

منبع تغذیه یک طبقه با ضریب قدرت بالا بر اساس ترکیب مبدل بوست فلای بک

بهنام منصوری^۱، مجید دهقانی^۲

^۱گروه برق دانشگاه آزاد نجف آباد، beh.mansouri@yahoo.com

^۲استاد یار گروه برق دانشگاه آزاد نجف آباد

چکیده - در سال‌های اخیر، منابع با ضریب قدرت بالا به عنوان یک مبدل توان مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این مقاله ترکیب ساختار دو مبدل به عنوان یک درایور *led* با ضریب قدرت بالا معرفی می‌گردد. ترکیب مبدل بوست فلای بک به صورت یک طبقه دارای قیمت پایین، حجم و وزن کم، ضریب قدرت بالا و *THD* کم به عنوان یک مبدل *AC/DC* می‌باشد. این نوع مبدل اصلاح ضریب توان جهت کاربرد روشنایی مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای بدست آمدن ضریب قدرت بالا سلف مبدل بوست در مد *CCM* و فلای بک در مد *DCM* عمل می‌کنند. جهت شبیه سازی از نرم افزار *Pspice* استفاده شده است.

کلید واژه - اصلاح ضریب توان، مبدل *AC/DC*، یک طبقه، *THD*، *PFC*

جهت اصلاح ضریب توان می‌باشد و تداخل الکترو مغناطیسی (EMI) ایجاد نمی‌شود. ولیکن بدست آمدن ضریب قدرت بالا و *THD* پایین با استفاده از این سلف و خازن‌ها مشکل می‌باشد. در ضمن این مدارات *PFC* از حجم و وزن بالا برخوردار بوده و در توان‌های خیلی پایین مورد استفاده قرار می‌گیرند.

در مقایسه با *PFC* های پسیو، *PFC* های اکتیو دارای ضریب قدرت بالا، حجم و وزن کم، رگولاسیون ولتاژ خروجی خوب و از *THD* پایینی برخوردار می‌باشند که توپولوژی‌ها و کنترل‌های مختلفی جهت به کار گیری آنها وجود دارد [۴، ۵، ۶]. مدارات اصلاح ضریب توان اکتیو به دو دسته ی مدارات دو طبقه و یک طبقه تقسیم بندی می‌گردند. که مدارات یک طبقه جزو ساده ترین *PFC* های اکتیو می‌باشند.

توپولوژی‌های مختلفی از جمله بوست، باک بوست، فلای بک و ... در مدارات یک طبقه مورد استفاده قرار می‌گیرد. بلوک دیاگرام مبدل های *PFC* اکتیو یک طبقه در شکل (۱) نشان داده شده است. در مبدل های یک طبقه ی به همراه *PFC* استرس بر روی سویچ ناشی از جریان ورودی و *PFC* آن افزایش یافته و همچنین مشکل بالانس توان وجود دارد. به جهت مشکلات بالا مبدل های دو طبقه به عنوان *PFC* از

۱- مقدمه

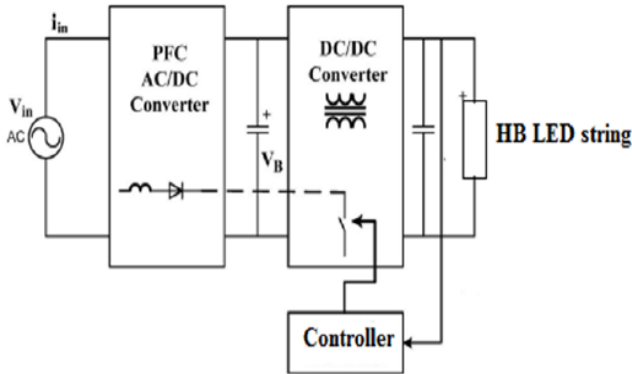
با پیشرفت در تکنولوژی *LED* ها، راندمان خروجی روشنایی از *LED* های قدرت به 100 lumens/w افزایش یافته است [۱]. علاوه بر افزایش راندمان از طول عمر بالایی نیز برخوردار می‌باشند که در آینده ای نزدیک *LED* های قدرت جایگزین لامپ‌های الهیایی و فلورسنت خواهند شد [۲].

