پوش پول نوین با سیم پیچ کمکی برای ثبات شکل موج خروجی

کارشناس سعید مقامی
دانشجو دانشگاه گیلان
ساری مسکن جوان ۰۱۵۱۲۲۵۰۹۵۴
۰۱۱۲۵۲۸۰۷۹۱
sama_sanat@yahoo.com

خلاصه

در این مقاله مبدل افزاینده ولتاژ مستقیم به متناوب از نوع پوش پولPOSH-PULL با سیم پیچ کمکی پیشنهاد میشود . این مبدل به دلایلی ازقبیل سادگی و ارزان بودن برای استفاده در مبدلهای کوچک و ارزان به کار گرفته می شود . در زمان خاموشی ترانزیستورهای مبدل تضمینی برای صفر شدن ولتاژ خروجی وجود ندارد . بنابزاین شکل موج خروجی تابعی از وضعیت بار میشود. در نتیجه شکل موج خروجی در این لحضات از مقدار مورد مطلوب انحراف پیدا می کند. که این نقص استفاده از مبدل را برای تولید شکل موج سینوسی با روش SPWM دشوار می سازد. در این مقاله نشان میدهیم چگونه با استفاده از یک سیم پیچ و ترانزیستور کمکی این ایراد بطور قابل ملاحظه ائی کاهش داده می شود .در انتها با یک آزمون عملی این روش صحه گذاری میشود .

کامات کلیدي: PUSH- PULL CONVERTER

۱-مقدمه

مبدل افزاینده ولتاژ مستقیم به متناوب از نوع پوش پول POSH-PULL به دلایلی ازقبیل تعداد نیمه هادی کمتر، سادگی و راندمان نسبتاًمناسب ، ساده بودن مدارفرمان راه انداز , برای استفاده در مبدلهای ولتاژ مستقیم به متناوب کوچک و ارزان به کار گرفته می شود [۱] [۲]. در مدار پوش پول در هر دوره تناوب یکی از ترانزیستورهای قدرت توان را به بار منتقل می کنند ، برای تولید ولتاژخروجی با شکل موج سینوسی با روش مدولاسیون پهنای پالس سینوسی (SPWM) هر ترانزیستور در دوره کاری خود با درصد پهنای پالسهای متغیر روشن و خاموش می شوند تا شکل موج خروجی حفظ شود. زمانی که هر دو ترانزیستور خاموش باشند شکل موج خروجی تابعی از حالات گذرای بار میشود که در شرایط مختلف متفاوت ا ست و در نتیجه شکل موجی خروجی در این لحظات از مقدار مورد مطلوب انحراف پیدا می کند و ضریب شکل موج تضعیف می شود . مگر اینکه همیشه حداقل یکی از ترانزیستورها روشن باشند که این امر موجب افزایش جریان بی باری و پیک های ناخواسته ولتاژ می گردد، که در نتیجه موجب محدودیت انتخاب و افزایش قیمت نیمه هادی ها می شود. در این مقاله نشان می دهیم که چگونه با استفاده از یک سیم پیچ کمکی ضریب شکل موج خروجی بهبود می یابد ، در انتها با یک آزمون عملی شکل موجهای خروجی مبدل پوش پول عادی و مبدل پوش پول با سیم پیچ کمکی با بار مشابه با توان ۵۰۰ ولت

آمپر مقایسه میشود تا اینکه تأییدی بر این روش باشد .

