

ارائه یک مبدل افزایشنده با کلید زنی نرم تحت ولتاژ صفر با بهره بالا

هادی کاکوئی^۱، مجید دلشاد^۲

^۱دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان، hadii.kakooei@gmail.com

^۲استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان، delshad@khuisf.ac.ir

چکیده - در این مقاله یک مبدل سوئیچینگ نرم افزایشنده ارائه گردیده است، که این مبدل توسط یک مدار کمکی ساده با حداقل المان شرایط کلید زنی نرم را فراهم می کند. مدار کمکی در این مبدل به صورت اکتیو کلمپ شرایط کلید زنی نرم به صورت ZVS را برای سوئیچ اصلی فراهم می کند. با ایجاد شرایط کلید زنی نرم و افزایش فرکانس کلید زنی حجم المان های مغناطیسی و حجم کلی مبدل کاهش یافته است. همچنین مدار کمکی به مدار تلفاتی تحمیل نمی کند زیرا خود به صورت نرم کلید زنی انجام می دهد. از طرف دیگر کنترل مدار به صورت PWM و سوئیچ ها به صورت مکمل کلید زنی می شوند که طراحی مدار کنترل مبدل را بسیار ساده تر می کند. مبدل از نظر تئوریک به طور کامل بررسی می شود. برای اثبات نتایج تئوری مبدل شبیه سازی شده و نتایج آن آورده می شود. کلید واژه- مبدل افزایشنده، کلید زنی در ولتاژ صفر، مدولاسیون پهنای پالس (PWM).

ها اضافه کردن سلف های کوپل شده در مدار می باشد که با این کار و تزویج سلف می توان به بهره های بالاتری دست پیدا کرد. از این رو در این مقاله یک نمونه از مبدل افزایشنده با مدار کمکی اکتیو کلمپ همراه با سلفهای تزویج شده معرفی می گردد تا با نسبت تزویج سلف نیز بتوان به بهره های بالاتری دست پیدا کرد. این مبدل در بخش ۲ معرفی می شود و در بخش ۳ عملکرد مبدل شرح داده می شود در بخش ۴ نحوه آنالیز مدار و نحوه طراحی المان ها بیان می شود در بخش ۵ به منظور اثبات تئوریک مبدل در نرم افزار Pspice شبیه سازی شده و نتایج آورده می شود. در بخش ۶ نتیجه گیری از این مقاله آورده می شود.

۲- معرفی مبدل پیشنهادی

مبدل پیشنهادی در شکل ۱ نشان داده می شود همانطور که در شکل مشاهده می شود این مبدل با اضافه کردن یک مدار اکتیو کلمپ شامل C_c ، L_r و S_2 به مدار اصلی حاصل می شود اما به تزویج یک سلف با سلف اصلی مدار و انتقال انرژی به خروجی و ایجاد یک تقسیم ولتاژ روی خازن ها بهره مبدل افزایش پیدا می کند.

۱- مقدمه

امروزه مبدل های افزایشنده کاربرد فراوانی در سیستم های پیل سوختی و فتو ولتائیک پیدا کرده است. که به دلیل کاربرد در این سیستم ها نیاز به افزایش راندمان این مبدل ها و بهبود وضعیت عملکرد آن ها می باشد.

در مبدل های غیر ایزوله به دلیل عدم وجود ترانسفورماتور تنها با افزایش بهره مبدل ولتاژ خروجی افزایش می یابد که مبدل های بوسست کاربرد زیادی پیدا می کنند. برای افزایش راندمان و بهره مدار کمکی اضافه می گردد. برای ایجاد شرایط کلید زنی نرم در بعضی مبدل ها توسط مدارات کمکی رزونانسی شرایط فراهم می گردد [۱]. اما چنین مدارهایی استرس بالایی به سوئیچ های مدار تحمیل می کنند. در [۲] شرایط کلید زنی نرم به صورت شبه رزونانسی فراهم می شود که این مدارات طراحی پیچیده و کنترل دشواری را دارند. در [۳]-[۸] شرایط کلید زنی نرم به صورت یک مدار کمکی اکتیو کلمپ فراهم می شود اما در این منابع مدارات اضافه شده پیچیده و طراحی المان ها مشکل می باشد.

در سال های اخیر به منظور افزایش بیشتر ولتاژ خروجی در مبدل های افزایشنده به منظور کار در سیستم های فتو ولتائیک تمهیدات بسیاری اندیشیده شده است [۹]-[۱۱]. یکی از این راه

۲۰ و ۲۱ آبان ماه ۱۳۹۴ - دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)

کامل C_{S2} پایان می پذیرد. مدار معادل این وضعیت در شکل ۳ الف نشان داده می شود.