در این مقاله، هدف اصلی معرفی یک توپولوژی مناسب به عنوان یک درایور *LED* جهت روشنایی معابر از یک منبع *AC* می‌باشد. از مهم ترین مزایای *LED* ها می‌توان به هزینه ی نگهداری پایین و کیفیت نور بالا اشاره کرد. از آنجاییکه روشنایی معابر از یک منبع *AC* تغذیه می‌شوند باید از استاندارد IEC 61000-3-2 از لحاظ ضریب قدرت و *THD* (Total Harmonic Distortion) پیروی کنند [۳].

به طور کلی اصلاح ضریب توان یا *PFC* (Power Factor Correction) در مبدل های *AC/DC* جهت بدست آمدن ضریب قدرت بالا و *THD* پایین مورد استفاده قرار می‌گیرد. روش‌های انجام *PFC* به دو نوع پسیو (*Passive*) و اکتیو (*Active*) تقسیم می‌گردند. مدارات پسیو از سلف و خازن و یکسو کننده‌های بدون کنترل تشکیل شده اند که این یک راه حل ساده و خوب

۲۰۲۱ آبان ماه ۱۳۹۴ - دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)

مناسب جهت افزایش ضریب قدرت بلکه از دینامیک خروجی سریع معادل مبدل دو طبقه بهره مند می باشد. علاوه بر این سایز کل مبدل کاهش یافته بنابراین هزینه کل مبدل نیز کاهش می یابد.



شکل (۳): مبدل اصلاح ضریب توان یک طبقه ی ترکیبی

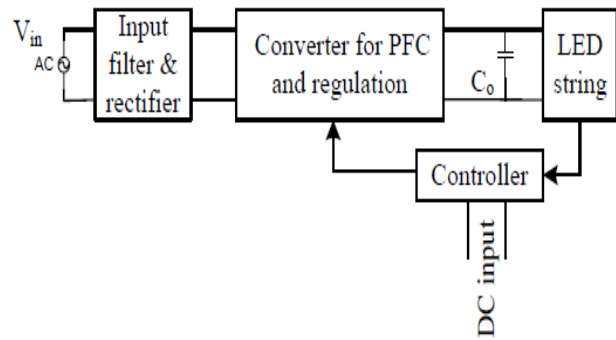
ترکیب مبدل معرفی شده در این مقاله مبدل بوست فلای یک به صورت یک طبقه می باشد.
از دلایل انتخاب مبدل بوست می توان به نکات زیر اشاره کرد:
۱- اساساً مدار نیاز به قطعات اضافی کمتری دارد، بنابراین ارزانترین مبدل می باشد.
۲- سوریس سویچ به زمین متصل شده که باعث درایو آسان آن می شود.
۳- واقع شدن سلف بوست بین پل دیودی و سویچ باعث کاهش di/dt ورودی می شود، بنابراین موجب تولید نویز کمتر در ورودی و فیلتر EMI ورودی کوچکتری می گردد [۷].
و ساختار مبدل فلای یک به دلیل سادگی، قیمت پایین و همچنین ایزوله بودن از لحاظ الکتریکی انتخاب گردیده است. بنا براین ترکیب ساختار بوست فلای یک به صورت یک طبقه یکی از بهترین مبدل ها جهت اصلاح ضریب توان به عنوان یک درایور LED در رنج توان زیر ۱۵۰ وات انتخاب شده است.