۲- پوش پول ساده

شمای کلی مدار مبدل پوش پول در شکل (۱) نشان داده شده است . ترانزیستور Q1 و ترانزیستور Q2 هر کدام در دوره تناوب کاری خود توان منبع را به بار منتقل می کنند. بطور نمونه در روش SPWM با نمونه برداری منظم متقارن ولتاژ خروجی مبدل مجموعه ای از پالسهای مثبت و منفی، مربعی با دامنه حداکثر برابر با VM ومنفی VM با پهنای پالس منطبق با رابطه (۱) می باشد [۳] [۴] تا هارمونی اصلی موج اصلی حاصل شود.

$$Tpwk=0.5Tc[1+Msin(\omega mTk)] \quad (۱)$$

$$Tk= 2kJI/p \quad ,k=0,1,2,3$$

که در آن ωm فرکانس زاویه ای موج اصلی , Tc پریود زمان نمونه برداری و M عمق مدولاسیون و p نسبت پریود نمونه برداری به پریود موج اصلی است .وTpwk پهنای پالسها در زمان نمونه برداری Tk میباشد. شکل(۲-آ) ترتیب روشن سازی ترانزیستورهای Q1 و Q2 و شکل (۲-ب) پالسهای خروجی را برای این حالت نشان می دهد.این شکل نشان میدهد همواره زمانهائی وجود دارد که هر دو ترانزیستور اصلی هم زمان خاموش هستند بنا براین در این لحظات کنترلی بر ولتاژ خروجی وجود ندارد.

۲-۱- تحلیل مدار در زمان روشنی Q1 و Q2

مطابق شکل (۲- آ) در نیم سیکل اول Q2 خاموش است و Q1 با روشن و خاموش شدن مطابق با فرمان SPWM شکل موج نیم سیکل اول سینوسی را در خروجی ایجاد می کند . با روشن شدن Q1 ولتاژ مستقیم تغذیه (Vcc) به دو سر سیم پیچ اولیه Np1 اعمال میشود . در نتیجه با توجه به سرهای نقطه دار ترانسفرمر دیود D2 بایاس معکوس می شود و D2 خاموش خواهد بود . بنابراین در زمان روشنی ترانزیستور Q1 مدار شکل (۱) را با مدار شکل (۳) میتوان مدل کرد[5],[6] ، که با صرف نظر از مقاومت های داخلی و افت ولتاژ نیمه هادیها دامنه ولتاژ خروجی در زمان روشنی ترانزیستور با حل رابطه (۲) در حوزه s معین می شود .

$$Vm/S=Lc[S.I(S)-I(0+)]+RLI1(S) \quad (۲)$$

$$Vo=1/(sCp)I1(S)$$

$$I(0+)=Vo/RL$$

$$Vm= n(Vcc-Vces) \quad (۳)$$

پس از گذشت حالت گذرا حداکثر دامنه خروجی برابر با رابطه (۳) میشود . که n نسبت دور ثانویه به اولیه است و Vces ولتاژ اشباع ترانزیستور میباشد . Lc اندوکتانس نشتی و Cp خازن های پراکنده ترانسفورماتور هستند که به ثانویه ترانسفور ماتور منتقل شده اند RL مقاومت بار و Vo ولتاژ خروجی است . در سیکل دوم Q1 خاموش است و Q2توان را به بار منتقل می کند و تحلیل آن مانند حالت قبل است با این تفاوت که علامت ولتاژ خروجی منفی است

۲-۲-تحلیل مدار در زمان خاموشی Q1 و Q2

هنگامی که هر دو ترانزیستور اصلی خاموش باشند مدار پوش پول شکل (۱) به شکل شماره (۴) ساده می شود ، که در آن D1 و D2 هر کدام با منبع تغذیه(Vcc) تشکیل یک مدار برش دهنده می دهند . اگر هدف تحلیل توان بازیافتی به منبع نباشد , مدار شکل (۴) را می توان با مدار شکل (۵) مدل کرد که در آن دیودهای زینر ,ZD1 ZD2 همان برشگرها هستند که به ثانویه ترانسفورماتور خروجی منتقل شده اند . ولتاژ دیودهای زینر با صرف نظر از ولتاژ روشن سازی آنها n برابر ولتاژ Vcc است که در رابطه(۵) نشان داده شده است .

