

## تحلیل و طراحی یک مبدل DC/DC بوست بهره بالا بامدارافزاینده ولتاژ برای یک سیستم تجدید پذیر

سمانه فتح اله پور توری<sup>۱\*</sup> و حمیدرضا صدر منوچهر نائینی<sup>۱</sup>

۱ گروه برق، واحد دماوند، دانشگاه آزاد اسلامی، دماوند، ایران

\*ایمیل نویسنده مسئول : Boomba1981@yahoo.com

### چکیده

امروزه با توجه به مشکلات و محدودیت هایی که در استفاده از منابع سوخت فسیلی وجود دارد، منابع انرژی تجدیدپذیر و نیز، بهبود تجهیزات و فناوری های مورد نیاز برای استحصال انرژی از این منابع، اهمیتی زیادی پیدا کرده است. در سال های اخیر انرژی خورشیدی به عنوان یکی از پاک ترین و مقرون به صرفه ترین منابع انرژی تجدیدپذیر، همواره مورد توجه بشر بوده است، با این حال در سیستم های خورشیدی مشکلات و موانعی وجود دارد، که سرعت توسعه ی این فناوری را محدود می سازد. یکی از مهم ترین محدودیت های موجود، ولتاژ کم در خروجی سلول های خورشیدی است. از راه کارهای اساسی برای حل این مشکل، می توان به استفاده از مبدل های DC-DC بهره بالا<sup>۱</sup> به منظور افزایش سطح ولتاژ مورد نیاز اشاره کرد. برای افزایش بهره ولتاژ و سطح توان در مبدل های DC-DC، به طور کلی چند روش پایه مانند استفاده از سلف تزویجی<sup>۲</sup>، کلیدزنی خازنی<sup>۳</sup> و آرایش ترکیبی<sup>۴</sup> دو نوع مبدل وجود دارد. در این مقاله به بررسی ساختار مبدل ترکیبی DC-DC بوست-بوست<sup>۵</sup> بهره بالا پرداخته شده است. مدار پیشنهادی، طراحی مدار اسنابر<sup>۶</sup> برای کاهش تلفات کلیدزنی و افزایش بازده در توان های بالا در یک مبدل ترکیبی DC-DC بوست-بوست با مدار افزاینده ولتاژ<sup>۷</sup> می باشد.

**واژه های کلیدی:** مبدل بوست-بوست، بهره بالا، سیستم های فوتوولتائیک<sup>۸</sup>، مدار افزاینده ولتاژ

- 1 High step-up
- 2 Coupled inductor
- 3 Capacitor switching
- 4 hybrid
- 5 Boost-fly back
- 6 snubber
- 7 Voltage Multiplier Module
- 8 Photovoltaic Systems

## مقدمه

به دلیل مشکلات ناشی از سوخت های فسیلی مانند تولید گازهای گلخانه ای، گرم شدن زمین، آلودگی هوا، باران های اسیدی و تخریب لایه ی اوزن، در سال های اخیر تولید انرژی از منابع پاک، بهینه و سازگار با محیط زیست به یکی از دغدغه های اساسی بشر تبدیل شده است. انرژی خورشیدی یکی از مهم ترین منابع انرژی تجدیدپذیر است، که به طور رایگان در تمام نقاط زمین در دسترس بوده و بر خلاف سوخت های فسیلی نیازی به استخراج و پالایش ندارد. از مزایای دیگر این منبع انرژی پاک می توان به راه اندازی و امکان توسعه ی آسان، و کاهش هزینه های انتقال اشاره کرد [۱]. مبدل بهره زیاد، در سیستم فتوولتاییک، وظیفه ی تامین ولتاژ مورد نیاز اینورتر و شارژ باتری را بر عهده دارد. این نوع از مبدل ها در انواع مختلفی موجود هستند، که با ترکیب دو نوع مختلف و یا استفاده از یک نوع درون لایه ای<sup>۹</sup> ساختار آنها می توان به افزایش بهره و کاهش تلفات دست یافت، مثل ترکیب مبدل بوست-بوست با مدار افزایش ولتاژ (بوست با سلف تزویج)، ترکیب مبدل بوست با یک مبدل بوست ساده در ساختار درون لایه ای و یا مبدل سپیک<sup>۱۰</sup> با مدار کمکی، مورد پژوهش قرار گرفته است [۳-۲]. این مبدل ها به دلیل بالا بودن بهره و ورودی ولتاژ پایین، در تامین برق خودرو<sup>۱۱</sup> و یا در صنعت می توانند مورد بهره برداری قرار بگیرند. مبدل های DC/DC به مبدل هایی اطلاق می شوند که یک ولتاژ ثابت را توسط تجهیزات خاص به یک ولتاژ ثابت قابل کنترل در خروجی تبدیل می کنند. در مبدل های ترکیبی DC/DC از مبدل بصورت ترکیب بوست-بوست استفاده می شود، که باعث بهبود بازدهی<sup>۱۲</sup> و کم تر شدن تلفات می گردند. دلایل عمده ای برای استفاده از این نوع مبدل ها DC/DC در کاربرد های سیستم های خورشیدی وجود دارد که عبارتند از: رسیدن به نقطه حداکثر توان، بالا بردن رنج ولتاژ ماژول های خورشیدی، تثبیت شدن ولتاژ برای ورودی شبکه، کاهش تلفات عناصر پارازیتی در مدار، کاهش حجم و سایز مدار و استفاده از یک هسته مغناطیسی در ترانس ها است [۴].

## ۲- روش های طراحی مبدل بوست-بوست و اصول عملکرد

محدودیت اصلی سیستم های تبدیل انرژی فتوولتاییک، مانند سایر انرژی های نوین، کم بودن ولتاژ تولیدی توسط این منابع است. ولتاژ خروجی صفحات خورشیدی در یک آرایش مناسب بین ۲۰ تا ۵۰ ولت می باشد. این در حالی است که برای تولید برق ۲۲۰ ولت متناوب، به وسیله ی اینورترهای نیم پل و تمام پل، به ترتیب به ولتاژهایی به بزرگی ۷۶۰ و ۳۸۰ ولت DC نیاز است که این ولتاژ کم باید به طریقی تقویت شده و افزایش یابد. یکی از ابتدایی ترین راه هایی که برای افزایش ولتاژ صفحات خورشیدی وجود دارد، استفاده از آرایش سری این صفحات می باشد. اما بنا به دلایلی که ذکر خواهد شد، بهره گیری از آرایش سری، روش مناسب و کارآمدی برای این منظور نمی باشد، نخست اینکه بخش عمده ای از سیستم های فتوولتاییک در منازل و مناطق مسکونی پیاده سازی می شوند و ایجاد ولتاژ DC زیاد در این مکان ها از لحاظ ایمنی خطرناک است. مسئله ی دیگر افزایش سطح مورد نیاز در این روش است که معمولا در مناطق مسکونی امکان پذیر نبوده و در کاربردهایی نیروگاهی نیز از نظر اقتصادی توجیه پذیر نیست. علاوه بر این توان تولیدی توسط صفحات خورشیدی، زمانی که در شرایط سایه قرار می گیرند به شدت کاهش می یابد، چرا که قرار گرفتن یکی از صفحات سری در سایه ی ایجاد شده توسط ابر و یا تجهیزات و ساختمان های مجاور، باعث محدود شدن و کاهش جریان کل شاخه ی سری خواهد شد. اما در مقابل با استفاده از مبدل های DC-DC، می توان ولتاژ خروجی صفحات را با راندمانی مناسب افزایش داد. تنها مسئله ی حائز اهمیت این است که به دلیل اختلاف زیاد سطح ولتاژ، به مبدل هایی با بهره ی زیاد نیاز است. بنابراین مبدل های DC-DC بهره زیاد می توانند نقشی مهم و کلیدی را در سیستم های فتوولتاییک ایفا کنند. این مبدل ها به دو دسته ی مبدل های ایزوله و غیر ایزوله تقسیم می شوند. اما جریان پالسی موجود در ورودی مبدل های ایزوله، طول عمر سلول های خورشیدی را به شدت تحت تاثیر قرار می دهد و

