回生電力のピークカット制御(図11)、瞬時電力のベースアシスト制御、瞬時回生電力のベースアシスト制御(図12)がある。

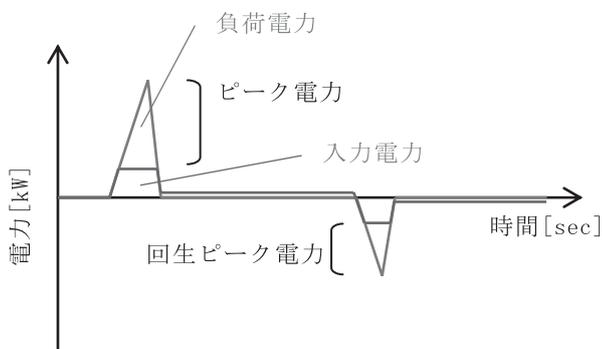


図11 瞬時電力のピークカット制御

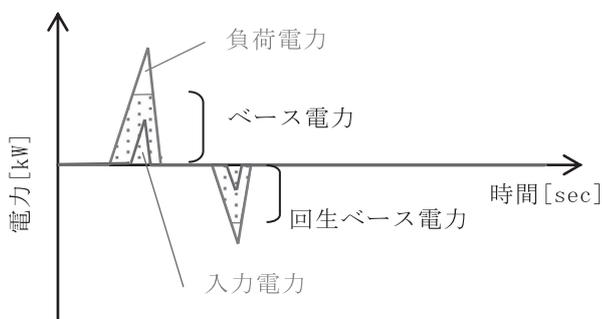


図12 瞬時電力のベースアシスト制御

ピークカット制御、回生電力のピークカット制御は、入力電力の絶対値が一定値を超えた場合に蓄積エネルギー素子から電力を供給、または吸収し、入力のピーク電力を抑えるものである。また、

ピークカットしたエネルギーは、次の負荷変動までに蓄積エネルギー素子を充放電させるものである。ここで、負荷電力が変動する時間が長い場合は充放電電力が小さく設定できる。

ベースアシスト制御、回生電力のベースアシスト制御は、負荷電力が増え始め、一定値までは入力から電力を供給しないで蓄積エネルギー素子より電量を供給し、負荷電力が一定値を超えた場合に入力電源より残りの電力を供給するものである。この制御も入力電力のピークを抑えるのが目的である。この制御においては蓄積エネルギー素子の充電を回生電力でまかなうことができ、負荷電力の順方向側と回生側の電力差が大きく、負荷変動が短い間隔で来る場合に有効である。また、負荷からの回生電力を有効に使える方式である。

どちらも短い時間で電力の充放電を行うため、蓄積エネルギー素子の容量は小さく設定できる。これより、蓄積エネルギー素子は電気二重層コンデンサ(以下EDLCという)が適している。

次に、長い時間での電力制御として、平均電力のピークカット制御(図13)、ベースアシスト制御(図14)、電力平準化制御(図15)がある。この制御は30分の平均電力を制御対象とし、この平均電力のピークをカット、あるいは、ベースをアシストするものである。

ピークカットについては、お客さまの契約電力を下げるのが目的で、ピーク電力の発生頻度は少なく、1日の平均電力に対してピーク電力が大きい場合に効果があり、蓄積エネルギー素子も比較的大きくならないですむ。

ベースアシストについては、昼間の電力を使う時間帯に図のようにベースの電力を補完するもので、補完する電力は夜間に蓄積エネルギー素子に充電し、昼間に一定の電力で出力する。一般的には電力貯蔵がこれに類する。

