

一次側平滑回路の充放電に着目した 電解コンデンサレス超薄形 DC/DC コンバータ

高木信太郎* 野口季彦 (長岡技術科学大学)
清野一喜 宇野松夫 (株式会社エーダブリュ・ジャパン)

Electrolytic-Capacitor-Less Ultra-Thin DC/DC Converter Focused on Charge / Discharge of Primary Smoothing Circuit
Shintaro Takagi*, Toshihiko Noguchi (Nagaoka University of Technology),
Kazuyoshi Kiyono, and Matsuo Uno (AW JAPAN Co., Ltd.)

1. はじめに

近年、液晶や有機 EL などの表示素子をはじめ、冷陰極管 (CCFL) や LED などによるバックライト技術の発展に伴い、薄形液晶ディスプレイや薄形照明装置の開発が広く行われている。しかし、これらに必要なスイッチング電源は大容量の電解コンデンサや絶縁トランスなどの高背部品を有するため、装置全体の薄形化を困難にしている。本稿では、平滑用電解コンデンサに蓄えられる電荷の放電タイミングを制御することにより小容量化を実現する手法を提案し、試作機によりその妥当性を確認したので報告する。

2. 一次側平滑回路の容量低減法

平滑コンデンサを小容量化するための手法として、コンデンサの充放電タイミングを制御する方法を提案する。一般的なコンデンサ入力ダイオード整流回路の充放電は、整流された交流電圧が平滑コンデンサの電圧より高ければ充電、低ければ放電と自動的に行われる。このコンデンサ入力ダイオード整流回路に図 1 のような補助回路を加えることによってコンデンサの放電タイミングを任意に制御することができる。

この回路の動作を図 2 を用いて説明する。図 2 で I の期間は平滑コンデンサ C_1 の電圧 V_c より交流電源の電圧 V_{ac} が高くなっているため、整流された V_{ac} から、ダイオード D_b を通して C_1 に充電電流が流れるとともに、後段の DC/DC コンバータにも電流供給が行われる。II は V_{ac} が下がり始め、 V_{ac} よりも V_c の電圧が高くなる期間である。この期間は V_{ac} からのみ、DC/DC コンバータへ電流が供給される。本来ならばコンデンサの C_1 は放電が始まる期間であるが、スイッチ S_b が OFF であるため放電されずに電荷を維持し続ける。III は V_{ac} がある閾値 V_{th} 以下になった時点から始まる。この期間は、まず S_b が ON となって C_1 の放電が始まり、DC/DC コンバータへ電流が供給される。再び V_{ac} が V_c よりも大きくなると I の期間となり、I ~ III の動作が繰り返される。このとき C_1 の最低容量は(1)で求めることができる。

$$C_1 \geq \frac{2P_{out}t_{on}}{V_{max}^2 - V_{th}^2} \quad (1)$$

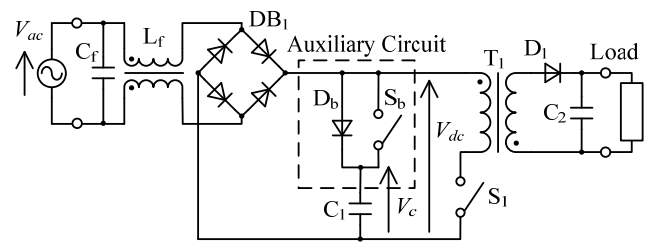


図 1 提案回路
Fig. 1. Proposed circuit.

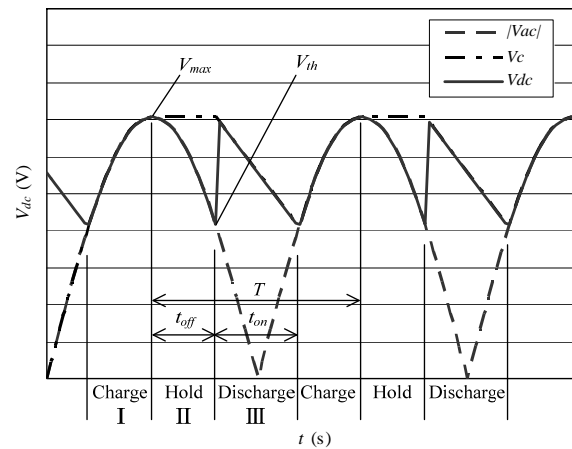


図 2 直流バス電圧波形
Fig. 2. DC-bus voltage waveform.

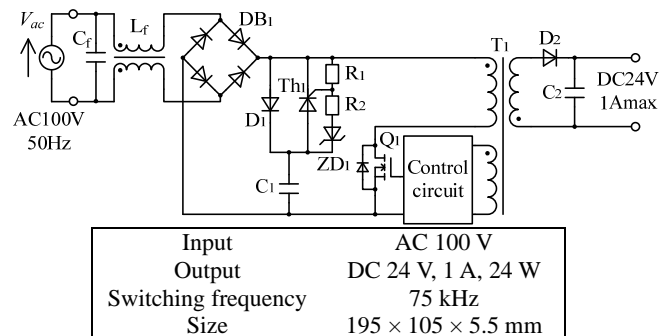


図 3 フライバックコンバータ試作機の構成
Fig. 3. Circuit configuration of prototype flyback converter.

