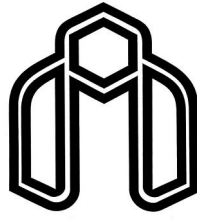


بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده برق و رباتیک

گروه قدرت

کنترل نویز صوتی در درایو موتورهای مغناطیس دائم سینوسی (PMSM) به وسیله تکنیک‌های مناسب

سویچینگ، طراحی و پیاده سازی

دانشجو: امیر پیغمبری

استاد راهنما:

دکتر دستفان

استاد مشاور:

دکتر احمدی فرد

پایان نامه ارشد جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

ماه و سال انتشار:

1392/11

تشکر و قدردانی

"من علمنی حرفا فقد صیرنی عبدا" حضرت علی (ع). شکر شایان نثار ایزد منان که توفیق را رفیق راهم ساخت تا این پایان نامه را به پایان برسانم. بر خود لازم می دانم از پدر و مادر عزیز ، دلسوز و مهربانم که آرامش روحی و آسایش فکری فراهم نمودند تا با حمایت های همه جانبه در محیطی مطلوب، مراتب تحصیلی و نیز پایان نامه درسی را به اتمام برسانم، کمال تشکر را داشته باشم. همچنین از استاد راهنمایم جناب آقای دکتر علی دستفان که دلسوزانه لحظه به لحظه روند و اجرای این پایان نامه را دنبال نمودند و با راهنمایی های ارزشمند خود گره از مشکلات گشودند خاضعانه سپاس گذاری می نمایم. همچنین از استاد مشاور این پایان نامه جناب آقای دکتر علیرضا احمدی فرد که با یاری ها و راهنمایی های ایشان، بسیاری از سختی ها برایم آسان نمودند کمال تشکر را دارم.

چکیده

برای راه‌اندازی موتورهای مغناطیسی دائم سینکرون در نقطه کار مناسب شامل گشتاور، توان و سرعت مورد نیاز، از اینورتر و مدولاسیون پهنای باند استفاده می‌شود. در حالت معمول، درایو موتور با استفاده از فرکانس کلیدزنی ثابت انجام می‌شود. این کار باعث ایجاد هارمونیک‌هایی با فرکانس کلیدزنی و مضارب آن در طیف فرکانسی ولتاژ و جریان می‌شود که این هارمونیک‌ها توسط موتور به نویز سوت مانند تبدیل خواهد شد. برای بالا نگه داشتن بازده در اکثر مبدل‌ها برای راه‌اندازی موتور، فرکانس کلیدزنی را کمتر از 10 kHz قرار می‌دهند. در این فرکانس گوش انسان دارای حساسیت بالایی می‌باشد بنابراین نویز سوت مانند منتشر شده از موتور برای انسان مشکل‌زا خواهد بود. علاوه بر آن تجمع توان نویز در مضارب فرکانس کلیدزنی باعث تداخل الکترومغناطیسی نیز می‌شود. در چند دهه اخیر، تکنیک‌های RPWM برای حل این مشکلات ارائه شده‌اند. این روش‌ها با تغییر فرکانس کلیدزنی به صورت تصادفی، طیف فرکانسی ولتاژ خروجی را یکنواخت می‌کند به عبارت دیگر در روش‌های RPWM تمام فرکانس‌ها تحریک می‌شوند و اندازه اجزاء فرکانسی تقریباً دارای اندازه یکسانی می‌باشند. تکنیک‌های RPWM مشکل نویز سوت مانند و تداخل الکترومغناطیسی را تا حدی حل کرده‌اند اما طیف ولتاژ یکنواخت ممکن است باعث تحریک فرکانس‌های تشدید موتور و افزایش نویز صوتی و لرزش آن شود.

