برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

موضوع پروژه:

# مبدل تک فاز به سه فاز (نوشته ی نونگ چو وین و تون لین نینگ)

WikiPower.ir

برای خرید فایل word این پروژه اینجا کلیک کنید.
( شماره پروژه = ۵۰۶ )
پشتیبانی: ۰۹۳۵۵۴۰۵۹۸۶

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

چکیده – هم بندی جدید یک مبدل تک فاز به سه فاز برای صنایع کوچک در این مقاله ارائه شده است . مبدل فاز که در این مقاله آورده است ، یک فناوری جدید است که از یک منبع تک فاز منبع سه فازی را تغذیه می کند تا بارهای سلفی ، مقاومتی و خازنی با مزایای خاصی نسبت به فناوری مبدل های موجود راه اندازی کند . مبدل شامل منبع تغذیه مستقیم (DC) یک پل MOSFET Hex مدار مجتمع راه انداز گیت و یک DSP برای تولید سیگنال های سویچینگ می باشد . سیگنال های سوئیچینگ تولید شده نسخه یکتایی از حذف هارمونیک انتخابی است ، که نقطه ی شروع ثابتی برای عملیات سوئیچینگ مستقل از تعداد حذف هارمونیک تولید می کند . این مبدل اساس موتورهای استقرایی و نوع های موتورهای دیگر را پوشش می دهد . این موتورها برای مزارع کارگاه ها ، گاراژها و ساختمان های بزرگ و غیره بسیار ایده آل هستند .

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

# ۱ .مقدمه :

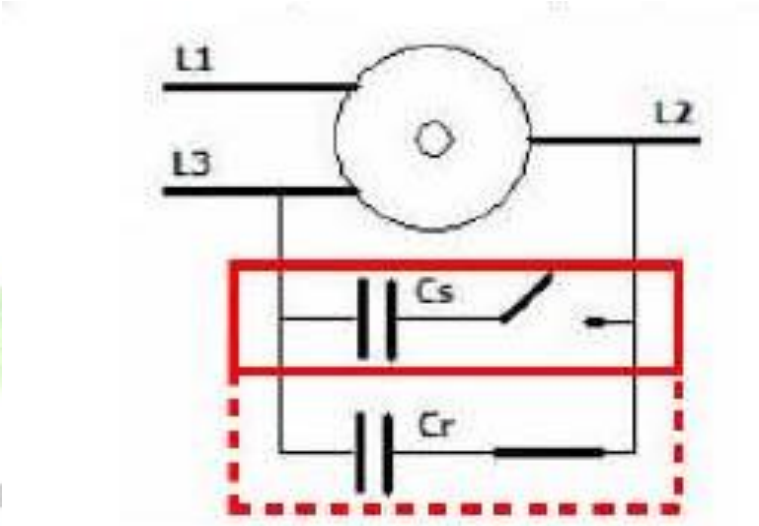
گستره ی بسیاری از تجهیزات الکتریکی صنعتی و تجاری به برق سه فاز نیاز دارند . کاربردهای الکتریکی برق سه فاز را به عنوان مسیری نصب نمی کند ، چرا که به طور چشمگیری برای نصب ، هزینه های بیشتری نسبت به تک فاز نیاز دارد . به عنوان تناوبی برای کاربرد نصب سه فاز مبدل های فاز چرخنده ، مبدلهای فاز ثابت و ابزار متناوب متغید تبدیل فاز (VFD) برای ده ها مورد استفاده شده است تا از یک منبع تک فاز برق سه فاز تولید کند . احداث خطوط برای سه فاز می تواند هزینه ای برابر با ۵۰/۰۰۰ $ بر مایل داشته باشد و می تواند تأثیرات غیر مطلوب محیطی نیز داشته باشد . حتی هنگامی که خطوط سه فاز نزدیک به هم هستند ، هزینه ی نصب بسیار زیاد است . بسته به نیاز تقاضا برای کاربرد سه فاز برنامه ی کاربردی ممکن است هزینه های نصب را به عهده ی مشتری قرار داده یا قرار ندهد . پرداخت ماهانه برای این سرویس نیز معمول است . مبدل های فاز در گذشته در جایی که کاربرد برق سه فاز ممکن نبود مورد استفاده قرار می گرفتند یا جایی که تقاضای برق هزینه ی استفاده ی نصب سه فاز را توجیه نمی کند . کاهش طول عمر موتور به دلیل ولتاژ و جریان نامتوازن ، هارمونیک هایی که دریچه ی برق را آلوده می کنند و به تجهیزات خسارت وارد می کند یا ناتوانایی برای عملیات تجهیزات حساس یا چندین بار تنها برخی از مشکلات هستند که استفاده از مبدل های فاز را محدود می کنند . این مبدل فاز یک فناوری جدید است که برق سه فاز را از منبع تک فازی تغذیه می کند تا بارهای سلفی ، مقاومتی

و خازنی ، مزایایی خاص نسبت به فناوری مبدل های موجود راه اندازی کند . تکنولوژی تبدیل فاز مختلفی وجود دارد .

