

مبدل زتا با تکنیک کلید زنی نرم با کنترل pwm (مدولاسیون پهنای باند) نامتقارن

احمد محمدشریفی^۱، مجید دلشاد^۲

^۱دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)، ahmadsharefi87@yahoo.com

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

چکیده - در این مقاله به معرفی مبدل جدیدی از نوع زتا کلیدزنی نرم با کنترل PWM نامتقارن پرداخته شده است. این مبدل زتا ویژه گی های عملکرد فرکانس ثابت، سویچینگ ولتاژ صفر (ZVS) و فشار ولتاژ پایین روی کلیدهای (سویچ ها) فعال را دارد. به علاوه می تواند به چگالی توان بالا، کارایی و راندمان بالا، افت سویچینگ پایین و شمارش جریان های ضربه ای کم برسد. که در این حالت عملکرد مبدل را در سطح پایین به سطح متوسطی از سطح توان می رساند. در این مقاله اصول عملکرد مبدل زتا بطور جزئی و دقیق بیان شده است و یک نمونه ی به خصوصی از آن در جهت نشان دادن عملکردش ارائه شده است. تعداد کلمات این چکیده ۱۱۱ است.

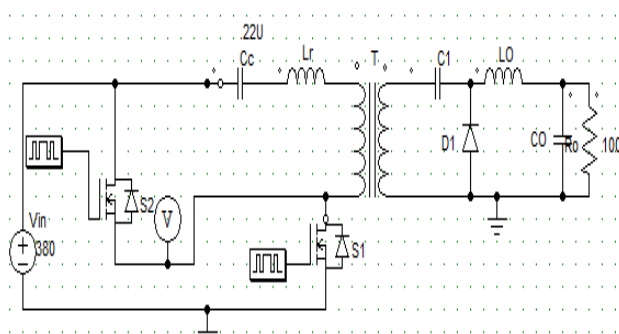
کلید واژه- مبدل زتا، کاهنده، pwm

مبدل های کلید زنی نرم با کنترل PWM نامتقارن [9]-[10] ارایه شده است که به طرز به خصوصی جذاب هستند. زیرا توپولوژی های تشدید با افت سویچینگ نزدیک به صفر، فشار کم روی سویچینگ ها و شمارش ضربه ی پایین و عملکرد فرکانس ثابت همراه است. در این مقاله به ارایه مبدل جدیدی از نوع کلید زنی نرم با PWM نامتقارن پرداخته است که در شکل شماره ۱ نشان داده شده است.

۱- مقدمه

به منظور برآورده کردن هرگونه ملزوماتی برای اجزا و قطعات با اندازه کوچک و وزن سبک در مخابرات و سیستم های کامپیوتری، روشی برای عملکرد منبع تغذیه ی چنین سیستم هایی با فرکانس سویچینگ بالا وجود دارد. هنگامی که فرکانس افزایش می یابد، افت سویچینگ، فشار و اختلالاتی که با روشن و خاموش شدن دستگاه در ارتباط هستند نیر بالا میرود. این مشکلات و موانع میزان کارایی، راندمان، تبدیل توان، عملکرد توان را کاهش می دهد و بطور جدی در جهت تضعیف عملکرد سیستم نقش دارد.

به منظور رفع مشکلاتی که در بالا ذکر شد نمونه ای از توپولوژی مبدل PWM کلیدزنی نرم [9]-[10] ارائه شده است که می تواند تلفات سویچینگ همچنین اختلالات EMI را کم کند و میتواند در فرکانس سویچینگ ثابت و همراه با یک طرح کنترل ساده ای فعال شود. اگرچه این مبدل های PWM کلید زنی نرم با فرکانس ثابت می تواند در فرکانس ها با میزان بالا نیز فعال شوند. ولی اجرای این عملیات مستلزم مداری پیچیده می باشد. که منجر به ایجاد چگالی توان پایین در عملیات هایی با سطح توان پایین تا متوسط می شود.



شکل ۱: مبدل زتا با تکنیک PWM کلید زنی نرم نامتقارن

ویژه گی های مهم این مبدل در زیر آمده است:

- فشار ولتاژ هر سویچ به طرز محکمی به ولتاژ ورودی کلمپ شده است که امکان به کارگیری ماسفت ها را با عملکرد ولتاژ

مد اول $[t_0 < t < t_1]$:

هنگامیکه کلید S1 خاموش است، فاصله زمانی t_0-t_1 شروع می‌شود. مدار همسان(مساوی) در این فاصله زمانی جریانی که از طریق کلید S1 وجود دارد به ترتیب توسط خازن های سویچ بدنه S1 و S2 عبور می‌کنند تا به ولتاژ صفر (ZVT) برسند. ولتاژ خازن بدنه S1 به سمت V_{in} افزایش خواهد یافت. هنگامیکه ولتاژ سویچ بدنه S2 به V_{in} می‌رسد و VCB به سمت صفر کاهش می‌یابد، دیود بدنه کلید S2 هدایت می‌شود، VCA به ولتاژ ورودی V_{in} کلمپ می‌شود و ZVS برای S2 بوجود می‌آید.