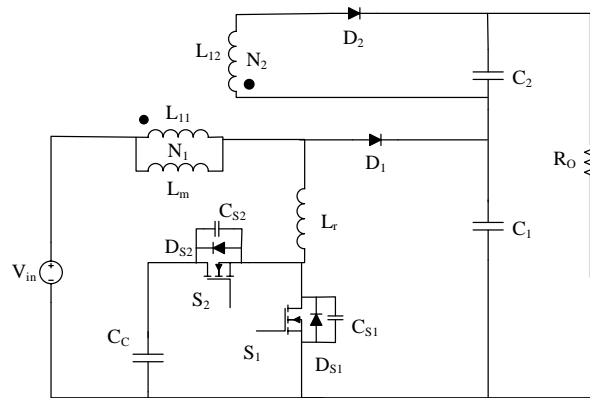
وضعیت ۲ $[t_1-t_2]$: با دشارژ کامل C_{S2} دیود بدنه S_2 روشن می شود و از این لحظه به بعد S_2 میتواند تحت شرایط ZVS روشن شود. در این وضعیت دیود های D_1 و D_2 هدایت می کند و شروع به انتقال توان به خروجی می کند. در این وضعیت جریان سلف L_r با شیب $V_{C1}-V_{CC}/L_r$ شروع به کاهش و جریان سوئیچ نیز به همین صورت کاهش پیدا می کند و جریان سوئیچ اصلی با همین شیب افزایش پیدا می کند. این وضعیت با به صفر رسیدن جریان سلف اتمام می پذیرد. مدار معادل این وضعیت در شکل ۳ ب نشان داده می شود.

وضعیت ۳ $[t_2-t_3]$: با مثبت شدن جریان S_2 جریان از دیود بدنه به سوئیچ منتقل می شود که این شروع وضعیت سوم می باشد. در این وضعیت جریان با همان شیب قبلی افزایش پیدا می کند دیود های D_1 و D_2 هدایت می کنند و انرژی از طریق خازن ها تامین می شود. این وضعیت با خاموش شدن S_2 به اتمام می رسد. مدار معادل این وضعیت در شکل ۳ ج نشان داده می شود.

وضعیت ۴ $[t_3-t_4]$: این وضعیت با خاموش شدن S_2 آغاز می گردد و مشابه وضعیت ۱ از آنجایی که سلف L_r نمی تواند جریان صفر ناگهانی پیدا کند شروع به دشارژ C_{S1} و شارژ C_{S2} می کند. این وضعیت با دشارژ کامل C_{S1} اتمام می پذیرد. مدار معادل این وضعیت در شکل ۳ د مشاهده می شود.

وضعیت ۵ $[t_4-t_5]$: با تخلیه کامل C_{S1} دیود بدنه S_1 روشن می شود و این وضعیت آغاز می گردد. از این لحظه به بعد می توان S_1 را تحت شرایط ZVS روشن کرد. در این وضعیت جریان سلف L_r با شیب V_{C1}/L_r شروع به افزایش می کند و این وضعیت با صفر شدن جریان L_r اتمام می پذیرد. مدار معادل این وضعیت در شکل ۳ ه مشاهده می شود.

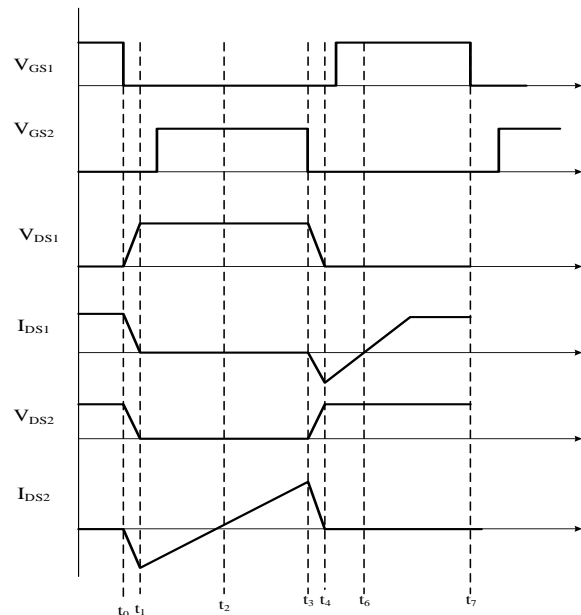
وضعیت ۶ $[t_5-t_6]$: این وضعیت با مثبت شدن جریان سلف و انتقال جریان از دیود بدنه S_1 به خود سوئیچ آغاز می شود و جریان با همان شیب قبلی شروع به افزایش می کند این وضعیت با خاموش شدن سوئیچ اتمام می پذیرد. مدار معادل این وضعیت در شکل ۳ و نمایش داده می شود.