## ۲. مبدل های فاز

A مبدل ایستا : مبدل ایستا از ۲ مولفه ی کوچک تشکیل شده است . یک رله حساس ولتاژ و یک خازن استاندارد (Cs) که به کاربرد موتور شما متصل شده است (مربع قرمز) . خازن در طی شروع برنامه ی موتور شما شکل موج را به تأخیر می اندازد (یا فاز را تغییر می دهد) رله ارتباط این خازن شروع را بعد از شروع کار موتور قطع می کند . از این نقطه موتور با منبع برق تک فاز به کار خود ادامه می دهد . عملیات چنین موتورهایی نسبتاً ضعیف است و می توان آن را به موتور ماشینی تشبیه کرد که تنها چند سیلندر در یک مبدل ایستا نقش دارند و حدود ۵۰ یا ۶۰ درصد قدرت صفحات خود را به کار می برند . هنگامی که یک خازن اجرایی کم هزینه ی دیگری (مربع قرمز خط چین شده در تصویر ) به طرح اضافه کردید ، قدرت مجاز حدود هفتاد درصد از موتورهای (قدرت پلاک نامی موتورها ) name plate power بالاتر می رود . برای سهولت یادگیری این مطلب ، خازن شروع (Cs) تنها برای شروع کار موتور مورد استفاده قرار گرفته و سپس به طور کلی خاموش شده است . خازن اجرا (Cr) به طور مداوم در این چرخه است و با دقت اندازه گیری شده تا ولتاژها را در یک نرخ بار موازی (متعادل ) کند . (به طور کلی حدود ۵۰ درصد از تمام بار را ) از آنجایی که Cr توازن (تعادل) ولتاژ را در دو طرف انتهایی ثابت نگه می دارد (۱۰۰٪و ۰٪) نسبتاً ضعیف است .

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

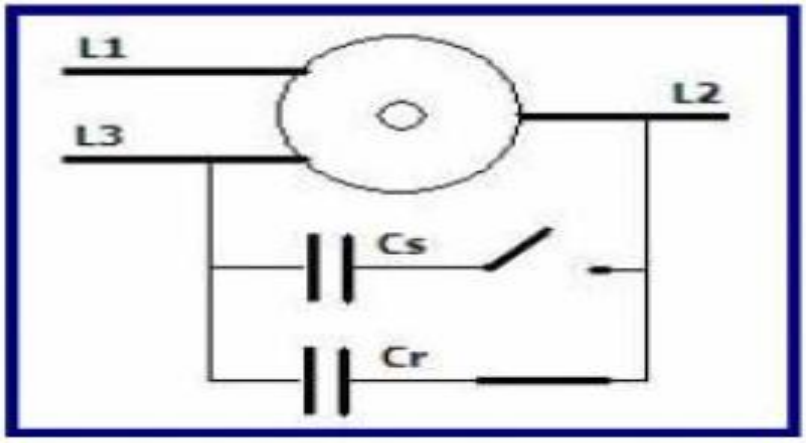



WikiPower.ir

*B.مبدل مدور :*

یک موتور بی کار به مبدل ایستا اضافه کنید به این صورت مبدل مدور نامیده می شود . موتور اضافه شده بعضی از ضعف های مبدل ایستا را جبران کرده و کمک می کند که اندازه و بار موتور داخلی در بار متوسط غیر فعال است اما وقتی که بار با خازن اجرا (Cr) انتخاب شده مطابقت نداشته باشد به سختی کار می کند . مبدل های مدور به وضوح چندی بهتر از مبدل های ایستا هستند . آن ها می توانند موتورهای بسیاری را در اندازه های متفاوت راه اندازی کنند . موتورهای بزرگ تا ۹۰درصد توان نومی خود را تولید می کنند و موتورهای کوچک

(موتورهایی که خیلی کوچک تر از موتورهای بی کار مبدل ها یا موتورهای پاپلوت هستند ) اندکی بیشتر . اگر تولیدکنندگان اندازه ی این موتورها را افزایش دهند تناسب خروجی ، قابلیت شروع و ظرفیت همگی افزایش خواهند یافت .




*شکل۲.نمودار مبدل مدور*

*C. تغییرات سند :*

هر دو مبدل دوّار و ایستا مشکل تنظیم توازن ولتاژ برای نگه داری شرایط تغییر بار را دارند . طرح های تنظیم ولتاژ برای مبدل های دوار وجود دارد که با تغییر بار به ظرفیت متفاوتی سویچ خواهند کرد . با این وجود هنوز مشکل است که به کنترل خوبی دست یافت و پالس های با جریان بالا که در سیستم به عنوان خازن تولید می شوند و قطع و وصل می شوند می توانند یک مشکل باشند . مبدل های فاز دیجیتال طبیعت کاملاً الکترونیکی و غیر مکانیکی دارند ، چنانچه می توانند با ظرافت برق سه فاز متوازن تولید کنند . مزیت دیگر این گونه از مبدل های فاز این است که آن ها خیلی بی صدا هستند . از نقطه نظر معایب این گونه از مبدل های فاز یک موج سینوسی دریافت

کرده آن را به شکلی سه فاز موج سینوسی ترکیب کرده ، اعوجاج هارمونیک خروجی آن ها بیشتر از برخی گونه های دیگر مبدل فاز است .