مد دوم $[t_1 < t < t_2]$:

در این روش سیگنال های گیت(سیگنال های عبوری) V_{GS2} به سمت دریچه کلید S2 میروند و در آنجا اجرا می‌شوند. جریان تشدید از طریق دیود بدنه DB، به کلید S2 منتقل می‌شود. هائز اهمیت است که هنگام روشن شدن کلید S2، دیود بدنه ی آن رسانا شده باشد. چرا که روشن شدن کلید S2 با ZVS همراه است. زیرا فرکانس های تشدید که از طریق خازن های کلمپ C_c و ضریب خود القایی اولیه $(m+Lr)$ تعیین شده اند، کمتر از فرکانس کلید زنی می‌باشد. ولتاژ کل خازن C_c در طی کلید زنی تغییر بخصوصی نخواهد داشت و به سطح ثابتی از DV_{in} خواهد رسید.

هنگامیکه جریان تشدید مدار کلمپ به سمت صفر کاهش پیدا می‌کند، میتواند انرژی برگشتی را به سیم پیچ اولیه که در القاگر های نشتی و مغناطیسی ذخیره شده اند، انتقال دهد. در طرف دوم، چوک خروجی L_0 و خازن C_0 به تامین انرژی بار خواهند پرداخت تا یکسو کننده ی D_1 آزادانه حرکت کند. این نوع روش توپولوژی موقعی تکمیل می‌شود که S2 خاموش باشد

مد سوم $[t_2 < t < t_3]$:

در زمان t_2 کلید S2 با ZVT خاموش می‌باشد زیرا خازن CB و جریان معکوس در القاگرهای نشتی و مغناطیسی به سمت خازن های CA و CB منتقل می‌شود که باعث تخلیه بار CA و شارژ CB میشود تا فرصت ZVS را برای کلید S1 فراهم کند. به منظور رسیدن به ZVS روشن شدن کلید S1، خازن های CA

پایین فراهم می‌کند که منجر به کاهش افت رسانش الکتریکی می‌شود.

● ویژگی های ZVS هر کلید ممکن است منجر به کارایی بالا و فرکانس بالا شود.

● هیچگونه تنظیم مجدد برای سیم پیچ ها یا مدار کلمپ اتلافی مرتبط با ترانسفورماتور مورد نیاز نیست. زیرا خازن تشدید از عبور هر گونه جریان dc از سیم پیچ اولیه جلوگیری می‌کند.

۲- عملکرد مدار

شکل شماره ۱ عملکرد مبدل زتا کلیدزنی نرم را با استفاده از دو کلید فعال نشان میدهد که می‌توان از طریق آن به ویژگی های ZVC رسید. هنگامیکه دو کلید S1 و S2 بطوریکه مکمل همدیگر هستند، خاموش و روشن می‌شوند، منجر به کلیدزنی نامتقارن می‌شود. ضریب ثابت دیوتی سایکل از S1 و S2 به ترتیب D و 1-D می‌باشد.

به منظور ساده کردن آنالیز عملیات مدار با وضعیت پایدار (طبق شکل ۱)، فرضیه هایی مرتبط با سیکل سویچینگ عملیات ارایه شده است که در زیر آمده است:

● خازن های کلمپ C_c به اندازه کافی بزرگ هستند از این رو هنگامیکه ضریب یا نسبت ثابت کلید S1، D، است، ولتاژ ثابت هست و یا برابر با DV_{in} می‌باشد.

● خازنهای C_1 و C_0 به اندازه کافی بزرگ هستند از این رو میزان ولتاژها ثابت می‌باشد.

● ضریب القای مغناطیسی L_m به اندازه کافی بزرگ می‌باشد در نتیجه میزان I_m ثابت می‌باشد.

● ضریب القایی خروجی L_0 از ضریب القایی تشدید L_r بزرگتر است و جریان در L_0 به طور مداوم ادامه دارد.

این مبدل دارای چهار مد عملکردی است که به شرح آنها می‌پردازیم:

باید قبل از روشن شدن S1 به طور کامل تخلیه شوند. در این بازه زمانی کلید S2 خاموش است.