۲-قاعده ی کلی عملکرد

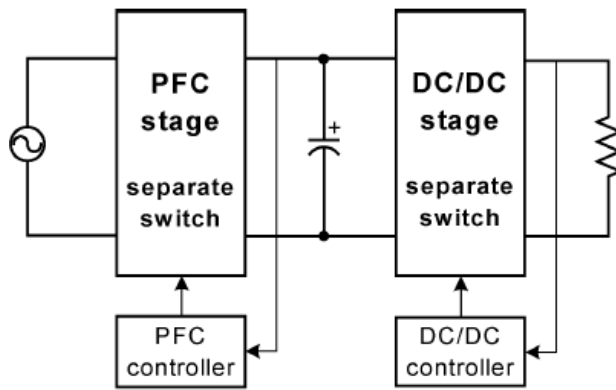
۲-۱-توصیف مدار

مبدل بوست فلای یک ترکیبی در شکل (۴) نشان داده شده است. در این ساختار مبدل بوست شامل خازن بالک، سویچ، دیود،

عملکرد بهتر و از لحاظ دینامیکی سریع تر می باشند. بلوک دیاگرام مبدل های دو طبقه در شکل (۲) نشان داده شده است. این نوع مبدل اصلاح ضریب توان از مبدل PFC پیش تنظیم و به دنبال آن مبدل DC/DC تشکیل شده است. این توپولوژی راه حل خوبی جهت به دست آمدن ضریب قدرت بالا می باشد و از دینامیک خروجی سریعی برخوردار می باشد. از آنجاییکه مبدل های PFC دو طبقه به یک مدار کنترل مجزا برای هر طبقه نیازمند می باشند که این کار موجب افزایش سایز و قیمت این مبدل می شود. در صورتیکه یکی از مهم ترین فاکتور ها در کاربرد های توان پایین روشنایی هزینه و سایز مبدل می باشد.



شکل (۱): بلوک دیاگرام مدار اصلاح ضریب توان یک طبقه

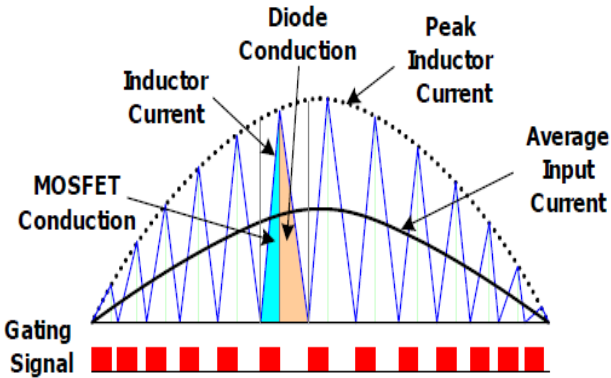


شکل (۲): بلوک دیاگرام مدار اصلاح ضریب توان دو طبقه

یک راه حل خوب ترکیب طبقه های PFC و مبدل DC/DC می باشد [۸]. این راه حل با حذف کردن یک ترانزیستور و تقسیم ترانزیستور باقیمانده در مبدل دو طبقه بدست می آید. بلوک دیاگرام مبدل یک طبقه ی ترکیبی در شکل (۳) نشان داده شده است. این توپولوژی نه تنها راه حل

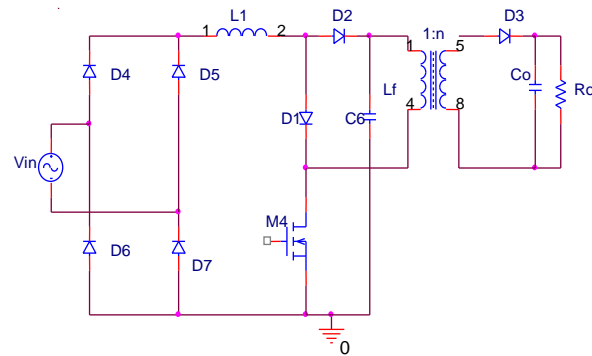
۲۰۲۱ آبان ماه ۱۳۹۴ - دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)

که ولتاژ اندازه گیری شده سورس ماسفت از مرجع مقایسه کننده بیشتر شود سویچ خاموش می گردد.



شکل (۵): شکل موج جریان سلف ورودی در مد CRM زمان روشنی ثابت و زمان خاموشی متغیر

و خازن بالک می باشد. مبدل فلای بک نیز شامل خازن بالک، سویچ، ترانسفورماتور و دیود خروجی می باشد. همانطور که مشا هده می گردد دو مبدل سویچ را به اشتراک گذاشته اند.



