Journal of **N**ovel **R**esearches on **S**mart **P**ower **S**ystems - Vol. 13 - No. 3 – Autumn 2024
P-ISSN: 2322-2468, E-ISSN: 2981-0272, https://jeps.dezful.iau.ir/

Research Article

A Quadratic High Step-Up Converter with Zero-Current Switching

Rasol Sareban[1], *PhD student*, Mohammadreza Amini[2]*, *Assistant Professor*, Majid Delshad [3], *Associate Professor*, Mohammad Rouhollah Yazdani[4], *Associate Professor*

[1] Department of Electrical Engineering, Isfahan (Khrasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran, rasol.sareban@iau.ir
[2] Department of Electrical Engineering, Isfahan (Khrasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran, mr.amini@khuisf.ac.ir
[3] Department of Electrical Engineering, Isfahan (Khrasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran, delshad@khuisf.ac.ir
[4] Department of Electrical Engineering, Isfahan (Khrasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran, m.yazdani@khuisf.ac.ir

Abstract:
In this study, a novel high step-up converter without utilizing a coupled inductor at the input is presented. The converter incorporates two coupled inductors: one to enhance the voltage gain and the other to facilitate zero-current switching (ZCS) and transfer snubber energy. A lossless snubber is employed to achieve soft-switching conditions. All diodes in the circuit operate under ZCS, effectively eliminating the issue of reverse recovery. The converter features a continuous input current and reduced conduction losses due to low voltage stress on the switches. The proposed converter has been comprehensively analyzed, and a 60 W prototype was simulated in PSPICE and subsequently implemented to validate the circuit analysis. The converter achieves an efficiency of 96% under full-load conditions, representing a 6% improvement compared to a hard-switching boost converter.

Keywords: High Step-Up Converter, Continuous Input Current, Coupled Inductor, Zero-Current Switching (ZCS)

Received: 26 July 2024
Revised: 15 Aug. 2024
Accepted: 1 Oct. 2024

*** Corresponding Author:** Dr. Mohammad Reza Amini

Citation: R. Sareban, M. R. Amini, M. Delshad, M. R. Yazdani, "A Quadratic High Step-Up Converter with Zero-Current Switching", Journal of Novel Researches on Smart Power Systems, vol. 13, no. 3, pp. 1-13, December 2024 (in Persian).

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-14]

[DOI: 10.82362/jeps.2024.3.525]

مقاله پژوهشی

مبدل بسیار افزاینده کوادراتیک با کلیدزنی در جریان صفر

رسول ساربان[۱]، دانشجوی دکتری، محمدرضا امینی[۲،*]، استادیار، مجید دلشاد[۳]، دانشیار، محمدروح اله یزدانی[۴]، دانشیار

۱- گروه مهندسی برق، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران، rasol.sareban@iau.ir
۲- گروه مهندسی برق، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران، mr.amini@khuisf.ac.ir
۳- گروه مهندسی برق، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران، delshad@khuisf.ac.ir
۴- گروه مهندسی برق، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران، m.yazdani@khuisf.ac.ir

چکیده: در این مقاله، یک مبدل بسیار افزاینده جدید بدون استفاده از سلف تزویج شده در ورودی ارائه شده است. این مبدل دارای دو سلف کوپل شده است: یکی برای افزایش بهره ولتاژ و دیگری برای ایجاد شرایط کلیدزنی در جریان صفر و انتقال انرژی اسنابر. از اسنابر بدون تلفات برای ایجاد شرایط کلیدزنی نرم استفاده شده است. تمامی دیودهای مدار در جریان صفر کلیدزنی می‌شوند، بنابراین مشکل بازیابی معکوس در آنها وجود ندارد. جریان ورودی مبدل پیوسته است و به دلیل استرس ولتاژ پایین روی کلیدها، تلفات هدایتی در مبدل کاهش یافته است. این مبدل به‌طور کامل تحلیل شده و نمونه‌ای ۶۰ وات از آن در PSPICE شبیه‌سازی و سپس ساخته شده است تا تحلیل‌های مدار را تأیید کند. راندمان مبدل در بار کامل ۹۶٪ است و یک بهبود ۶ درصد را نسبت به مبدل افزاینده با کلیدزنی سخت نشان می دهد.

کلمات کلیدی: مبدل بسیار افزاینده، جریان ورودی پیوسته، سلف تزویج شده، کلیدزنی در جریان صفر

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۴/۶
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۵/۲۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۷/۱۰

* **نام نویسنده مسئول:** دکتر محمدرضا امینی
نشانی نویسنده مسئول: اصفهان، بلوار ارغوانیه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)، گروه مهندسی برق

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-14]
[DOI: 10.82362/jeps.2024.3.525]
Journal of Novel Researches on Smart Power Systems - Vol. 13 - No. 3- Autumn 2024

۱- مقدمه

اخیراً، سیستم‌های میکروشبکه[۱] DC برای خودکفایی در مناطق کوچک به عنوان نسل بعدی سیستم‌های قدرت مورد توجه قرار گرفته‌اند. به‌ویژه، منابع تجدیدپذیری[۲] مانند فتوولتائیک[۳] ، توربین بادی، امواج و منابع زمین‌گرمایی به‌عنوان مولدهای برق DCدر یک سیستم میکروشبکه به کار گرفته شده‌اند. علاوه بر این، سلول‌های سوختی، باتری‌ها و ابرخازن‌ها نیز به‌عنوان منابع تغذیه پشتیبان برای منابع تجدیدپذیر استفاده می‌شوند. با این حال، این منابع برق ولتاژ بسیار پایینی تولید می‌کنند و برای بهره‌برداری از بارهایی که به ولتاژهای عملکردی بالا نیاز دارند، یک مبدل DC-DC با افزایش ولتاژ بالا ضروری است[۱]-[۴].