شکل ۱. مدار مبدل پیشنهادی

۳- عملکرد مبدل پیشنهادی

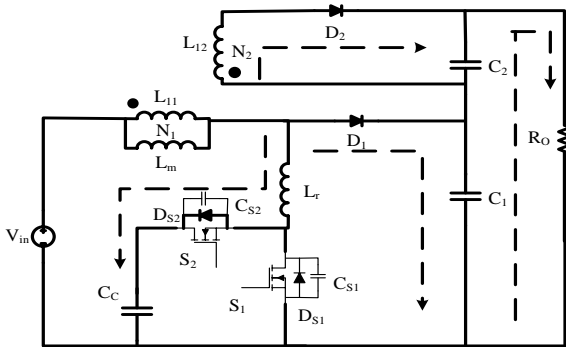
مبدل دارای ۶ وضعیت عملکرد در یک سیکل کاری می باشد که به طور کامل شرح داده می شود. شکل موج های کلیدی مبدل در شکل ۲ نشان داده می شود. قبل از وضعیت اول فرض می شود که کلید S_1 روشن می باشد در نتیجه دیود های D_1 و D_2 خاموش می باشد و انرژی خروجی توسط خازن های خروجی تامین می شود.



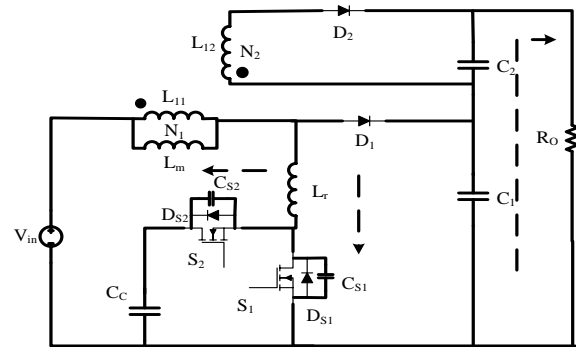
شکل ۲. شکل موجهای کلیدی مبدل پیشنهادی

وضعیت ۱ $[t_0-t_1]$: این وضعیت با خاموش شدن S_1 آغاز می گردد و از آنجایی که جریان L_r نمی تواند ناگهانی به صفر برسد شروع به شارژ C_{S1} و دشارژ C_{S2} می نماید، این وضعیت با دشارژ

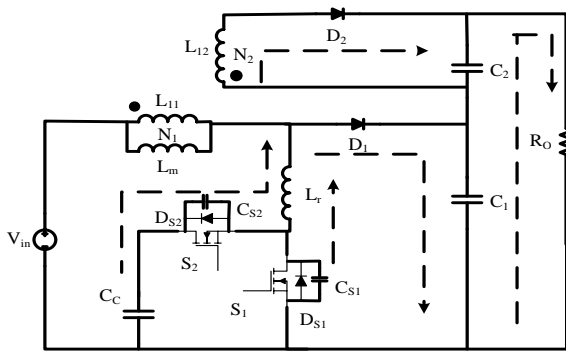
۲۰ و ۲۱ آبان ماه ۱۳۹۴ - دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)