*D: محاسبات طراحی برای مدار منبع تغذیه :*

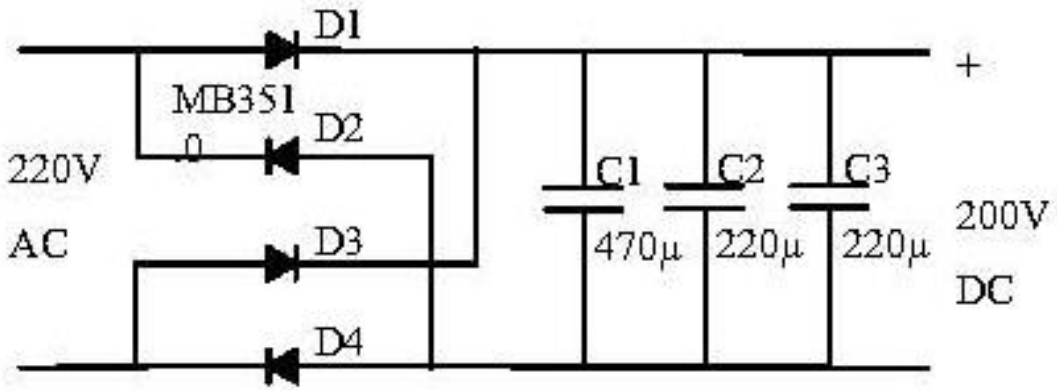



Fig. 3 200V DC Power Supply for H-bridge Inverter

برای معکوس کننده پل Hbridge)H) و منبع تغذیه ی ۱۲ ولت تنظیم شده برای مدار کنترل فرکانس pwm و مدار گرداننده استفاده شده است . این مدار منبع تغذیه ی ۲۰۰ ولت DC در شکل ۳ نشان داده شده است . بیشترین جریان برای طرف ترانسفورماتور ثانویه به شکل زیر است :

$$I_{max} = \frac{P_{max}}{V_s} \qquad (۱)$$

که در این فرمول :

$P_{max}$برابر حداکثر توان طرف ترانسفورماتور ثانویه است .

$V_s$ برابر ولتاژ ثانویه و نسبت دورها به شکل زیر است :

$$\frac{V_s}{V_p} = \frac{P_{max}}{V_s} \quad (۲)$$

که در این فرمول :

$N_s$ = تعداد دورهای ثانویه .

$N_p$ = تعداد دورهای اولیه است .

$V_p$ = ولتاژ اولیه.

$$\frac{V_s}{V_p} = \frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s} \quad (۳)$$

که در این فرمول :

Is = جریان ثانویه

Ip = جریان اولیه .

برای حالت خاص : $V_p$ =۲۳۰V ، $V_s$ =۱۸V ، $P_{max}$ =۵۰۰$V_A$

با استفاده از معادله ی یک : $I_{max}$ =۲۸A

با استفاده از معادله دو : $N_p$ =۱۳ $N_s$

با استفاده از معادله ی سه : Is =۱۳Ip.

ولتاژ پیک طرف ترانسفورماتور ثانویه به شکل زیر است :

$$V_p = \sqrt{2}\, V_{rms} \quad (۴)$$

که در این فرمول :

$V_{rms}$ = ولتاژ rms اولیه .

ولتاژ میانگین به شکل زیر است :

$$V_{avg} = \frac{2V_p}{\pi} \quad (۵)$$

که در این فرمول :

$V_p$= ولتاژ پیک

و ولتاژ ریسک به این شکل است :

$$V_{ripple} = \frac{1}{2CF} \quad (۶)$$

WikiPower.ir

که در این فرمول :

C = ظرفیت فیلتر

F = فرکانس عملیاتی

ولتاژ Dc خروجی از معامله زیر به دست می آید :

$$V_{DC} = V_p - V_{ripple} \quad (۷)$$

با استفاده از معادله های ۴ و ۵ و ۶ و ۷ که در بالا آمده ، ولتاژ تأمین شده ی Dc ، ۲۰۰ ولت محاسبه شده است .