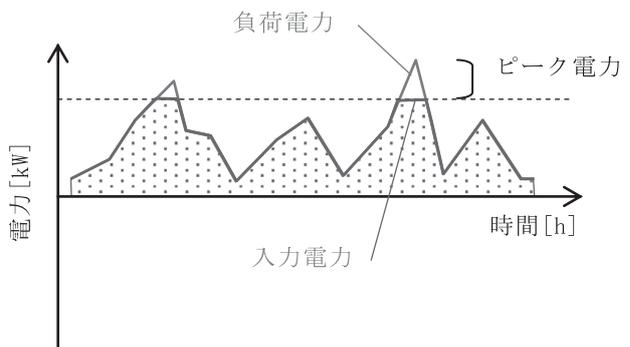


図13 平均電力のピークカット制御

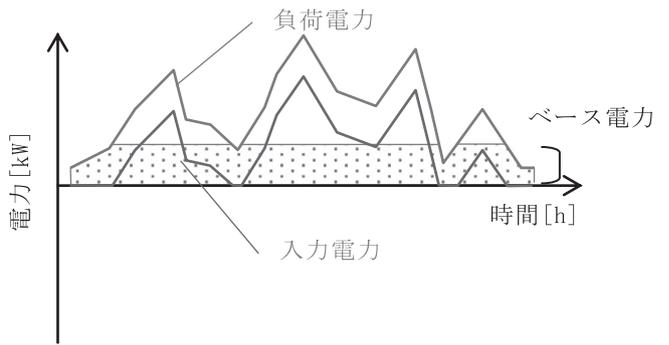


図14 平均電力のベースアシスト制御

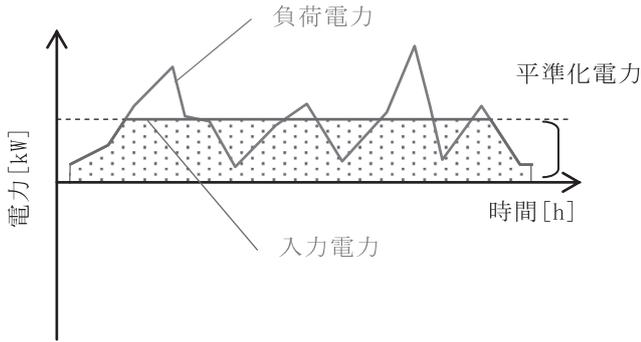


図 15 電力平準化制御

ピークカットの制御とベースアシストの制御を合わせものが、電力平準化である。これはあらかじめ定めた電力に対し、これより増えた場合は蓄積エネルギー素子より電力を供給し入力電力を一定に保ち、これより下がった場合は蓄積エネルギー素子へ電力を充電し入力電力を一定に保つ。このようにして一日の昼間を通じて入力電力を一定にするもので、負荷側の電力変動が商用電源に一切現れず、商用電源に対してとても安定した負荷設備となる。さらには、負荷側に太陽光発電などの発電設備を設け、入力電力を図16のように0Wに近づけることもできる。

ここでは扱う電力量が大きいので、蓄積エネルギー素子は二次電池が適している。近年ではリチウムイオン電池など体積、重量当たりのエネルギー密度の大きな二次電池が開発されてきており、お客様にとって使いやすいシステムが構築できる。

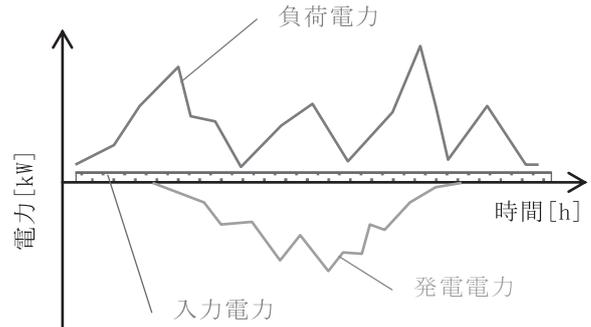


図 16 入力電力を0Wとする電力平準化制御

4. お客様の事例

ここでは、電力制御技術を用いた製品でお客様に提案し採用されお客様の成功に貢献している事例を紹介する。

事例1 パーキングエレベータ用電力回生装置 (K23AA-R)

パーキングエレベータではエレベータが下降するときにはモータでブレーキをかけるために、下降するエネルギーをモータより回生電力として取り出している。従来ではこの回生電力を抵抗で消費していた。また、エレベータが上昇する時は瞬時的に大きな電力を消費している。