شکل (۴): مبدل بوست فلای بک یک طبقه

۳- شبیه سازی مبدل پیشنهادی

شبیه سازی مبدل پیشنهادی به وسیله نرم افزار Pspice انجام شده که مشخصات مدار شبیه سازی شده به صورت جدول (۱) می باشد.

جدول (۱): مشخصات مبدل طراحی شده

پارا مترها	مقادیر
ولتاژ موثر ورودی	$V_{in}=95-230$
خروجی مبدل	2.8 A و 24 v
ولتاژ خازن pfc	400 V
توان خروجی	70 W
مینیمم فرکانس سویچینگ	25 KHz

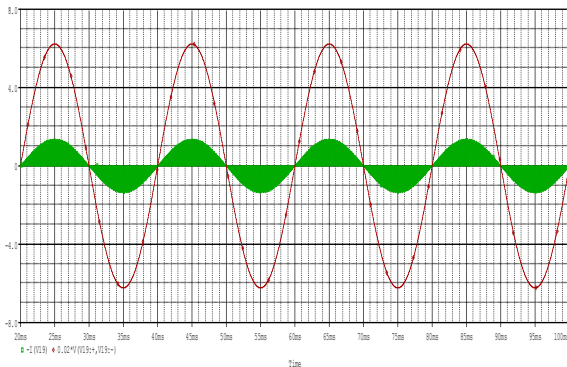
دیگر مشخصات مدار از جمله مقادیر عناصر مدار و مدار کنترل مدار طراحی شده در شکل های (۶) و (۷) نشان داده شده است. و نتایج حاصل از مدار از جمله شکل موج ولتاژ و جریان ورودی و

۲-۲- نحوه ی عملکرد مدار قدرت:

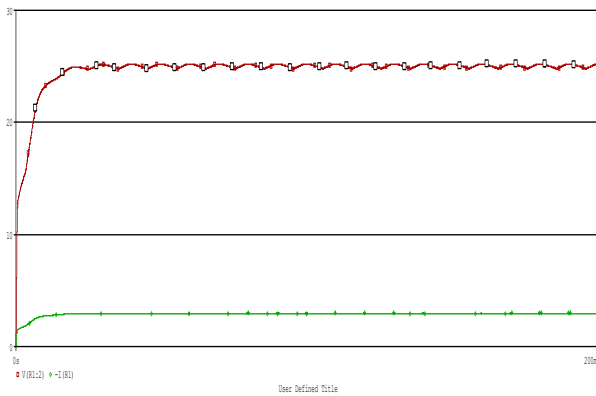
هنگامی که سویچ روشن می گردد سلف بوست از مسیر ورودی، D_1 و سویچ شارژ می گردد و خازن بالک در اولیه ترانسفورمر فلای بک انرژی ذخیره می کند. و زمانی که سویچ خاموش می گردد، سلف بوست از طریق دیود D_2 خازن بالک را شارژ می نماید و انرژی ذخیره شده در اولیه ترانسفورمر فلای بک به خروجی منتقل می گردد. دیود D_1 به منظور مسدود کردن جریان از اولیه ترانسفورمر به ورودی به کار گرفته شده است.

۳-۲- عملکرد مدار کنترل:

جهت کنترل مبدل، مدار به گونه ای طراحی شده است که سلف مبدل بوست در مد CRM که این مد مرز بین مد CCM و DCM عمل می کند و این روش کنترل مرزی نامیده می شود بنابراین همانگونه که در شکل (۵) مشخص می باشد سویچ در زمان صفر روشن می شود در نتیجه تلفات سویچینگ کاهش می یابد بلوک ZCD وظیفه ی تعیین زمان روشن شدن سویچ را دارد. اما از طرف دیگر افزایش ریپل جریان پیک تا پیک باعث افزایش RMS جریان سلف، سلف بزرگتر، و نویز سویچینگ می گردد. در این روش زمان روشن بودن سویچ ثابت بوده و زمانی سویچ روشن می گردد که جریان سلف به صفر برسد. و زمانی



