



طراحی یک مبدل شبه رزونانسی کاهنده تحت کلید زنی در جریان صفر (zcs) با به کارگیری یک سوئیچ کمکی به منظور افزایش راندمان

وحید شهابی¹، محمد حسین ارشادی^{2*}، دکتر محمد مهدی رضایی³

* نویسنده مسئول: ershadi@iaukhsh.ac.ir

واژه های کلیدی	چکیده
کلید زنی نرم، کلید زنی تحت جریان صفر (ZCS)، سوئیچینگ، سوئیچ کمکی، راندمان بالا	برای بدست آوردن عملیات (ZCS)، این مقاله یک روش جدید نرم سوئیچ برای باطری های قابل شارژ ایجاد می کند. با وارد کردن یک سوئیچ کمکی بصورت ردیفی با یک خازن تشدید کننده، تحلیل موضعی مطرح شده می تواند یک ZCS buck جدید شارژ باطری dc-dc بدست آورد و به طور چشمگیری انتقال سوئیچینگ را در سوئیچ های قدرت فعال کاهش می دهد. این شارژ باطری dc-dc ZCS مطرح شده دارای یک ساختار صریح، کم هزینه با کنترل آسان و پر بازده می باشد. اصول کار و روش طراحی شارژ مطرح شده دقیقاً مورد تحلیل قرار می گیرد. اندازه های بهینه بخش های تشدید کننده با استفاده از منحنی مشخصه وقایع های الکتریکی مشتق شده از ترتیب مدار محاسبه می شود.

¹ - دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خمینی شهر

² - استاد، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خمینی شهر

³ - استاد، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خمینی شهر

1- مقدمه

از باتری های قابل شارژ بطور گسترده در بسیاری از کاربردها مانند سیستم های تولید انرژی قابل تجدید، وسایل نقلیه الکتریکی، ذخایر غیر قابل توقف نیرو، کامپیوترهای لپ تاپ، کمک های دیجیتالی شخصی، موبایلها و دوربین های دیجیتال استفاده می شود. شارژ موثر زمان شارژ را کوتاه می دهد و عمر باتری را افزایش می دهد. بعلاوه زمان شارژ و عمر باتری قابل شارژ شدیداً به مشخصه های مدار شارژر بستگی دارد. شارژرهای قدیمی باتری با نظارت ها و تنظیم کننده های خطی نیز و فقط می تواند سطوح پائین نیرو را مهار کند و دارای بازده بسیار پائین و چگالی پایین نیرو می باشد چون به مبدلها و فیلترهای کم فرکانس ها مشروط می باشد. بر عکس شارژرهای جدید باتری به کیفیت بالا، اندازه کوچک، وزن سبک، اعتبار بالا و تبدیل های نسبتاً موثر انرژی نیاز دارد. برای از بین بردن این مشکلات تحلیلهای موضعی مختلف شارژر و سوئیچ نرم که برای سیستم های ذخیره انرژی باتری مناسب تر می باشد ارائه شده و مورد ارزیابی قرار گرفته است. تکنیک های سوئیچ بدون ولتاژ (ZVS) و سوئیچ بدون جریان (ZCS) دو روش نرم سوئیچ کردن می باشد که بطور سنتی بکار گرفته شده. تکنیک ZVS افت روشن کردن خازن را از بین می برد و با کم کردن افزایش ولتاژ کاهش و افت خاموش سوئیچ کردن را کاهش می دهد در نتیجه تداخل بین ولتاژ سوئیچ و جریان سوئیچ را کاهش می دهد. ZCS تداخل جریان و ولتاژ را با رساندن جریان سوئیچ به صفر قبل از اینکه ولتاژ سوئیچ بالا رود از بین می برد. برای تبدیل پر بازده انرژی از تحلیل های موضعی ZCS استفاده بیشتری می شود.

کنترل متغیر فرکانس می تواند تنظیم خروجی مبدل های بسامد را در هر دو روش قدیمی ZCS و ZVS بدست آورد. مبدل های قدیمی ZCS با کنترل ثابت زمان روشن عمل می کنند در حالیکه مبدل های قدیمی ZVC با کنترل ثابت زمان خاموش عمل می کنند. هر دو روش به کار کردن با یک دامنه گسترده فرکانس سوئیچ کردن با فرض منبع گسترده درون داد و دامنه باز نیاز دارد و بهینه سازی طرح مدار فیلتر را سخت می سازد. مشخصه اصلی طراحی مبدل های جدید نیرو PWM ZCS/ZVC تلفیق یک سوئیچ کمکی در مدار نیمه تشدید کننده قدیمی می باشد.

تشدید مبدل های جدید بوسیله سوئیچ کمکی تحت الشعاع قرار می گیرد و تشدید را ایجاد می کند و به طور موقت در دوره ای که می تواند تنظیم شود متوقف می شود. این مقاله یک مبدل dc-dc کاهنده با بازده بالا با تحلیل موضعی ZCS buck ایجاد می کند.

ساختار ساده مدار، کنترل آسان سوئیچ نرم برای همه دستگاه های برقی، افت پائین سوئیچ و بازده بالای مبدل از مشخصه های این مبدل می باشد.

جلوگیری می کند. اجزاء L_r و C_r یک مدار موازی را تشکیل می دهد که نوسان آن با خاموش کردن دیود D_m در حالت خلاص آغاز می شود.