<sup>9</sup>interleaved

<sup>10</sup>SEPIC

<sup>11</sup>Electric Vehicle

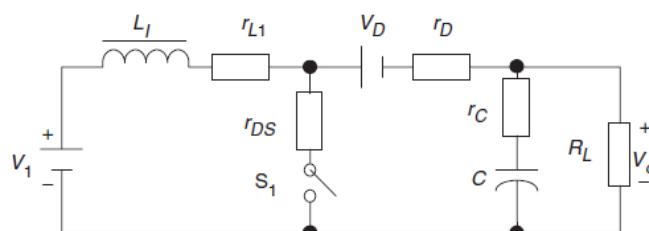
<sup>12</sup>Improve efficiency

حذف این ضربان های جریانی نیازمند تعداد زیادی خازن الکترولیت است، که باعث افزایش هزینه و حجم مبدل خواهد شد. هم چنین اندوکتانس ناشی ترانسفورماتور در مبدل های ایزوله، باعث افزایش تلفات و ایجاد جهش های ولتاژی و جریانی در قطعات شده و ممکن است به آن ها آسیب برساند. بنابراین در سیستم های فوتوولتائیک استفاده از مبدل های غیرایزوله در اولویت است. از پارامترهای مهم در مبدل های بهره زیاد می توان به بازده، حجم، هزینه، تلفات کلیدزنی و تلفات هدایتی، دوره کاری<sup>۱۳</sup>، استرس<sup>۱۴</sup> ولتاژی بر روی قطعات و تعداد عناصر مدار اشاره کرد [۵-۶].

### ۳- بررسی مبدل مجتمع<sup>۱۵</sup> افزایش یافته ترکیبی (بوست-بوست)

در این قسمت سعی بر آنست که یک مبدل افزایش یافته با بازده بالا مورد بررسی قرار گیرد. این مبدل یک مبدل بوست-بوست می باشد. در این مبدل از سلف های کوپل شده برای افزایش ولتاژ استفاده می شود همچنین سیکل وظیفه این مبدل نیز حدود ۵۰ درصد است و نیازی به پهنای پالس های بزرگ ندارد. مبدل boost برای اهداف افزایش ولتاژ بسیار مناسب است زیرا مدار ساده ای دارد و از طرفی بازده بالایی را نیز تولید می کند. در حقیقت در یک مبدل boost با افزایش دوره کارکرد می توان به بهره های بالا دست یافت این امر با توجه به فرمول  $1-D$  نیز به وضوح مشاهده می شود. در این رابطه  $D$  همان دوره کارکرد مبدل است که در اثر افزایش آن می توان بهره های بسیار بالا را نیز دریافت نمود در عمل و به دلیل وجود مقاومت های ناشی سری با قطعات (ESR) رسیدن به بهره های زیاد امری غیر ممکن است و بهره ها به اعداد نسبتاً کوچک محدود می گردند در عمل بیشترین بهره ای که میتوان از یک مبدل بوست معمولی گرفت حدود ۵ الی ۶ برابر است. برای دریافت بهره های بالا معمولاً به مدارهای پیچیده با جبران سازی شیب و کنترلرهای عرض پالس<sup>۱۶</sup> نیازمندیم. که منجر به افزایش قیمت مبدل و کاهش بازده می گردد. چرا که معمولاً مدارهای دیجیتالی توان تلفاتی دینامیکی بالایی را به خود اختصاص می دهند در نتیجه پیچیده کردن بیش از اندازه آنها به شدت بازده را تحت تاثیر قرار می دهند [۷-۸].

در این قسمت سعی بر آنست که با توجه به نقاط ضعف و قدرت مبدل boost، مدار ترکیبی بوست-بوست را ارائه دهیم که نتیجه آن افزایش بازده، کاهش استرس های سویچ ها و در نهایت افزایش ضریب قدرت<sup>۱۷</sup> باشد. [۷-۸]



شکل ۱. مدار معادل مبدل افزایش یافته بوست

گین این مبدل از رابطه زیر بدست می آید:

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{R_L}{\frac{r_{L1} + D r_{DS}}{1-D} + r_D + D \cdot (r_C // R_L) + R_L(1-D)(1 + \frac{V_D}{V_o})} \quad (1)$$

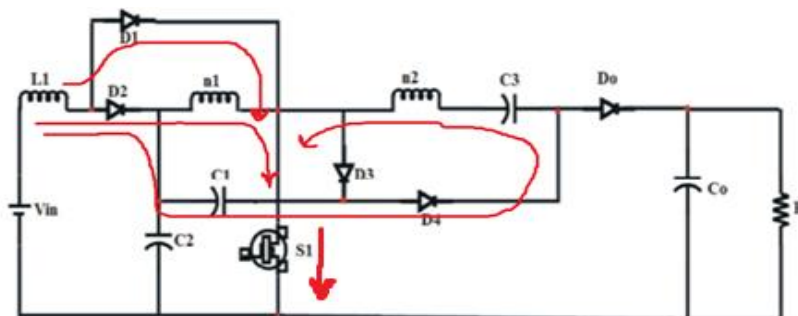
همچنین بازده این مبدل را نیز می توان به صورت زیر محاسبه کرد:

- 13 Duty Cycle
- 14 Stress
- 15 integrated
- 16 Pulse width modulation
- 17 Power factor

(۲)

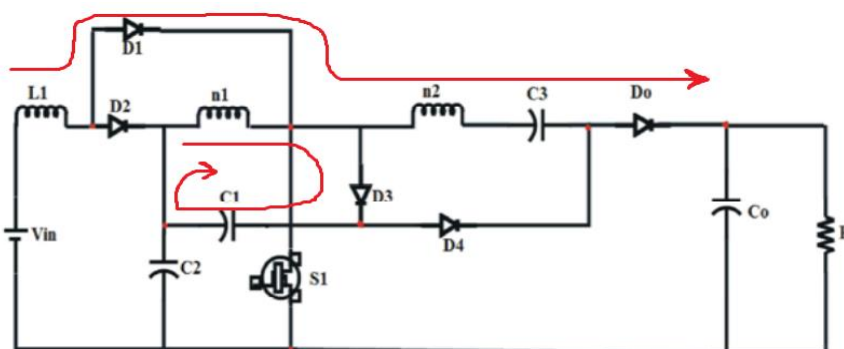
$$\eta = \frac{R_L(1-D)}{\frac{r_{L1} + Dr_{Ds}}{1-D} + r_D + D \cdot (r_C // R_L) + R_L(1-D)(1 + \frac{V_D}{V_o})}$$

در تمام این روابط تاثیر عناصر پارازیتی را در محدود کردن گین و بازده به وضوح مشاهده می کنیم. در مبدل ترکیبی مورد بحث می توانیم به نتایج بهتری نیز دست بیابیم که در آینده به بررسی آن می پردازیم. هنگامی سویچ روشن است، جریان  $L1$  به صورت خطی افزایش می یابد و این جریان بین دو مسیر  $D1$  و  $D2$  تقسیم میشود. هم زمان خازن های  $C1$  و  $C3$  از طریق دیود  $D4$  شارژ می شوند (شکل ۲). دیود  $D0$  اتصال باز است و جریان بار توسط خازن خروجی تامین میگردد.