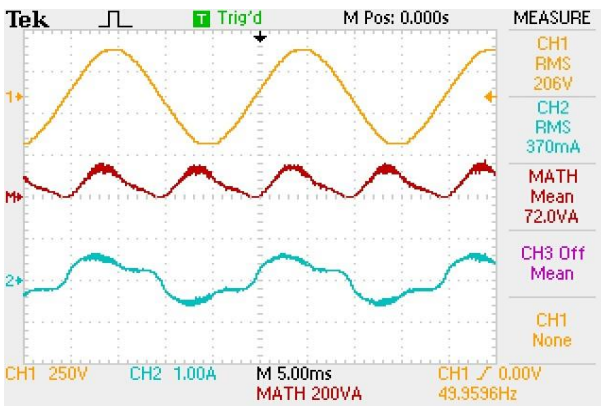
شکل (۸): شکل موج ولتاژ و جریان ورودی



شکل (۹): شکل موج ولتاژ و جریان خروجی

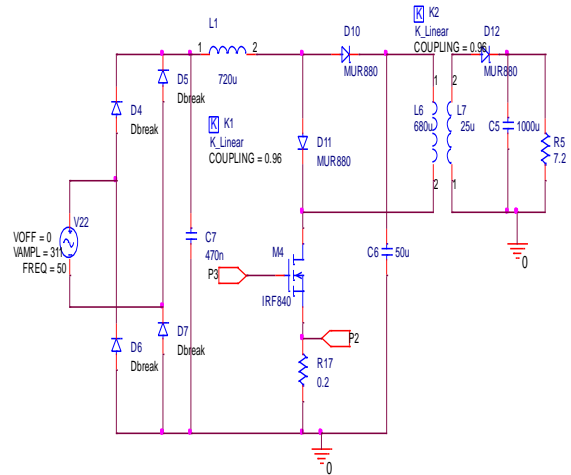
۴- نتایج عملی مبدل

یک نمونه عملی از این مدار با فیلتر ورودی ساخته شده که شکل موج های ورودی آن در شکل های (۱۰) نشان داده شده است.

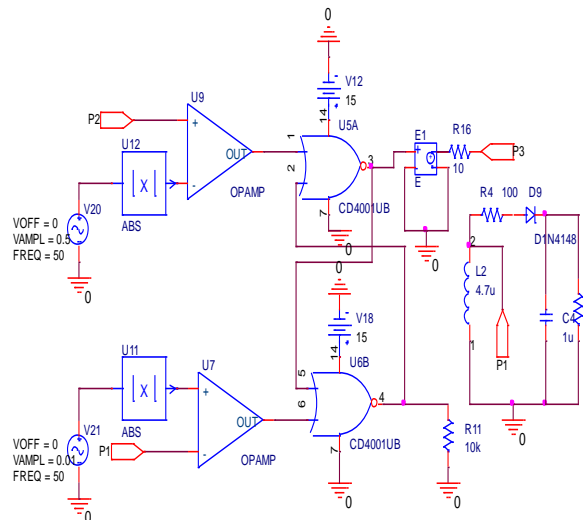


شکل (۱۰): کانال (۱): شکل موج ولتاژ ورودی، کانال (۲): شکل موج جریان ورودی MATH توان ورودی

خروجی مدار در شکل های (۸) و (۹) نشان داده شده است.



شکل (۶): مدار مبدل بوست فلای بک یک طبقه



شکل (۷): مدار کنترل مبدل بوست فلای بک یک طبقه به روش کنترل مرزی

نتایج حاصل از مدار از جمله شکل موج ولتاژ و جریان ورودی و خروجی در شکل های (۸) و (۹) نشان داده شده است. البته جهت بررسی بهتر در شکل (۸) ولتاژ ورودی در مقیاس کوچکتر رسم شده است. همان گونه که در شکل (۸) مشخص می باشد جریان ورودی به خوبی زاویه فاز و شکل موج ولتاژ ورودی را دنبال می کند که طبق فرمول ضریب توان آن از رابطه ی زیر بدست می آید:

$$PF = \frac{AVG(P_{IN})}{AVG(V_{RMS}I_{RMS})} = \frac{80 W}{83 W} = 0.97 \quad (1)$$

[4] T. Nussbaumer, K. Raggl, and J. W. Kolar, "Design guidelines for interleaved single-phase boost PFC circuits," IEEE Trans. Ind. Electron., vol. 56, no. 7, pp. 2559–2573, Jul. 2009.