今回、回生する電力をEDLCに充電し、次のエレベータが上昇

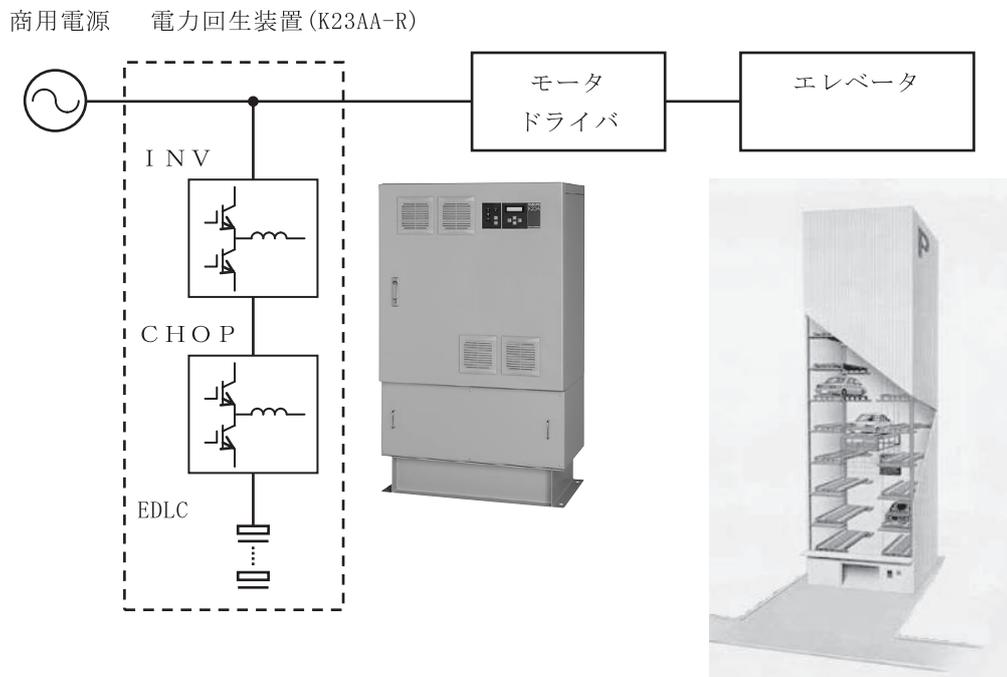


図 17 パーキングエレベータ用電力回生装置(K23AA-R)を使ったシステム構成図

するときその電力をEDLCより供給する電力回生装置を製作した。図17にシステム構成図を示す。電力を消費する場合は、図11の正側電力のようにピーク電力をEDLCから放電し、回生電力が来た場合は図12の負側電力のようにベースの電力をEDLCへ充電する。お客さまの設備として、従来は抵抗で消費していた回生電力をEDLCにため、次の電力消費で再利用することで、省エネとなり、ピーク電力を抑えることで、受配電設備を小さくすることができた。このように、お客さまが考える省エネ立体駐車場が実現できた。

事例2 グリッド管理装置(K23AA-M)

当社では電源グリッドの給電システムに適したパラレルプロセッシング方式の電源管理装置^[4]を提案している。

今回、電気自動車の充電システムに、太陽光発電とリチウムイオン電池を利用したスマートグリッドを実現するため、このパラレルプロセッシング方式を使ったグリッド管理装置(K23AA-M)が採用された。

急速充電器の電力を太陽光発電の電力で供給し、商用電源の電力をなるべく使用しないようにしたい。

急速充電器の電力は、短時間であるが非常に大きく、これを太陽光発電だけの電力で供給するには、大容量の太陽光発電が必要となる。しかし、充電器の使用率は低く平均電力が小さいので、この電力相当の太陽光発電としたい。このようなお客さまの声に対応し、今回のシステムが採用となった。

グリッド管理装置を使用したスマートグリッドのシステム構成図を図18に示す。容量の大きな急速充電器に対し、太陽光発電は10kW×1台である。太陽光発電の電力はリチウムイオン電池に充電され、急速充電器が稼動した時はリチウムイオン電池より電力を供給し、商用電源から電力を3項の図16のようにグリッド内の電力を平準化し、商用電源からの電力を最小とすることができる。EVにおけるゼロエミッション社会の実現に向けた電力給電システムを実現できた。

事例3 ピークカット装置(K33AD-P)

大型のプレス装置は搭載しているモーターが駆動する時に瞬間的に大電力が必要となる。これにより入力電圧に瞬時電圧変動が発生し、電源に接続される機器の異常動作が引き起こされる。これを無くすためには、受電設備や配電設備の強化が必要となり、大きな費用が発生する。当社ピークカット装置(K33AD-P)は大型プレス装置が必要とする大電力を、EDLCに蓄えておいた電力を放出することにより、商用電源からの電力のピークを抑えることができる。また、回生抵抗で熱として捨てていた回生電力をEDLCに貯蔵し、力行時に再利用することで省エネルギーを実現している。

今回、1800kWの大型プレス装置の電源として、EDLCから放出する電力を300kWとしたピークカット装置 K33AD-Pを採用して、入力容量を1800kWから1500kWに低減することができ、既存の電源設備を増強することなく大型プレス装置を導入することができた。システム構成図を図19に示す。