$$Vzd= n.(Vdon + Vcc) \quad (٤)$$

Lp القاگر مغناطیس کننده و Lc اندوکتانس نشتی و Cp خازن های پراکنده ترانسفورماتور هستند که به ثانویه ترانسفور ماتور منتقل شده اند . درحالی که مطابق شکل (۳-آ) ولتاژ خروجی در زمان خاموشی ترانزیستورها

میبایست صفر شود با توجه به حالت گذرای بار تضمینی برای صفر شدن ولتاژ در این لحظه وجود ندارد. در هر حال در بد ترین شرایط با صرفنظر Lc در مقابل Lp حد اکثر انحراف ولتاژ خروجی توسط دیود زینر به اندازه Vm یا به عبارتی (n*Vcc) محدود خواهد شد .

۳-پوش پول با سیم پیچ کمکی

تصویر (۶) شمای مداری پوش پول با سیم پیچ کمکی را نشان می دهد . مانند مدار پوش پول ساده در نیم سیکل اول Q2 خاموش است و Q1 عمل سوئیچ SPWM را انجام می دهد و در نیم سیکل دوم Q1 خاموش است و Q2 عمل سوئیچ SPWM را انجام می دهد . تفاوت این مدار در این است هر زمانی که هر دو ترانزیستور اصلی Q1 و Q2 خاموش باشند ترانزیستور کمکی Q3 روشن می شود تا سرهای سیم پیچ های کمکی NA1 و NA2 را اتصال کوتاه کند . با این عمل صفر شدن ولتاژ خروجی در زمان خاموشی ترانزیستورهای اصلی تضمین می شود . تا ایراد مدار پوش پول ساده که در زمان خاموشی ترانزیستورها ولتاژ خروجی وا بسته به شرایط بار بود بر طرف شود .

۳-۱- تحلیل مدارپوش پول با سیم پیچ کمکی در زمان روشنی Q2,Q1

در زمان روشن بودنQ2 و Q1 ترانزیستورهای Q3خاموش است. با خاموش بودن ترانزیستور Q3 سیبم پیچ کمکی از مدار قطع است ونقشی در زمان روشنی ترانزیستور Q1 ندارد . بنابراین تحلیل این بخش مانند تحلیل پوش پول ساده است .

۳-۲-تحلیل مدارپوش پول با سیم پیچ کمکی هنگام روشن شدن ترانزیستور کمکی Q3

هنگامی که دو ترانزیستور اصلی Q2,Q1همزمان خاموش هستند ترانزیستور کمکیQ3 روشن میشود. در اینصورت مدار پوش پول با سیم پیچ کمکی به شکل (۷) تبدیل می شود . اگر نسبت na به n1 همواره کوچکتر از نسبت ولتاژ (Vcc+Vces+VDon) به VDon باشد دیودهای D1 و D2 همواره خاموش خواهند ماند و با رعایت سرهای نقطه دار می توان مدار شکل (۶) را مثل پوش پول ساده مطابق شکل (5) مدل کرد . با این تفاوت که که در آن Lc اندوکتانس نشتی سیم پیچ های کمکی است که به ثانویه منتقل شده است.و ولتاژ دیودهای زینر مطابق با رابطه (۵) بمراتب کوچکتر ازحالت قبل می باشد .

$$Vzd= n2.(Vdon+Vces) \qquad (۵)$$

که در آن n2 نسبت دور ثانویه به دور سیم پیچ کمکی است .در اینجا همان توضیحاتی که برای مدل شماره (۶) در زمان خاموشی مدار پوش پول داده شده بود صادق است با این تفاوت که حداکثر دامنه و ولتاژ خروجی در زمان خاموشی ترانزیستورهای اصلی به اندازه n2Vcc کاهش می یابد . اگر مقدار n2 برابر n1 باشد با تقسیم رابطه (۵) به رابطه (۴) رابطه (۶) حاصل می شود.