*E. پل Hex:*

قلب معکوس کننده ی سه فاز استاندارد ، پل Hex می باشد . پل Hex ولتاژ گذرگاه Dc را می گیرد و از تریکیب ۶ سوئیچ در پایه های سه فاز استفاده می کند ، همانطور که در شکل ۴ نشان داده شده است . از وسط هر پایه ی سه فاز خطی مس آید که به موتورها متصل می شود . لازم است شکل موج ها در این خطوط یک شکل موج سینوسی سه فاز متوازن باشند تا موتور القایی را حرکت دهند . که با اعمال دقیق شکل موج های سوئیچینگ کنترل شده به گیت سوئیچ ها به دست می آید . شکل ۴ : پل Hex . دو نوع سوئیچ وجود دارد که می تواند برای کاربرد های با توان نسبتاً بالا مورد استفاده قرار گیرد . ترانزیستورهای دو قطبی با گیت عایق (IGBT ها ) یا MOSFET ها . برای رعایت ویژگی هایی ما ، سویچ نیازمند حداقل نرخ ۴۰۰ ولت از ۱۰ آمپر است به علاوه ما سوئیچی می خواهیم که تلفیات را کمینه کند بنابراین سوئیچ ها با مقاومت کمتر، بیشتر موردنظر است.برای این طراحی IGBTای که در نظر گرفته شده است HGTP12N60B3Dاست که مقاومت معادل کوچکی تقریباً برابر با ۰/۰۷Ω دارد اما IGBT

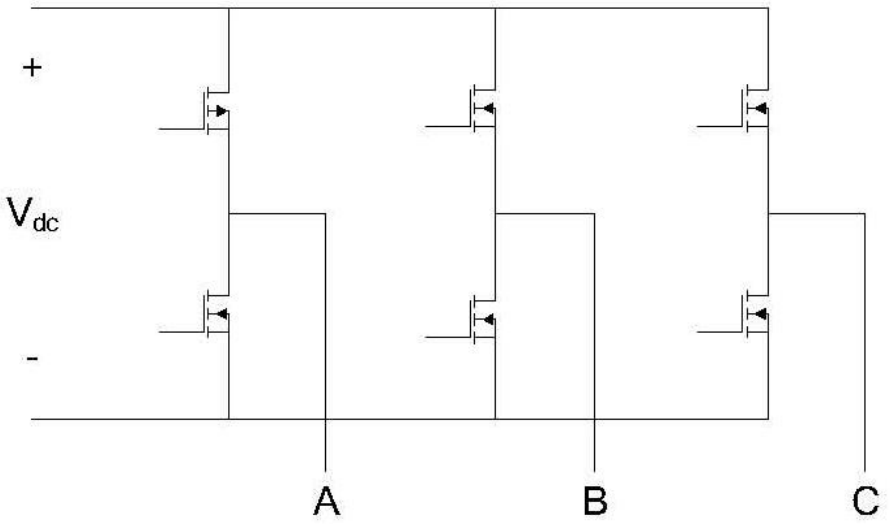
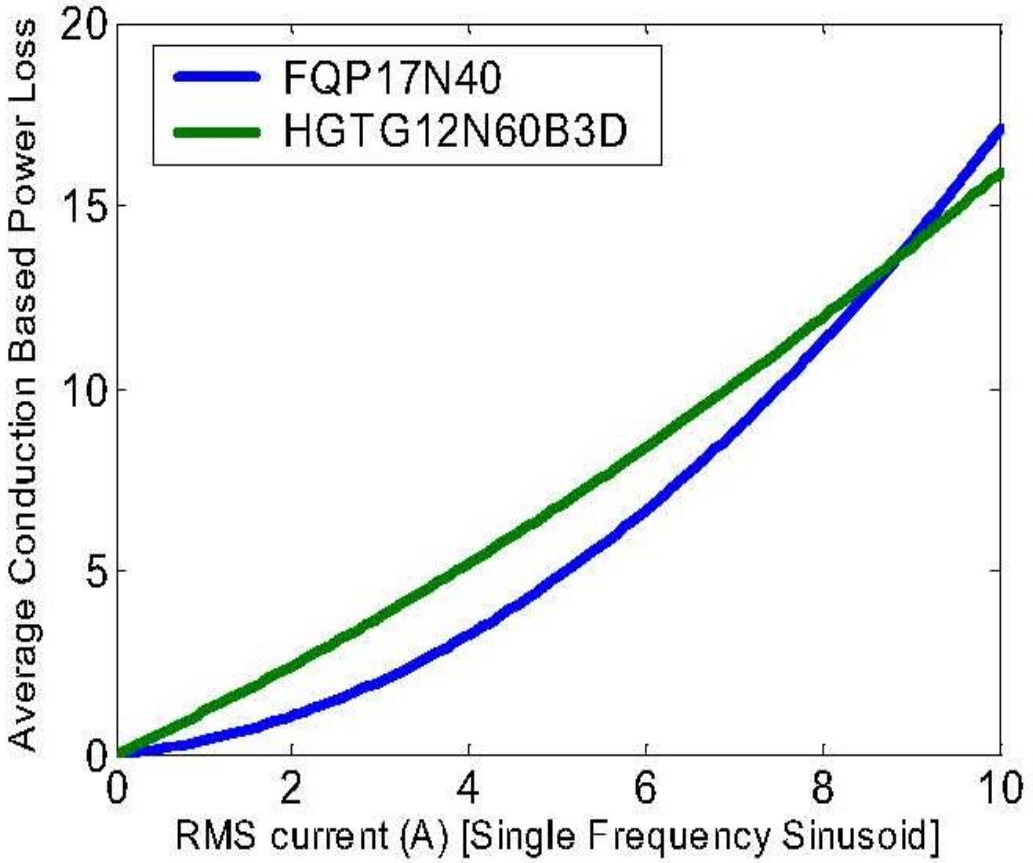