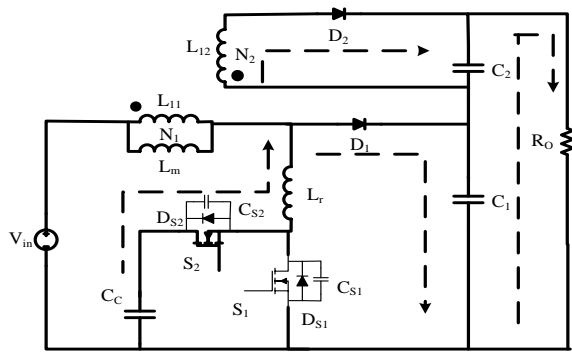
ب. مدار معادل وضعیت ۲ مبدل پیشنهادی



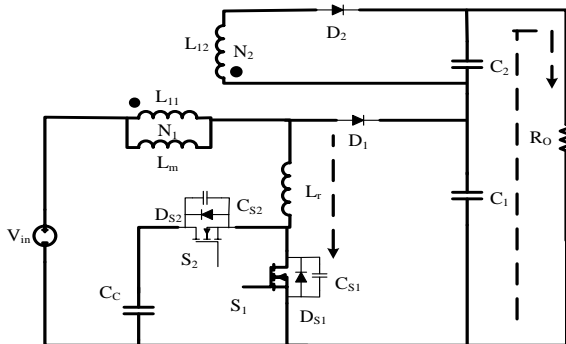
الف. مدار معادل وضعیت ۱ مبدل پیشنهادی



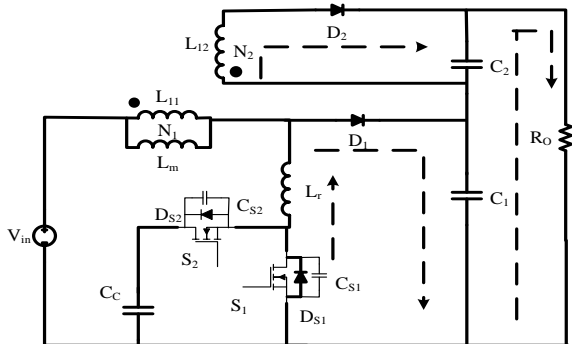
د. مدار معادل وضعیت ۴ مبدل پیشنهادی



ج. مدار معادل وضعیت ۳ مبدل پیشنهادی



و. مدار معادل وضعیت ۶ مبدل پیشنهادی



ه. مدار معادل وضعیت ۵ مبدل پیشنهادی

شکل ۳. مدار معادل وضعیت های عملکرد مبدل پیشنهادی

با انتقال ولتاژ از ثانویه به اولیه:

$$V_{in} - V_{c1} = \frac{V_{c2}}{N} \quad (۳)$$

$$V_{c2} = \frac{ND}{1-D} V_{in} \quad (۴)$$

با نوشتن kvl در خروجی ولتاژ خروجی بر حسب ولتاژ

ورودی و بهره به دست می آید.

$$V_o = V_{c1} - V_{c2} \quad (۵)$$

۴- آنالیز مبدل پیشنهادی

برای محاسبه بهره مدار بالانس ولت ثانیه روی سلف اصلی

بیان می شود

$$V_{in}DT + (V_{in} - V_{c1})(1 - D)T = 0 \quad (۱)$$

$$V_{c1} = \frac{V_{in}}{1-D} \quad (۲)$$

Vin ولتاژ ورودی	10V
VO ولتاژ خروجی	25V
PO توان خروجی	100W
Fs فرکانس کلید زنی	100Khz
L ₁₁	400μH
L ₁₂	400μH
L _r	10μH
MOSFET	IRF640
C _c	10μF

$$V_o = \frac{1+ND}{1-D} V_{in} \quad (6)$$

$$M = \frac{V_o}{V_{in}} = \frac{1+ND}{1-D} \quad (7)$$

ولتاژ خازن کلمپ با نوشتن بالانس ولت ثانیه بر روی Lr

بدست می آید.

$$V_{C1}DT + (V_{C1} - V_{CC})(1-D)T = 0 \quad (8)$$

$$V_{CC} = \frac{V_{in}}{(1-D)^2} \quad (9)$$

۴-۱- طراحی خازن کلمپ

برای طراحی این خازن از رابطه ۹ و با جایگذاری در رابطه

جریان خازن:

$$i_c = C \frac{dv_{CC}}{dt} \quad (10)$$

$$I_1 = C \frac{0.1V_{CC}}{(1-D)T} \rightarrow C_C = I_1 \frac{(1-D)^3}{0.1fV_{in}} \quad (11)$$

که در اینجا I₁ ماکزیمم جریانی است که خازن تحویل می

دهد.

۴-۲- شرایط کلید زنی نرم

برای ایجاد شرایط کلید زنی نرم انرژی ذخیره شده در سلف

از انرژی خازن اسنابر باید بزرگتر باشد. به طوریکه:

$$\frac{1}{2} L_r I_1^2 > \frac{1}{2} C_{eq} V_{CC}^2 \quad (12)$$

$$L_r > \frac{C_{eq} V_{CC}^2}{I_1^2} \quad (13)$$

جاییکه C_{eq}=C_{S1}+C_{S2} و جریان L_r در بیشترین مقدار به I₁

می رسد.