در این پایان‌نامه یک روش برای انتخاب پریود کلیدزنی ارائه می‌شود که در آن با توجه به سیکل کاری و ساختار مبدل الکترونیک قدرت، پریود کلیدزنی طوری انتخاب می‌شود که در طیف فرکانسی موج RPWM یک فرکانس انتخابی حذف و از تحریک فرکانس تشدید موتور جلوگیری شود که این امر باعث کاهش نویز صوتی خواهد شد. روش پیشنهادی قابل پیاده‌سازی در اکثر مبدل‌های الکترونیک قدرتی که با استفاده از مفهوم مدولاسیون پهنای باند کار می‌کنند، را دارا می‌باشد. در ادامه نحوه اعمال آن به

اینورترهای سه-فاز بر پایه SPWM، SVPWM و کنترل مستقیم گشتاور برای راه‌اندازی موتور مغناطیس دائم ارائه خواهد شد.

کلمات کلیدی

موتور مغناطیس دائم سینوسی، نویز صوتی، مبدل‌های الکترونیک قدرت، مدولاسیون پهنای باند، مدولاسیون بردار حالت، کنترل مستقیم گشتاور.

مقالات استخراج شده از پایان نامه

Peyghambari, A.; Dastfan, A.; Ahmadifard, A. "Noise Spectrum Shaping In Power Electronic Converters By New RPWM Technique," Power Electronics, Drive Systems and Technologies Conference (PEDSTC), 2013, 5th, accepted for publish.

Peyghambari, A.; Dastfan, A.; Ahmadifard, A. "New Strategy For Switching Period Selection In RPWM To Shape the Noise Spectrum," Power Electronics, IET journal on, under review.

فهرست مطالب

- 1- مقدمه 1
- 1-1- نمای کلی پایان نامه 3
- 2- ماشین‌های مغناطیس دائم سینوسی 5
- 1-2- انواع ماشین‌های مغناطیس دائم 5
- 2-2- مزیت‌ها و نقص‌های موتور مغناطیس دائم سینوسی 6
- 1-2-2- مزیت‌ها 6
- 2-2-2- نقص‌ها 7
- 3-2- نویز صوتی در ماشین‌های الکتریکی 7
- 1-3-2- مروری بر صوت و نحوه اندازه‌گیری آن 7
- 2-3-2- منابع نویز صوتی در ماشین‌های الکتریکی 10
- 4-2- مدل ماشین مغناطیس دائم سنکرون 12
- 5-2- راه‌اندازی موتور با استفاده از مبدله‌ای الکترونیک قدرت 14
- 1-5-2- SVPWM برای درایو موتور مغناطیس دائم سینوسی 17
- 2-5-2- کنترل مستقیم گشتاور 20
- 3- انواع مدولاسیون پهنای باند 25
- 1-3- راه‌اندازی موتور با فرکانس کلید زنی ثابت 25

- 28 2-3- مدولاسیون پهنای باند تصادفی
- 29 1-2-3- مدولاسیون پهنای باند با فرکانس حامل تصادفی
- 32 2-2-3- مدولاسیون پهنای باند تصادفی با فرکانس حامل ثابت
- 37 3-3- مدولاسیون پهنای پالس تصادفی با پرپود کلیدزنی متغیر و فرکانس نمونه برداری ثابت
- 39 4-3- اجتناب از تحریک فرکانس تشدید موتور
- 45 4- روش پیشنهادی
- 45 1-4- تئوری پایه
- 47 2-4- حذف یک فرکانس در طیف فرکانسی موج RPWM
- 52 3-4- اعمال روش پیشنهادی به اینورتر تک-فاز و چاپر تمام-پل
- 56 4-4- اعمال روش پیشنهادی به اینورتر سه-فاز
- 56 1-4-4- اینورتر سه-فاز بر پایه SPWM
- 58 2-4-4- اینورتر سه-فاز بر پایه SVPWM
- 61 5-4- حذف نویز در کنترل مستقیم گشتاور
- 64 5- نتایج شبیه‌سازی کامپیوتری و پیاده‌سازی عملی
- 64 1-5- نتایج شبیه‌سازی و آزمایشگاهی چاپر و اینورتر تک فاز
- 75 2-5- اینورتر سه-فاز
- 1-2-5- اینورتر سه-فاز بر پایه SPWM و SVPWM برای راه‌اندازی موتور مغناطیس دائم
- 76 سینوسی