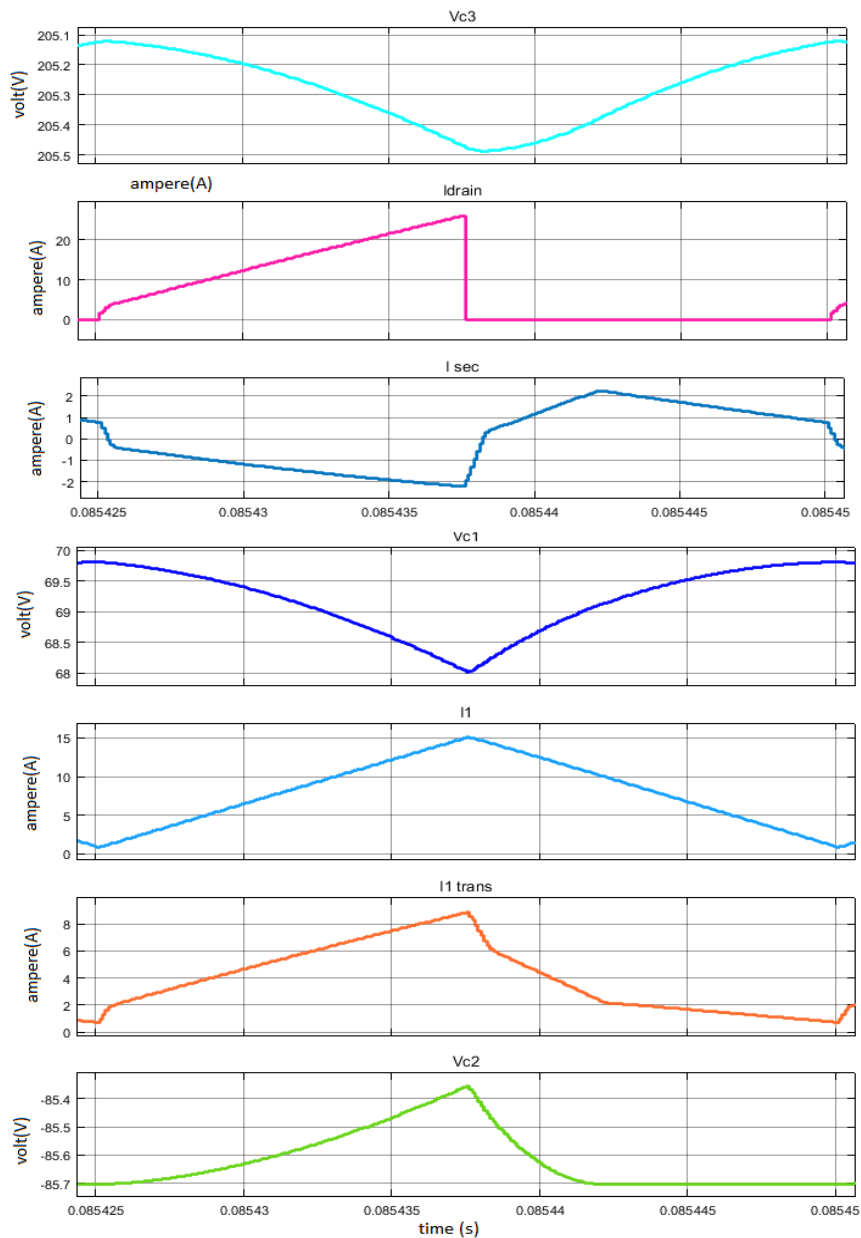
شکل ۲. رفتار مدار هنگام بسته بودن سویچ

هنگامی که سویچ خاموش است، جریان مغناطیس کنندگی ترانس از طریق دیود  $D3$  و خازن  $C1$  برقرار میشود. در همین جریان سلف  $L1$  از طریق دیود  $D1$  و خازن  $C3$  و  $D0$  به خروجی منتقل میشود (شکل ۳). مسیر جریان در شکل زیر رسم شده است.



شکل ۳. رفتار مدار هنگام باز بودن سویچ

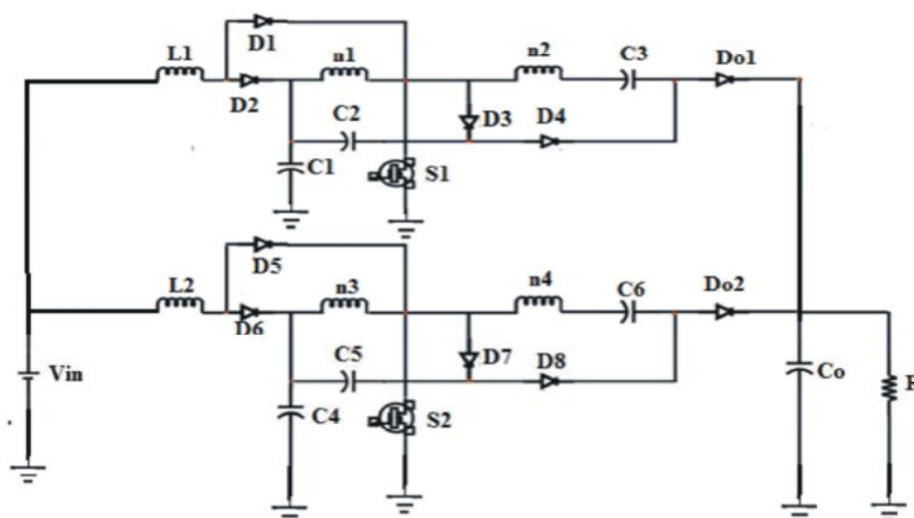
در شکل ۴ نحوه کلیدزنی مدار در یک سیکل کلیدزنی آورده شده است. به دلیل اینکه این مبدل در توان بالا کار میکند معمولاً در حالت هدایت پیوسته طراحی میشود تا ریپل جریان قطعات کوچک باشد.



شکل ۴. رفتار مدار در یک سیکل کلیدزنی

### ۳-۱ اصول عملکرد مدار

بلوک دیاگرام مدار ارائه شده را در شکل ۵ مشاهده میکنید که متشکل از دو سلول به صورت interleaved می باشد. اجزای این مدار عبارتند از سویچ های Q1 و Q2، سلف های تزویج M، سلف های L1 و L2 و مدار کلمپ که از دیود و خازن تشکیل شده است [۷-۸].



شکل ۵. مبدل DC-DC ترکیبی بوست-بوست

مزایای این مبدل بصورت زیر است [۹-۷]:

- بهره ولتاژ خروجی به وسیله سلف های تزویج افزایش یافته است.
- استرس ولتاژ سویچ ها به دلیل استفاده از مدار کلمپ کاهش یافته است.
- ریپل جریان ورودی و ریپل جریان خازن خروجی کاهش یافته است.

برای انتخاب اندازه سلف ورودی، این نکته را در نظر میگیریم که مبدل باید در حالت هدایت پیوسته با ریپل جریان ۱۵ درصد کار کند. چون مبدل از دو مدار بوست-بوست استفاده میکند که با هم ۱۸۰ درجه شیفت فاز دارند، ریپل جریان ورودی تقریباً از بین میرود.

