

طراحی و ساخت یک مبدل افزایشنده جدید با کلیدزنی ولتاژ صفر برای سوئیچ اصلی و جریان صفر

برای سوئیچ کمکی

فاطمه روزخوش^۱، ابراهیم برزآبادی^۲، مجید دلشاد^۳

^۱ گروه برق دانشگاه آزاد واحد نجف آباد، ایران، اصفهان، نجف آباد، f.roozkhosh@yahoo.com

^۲ استادیار گروه برق دانشگاه آزاد واحد نجف آباد، ایران، اصفهان، نجف آباد، Delshad.majid@gmail.com

^۳ استاد یار گروه برق دانشگاه آزاد واحد خوراسگان، borzabadi.ebrahim@gmail.com

چکیده - در این مقاله جهت یک مطالعه تحقیقاتی و عملی، تکنیک استفاده از یک مدار کمکی جهت کاهش تلفات و استرس بر روی سوئیچ - یک افزایشنده مورد مطالعه قرار گرفته است و تلاش خواهد شد، مدار کمکی برای ایجاد شرایط سوئیچینگ نرم در مبدل افزایشنده به گونه ای طراحی گردد که بتوان با کاهش المان های مورد استفاده در مدار کمکی، شرایط حاکم بر مدار (استرس ولتاژ و جریان سوئیچ اصلی) را بهبود داده و علاوه بر این انرژی مدار کمکی به نحو مناسبی به خروجی منتقل گردد. این مبدل از لحاظ آرایش مداری و نحوه عملکرد کاملاً جدید است و سعی می گردد که مدار کمکی پیشنهاد شده دارای کمترین المان باشد و علاوه بر ایجاد شرایط کلید زنی نرم قابلیت کاهش استرس روی سوئیچ ها نیز داشته باشد.

کلید واژه - مبدل افزایشنده، سوئیچینگ نرم، شبکه رزونانسی LC

مقدمه

انرژی قرار دارد و سوئیچینگ در لحظاتی که ولتاژ یا جریان سوئیچ ها از صفر عبور می کنند انجام می شود. یک شبکه رزونانسی LC سری، می تواند شرایط سوئیچینگ تحت ولتاژ صفر (ZVS) را فراهم کند.

برای جلوگیری از برق گرفتگی و نیز افزایش راندمان از ترانسفورمر استفاده می شود. مبدل های سوئیچینگ ایزوله اغلب از ساختارهای غیر ایزوله اشتقاق می شوند.

از آنجایی که مبدل های DC-DC سوئیچینگ نرم کاربردهای زیادی در دستگاه های الکترونیکی و مخابراتی و... پیدا کرده اند، تحقیقات زیادی صورت گرفته تا تکنیک های سوئیچینگ نرم در این مبدل ها توسعه یابد و مبدل ها دارای مدار کنترلی ساده

ایده منابع تغذیه سوئیچینگ در سال ۱۹۷۰ توسط مهندسان الکترونیک مطرح گردید که در ابتدای امر از بازدهی پایینی برخوردار بود ولی در مقایسه با باتریها و منابع تغذیه آنالوگ وزن و حجم کوچکتر ولی در عین حال توان بالایی داشتند.

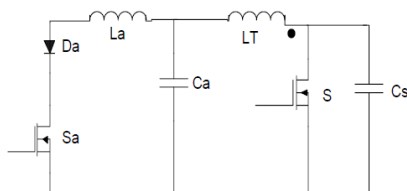
مبدل های سوئیچینگ به طور گسترده برای تبدیل توان-DC DC استفاده می شوند. تکنیک های سوئیچینگ نرم به منظور کاهش تلفات سوئیچینگ و تداخلات الکترومغناطیسی (EMI) مورد استفاده قرار می گیرند. افزایش فرکانس باعث افزایش توان، کاهش وزن و حجم مبدل می گردد.

مبدل های رزونانسی خانواده ای از مبدل های سوئیچینگ نرم هستند که در آن ها تانک رزونانس مستقیماً در مسیر جریان

حفظ می گردد علاوه بر آن تانک LC ، ولتاژ و جریان سوئیچ ها را شکل دهی می کند [4] .
 افزایش فرکانس سوئیچینگ در مبدل شبه رزونانسی می کند و از آنجا که استرس ولتاژ متناسب با رنج بار است مشکل است که ZVS QRC را با تنوع بار وسیع انجام دهیم . [3],[4]
 مبدل های رزونانسی نخستین رده از مبدل های سوئیچینگ نرم هستند که در این مبدلها مدارات رزونانس جهت ایجاد شرایط سوئیچینگ نرم استفاده می شود به گونه ای که جریان و یا ولتاژ کلیدها سینوسی شکل باشد [1],[2]. برخلاف مبدل های PWM که فرکانس سوئیچینگ ثابت است و با تغییر سیکل رزونانسی فرکانس سوئیچینگ متغیر است و بهره را کنترل می کند .

