

ارائه یک مبدل چوک با کلیدزنی نرم بدون استترس ولتاژ و جریان روی سوئیچ ها

ارسلان نخعی^۱، مهدی سجادیه^۲ارسلان نخعی، ars.nkh021@gmail.comمهدی سجادیه، m.sajadieh@khuisf.ac.ir

۱

سوئیچینگ سخت، به خاطر عدم امکان افزایش

چکیده - مبدل های گذشته با

فرکانس کلید زنی و همچنین وجود تداخلات الکترومغناطیسی در آنها، منسوخ گردیده اند. جهت حل مشکل تلفات کلید زنی، استفاده از مبدل های سوئیچینگ نرم حیاتی است. در مبدل های $DC-DC$ مدرن امروزی، کاهش پیک ولتاژ، جریان و کاهش المان های نیمه هادی و نیز استفاده از حداقل تعداد سوئیچ، یک ضرورت است. در همین راستا در این مقاله یک مبدل چوک جدید با کلید زنی نرم بدون استترس ولتاژ و جریان با استفاده از عناصر رزونانسی ارائه گردید. سپس به منظور بررسی دقیق شبیه سازی در فضای نرم افزار $PSICE$ انجام و عبور از وضعیت های تثبیت مدار مشاهده گردید.

کلید واژه - مبدل $dc-dc$ ، مبدل چوک، کلید زنی نرم، استترس ولتاژ، استترس جریان، مدار کمکی کلید زنی.

منظور افزایش یا کاهش ولتاژ استفاده می شوند. [7] ساختارهای

مقدمه

مختلفی برای پیاده سازی مبدل های DC/DC وجود دارد که در دودسته کلی ایزوله و غیر ایزوله قرار می گیرند. ساختارهای ایزوله از یک ترانسفورماتور کوچک فرکانس بالا برای ایزوله کردن خروجی نسبت به ورودی استفاده می کنند و با تغییر نسبت تعداد دورهای ترانسفورماتور می توانند ولتاژ خروجی را نسبت به ورودی تغییر دهند. این ساختارها معمولاً در منابع تغذیه سوئیچینگ مورد استفاده قرار می گیرند [5].

مبدل $DC-DC$ ، مبدلی است که جریان DC یک منبع را از یک سطح ولتاژ به سطح ولتاژی دیگر تبدیل می کند و ولتاژ خروجی می تواند از ولتاژ ورودی بیشتر یا کمتر باشد. [6] در مقابل مبدل های $DC-DC$ ، مبدل های $AC-DC$ قرار دارند. که جریان متناوب را به جریان مستقیم تبدیل می کنند و همچنین مبدل های $DC-AC$ یا اینورترها که جریان مستقیم را به جریان متناوب تبدیل می کنند [1]

نحوه عملکرد مبدل پیشنهادی

از میان مبدل های چوک با کلید زنی نرم به منظور کاهش تعداد المان های مدار و افزایش بازدهی در این فصل یک مبدل چوک با کلید زنی نرم ارائه شده است. همان طور که قبلاً اشاره شد، ساختارهای کلید زنی نرم زیادی برای کاهش تلفات فرکانس بالا ارائه شده است. ساختارهای پسیو فقط از کلیدها پسیو و عناصر رزونانس برای دستیابی به کلید زنی نرم استفاده می کنند. در این پایان نامه یک ساختار جدید مبدل چوک با کلید زنی نرم ارائه شده است. ساختار مداری مبدل پیشنهادی به صورت شکل (۱) است

مبدل های $DC-DC$ به طور عمده در منابع تغذیه سوئیچینگ و موتورهای DC بکار می روند. و جریان ورودی، اغلب جریان رگوله نشده ای است که از یک یکسو ساز وارد مدار می شود و سپس می توان آن را به سطح ولتاژ دلخواه تغییر داد. [8] معمولاً این مبدل ها به همراه یک ترانسفورماتور ایزولاسیون در مدارهای منبع تغذیه سوئیچینگ استفاده می شوند، اگرچه برای محرکه های DC نیاز به ترانسفورماتور نیست. انواع مختلفی از مبدل های $DC-DC$ وجود دارد، که برای کاربردهای مختلف مورد استفاده قرار می گیرند. [2] به عنوان مثال، بعضی از مبدل ها فقط برای کاهش ولتاژ و بعضی دیگر فقط برای افزایش ولتاژ و بعضی دیگر نیز می تواند برای هر دو