برای کاربردهای افزایش ولتاژ، معمولاً از یک مبدل DC-DC بوست معمولی[۴] استفاده می‌شود. این مبدل دارای ساختار ساده و هزینه کم است. با این حال، بهره ولتاژ آن برای کاربردهای با افزایش ولتاژ بالا کافی نیست. علاوه بر این، این مبدل برای کاربردهای توان بالا مناسب نیست، زیرا تنها دو عنصر توان برای پردازش توان بار استفاده می‌شوند و دارای تنش‌های ولتاژ و جریان بالا است[۵]-[۷]. ساده‌ترین روش برای دستیابی به بهره ولتاژ بالا، اتصال سری دو مبدل بوست است. این مبدل‌ها به عنوان مبدل‌های بوست آبشاری[۵] یا بوست درجه دوم شناخته می‌شوند. ساختار آبشاری نیاز به تعداد زیادی اجزا دارد که به تعداد مراحل بستگی دارد و این امر منجر به بازدهی پایین، مدار پیچیده و هزینه بالا می‌شود[۸]-[۹]. همان‌طور که پیش‌تر ذکر شد، هدف اصلی این است که با استفاده از تعداد کمتری اجزا، بهره ولتاژ بالا و بازدهی زیاد حاصل شود. معمولاً، مبدل بوست کوادراتیک[۶] به‌صورت یک مبدل تک‌سوییچی یکپارچه می‌شود تا تعداد اجزا کاهش یابد. این نوع مبدل‌ها در منابع [۱۰] تا [۱۴] پیشنهاد شده‌اند. با این حال، تلفات هدایتی و تلفات کلیدزنی افزایش می‌یابد، زیرا جریان هر سلول بوست تنها از یک کلید مشترک عبور می‌کند. بنابراین، استفاده از فناوری کلیدزنی نرم و کاهش ولتاژ کلید برای بهبود بازده توان ضروری است. در منبع [۱۱]، عملیات کلیدزنی در ولتاژ صفر (ZVS) برای بهبود بازده توان پیاده‌سازی شد، اما نیاز به یک کلید اضافی وجود دارد و مدار کنترلی پیچیده است.

در روش دیگری برای دستیابی به بهره ولتاژ بالا، می‌توان از یک سلف کوپل شده[۷] به‌جای سلف اصلی استفاده کرد. مبدل‌های بوست با افزایش ولتاژ بالا که از سلف کوپله استفاده می‌کنند، در منابع [۱۵] تا [۱۹] پیشنهاد شده‌اند. نسبت دور سلف کوپل شده برای تنظیم بهره ولتاژ مورد استفاده قرار می‌گیرد. با این حال، به دلیل نیاز به نسبت دور بالا برای دستیابی به بهره ولتاژ زیاد، اندازه سلف کوپله و تلفات هدایتی سیم‌پیچ افزایش می‌یابد. علاوه بر این، به دلیل اندوکتانس نشتی[۸] سلف کوپل شده ، به یک مدار اسنابر یا مدار کلمپ نیاز است [۱۵]-[۱۶]. برای غلبه بر این مشکل، یک مدار کلمپ فعال باک-بوست در منبع [۱۵] پیشنهاد شده است. این مدار کلمپ نه‌تنها تنش ولتاژ کلید را کاهش می‌دهد، بلکه عملیات کلیدزنی در ولتاژ صفر [۹] (ZVS)را نیز فراهم می‌کند. در منبع [۱۶]، اسنابرهای فعال/غیرفعال با استفاده از سلف‌ها، خازن‌ها و دیودهای اضافی به همراه کلید فعال پیشنهاد شده‌اند.

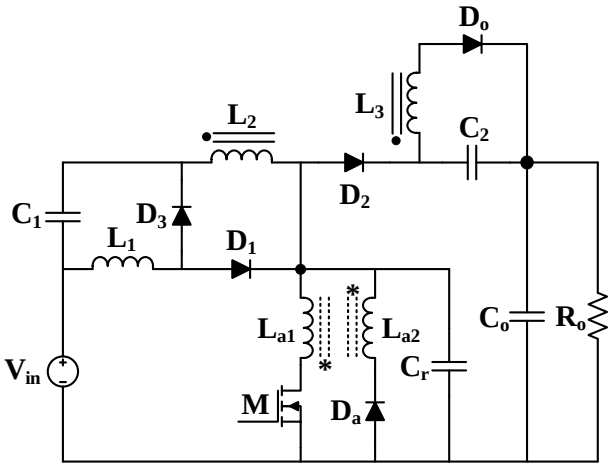
در این مقاله یک مبدل ابتکاری بسیار افزاینده از نوع کوادراتیک ارایه شده که دارای جریان ورودی پیوسته، استرس ولتاژ پایین روی سوییچ، کلیدزنی نرم در المانها و جذب انرژی سلف نشتی در خازنهای افزاینده است. این ویژگیها باعث افزایش رانـدمان و چگالی توان گردیده و مبدل را برای کاربردهای انرژی سبز مناسب می سازد.

در این مقاله، در بخش دوم ابتدا مبدل پیشنهادی معرفی شده و عملکرد آن به طور مفصل توضیح داده شده است. در بخش سوم، تحلیل مبدل صورت گرفته و روش طراحی آن ارائه شده است. نتایج شبیه‌سازی و آزمایش‌های عملی مبدل طراحی‌شده در بخش چهارم نمایش داده شده‌اند تا کارایی مبدل تأیید شود. راندمان مبدل پیشنهادی در بخش پنجم با مبدل بوست متداول مقایسه شده و در نهایت، در بخش ششم نتیجه‌گیری آورده شده است.

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-14]
[DOI: 10.82362/jeps.2024.3.525]
Journal of Novel Researches on Smart Power Systems - Vol. 13- No. 3- Autumn 2024

۲- مبدل بسیار افزاینده پیشنهادی

مبدل پیشنهادی در شکل (۱) آورده شده است. مبدل پیشنهادی دارای یک سوئیچ M، یک سلف کوپل شده L_2-L_3، سلف ورودی L_1، دیودهای D_1، D_2، D_3، و D_o و خازن‌های C_1 و C_2 و C_o می‌باشد. اسنابر مبدل نیز دارای سلف‌های کوپل شده L_{a1}-L_{a2}، دیوید کمکی D_a و خازن C_r می‌باشد.



شکل (۱): نمای شماتیک مبدل کوادراتیک پیشنهادی

Figure (1): Schematic representation of the proposed quadratic converter

۲-۱-عملکرد مبدل پیشنهادی

مبدل پیشنهادی دارای ۶ وضعیت عملکرد در یک سیکل کلیدزنی می‌باشد. برای سادگی تحلیل فرض می‌گردد که جریان ورودی ثابت است و ولتاژ خازن‌های C_1 و C_2 و C_o نیز به علت بزرگ بودن آنها ثابت است. از طرفی از سلف نشتی سلف‌های کوپل شده در مدار کمکی صرف نظر می‌گردد.

شکل موج‌های کلیدی مبدل در شکل (۲) آورده شده است و مدارهای معادل هر وضعیت در شکل (۳) نشان داده شده است. قبل از وضعیت اول سوئیچ M خاموش است و دیودهای D_2 و D_o و D_3 روشن هستند و انرژی L_m از طریق دیود D_o به خروجی منتقل می‌شود.

وضعیت اول:

این وضعیت با روشن شدن سوئیچ M آغاز می‌شود. به خاطر سلف سری L_{a1} جریان با شیب افزایش یافت و در نتیجه سوئیچ به صورت ZC روشن می‌شود. با رسیدن جریان سوئیچ به I_{Lm} دیود خروجی خاموش و این وضعیت پایان می‌پذیرد.