- 87 3-5- حذف نویز در روش کنترل مستقیم گشتاور
- 89 5-3-1- DTC با استفاده از مقایسه گر هیستریزیس و روش پیشنهادی
- 98 6- نتیجه گیری و پیشنهاد کارهای آینده
- 98 6-1- نتیجه گیری
- 99 6-2- پیشنهاد کارهای آینده
- مراجع

فهرست شکل‌ها

- شکل 2-1: آستانه شنوایی و آستانه درد [5]. 8
- شکل 2-2: نمایش سطح فشار صوت برای مقادیر مختلف سطح بلندی [5]. 9
- شکل 2-3: الف - اندازه‌گیری سطح فشار صوت وزن‌دهی شده. ب - A-weighting curve [5]. 10
- شکل 2-4: مسیر تغییر انرژی الکتریکی به انرژی صوتی در ماشین‌های الکتریکی [6]. 11
- شکل 2-5: تولید نویز وانتقال آن در ماشین‌های الکتریکی [6]. 11
- شکل 2-6: عملکرد نیروهای شعاعی در نویز صوتی [6]. 12
- شکل 2-7: مدار معادل دینامیکی PMSM با صرف نظر از تلفات هسته. (الف) مدار معادل دینامیکی بردار q استاتور. (ب) معادل دینامیکی بردار d استاتور [8]. 14
- شکل 2-8: اینورتر نیم‌پل [1]. 15
- شکل 2-9: اینورتر سه فاز [1]. 16
- شکل 2-10: دیاگرام بردار حالت برای SVPWM [13]. 19
- شکل 2-11: بلوک دیاگرام کنترل موتور مغناطیس دائم با استفاده از روش SVPWM. 20
- شکل 2-12: بلوک دیاگرام DTC [17]. 20
- شکل 2-13: بردارهای ولتاژ اینورتر [16]. 23
- شکل 3-1: موتور سنکرون (چپ)، موتور القایی (راست) [1]. 26
- شکل 2-3: طیف فرکانسی اندازه‌گیری شده از جریان ورودی به موتور، شتاب سنج متصل به پوسته استاتور و میکروفن، در سرعت 750 دور در دقیقه و فرکانس کلیدزنی 5 kHz برای موتور القایی (ستون سمت چپ) و سنکرون (ستون سمت راست) [1]. 27
- شکل 3-3: طریقه تولید پالس با استفاده از RCF-PWM [1]. 29

- شکل 3-4: مقادیر اندازه‌گیری شده از ولتاژ خط، جریان خط، شتاب سنج متصل به پوسته موتور و میکروفن زمانیکه فرکانس کلیدزنی 4 kHz ثابت است [1]. 30
- شکل 3-5: از ولتاژ خط، جریان خط، شتاب سنج متصل به پوسته موتور و میکروفن زمانیکه فرکانس کلیدزنی در باره 3 تا 5 kHz تغییر میکند [1]. 31
- شکل 3-6: طیف فرکانسی اندازه‌گیری شده با استفاده از دو فرکانس کلیدزنی ۳/۵ kHz و ۴/۵ kHz [1]. 31
- شکل 3-7: مدولاسیون پیشفاز-پسفاز تصادفی [12]. 32
- شکل 3-8: جابجایی تصادفی پالس مرکزی [12]. 33
- شکل 3-9: توزیع تصادفی بردار ولتاژ صفر [12]. 33
- شکل 3-10: مدولاسیون پهنای باند تصادفی با فرکانس حامل متغیر [12]. 34
- شکل 3-11: طیف فرکانسی اندازه‌گیری شده از جریان فاز، ولتاژ خط و نویز صوتی برای موتور بی بار. الف- فرکانس کلیدزنی ثابت. ب- RLL. ج- RCD. د- RZD. ر- پریود کلیدزنی متغیر (RS). 35
- شکل 3-12: توضیح تفاوت بین دو روش RPWM، از نظر انتخاب پریود نمونه برداری و کلیدزنی [22]. 37
- شکل 3-13: فلوجارت تعیین پریود کلیدزنی در مرجع [22]. 38
- شکل 3-14: طیف فرکانسی ریپل جریان موتور در مرجع [22]. 38
- شکل 3-15: طیف فرکانسی نویز صوتی موتور در مرجع [22]. 39
- شکل 3-16: طیف فرکانسی لرزش در مرجع [22]. 39
- شکل 3-17: ولتاژ خط موتور و نویز صوتی منتشر شده از آن [24]. 40
- شکل 3-18: توزیع توان هارمونیک‌ها در مرجع [27]. 41