اندازه سلف ورودی از رابطه زیر محاسبه میشود:

$$\text{Input inductor} = \frac{\frac{V_{out} \times D}{2}}{I_{peak} \times 0.3 \times f_s} \quad (3)$$

که پیک این جریان برابر است با:

$$I_{peak} = \frac{P_{out(max)} \times \sqrt{2}}{V_{in}(min)} \quad (4)$$

که  $f$  همان فرکانس کلیدزنی،  $D$  مقدار سیکل وظیفه است.

اگر مقدار سیکل وظیفه برابر با ۰٫۵ انتخاب شود ریپل جریان ورودی حداقل خواهد شد. خازن  $C1$  برای کاهش تغییرات ولتاژ دو سر سویچ به کار میرود و خازن های  $C0$  و  $C2$  نیز برای افزایش بهره ولتاژ قرار داده شده است خازن های  $C1$ ،  $C2$  و  $C0$  از رابطه زیر تعیین میشوند.

$$C \geq \frac{2P_{MAX}}{V_C^2 f_s} \quad (5)$$

که در آن مقدار  $P_{max}$  همان توان خروجی میباشد.

#### ۴- طراحی مبدل ترکیبی بوست-بوست

در این بخش با تکیه بر یک روش اصولی و جامع، در ابتدا مبدل ترکیبی بوست-بوست معرفی شده و سپس با توجه به آن که در این مقاله هدف طراحی اسنابر برای این نوع مبدل DC-DC می باشد، با استفاده از ارائه شبیه سازی و ساخت مبدل پیشنهادی، نتایج آن مورد تحلیل قرار گرفته است. در ابتدا سعی بر آنست که با طراحی اسنابر و شبیه سازی مدار با نرم افزار MATLAB/SIMULINK، پارامترهای مهم مبدل محاسبه گردد و مدل محاسبه شده ساخته شده و مورد راستی آزمایی قرار گیرد. در این مقاله روش ارائه شده بر پایه ی مبدل های ترکیبی بوست-بوست با بهره بالا می باشد. مبدل DC-DC ترکیبی بوست-بوست بهره بالا طبق شکل ۵ بررسی می شود.

این مبدل از طریق یک ماژول افزایش ولتاژ، در پیوند لایه مبدل برای بهره بالاتر بدون افزایش شدید دوره کارکرد سویچ ها بدست می آید. ماژول افزایش ولتاژ از یک مبدل بوست معمولی با سلف همراه تشکیل شده است. مقدار دور سیم پیچ اولیه سلف N1 برای ورودی کم و مقدار دور سیم پیچ ثانویه N2 با سلف همراه برای افزایش بهره ولتاژ است و مقدار دور آنها با هم برابر هستند. مبدل پیشنهادی در حالت هدایت پیوسته CCM است و دوره کارکرد سویچ ها در طول عملیات پیوسته با تغییر ۱۸۰ درجه فاز در پیوند می باشند که دوره کارکرد آن بیشتر از ۵۰٪ است.

#### ۴-۱ طراحی مدار اسنابر

وقتی یک کلید نیمه هادی قدرت روشن و یا خاموش باشد، توان تلفاتی اش نسبتاً ناچیز است. اما توان تلفاتی آن در هنگام انتقال از یک حالت به حالت دیگر قابل توجه است، چرا که در ولتاژ زیاد همراه با جریان زیاد این انتقال رخ می دهد. همان گونه که بیان شد از مدارهای اسنابر به دو منظور استفاده می شود:

- کنترل مکان هندسی سویچینگ (تضمین عملکرد در ناحیه امن)
- کاهش تلفات داخلی ادوات

برای مبدل مورد نظر از اسنابر RC استفاده می شود، چون موجب میرایی تشدید ناشی از عوامل پارازیتی در طبقه قدرت شده، به دلیل سادگی ساختار و به صرفه بودن، از میان مدارهای اسنابر پرکاربردترین آن ها محسوب می شود. در مبدل بوست-بوست ارائه شده از دو ترانزیستور ماسفت قدرت با خازن خروجی استفاده شده است و از آن در لحظه ی قطع و در بدترین شرایط چند آمپر جریان می گذرد. ابتدا مقدار بالازدگی ولتاژ محاسبه می گردد [۷-۹].

$$R = \sqrt{(Lk1.C1/2)} \quad (۶)$$

$$V = Ic1.R \quad (۷)$$

سپس مقاومت و خازن مورد نیاز مدار اسنابر جهت میرایی نوسانات محاسبه می گردد.

$$Cs2 = Cs1 = 3.C1/2 \quad (۸)$$

$$Rs2 = Rs1 = (Lk1/C1/2) \quad (۹)$$

با توجه به محاسبات انجام شده مقدار مقاومت ۱۵۰ اهم و خازن ۱ nf اسنابر بدست آمده است. مزایای استفاده از مبدل پیشنهادی بصورت زیر ارائه شده است:

- مبدلی که ریبیل جریان ورودی پایین، انتقال تلفات پایین مشخص شده برای برنامه های کاربردی قدرت بالا
- ۲ مبدل افزایش ولتاژ بالا برای سیستم های تجدیدپذیر
- انرژی نشتی به خروجی فرستاده می شود با کاهش تلفات در سویچ ها
- استرس ولتاژ سویچ اصلی مدار مبدل کمتر از ولتاژ خروجی می باشد.
- هزینه کم و راندمان بالا با  $R_{ds(on)}$  و نرخ ولتاژ پایین برای سویچینگ قدرت دستگاه.
- عملکرد سویچ ها در ناحیه امن با کاهش تلفات در توان های خروجی بالا

۵- شبیه سازی و نتایج

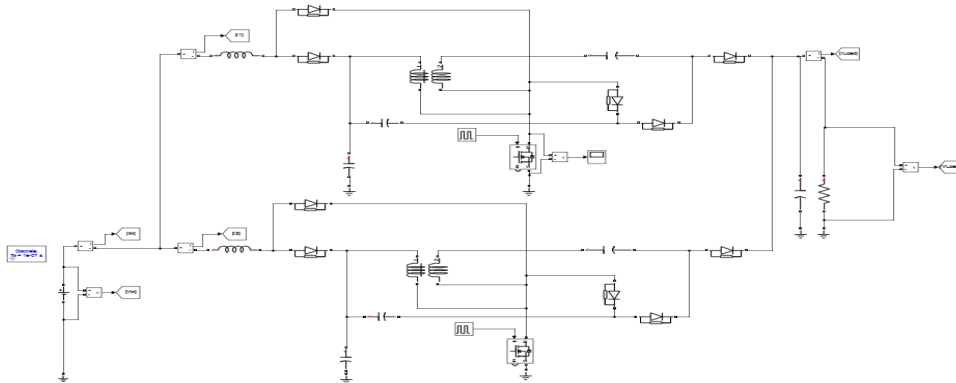
### ۵-۱ شبیه سازی مبدل پیشنهادی در محیط MATLAB/SIMULINK

در این بخش شبیه سازی مبدل پیشنهادی در نرم افزار متلب ارائه شده است. نمونه ۰,۵ کیلووات مبدل بهره بالا با مشخصات زیر تست شده است. خصوصیات الکتریکی  $V_{in}=36V$ ،  $V_o=380V$  و  $F_s=40kHz$  می باشد. قطعات اصلی به این صورت انتخاب شده که سلف های مغناطیسی  $L_{m1}$  و  $L_{m2}$  برابر 10 و 70 میکرو هانری هستند؛ نرخ تبدیل  $N=1$ ؛ سوئیچ های پاور  $S_1$  و  $S_2$ ، IRFP4227 هستند؛ دیود های  $D_{c1}$  و  $D_{c2}$ ، BYQ28E-200 هستند؛ دیود های  $D_{b1}$ ،  $D_{b2}$ ،  $D_{f1}$  و  $D_{f2}$ ، FCF06A-40 هستند؛ خازن های  $C_{c1}$ ،  $C_{c2}$ ،  $C_2$  و  $C_3$ ، ۴۷ میکروفاراد هستند و خازن خروجی ۴۷۰ میکروفاراد است. در جدول زیر پارامترهای شبیه سازی ارائه شده است [۷-۹].