وضعیت های عملکرد مبدل چوک پیشنهادی

وضعیت ۱ (t_0-t_1) :

دیود D_4 در حال هدایت بوده و کلید اصلی S_1 در لحظه t_1 شروع به هدایت می کند. جریان سلف i_{Lr} در جهت نشان داده شده در شکل افزایش می یابد و به جریان کلید S_1 اجازه افزایش آرامی را می دهد تا این جریان به مجموع جریان های سلف L_1 و L_2 برسد.

$$i_{L1}(t) \approx i_{L1}(t_0) + \frac{v_{in}}{L_1}(t - t_0) \quad (1)$$

$$i_{L2}(t) \approx i_{L2}(t_0) + \frac{v_{c2} + v_{c1}}{L_2}(t - t_0) \quad (2)$$

$$i_{Lr}(t) \approx i_{Lr}(t_0) + \frac{v_{cr} + v_{c1} - v_{cs}}{L_r}(t - t_0) \quad (3)$$

وضعیت ۲ (t_1-t_2) :

با ذخیره شدن انرژی در سلف L_r کاهش ولتاژ خازن C_r ، دیود D_3 در لحظه t_1 شروع به هدایت می کند. خازن C_r این بار از طریق D_3 شارژ می شود. خازن C_1 نیز شارژ می شود. کلید S_1 همچنان روشن است. جریان سلف رزونانس شروع به کاهش می کند. جریان خازن C_r به بیشترین مقدار و ولتاژ آن به مقدار بیشینه در t_2 می رسد. در لحظه t_2 این وضعیت پایان می یابد.

$$i_{L1}(t) \approx i_{L1}(t_1) + \frac{v_{in}}{L_1}(t - t_1) \quad (4)$$

$$i_{L2}(t) \approx i_{L2}(t_1) + \frac{v_{c2} - v_{cr}}{L_2}(t - t_1) \quad (5)$$

$$i_{Lr}(t) \approx i_{Lr}(t_1) + \frac{-v_{cs}}{L_r}(t - t_1) \quad (6)$$

وضعیت ۳ (t_2-t_3) :

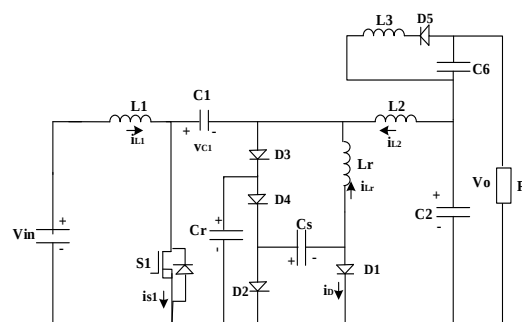
در این وضعیت که در t_2 شروع می شود، خازن C_r به مقدار پیک خود رسیده و از طریق دیود D_4 به همراه دیود D_3 خازن C_s را شارژ می کند. در این وضعیت که بسیار کوتاه است جریان سلف کاهش یافته و در لحظه t_3 خازن C_r قطع می شود. ساختار مدار این وضعیت مانند وضعیت ۲ است. در این وضعیت سلف L_r با خازن C_r از طریق خازن C_s و دیود D_4 رزونانس می کند.

$$v_{cr}(t) = v_c + i_{Lr}(t_2) \sqrt{\frac{L_r}{C_r}} \sin \frac{t-t_2}{\sqrt{L_r C_r}} \quad (7)$$

$$i_{Lr}(t) = i_{Lr}(t_2) \cos \frac{t-t_2}{\sqrt{L_r C_r}}$$

وضعیت ۴ (t_3-t_4) :

این حالت خازن C_r در لحظه t_3 از مدار قطع می شود. جریان عبوری از خازن C_s و سلف L_r برابر شده و به طور خطی در طول این وضعیت کاهش می یابد. جریان خازن C_1 نیز در طول دوره کاهش یافته و در انتهای دوره به صفر می رسد. دیودهای D_1 و D_2 همچنان قطع هستند و دیودهای D_3 و D_4 با صفر شدن جریان