اصول عملکرد و ساختار مبدل

مبدل افزایشنده رزونانسی پیشنهادی از یک سلول سوئیچ سوئیچینگ نرم استفاده شده است و دارای یک سوئیچ کمکی M1 و سوئیچ اصلی M2 می باشد. در سلول پیشنهادی خازن اسنابر Cs برای ZVS خاموش شدن سوئیچ اصلی به کار برده می شود زیرا خازن با تغییرات لحظه ای ولتاژ مخالفت می کند . همچنین خازن و سلف رزونانسی در مدار کمکی شرایط ZVS را برای روشن شدن سوئیچ اصلی فراهم می کند . سلف رزونانسی سری با سوئیچ کمکی دارای جریان اولیه ی صفر می باشد در نتیجه سوئیچ کمکی تحت ZCS روشن می شود. در این مبدل بین سلف های L2 و L3 رابطه ی تزویج وجود دارد. در شکل (۱) تصویر سلول سوئیچ پیشنهادی مشاهده می شود.



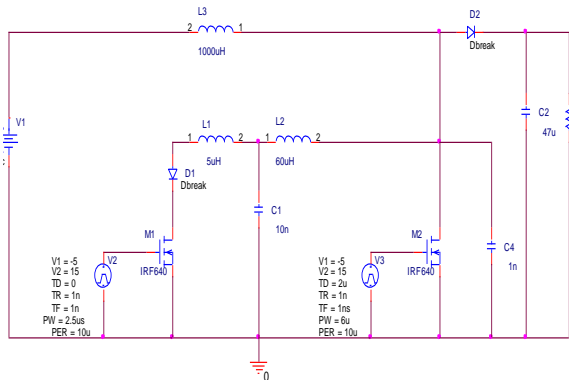
شکل ۱. سلول سوئیچ پیشنهادی

سرعت افزایش جریان در مدار کمکی به L1 بستگی دارد. مقادیر بزرگتر آن طول بازه رزونانسی را افزایش می دهد.

تری باشند . در نتیجه مبدل های DC-DC PWM به دلیل داشتن این مشخصات در صنعت مورد توجه قرار گرفته اند.
 تکنیک های سوئیچینگ نرم، راه حل مناسبی برای کاهش تلفات سوئیچینگ می باشند. در این مدارها یک مدار کمکی متشکل از یک سوئیچ کمکی و المانهای رزونانس اضافه می گردند که شرایط سوئیچینگ را برای سوئیچ اصلی در لحظه سوئیچینگ فراهم می کنند. بنابراین این مبدلها نسبت به مبدل های PWM معمولی برتری دارند که همان بازدهی بالا و تداخلات الکترومغناطیسی کم می باشد که این امر نتیجه سوئیچینگ نرم است. در تکنیک انتقال ولتاژ صفر و کلمپ اکتیو، انرژی نشتی القایی توسط خازن اسنابر یا خازن کلمپ جذب می شود ولی در تکنیک انتقال جریان صفر جریان نشتی القایی صفر می شود و سپس سوئیچها خاموش می شوند که این موضوع، برتری روش انتقال جریان صفر نسبت به دیگر روش های معرفی شده می باشد. مبدل های انتقال جریان صفر زیادی تاکنون معرفی شده اند اما هر یک از آنها از معایبی از جمله تعداد زیاد نیمه هادی های اضافه شده به مدار، بالا بودن استرس ولتاژ روی سوئیچها و روشن و خاموش نشدن بعضی سوئیچ ها تحت سوئیچینگ نرم رنج می برند. مبدل های مدولاسیون پهنای پالس (PWM) با قطع توان کنترل می شوند و رگولاسیون مناسب با کنترل سیکل تحت جریان صفر (ZCS QRC) به خاطر تلفات روشن شدن خازنی مشکل است . مبدل شبه رزونانسی تحت ولتاژ صفر (ZVS QRC) بر این محدودیت غلبه می کند اما استرس ولتاژ زیادی را تحمل وظیفه (Duty Cycle) بدست می آید. مبدل های سوئیچینگ که با تکنیک مدولاسیون پهنای پالس (PWM) کار می کنند دارای معایبی از جمله استرس بالا روی سوئیچ ها در اثر وجود پالس مربعی در کنترل سوئیچ ها هستند ، که باعث کاهش فرکانس سوئیچینگ و تولید تداخلات الکترو مغناطیسی و راندمان کمتر می شود. برای غلبه بر این مشکلات از مبدل های شبه رزونانسی و رزونانسی استفاده می شود [1] و [4]-[3].