$$n2.(Vdon+Vces) /(Vcc+Vdon) \approx Vdon/Vcc \qquad (۷)$$

این رابطه نشان می دهد محدوده فرار ولتاژ خروجی از مقدار صفر در پوش پول با سیم پیچ کمکی نسبت به پوش پول معمولی به اندازه (VDon/Vcc) کاهش خواهد یافت که با توجه به کوچک بودن ولتاژ روشن سازی دیودها(حدود ۱ ولت) در مقابل ولتا ژ تغذیه این کسر به اندازه کافی کوچک میباشد تا ولتاژ خروجی را در زمان خاموشی Q1 و Q2 و روشنی ترانزیستور کمکی Q3 صفر فرض کرد . در نتیجه ایراد مدار پوش پول ساده که در این زمان ولتاژ خروجی تابع بار بود برطرف میشود .

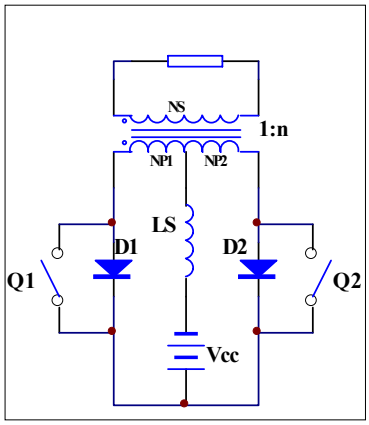
۴-آزمون عملی

در این بخش در یک آزمون عملی نتایج شکل موجهای خروجی در اینورتر پوش پول ساده و پوش پول با سیم پیچ

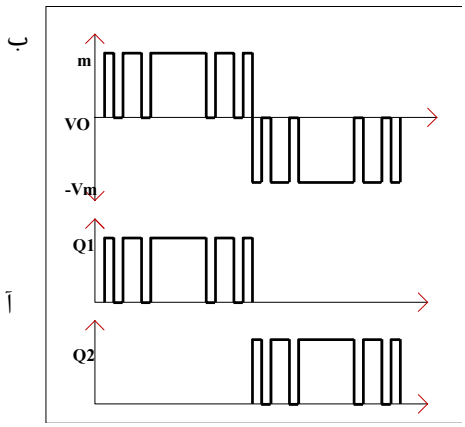
کمکی با توان ۵۰۰ ولت آمپر و ولتاژ تغذیه ۲۴ ولت و ولتاژ خروجی ۲۲۰ ولت با پریود ۲۰ میلی ثانیه با هم مقایسه شده است . هر دو اینورتر با روش SPWM با عمق مدولاسون ۱ و زمان نمونه برداری ۱۴۰ برابر فرکانس اصلی کار می کنند . تصویر (۸) و (۹) به ترتیب شکل موجهای ولتاژخروجی اینورتر پوش پول ساده و اینورتر پوش پول با سیم پیچ کمکی را نشان می دهند . تصویر (۱۰) و (۱۱) به ترتیب طیف فرکانس ولتاژخروجی اینورتر پوش پول ساده و اینورتر پوش پول با سیم پیچ کمکی را نشان می دهند.همانطور که از منحنی طیف فرکانسی مشخص است هارمونی دوم در مدار پوش پول با سیم پیچ کمکی به اندازه ۲۰ دسی بل نسبت به پوش پول ساده کاهش یافته است .