وضعیت دوم:

با خاموش شدن D_o جریان از D_3 به دیود D_1 منتقل شده و دیود D_3 به صورت ZC خاموش می‌شود. از طرفی یک رزونانس بین C_r و L_{a1} آغاز می‌شود و خازن C_r به صورت رزونانسی دشارژ می‌شود تا به صورت کامل تخلیه شود.

وضعیت سوم:

با دشارژ کامل C_r دیود D_a روشن شده و سطح جریان سوئیچ M کاهش می‌یابد زیرا جریان بین دو سلف L_{a1} و L_{a2} تقسیم می‌شود. این وضعیت با خاموش شدن سوئیچ پایان می‌پذیرد.

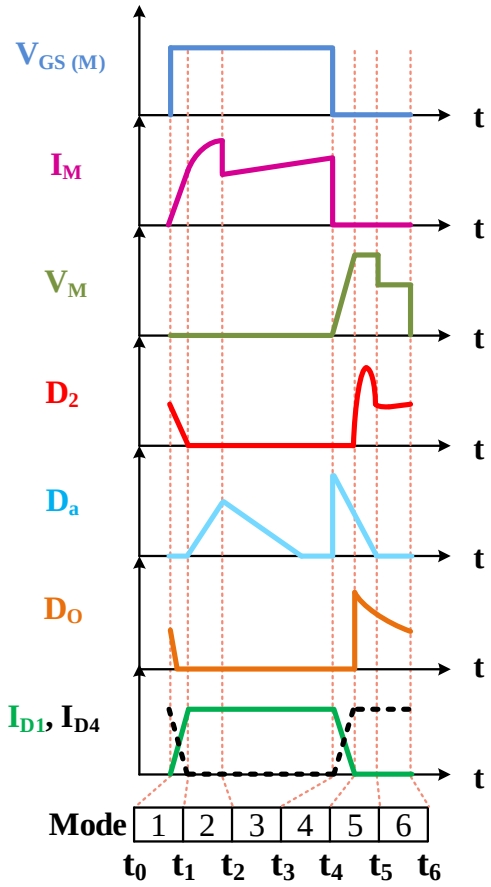
وضعیت چهارم:

با خاموش شدن سوئیچ M و خازن C_r خطی توسط سلف L_{a2} و L_m شارژ می‌شود. در این وضعیت دیودهای D_1 و D_3 وضعیتشان عوض می‌شود و جریان از D_1 به D_4 منتقل می‌گردد.

وضعیت پنجم:

در این وضعیت دیودهای D_2 و D_o روشن شده و جریان دیود D_a کاهش می‌یابد تا به صفر رسیده و در پایان این وضعیت به صورت ZC خاموش شود.

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-14]
[DOI: 10.82362/jeps.2024.3.525]
Journal of Novel Researches on Smart Power Systems - Vol. 13 - No. 3- Autumn 2024



شکل(۲): شکل موجهای کلیدی مبدل کوادراتیک پیشنهادی

Figure (2): Key waveforms of the proposed quadratic converter

وضعیت ششم:

در این وضعیت دیود D_a خاموش شده و ولتاژ دو سر سوئیچ به خاطر تخلیه کامل جریان L_{a1} کاهش می‌یابد. از طرفی انرژی سلف L_m از طریق D_o در خروجی تخلیه می‌شود. این وضعیت با روشن شدن دوباره سوئیچ به پایان می‌رسد.

۳- تحلیل مبدل پیشنهادی

در این قسمت طراحی المان‌های مبدل، بهره ولتاژ مبدل و استرس المان‌ها محاسبه و ارائه می‌شود.

۳-۱- بهره ولتاژ

در ابتدا برای محاسبه بهره یک رابطه بالانس ولت ثانیه برای L_1 نوشته می‌شود.

$$V_{in}DT - V_{C1}(1-D)T = 0 \quad (۱)$$

$$V_{C1} = \frac{D}{1-D}V_{in} \quad (۲)$$

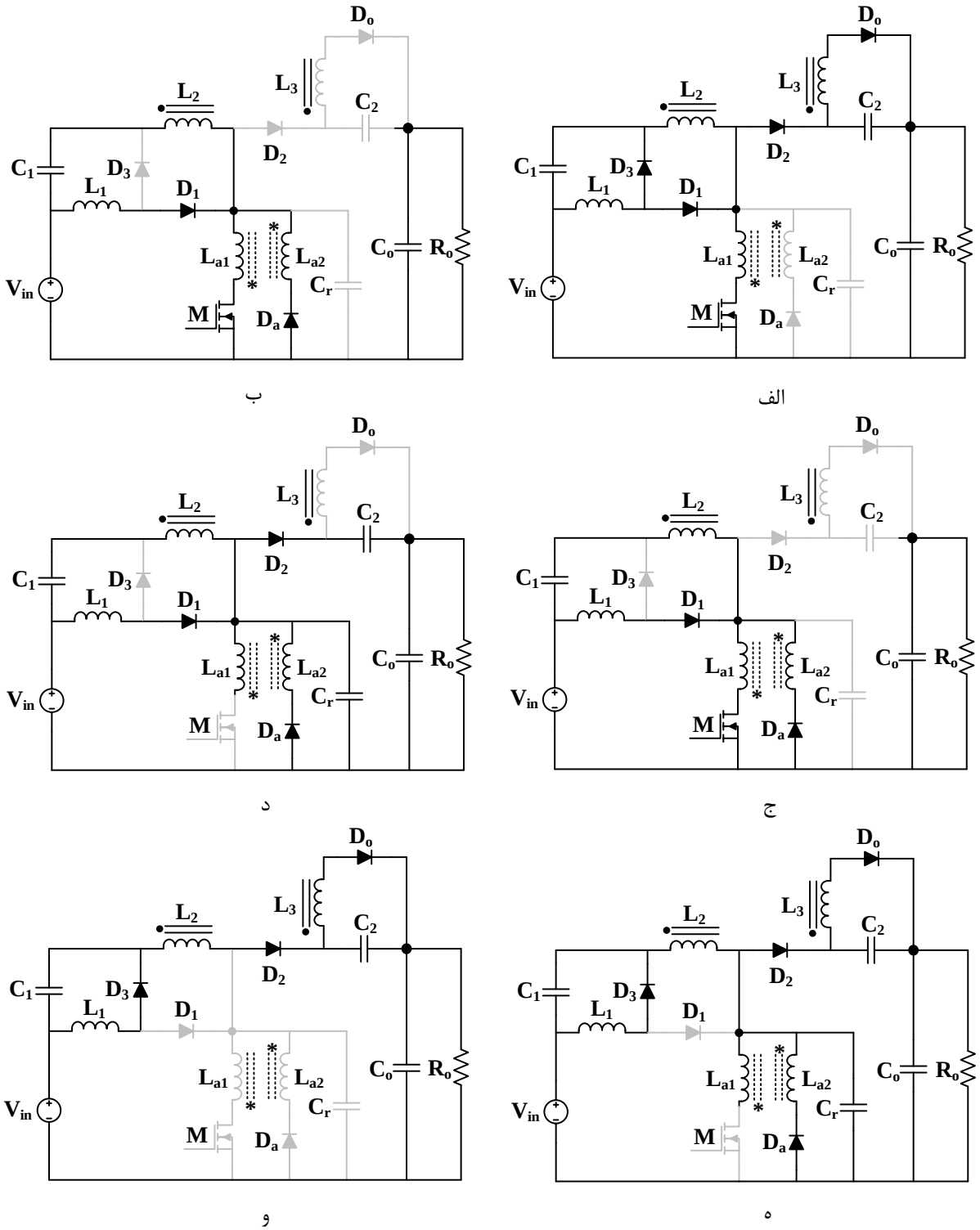
با نوشتن بالانس ولت ثانیه برروی L_2 داریم.