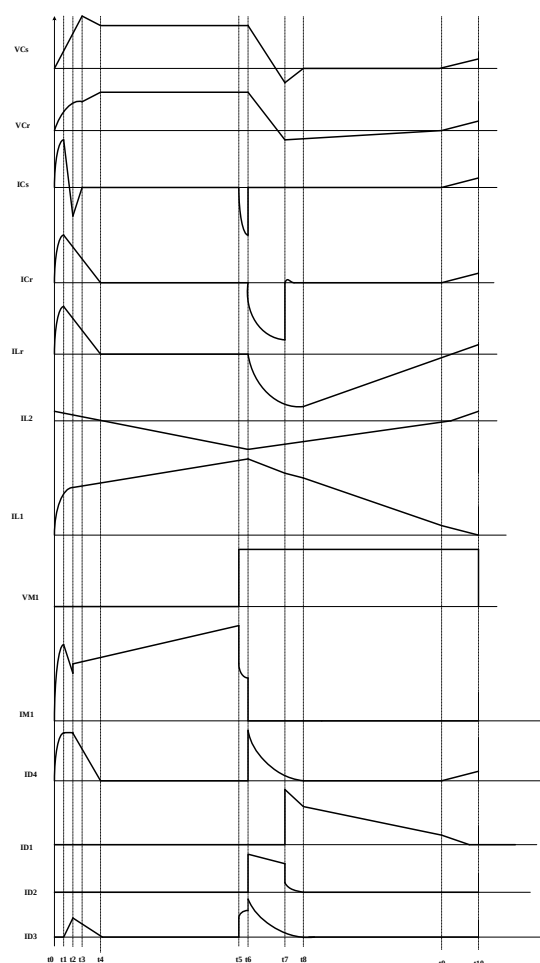


شکل ۱ ساختار مبدل چوک با کلید زنی نرم پیشنهادی.

این مبدل از یک کلید اصلی S_1 و سلف L_1 و L_2 و خازن های C_1 و C_2 و مدار اسنووبر تشکیل شده است. این مدار یک ساختار جدید از مبدل چوک با کلید زنی نرم است.

شکل موج های تئوری یک دوره کلید زنی مبدل پیشنهادی

آمده است



سلف L_r در انتهای وضعیت یعنی زمان t_4 قطع می شوند. کلید اصلی همچنان روشن است. این وضعیت در t_4 به پایان می رسد. وضعیت ۵ (t_4-t_5):

در این وضعیت کلید اصلی روشن است. تمامی دیودهای مدار خاموش هستند. خازن های C_s و C_r قطع شده و ولتاژ آنها حفظ می شود. جریان سلف رزونانس در طول این وضعیت صفر باقی می ماند. شکل این وضعیت به صورت زیر است.

$$i_{L1}(t) = i_{L1}(t_4) + \frac{v_{in}}{L_1}(t - t_4) \quad (8)$$

$$i_{L2}(t) = i_{L2}(t_4) + \frac{v_{c2}-v_{cr}}{L_1}(t - t_4) \quad (9)$$

$$i_{S1}(t) = i_{L1} + i_{L2}(t) \quad (10)$$

وضعیت ۶ (t_5-t_6):

در لحظه t_5 کلید اصلی S_1 خاموش شده و دیود D_3 شروع به هدایت می کند. بقیه دیودها در طول این وضعیت قطع هستند. خازن C_1 شارژ می شود و جریان آن از مقدار صفر به مقدار مثبت افزایش می یابد و ولتاژ به صورت خطی افزایش می یابد. همچنین با وصل شدن دیود D_3 در ابتدای وضعیت خازن C_r شارژ می شود و ولتاژ دو سر آن به طور خطی افزایش می یابد. سلف L_r و خازن C_s قطع هستند. این وضعیت زمانی که ولتاژ دوسر خازن C_r با ولتاژ ذخیره شده در خازن C_s برابر شود در زمان t_6 پایان می یابد.

$$i_{L1}(t) = i_{L1}(t_5) + \frac{v_{in}-v_{c1}-v_{cr}}{L_1}(t - t_5) \quad (11)$$

$$i_{L2}(t) = i_{L2}(t_5) + \frac{v_{c2}-v_{cr}}{L_1}(t - t_5) \quad (12)$$

$$i_{S1}(t) = 0 \quad (13)$$

وضعیت ۷ (t_6-t_7):

ولتاژ دو سر خازن C_r به طور خطی شروع به کاهش می کند. ولتاژ دو سر خازن C_s از مقدار منفی به سمت صفر به طور خطی شروع به افزایش می کند. ولتاژ سلف L_r از مقدار پیک منفی به طور خطی افزایش می یابد. جریان سلف نیز افزایش می یابد. در لحظه t_6 دیود