- شکل 3-19: حذف نویز در فرکانس 100 kHz و مضارب آن [28]. 42
- شکل 4-1: موج RPWM. 46
- شکل 4-2: اینورتر تک-فاز یا چاپر تمام-پل. 54
- شکل 4-3: فلوجارت انتخاب پریود کلیدزنی. 55
- شکل 4-4: اینورتر سه-فاز. 56
- شکل 4-5: سیکل کاری استخراج شده از جدول 4-2. 61
- شکل 4-6: اختلاف سیکل کاری leg a و leg b اینورتر. 61
- شکل 4-7: ولتاژ خط اینورتر سه فاز زمانیکه با روش کنترل مستقیم گشتاور و فرکانس نمونه‌گیری ثابت 10 kHz راه‌اندازی می‌شود. 62
- شکل 5-1: ساختار فراهم شده برای پیاده‌سازی عملی. 65
- شکل 5-2: طیف فرکانسی ولتاژ خروجی چاپر با فرکانس سویچینگ ثابت 5 kHz، الف - شبیه‌سازی *fft* ولتاژ خروجی، ب - شبیه‌سازی چگالی طیف توان، ج - نتایج آزمایشگاهی چگالی طیف توان ولتاژ خروجی. 66
- شکل 5-3: طیف فرکانسی ولتاژ خروجی چاپر با فرکانس تصادفی در بازه 1/5-8 kHz، الف - شبیه‌سازی *fft* ولتاژ خروجی، ب - شبیه‌سازی چگالی طیف توان، ج - نتایج آزمایشگاهی چگالی طیف توان ولتاژ خروجی (در شکل مربوط به *fft* برای نمایش بهتر فرکانس صفر نشان داده نشده است). 67
- شکل 5-4: طیف فرکانسی ولتاژ خروجی اینورتر تکفاز با فرکانس کلیدزنی ثابت 5 kHz، الف - شبیه‌سازی *fft* ولتاژ خروجی، ب - شبیه‌سازی چگالی طیف توان، ج - نتایج آزمایشگاهی چگالی طیف توان ولتاژ خروجی. 68
- شکل 5-5: طیف فرکانسی ولتاژ خروجی اینورتر تکفاز با فرکانس تصادفی در بازه 1/5-8 kHz، الف -

شبهه‌سازی fft ولتاژ خروجی، ب- شبهه‌سازی چگالی طیف توان، ج- نتایج آزمایشگاهی چگالی طیف توان ولتاژ خروجی (در شکل مربوط به fft برای نمایش بهتر هارمونیک اصلی نشان داده نشده است)..... 69

شکل 5-6: توزیع فرکانس‌های انتخاب شده در روش پیشنهادی برای حذف فرکانس 7 kHz در ولتاژ خروجی چاپر تمام-پل با استفاده از فلوچارت شکل 4-3 و مجموعه اعداد K و K_1 71

شکل 5-7: توزیع فرکانسهای انتخاب شده در روش پیشنهادی برای حذف فرکانس 7 kHz در ولتاژ خروجی اینورتر تک-فاز با استفاده از فلوچارت شکل 4-3 و مجموعه اعداد K و K_1 72

شکل 5-8: طیف فرکانسی ولتاژ خروجی چاپر با استفاده از روش پیشنهادی. الف- شبهه‌سازی fft ولتاژ خروجی (در این شکل برای نمایش بهتر طیف، فرکانس صفر نشان داده نشده است)، ب- شبهه‌سازی چگالی طیف توان، ج- نتایج آزمایشگاهی چگالی طیف توان ولتاژ خروجی با استفاده از مجموعه اعداد K ، د- بزرگنمایی شکل الف برای نمایش بهتر حذف نویز..... 73

