

ピークカット用補助電源システムの開発

田村陽一* 吉村慶之* 森田正樹*

本研究で、容易に使用できる補助電源を目的に、ピークカットの機能を備え、蓄電電力量を抑えた小型補助電源システムを開発した。この補助電源システムは、家庭用コンセントから内部バッテリーを充電し、分電盤のブレーカに流れる電流を測定することで使用電力を監視し、設定された電力閾値を超えた場合に超過電力分をバッテリーより補助する。試作したシステムを用いて、電力閾値を500Wとし、330W/660Wの電力負荷を切り替えた実験において、330W負荷では電力補助が行われず、660W負荷に切り替えた際に、超過電力分である160Wの補助を行なうことを確認した。

キーワード：補助電源、ピークカット、蓄電

Development of a Compact Auxiliary Power System with the Function to Peak Cut

Youichi TAMURA, Yoshiyuki YOSHIMURA and Masaki MORITA

In this study, we developed a compact auxiliary power device with the peak cut function and a reduced amount of power, which is easy to use. In this auxiliary power device, the internal battery was charged from an AC outlet. The power consumption was determined by measuring the current flowing through the breaker of the power distribution panel board, and excess power was provided by the battery if the power threshold was exceeded. In the switching test for the power load of 330W/660W, the power threshold was set up to 500W. As a result, when the power consumption of the load was 330W, the auxiliary power system did not work, and when the power consumption of the load was 660W, the auxiliary power system provided 160W of supplementary power.

Key words: auxiliary power device, peak cut, electric storage

1. 緒 言

電力の有効利用のために補助電源システムが注目されている。市販されている補助電源システムは、停電時の電力バックアップ機能やピークシフト機能、ピークカット機能、簡易的なエネルギーマネージメント機能(BEMS, HEMS)など多種の機能を備えている。一方で、家庭向けのものであってもサイズが大きいため設置工事が必要であり、また、電柱からの引込線と分電盤上のブレーカとの間にシステムを設置するため、電気工事が必要となる(図1(1))。

通常の電力使用時に頻繁に生じる問題は一時的な使用電力過多である。使用電力が契約電力を超過するとブレーカが遮断されたり、電力契約の見直しが必要となる。先述した補助電源システムが備える機能の中で、ピークカットはその対策に有効な機能である。