این دیود در مبدل ZCS در سوئیچینگ ضعیف رفت و آمد می کند. این مشخصه تکنیک ZCS را بطور خاص برای کاربردهای فرکانس بالا تبدیل جذاب می سازد. از این سوئیچینگ ضعیف در زمانی که در هر دو سوئیچ نیرو و دیود در حالت خلاص در چنین مداری اجرا شود با ارزش می باشد. در مبدل شبه تشدید ZCS قدیمی القاگر تشدید بعد از اینکه سوئیچ نیرو S روشن می شود شروع به نوسان کردن با خازن تشدید می کند. سوئیچ نیرو بعد از اینکه تشدید L_r را به جریان صفر می آورد خاموش می شود.

برای بدست آوردن ZCS در سوئیچ نیرو on time سوئیچ نیرو که بر طبق دوره تشدید بخش های تشدید تعیین می شود بصورت ثابت می باشد. بنابراین ZCS با کنترل ثابت on time سوئیچ نیروی باز داد با تغییر زمان خاموش سوئیچ نیرو تنظیم می شود. در نتیجه این سیستم کنترل هارمونیک در فرکانس های غیر قابل پیش بینی ایجاد می کند و طرح فیلتر را سخت می سازد.

شکل (1) مدار مرسوم مبدل ZCS کاهنده

بخش بعدی، تحلیل موضعی مدار را توصیف می کند و مدارهای معادل را برای وقفه ها و فواصل کار توضیح می دهد. سپس ولتاژ نرمال بدست آمده از مبدل مورد نظر پر بازده را از لحاظ تعادل انرژی توصیف می کند. فصل بعدی شبیه سازی ارائه خواهد شد.

2- ساختار مدار پیشنهادی

یک روش مؤثر بدست آوردن توپولوژی های راندمان بالادستگاه شارژ بکار بردن تکنیک های سوئیچینگ ضعیف در مرحله تبدیل قدرت می باشد و از بخش های اضافی برای محدود کردن d_i/d_t و یا d_v/d_t در طول دوره جابجا گری استفاده می شود و همچنین برای به حداقل رساندن همپوش بین اشکال موج جریان و ولتاژ از طریق دستگاه سوئیچینگ استفاده می شود در نتیجه اتلافهای سوئیچینگ را کاهش می دهد. تکنیک های سوئیچینگ ضعیف که در سالهای اخیر بیشترین توجه را به خود جلب کرده است مبدل های تشدید کننده می باشند این بواسطه افت های پائین سوئیچینگ آنها و اصل ساده عملیات می باشد.

روش شبه رزونانسی ZCS از مخزن های تشدید L_c دیگر برای شکل دادن شکل موج جریان دستگاه سوئیچینگ برای ایجاد یک شرایط جریان صفر برای خاموش کردن دستگاه استفاده می کند. شکل (1) ساختار مدار یک مبدل تشدید buck برای یک دستگاه شارژ باطری را نشان می دهد که بر خلاف مبدل سنتی PWM دارای یک مخزن اضافی تشدید می باشد و از یک القاگر تشدید L_r ، یک خازن تشدید C_r و یک دیود D_m تشکیل می شود. القاگر L_r بصورت موازی به یک سوئیچ نیرو S متصل می گردد تا di/dt سوئیچ نیرو را محدود کند و خازن C_r به صورت یک عامل کمکی انتقال انرژی عمل می کند. دیود D_m یک دیود با حالت خلاص می باشد. خازن C_f و القاگر L_f دارای فیلترهای پائین گذر می باشد و نه تنها سیگنال های شکن فرکانس بالا را فیلتر می کند بلکه یک منبع ثابت d_c برای شارژ باطری فراهم می کند. دیود D_f از انتقال انرژی از باطری به مدار شارژر ZCS

1- خازن تشدید Cr

2- اندوکتانس تشدید

3- امپدانس مشخصه

4- فرکانس زاویه ای تشدید

$$\omega_o = \sqrt{Lr / Cr}$$

5- فرکانس تشدید $f_o = \frac{\omega_o}{2\pi}$

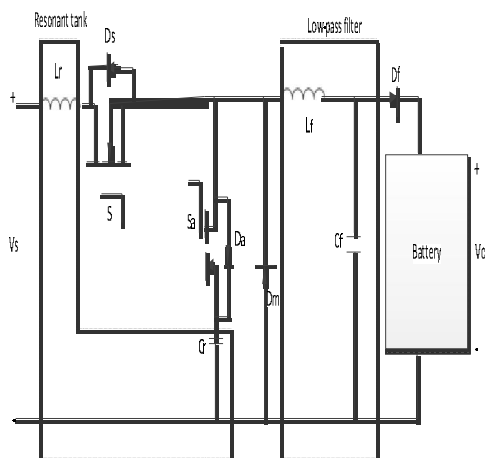
6- دوره سوئیچینگ Ts

7- فرکانس سوئیچینگ fs

برای تحلیل های مبدل مورد نظر، فرضهای ساده کننده زیر را در نظر می گیریم:

- 1- همه عناصر نیمه رسانا ایده آل می باشد و در طول سوئیچینگ تاخیر زمانی ندارد. هیچ افت ولتاژ پیشرفته در هنگام روشن کردن عناصر سوئیچ اتفاق نمیافتد و هیچ گونه نشت جریان در هنگام خاموش کردن آنها تولید نمی شود.
- 2- اندوکتانس و خازن در مدار تشدید هیچ گونه مقاومت داخلی ندارد.

- 3- اندوکتانس فیلتر L_o خیلی بیشتر از اندوکتانس القا L_r می باشد. در نتیجه فرکانس قطع صافی پایین گذر که ظرفیت صافی C_o و بار را تشکیل می دهد خیلی پایین تر از فرکانس زاویه ای تشدید ناشی از القاگر تشدید L_r و خازن C_o می باشد. مرحله خروجی مدار فیلترینگ را می تواند به عنوان یک جریان ثابت I_o در مقایسه با مدار تشدید تلقی کرد.