$$(V_{in} + V_{C1})D - \frac{V_{C2}}{n}(1-D)T = 0 \quad (۳)$$

$$M = \frac{V_o}{V_{in}} = \frac{1+n-D}{(1-D)^2} \quad (۴)$$

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-14]

[DOI: 10.82362/jeps.2024.3.525]
Journal of Novel Researches on Smart Power Systems - Vol. 13- No. 3- Autumn 2024

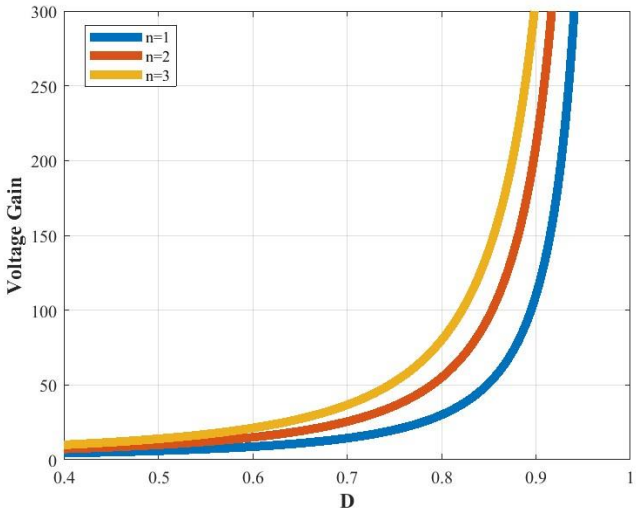


شکل (۳): مدارهای معادل مبدل پیشنهادی در الف)وضعیت اول ب)وضعیت دوم ج)وضعیت سوم د)وضعیت چهارم ه)وضعیت پنجم و)وضعیت ششم

Figure (3): Equivalent circuits of the proposed converter in (a) first state, (b) second state, (c) third state, (d) fourth state, (e) fifth state, and (f) sixth state.

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-14]

[DOI: 10.82362/jeps.2024.3.525]
Journal of Novel Researches on Smart Power Systems - Vol. 13 - No. 3- Autumn 2024



شکل (۴): بهره مبدل پیشنهادی در برابر تغییرات ضریب وظیفه به ازای مقادیر مختلف نسبت دور

Figure (4): Voltage gain of the proposed converter versus duty cycle variations for different turns ratio values.

۳-۲استرس ولتاژ المان‌ها

هنگامی که سوئیچ در وضعیت چهارم خاموش است ولتاژ دوسر آن برابر V_o-V_{C2} می‌باشد. بنابراین استرس ولتاژ از رابطه زیر به دست می‌آید. شکل ۵ نمودار استرس نرمالیزه شده المانهای نیمه هادی مبدل را نشان می دهد. با توجه به نمودار با افزایش نسبت دور استرس کلیه المانها افزایش می یابد بنابراین انتخاب نسبت دورهای بالا در طراحی مبدل پیشنهادی مناسب نیست.

$$V_M(max) = \frac{(1+n)V_{in}}{1-D} \quad (۵)$$

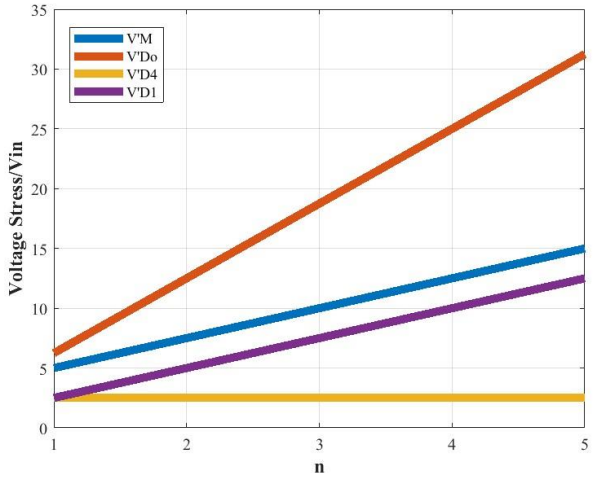
$$V_{Do} = \frac{nV_{in}}{(1-D)^2} \quad (۶)$$

$$V_{D1} = V_{in} + V_{C1} = \frac{V_{in}}{1-D} \quad (۷)$$

$$V_{D2} = V_o - V_{in} - V_{C1} - V_{C2} = \frac{nV_{in}}{1-D} \quad (۸)$$

$$(1+n)(V_{in} + V_{C1}) + V_{C2} - V_o = 0 \quad (۹)$$

$$V_{C2} = V_o - \frac{(1+n)V_{in}}{1-D} \quad (۱۰)$$



شکل (۵): نمودار استرس المانهای نیمه هادی مبدل برحسب تغییرات نسبت دور

Figure (5): Stress diagram of the semiconductor components of the converter as a function of turns ratio variations

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-14]
[DOI: 10.82362/jeps.2024.3.525]
Journal of Novel Researches on Smart Power Systems - Vol. 13- No. 3- Autumn 2024

۳-۳ماکزیمم جریان L_m و L_1:

میانگین جریان L_1 برابر I_{in} می‌باشد بنابراین مینیمم و ماکزیمم جریان ورودی برابر است با:

$$I_{L1}max = I_{in} + \frac{V_{in}}{2L_1}DT \quad (۱۱)$$

$$I_{L1}min = I_{in} - \frac{V_{in}}{2L_1}DT \quad (۱۲)$$

همچنین میانگین جریان L_m برابر $\frac{nI_o}{1-D}$ می‌باشد بنابراین ماکزیمم و مینیمم جریان بصورت زیر بدست می‌آید.

