



ارائه شده توسط:

سایت ترجمه فا

مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده

از نشریات معتبر

# یک یکسوساز PFC Sepic و Cuk Rectifiers بدون پل جدید با تلفات

## سویچینگ و هدایت پایین

### چکیده:

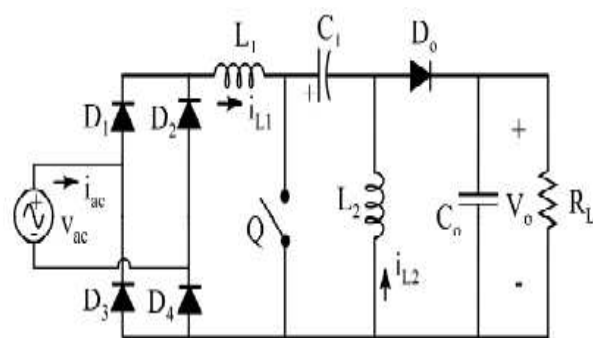
اصلاح ضریب قدرت (PFC) در یکسو کننده تک فاز AC-DC بدون پل بر اساس توپولوژی Sepic و Cuk ارائه شده است. عدم وجود یک پل دیود ورودی و حضور تنها دو سوئیچ نیمه هادی در مسیر جریان جاری در طول هر یک از نتایج سیکل سوئیچینگ در تلفات کمتر انتقال و مدیریت حرارتی نسبت به Sepic معمولی و مبدل PFC Cuk بهبود یافته است. توپولوژی پیشنهادی برای کار در حالت انتقال ناپیوسته (DCM) جهت رسیدن به ضریب توان واحد به شیوه ای ساده و موثر طراحی شده است. عملیات DCM مزایای اضافی از قبیل: جریان صفر بر روی سوئیچ برق، جریان صفر حالت خاموش در دیودهای خروجی ارائه داده است، و باعث کاهش پیچیدگی مدار کنترل شده است. یکسو کننده پیشنهادی مطالعه نظری برای مقایسه عملکرد بین یکسو کننده Sepic PFC پیشنهادی و معمولی انجام می شود. نتایج شبیه سازی و آزمایشی برای مثال های طراحی 65W/48V در 100 Vrms در ولتاژ خط برای ارزیابی عملکرد یکسوساز PFC پیشنهادی ارائه می شوند

**لغات کلیدی:** یکسوساز بدون پل، مبدل Cuk، ضریب اصلاحی توان (PFC)، یکسوساز، مبدل Sepic، اغتشاش هارمونیک کل (THD)

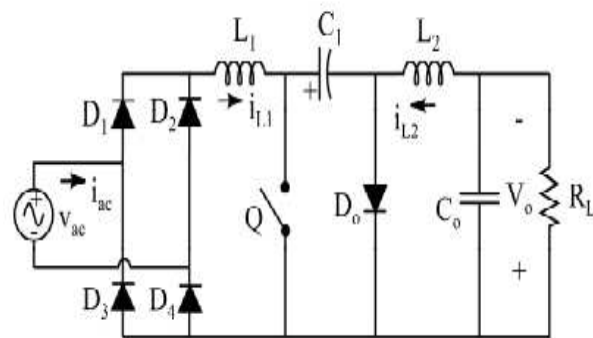
### I. مقدمه

نوع قابل ترجیح اصلاح ضریب توان (PFC) مدار PFC باعث می شود رفتار بار مانند یک مقاومت خالص باشد، که منجر به ضریب قدرت بار نزدیک واحد و تولید هارمونیک ناچیز خط ورودی می شود. فعال ترین مدارهای PFC به عنوان منابع قدرت حالت روشن (SMPS) در بازار امروز شامل پل یکسوساز با فرکانس بالا مبدل DC-DC است. شکل 1. یک مثال از یک PFC Sepic معمولی با یکسو کننده Cuk را نشان می دهد. با توجه به شکل 1، روشن است که مسیر جریان در طول حالت سوئیچ کردن، جریان از طریق دو دیود پل یکسوساز و سوئیچ قدرت (Q) در طول سوئیچ

در زمان، و دو دیود پل یکسوساز و خروجی دیود ( $D_0$ ) عبور می کند. بنابراین، در هر سیکل سوئیچینگ جریان از طریق سه سوئیچ نیمه هادی قدرت انتقال می یابد. این رویکرد برای طیف توان کم مناسب است. در ورودی لاین پایین و قدرت بالا، تلفات بالای انتقال ناشی از افت ولتاژ بالا رو به جلو از دیود پل شروع به کاهش بازده کلی سیستم می کند، و حرارت تولید شده در درون پل یکسوساز ممکن است دیویدهای فرد را از بین ببرد. از این رو، استفاده از یک پل یکسوساز با قابلیت اتلاف گرما بالاتری از جریان مورد نیاز است. این امر اندازه و هزینه منبع تغذیه را افزایش می دهد، و یک طراحی کارآمد غیر قابل قبول را افزایش می دهد.



(a)



(b)

شکل 1. یکسوسازهای PFC متعارف: (الف) توپولوژی Sepic، (ب) توپولوژی Cuk.

برای به حداکثر رساندن بهره وری منبع تغذیه تلاش شده است، تلاش های تحقیقاتی مهمی به سمت توسعه کارآمد توپولوژی مدار PFC بدون پل انجام شده است [1] - [18]. مدار PFC بدون پل اجازه می دهد تا جریان در مقایسه با مدار PFC معمولی از طریق تعویض دستگاه کند. بر این اساس، ضرر تبدیل انتقال می تواند به طور قابل توجهی کاهش یابد و کارایی بالا را می توان به عنوان صرفه جویی در هزینه به دست آورد.

توپولوژی بدون پل بسیاری تا کنون برای پیاده سازی یک مدار تقویت (همچنین یکسوکننده های PFC) به دلیل هزینه پایین و کارایی بالا از نظر بهره وری، ضریب قدرت، و سادگی ارائه شده است. این ویژگی باعث شده است که شرکت های عرضه برای شروع به دنبال توپولوژی مدار PFC بدون پل بروند. در [19]، یک بررسی سیستماتیک از PFC بدون پل برای پیاده سازی یکسو کننده همراه با مقایسه عملکرد یکسو کننده PFC معمولی ارائه شده است. از سوی دیگر، یکسوساز بوست بدون پل دارای یک محدودیت عملی مشابه با مبدل بوست متعارف است. به منظور غلبه بر موانع PFC بدون پل بوست یکسو کننده، دو توپولوژی بدون پل مناسب برای برنامه های کاربردی [20]، [21] معرفی شده است. با این حال، توپولوژی ارائه شده در [20] هنوز هم از داشتن سه نیمه هادی ها در مسیر هدایت جریان در طول هر مرحله تغییر رنج می برد و نیاز به دروازه درایو جدا دارد. از سوی دیگر، توپولوژی بدون پل ارائه شده در [21] دارای چندین مزیت مانند حضور یک یا دو نیمه هادی ها در مسیر هدایت جریان و کاهش ولتاژ در سراسر دستگاه های نیمه هادی است؛ با این حال، آن نیز به یک دروازه درایو جدا نیاز دارد.