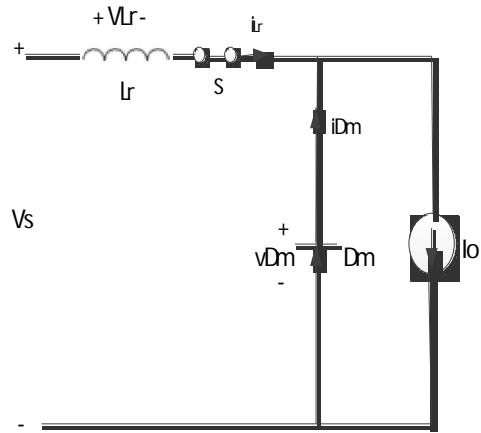


شکل (2) مدار مبدل پیشنهادی

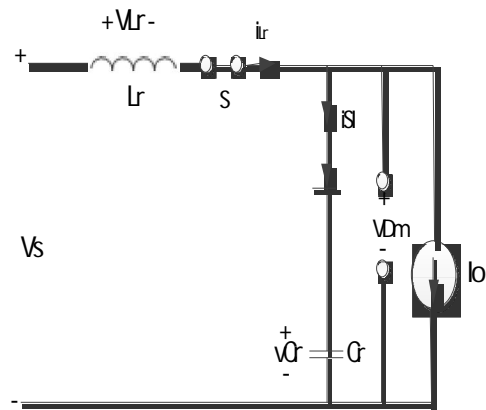
برای ترمیم نقاط ضعف بیان شده، مبدل جدید سوئیچینگ ضعیف ZCS نشان داده شده در شکل (2) با وارد کردن یک سوئیچ کمکی S_a بصورت موازی با خازن تشدید بدست می آید. سوئیچ نیرو اصلی S و کمکی S_a دارای یک نقطه اتصال مشترک می باشد و می تواند بطور همزمان بدون دستگاه های دیگری به کار انداخته شود شکل (2). در شارژ باطری ZCS جدید سوئیچ کمکی S_a در زمانی که سوئیچ اصلی S روشن می باشد، خاموش می شود. تشدید بین القاگر تشدید و خازن تشدید تا زمانی که سوئیچ کمکی S_a روشن باشد اتفاق نمی افتد. بنابراین وظیفه سوئیچ کمکی S_a خاموش نگه داشتن تشدید در یک دوره زمانی می باشد در نتیجه شارژ باطری ZCS جدید می تواند بازده را در حالیکه مبدل در یک فرکانس ثابت سوئیچینگ عمل می کند تنظیم کند.

3- حالت های کاری مبدل پیشنهادی

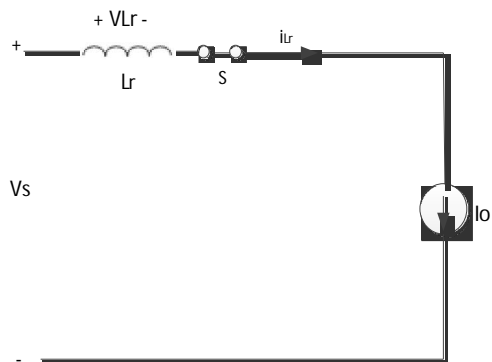
برای آسان ساختن تحلیل، اندوکتانس فیلتر باز داد اینگونه تصور می شود که به اندازه کافی بزرگ باشد که به عنوان یک منبع جریان dc ایده آل I_o یک چرخه فرکانس بالا تشدید تلقی شود. قبل از تحلیل حالت های کار و عملیات مدار ارائه شده، پارامترهای مدار به صورت زیر تعریف می شود:



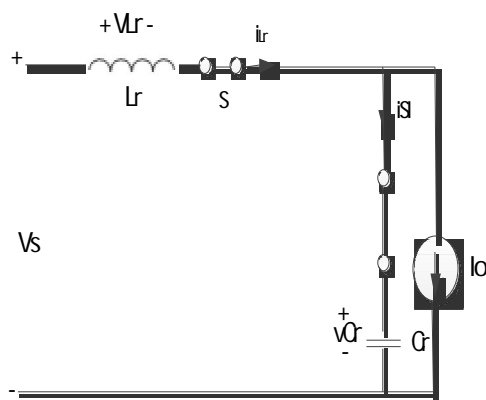
(a)



(b)



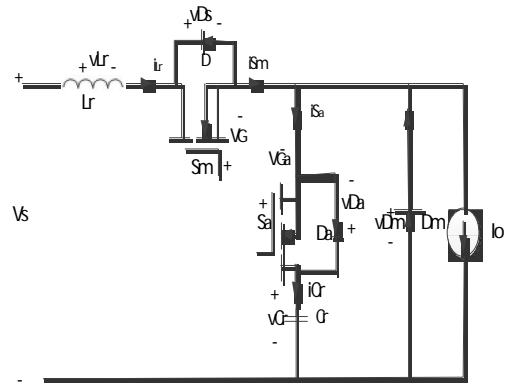
(c)



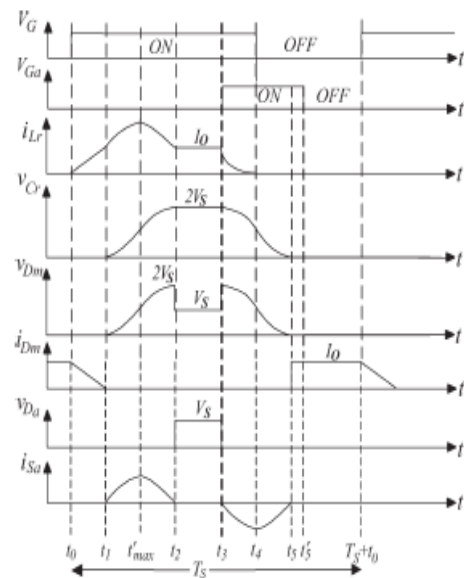
(d)

4- تصویر (3) مدار معادل ساده شده مبدل Zcs buck

جدید پیشنهاد شده برای یک دستگاه شارژ باتری را نشان می دهد. حالت های کاری این دستگاه شارژ را می توان به شش حالت تقسیم کرد.