$$I_{Lm}(max) = \frac{nI_o}{1-D} + \frac{V_{in}+V_{C1}}{2L_m}DT \quad (۱۳)$$

همچنین در وضعیت یک با ثابت فرض کردن ولتاژ خازن‌های C_1 و C_2 داریم:

$$I_Lmin = \frac{nI_o}{1-D} - \frac{V_{in}+V_{C1}}{2L_m}DT \quad (۱۴)$$

۳-۴طراحی سلف‌های L_m و L_1:

با داشتن ریپل جریان هر دو سلف به راحتی اندازه سلف‌ها به دست می‌آید.

$$L_1 > \frac{V_{in}D}{\Delta I_{L1}f} \quad (۱۵)$$

$$L_m > \frac{V_{in}D}{\Delta I_{Lm}(1-D)f} \quad (۱۶)$$

۴- نتایج شبیه سازی و عملی مبدل بسیار افزاینده پیشنهادی

برای اثبات درستی تحلیل های مبدل پیشنهادی، مبدل پیشنهادی برای ولتاژ خروجی ۲۴۰ ولت، ولتاژ ورودی ۳۰ ولت و در توان ۶۰ وات در نرم افزار PSPICE شبیه سازی گردیده است. در جدول ۱ مشخصات المان های طراحی شده آورده شده است. همچنین شماتیک مبدل بسیار افزاینده پیشنهادی در نرم‌افزار PSPICE در شکل ۶ نشان داده شده است و نتایج شبیه سازی در شکل‌های ۷ تا ۱۰ نشان داده شده است. در شکل۷ شکل موج جریان و ولتاژ شبیه سازی سوییچ M نشان داده شده است. همانطور که در این شکل مشخص است جریان سوییچ در لحظه روشن شدن با شیب افزایش می یابد و شرایط کلیدزنی در ولتاژ جریان صفر برای سوییچ برقرار است. از طرفی ولتاژ سوییچ هم در هنگام خاموش شدن به علت وجود خازن اسنابر با شیب بالا رفته است که مبین خاموش شدن سوییچ اصلی تحت شرایط ولتاژ صفر می باشد. در شکل ۸ شکل موج جریان دیودهای D_1و D_2 آورده شده است. همانطور که در شکل مشاهده می گردد جریان دیودها با شیب بالا رفته و با شیب کاهش می یابد، بنابراین شرایط ZC برای هر دو حالت روشن و خاموش شدن دیودها فراهم است. در شکل ۹ شکل موج جریان دیودهای D_3 وD_o نشان داده شده است و شرایط ZC برای دیودها به خاطر شیب جریان در لحظات خاموش شدن اثبات می گردند. شکل موج جریان دیودD_a که در مدار اسنابر می باشد در شکل۱۰ آورده شده است که نشان می دهد این دیود به خاطر وجود سلف سری، نیز بصورت ZC روشن و خاموش می شود و مشکل بازیابی معکوس ندارد. بنابراین دیودهای مبدل تلفات هدایتی محسوسی به آن تحمیل نمی کنند. تنها مشکل تلفات روشن شدن خازنی در سوییچ است در نهایت در شکل ۱۱ تصویر مبدل پیاده سازی شده نشان داده شده است. این مبدل در توان ۶۰ وات برای اثبات نتایج تئوری مبدل ساخته شده است. شکل ۱۲ الف شکل موجهای ولتاژ و جریان سوییچ مبدل و شکل ۱۲ب جریان دیودهای ورودی D_1و D_2و شکل ۱۲ج جریان دیودهای D_oو D_2 شکل ۱۲د جریان دیودهای D_3 وD_a را نشان می دهد که نتایج شبیه سازی را تایید می کنند.

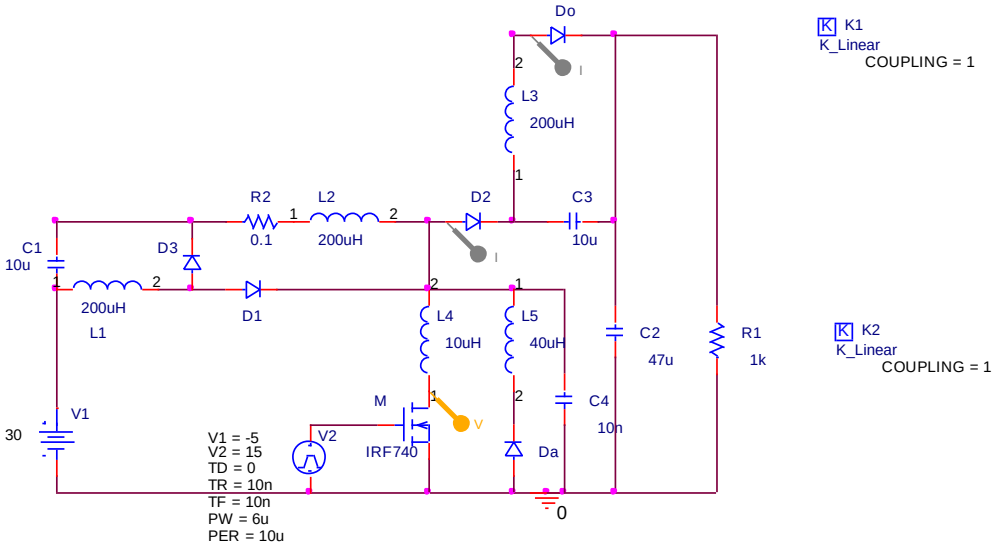
[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-14]

[DOI: 10.82362/jeps.2024.3.525]
Journal of Novel Researches on Smart Power Systems - Vol. 13 - No. 3- Autumn 2024

Table (1): Specifications of the proposed converter and the values of its components

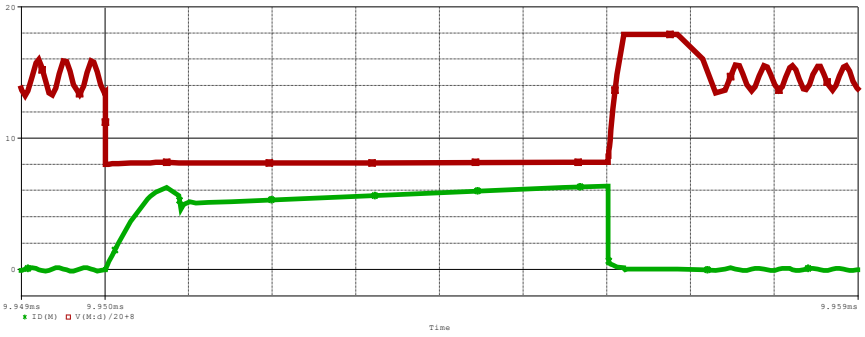
جدول (۱) مشخصات مبدل پیشنهادی و مقادیر المانهای آن