## II. یکسوساز بدون پل پیشنهادی

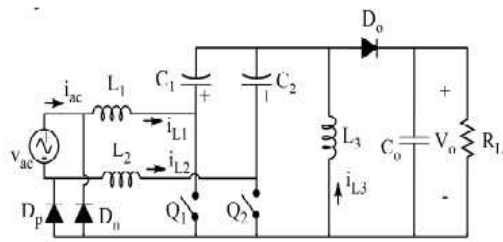
در این مقاله مدارهای PFC بدون پل بر اساس توپولوژی Sepic و Cuk با تلفات انتقال پایین، در شکل 2 (الف) و 2 (ب) نشان داده شده است. بر خلاف مبدل بوست، مبدل Sepic و Cuk چندین مزیت در برنامه های کاربردی PFC، مانند اجرای آسان ایزولاسیون مبدل، محدودیت جریان در هنگام راه اندازی و شرایط اضافه بار، ورودی کمتر موج فعلی، و دخالت کمتر الکترومغناطیسی (EMI) مرتبط با توپولوژی DCM ارائه داده اند. [22] شبیه به بوست بدون پل در [5] و [8]، توپولوژی در شکل 2 توسط اتصال دو DC-DC Sepic یا مبدل Cuk ارائه شده است. مدارهای عملیاتی در طول دوره نیم خط مثبت و منفی برای یکسو کننده Sepic بدون پل پیشنهاد شده اند، شکل 2 (الف) در شکل 3 (a) و 3 (ب) نشان داده شده است.

توجه داشته باشید که با مراجعه به شکل 3، یک یا دو نیمه هادی در مسیر جریان جاری وجود دارد. از این رو، تلفات انتقال و همچنین تنش های حرارتی برای دستگاه های نیمه هادی بیشتر کاهش می یابد، و بهره وری مدار نسبت به یکسوساز Sepic معمولی بهبود یافته است. علاوه بر این، شکل 3 نشان می دهد که ولتاژ خط ورودی است که همیشه

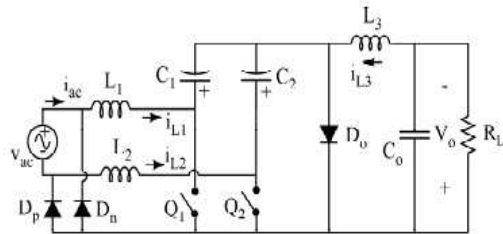
به زمین خروجی از طریق دیود DP و DN متصل می شود. بنابراین، توپولوژی پیشنهادی حالت مشترک EMI از مشکل انتشار نویز بالا رنج می برد، حالت عملکرد مشترک EMI شبیه به توپولوژی معمولی شکل 1 نیست. در نتیجه، توپولوژی ارائه شده کاندیدی برای PFC می باشد.

هر یک از یکسو کننده ها پیشنهادی از دو سوئیچ قدرت ( $Q_1$  و  $Q_2$ ) بهره می گیرند، دو دیود با بازیابی کم ( $D_p$  و  $D_N$ )، و یک دیود سریع ( $D_o$ ). با این حال، دو سوئیچ قدرت را می توان با کنترل ساده مدار کنترل به طور قابل توجهی هدایت کرد. علاوه بر این، ساختار توپولوژی پیشنهادی با بهره گیری از یک سلف اضافی در مقایسه با توپولوژی معمولی در شکل 1 نشان داده شده است، که اغلب به عنوان یک نقطه ضعف از نظر اندازه و هزینه می باشد. با این حال، عملکرد بهتر حرارتی را می توان با دو سلف در مقایسه با یک سلف به دست آورد. از سوی دیگر، همانطور که در شکل 2 (ج)، نشان داده شده است. سه سلف در توپولوژی پیشنهادی را می توان در هسته مغناطیسی قرار داد که به میزان قابل توجهی کاهش هزینه همراه دارد. علاوه بر این، در حدود صفر شدن جریان «شرط پورت ورودی می تواند بدون افت کارایی به دست آید. این وضعیت به ویژه برای عملیات DCM بسیار مطلوب است، چرا که نویز تولید EMI به حداقل می رسد. علاوه بر این، هر دو Cuk / Sepic یکسو کننده PFC شکل 1 و یکسو کننده های 2 پیشنهاد می شود. به همان تعداد کل اجزای زمانی روش سلف تزویج، اجرا شده است. یکی دیگر از یکسوسازهای پیشنهادی، با مزیت کاهش قدرت در تغییرات فعلی نسبت به حالت معمولی Cuk / Sepic یکسو کننده PFC را دارد. به این دلیل که هر یک از سوئیچ های قدرت در طول دوره نیمه خط است. از سوی دیگر، تنش ولتاژ قطعات به همتایان خود در تبدیل Sepic معمولی برابر است.

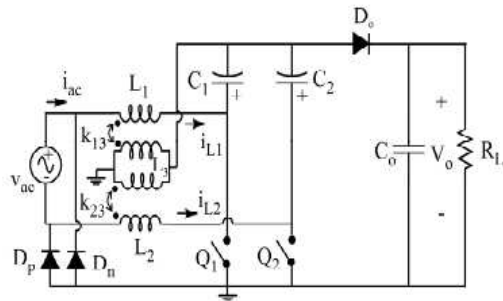
ادامه این مطالعه به شرح زیر است: اصل عمل در بخش سوم ارائه شده است. تجزیه و تحلیل دقیق، مدل سازی، و مقایسه در بخش چهارم ارائه شده. تجزیه و تحلیل یکسوساز با ساختار سلف تزویج نیز در بخش چهارم ارائه شده. نتایج شبیه سازی و تجربی در بخش پنجم داده می شود، نتیجه گیری در بخش ششم.