شکل (3) مدار معادل ساده شده مبدل جدید Zcs



شکل (4) شکل موج های ولتاژ و جریان دیودها

جریان القاگر \dot{I}_L مبدل Zcs buck بطور خطی در عملکرد ZCS از صفر افزایش می یابد. بنابراین سوئیچ S_m در شرایط ZCS روشن می شود. شیب \dot{I}_L متناسب با ولتاژ ورودی می باشد. جریان ورودی \dot{I}_s برابر با \dot{I}_L در فاصله این حالت می باشد. جریان D_m تفاوت بین جریان القاگر \dot{I}_L و جریان شارژ I_o می باشد. دیود در این حالت خاموش می شود و در زمانی که تفاوت بین \dot{I}_L و I_o مثبت شود حالت 1 پایان می یابد. معادلات زیر بدست می آید:

$$V_{DS}(t) = 0 \quad (1)$$

$$V_s = V_{L_r} = L_r \frac{di_{L_r}}{dt} \quad (2)$$

$$i_{L_r}(t) = \frac{V_s}{L_r}(t - t_o) \quad (3)$$

$$v_{cr}(t) = 0 \quad (4)$$

$$V_{DM}(t) = 0 \quad (5)$$

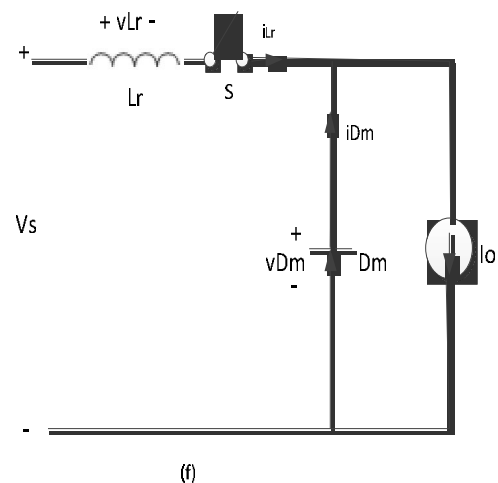
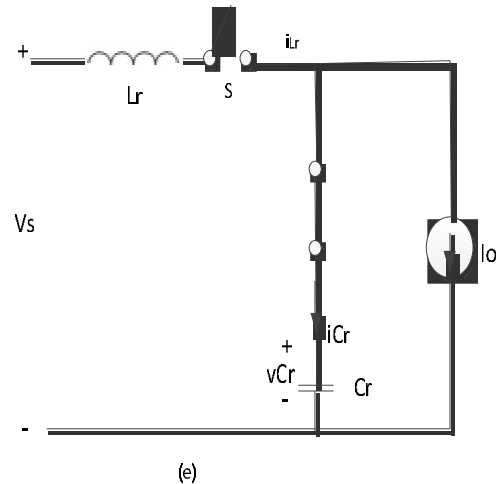
$$i_{Dm}(t) = I_o - \frac{V_s}{L_r}(t - t_o) \quad (6)$$

$$V_{D_a}(t) = 0 \quad (7)$$

$$i_{S_a}(t) = 0 \quad (8)$$

وقفه زمانی بین t_0 و t_1 به صورت زیر بیان میشود

$$\Delta t_1 = t_1 - t_0 = \frac{L_r I_o}{V_s} \quad (9)$$



شکل (5) مدار معادل حالت های کاری دستگاه

کار مدار در یک دوره سوئیچینگ را می توان به شش حالت تقسیم کرد که مدارهای معادل آن در شکل (5) نشان داده می شود. در مورد اصول کار و عملیات به صورت زیر صحبت می شود.

1- حالت 1 ($0 < t < t_0$) : قبل از t_0 سوئیچ

اصلی S_m و سوئیچ کمکی S_a هر دو خاموش می باشد و دیود هرز گرد D_m در حال هدایت می باشد. جریان D_m برابر با جریان شارژ I_o می باشد. یک سیگنال روشن شدن به گیت سوئیچ اصلی S_m در آغاز این حالت بکار می رود. تصویر (5 الف) برابر این حالت را نشان می دهد. ولتاژ ورودی در زمانی بر القاگر L_r تحمیل می شود که S_m روشن شده است.

$$i_{L_r}(t_{max}) = \frac{V_s}{ZO} + I_o \quad (17)$$

بعلاوه پیک ولتاژ خازن در $t = t_2$ اتفاق می افتد جایی که $i_L(t) = I_o$ می باشد. زمانی که $i_L(t) = I_o$ باشد، پیک ولتاژ خازن $2V_s$ می باشد.

$$i_{L_r}(t_{max}) = \frac{V_s}{ZO} + I_o \quad (18)$$

زمان تشدید بر طبق جریان متفاوت بین جریان القاگر تشدید i_L و جریان خروجی I_o در شرایط جریان صفر می باشد. این حالت در $t = t_2$ در زمانی که i_L به I_o کاهش می یابد، پایان می یابد. وقفه زمانی کاری در این مرحله به صورت زیر نوشته می شود.

$$\Delta t_v = t_v - t_1 = \frac{\pi}{\omega O} \quad (19)$$

این وقفه زمانی در t_2 پایان می یابد، زمانی که جریان از طریق گروه دیود D_a به صفر کاهش می یابد.