جدول ۱: پارامترهای شبیه سازی

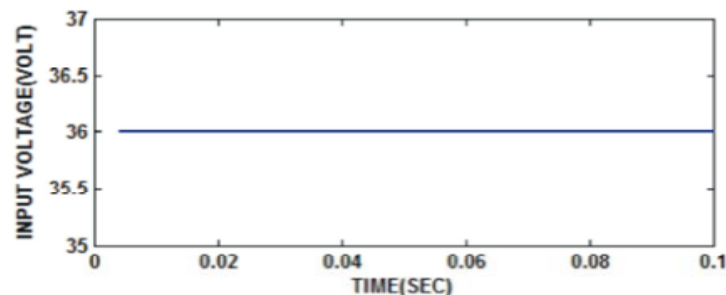
Components	Parameters
Maximum Output Power $P_o$	500W
Input Voltage $V_{in}$	18-36V
Output Voltage $V_o$	380V
Switching Frequency $f_s$	40kHz
Input Inductor $L_1$ and $L_2$	30 $\mu$ H
Capacitor ( $C_1$ )	47 $\mu$ F
Capacitor ( $C_2$ )	47 $\mu$ F
Capacitor ( $C_3$ )	47 $\mu$ F
Coupled Inductor $L_1$ and $L_2$	10 $\mu$ H and 70 $\mu$ H

در شکل ۶ شبیه سازی مبدل پیشنهادی در محیط MATLAB/SIMULINK ارائه شده است.



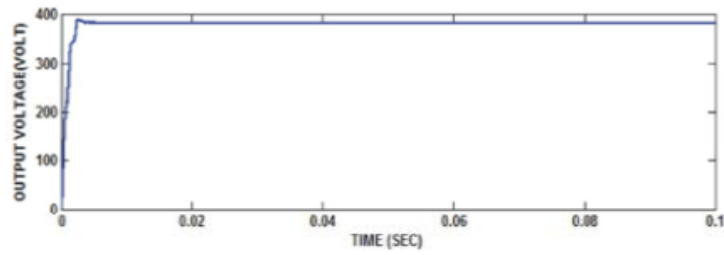
۶: دیاگرام شبیه سازی مبدل در محیط MATLAB/SIMULINK

در شکل های ۷ و ۸ ولتاژ ورودی مبدل و ولتاژ خروجی مبدل نشان داده شده است.



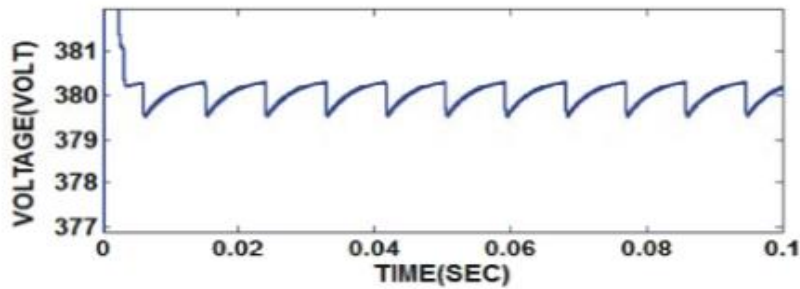
شکل ۷. ولتاژ ورودی مبدل



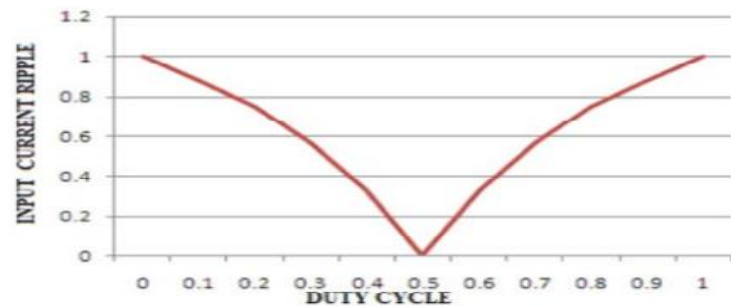


شکل ۸. ولتاژ خروجی مبدل

ولتاژ بزرگ نمایی شده خروجی مبدل در شکل ۹ و تغییرات ریپل جریان ورودی مبدل با تغییرات سیکل وظیفه در شکل ۱۰ نشان داده شده است.



شکل ۹. ولتاژ بزرگ نمایی شده خروجی مبدل



شکل ۱۰. تغییرات ریپل جریان ورودی مبدل با تغییرات سیکل وظیفه

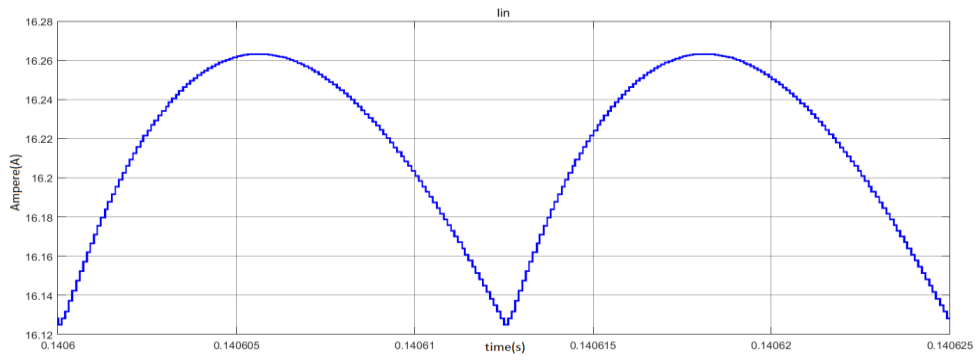
نمودار تغییرات ریپل جریان ورودی مبدل، نسبت به تغییرات سیکل وظیفه در شکل ۱۰ رسم شده است در حالت کلی معادله ریپل جریان ورودی بر حسب سیکل وظیفه به صورت زیر است:

$$R(D) = \frac{1-2D}{D} \text{ if } D \leq 0.5 \quad (10)$$

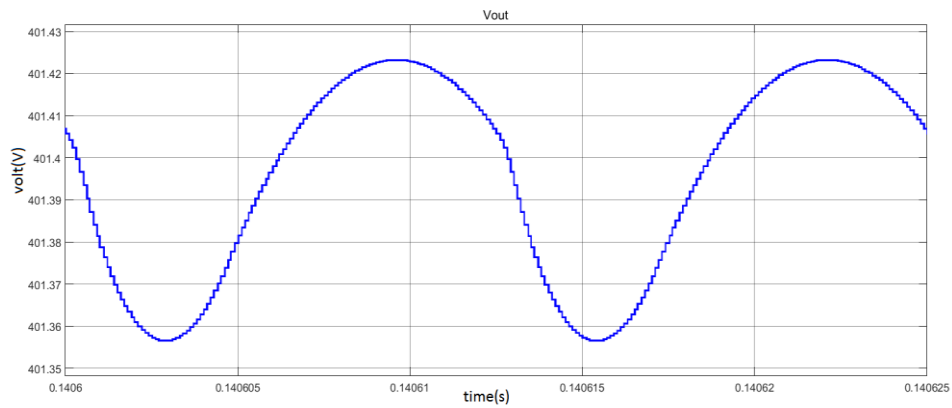
(11)

$$R(D) = \frac{2D-1}{D} \text{ if } D > 0.5$$

در شکل های ۱۱ و ۱۲، به ترتیب شکل موج های جریان ورودی و خروجی مبدل ارائه شده است.