(a)

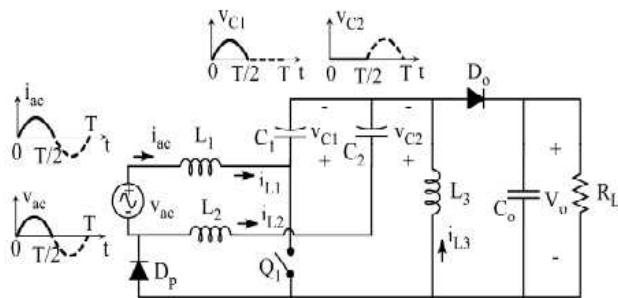


(b)

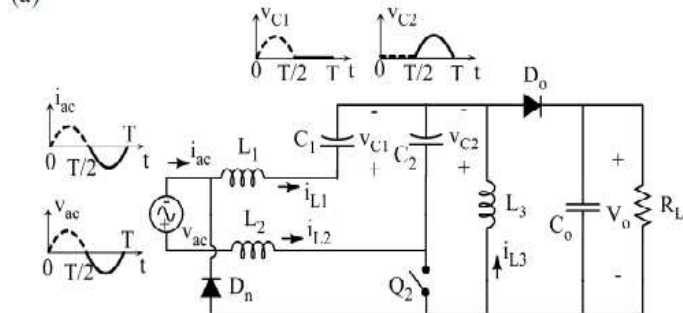


(c)

شکل 2. یکسو کننده بدون پل پیشنهادی. (الف) Sepic مشتق شده است. (ب) Cuk مشتق شده است. (ج) Sepic با سلف جفت مشتق شده است.



(a)



(b)

شکل 3. مدارهای معادل برای یکسو کننده از شکل 2 (الف): (الف) در طول دوره نیم خط مثبت، و (ب) در طول دوره نیم خط منفی از ولتاژ ورودی.

### III. اصول کارکرد یکسوساز های بدون پل پیشنهادی

یکسو کننده بدون پل ارائه شده در شکل 2 نشان داده شده . توسط اتصال دو مبدل DC-DC ساخته شده است. به گزارش 2، در طول چرخه نیم خط مثبت، اولین **dc-dc Sepic** (یا Cuk) مدار  $L_1-Q_1-C_1-L_3-D_0$ ، از طریق دیود  $D_p$  است ، که ورودی منبع ac به خروجی متصل است. در طول چرخه نیم خط منفی، **dc-dc Sepic** (یا Cuk) مدار دوم،  $L_1-Q_1-C_1-L_3-D_0$ ، از طریق دیود  $D_n$  است که ورودی منبع ac به خروجی متصل است. بنابراین، با توجه به تقارن مدار، تجزیه و تحلیل مدار در طول دوره نیمه مثبت ولتاژ ورودی کافی است. علاوه بر این، این عملیات یکسوسازها پیشنهاد می شود. 2 فرض کنید که سه سلف در DCM وجود دارد. توسط عامل یکسوساز در DCM، چندین مزیت می توانید به دست آورد. این مزایا عبارتند از: ضریب قدرت نزدیک به واحد ، تبدیل سوئیچ قدرت در جریان صفر ، و دیود خروجی هنوز در جریان صفر خاموش است. بنابراین، تلفات به نوبه خود در تغییر و بازیابی معکوس دیود خروجی به میزان قابل توجهی کاهش می یابد. علاوه بر این، عملیات مدار برای یکسو سازهای Sepic و Cuk شکل 2 (الف) و (ب)، یکسان هستند. بنابراین، با توجه به محدودیت فضا، تنها یکسو ساز Sepic بدون پل ، شکل 2 (الف) تجزیه و تحلیل خواهد شد، اما توسعه مشابه را می توان برای یکسوساز Cuk بدون پل شکل 2 (ب) ساخته شده است. معادلات برای هر دو یکسو کننده یکسان هستند، به شرط این که ولتاژ ها بر روی خازن ها برای یکسو کننده Sepic هستند،

$$v_{C1}(t) = \begin{cases} v_{ac}(t) & 0 \leq t \leq \frac{T}{2} \\ 0 & \frac{T}{2} \leq t \leq T \end{cases} \quad (1)$$

و برای یکسو ساز Cuk،

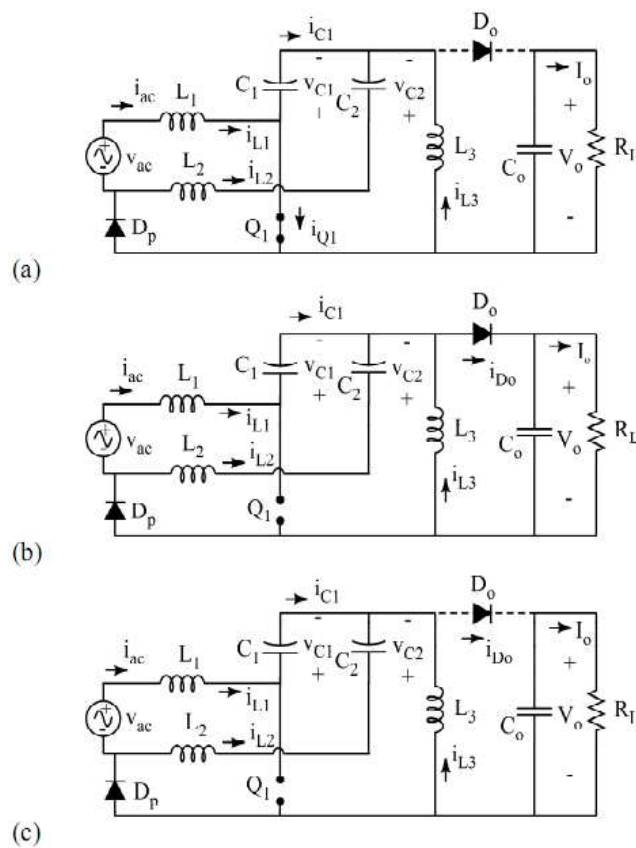
$$v_{C1}(t) = \begin{cases} v_{ac}(t) + V_o & 0 \leq t \leq \frac{T}{2} \\ V_o & \frac{T}{2} \leq t \leq T \end{cases} \quad (2)$$

که در آن T نشان دهنده دوره ولتاژ خط است. شبیه به Sepic معمولی و مبدل Cuk از DCM برای یکسو کننده پیشنهاد می شود که جریان از طریق دیود به قبل از پایان سوئیچ خاموش زمان صفر برسد. بنابراین، عملکرد مدار در یک دوره سوئیچینگ  $T_s$  در یک دوره نیم خط مثبت را می توان به سه حالت عامل مجزا تقسیم کرد ، همانطور که در شکل 4(A-C) نشان داده شده است. و می توان آن را به صورت زیر شرح داد:

مرحله 1  $[t_0, t_1]$  ، شکل 4 (الف): هنگامی که سوئیچ Q1 روشن است، دیود  $D_p$  توسط مجموع جریان سلف  $i_{L1}$  و  $i_{L2}$  هدایت می شود. در نتیجه ، دیود  $D_n$  توسط ولتاژ ورودی معکوس شده است. دیود خروجی توسط ولتاژ معکوس  $(v_{ac} + V_o)$  معکوس شده است. در این مرحله، جریان سه سلف در یک تناسب با نرخ  $v_{ac}$  ولتاژ ورودی افزایش خطی داشته است . میزان افزایش از سه جریان سلف داده شده

$$\frac{di_{Ln}}{dt} = \frac{v_{ac}}{L_n}, \quad n = 1, 2, 3 \quad (3)$$





شکل 4. مراحل توپولوژیکی برای یکسو کننده Sepic بدون پل شکل 3 (الف) در طول تعویض چرخه  $T_s$  :  
 تغییر در توپولوژی. (ب) خاموش کردن توپولوژی. (c) توپولوژی DCM. خطوط ممتد و خط چین به ترتیب نشان  
 دهنده عناصر فعال و غیر فعال هستند.

در طول این مرحله، در حال حاضر سوئیچ مجموع جریان های سه سلف، برابر است. بنابراین، پیک سوئیچ فعلی،  $I_{Q1,pk}$  ،  
 داده شده است

$$I_{Q1,pk} = \frac{V_m}{L_e} D_1 T_s \quad (4)$$

که در آن

$$\frac{1}{L_e} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} \quad (5)$$

در طول این مرحله، در حال حاضر سوئیچ مجموع جریان های سه سلف، برابر است. بنابراین،  $D_1$  سوئیچ  $Q_1$  چرخه است. این فاصله که  $Q_1$  خاموش است، در شروع فاصله فرعی بعدی به پایان می رسد.

مرحله 2  $[t_1, t_2]$ ، شکل 4 (b): در  $T_L$ ، سوئیچ  $Q_1$  خاموش است،  $D_0$  دیود همزمان یک مسیر برای سه جریان سلف ارائه می دهد. دیود در  $D_p$  باقی می ماند و یک مسیر برای هدایت  $i_{L1}$  و  $i_{L2}$  ارائه شده است. در این مرحله، سه جریان سلف در یک نرخ مناسب با ولتاژ خروجی  $V_0$  کاهش خطی دارند. جریان سه سلف به صورت زیر داده شده است

$$\frac{di_{Ln}}{dt} = \frac{-V_0}{L_n}, \quad n = 1, 2, 3 \quad (6)$$

این فاصله در جریان خروجی دیود،  $i_{D0}$  به پایان می رسد، همواره صفر و  $D_0$  معکوس می شود. طول نرمال این فاصله برابر است با

$$D_2 = \frac{D_1}{M} \sin(\omega t) \quad (7)$$

که در آن  $M = V_0/V_m$  نسبت تبدیل ولتاژ است.

مرحله 3  $[t_2, T_s]$ ، شکل 4 (c): در این مرحله، هر دو  $Q_1$  در حالت خاموش هستند. دیود  $D_p$  یک مسیر برای  $i_{L3}$  فراهم می کند. سه سلف به عنوان منابع فعلی، جریان ثابت را فراهم می کنند. از این رو، ولتاژ در سراسر سه سلف صفر است. خازن  $C_1$  توسط  $i_{L1}$  شارژ می شود، در حالی که  $C_2$  توسط  $i_{L2}$  تخلیه می شود.

شکل 5 شکل موج نظری اصلی در یک دوره سوئیچینگ  $T_s$  را نشان می دهد. در اینجا باید متذکر شد که اگر دو سوئیچ فعال  $Q_1$  و  $Q_2$  به عنوان ماسفت استاندارد عمل کنند، سپس دیود بدنه از  $Q_2$  در طول مرحله اول عمل کرده و مدار به درستی عمل می کند. به عبارت دیگر، ولتاژ معکوس به سوئیچ فعال اعمال شده، به طوری که سوئیچ ها باید قابلیت معکوس داشته باشند. بنابراین، دستگاه فعلی باید برای  $Q_1$  و  $Q_2$  اجرا شود. در این مورد،  $Q_2$  روشن یا خاموش در طول مرحله اول حالت مدار را تغییر می دهد. بر این اساس، هر دو سوئیچ،  $Q_1$  و  $Q_2$ ، می توانند با سیگنال کنترل در کاهش هزینه و پیچیدگی مدار هدایت موثر باشند.

#### IV. تحلیل و مقایسه

A. نسبت تبدیل ولتاژ،  $M$

نسبت تبدیل ولتاژ  $M = V_o/V_m$  را از نظر پارامترهای مدار می توان با ارزیابی متوسط جریان خروجی دیود بدست آورد، به عنوان مثال،  $I_{Do}$ ، در طول یک خط چرخه ولتاژ ورودی

$$I_{Do} = \frac{1}{T} \int_0^T \bar{i}_{Do} dt \quad (8)$$

که در آن نماد “-” نشان دهنده مقدار متوسط در طول یک دوره سوئیچینگ  $T_s$  است. در شکل 5، متوسط جریان خروجی دیود بیش از یک دوره سوئیچینگ داده شده است.

$$\bar{i}_{Do} = \frac{D_1^2 T_s v_{ac}^2}{2 L_e v_o} \quad (9)$$

جایگزینی (9) در (8)، و ارزیابی (8) می دهد

$$I_{Do} = \frac{V_m^2}{2 R_e V_o} \quad (10)$$

که در آن پاسخ  $R_e$  مبدل ورودی برابر،

$$R_e = \frac{2 L_e}{D_1^2 T_s} \quad (11)$$

از سوی دیگر، متوسط جریان خروجی دیود در طول یک خط چرخه با جریان متوسط از طریق بار  $R_L, I_o$  برابر است.