مقدار/نام قطعه	المان ها/ مشخصات
IRF740	All switches
MUR860	All diodes
200µH	L_1,L_2
1	Turns ratio=N
10µH	L_a
10µF	C_1,C_2
60W	P_O
100kHz	f_S
10nF	C_r
47 µF	C_o



شکل (۶) شماتیک مبدل شبیه سازی شده مبدل بسیار افزاینده پیشنهادی در نرم افزار اورکد

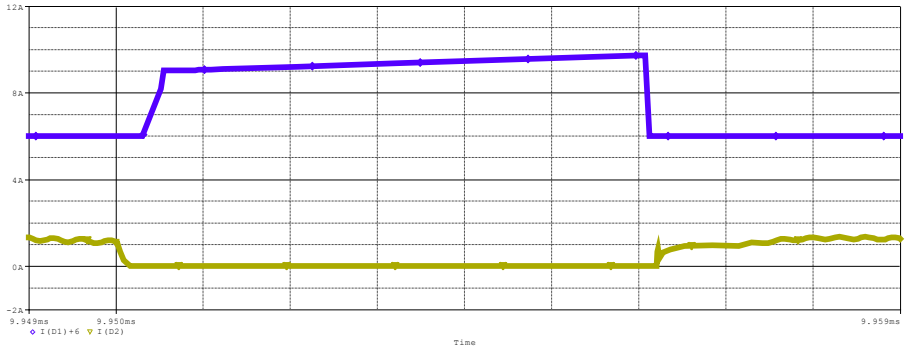
Figure (6): Schematic of the simulated ultra-boost converter in the proposed design using OrCAD software.



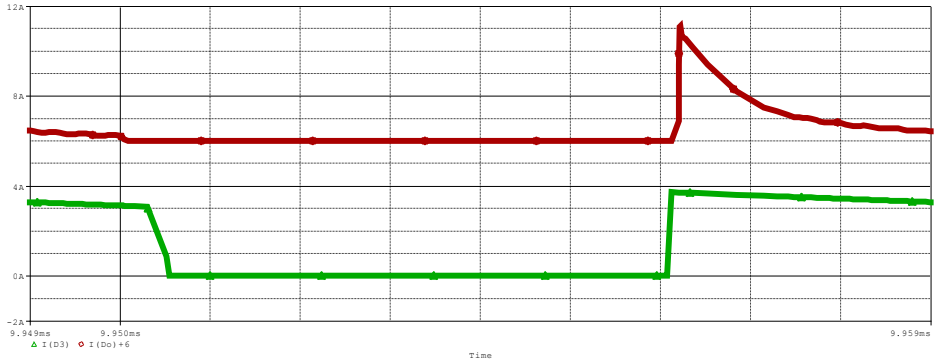
شکل (۷) شکل موج جریان (پایین) و ولتاژ(بالا) سوئیچ M مبدل شبیه سازی شده در مقیاس
(1 µs/div, 5A/div, 125V/div)

Figure (7): Current waveform (bottom) and voltage waveform (top) of the switch M in the simulated converter

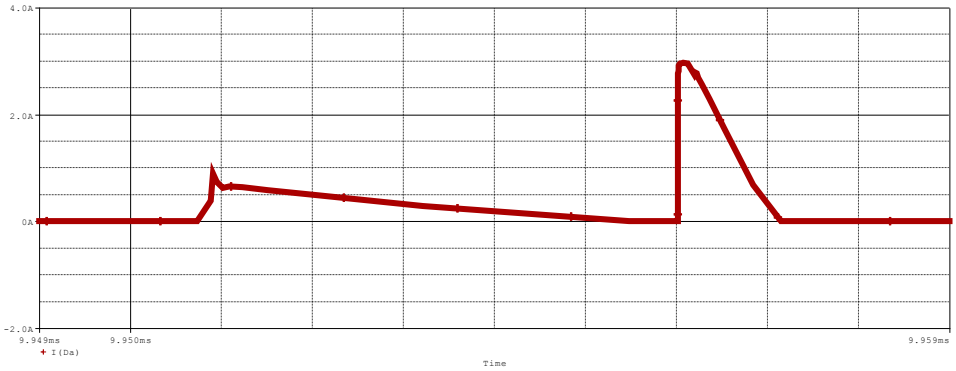
[DOI: 10.82362/jeps.2024.3.525] Journal of Novel Researches on Smart Power Systems - Vol. 13- No. 3- Autumn 2024 [Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-14]



شکل (۸) شکل موج جریان دیودهای D1 وD2 مبدل شبیه سازی شده در مقیاس
(1 µs/div, 1A/div)
Figure (8): Current waveforms of diodes D1 and D2 in the simulated converter.

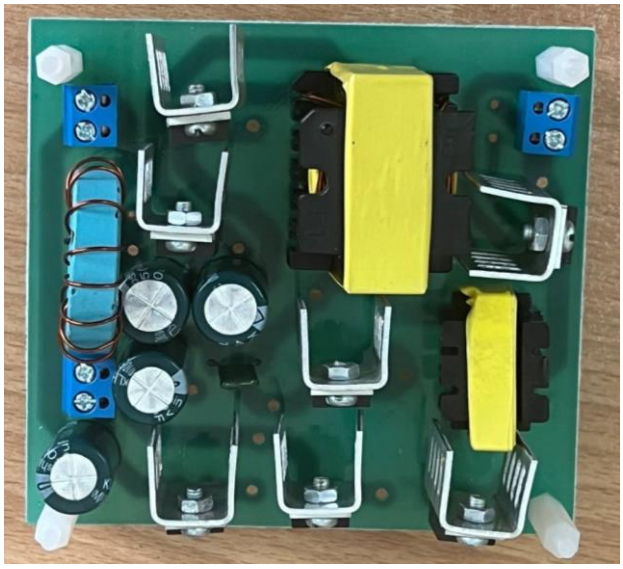


شکل (۹) شکل موج جریان دیودهای D3 وDo مبدل شبیه سازی شده در مقیاس
(1 µs/div, 1 A/div)
Figure (9): Current waveforms of diodes D3 and Do in the simulated converter.