D_2 وصل می شود، D_3 همچنان روشن و D_4 نیز روشن و D_1 همچنان خاموش است.

$$i_{L1}(t) = i_{L1}(t_6) + \frac{v_{in}-v_{c1}}{L_1}(t - t_6) \quad (14)$$

$$i_{L2}(t) = i_{L2}(t_6) + \frac{v_{c2}}{L_2}(t - t_6) \quad (15)$$

$$i_{S1}(t) = 0 \quad (16)$$

$$v_{Cs}(t) = (v_{Cs}) \cos \frac{t-t_6}{\sqrt{L_r C_s}} + i_{Lr}(t_6) \sqrt{L_r / C_s} \sin \frac{t-t_6}{\sqrt{L_r C_s}} \quad (17)$$

وضعیت ۸ (t_7-t_8):

طول این وضعیت بسیار کوتاه است. جریان دیودهای D_3 و D_4 به طور همزمان کاهش یافته و به صفر می رسد. دیود D_1 در لحظه t_7 شروع به هدایت می کند. کلید اصلی خاموش است. خازن C_r در طول این وضعیت قطع است. جریان خازن C_s کاهش یافته و در طول این وضعیت به صفر می رسد. جریان سلف L_r از مقدار پیک منفی به سمت صفر افزایش پیدا می کند. با این عمل دیودهای D_3 و D_4 در لحظه t_8 به صفر رسیده و این دیودها قطع می شوند.

وضعیت ۹ (t_8-t_9):

در لحظه t_8 خازن C_r دشارژ و قطع شده است. ساختار مدار در این وضعیت مانند شکل (۴-۱۰) است. دیودهای D_2 و D_3 و D_4 قطع هستند و دیودهای D_1 و D_5 وصل می باشند. جریان سلف L_r در طول این وضعیت به صفر می رسد. خازن های C_r و C_s و کلید اصلی قطع هستند.

$$i_{L1}(t) = i_{L1}(t_8) + \frac{v_{in}-v_{c1}+v_{Lr}}{L_1}(t - t_8) \quad (18)$$

$$i_{L2}(t) = i_{L2}(t_8) + \frac{v_{c2}-v_{Lr}}{L_2}(t - t_8) \quad (19)$$

$$i_{Lr}(t) = -i_{L1}(t) - i_{L2}(t) \quad (20)$$

وضعیت ۱۰ (t_9-t_{10}):

در این وضعیت جریان سلف L_r به صفر رسیده و دیود D_1 در لحظه t_9 قطع می شود و D_4 وصل می شود. دیودهای D_3 و D_2 و کلید اصلی قطع هستند. جریان سلف از صفر به مقادیر مثبت افزایش می یابد و خازن های C_r و C_s شارژ می شوند در زمان t_{10} این وضعیت پایان می یابد و یک سیکل کاری مبدل کامل می شود.