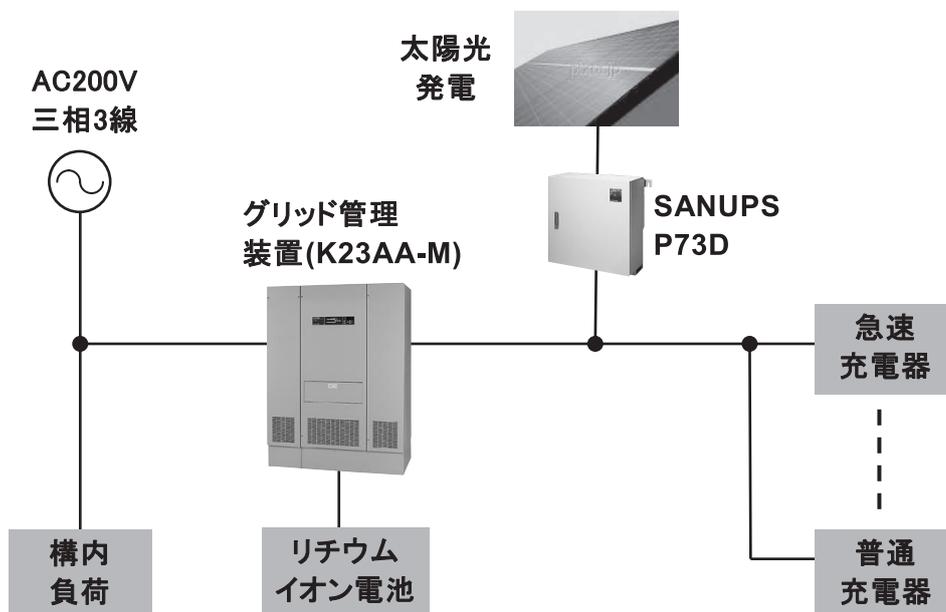


図18 スマートグリッド用管理装置(K23AA-M)のシステム構成図

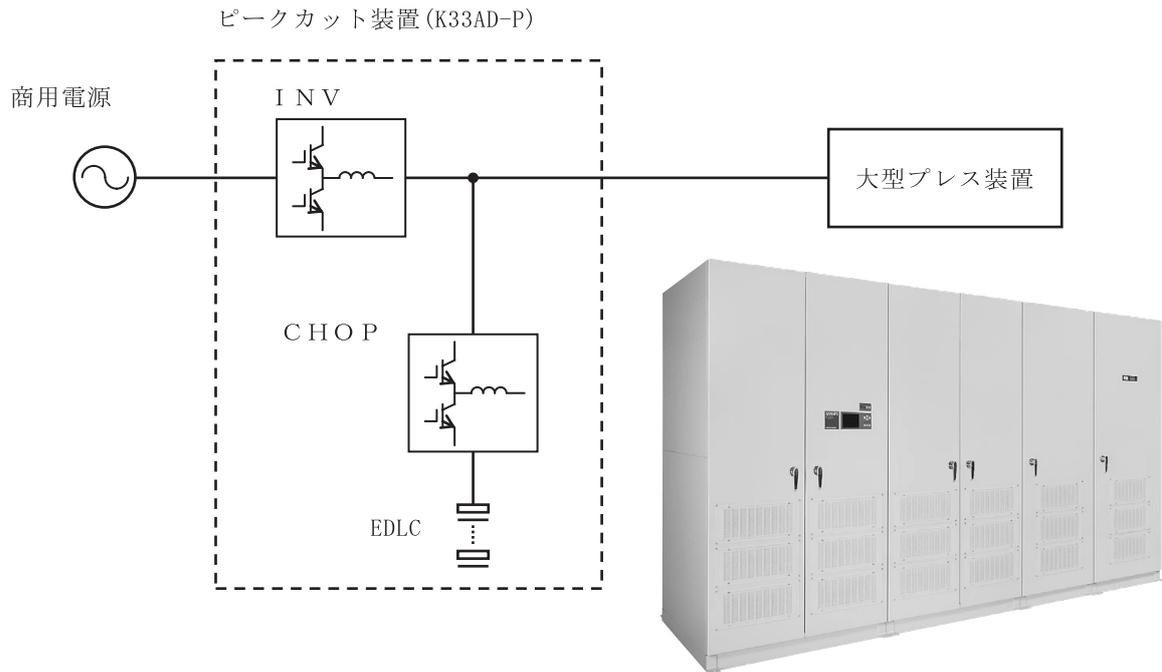


図 19 大型プレス装置とピークカット装置(K33AD-P)のシステム構成図

5. むすび

当社の電力制御技術の説明と、その製品による電力システムの安定化、電力の有効利用の事例を紹介した。ここで紹介した事例は、市場ニーズとしてみれば一例であり、お客さまそれぞれに適した製品が考えられる。今後もお客さまのニーズに合った製品を提案し、お客さまの成功に貢献していく所存である。

文献

- [1] 柳沢 実:「今までの流れを変えるパワーシステム技術」, 山洋電気テクニカルレポート No.16, pp7-10 (2003).
- [2] 平田 博 ほか「中容量UPS「SANUPS E」の開発」, 山洋電気テクニカルレポート No.14, pp24-27 (2002).
- [3] 田澤 則男 ほか「太陽光発電システム用パワーコンディショナ「SANUPS P73D103」の開発」, 山洋電気テクニカルレポート No.17, pp15-19 (2004).
- [4] 奥井 芳明「分散形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.



柳沢 実

1980年入社
 パワーシステム事業部 設計第1部
 電源装置の開発・設計に従事。