3. 試作機と実験結果

〈3・1〉 試作機の構成

試作機の回路構成と設計仕様を図 3 に示す。回路は平滑コンデンサと直列にサイリスタで構成された補助回路が入っている以外は一般的なフライバックコンバータと同様である。平滑コンデンサ C_1 には日本ケミコン製 THC シリーズ積層セラミックコンデンサを使用している。容量を大きくするために、複数のコンデンサを並列に接続している。今回、一次側の平滑用に使用した積層セラミックコンデンサは 200 V 耐圧、 $2.2 \mu\text{F}$ を 20 個並列に使用しているので、全体の容量は $44 \mu\text{F}$ である。しかし、積層セラミックコンデンサは印加される直流量に応じて、容量が減少する特性をもっているため、実際には容量が半減すると考えなければならない。平滑コンデンサの容量と提案法のコンデンサを ON するための閾値 V_{th} は、出力 24 W にコンバータの効率を考慮して 35 W 程度に耐えられるよう設計した。なお、閾値 V_{th} は 75 V で設計した。試作機の外観を図 4 に示す。基板部品で最も高い部品は絶縁トランスとラインフィルタであり、面積に関しては、トランスや平滑コンデンサが最も大きな面積を占めている。

〈3・2〉 実験結果

試作した回路において、従来のコンデンサ入力ダイオード整流回路と提案する補助回路を加えた場合の各種特性を測定した。使用した平滑コンデンサの容量はどちらも同じである。図 5 は負荷に対する効率特性であるが、両者ともにほぼ 70% の最大効率を達成している。図 6 は負荷に対する総合入力力率特性であり、提案法は従来法に対して 10% 以上改善されることがわかる。これは、平滑コンデンサの電荷維持期間により交流電源の導通期間が大きくなるためである。負荷に対するリップル率特性を図 7 に示す。リップル率は $\Delta V = (V_{max} - V_{min}) / (V_{max} + V_{min}) \%$ で規格化している。従来法はリップル率がほぼ線形的に上昇しているが、提案法は値こそ大きいもののほぼ一定の値を示しており、定格負荷近傍では従来法を下回っていることがわかる。

4. まとめ

本稿では、小容量直流電源の超薄形化という課題に対して、一次側平滑用電解コンデンサについて蓄積電荷の放電タイミングを制御することによる小容量化を提案した。この技術を用いて厚さ 5.5mm の超薄形 DC/DC コンバータの試作を行い、実験的に良好な動作を確認した。

文 献

- (1) 高木信太郎・野口季彦・清野一喜・宇野松夫:「照明用 RCC 電源に用いる超薄形トランスの検討」平成 19 年電学新潟支大, P-23, pp.89 (平成 19 年)
- (2) 新庄史浩・和田圭二・清水敏久:「パワーデカップリング機能を持つ電圧形単相系統連系インバータ」平成 19 年電学産大, 1-21, p.p. 241-245 (平成 19 年)

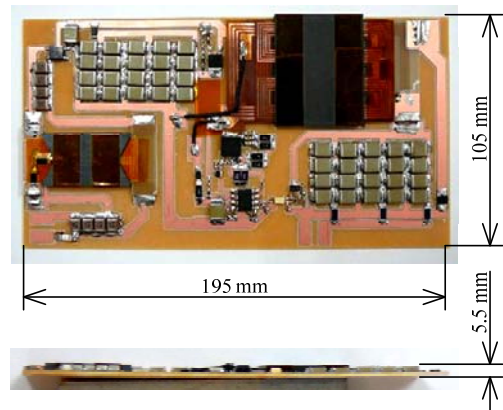


図 4 試作機の写真
Fig. 4. Photograph of prototype.

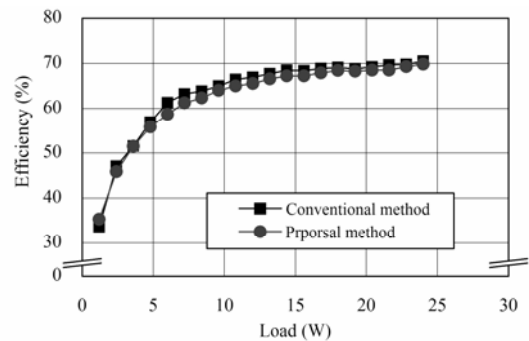


図 5 負荷に対する効率特性 (実験)
Fig. 5. Efficiency characteristic (experiment).

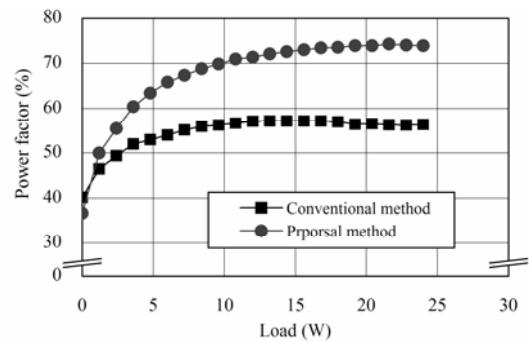


図 6 負荷に対する総合入力力率特性 (実験)
Fig. 6. Total input power factor characteristic (experiment).

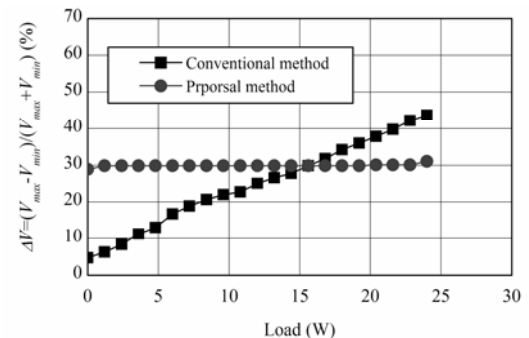


図 7 負荷に対するリップル電圧特性 (実験)
Fig. 7. Ripple voltage characteristic (experiment).