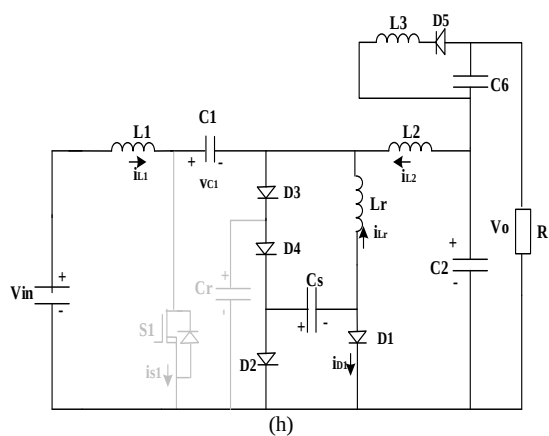
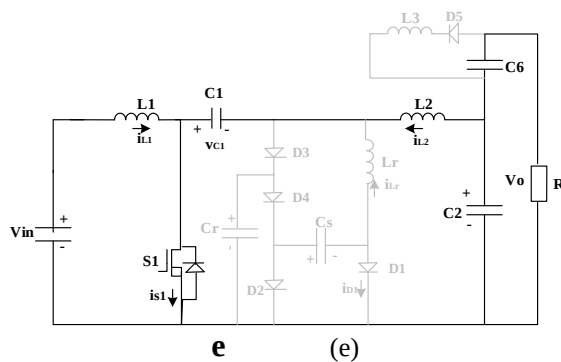
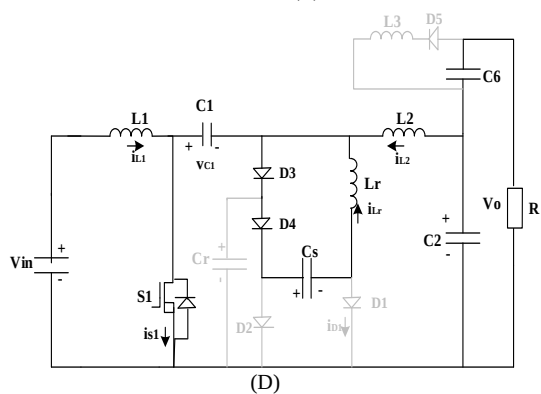
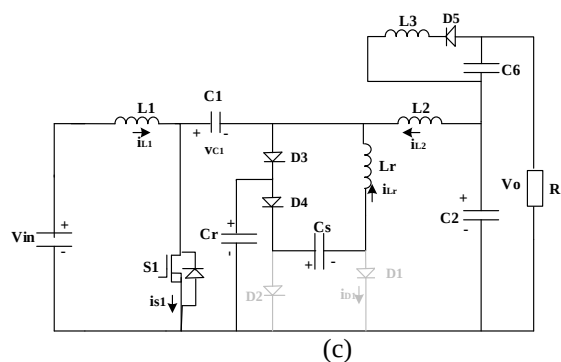
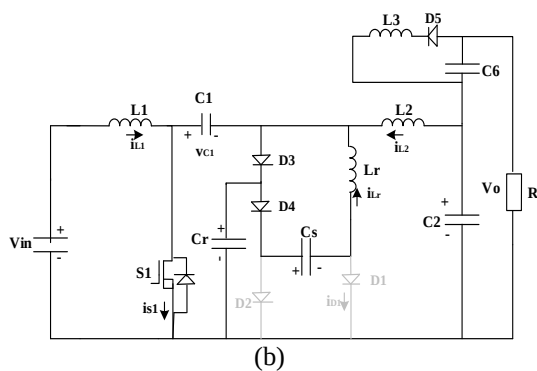
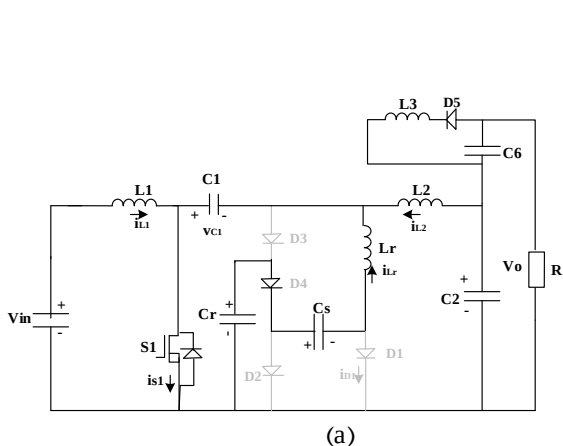
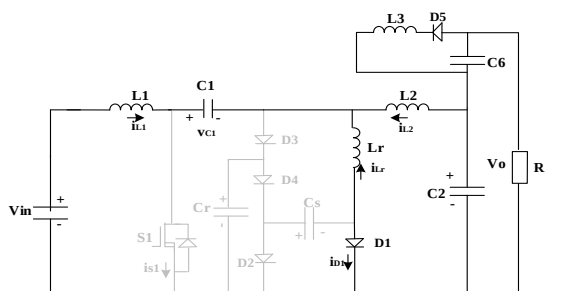
مدار معادل در وضعیت ها:

(a) وضعیت اول. (b) وضعیت دوم. (c) وضعیت سوم. (d) وضعیت

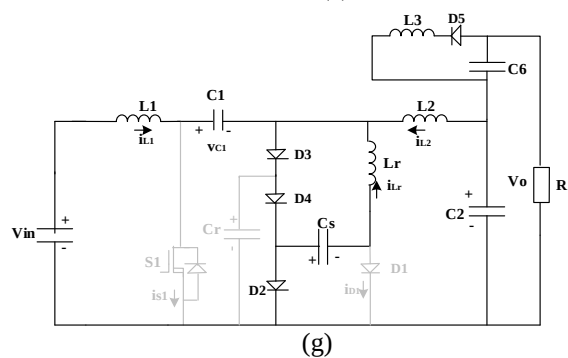
چهارم. (e) وضعیت پنجم. (f) وضعیت ششم. (g) وضعیت هفتم.