3- حالت 3 ($\leq <$) : سوئیچ اصلی S_m در طول این دوره روشن باقی می ماند. در نتیجه جریان باز I_o از طریق سوئیچ اصلی S_m جریان پیدا می کند و ولتاژ خازن V_c روی مقدار $2V_s$ باقی می ماند تصویر (5ج) مدار معادل را در حالت 3 نشان می دهد. بنابراین عبارات جریان و ولتاژ برای این حالت به صورت زیر استنتاج می شود :

$$V_{DS}(t) = 0 \quad (20)$$

$$i_{L_r}(t) = I_o \quad (21)$$

$$V_{Cr}(t) = 2V_s \quad (22)$$

این وقفه زمانی، زمانی پایان می یابد که D_m خاموش باشد.

2- حالت 2 ($\leq <$) : در این حالت، $i_L = I_o$ در $t = t_1$ آن چنان که دیود هرزگرد D_m قطع می باشد. سوئیچ اصلی S_m در طول این دوره روشن باقی می ماند. تصویر (5 الف) مدار معادل را نشان می دهد. در این حالت، جریان $i_L - I_o$ از دیود D_m به گروه دیود D_a سوئیچ کمکی S_a عبور می کند. هر دو جریان i_L و I_o از خازن C_r عبور می کند و باعث می گردد که القاگر L_r و خازن وارد تشدید شود. معادلات مهمی که عملکرد مدار را در طول این حالت توصیف می کند به صورت زیر می باشد.

$$V_{DS}(t) = 0 \quad (10)$$

$$i_{sa}(t) = \frac{V_s}{ZO} \sin \omega o (t - t_1) \quad (11)$$

$$i_{L_r}(t) = I_o + \frac{V_s}{ZO} \sin \omega o (t - t_1) \quad (12)$$

$$V_{Cr}(t) = \frac{1}{C_r} \int_{t_1}^t \frac{V_s}{ZO} \sin \omega o (\tau - t_1) d\tau \quad (13)$$

$$= V_s [1 - \cos \omega o (t - t_1)] \quad (14)$$

$$[1 - \cos \omega o (t - t_1)] V_{D_m}(t) = V_s \quad (15)$$

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

$$V_{Da}(t) = 0$$

حداکثر جریان القاگر تشدید $i_L^{(t)}$ که در t_{max} اتفاق می افتد بوسیله معادله زیر نشان داده می شود.

$$i_{Lr}(t) = I_o - \frac{V_s}{Z_O} \sin \omega o (t - t_r) \quad (30)$$

$$V_{Dm}(t) = V_s \quad (23)$$

$$V_{Cr}(t) = \frac{1}{C_r} \int_{t_r}^t -\frac{V_s}{Z_O} \quad (31)$$

$$i_{Dm}(t) = 0 \quad (24)$$

$$\sin \omega o (\tau - t_r) d\tau + V_s \quad V_{Da}(t) = V_s \quad (25)$$

$$= V_s [1 + \cos \omega o (t - t_r)] \quad (32)$$

$$i_{Sa}(t) = 0 \quad (26)$$

$$[1 + \cos \omega o (t - t_r)] V_{Dm}(t) \quad (33)$$

$$= V C_r(t) = V_s$$

در این حالت زمان سیگنال trigger می تواند متغیر باشد. برای آسان کردن طرح مدار، اینگونه تصور می شود که این وقفه زمانی و حالت 1 دارای اندازه های یکسان و برابر باشد. در نتیجه :

$$\Delta t_r = \Delta t_1 = t_r - t_r = \frac{L_r I_o}{V_s} \quad (27)$$

$$i_{Dm}(t) = V_{Da}(t) = 0 \quad (34)$$

این حالت در زمانی اتفاق می افتد که سوئیچ کمکی Sa روشن باشد.

این حالت در $t = t_1$ پایان یافت، همان گونه که جریان سوئیچ اصلی i_s به صفر کاهش می یابد. بنابراین سوئیچ اصلی S_m نیز در ZCS خاموش می شود. در این حالت وقفه زمانی بصورت زیر تعیین می شود :

$$\Delta t_1 = t_1 - t_r = \frac{1}{\omega o} \left[\sin^{-1} \left(\frac{L_r Z_O}{V_s} \right) \right] \quad (35)$$

4- حالت 4 ($\leq <$) : از یک سیگنال کنترل در مدخل سوئیچ کمکی S_o ، در $t = t_r$ استفاده می شود. تصویر (d5-4) مدار معادل را نشان می دهد. سوئیچ کمکی با ZCS روشن می شود. یک تشدید معکوس بین C_r و L_r بر طبق مسیر $\rightarrow \rightarrow$ بر طبق جریان ثابت I_o آغاز می شود. معادلات برای این حالت به صورت زیر به دست می آید.

$$V_{DS}(t) = 0 \quad (28)$$

معادله ذکر شده نشان می دهد که جریان بار I_o باید به اندازه کافی بزرگ باشد که $Z_o I_o < V_s$ باشد. در غیر اینصورت جریان سوئیچ بطور طبیعی به صفر باز نخواهد گشت و سوئیچ نیرو باید در یک جریان غیر صفر روشن

$$i_{S1}(t) = -\frac{V_s}{Z_O} \sin \omega o (t - t_r) \quad (29)$$

$$i_{sa}(t) = -\frac{Vs}{Zo} \sin \omega o (t - t_{\xi}) \quad (42)$$

این حالت در زمانی که V_c به صفر کاهش یابد در t_{ξ} پایان می یابد. بازه زمانی در حالت 5 بوسیله معادله زیر نشان داده می شود.