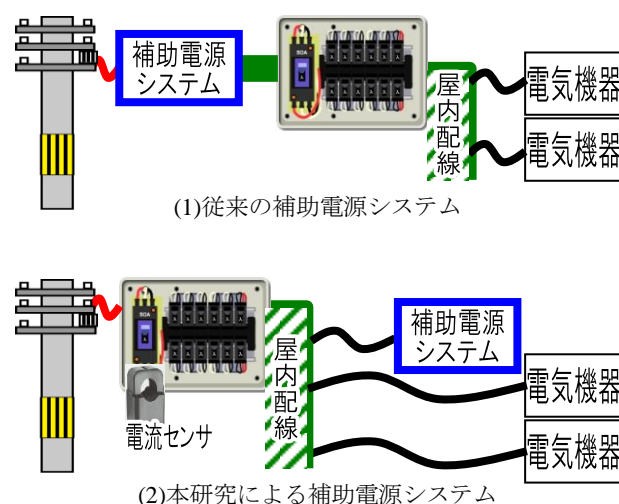


図1 従来の補助電源システムとの比較

*電子情報部

本研究では、ピークカットに焦点を絞り、商用電源を供給するコンセントに接続することで容易に設置し使用できる小型の補助電源システムの開発を行った(図1(2))。

2. 補助電源システムの構成

本研究で開発した補助電源システムの制御回路及び機能ブロック図を図2に示す。

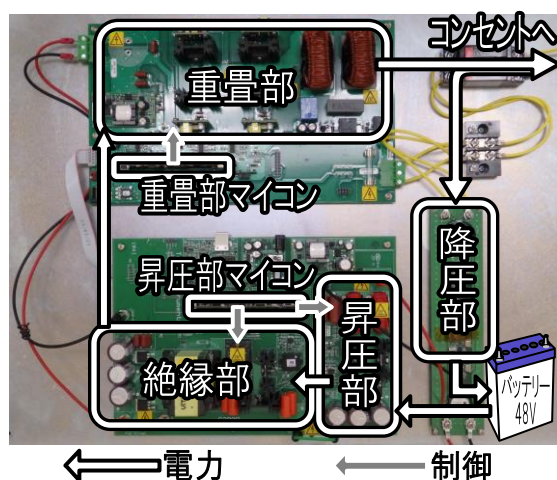


図2 制御回路及び機能ブロック

各ブロックの概略は以下の通りである。

(1) 降圧部

AC100Vを充電に適したDC56Vに変換

(2) 昇圧部

蓄電部のDC56VをDC350～400Vへ変換

(3) 絶縁部

充電系と電力補助系を電氣的に分離

(4) 重畳部

商用電源に同期させて電力を重畳

降圧部は、ブリッジダイオードとコンデンサによる平滑回路に降圧型DCDCコンバータICを組み合わせた構成で設計して製作した。昇圧部、絶縁部、重畳部は、太陽光発電用MPPTインバータ評価ボード(テキサス・インスツルメンツ(TI社)・TMDSHVMPPTKIT¹⁾、TMDSHV1PHINVKIT²⁾)を用い、DCDCコンバータ部やDCACインバータ部を制御するマイコンのプログラムをピークカット用に書き換えて使用した。また、補助電源システムが適切な電力補助を行なうため、分電盤に電流センサを設置し、電流値信号を(サイプレス社)PSoC4マイコンによって監視し、細やかな電力変動に対応できるようにした。次に各ブロックを詳述する。

2. 1 降圧部

蓄電部にはDC12V鉛バッテリー4個を直列で接続している。過充電にならないように充電するため、1個あたりDC14Vの充電電圧が必要となり、4直列でDC56Vとなる。このため、蓄電を行なうにはコンセントからのAC100VをDC56Vに変換する必要がある。また、使用したバッテリーは5時間率容量が28Ahの鉛蓄電池で、その数値の1/10以下の電流で充電しなければ、バッテリーに損傷を与える可能性があるため、過電流充電防止対策が必要である。

本補助電源システムは、AC100VをブリッジダイオードとコンデンサによりDC140Vに平滑した後、出力電流として400mAを取り出せる降圧型DCDCコンバータIC(リニアテクノロジー・LTC7138³⁾)を5個同期駆動させ、56V、2Aの定電圧定電流動作で充電を行なうようにした。

2. 2 昇圧部

AC100VやAC200Vを生成するためには、それぞれのピーク電圧である141V、282Vより大きな直流電圧が必要である。本補助電源システムでは、AC200Vへの対応も視野に入れており、昇圧部マイコンで制御される昇圧型DCDCコンバータを用いてバッテリー出力電圧DC48V～DC56V からDC350～400V を生成している。昇圧型DCDCコンバータは2相インターリーブで動作し、3Aの電流容量を持つインダクタを2個使用している。本研究ではバッテリーの定格出力電圧が48Vであるため、電力は288W(=48V×3A×2個)となり、余裕を持たせ200Wの出力を上限とした。

また、昇圧部マイコンは、電流センサ部マイコンと通信を行い、分電盤で計測された使用電力値と、任意に設定できる電力閾値を比較して、電力閾値を超過した分の電力を供給する機能を有している。

2. 3 絶縁部

図3にコンセントからバッテリーへ蓄電し、蓄えた電力をコンセントへ重畳するシステムで絶縁部がない場合の概略図を示す。図3では、コンセントに接続されている降圧部(コンセントから供給される電力を扱う部分)から、各ブロックを通り最終的に重畳部(コンセントへ出力する電力を扱う部分)がAC100Vを生成してコンセントに電力を重畳させる。ここでコンセント左口が一で右口が+の場合を考えると、点線の経路で左