(h) وضعیت هشتم. (I) وضعیت نهم. (j) وضعیت دهم.

۲۰۱۳ و ۲۰۱۴ آبان ماه - دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)



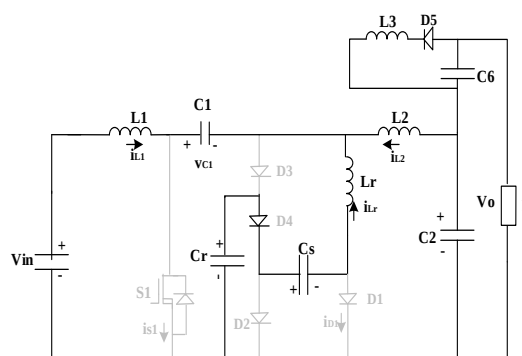
[۷]



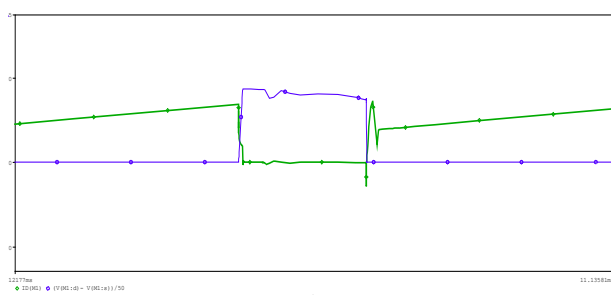
بررسی رفتار کلید زنی نرم مبدل نیاز به بررسی شکل موج عناصر مدار است.

جدول ۲ مقادیر خروجی مبدل چوک پیشنهادی با کلید زنی نرم

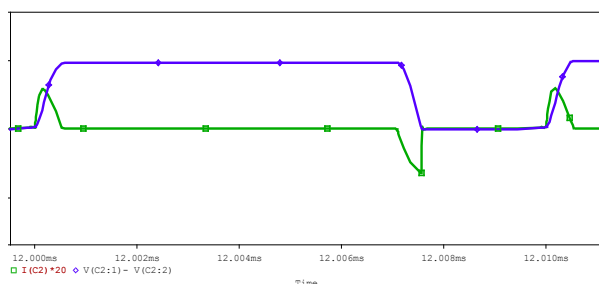
P_{out}	I_{out}	V_{out}
$= 21 W$	$= 0.1866 A$	$= 110.5 v$



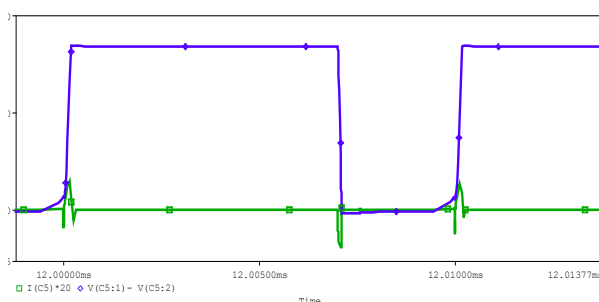
(j)



شکل ۲ شکل موج شبیه سازی ولتاژ (خط) و جریان (خط چین) دو سر کلید اصلی S_1



شکل ۳ شکل موج شبیه سازی ولتاژ (خط) و جریان (خط چین) دو سر خازن C_s



شکل ۴ شکل موج شبیه سازی ولتاژ (خط) و جریان (خط چین) خازن C_r

$V_{DC in}$	f_s	L_1	L_2
$= 24 v$	$= 100 kHz$	$= 810 \mu H$	$= 400 \mu H$
L_4	L_r	C_1	C_4
$= 800 \mu H$	$= 10 \mu H$	$= 10 \mu F$	$= 50 \mu F$
C_r	C_s	R_0	C_6
$= 50 nF$	$= 10 nF$	$= 600 \Omega$	$= 50 \mu F$

جدول ۱ مقادیر پارامترهای مدار مبدل چوک پیشنهادی

نتایج شبیه سازی مبدل چوک با کلید زنی نرم پیشنهادی

شبیه سازی مبدل چوک با کلید زنی نرم پیشنهادی در نرم افزار PSPICE شبیه سازی شده است. شبیه سازی در فضای نرم افزار با فرکانس کلید زنی ۱۰۰ کیلوهرتز صورت گرفته است. مزیت اصلی از استفاده از کلید زنی نرم ولتاژ دستیابی به فرکانس کلید زنی بالاست. کلید زنی فرکانس بالا منجر به کاهش ابعاد المان های رزونانسی مدار می شود. مقادیر عناصر به کاررفته در مدار در جدول (۱) ارائه شده است.