با اضافه کردن یک شبکه LC رزونانسی به مبدل مدولاسیون پهنای پالس ، مبدل های شبه رزونانسی حاصل می شوند. قاعده پردازش توان در PWM در مبدل شبه رزونانسی (QRC) هم

۲۰۲۱ آبان ماه ۱۳۹۴ - دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)



شکل ۲. مبدل افزایش دهنده پیشنهادی

در این مبدل افزایش فرکانس سوئیچینگ، چگالی توان و راندمان از اهداف ما می باشد و به نظر می رسد با مدار کمکی پیشنهادی راندمان مبدل افزایش بیشتری داشته باشد و با کاهش تعداد المان های کمکی مبدل تلفات هدایتی مبدل کاهش یابد.

برای ساده سازی آنالیز مبدل، فرضیات زیر در نظر گرفته می شود:

۱. تمامی سوئیچ ها، دیود ها، خازن ها و سلف ها ایده آل هستند.

۲. ولتاژ ورودی در یک سیکل سوئیچینگ ثابت و برابر V_{in} فرض شده است.

۳. خازن خروجی به اندازه کافی بزرگ در نظر گرفته می شود که سبب می شود ولتاژ خروجی در یک سیکل ثابت و برابر V_o باشد.

نتایج تجربی

مبدل پیشنهادی توسط نرم افزار شبیه سازی $pspice$ ، شبیه سازی شده و نتایج آن در شکل های زیر آورده شده است. مقادیر پیشنهادی در شبیه سازی برای رسیدن به نتایج مطلوب در شکل (۲) مشخص شده اند با ولتاژ ورودی $V_{in} = 24V$.

بازه رزونانسی توسط مقادیر $L1$ و $C1$ تعیین می شود. این بازه باید تا حد ممکن کوچک باشد که تلفات رسانایی را در سوئیچ کمکی به حداقل برساند. مقادیر $L1$ و $C1$ بر اساس رابطه زیر محاسبه می شود:

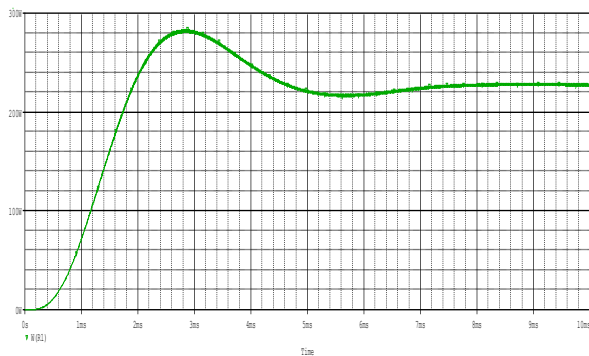
$$\frac{\pi}{2} \sqrt{L1C1} = (5 \text{ to } 10) \% \text{ of } T_{on}(\text{MAX})$$

سوئیچ کمکی باید دارای ظرفیت خازنی کوچک باشد تا تلفات دشارژ مربوط به خازن پارازیتی سوئیچ کاهش یابد. انتخاب خازن اسنابر $C4$ به توان خروجی و سرعت خاموش روشن شدن سوئیچ اصلی وابسته است. خازن اسنابر شرایط ZVS را برای لحظه خاموش شدن سوئیچ اصلی فراهم می کند و مقدار آن می تواند به صورت زیر انتخاب شود:

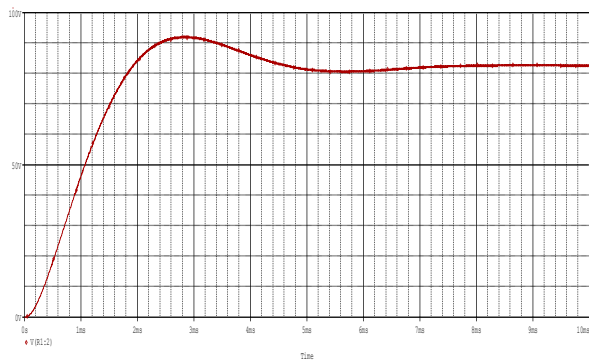
$$C_{s, \min} = \frac{I_{sw} T_r}{2V_{sw}}$$

که T_r زمان نزول جریان سوئیچ می باشد. I_{sw} جریان سوئیچ قبل از خاموش شدن و V_{sw} ولتاژ سوئیچ بعد از خاموش شدن می باشد.