۳ - روابط مدار

۳-۱- المانهای مدار :

$$C1 = \frac{D}{R_{o \min} * F_s (\Delta V_{c1} / V_o)} \quad (1)$$

$$C_r = \frac{8}{3} C_{oss} + C_{tr} \quad (2)$$

$$L_r \Big|_{s1} \geq \frac{C_r \cdot V_{in}^2 (1-D)^2}{(I_{s1 \max})^2} \quad (3)$$

۳-۲- بهره مبدل :

$$\frac{V_o}{V_{in}} = \left(\frac{N_{s1}}{N_p} + \frac{N_{s2}}{N_p} \right) D(1-D)$$

$$N_{s1} = N_{s2} = N_s$$

$$\frac{V_o}{V_{in}} = \frac{D(1-D)}{N}$$

$$\frac{V_o}{V_{in}} = \frac{D}{N}$$

۳-۳- طراحی ترانس :

$$n = \frac{D \cdot V_{in}}{V_o} = 7$$

$$V_p = \frac{D \cdot V_{in} \cdot T_s}{A_c \Delta B} = \frac{n V_o \cdot T_s}{A_c \Delta B}$$

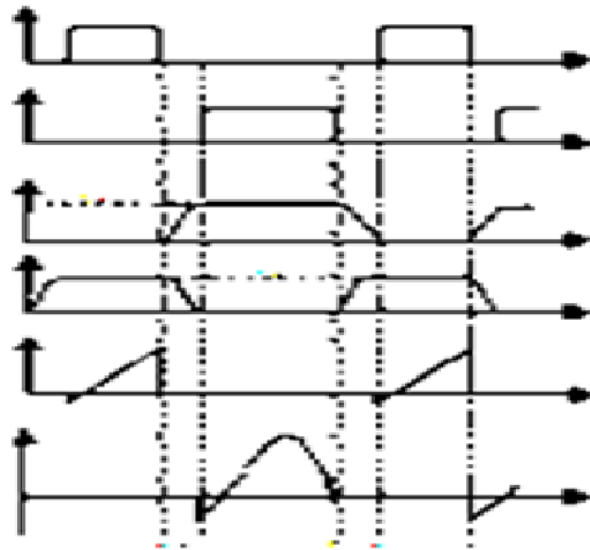
۴ - نتایج آزمایشگاهی :

به منظور بررسی و ارزیابی عملکرد مبدل پیشنهادی، با استفاده از اجزای زیر، یک مبدل dc/dc اولیه 60W (20V/3A) برای ولتاژ ورودی به میزان 380VDC ساخته شد:

$V_{in}=380VDC$ $V_o=20VDC$
 $S2: IRF840 A$ $C1=100\mu F / 50V, S1$
 $C_c=.22\mu F / 250V$ $L_o=180\mu H$
 $C_o=470\mu F / 35V$ $L_r=20\mu H$
 $5T.N_p=35T.T_i=Philips EQ30$
 $F_s=90KHZ$

مد چهارم [t3 < t < t4] :

در زمان t3, کلید S1 در شذایط ولتاژ صفر فعال می شود و جریان تشدید از منبع ورودی بواسطه ی خازن های کلمپ و سیم پیچ اولیه گردش پیدا می کند. این جریان تشدید بصورت خطی افزایش پیدا می کند و سیم پیچ اولیه را شارژ می کند. در طی این بازه زمانی, جریان در سیم پیچ ثانویه نیز بوجود خواهد آمد از طریق آن دیود D1 جابه جا نمی شود و انتقال انرژی به خروجی از طریق خازن C1 و القاگر L0 تامین می شود. در زمان t4, کلید S1 به دلیل کنترل PWM و تکمیل زمان سیکل سوئیچینگ, خاموش می باشد.

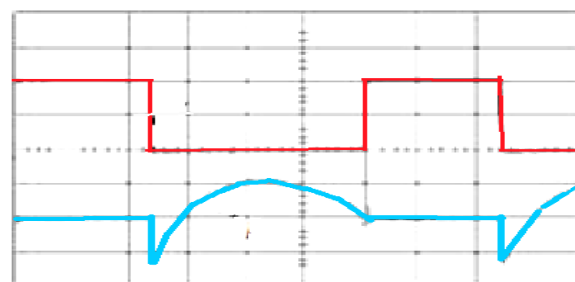


مراجع :