$$\Delta t_o = t_o - t_{\xi} = \frac{VS}{ZO} \sin \omega o (t - t_{\xi}) \quad (43)$$

حالت 6 ($\leq <$): جریان شارژ I_o از خازن تشدید C_r به دیود هرزگرد D_m بلافاصله بعد از زمان $t=t_o$ منتقل می گردد. تصویر (4-5) طرح اولیه از مدار معادل را در این مرحله نشان می دهد. سیگنال کنترل سوئیچ کمکی S_a باید در زمانی که خازن تشدید C_r کاملاً تخلیه می شود، برداشته شود. در نتیجه سوئیچ کمکی S_a میتواند با ولتاژ صفر خاموش شود. این وقفه حالت off مبدل شناخته شده PWM میباشد و طول مدت آن را می توان بوسیله سیگنال فرمان سوئیچ اصلی کنترل کرد. معادلات این بازه به صورت زیر نشان داده می شود:

$$V_{DS}(t) = VS \quad (44)$$

$$v_{Cr}(t) = 0 \quad (45)$$

$$i_{Lr}(t) = 0 \quad (46)$$

$$V_{Dm}(t) = 0 \quad (47)$$

$$i_{Dm}(t) = 0 \quad (48)$$

شود که باعث افت های زیادی می شود. این وقفه زمانی در زمانی که I_L به صفر کاهش می یابد و سوئیچ اصلی S_m خاموش می شود در t_{ξ} پایان می یابد.

حالت 5 ($\leq <$): در شروع وقفه زمانی 5، سوئیچ اصلی S_m خاموش می شود و جریان شارژ از طریق دیود D_a جریان پیدا می کند. تصویر (5) مدار معادل را نشان می دهد. خازن تشدید C_r با جریان ثابت I_o خالی می شود و V_c افت می کند. حالت 5 در زمانی شروع می شود که ولتاژ V_c سرانجام در $t=t_o$ به صفر افت پیدا می کند. زمانی که هرزگرد D_m شروع به هدایت می کند. بنابراین دیود هرزگرد D_m بطور کامل در هر دو شرایط ZCS و ZVS روشن می شود. برای این مورد، معادلات کاری به صورت زیر تعیین می شود:

$$i_{Lr}(t) = 0 \quad (36)$$

$$V_{Cr}(t) = \frac{-I_o}{C_r} (t - t_{\xi}) + v_{Cr}(t_{\xi}) \quad (37)$$

$$V_{Cr}(t) = \frac{-I_o}{C_r} (t - t_{\xi}) + VS \quad (38)$$

$$V_{Dm}(t) = \frac{-I_o}{C_r} (t - t_{\xi}) + VS \{ + \cos [\omega o (t_{\xi} - t_r)] \} \quad (39)$$

$$i_{Dm}(t) = 0 \quad (40)$$

$$v_{Da}(t) = 0 \quad (41)$$

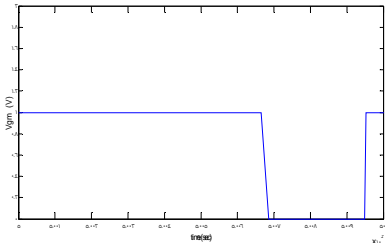
$$t_o = t_o - t_\xi = 2.4235(\mu s)$$

$$V_{Ds_1}(t) = V_s \quad (49)$$

سیگنال فرمان اعمال شده به سوئیچ اصلی مطابق شکل

زیر است:

$$i_{Sa}(t) = 0 \quad (50)$$

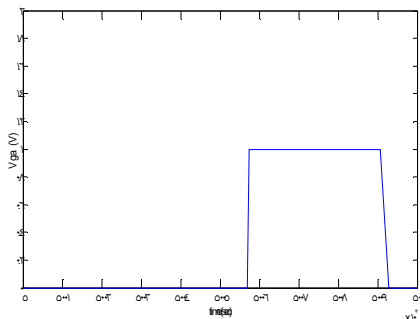


شکل (7) سیگنال فرمان اعمال شده به سوئیچ اصلی

همانطور که مشاهده می شود، سوئیچ اصلی از لحظه t_o تا لحظه t_ξ ، که این بازه حدود $6/86$ میکروثانیه می باشد، هدایت می کند.

سیگنال فرمان اعمال شده به سوئیچ کمکی، مطابق شکل

زیر است:



شکل (8) سیگنال فرمان اعمال شده به سوئیچ کمکی

همانطور که مشاهده می شود، سوئیچ کمکی در بازه زمانی t_r تا t_o ، که حدود $3/54$ میکروثانیه است، هدایت می کند.

شکل موج جریان سلف تشدید بصورت زیر خواهد بود:

زمان وقفه Δt این حالت بوسیله معادله زیر نشان داده می شود.

$$\Delta t_r = T_s - \Delta t_1 - \Delta t_2 - \Delta t_3 - \Delta t_4 - \Delta t_5 \quad (51)$$

این حالت در زمانی که سوئیچ اصلی S_m مجدداً بوسیله سیگنال محرک V_G تحریک می شود پایان می یابد و کار در سیکل بعدی سوئیچینگ به حالت 1 باز می گردد.