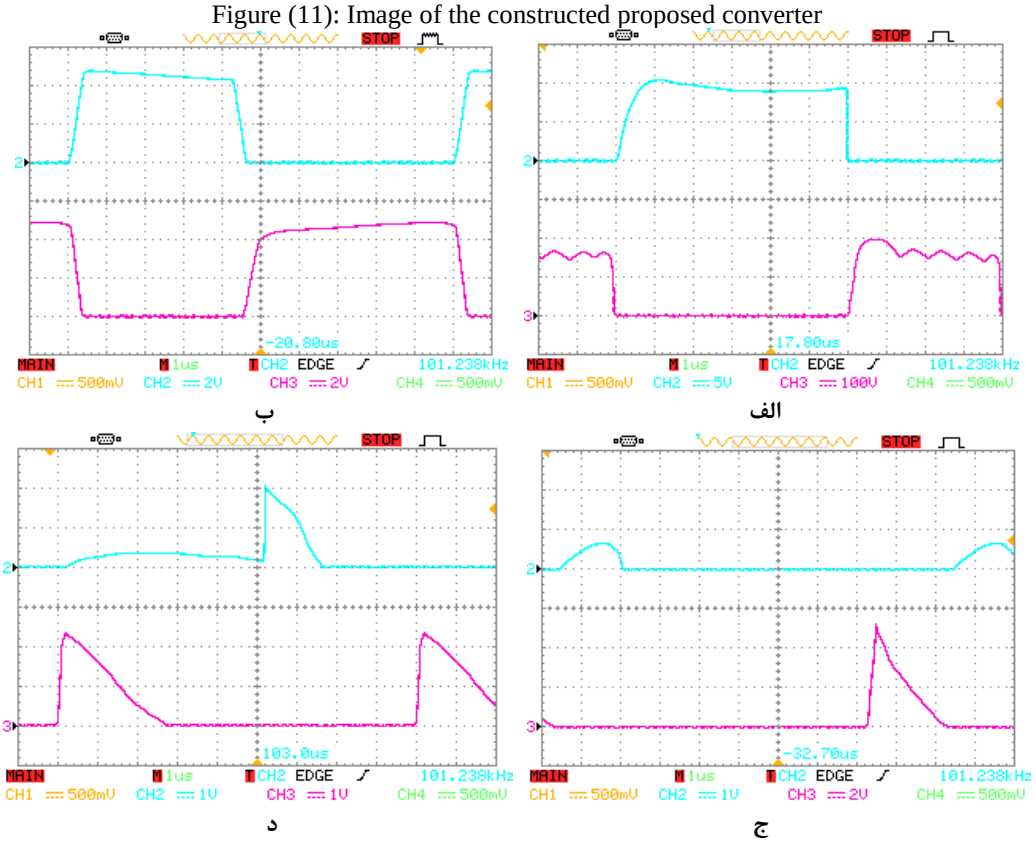
شکل (۱۰) شکل موج جریان دیود Da مبدل شبیه سازی شده در مقیاس
(1 µs/div, 0.5 A/div)
Figure (10): Current waveform of diode Da in the simulated converter.

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-14]
[DOI: 10.82362/jeps.2024.3.525]
Journal of Novel Researches on Smart Power Systems - Vol. 13 - No. 3- Autumn 2024



شکل (۱۱): تصویر مبدل پیشنهادی ساخته شده

Figure (11): Image of the constructed proposed converter



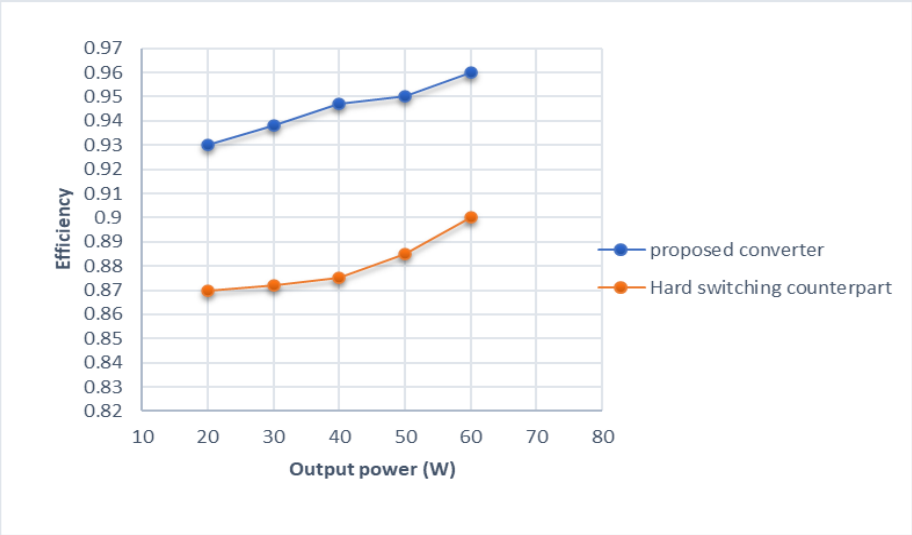
شکل (۱۲) شکل موجهای عملی مدار الف- شکل موج جریان (پایین) و ولتاژ(بالا) سوئیچ M مبدل ساخته شده در مقیاس (1 µs/div, 5A/div, 125V/div) ب- شکل موج جریان دیود های D1وD2 ج- شکل موج جریان دیودهای Doو D3 د- شکل موج جریان دیودهای Da و Do در مقیاس (1 µs/div, 1A/div)

Figure (12): Practical waveforms of the circuit
(a) Current waveform (bottom) and voltage waveform (top) of switch M in the constructed converter at scale (1 µs/div, 5A/div, 125V/div)
(b) Current waveform of diodes D1 and D2
(c) Current waveform of diodes Do and D3
(d) Current waveform of diodes Da and Do at scale (1 µs/div, 1A/div)

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-14]
[DOI: 10.82362/jeps.2024.3.525]
Journal of Novel Researches on Smart Power Systems - Vol. 13- No. 3- Autumn 2024

۵- مقایسه راندمان مبدل پیشنهادی با همتای سوئیچینگ سخت

در شکل ۱۳ راندمان مبدل پیشنهادی در مقایسه با نمونه سوئیچینگ سخت آن (بدون مدار کمکی) نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌گردد در بار کامل، مبدل پیشنهادی دارای ۵،۵ درصد بهبود راندمان می باشد. قابل ذکر است که در مبدل پیشنهادی با کاهش توان، راندمان کاهش محسوس نداشته ولی در مبدل سوئیچینگ سخت به خاطر وجود مدارکلمپ پسیو، راندمان افت بیشتری دارد.



شکل (۱۳) : نمودار بازده مبدل بسیار افزاینده پیشنهادی نسبت به مبدل بسیار افزاینده سخت

Figure (13): Efficiency comparison of the proposed ultra-boost converter versus the hard-switched ultra-boost converter

۶-نتیجه‌گیری

در این مقاله، یک مبدل بسیار افزاینده غیرایزوله با ساختاری ساده و با کلیدزنی در جریان صفر بدون سوییچ اضافه ارائه شده است. استفاده از یک سلف کوچک در مدار اسنابر باعث کاهش نشتی و جلوگیری از افزایش حجم و وزن مدار شده است. مبدل پیشنهادی با ویژگی‌هایی نظیر کلیدزنی در جریان صفر هنگام روشن شدن و در ولتاژ صفر هنگام خاموش شدن، ریپل پایین جریان ورودی، عدم وجود مشکل بازیابی معکوس در دیودها، استرس ولتاژ پایین روی کلیدها، کنترل ساده به صورتPWM، حذف کلیدهای کمکی، و بهره ولتاژ بسیار بالا، گزینه‌ای کارآمد و عملی برای کاربردهایی مانند سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر است.