بنابراین، به سادگی می توانید نشان می دهید که نسبت تبدیل  $M$  برابر است با:

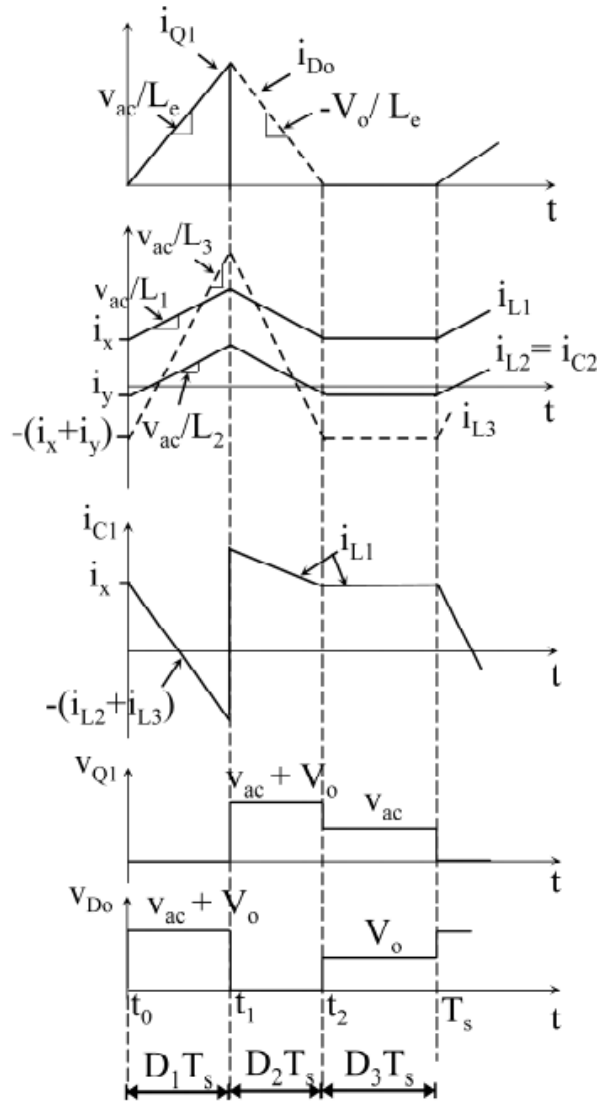
$$M = \sqrt{\frac{R_L}{2 R_e}} = \frac{D_1}{\sqrt{2 K_e}} \quad (12)$$

که در آن پارامتر  $K_e$  به صورت زیر تعریف می شود

$$K_e = \frac{2 L_e}{R_L T_s} \quad (13)$$

M نسبت تبدیل ولتاژ در (12) همان عبارت به دست آمده برای یکسو کننده PFC Sepic معمولی در DCM

[22] می باشد ، که متفاوت با تعریف  $L_e$  است.



شکل 5. شکل موج نظری DCM در طول یک دوره سوئیچینگ  $T_s$  به صورت مبدل شکل 3 (الف).

### B. مسیر ورودی جریان

با فرض این که بهره وری نزدیک به واحد است، در حال حاضر ورودی متوسط بیش از یک دوره سوئیچینگ می تواند از توان لحظه تعادل بین ورودی و خروجی پورت به دست آید ؛ به این ترتیب،

$$V_{ac} \cdot \bar{i}_{ac} = V_o \cdot \bar{i}_{Do} \quad (14)$$

که در آن  $\bar{i}_{ac}$  نشان دهنده جریان خط ورودی متوسط در طول یک سیکل سوئیچینگ است. با جایگزینی (9) در (14) به دست آوریم،

$$\bar{i}_{ac} = \frac{V_{ac}}{R_e} \quad (15)$$

شبهه به یکسو کننده Sepic PFC معمولی است، رابطه (15) نشان می دهد که پورت ورودی یکسو کننده از قانون اهم پیروی می کند به طوری که جریان ورودی سینوسی و در فاز با ولتاژ ورودی است.

### C. مرزهای بین CCM و DCM

با اشاره به خروجی دیود  $D_0$  شکل موج جریان در شکل 5 داده شده است، حالت عملیات DCM مستلزم مجموع چرخه و سوئیچ نرمال خارج از زمان با طول کمتر از یک است، به عنوان مثال

$$D_2 < 1 - D_1 \quad (16)$$

با جایگزینی (7) در (16) و با استفاده از (12)، شرایط زیر برای DCM به دست آمده است،

$$K_e < K_{e-crit} = \frac{1}{2(M+1)^2} \quad (17)$$

برای مقادیر  $K_e > K_{e-crit}$ ، این، مبدل در CCM است؛ در غیر این صورت، مبدل در DCM می باشد.

### D. یکسوسازهای PFC بدون پل پیشنهادی با سلف های جفت شده

در مدار پیشنهادی شکل 2 (a) و (b)، سه سلف شکل موج ولتاژ یکسان دارند؛ از این رو، می توان آن ها با یک هسته مغناطیسی همراه هستند. شکل 2 (c) نشان می دهد که Sepic بدون پل ارائه شده با سلف همراه است. مراحل توپولوژی یک برای سلف همراه مدار شکل 2 (c) شبهه به سه مرحله توپولوژیکی هستند. با توجه به  $L_1$  و  $L_3$  سلف مغناطیسی همراه با یک ضریب  $k_{13}$  جفت هستند، در حالی که  $L_2$  و  $L_3$  سلف مغناطیسی همراه با یک ضریب  $k_{23}$  جفت همراه است. توجه داشته باشید که، هیچ کوپلینگ مغناطیسی بین  $L_1$  و  $L_2$  وجود ندارد. علاوه بر این، جفت مناسب بین سه سیم پیچ، ممکن است برای به دست آوردن یک جریان ورودی با محتوای فرکانس بالا بسیار پایین (امواج فعلی نزدیک به صفر) باشد. از سوی دیگر، ترجیح داده شده است که سلف  $L_1$  و  $L_2$  مقدارهای مساوی داشته

باشند به طوری که آن ها با حمل جریان نوسان دار شده اند . بر این اساس، هنگامی که  $L_1=L_2=L$ ، سپس  $k_{13}=k_{23}=k$  ، نزدیک به صفر باشند ، امواج خط ورودی را می توان با نوشتن معادلات مشخصه از جفت سلف در طول سوئیچ در زمان روشن بودن نشان داد،

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} i_{L1} \\ i_{L2} \\ i_{L3} \end{bmatrix} = \frac{1}{\Delta} \begin{bmatrix} L L_3 - L_M^2 & L_M^2 & -L L_M \\ L_M^2 & L L_3 - L_M^2 & -L L_M \\ -L L_M & -L L_M & L^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_{ac} \\ v_{C1} - v_{C2} \\ v_{C1} \end{bmatrix} \quad (18)$$