سیکل کاری مبدل ۰،۷ است. تحت این شرایط کلید زنی و با توجه به پارامترهای مدار نتایج شبیه سازی به صورت جدول زیر ارائه می شود. این جدول مقادیر خروجی مبدل را ارائه کرده است. برای

مراجع

[1] N.ArunKumar, T.S.Sivakumaran and C.Shanmugasundaram, "Simulation and Real Time Implementation of FuzzyControllerfor CUKConverter Operating in BuckMode" Proceedings of the 2008 International Conference on Computing, Communication and Networking (ICCCN 2008) 978-1-4244-3595-1/08©2008 IEEE

[2] Xi Lu ; Wei Qian ; Fang Zheng Peng, " Modularized buck-boost + Cuk converter for high voltage series connected battery cells "Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC), 2012 Twenty-Seventh Annual IEEE

[3] Salah, W.A.Y. ; Taib, S., "Improvement of Transformerless 200W SMPS Using CUK DC-DC Converter" Power and Energy Conference, 2006. PECon '06. IEEE International

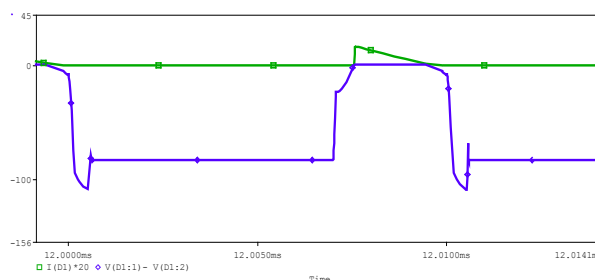
[4] Ionovici, A., "A new computer-aided approach to the analysis of CuK converter by using the alternator equations " Power Electronics, IEEE Transactions on Publication Year: 1989

[5] Kavitha, A. ; Uma, G. ; Beni Reesha, M. " Analysis of fast-scale instability in a power factor correction Cuk converter,"Power Electronics, IET Publication Year: 2012

[6] Lin, B.-R. ; Huang, C.L. ; Chiang, H.-K., "Analysis, design and implementation of an active snubber zero-voltage switching cuk converter," Power Electronics, IET . Publication Year: 2008

[7] Huang, W. ; Yen, K. ; Roig, G. ; Lee, E., "Voltage divided noninverting Cuk converter with large conversion ratios ," Southeastcon '91., IEEE Proceedings of Publication Year: 1991

[8] Bist, V. ; Singh, B., " PFC Cuk Converter-Fed BLDC Motor Drive ," Power Electronics, IEEE Transactions on Publication Year: 2015



شکل ۵ ولتاژ (خط) و جریان (خط چین) دو سر دیود D_1

نتیجه گیری

- یک مبدل چوک جدید با کلید زنی نرم بدون استرس ولتاژ و جریان ارائه شده است.
- مبدل پیشنهادی از تعداد المان های کلید زنی کمتری نسبت به انواع مشابه خود دارد، که سبب کاهش هزینه شده است.
- به دلیل کارکرد در فرکانس های بالای کلید زنی ابعاد عناصر رز
- و نوانسی مدار به شدت کاهش یافته است.
- تعداد وضعیت آگاهی نسبت به انواع بررسی شده بیشتر بوده و ضمن کلید زنی نرم، استرس ولتاژ کمتری برای کلید اصلی ایجاد کرده است.
- پیاده سازی و کلید زنی فرکانس بسیار بالا عملی بوده و از طریق تست آزمایشگاهی باثبات رسید.
- نتایج حاصل از پیاده سازی عملی مبدل پیشنهادی با نتایج حاصل از شبیه سازی مقایسه و نتایج حاصل از بحث تئوریکال مبدل و وضعیت آگاهی سازگاری دارد.