References
مراجع

[1] E. Salary and S. Sabzi, "Providing voltage boosting DC/DC converter with direct connection between source and load," *Journal of Novel Researches on Smart Power Systems*, vol. 12, no. 1, pp. 57–70, 2023(in Persian)..

[2] J. Jalili, S. M. M. Mirtalaei, M. R. Mohammadi, and B. Majidi, "The current-fed high step-up switching converter with low coupled-inductor RMS current," *Journal of Novel Researches on Smart Power Systems*, vol. 11, no. 4, pp. 1–7, 2023(in Persian)..

[3] F. Ghasemi, M. R. Yazdani, and M. Delshad, "Step-up three-output single-switch DC-DC converter for solar cell applications," *Journal of Novel Researches on Smart Power Systems*, vol. 11, no. 2, pp. 39–47, 2022(in Persian).

[4] J. Qasim Fahad, M. Delshad, W. Riyadh Abdul-Adheem, B. Fani, and H. Saghafi, "A new interleaved high step-up converter with cancellation input current ripple and soft switching," *Journal of Novel Researches on Smart Power Systems*, vol. 13, no. 1, pp. 33–43, 2024(in Persian).

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-14]
[DOI: 10.82362/jeps.2024.3.525]
Journal of Novel Researches on Smart Power Systems - Vol. 13 - No. 3- Autumn 2024

[5] J. Rosas-Caro, J. M. Ramirez, F. Z. Peng, and A. Valderrabano, "A transformer-less high-gain boost converter with input current ripple cancelation at a selectable duty cycle," *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 60, no. 10, pp. 4492–4499, Oct. 2013 (doi:10.1109/TIE.2013.2254095).

[6] J. C. Rosas-Caro, J. M. Ramirez, F. Z. Peng, and A. Valderrabano, "A DC–DC multilevel boost converter," *IET Power Electron.*, vol. 3, no. 1, pp. 129–137, Jan. 2010 (doi:10.1049/iet-pel.2008.0083).

[7] Z. Chen, W. Gao, J. Hu, and X. Ye, "Closed-loop analysis and cascade control of a nonminimum phase boost converter," *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 26, no. 4, pp. 1237–1252, Apr. 2011 (doi:10.1109/TPEL.2010.2082544).

[8] F. L. Tofoli, D. C. Pereira, W. J. de Paula, and D. S. Oliveira Jr., "Survey on non-isolated high-voltage step-up DC–DC topologies based on the boost converter," *IET Power Electron.*, vol. 8, no. 10, pp. 2044–2057, Oct. 2015 (doi:10.1049/iet-pel.2014.0465).

[9] L. Huber and M. M. Jovanovic, "A design approach for server power supplies for networking applications," in *Proc. IEEE Applied Power Electronics Conf. and Exposition*, 2000, pp. 1163–1169 (doi:10.1109/APEC.2000.826251).

[10] F. L. Luo and H. Ye, "Positive output cascade boost converters," *Proc. Inst. Elect. Eng. (IEE) Electr. Power Appl.*, vol. 151, no. 5, pp. 590–606, Sep. 2004 (doi:10.1049/ip-epa:20040829).

[11] B.-R. Lin and J.-J. Chen, "Analysis and implementation of a soft switching converter with high-voltage conversion ratio," *IET Power Electron.*, vol. 1, no. 3, pp. 386–394, Sep. 2008 (doi:10.1049/iet-pel:20070393).

[12] S.-M. Chen, T.-J. Liang, L.-S. Yang, and J.-F. Chen, "A cascaded high step-up DC–DC converter with single switch for microsource applications," *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 26, no. 4, pp. 1146–1153, Apr. 2011 (doi:10.1109/TPEL.2010.2084090).

[13] P. Saadat and K. Abbaszadeh, "A single-switch high step-up DC–DC converter based on quadratic boost," *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 63, no. 12, pp. 7733–7742, Dec. 2016 (doi:10.1109/TIE.2016.2581138).

[14] J. Yang, D. Yu, H. Cheng, X. Zan, and H. Wen, "Dual-coupled inductors-based high step-up DC/DC converter without input electrolytic capacitor for PV application," *IET Power Electron.*, vol. 10, no. 6, pp. 646–656, May 2017 (doi:10.1049/iet-pel.2016.0709).

[15] T.-F. Wu, Y.-S. Lai, J.-C. Hung, and Y.-M. Chen, "Boost converter with coupled inductors and buck–boost type of active clamp," *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 55, no. 1, pp. 154–162, Jan. 2008 (doi:10.1109/TIE.2007.906228).

[16] T.-F. Wu, Y.-D. Chang, C.-H. Chang, H.-X. Lee, K.-Y. Lee, and J.-G. Yang, "A 5 kW Boost converter with various passive/active snubbers for reducing component stress and achieving high efficiency," in *Proc. Int. Conf. Power Electron. Drive Syst.*, Nov. 2009, pp. 187–192 (doi:10.1109/PEDS.2009.5385934).

[17] F. S. F. Silva, G. M. Soares, R. P. Torrico-Bascopé, and D. S. Oliveira Jr., "High gain DC-DC boost converter with a coupling inductor," in *Proc. Brazilian Power Electron. Conf.*, 2009, pp. 486–492 (doi:10.1109/COBEP.2009.5347583).

[18] R.-J. Wai, C.-Y. Lin, R.-Y. Duan, and Y.-R. Chang, "High-efficiency DC-DC converter with high voltage gain and reduced switch stress," *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 54, no. 1, pp. 354–364, Feb. 2007 (doi:10.1109/TIE.2006.888774).

[19] R.-J. Wai, L.-W. Liu, and R.-Y. Duan, "High-efficiency voltage-clamped DC–DC converter with reduced reverse-recovery current and switch-voltage stress," *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 54, no. 1, pp. 354–364, Feb. 2006 (doi:10.1109/TIE.2006.888772).

زیرنویس‌ها:

1. Microgrid
2. Renewable sources
3. Photovoltaic
4. Conventional boost converter
5. Cascade
6. Quadratic
7. Coupled-inductor
8. Leakage inductance
9. Zero Voltage Switching

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-14]

[DOI: 10.82362/jeps.2024.3.525]
Journal of Novel Researches on Smart Power Systems - Vol. 13- No. 3- Autumn 2024