که در آن

$$\Delta = L^2 L_3 - 2L L_M^2 > 0 \quad (19)$$

$$L_M = k \sqrt{L L_3} \quad (0 < k < 1) \quad (20)$$

که در آن  $L_M$  اندوکتانس متقابل است. توجه داشته باشید که (19) باید مثبت باشد ماتریس اندوکتانس متقارن کل قطعاً مثبت است، به عنوان مثال در یک حالت پایدار،  $v_{C1} = v_{ac}$  و  $v_{C2} = 0$  ، آنگاه از (18) شرایط زیر باید برای امواج صفر در جریان ورودی ایجاد شود ،

$$\frac{di_{L1}}{dt} = 0 \Rightarrow L_M = L_3 \Rightarrow k = \sqrt{\frac{L_3}{L}} \quad (21)$$

در طول زمان خاموش سوئیچ ، میتوان نشان داد که شرط امواج صفر در جریان ورودی (21) است. در اینجا باید متذکر شد که تجزیه و تحلیل حالت پایدار در ثانیه ارائه شده است. سوم و چهارم، برای سه سلف جداگانه ، نیز برای گسترش جفت سلف معتبر است ، به جز تعریف از القای موثر  $L_e$  (5). به این دلیل که تعویض موج فعلی تنها توسط  $L_3$  خروجی سلف تعیین می شود. بنابراین، برای این مورد سلف همراه، تعریف  $L_e$  می شود .

$$L_e = L_3 \epsilon$$

مقایسه بین یکسوساز Sepic PFC بدون پل و یکسوساز متعارف (متعارف)

اجزاء مدار در هر دو یکسو کننده PFC Sepic معمولی (در شکل 1 الف) نشان داده شده و PFC Sepic بدون پل ، ولتاژ پیک مشابه و تنش جاری ارائه شده است. با این حال، Sepic بدون پل سلف ورودی ( $L_1$  و  $L_2$ )، جفت خازن ( $C_1$  و  $C_2$ ) و سوئیچ فعال ( $Q_1$  و  $Q_2$ ) یک تنش کمتر RMS در مقایسه با همتایان خود در توپولوژی Sepic معمولی دارند. علاوه بر این، از آنجا که Sepic بدون پل توسط اتصال دو مبدل **dc-dc** عمل می کند. هر عملکرد به عنوان عامل تبدیل سوئیچینگ **Sepic dc-dc** از دو مبدل یکسان باقی می ماند، که منجر به تلفات سوئیچینگ مشابه است. در مقابل، همانطور که در جدول 1 نشان داده شده است، در حال حاضر ورودی در Sepic بدون پل از طریق دستگاه های نیمه هادی قدرت کمتری نسبت به Sepic PFC معمولی دارند. بنابراین، بهبود بهره وری با استفاده از Sepic بدون پل به طور عمده به تفاوت تلفات انتقال بین دو توپولوژی متکی است.

مقایسه کارایی بین حالت متعارف و یکسو کننده PFC Sepic بدون پل بر اساس نتایج شبیه سازی انجام شده است. در این مقایسه، هر دو حالت معمولی و یکسو کننده PFC Sepic بدون پل در DCM با کار در شرایط عملیاتی و همان پارامترها فرض می شوند. بهره وری شبیه سازی در شکل 6 ارائه شده است، شامل انتقال و تلفات سوئیچینگ دستگاه های نیمه هادی، تلفات مسی سلف، همچنین تلفات خازن ESR می باشد. علاوه بر این، Pspice مدل نیمه هادی واقعی برای شبیه سازی دستگاه های نیمه هادی: **STTH2003CR (300 V,  $V_F = 0.85$  V)**، راندمان بالا دیود فوق سریع برای خروجی Sepic، و دیود **1N5402 (200 V, 3 A,  $V_F = 1$  V)** یکسو کننده بهبود استاندارد برای دیودهای کند است. سه ماسفت مختلف **IRFB4332PBF with  $R_{DS-ON} = 29$  m $\Omega$** ، **STY60NM50 with  $R_{DS-ON} = 45$  m $\Omega$**  و **IRF450 with  $R_{DS-ON} = 400$  m $\Omega$**  و همچنین IGBT (HGTG40N60A4) با  **$V_{CE-Sat} = 1.7$  V @ 40 A** به عنوان یک الگوی واقعی برای سوئیچ فعال استفاده شده اند. علاوه بر این، برای یکسو کننده Sepic PFC بدون پل، افت ولتاژ پایین یا بسیار پایین معکوس دیود با نشت سد شاتکی فعلی (نوع **PDS3200** با  **$V_F = 0.63$  V @ 1 A**) سری با ماسفت قدرت برای جلوگیری از جریان از طریق ماسفت بدنه دیود متصل است. در مقابل، یک دیود ایده آل در مجموعه ای با IGBT متصل به شبیه معکوس مسدود کردن IGBT (RB-IGBT) دستگاه است. لازم به ذکر است که با استفاده از RB-IGBT به جای استفاده از

IGBT معمولی با سری متصل دیود، حالت بسیار پایین از ویژگی‌ها ارائه می‌شود، که منجر به تلفات انتقال کم در یک مبدل است که به سوئیچ ولتاژ مسدود کردن معکوس نیاز دارد.

از شکل 6 مشخص است. که یک ماسفت RDS-ON قدرت کم بهبود بهره‌وری در هر دو حالت توپولوژی معمولی و PFC Sepic بدون دارد. با این حال، برای همه انواع مختلف سوئیچ‌ها، شکل 6 نشان می‌دهد که بهره‌وری از یکسو کننده PFC Sepic بدون پل بالاتر از یکسو کننده PFC Sepic معمولی برای سطح توان خروجی بالا 50w است. شکل 6 همچنین نشان می‌دهد که بهبود بهره‌وری یک IGBT به عنوان دستگاه سوئیچینگ برجسته‌تر است.

### V. شبیه‌سازی و نتایج تجربی

به منظور بررسی امکان‌سنجی از پیشنهاد یکسو کننده PFC بدون پل، شبیه‌سازی و نتایج تجربی برای Sepic بدون پل در شکل 2 (الف) ارائه شده است. یکسو کننده برای مشخصات زیر در مرحله قدرت طراحی شده است:

- ولتاژ ورودی،  $V_{ac} = 100 V_{rms} @ 50 Hz$

- ولتاژ خروجی،  $V_o = 48 V_{dc}$

- توان خروجی،  $P_{out} = 65 W$

- فرکانس سوئیچینگ،  $f_s = 50 kHz$

- حداکثر ورودی فعلی متغیر  $\Delta i_{L1} < 25\%$  of

- ولتاژ خروجی متغیر،  $\Delta v_o < 5\%$  of  $V_o$

مدار اصلی با توجه به تجزیه و تحلیل در واحد ثانیه داده شده است. IV ،  $L_1 = L_2 = 2.2 mH$  ،

$L_3 = 68 \mu H$  ،  $C_1 = C_2 = 1 \mu F$  و  $C_o = 2200 \mu F$  هستند. مدل‌های نیمه‌هادی واقعی در

شبیه‌سازی استفاده شده است. انواع ورودی و خروجی دیود شبیه به یک (IV.E) ارائه شده است.