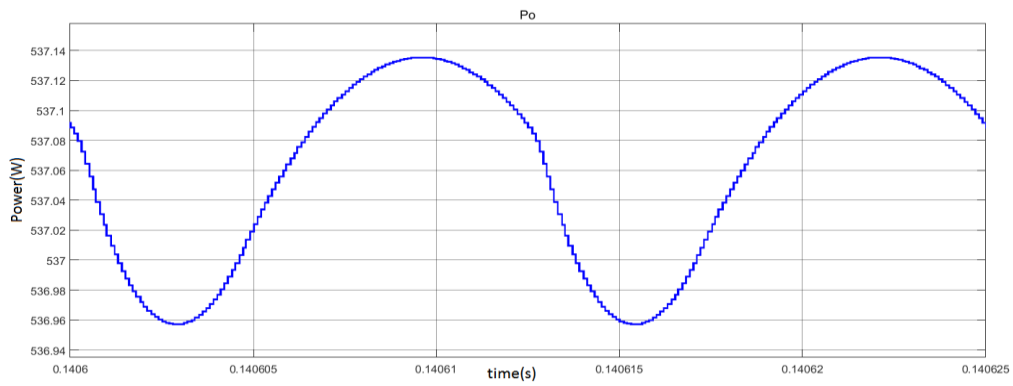


شکل ۱۱. شکل موج جریان ورودی مبدل



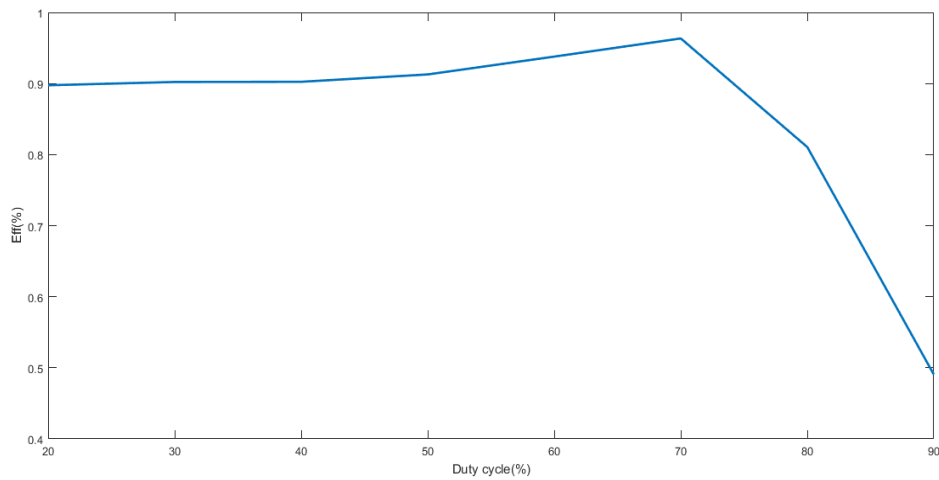
شکل ۱۲. شکل موج ولتاژ خروجی مبدل

در شکل ۱۳، شکل موج توان خروجی مبدل نشان داده شده است.



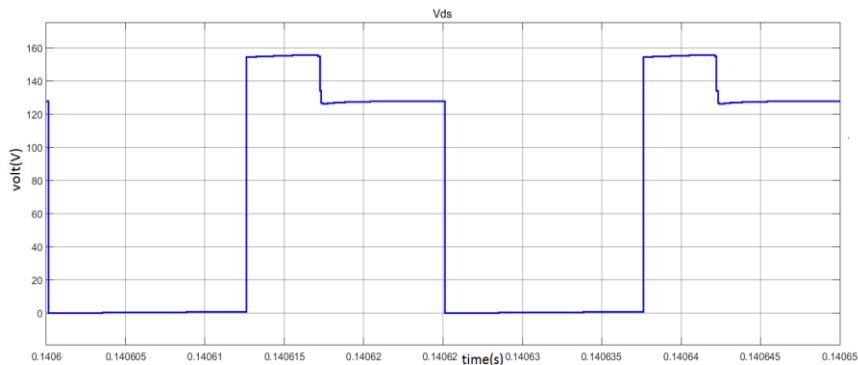
شکل ۱۳. شکل موج توان خروجی مبدل

در شکل ۱۴، شکل موج بازده مبدل بر اساس سیکل کاری گوناگون ارائه شده است.



شکل ۱۴. شکل موج بازده مبدل بر اساس سیکل کاری گوناگون

شکل موج ولتاژ درین- سورس در شکل ۱۵ ارائه شده است.

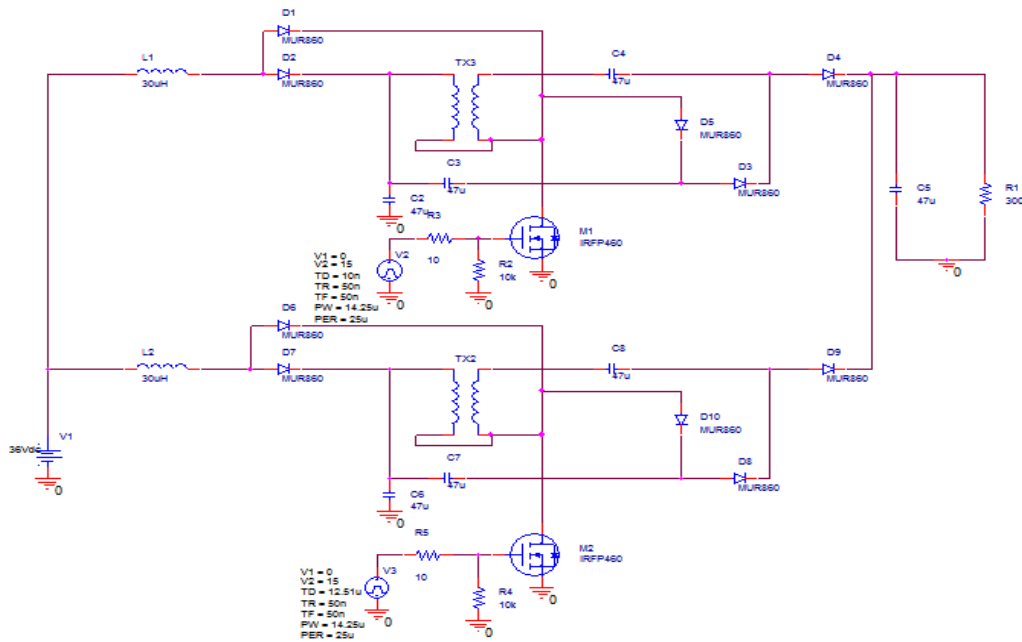


شکل ۱۵. شکل موج ولتاژ درین- سورس

همانطور که طبق نتایج بدست آمده مشاهده می شود ولتاژ خروجی ۱۱ برابر ولتاژ ورودی است. در مبدل های بوست مرسوم استرس ولتاژ سویچ برابر با ولتاژ خروجی مبدل است اما در این مبدل استرس ولتاژ سویچ به طور مستقیم توسط نسبت دور سلف تزویج و ولتاژ خروجی تعیین میشود و از مبدل بوست مرسوم کمتر است. در این مبدل با وجود اینکه ولتاژ خروجی تا حدود ۴۰۰ ولت افزایش میابد اما استرس ولتاژ روی سویچ برابر با ۱۵۰ ولت است.