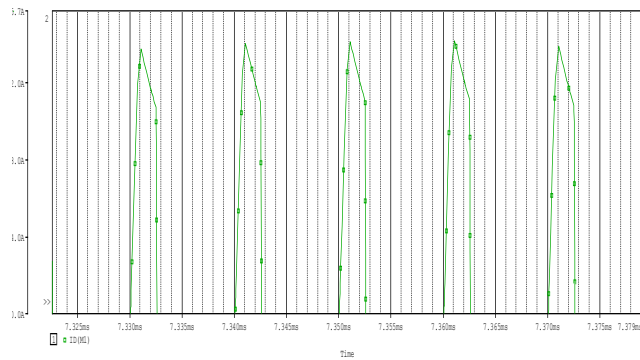
شکل (۲) مبدل افزایش دهنده را نشان می دهد که از این سلول کمکی برای ایجاد شرایط سوئیچینگ نرم و جهت کاهش تلفات و استرس بر روی سوئیچ استفاده می کند.



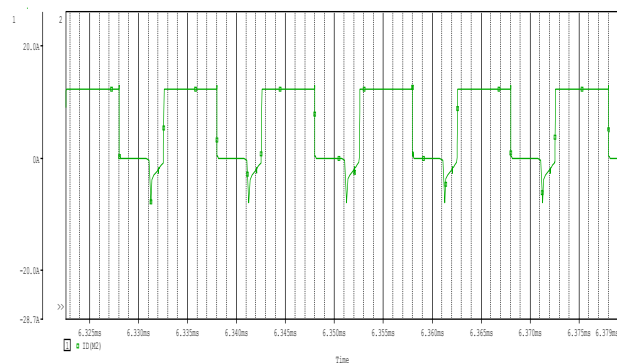
شکل ۵. توان خروجی مبدل پیشنهادی



شکل ۶. ولتاژ خروجی مبدل پیشنهادی



شکل ۳. جریان سویچ کمکی M1



شکل ۴. جریان سویچ اصلی M2

نتیجه گیری

در این مقاله جهت یک مطالعه تحقیقاتی و عملی، تکنیک استفاده از یک مدار کمکی جهت کاهش تلفات و استرس بر روی سوئیچ یک افزایشنده مورد مطالعه قرار گرفت و تلاش شد که مدار کمکی برای ایجاد شرایط سوئیچینگ نرم در مبدل افزایشنده به گونه‌ای طراحی گردد که بتواند با کاهش المان‌های مورد استفاده

در آن ، شرایط حاکم بر مدار (استرس ولتاژ و جریان سوئیچ اصلی) را بهبود داده و علاوه بر این انرژی مدار کمکی به نحو مناسبی به خروجی منتقل گردد . این مبدل از لحاظ آرایش مداری و نحوه عملکرد کاملاً جدید است و سعی می گردد که مدار کمکی پیشنهاد شده دارای کمترین المان باشد و علاوه بر ایجاد شرایط کلید زنی نرم قابلیت کاهش استرس روی سوئیچ ها نیز داشته باشد .

مراجع

- [1] N. Mohan, T. M. Undeland, and W. P. Robbins, Power Electronics: Converters, Applications, and Design, 3rd ed. New York: Wiley, 2002
- [2] M. Jabbari and H. Farzanehfard, " Unified Analysis Of Switched-Resonator Converters", IEEE Trans. Power Electron., vol. 26, no. 5, MAY2011 .pp 1364-1376.
- [3] M. Jabbari , H. Farzanehfard, and Gh. Shahgholian " Isolated Topologies of Switched-Resonator Converters", Journal of Power Electronics, Vol. 10, No. 2, March 2010. PP 1-7
- [4] K.H LIU, R. ORUGANTI, AND F.C.Y. LEE " Quasi-Resonant Converters Topologies and Characteristics" IEEE Trans. Power Electron., vol. PE-2, no.1 , JAN1987 .pp 62-71.