Fig. 4 Hex-bridge

یک افت ولتاژ در تمام زمان ها به دلیل ولتاژ اشباع کلکترامیتر دارد . که در این حالت معادل ۱/۷ ولت است . MOSFETی که بررسی شده است . FQP17N40 می باشد که مقاومت حالت روشن ۰/۲۷ Ω دارد . افت توان IGBTو FET نسبت به جریان ترسیم شده اند . IGBTیک منحنی افت نسبتاً خطی دارد . چونکه افت اغلب به دلیل $IV_{SAT}$ است در حالی که افت MOSFET به دلیل $I^2_{R(ds)on}$ است . افت MOSFET با جریان سریعتر افزایش می یابد اما اغلب MOSFETاز افت IGBTعبور نمی کند (بالاتر نمی رود ) تا اینکه I تقریباً بزرگتر از ۹ آمپر باشد . موتوری که در پروژه ی ما استفاده شده است برای سه آمپر براورد شده است در نتیجه جریان نباید هیچوقت به ۹ آمپر باشد . به علاوه به منظور داشتن افت کمتر در ناحیه ی کاری FQP17N40 ارزان تر است. قیمت آن برای تعداد هزار قطعه ۰/۹۶ دلار است در حالی که قیمت HGTP12N60B3D در همان تعداد ۱/۷۰ دلار می باشد . HGTP12N60 برای ۶۰۰ ولت برآورد شده است که در برآوردهای IGBT مقدار خیلی کمی است .

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه




RGBT معمولا در کاربردهای توان بالاتر استفاده می شود . در نتیجه این قطعه اصلا معمول نیست. صرفه جویی در افت و قیمت ما را متوجه انتخاب FQP17N40 به عنوان سوئیچ برای پیاده سازی پل Hex می کند .

*F. راه اندازگیت :*

مدار راه انداز گیت نیازمند تهیه یک واسط بین سیگنال های سوئیچینگ حاصله از DSP یا مولد شکل موج دلخواه و FET ها در پل Hex می باشد . DSP یک سیگنال ۳/۳ ولت می دهد در حالی که مولد شکل موج اندازه ی تعیین سطح ولتاژ را خواهد داد . ولتاژ گیت به منبع مورد نیاز برای عملیات مورد نظر FET،FQP17N40 در یک سطح ۱۲ تا ۱۵ ولت است .

به علاوه FET های طرف بالا در پل Hex منبع متصل به زمین ندارد بنابراین ولتاژ واقعی مورد نیاز برای ره انداز گیت وابسته به تغییرات ولتاژ در منبع است . یک راه حل تک تراشه ای پیدا شد . (IR21362 ) که تمامی راه اندازعلی شش گیت را پیاده سازی می کند و شامل مداری است که مشکلات FET های طرف بالا را در نظر می گیرد . گزینه های دیگری مانند IR2121 وجود داشت که شامل یک راه اندازه گیت روی یک تراشه است . اما با توجه به کاهش تعداد و هزینه ی قطعات IR21362 انتخاب شد . از آنجایی که شش IR2121 مورد نیاز بود واضح است که راه حل تک تراشه ای (IR21362) بسیار کم هزینه تر است .

*G. روش شناسی سوئیچینگ سیگنال :*

در حال حاظر سیستم های راه انداز موتورهای کوچک گران بوده و طراح های کنترلی پیاده سازی می کنند که از فرکانس سوئیچینگ نسبتاً بالا مانند Pmw سینوسی مثلثی ، Pmw بردار فضا یا کنترل جریان هیترسیس استفاده می کند . یکی از مشکلات فرکانس های سوئیچینگ بالا کاهش در کارایی است که در افت سوئیچینگ رخ می دهد . به هر حال روش های کنترلی که

قبلا ذکر شد شایستگی های خود را دارند . هر طرح کنترلی به طور گسترده استفاده شده است و نویز آکوستیک کوچکی به دلیل اینکه فرکانس سوئیچینگ در بخش بالابب محدوده ی آکوستیک قابل شنوایی (حدود ۲۰ کیلوهرتز) می باشد تولید می کند .