4- نتایج شبیه سازی

در این قسمت می خواهیم نتایج شبیه سازی مبدل مورد نظر را ارائه دهیم. پارامترهای مبدل شبیه سازی شده به شرح زیر است:

ولتاژ منبع: $V_s = 20(V)$

فرکانس کلیدزنی: $F_{sw} = 131.25(KHz)$

سلف مدار تشدید: $L_r = 2.58(\mu H)$

خازن مدار تشدید: $C_r = 0.568(\mu F)$

جریان بار: $I_o = 7.5(A)$

با توجه به پارامترهای فوق، بازه های زمانی مختلف مدار بصورت زیر خواهد بود:

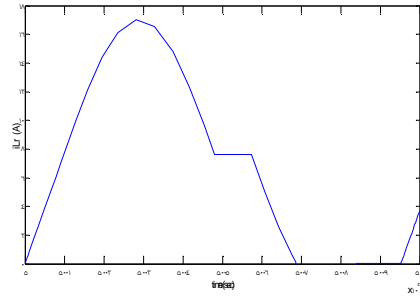
$$t_1 = t_1 - t_o = 0.9675(\mu s)$$

$$t_2 = t_2 - t_1 = 3.8(\mu s)$$

$$t_3 = t_3 - t_2 = 0.9675(\mu s)$$

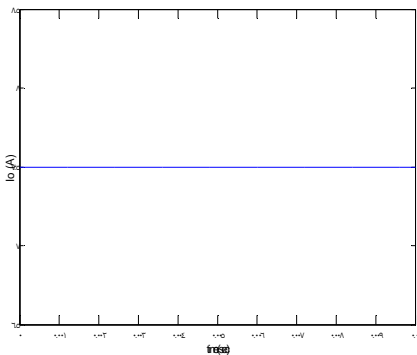
$$t_4 = t_4 - t_3 = 1.12(\mu s)$$

گردد و با قطع شدن دیود Da ، ولتاژ خازن روی مقدار $2V_s$ ثابت باقی می ماند. در لحظه t_3 و با وصل شدن سوئیچ کمکی، مجددا مدار تشدید اتفاق افتاده و ولتاژ خازن بصورت سینوسی تغییر می کند. در لحظه t_4 جریان سلف به صفر رسیده و سوئیچ اصلی تحت جریان صفر (ZCS) خاموش می گردد و جریان ثابت بار باعث دشارژ خطی ولتاژ خازن می گردد. در لحظه t_5 ، ولتاژ خازن به صفر می رسد.



شکل (9) شکل موج جریان سلف تشدید

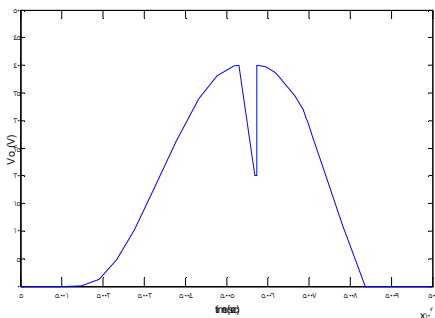
شکل موج جریان بار بصورت زیر خواهد بود:



شکل (11) شکل موج جریان بار

همانطور که مشاهده می شود، جریان بار ثابت و برابر $7/5$ آمپر در نظر گرفته شده است.

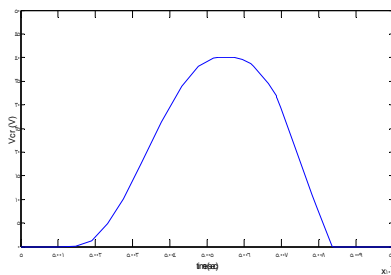
شکل موج ولتاژ خروجی بصورت زیر خواهد بود:



شکل (12) شکل موج ولتاژ خروجی

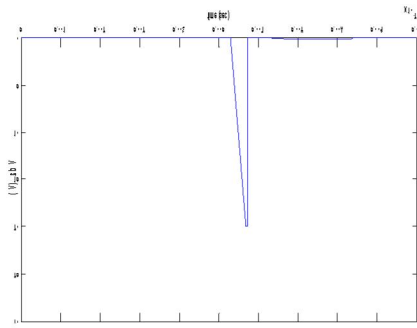
همانطور که در این شکل مشاهده می شود، در بازه زمانی t_1 و وصل شدن سوئیچ اصلی، دیود هرزگرد هدایت نموده و ولتاژ خروجی، صفر است. در لحظه t_1 ،

همانطور که در این شکل مشاهده می شود، در بازه زمانی t_1 و وصل شده سوئیچ اصلی، جریان سلف بصورت خطی افزایش می یابد. در لحظه t_1 ، جریان سلف با جریان بار برابر می گردد و مدار تشدید اتفاق می افتد و جریان سلف بصورت سینوسی تغییر می کند. در لحظه t_2 ، جریان سلف با جریان بار برابر می گردد. در لحظه t_2 مجددا مدار تشدید اتفاق افتاده و جریان سلف بصورت سینوسی تغییر می کند. در لحظه t_4 جریان سلف به صفر رسیده و سوئیچ اصلی تحت جریان صفر (ZCS) خاموش می گردد. شکل موج ولتاژ خازن تشدید بصورت زیر خواهد بود:



شکل (10) شکل موج ولتاژ خازن تشدید

همانطور که در این شکل مشاهده می شود، در بازه زمانی t_1 و وصل شدن سوئیچ اصلی، دیود هرزگرد هدایت نموده و ولتاژ خازن تشدید صفر است. در لحظه t_1 ، جریان سلف با جریان بار برابر می گردد و با قطع شدن دیود هرزگرد و وصل شدن دیود سوئیچ کمکی (Da)، مدار تشدید اتفاق می افتد و ولتاژ خازن بصورت سینوسی تغییر می کند. در لحظه t_2 ، جریان سلف با جریان بار برابر می



شکل (14) ولتاژ دو سر سوئیچ کمکی

همانطور که در این شکل مشاهده می شود، تا لحظه t_1 که دیود هرزگرد هدایت می کند و تا لحظه t_2 که دیود Da هدایت می کند، ولتاژ دو سر سوئیچ کمکی صفر است. با قطع شدن دیود Da ، ولتاژ دو سر سوئیچ کمکی با ولتاژ منبع برابر خواهد شد. در لحظه t_3 ، سوئیچ کمکی وصل شده و ولتاژ آن صفر خواهد شد.