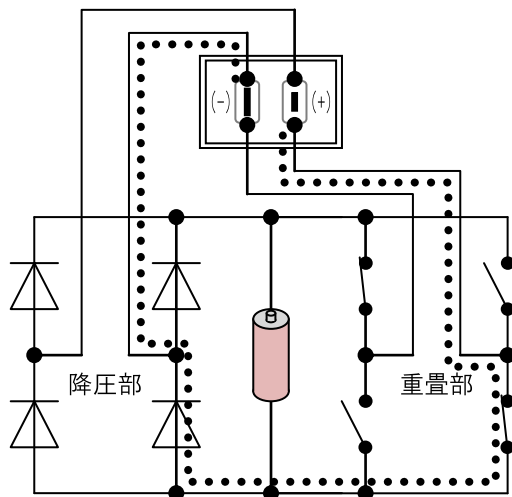


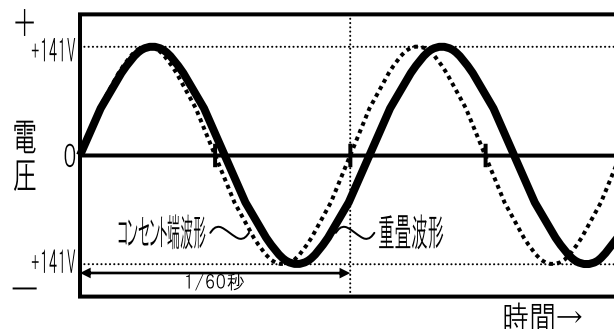
図3 絶縁部の無いシステムの概略図

口と右口が短絡することがわかる。

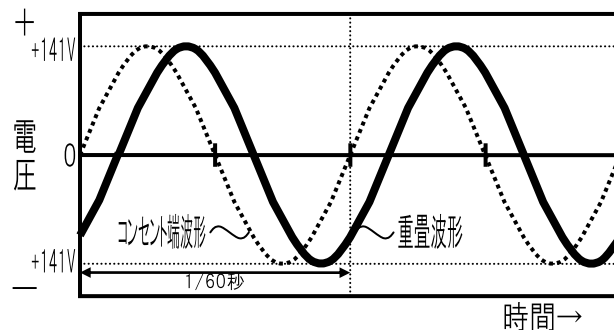
これを避けるために、降压部と重畳部の間にトランスを挟み、無昇圧の絶縁型LLC共振DCDCコンバータにより絶縁した。このDCDCコンバータは昇圧部マイコンにより制御されている。また、昇圧部マイコンと重畳部マイコンの間をシリアルで通信しているが、この通信信号線もデジタルアイソレータ(TI・ISO7240, ISO7242)により絶縁されている。

2. 4 重畳部

絶縁部から供給されるDC350VからAC100Vを生成する。回路構成としては直流から正負の電圧を生成できるHブリッジ(直流交流変換回路)を使用し、そのスイッチング動作を重畳部マイコンによって制御している。今回は周波数が60Hzの地域で使用することを前提としているが、重畳用マイコンの内部クロックにて60HzのAC100Vを生成しても、コンセントに供給される60Hzの商用電源と周波数、位相は一致しない(図4)。コンセント端と周波数、位相がずれた状態でAC100Vを生成してコンセントへ供給すると、バッテリーの電力が無駄に消費され、場合によっては装置故障や事故などの原因となるので、重畳部マイコンは電力を重畳すべきコンセント端に現れるAC100Vの周波数、位相を常に監視し、重畳部マイコン内のソフトウェアで構成された正弦波発振関数の周波数および位相をコンセント端に一致するよう調整を行っており、DC350VからAC100Vを生成する際には、この正弦波発振関数を使用しHブリッジのスイッチング動作を制御するPWM信号が生成される。



(1) 周波数の不一致



(2) 位相の不一致

図4 商用電源と生成交流の周波数、位相ずれの例

2. 5 電流センサ部

今回の主目的であるピークカット機能は、事前に設定された電力閾値を消費電力が超えた際に、超過分を補助する機能である。このため、刻々と変動する消費電力を電力分配の上流である分電盤の位置で常に監視し、適切な補助電力が得られるよう補助電源システムを制御する必要がある。

本補助電源システムでは、分電盤上のブレーカの屋内配線側に電流センサを配置し、ブレーカから流入する電流を監視することで使用電力を測定している(図5)。

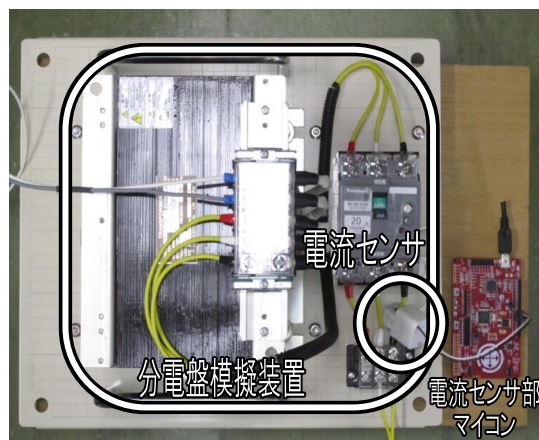


図5 分電盤模擬装置と電流センサ

測定された使用電力値は事前に設定されている電力閾値と比較され、使用電力値が電力閾値より大きい場合は電力補助を増加し、電力閾値以下で9割以上の場合は補助電力を維持し、電力閾値の9割未満の場合は電力補助を低減するよう昇圧部に制御信号を送信している。これにより、補助電力が頻繁に増加／減少に切り替わる現象を抑えている。