این طرح های کنترلی بهره وری پویایی خوبی نیز ایجاد می کند . به هر حال این کاربرد نیازی به بهره وری پویایی خوب ندارد ، چون بار پویا و نیاز به سرعت وجود ندارد . سیگنال های پیاده سازی شده ی سوئیچینگ نسخه ی یکتایی از حذف هارمونیک انتخابی می باشد که در حال حاظر زمینه ی پژوهش فعالی در برق الکترونیک هستند . این تکنیک به طور چشمگیری فرکانس سوئیچینگ را نسبت به روش هایی که قبلاً ذکر شد کاهش می دهد به علاوه این طرح سوئیچینگ کنترل مستقیمی بر روی هارمونیک های موجود در شکل موج ارائه می دهد . روش حذف هارمونیک انتخابی در یک شکل سوئیچینگ پیاده سازی خواهد شد در حالی که $R_{mw}$ سینوسی مثلثی به عنوان یک پشتیبان استفاده خواهد شد .

*H. پیاده سازی سیگنال سوئیچینگ :*

دو بورد توسعه ی DSP برای کاربرد کنترل موتور به منظور توسعه ی نمونه ی اولیه ی کد DSP وجود دارد . که بوردهای eZdspF2407 و eZdspF2812 می باشند . F2407 قیمت کمتری نسبت به F2812 دارد . با این وجود F2812 کلاک سریعتری (۱۵۰مگاهرتز) در مقایسه

با کلاک ۳۰ مگاهرتز F2407 دارد . مبدل آنالوگ به دیجیتال F2812 وضوح ۱۲ بیتی دارد در حالی که F2407 فقط وضوح ۱۵ بیتی دارد . که این امر F2812 را مطلوب تر می کند چرا که وضوح بهتری برای فرامین سریع می دهد . به علاوه پیاده سازی p حذف هارمونیک ساخته شده در DSP نیازمند استفاده از جدول سوئیچینگ بزرگی است که نمی تواند در حافظه ی فلش F2812 قرار گیرد . گیت Ezdsp یک محیط توسعه ی کامل فراهم می کند : بورد Dsp، منبع تغذیه ، شبیه ساز سازگار با $j_{tag}$ جا سازی شده و یک استدیوی تولید کد خاص Ezdsp با تمامی ویژگی ها همراه با محیط توسعه ی یک پارچه اشکال زدا و کمپایلر سازگار با ANSI و C++ . بورد Dsp تمام سیگنال های محیطی مورد نیاز را در سرایندهای بورد دارد که ارتباط آن را با مدار معکوس کننده ی سه فاز آسان می سازد .

*بخش I: کنترل معکوس کننده*

روش کنترل پیاده سازی شده حلقه باز بوده و مبتنی بر نسبت ولت به هرتز می باشد . اگر چه معکوس کننده از گذرگاه Dc ، ۲۰۰ ولت استفاده می کند .

ولتاژ می تواند با تنظیم کردن عمق مدولاسیون سیگنال های سوئیچینگ تغییر کند . به علاوه به منظور رعایت ویژگی های سرعت روی محدوده ی بار داده شده یک روش جبران بار موثر استفاده خواهد شد تا مقادیر بهینه ی ولتاژ و فرکانس را که باید در نقطه ی عملیاتی داده شده به ماشین اعمال شوند تعیین کند .

## ۳ : جزئیات طراحی

*A:* پل Hex و راه اندازی (انتخاب قطعات )

EQP17N4 به عنوان سوئیچ در پل Hex انتخاب شده است . اغلب MOSFET ها به منظور بهبود مسیر سوئیچینگ در خلال دوره ی تبدیل نیاز به مدار خارجی دارند که اسنابر نامیده می شود .

مسیر سوئیچینگ FQP17N40 اندازه گیری شده است (شکل ۶ را ببینید ) و به نظر می رسد که نسبتاً مربعی باشد . همانگونه که برای بار سلفی مورد نظر است . به علاوه مسائل حرارتی باید مورد نظر قرار گیرند . FQP17N40 برای ۱۰ آمپر پیوسته در ۱۰۰ درجه سانتی گراد برآورده شده است . از آنجایی که موتوری که استفاده شده است برای ۳ آمپر برآورده شده است جریان هرگز بیش از ۵ آمپر به طور پیوسته نخواهد بود . به علاوه می خواهیم که محصول نهایی روی یک بورد مدار چاپی (Pcb) باشد که در انتهای موتور نصب شده است . یک فن به ملخ وصل است