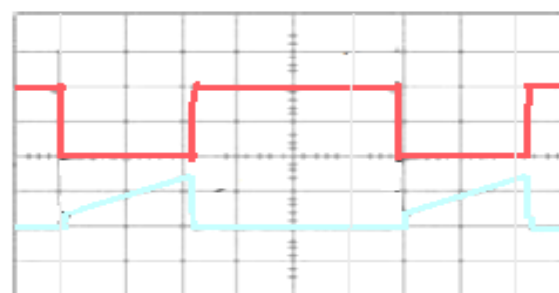
- [1] G. Hua and F. C. Lee, "Soft-switching Techniques in PWM Converters," *IEEE Trans. on Industrial Electronics*, Vol. 42, No. 6, Dec. 1995, pp. 595-603.
- [2] K. H. Liu and F. C. Lee, "Zero -Voltage Switching Technique in DC-DC Converter," *Proceeding of the Power Electronics Specialists Conference*, 1986, pp. 58-70.
- [3] G. Hua, E. X. Yang, Y. Jiang and F. C. Lee, "Novel Zero-Current-Transition PWM Converters," *Proceeding of the Power Electronics Specialists Conference*, 1993, pp. 538-544.
- [4] I. Batarsech and C. Q. Lee, "Steady-State Analysis of the Parallel Resonant Converter with LLC type Commutation network," *IEEE Trans. on Power Electronics*, July 1991, pp. 526-538.
- [5] R. Liu and C. Q. Lee, "Series Resonant Converter with Third Order Commutation Network," *IEEE Trans. on Industrial Electronics*, May 1984, pp. 181-191.
- [6] R. Redl, B. Molnar and N. O. Sokal, "Class E Resonant Regulated DC/DC Power Converter: Analysis of Operation and Experimental Results at 1.5 MHz," *IEEE Trans. on Power Electronics*, Vol. 1, No. 2, Apr. 1986, pp. 111-120.
- [7] K. H. Liu, R. Oruganti and F. C. Lee, "Quasi-Resonant Converters Topologies and Characteristics," *IEEE Trans. on Power Electronics*, Vol. 2, 1987, pp. 62-74.
- [8] W. A. Tabisz and F. C. Lee, "Zero -Voltage-Switching Multi-Resonant Technique-A Novel Approach to Improve Performance of High-Frequency Quasi-Resonant Converters," *Proceeding of the Power Electronics Specialists Conference*, 1988, pp. 9-17.
- [9] G. Hua and F. C. Lee, "Soft Switching techniques in PWM Converters," *IEEE Trans. on Industrial Electronics*, Vol. 42, No. 6, Dec. 1995, pp. 595-603.
- [10] A. Elasser and D. A. Torry, "Soft Switching Active Snubbers for DC/DC Converters," *IEEE Trans. on Power Electronics*, Vol. 11, No. 5, Sep. 1996, pp. 710-722.
- [11] T. Ninomiya, N. Matsumoto, M. Nakahara and K. Harada, "State and Dynamic and Analysis of ZVS Half-Bridge Converter with PWM Control," *Proceedings of the Power Electronics Specialists Conference*, 1991, pp. 230-237.
- [12] P. Imbertson and N. Mohan, "Asymmetrical Duty Cycle Permits Zero Switching Loss in PWM Circuits with No Conduction Loss Penalty," *IEEE Trans. on Industrial Electronics*, Vol. 29, No. 1, 1993, pp. 121-125.
- [13] S. H. Lim, "Asymmetrical Duty Cycle Flyback Converter," US Patent No. 5,959,850, Sep. 28, 1999.



شکل (۲) شکل امواج ولتاژ گیت برای سوئیچ های S_1 و S_2 .



شکل (۳) امواج ولتاژ تخلیه منبع V_{DS2} و جریان I_{DS2} .



شکل (۴) امواج ولتاژ تخلیه منبع V_{DS1} و جریان I_{DS1} .

۵- نتیجه گیری

در مقاله حاضر، مبدل زتای سوئیچینگ نرم به همراه یک کنترل PWM نامتقارن پیشنهاد شده است. توپولوژی این مبدل، دارای یک مرحله توان و مدار کنترل ساده بوده، و ویژگی های ZVS را نمایش می دهد و در عین حال امکان عملکرد پایدار و با فرکانس بالا را فراهم می کند. اصول عملکرد و تحلیل حالت ثابت آن به طور مفصل شرح داده شده است. طرح کنترل PWM پیشنهادی، به عملکرد مناسب، مانند بسامد سوئیچینگ ثابت، تلفات و صدای سوئیچینگ پایین دست می یابد. نمونه ای آزمایشی ساخته و ارزیابی شده، که به بازدهی % 91.23 در شرایط بار کامل دست می یابد.