شکل 5-9: طیف فرکانسی ولتاژ خروجی اینورتر تکفاز با استفاده از روش پیشنهادی. الف- شبهه‌سازی fft ولتاژ خروجی (در این شکل برای نمایش بهتر طیف، هارمونیک نشان داده نشده است)، ب- شبهه‌سازی چگالی طیف توان، ج- نتایج آزمایشگاهی چگالی طیف توان ولتاژ خروجی با استفاده از مجموعه اعداد K ، د- بزرگنمایی شکل الف برای نمایش بهتر حذف نویز..... 75

شکل 5-10: بلوک دیاگرام شبهه‌سازی اینورتر سه-فاز با موتور PMSM..... 76

شکل 5-11: طیف فرکانسی ولتاژ خط اینورتر سه-فاز با استفاد از SPWM و فرکانس کلیدزنی ثابت 5 kHz (در شکل مربوط به fft برای نمایش بهتر هارمونیک اصلی نشان داده نشده است)..... 77

شکل 5-12: طیف فرکانسی ولتاژ خط اینورتر سه-فاز با استفاد از SVPWM و فرکانس کلیدزنی ثابت 5 kHz (در شکل مربوط به fft برای نمایش بهتر هارمونیک اصلی نشان داده نشده است)..... 78

شکل 5-13: طیف فرکانسی جریان موتور، زمانیکه اینورتر سه-فاز با استفاده از الف (SPWM، ب)

- 79 SVPWM، و فرکانس کلیدزنی ثابت 5 kHz، راه اندازی شود.
- شکل 5-14: طیف فرکانسی گشتاور الکتریکی، زمانیکه اینورتر سه-فاز با استفاده از الف (SPWM، ب)
- 80 SVPWM، و فرکانس کلیدزنی ثابت 5 kHz، راه اندازی شود.
- شکل 5-15: طیف فرکانسی ولتاژ خط اینورتر سه-فاز با استفاد از SPWM و RPWM معمولی(در
- شکل مربوط به fft برای نمایش بهتر هارمونیک اصلی نشان داده نشده است)..... 81
- شکل 5-16: طیف فرکانسی ولتاژ خط اینورتر سه-فاز با استفاد از SVPWM و RPWM معمولی(در
- شکل مربوط به fft برای نمایش بهتر هارمونیک اصلی نشان داده نشده است)..... 82
- شکل 5-17: طیف فرکانسی جریان موتور، زمانیکه اینورتر سه-فاز با استفاده از الف (SPWM، ب)
- 83 SVPWM، و RPWM معمولی، راه اندازی شود
- شکل 5-18: طیف فرکانسی گشتاور الکتریکی موتور، زمانیکه اینورتر سه-فاز با استفاده از الف)
- 83 SVPWM، و RPWM معمولی، راه اندازی شود.
- شکل 5-19: طیف فرکانسی ولتاژ خط اینورتر سه-فاز با استفاد از SPWM و روش پیشنهادی(در شکل
- مربوط به fft برای نمایش بهتر هارمونیک اصلی نشان داده نشده است)..... 84
- شکل 5-20: طیف فرکانسی ولتاژ خط اینورتر سه-فاز با استفاد از SVPWM و روش پیشنهادی(در
- شکل مربوط به fft برای نمایش بهتر هارمونیک اصلی نشان داده نشده است)..... 85
- شکل 5-21: طیف فرکانسی جریان ورودی موتور، با استفاد از الف (SPWM، ب) SVPWM، و روش
- پیشنهادی. 86
- شکل 5-22: طیف فرکانسی گشتاور الکتریکی موتور ، با استفاد از الف (SPWM، ب) SVPWM، و
- روش پیشنهادی..... 87
- شکل 5-23: بلوک دیاگرام شبیه‌سازی روش کنترل مستقیم گشتاور. 88