۵-جمع بندی و نتیجه

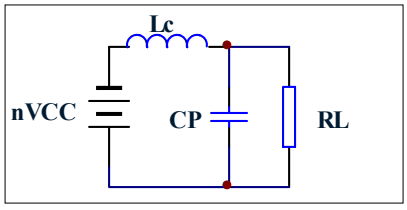
اینورتر پوش پول برای مبدل های کوچک افزاینده ولتاژ به کار می رود . در زمان خاموشی ترانزیستورهای مبدل پوش پول ولتاژ خروجی تابع بار است و تضمینی برای صفر بودن ولتاژ خروجی مبدل وجود ندارد که این موجب تضعیف ضریب شکل موج در اینورترهای سینوسی با روش spwm می شود . با استفاده از یک ترانزیستور و سیم پیچ کمکی در زمان خاموشی ، خروجی مدار به طور مجازی اتصال کوتاه می شود تا صفر بودن ولتاژ خروجی تضمین شود . در انتها در یک آزمون عملی شکل موجهای دو اینورتر با توان ۵۰۰ ولت آمپر از نوع پوش پول ساده و پوش پول با سیم پیچ کمکی باهم مقایسه شدند و مشاهده شد که هارمونی دوم در مدار پوش پول با سیم پیچ کمکی به اندازه ۲۰ دس بل نسبت به پوش پول ساده کا هش یافته است پایداری شکل موج افزایش یافته است .



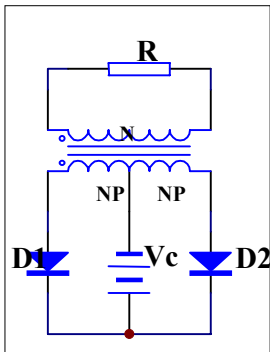
شکل (۱) مدار کلی پوش پول



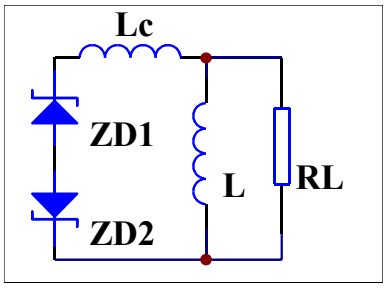
شکل (۲) –آ- ترتیب روشن سازی Q1 وQ2
-ب- شکل پالسهای خروجی



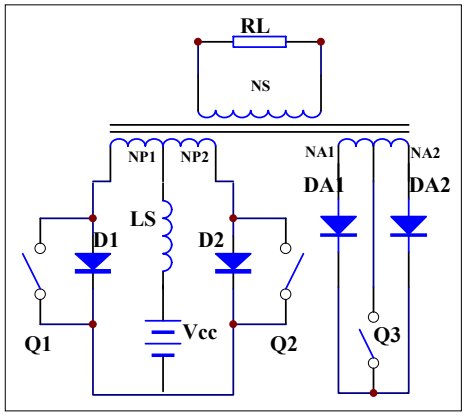
شکل (۳) مذل ساده پوش پول هنگام روشن بودن Q1 یا Q 2.



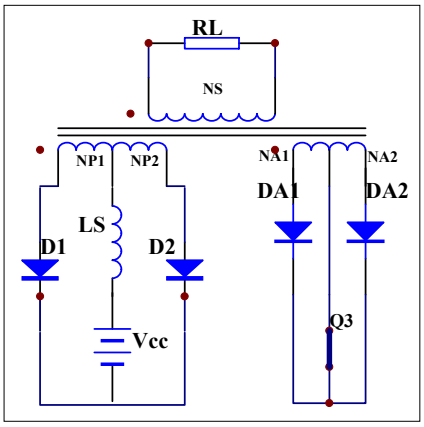
شکل (۴) مدل ساده پوش پول در زمان روشنی Q1



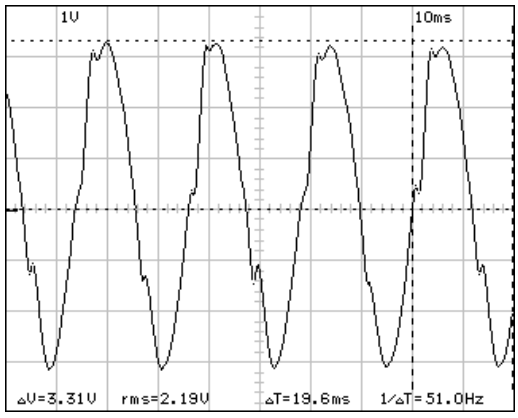
شکل (۵) مدار ساده شده پوش پول در زمان خاموشی Q1 و Q2