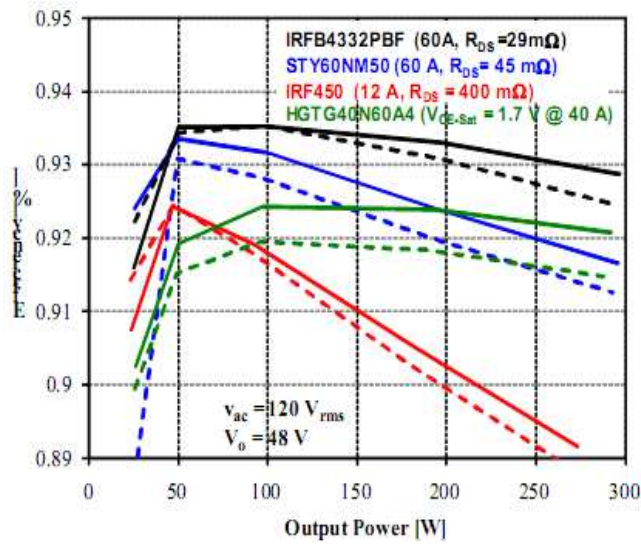
برای سوئیچ قدرت، ماسفت IRFB4332PBF با یک سری اتصال مدل یکسو کننده PDS3200 اجرا شده است.



شکل موج شبیه سازی شده در شکل 7 نشان داده شده است. آن را می توان در شکل 7 (a) مشاهده کرد. که در حال حاضر خط ورودی در فاز با ولتاژ ورودی است. درصد هارمونیک کل خط ورودی در حال حاضر 0.46٪ است. شکل 7 (ب) نشان می دهد که ولتاژ در سراسر خازن  $C_1$  و خازن  $C_2$  متوسط و برابر با ولتاژ ورودی  $V_{AC}$  است. از شکل 7 (ب) مشخص است که (1) به طور کامل برآورده شده است. این است که،  $V_{C1}$  نزدیک بخش مثبت ولتاژ AC ورودی ( $V_{AC}$ ) می باشد، در حالی که  $-V_{C2}$  قسمت منفی  $V_{AC}$  است. به همین ترتیب، شکل 7 (c) نشان می دهد که دو دیود ورودی در نیم سیکل خط متناوب توسط تجزیه و تحلیل در این مطالعه پیش بینی شده اند. شکل موج جریان سه سلف 'در ولتاژ ورودی پیک در شکل 7 (d) نشان داده شده است. که به درستی حالت عامل DCM را نشان می دهد. شکل 8 ولتاژ ورودی و ورودی شکل موج جریان شبیه سازی شده برای سلف را نشان می دهد. ضریب جفت قرار است با توجه به (21) به میزان  $k=0.18$  باشد. از شکل 8 مشخص است که فرکانس بالا تعویض جریان متغیر به طور قابل توجهی با توجه به جفت سلف از سه سلف سرکوب شده است. بنابراین، تولید سطح نویز EMI تا حد زیادی به عنوان فیلتر ورودی باید به حداقل برسد.

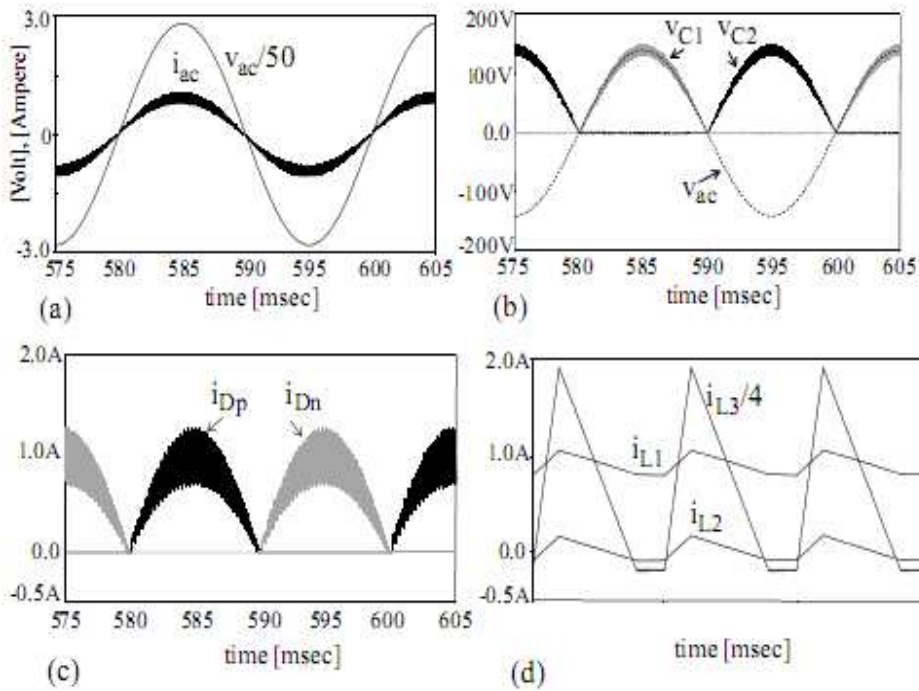
جدول 1. مقایسه بین SEPIC PFC بدون پل و متعارف در DCM

Item	Bridgeless Sepic	Conventional Sepic
Slow diode	2	4
Fast diode	1	1
Switch	2	1
Current conduction path	Stage1	1 slow diode, 1 switch
	Stage2	1 slow diode, 1 fast diode
	DCM	1 slow diode

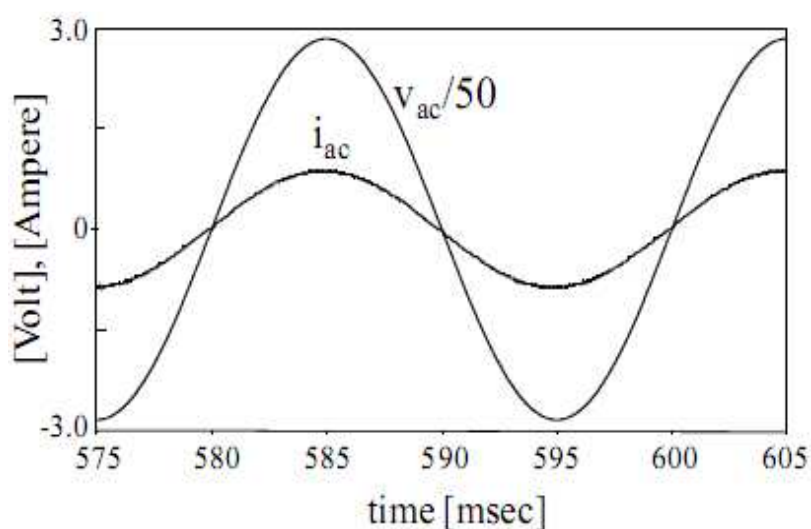


شکل 6. بهره‌وری شبیه‌سازی شده از یکسو کننده PFC Sepic معمولی در شکل 1 (خطوط فعال) و یکسو

کننده PFC Sepic بدون پل در شکل 2 (خطوط غیر فعال) در DCM.