- شکل 5-24: ولتاژ خط اینورتر سه فاز، هنگامیکه در DTC از الف - مقایسه‌گر هیستریزیس، ب - فرکانس نمونه‌گیری ثابت، استفاده شود. 89
- شکل 5-25: طیف فرکانسی ولتاژ خط اینورتر سه-فاز، هنگامیکه در DTC از الف - مقایسه‌گر هیستریزیس، ب - فرکانس نمونه‌گیری ثابت، استفاده شود. 90
- شکل 5-26: جریان موتور، هنگامیکه در DTC از الف - مقایسه‌گر هیستریزیس، ب - فرکانس نمونه‌گیری ثابت، استفاده شود. 91
- شکل 5-27: طیف فرکانسی جریان موتور، هنگامیکه در DTC از الف - مقایسه‌گر هیستریزیس، ب - فرکانس نمونه‌گیری ثابت، استفاده شود. 92
- شکل 5-28: گشتاور الکتریکی موتور، هنگامیکه در DTC از الف - مقایسه‌گر هیستریزیس، ب - فرکانس نمونه‌گیری ثابت، استفاده شود. 93
- شکل 5-29: طیف فرکانسی گشتاور الکتریکی موتور، هنگامیکه در DTC از الف - مقایسه‌گر هیستریزیس، ب - فرکانس نمونه‌گیری ثابت، استفاده شود. 94
- شکل 5-30: سرعت موتور، هنگامیکه در DTC از الف - مقایسه‌گر هیستریزیس، ب - فرکانس نمونه‌گیری ثابت، استفاده شود. 95
- شکل 5-31: شار استاتور، هنگامیکه در DTC از الف - مقایسه‌گر هیستریزیس، ب - فرکانس نمونه‌گیری ثابت، استفاده شود. 96

فهرست جدول‌ها

- جدول 1-2: جدول کلیدزنی برای روش کنترل گشتاور مستقیم.....24
- جدول 1-2: جدول 2-2: جدول کلیدزنی بهبود یافته.....24
- جدول 1-3: مقایسه بین روشهای مختلف RPWM [12].....36
- جدول 1-4: بازه فرکانسی که توسط هر کدام از اعداد مجموعه K میتواند تولید شود.....55
- جدول 2-4: سیکل کاری برای هر leg در روش SVPWM.....59
- جدول 1-5: مشخصات موتور استفاده شده در مرجع [30].....76

1- مقدمه

با توجه به کاربرد روزافزون ماشین‌های مغناطیس دائم سنکرون¹ در خودروهای هایبرید و صنایع کشتیرانی به علت چگالی بالای گشتاور و توان این نوع از موتورها لازم است که درایو این موتورها طوری انجام شود که صدای منتشر شونده از آن مشکل‌زا نباشد. در این پایان‌نامه، قسمتی از نویز صوتی بررسی می‌شود که عامل بوجود آورنده آن کلیدزنی مبدل الکترونیک قدرت می‌باشد.

مبدل‌های الکترونیک قدرت برای راه‌اندازی و استفاده بهتر از موتورهای الکتریکی، مورد توجه هستند و ارتقا این تکنولوژی باعث بهبود صنایع حمل و نقل و بهتر شدن کنترل گشتاور، سرعت و موقعیت در موتورهای الکتریکی می‌شود. متأسفانه این مبدل‌ها نتایج ناخواسته‌های همراه خود دارند که عبارتند از: اعوجاج در ولتاژ و جریان، تلفات اضافی توان (مرتبط با کلیدزنی)، استرس‌های حرارتی، تداخل امواج الکترومغناطیسی²، ریپل گشتاور در ماشین‌های دوار، لرزش‌های مکانیکی و انتشار نویز صوتی.

هدف در تحقیقات انجام شده اخیر در زمینه درایو موتورهای الکتریکی حذف اثرات منفی ذکر شده در بالا همراه با حفظ عملکرد مثبت مبدل‌های بکار رفته در درایو موتورها، بوده است. در این مبدل‌ها معمولاً از مدولاسیون پهنای باند برای تبدیل ولتاژ مستقیم به متناوب استفاده می‌شود. فرکانس مدولاسیون با توجه به تلفات کلیدزنی کمتر از 10 kHz در نظر گرفته می‌شود. فرکانس کلیدزنی ثابت در این بازه موجب انتشار نویز سوت مانند شدید از موتور الکتریکی می‌شود. در موتورهای تغذیه شده بوسیله اینورتر، بخشی از نیروهای شعاعی از هارمونیک‌های ناشی از کلیدزنی بوجود می‌آیند که توسط موتور به نویز صوتی تبدیل می‌شوند. یکی از راه‌های حل این مشکل، افزایش فرکانس کلیدزنی به خارج از بازه شنوایی انسان