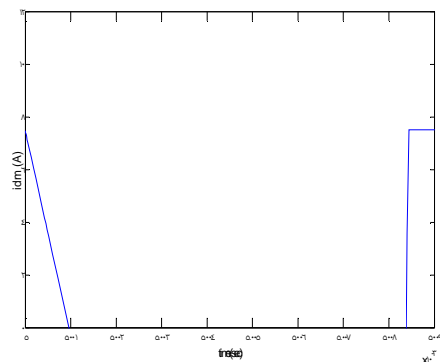
5- نتیجه گیری :

این مقاله یک مبدل جدید buck dc-dc سوئیچینگ صفر - جریان ارائه کرده است. ساختار مدار نسبت به دیگر مکانیسم های کنترل که به تعداد زیادی از اجزاء و بخش ها نیاز دارد ساده تر و ارزان تر می باشد. هر دو سوئیچ اصلی و کمکی با ZCS در طول مدت شارژ به کار انداخته می شود. در نتیجه می توان از ساختار مدار مطرح شده برای کاهش افت سوئیچینگ در سوئیچ های فعال استفاده کرد و یک شارژر باتری با نیروی موثر بدست می آید. توپولوژی این مبدل Zcs buck جدید پر بازده یک حق انتخاب را برای طراحان شارژر باتری فراهم می کند تا انرژی قابل تجدید را بطور موثر و پر بازده تبدیل کنند و می توان آنرا به آسانی به شرایط دیگر سیستم ها تبدیل نیرو بسط داد. شارژر مطرح شده عملکرد رضایت بخشی را با هزینه پایین تر بدست می آورد که این بواسطه تعداد کوچک اجزاء و بخش ها می باشد. بنابراین توپولوژی جدید Zcs buck یک راه حل با

جریان سلف با جریان بار برابر می گردد و با قطع شدن دیود هرزگرد و وصل شدن دیود سوئیچ کمکی (Da)، ولتاژ خروجی با ولتاژ خازن برابر می گردد. در لحظه t_2 ، جریان سلف با جریان بار برابر می گردد و با قطع شدن دیود Da ، ولتاژ خروجی با ولتاژ منبع برابر خواهد شد. در لحظه t_3 و با وصل شدن سوئیچ کمکی، مجددا مدار تشدید اتفاق افتاده و ولتاژ خازن با ولتاژ خروجی برابر می گردد. در لحظه t_4 ، جریان سلف به صفر رسیده و سوئیچ اصلی تحت جریان صفر (ZCS) خاموش می گردد و جریان ثابت بار باعث دشارژر خطی ولتاژ خازن می گردد و ولتاژ خازن با ولتاژ خروجی برابر خواهد بود. در لحظه t_5 ، ولتاژ خازن به صفر می رسد و ولتاژ خروجی نیز صفر می گردد.

شکل موج جریان دیود هرزگرد بصورت زیر خواهد

بود:



شکل (13) شکل موج جریان دیود هرزگرد

همانطور که در این شکل مشاهده می شود، در بازه زمانی t_1 و وصل شدن سوئیچ اصلی، دیود هرزگرد هدایت نموده و جریان آن از تفاضل جریان سلف و جریان بار حاصل خواهد شد. در لحظه t_1 ، جریان سلف با جریان بار برابر می گردد و با قطع شدن دیود هرزگرد جریان آن صفر می گردد. جریان دیود هرزگرد تا لحظه t_2 صفر باقی مانده و در این لحظه تا انتهای سیکل که قرار است سوئیچ اصلی وصل شود، جریان بار را از خود عبور خواهد داد.

ولتاژ دو سر سوئیچ کمکی بصورت زیر خواهد بود:

ارزشی را برای کاربردهای آتی شارژر باطری فراهم می کند.

منابع:

[۵] Chuang Y.C., A novel high efficiency battery charger with a buck zvs resonant converter, IEEE Trans, Energy convers. Vo ۱۲۲, NO. ۴, ۲۰۰۷

[۶] Adib E., Farzanehfard H., Family of Soft-Switching PWM Converters With Current Sharing in Switches, IEEE Trans. Power Electron, VOL. ۲۴, NO. ۴, APRIL ۲۰۰۹.

[۷] Adib E., Farzanehfard H., New zero voltage switching PWM flyback converter, 1st Power Electronic & Drive Systems & Technologies Conference.

[۸] Adib E., Farzanehfard H., Family of zero current zero voltage transition PWM converters, Inst. Eng. Technol. Power Electron., vol. ۱, no. ۲, pp. ۲۱۴ – ۲۲۳, ۲۰۰۸.

[۱] Zhou S., A high efficiency soft switching dc-dc converter with adaptive current ripple control, IEEE Trans. Circuit Syst, vol ۵۳, NO. ۴, ۲۰۰۶.

[۲] Chuang Y., Implementation and analysis of an improved series-loaded resonant dc-dc converter, IEEE Trans. Ind. Appl, vol-۴۵, no. ۳, ۲۰۰۹.

[۳] Abe H., Noncontact charger using a resonant converter with parallel capacitor of the secondary coil, IEEE Trans. Ind. Appl, vol. ۳۶, NO. ۲, ۲۰۰۰

[۴] Poon N. K., A constant power battery charger with soft switching and pfc, IEEE Trans. Power. Elec. Vo ۱۱۸, NO. ۶, ۲۰۰۰.