

熱電発電用バッテリー充電器のMPPT回路システム設計

MPPT circuit system design of battery charger for thermoelectric generation

田辺駿介、丹沢徹 Shunsuke Tanabe, Toru Tanzawa
静岡大学 Shizuoka University

1. 概要

近年注目されている電力変換システムとしてエネルギーハーベスタ(EH)技術がある。この変換電力を用いてICを駆動する研究が行われている[1]。しかし、EHは環境から微小なエネルギーを得るものであり、環境依存性が高いことから供給電力が不安定という問題点がある。この問題点を解決するために、EHにバッテリー(BAT)を直列に繋ぎ、DC/DCコンバータを用いて供給する電力を安定させる電力変換回路システムを提案した[2][3]。しかし、[2][3]において提案した回路はEHの電力最大点追従(MPPT)方式が採用されておらず、効率よく電力を獲得できていなかった。本稿ではバッテリー充電器用MPPT回路システムについて報告する。

2. MPPT制御コンセプト

図1にバッテリー充電提案回路のブロック図を示す。回路コンセプトはEHである熱電発電素子(TEG)とBATを直列接続させ、入力電圧 V_{in} をBATより高い電圧とし、この電圧を入力として降圧コンバータに入力する。TEGは開放電圧 V_{EH} と内部抵抗 R_{EH} によって表される。ここで、 V_{EH} は環境温度によって変化する。TEGは動作電圧 $V_{EHO}(=V_{EH} - R_{EH}I_{EH})$ が $V_{EH}/2$ のとき出力電力が最大、つまりMPPT動作となる。このことから本研究では、 V_{EHO} が $V_{EH}/2$ に漸近するように V_{in} を制御することでMPPT動作を目指す。

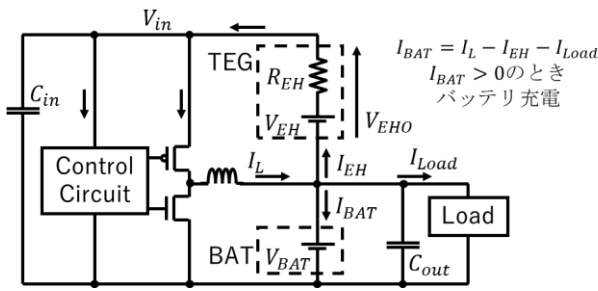


図1 バッテリー充電提案回路

目標となる V_{in}

$$V_{in} = V_{BAT} + V_{EHO} = V_{BAT} + V_{EH}/2 \quad (1)$$

V_{in} を式(1)付近で動作させるための制御方法を図2を用いて説明する。

① T_{ref} 期間…コンバータを停止し、 V_{in} が開放電圧 $V_{in,open}(=V_{BAT} + V_{EH})$ に回復するまで待ち、 $V_{in,open}$ の値に応じて2つの参照電圧 V_{in+} 、 V_{in-} を更新する。この時 V_{in+} 、 V_{in-} は以下の式のようにする。

$$V_{in+} = V_{BAT} + V_{EH}/2 + 0.05V \quad (2)$$

$$V_{in-} = V_{BAT} + V_{EH}/2 - 0.05V \quad (3)$$

② T_{mppt} 期間… V_{in} を更新した V_{in+} 、 V_{in-} の間に入るよう制御する。制御方法は、コンバータを停止し V_{in} 回復、コンバータを動作し V_{in} 低下、この2つを繰り返すことで V_{in+} 、 V_{in-} の間で動作させる。

①②を1周期 T_{cyc} として繰り返し、MPPTを目指す。

3. 設計回路構成

図3にMPPT制御回路システムを示す。 T_{ref} 期間の V_{in+} 、 V_{in-} の更新はAD、DAコンバータを用いる。ADCは消費電

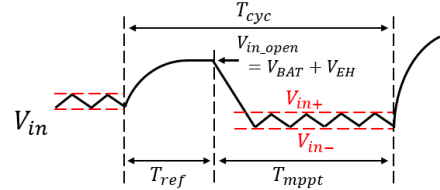


図2 MPPT動作を目指した V_{in} 制御
流、回路面積を考慮して逐次比較型を採用した。更新した V_{in+} 、 V_{in-} と V_{in} をコンパレータで比較し、ラッチ回路でパルスを生成する。このパルスはハイ時(期間 T_{sus})にコンバータ停止、ロー時(期間 T_{res})にコンバータ動作、この2つを制御する。

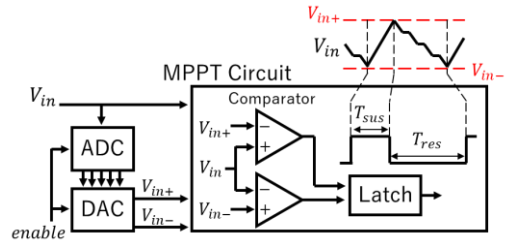


図3 MPPT制御回路システム

4. SPICEシミュレーションと実機測定(meas)結果

V_{in+} 、 V_{in-} を振るため、これらは外部から入力した。図4(a)から、 $V_{EH}/2$ となる $V_{EHO} = 0.6V$ 付近において最も電力がTEGより得られ、発電量に比例してバッテリーを充電できていることからMPPT制御を確認できた。図4(b)は、TEGのピーク発電量に対して、 V_{EHO}/V_{EH} を変えたときのバッテリー充電効率である。制御回路の消費電力 $50\mu W$ 程度であるため充電効率はSPICEシミュレーションで70%、実機で58%であった。

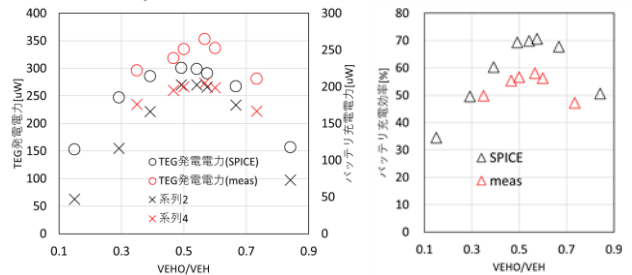


図4(a)

図4(b)

図4 (a) $V_{EH} = 1.2V$ 時における発電・充電電力 vs V_{EHO}/V_{EH}

(b)バッテリー充電効率 vs V_{EHO}/V_{EH}

まとめ 熱電発電用バッテリー充電器のMPPT回路システム設計を行った。入力電圧を制御することで、TEGのMPPT動作を可能とし、効率よく発電及びバッテリーを充電できることを確認した。

謝辞 d-lab VDEC、Cadence、Synopsys、ローム、日本ゼオン、OAD-TECに感謝します。

参考文献 [1] P.D. Mitcheson et al., Proc.IEEE, Sep. 2008.

[2] 酒本ら、信学会総合大会、2021年3月

[3] 田辺ら、信学会総合大会、2022年3月