¹ Permanent magnet synchronous machine

² Electromagnetic interference (EMI)

می‌باشد. برای این منظور فرکانس کلیدزنی باید بیشتر از 20 kHz انتخاب شود که این امر باعث تلفات شدید مبدل الکترونیک قدرت و کاهش بازده کل سیستم درایو می‌شود.

راه حل بعدی استفاده از فیلتر بین اینورتر و موتور می‌باشد. استفاده از این روش مشکلاتی همچون تلفات اضافی مربوط به اجزا فیلتر و افزایش هزینه را در پی دارد و علاوه بر آن ممکن است که نویز صوتی دوباره از اجزا فیلتر منتشر شود [1].

از نظر هزینه بهترین روش حل مشکل نویز صوتی ناشی از کلیدزنی عبارت است از کاهش آزاردهندگی آن بوسیله تبدیل این نویز از نویز سوت مانند به نویز سفید می‌باشد [1]. برای این منظور فرکانس کلیدزنی بصورت تصادفی تغییر می‌کند که به آن مدولاسیون پهنای باند تصادفی¹ می‌گویند. با این کار توان نویز صوتی در یک بازه وسیع فرکانسی گسترده می‌شود. هدف در این روش صاف بودن طیف ولتاژ بوده و تا حد امکان سعی می‌شود که طیف ولتاژ شبیه به طیف نویز سفید باشد. باید به این نکته توجه داشت که در تکنیک‌های RPWM سطح نویز صوتی کاهش نمی‌یابد و فقط شکل طیف فرکانسی آن تغییر می‌کند [2].

در RPWM بیشتر فرکانس‌ها تحریک می‌شوند و این امر ممکن است موجب تحریک فرکانس‌های تشدید موتور شود. بنابراین برای جلوگیری از این مسئله و استفاده بهتر از RPWM باید از روشی استفاده کرد که بتوان فرکانس انتخابی را از طیف ولتاژ حذف کرد. برای این منظور در پایان‌نامه پیش رو یک رهیافت ارائه شده است و در ادامه نحوه اعمال آن به اینورتر سه-فاز و موتور مغناطیس دائم سینوسی شرح داده خواهد شد. نتایج شبیه‌سازی و پیاده‌سازی عملی نشان دهنده تحقق هدف فوق می‌باشد.

¹ Random Pulse Width Modulation (RPWM)

1-1- نمای کلی پایان نامه

این پایان نامه شامل شش فصل می باشد که در ادامه توضیحاتی مختصر در مورد هر فصل داده شده است.

فصل 1، فصل جاری که در آن هدف اصلی پایان نامه و نمای کلی آن بیان شده است.

فصل 2، در این فصل موتورهای مغناطیس دائم سینوسی و چگونگی تبدیل انرژی الکتریکی به صوتی در موتورهای الکتریکی توضیح داده می شود. همچنین معادلات مورد نیاز در PMSM و طریقه راه اندازی آن ها توسط مبدل های الکترونیک قدرت بصورت خلاصه بررسی می شود.

فصل 3، در این فصل سیر رشد این تحقیقات برای کاهش نویز صوتی بارهای وابسته به مبدل ها و همینطور روش های ارائه شده برای جلوگیری از تحریک فرکانس تشدید موتورهای متصل مبدل الکترونیک قدرت بررسی می شود.

فصل 4، روش پیشنهادی برای بهبود عملکرد مدولاسیون پهنای باند تصادفی در زمینه کاهش نویز صوتی بارهای وابسته به مبدل های الکترونیک قدرت مخصوصا موتورها مغناطیس دائم سینوسی، ارائه شده است.

فصل 5، نتایج شبیه سازی کامپیوتری و پیاده سازی عملی روش پیشنهادی ارائه شده است.

فصل 6، نتیجه گیری و پیشنهاد کارهای آینده