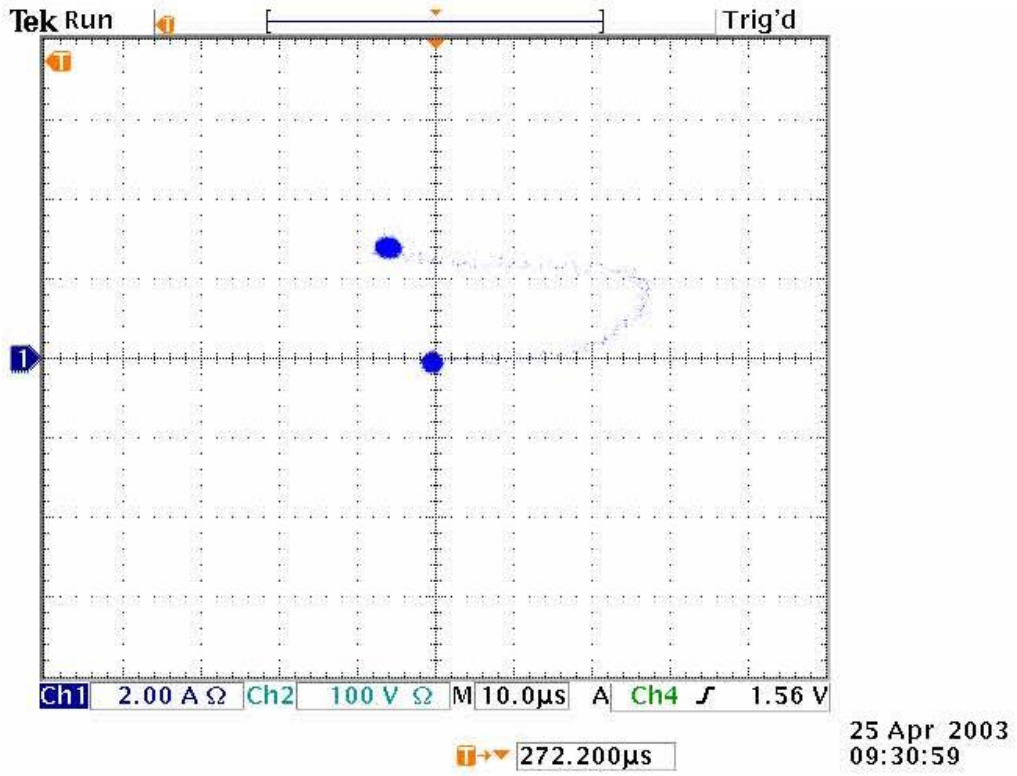



Fig. 6 Switching trajectory

(Rt1-16) خازن های راه انداز (stopstrap) . (C4,C5,C7) و خازن های dcoplink(C3,C6) بر اساس اطلاعات یافته شده در بخش ۲و۳ انتخاب شده اند . یک مقاومت و یک خازن (R2,C5) می بایست انتخاب شوند تا یک ثابت زمانی که در پاکسازی خطا استفاده می شوند فراهم کنند . ثابت زمانی بزرگتر از ۱/۵ثانیه مورد نظر بود . در نتیجه مقادیر ۳۳kΩ, ۴۷۳f انتخاب شده اند . پایه ی FAULT باید بالاکش (Pull high) شود چون فعال پایین (active low) است . یک LED برای خروجی قابل دید در شرایط خطا استفاده شده است . مدار محافظ که شامل R7,R9,R19,C1 می باشد بر اساس این حقیقت که اگر ولتاژ پایه ی

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

ITRIP بزرگتر از نیم ولت باشد خطا رخ می دهد انتخاب شده اند . مقاومت متغیر R7 می تواند به شکلی تنظیم شود که در مقدار جریان مورد نظر خطا رخ دهد مقادیر با هدف ایجاد یک خطا در جریان های بیش از ۱۰ آمپر استفاده شده اند . نهایتاً برق ۳فاز برای موتور القایی وقتی که منبع تغذیه ی DC به پل Hex و راه انداز گیت متصل شد ، دریافت می شود .