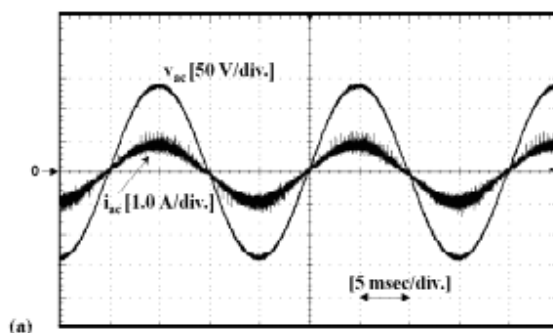


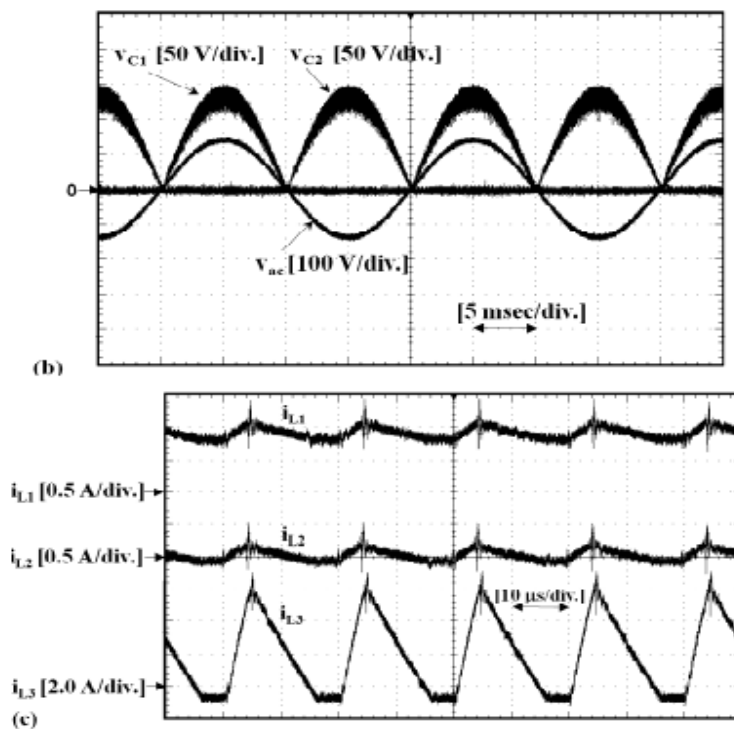
شکل 7. شکل موج شبیه‌سازی شده برای تبدیل شکل 2 (a) در DCM.



شکل 8. شکل موج شبیه سازی شده برای تبدیل شکل 2 (c) در DCM.

نمونه اولیه آزمایشگاهی برای توپولوژی پیشنهادی و نتایج شبیه سازی ساخته شده است. شکل موج تجربی از تبدیل در بار کامل در شکل 9 نشان داده شده است. ولتاژ ورودی و جریان خط ورودی ( $i_{ac}$ ) در شکل 9 (a) نشان داده شده است. خط ورودی شکل موج جریان بدون استفاده از یک فیلتر ورودی است، و نتایج در اندازه گیری یک THD در حدود 1.6٪ به دست آمد. شکل 9 (b) ولتاژ در سراسر خازن  $C_1$  متوسط،  $C_2$  و ولتاژ ac ورودی را به تصویر می کشد. شکل موج سه جریان سلف ( $i_{L1}$ ,  $i_{L2}$ , and  $i_{L3}$ ) در طول چند دوره سوئیچینگ در ولتاژ ورودی پیک در شکل 9 (c) به درستی نشان می دهد که حالت عامل DCM وجود دارد. شباهت بسیار خوبی را می توان بین شبیه سازی و نتایج تجربی مشاهده کرد. در نهایت، بهره وری اندازه گیری شده در بار کامل 92.8٪ است.





شکل 9. شکل موج تجربی برای تبدیل شکل 2 (a).

## VI. نتیجه گیری

دو یکسو کننده بدون پل تک فاز جدید با ورودی پایین و انتقال کم ضرر ارائه شده است و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته اند. یکسو کننده پیشنهادی از روش Sepic بدون پل متعارف و مبدل Cuk در مقایسه با مدار Sepic معمولی و با Cuk PFC، مشتق شده است. با توجه به تلفات انتقال کمتر و تعویض تلفات، توپولوژی پیشنهادی بیشتر می تواند موجب بهبود بهره وری تبدیل شود. یعنی، برای حفظ همان بازده، مدارهای پیشنهادی می توانند با فرکانس سوئیچینگ بالاتر عمل کنند. بنابراین، کاهش اضافی در اندازه سلف PFC و فیلتر EMI می تواند به دست آید. علاوه بر بهبود توپولوژی مدار و عملکرد آن، کاهش بیشتر اندازه یکسو کننده می تواند با یکپارچه سازی سه سلف به یک هسته مغناطیسی تحقق یابد. نتایج تجربی از یکسو کننده Sepic بدون پل در یک نمونه اولیه 65w در ولتاژ ورودی 100v برای نشان دادن عملکرد بالا در شرایط ضریب قدرت بالا و بهره وری ارائه شده است.



این مقاله، از سری مقالات ترجمه شده رایگان سایت ترجمه فا میباشد که با فرمت PDF در اختیار شما عزیزان قرار گرفته است. در صورت تمایل میتوانید با کلیک بر روی دکمه های زیر از سایر مقالات نیز استفاده نمایید:

لیست مقالات ترجمه شده ✓

لیست مقالات ترجمه شده رایگان ✓

لیست جدیدترین مقالات انگلیسی ISI ✓

سایت ترجمه فا ؛ مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده از نشریات معتبر خارجی