昇圧部は制御信号を受けて、重畳部へ供給する電力を増加もしくは低減を行ない、使用電力値が電力補助を必要としない程度に小さくなった場合は重畳部を待機状態とする。

3. ピークカット機能の検証

試作した補助電源システムを図6に示す。コンセントに接続し、200Wの電力を少なくとも1時間供給できる能力を持つ。

図5に示した分電盤模擬装置を作成してコンセントを模擬し、負荷は330Wと660Wを切り替え可能な電機機器を用いて、補助を行なう電力閾値を500Wに設定し実験を行った。

図7に示すように、まず負荷を330Wで動作させ、その後660Wに切り替え、再度330Wの戻すよう負荷の消費電力値を変化させた。負荷を330Wから660Wに切り替えると、測定している使用電力値が電力閾値の500Wを超え、重畳部が起動し、使用電力値が500Wを下回るまで補助電力を増加させる。その後、負荷を660Wから330Wに切り替えたところ、使用電力値が減少して電力閾値の9割未満となり、補助電力を減少させ、最終的に補助電力が必要ない状態となったため重畳部は待機状態となった。図7は動作結果で図8は実験時の様子である。

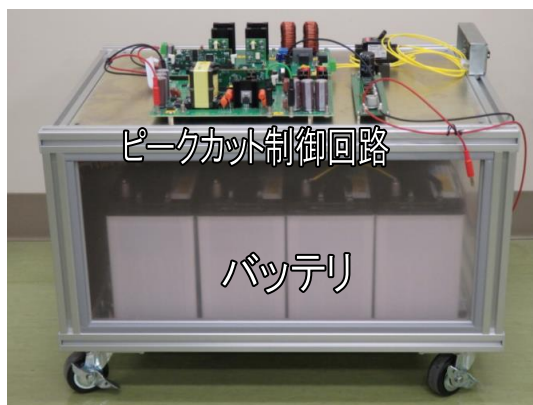


図6 試作した補助電源システム

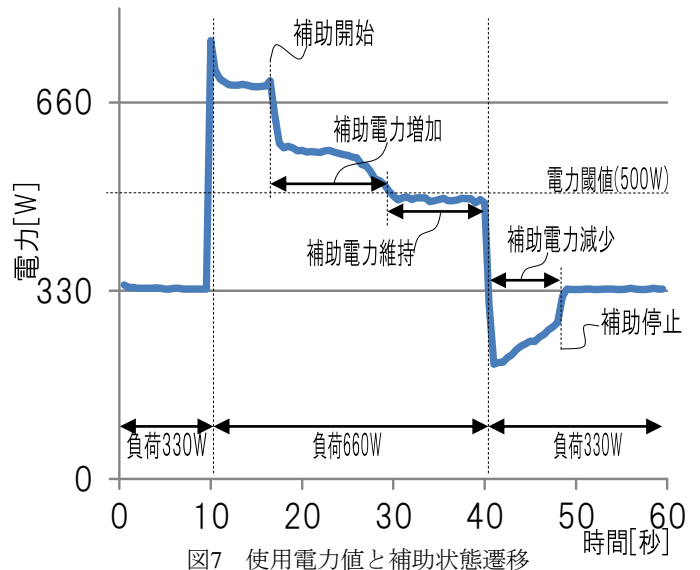


図7 使用電力値と補助状態遷移



図8 動作の様子

4. 結 言

ピークカット機能を持つ補助電源システムを開発した。試作機を用いた検証実験では、コンセントからの電力を整流、平滑、降圧して4直列したDC12V鉛バッテリーに蓄電し、蓄電電力をDC350～400Vへ昇圧後、マイコンで駆動されるHブリッジを使いコンセント端に同期したAC100Vを生成し、電流センサにより測定された使用電力に応じて適切な電力補助を行なうことを確認できた。

参考文献

- 1) Digitally Controlled HV Solar MPPT DC-DC Converter Using C2000 Piccolo Microcontroller. Texas Instruments Incorporated.
- 2) High Voltage Solar Inverter DC-AC Kit. Texas Instruments Incorporated.
- 3) LTC7138データシート. リニアテクノロジー(株).