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

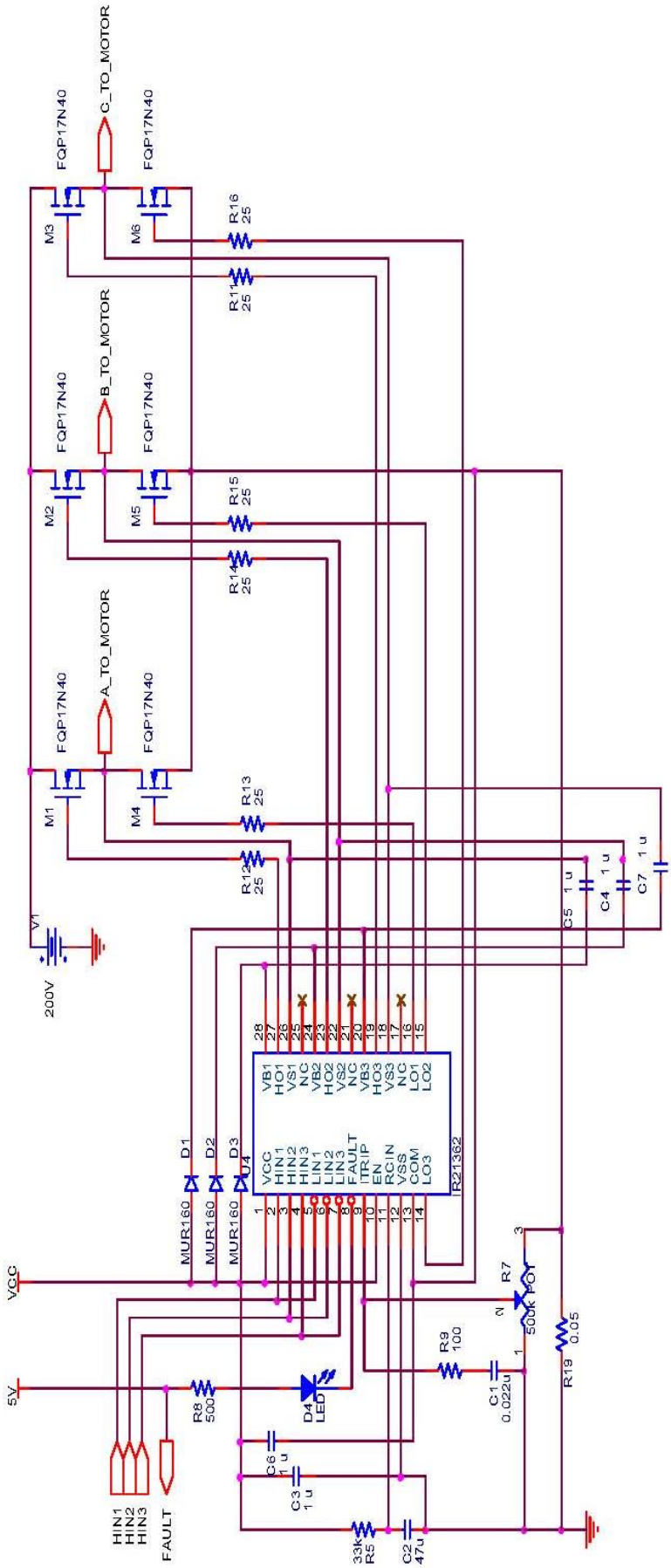



Fig. 7 Hex-bridge and gate drive circuitry

منابع و مآخذ :

۱)P.T.Kreinعناصر برق قدرت . نیویورک و آکسفورد : انتشارات آکسفورد سال ۱۹۹۸ ، استفاده کلیسوساز بین المللی شماره ی ۹۷۸، استفاده یکسوساز بین المللی شمارهٔ INT985.

۲)R.G.Hoft,H.S.Patei. تکنیک های عمومی حذف هارمونیک و کنترل ولتاژ در سرمایه گذاری تاریستون : بخش ۱ حذف هارمونیک ترجمه IEEE . نسخه ی IA-9 شماره ی ۳ ، صفحات ۳۱۷ تا ۳۱۰ ماه می و ژوئن سال ۱۹۷۳ .

۳)Nam.K.Wanghee,HurNamho,Jung Junhwan. طرح توازن برق در DC.Link سریع و پویا برای سیستم مبدل pwm(A) .IECON وو اقدامات [C] . بیست و پنجمین سالگرد کنفرانس IEEEسال ۱۹۹۹,۷۷۲ ~ ۷۶۷:۲.

۴)Nam Kwanghee,Lim Sunkyoung,Jung Jinhwan ، طرح بازخورد کنترل خطی برای یک مبدل معکوس کننده ی pwm با خازن [j] بسیار کوچک IEEE.DC-Link در سال ۱۹۹۹و(۵)۳۵ : ۱۱۳۱~۱۱۲۴ .

۵)P.Pillay,Yaguangliu,Lili.D.Czarkowski تکنیک حذف هارمونیم در چند سطح از Pwm در معکوس کننده های ولتاژ در پیوند سری «ترجمه ی IEEE» نسخه ی ۳۶ صفحات ۱۷۰-۱۶۰ ماه ژانویه /فوریه سال ۲۰۰۰.

۶) JDvanwyk. کیفیت برق ، الکترونیک برق و کنترل در فرایندهای EpE9B . سال ۱۹۹۳ صفحات ۳۲-۱۷ .

۷) Pc.sen,ZYang. «پیشرفت های اخیر در عوامل مبدل های حالت سوئیچی برق جریان زیاد » فرایندهای IEEE و CCE CE9-8 سال ۱۹۹۸ صفحات ۴۴۷-۴۸۰ .

۸) H.Akagi جریان جدید در فیلترهای فعال برای شرط سازی برق IEEE . کاربرد های اجرایی صنعتی نسخه ی ۳۲. ماه نوامبر /دسامبر سال ۱۹۹۶.صفحات ۱۳۱۲-۱۳۲۲.

۹) Tsugiura,Tyamshito,H.Endo. «جنس مبدل عامل برق جریان زیاد ».فرایندهای PESC92.IEEE. سال ۱۹۹۲ صفحات ۱۰۷۱-۱۰۷۶.

شکل ۷.پل Hex و گیت سینوسی . بخش B: جزئیات نموداری .

WikiPower.ir