[5] J. Zhang, D. D. C. Lu, and T. Sun, "Flyback-based single-stage power factor correction scheme with time-multiplexing control," IEEE Trans. Ind. Electron., vol. 57, no. 3, pp. 1041–1049, Mar. 2010.

[6] H. S. Athab and D. D. C. Lu, "A high-efficiency ac/dc converter with quasi-active power factor correction," IEEE Trans. Power Electron., vol. 25, no. 5, pp. 1103–1109, Mar. 2010.

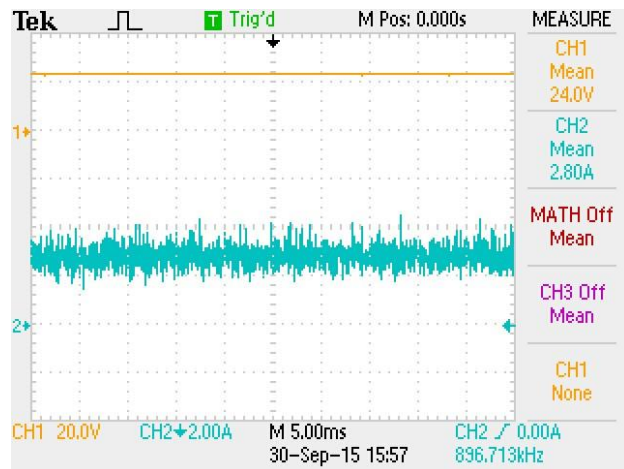
[7] D. Gacio, J. M. Alonso, A. J. Calleja, J. García, and M. R. Secades, "A universal input single stage high power factor power supply for HB LEDs based on integrated buck flyback converter", IEEE Trans. Ind. Electron., vol. 58, no.2, pp 589-599, Feb. 2011.

[8] Vlatkovic, Vlatko, Dusan Borojevic, and Fred C. Lee. "Input filter design for power factor correction circuits." PowerElectronics, IEEE Transactions on 11, no. 1 (1996): 199-205.

که با توجه به شکل (۱۰) ضریب قدرت مدار برابر است با :

$$PF = \frac{AVG(P_{IN})}{AVG(V_{RMS}I_{RMS})} = \frac{72}{206 \times 0.370} = 0.945 \quad (2)$$

که این مبدل از طبق استاندارد IEC 61000-3-2-2005 از لحاظ ضریب قدرت و THD پیروی می کند.



شکل (۱۱): کانال (۱) شکل موج ولتاژ خروجی، کانال (۲): شکل موج جریان خروجی

۵- نتیجه گیری

ترکیب مبدل بوست فلای بک به صورت یک طبقه به عنوان یک درایور LED معرفی شده است. که این مبدل ضریب قدرت بالا و رگولاسیون ولتاژ خروجی مناسبی را فراهم می کند. و از لحاظ قیمت، و اندازه مناسب ترین مبدل جهت سیستم روشنایی می باشد. و نتایج شبیه سازی و عملی آن از استاندارد IEC 61000-3-2 از لحاظ ضریب قدرت و THD پیروی می کنند.

مراجع

- [1] B. Weir and F. Cathell, "LED streetlight demands smart power supply," Power Electron. Technol., vol. 34, no. 2, pp. 34–39, Feb. 2008.
- [2] J.Y. Tsao, "Light Emitting Diodes (LEDs) for General Illumination", Optoelectronics Industry Development Association (OIDA), pp. 7 – 9, 2002.
- [3] J. M. Alonso, M. A. Dalla Costa, and C. Ordiz, "Integrated buck-flyback converter as a high-power-factor off-line power supply," IEEE Tran.Ind. Electron., vol. 55, no. 3, pp. 1090–1100, Mar. 2008.