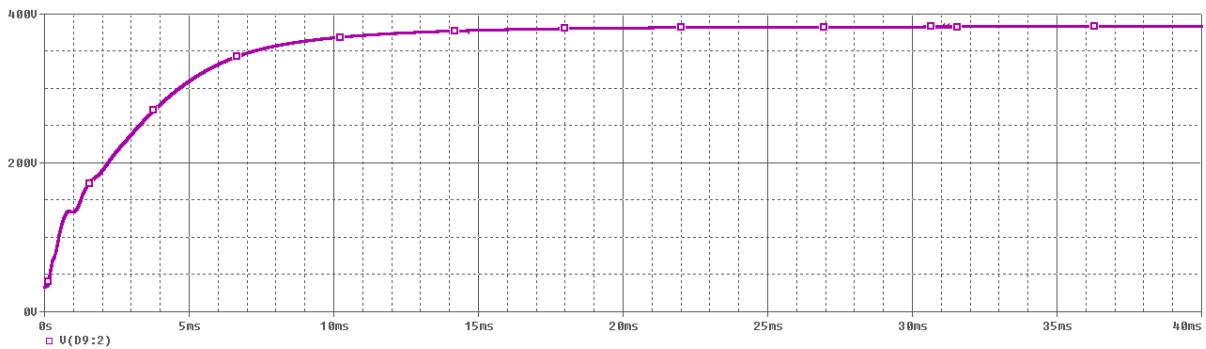
#### ۲-۵ شبیه سازی مبدل پیشنهادی در محیط orcad

با توجه به اینکه در نرم افزار ORCAD تمامی قطعات به صورت واقعی مدل سازی شده اند، میتوان رفتار دقیق مبدل را در این نرم افزار بدست آورد. شمای کلی شبیه سازی در شکل ۱۶ ارائه شده است.



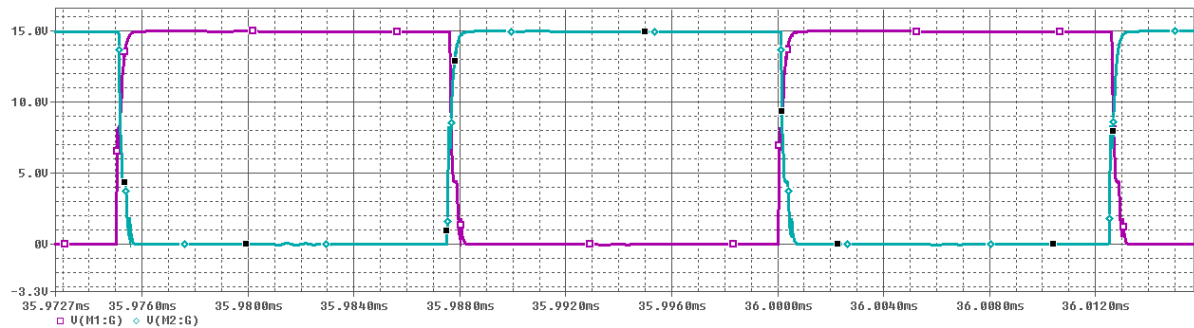
شکل ۱۶. شکل مبدل پیشنهادی که در نرم افزار orcad

با توجه به اینکه ولتاژ دوسر سویچ مبدل در شبیه سازی متلب برابر با ۱۵۰ ولت شده، در شبیه سازی با نرم افزار orcad از ماسفت IRFP460 استفاده شده است تا بتواند به راحتی این ولتاژ را تحمل کند. شکل موج ولتاژ خروجی مبدل در شکل ۱۷ نشان داده شده است.



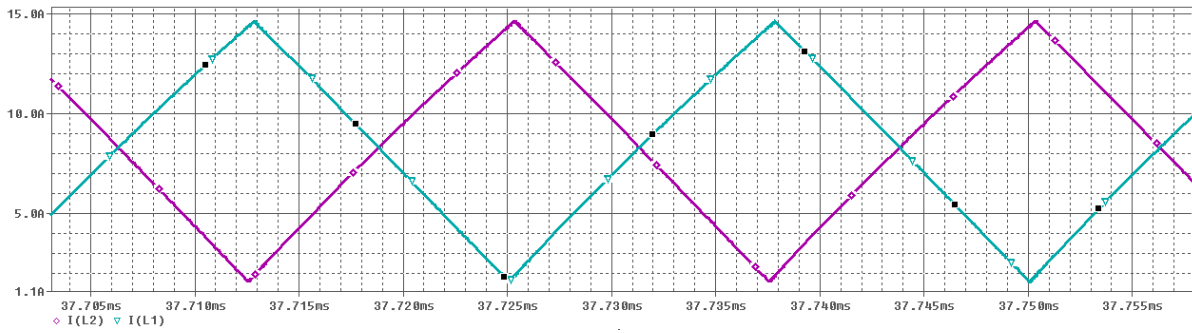
شکل ۱۷. شکل موج ولتاژ خروجی مبدل

در شکل ۱۸ شکل موج پالس های گیت-سورس سویچ ها که ترتیب کلیدزنی را نشان میدهد ارائه شده است.

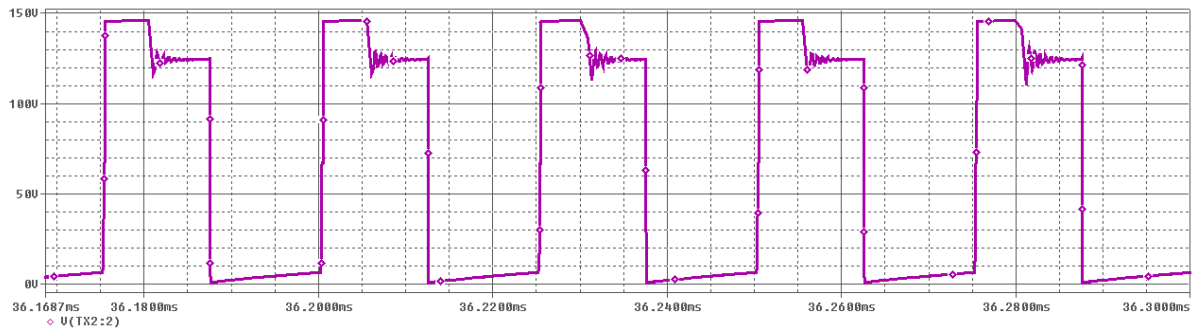


شکل ۱۸. شکل موج پالس های گیت-سورس سویچ ها که ترتیب کلیدزنی را نشان می دهد.