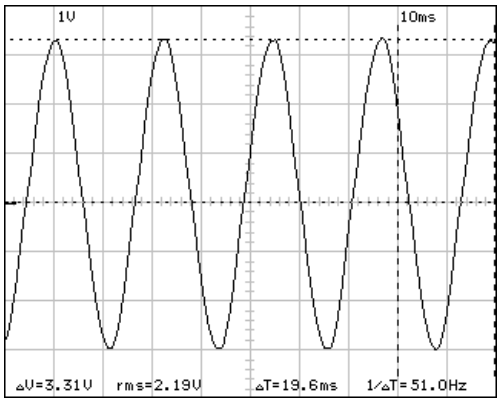
شکل (۶) مدار پوش پول با سیم پیچ کمکی



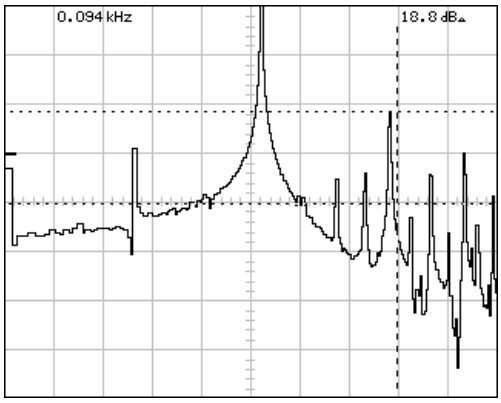
شکل (۷) مدار پوش پول با سیم پیچ کمکی زمان روشنی Q3



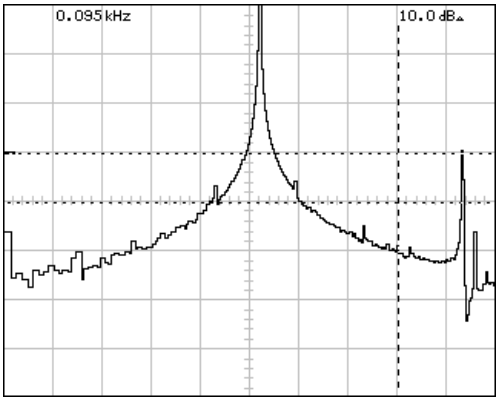
شکل (۸) شکل موج خروجی اینورتر پوش پول ساده



شکل (۹) شکل موج خروجی اینورتر پوش پول با سیم پیچ کمکی



شکل (۱۰) طیف فرکانسی موج خروجی اینورتر پوش پول ساده



شکل (۱۱) طیف فرکانسی موج خروجی اینورتر پوش
با سیم پیچ کمکی

مراجع

[1] Ned Mohan Tore M.Undeland William P.Robbins
" Power electronic " book chp. 8, page.223, chp.10page.304,
[2] Abraham I.Pressman " Switching Power Supplies " chp.2, page.37
[۳] مهندس حسن منصف ؛ روشهائی در کنترل سرعت موتورهای آسنکرون ؛ فصل.۳ –صفحه ۴۸.
[4] J.Richardson,O.T.Kukere " Impelementation of a PWM Reguler Sampling Strategy for A.C Drrives " IEEE,pp.645-655 (1991)
[۵] رشید . م . هـ . ؛ الکترونیک قدرت ؛ فصل ۸ - صفه ۲۵۸
[۶] دکتر مطلبی ؛ ترانسفورماتور یکفازه وسه فازه تئوری وساختمان ؛ جلد ۱ - فصل ۳ . صفحه ۱۳۰ .

[7] Ned Mohan Tore M.Undeland William P.Robbins
" Power electronic " book, ,chp.30-6,pag.769,chp.30-7,page.772 ,
[۸] دکتر مطلبی ؛ الکترونیک قدرت ؛ فصل ۷ بند ۴ ـ ۴ . صفحه ۴۵۱ .