۵- شبیه سازی مبدل پیشنهادی

به منظور تأیید مباحث تئوریک مبدل با مقادیر نمایش داده

شده در جدول ۱ و در نرم افزار Pspice شبیه گردیده است.

شکل موجهای کلیدی شبیه سازی شده مربوط به سوئیچ اصلی و

کمکی در شکل ۴ و ۵ آورده می شود. همانطور که در شکل

مشخص می باشد شرایط کلید زنی نرم در هر دو سوئیچ برقرار

شده است.

۳- نتیجه گیری

در این مقاله یک مبدل افزاینده با کلید زنی نرم به صورت اکتیو کلمپ معرفی شد. در این مبدل توسط یک مدار کمکی شرایط کلید زنی به صورت ZVS فراهم گردید و توسط سلف تزویج شده با سلف اصلی مبدل انرژی گردش در مبدل به خروجی منتقل شد و بهره مدار را بالاتر می برد. کلیه وضعیت های عملکرد و همچنین نحوه طراحی المان ها بررسی شد و

جدول ۱. پارامترهای شبیه سازی مبدل های پیشنهادی

مقدار	پارامتر
-------	---------

۲۰۱۳ آبان ماه ۱۳۹۴ - دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)

نتایج تئوریک آورده گردید. در پایان برای اثبات نتایج تئوریک
مبدل شبیه سازی شده و نتایج شبیه سازی آورده شد. و طبق
نتایج مشاهده شده از شبیه سازی شرایط ZVS در مدار برقرار
شده و نتایج تئوری با اثبات رسید.

مراجع

- [1] I.B. Song, D.Y. Gung, Y.H. Ji, Y.C. Jung and C.Y. Won, "A Soft -Switching Boost Converter using an Auxiliary Resonant Circuit for a PV System," Conf in Power .Electron, pp.2838-2843,2011.
- [2] C.Wang,M.H.Nehrir, and H.Gao, "Control of PEMfuel cell distributed generation systems," *IEEE Trans. Energy Converters*, vol.21.no.2,pp.586-595 ,Jun.2006.
- [3] Q. Zhao and F. C. Lee, "High-efficiency, high step-updc-dc converters," *IEEE Trans. Power Electron.* Vol.18, No. 1, pp. 65-73, Jan. 2003.
- [4] E. H. Ismail, M. A. Al-Saffar, A. J. Sabzali, and A. A.FardounFardoun, "A family of single-switch PWM converterswith high step-up conversion ratio," *IEEE Trans.Circuits Syst. I, Reg. Papers*, Vol. 55, No. 4, pp.1159-1171, May. 2008.
- [5] W. Li and X. He, "Review of nonisolated high-step-upDC/DC converters in photovoltaic grid-connectedapplications," *IEEE Trans. Ind. Electron.*, Vol. 58, No.4, pp. 1239-1250, Apr. 2011.
- [6] J. M. Kwon, E. H. Kim, B. H. Kwon, and K. H. Nam,"High-efficiency fuel cell power conditioning systemwith input current ripple reduction," *IEEE Trans. Ind.Appl.*, Vol. 56, No. 3, pp. 826-834, Mar. 2009.
- [7] V. Vaisanen, T. Riipinen, and P. Silventoinen, "Effectsof switching asymmetry on an isolated full-bridge boostconverter," *IEEE Trans. Power Electron.* , Vol. 25, No.8, pp. 2033-3044, Aug. 2010.
- [8] K. C. Tseng and T. J. Liang, "Novel high-efficiencystep-up converter," *IEE Proc. Electric Power Appl.*,Vol. 151, No. 2, pp. 182-190, Mar. 2004.
- [9] T. F. Wu, Y. S. Lai, J. C. Hung, and Y. M. Chen,"Boost converter with coupled inductors andbuck-boost type of active clamp," *IEEE Trans. Ind.Electron.* , Vol. 55, No. 1, pp. 154-162, Jan. 2008.
- [10] J. M. Kwon and B. H. Kwon, "High step-upactive-clamp converter with input-current doubler andoutput-voltage doubler for fuel cell power systems,"*IEEE Trans. Power Electron.*, Vol. 24, No.1, pp.108-115, Jan.2009.
- [11] Q. Li and P. Wolfs, "A current fed two-inductor boostconverter with an in-tegrated magnetic structure andpassive lossless snubbers for photovoltaic moduleintegrated converter applications," *IEEE Trans. PowerElectron.*, Vol. 22, No. 1, pp. 309-321, Jan. 2007.