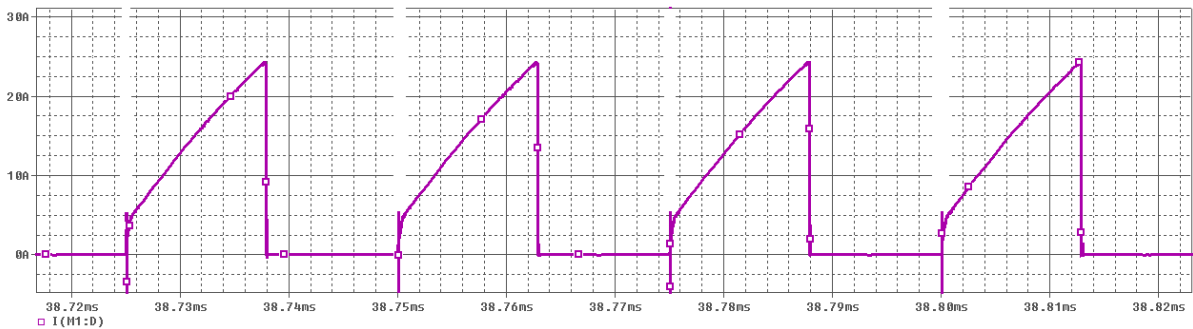
شکل موج جریان ورودی هر کدام از سلول های بوست-بوست و همچنین شکل موج های ولتاژ و جریان درین-سورس در شکل های ۱۹، ۲۰ و ۲۱ آمده است.



شکل ۱۹. شکل موج جریان ورودی هر کدام از سلول های بوست-بوست

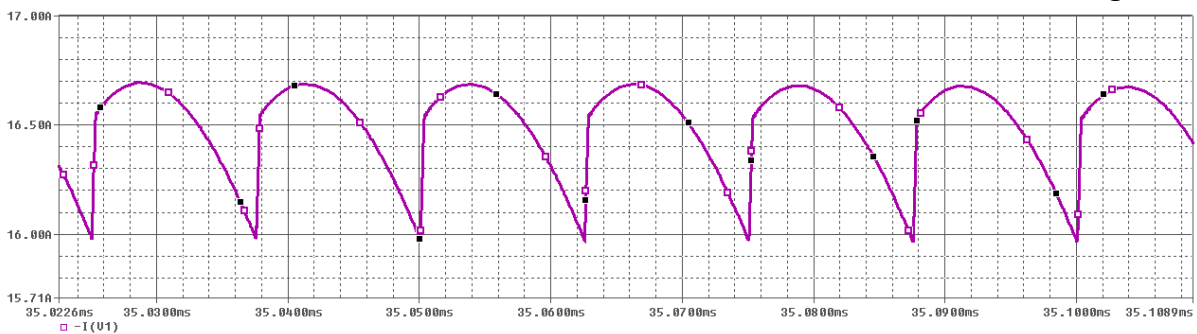


شکل ۲۰. شکل موج ولتاژ درین-سورس



شکل ۲۱. شکل موج جریان درین-سورس

شکل موج جریان ورودی مبدل در شکل ۲۲ نشان داده شده است.



شکل ۲۲. شکل موج جریان ورودی مبدل

## ۶- نتیجه گیری

با توجه به گسترش استفاده از انرژی های خورشیدی و به دلیل اینکه ولتاژ خروجی سلول های خورشیدی اغلب ولتاژ با دامنه پایین است که نمیتوان آن را به طور مستقیم به ولتاژ AC با دامنه مطلوب تبدیل کرد، استفاده از مبدل های سویچینگ با بهره ولتاژ بالا رو به رشد است. در این مقاله به بررسی یک نمونه از مبدل های با بهره ولتاژ بالا پرداخته شد که از ویژگی های

آن میتوان به کم بودن تعداد قطعات مدار، کاهش استرس ولتاژ دوسر سویچ، راندمان بالا، سادگی کنترل و جریان ورودی پیوسته با ریبیل پایین اشاره کرد. کم شدن استرس ولتاژ روی سویچ باعث کاهش تلفات کلیدزنی میشود که این امر موجب افزایش راندمان مدار خواهد شد. همانطور که در شکل ۶-۴ دیده شد بازده مبدل میتواند به بیش از ۹۶ درصد برسد. با شبیه سازی این مبدل در نرم افزارهای متلب و اورکد تمامی موارد ذکر شده صحت سنجی شد. مقایسه بین شبیه سازی های متلب و ارکد نشان می دهد که در نرم افزار متلب تمام قطعات در حالت ایده ال می باشند ولی در صورتی که در نرم افزار ارکد می توان تلفات قطعات را در نظر داشت همچنین از وجود قطعات مورد نظر در بازار برای ساخت مدار اطلاع پیدا کرد. در شبیه سازی های انجام شده مقاومت داخلی  $rDs=0.02$ ،  $rL=0.05$  و  $rD=0.01$  در نظر گرفته شده است. در شبیه سازی متلب به دلیل اینکه قطعات تقریباً ایده آل هستند در شرایط مشابه، ولتاژ خروجی ۴۰۱ ولت شده است در حالی که در نرم افزار اورکد ولتاژ خروجی ۳۹۷ ولت شده است که این کاهش به دلیل افت ناشی از تلفات مدار است. در شکل ۱۱-۴ همانطور که مشاهده میشود اسنابر طراحی شده برای مبدل به خوبی توانسته نوسانات ناشی از عناصر پارازیتی را میرا کند که این امر موجب کاهش نویز EMI مدار میشود.

### مراجع

- [1] Tseng, K. C., Huang, C. C., & Shih, W. Y. (2013). A high step-up converter with a voltage multiplier module for a photovoltaic system. *IEEE transactions on power electronics*, 28(6), 3047-3057.
- [2] Tseng, K. C., Huang, C. C., & Shih, W. Y. (2013). A high step-up converter with a voltage multiplier module for a photovoltaic system. *IEEE transactions on power electronics*, 28(6), 3047-3057.
- [3] Coelho, Roberto F., Filipe Concer, and Denizar C. Martins. "A study of the basic DC-DC converters applied in maximum power point tracking." *Power Electronics Conference, 2009. COBEP'09. Brazilian. IEEE, 2009.*
- [4] Taghvaei, M. H., Radzi, M. A. M., Moosavain, S. M., Hizam, H., & Marhaban, M. H. (2013). A current and future study on non-isolated DC-DC converters for photovoltaic applications. *Renewable and sustainable energy reviews*, 17, 216-227.
- [5] Elasser, A., & Torrey, D. A. (1996). Soft switching active snubbers for dc/dc converters. *IEEE transactions on Power electronics*, 11(5), 710-722.
- [6] Pavlovsky, M., Tsuruta, Y., & Kawamura, A. (2009, September). Bi-directional buck/boost dc-dc converter with ultra high efficiency based on improved SAZZ topology. In *Energy Conversion Congress and Exposition, 2009. ECCE 2009. IEEE* (pp. 1783-1790). IEEE.
- [7] Schuck, M., & Pilawa-Podgurski, R. C. (2015). Ripple minimization through harmonic elimination in asymmetric interleaved multiphase DC-DC converters. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 30(12), 7202-7214.
- [8] Elasser, A., & Torrey, D. A. (1996). Soft switching active snubbers for dc/dc converters. *IEEE transactions on Power electronics*, 11(5), 710-722.
- [9] Chen, S. H., Huang, T. C., Ng, S. S., Lin, K. L., Du, M. J., Kang, Y. C., ... & Lin, J. R. (2016). A direct AC-DC and DC-DC cross-source energy harvesting circuit with analog iterating-based MPPT technique with 72.5% conversion efficiency and 94.6% tracking efficiency. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 31(8), 5885-5899.