دانشگاه آزاد اسلامی

فرم پیشنهاد تحقیق
پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد

عنوان تحقیق به فارسی:

نام دانشجو: **دانشکده:**

نام خانوادگی دانشجو: **گروه تخصصی:**

رشته تحصیلی: **گرایش:**

نیمسال ورود به مقطع جاری: **نیمسال شروع به تحصیل :**

نام و نام خانوادگی استاد راهنما:

۱-

نام و نام خانوادگی استاد (اساتید) مشاور:

۱-

۲-

تاریخ تصویب در شورای گروه تخصصی:

تأیید کارشناس پژوهشی **تائید مدیر پژوهشی** **تائید رئیس**

تاریخ ارسال به حوزه پژوهشی واحد علوم و تحقیقات(تهران):

تاریخ بررسی وتایید امور پژوهشی واحد:

تأیید مدیرکل پژوهشی:

تأیید معاون پژوهشی واحد:

توجه: لطفاً این فرم با مساعدت و هدایت استاد راهنما تکمیل شود.

۱- اطلاعات مربوط به دانشجو:

نام: .....نام‌خانوادگی: .....شماره دانشجویی:.....

مقطع:.....رشته تحصیلی: ..... گروه تخصصی:.....

گرایش:.....نام‌دانشکده:.....سال ورود به مقطع جاری: .....

نیمسال ورودی:.....

آدرس پستی در اردبیل: .....

آدرس پستی در شهرستان:.....

تلفن ثابت محل سکونت: ..... تلفن همراه:..... تلفن محل کار: .....

دورنگار:..... پست الکترونیک: .....

۲- اطلاعات مربوط به اساتید راهنما و مشاور:

تذکرات:

- دانشجویان دوره کارشناسی ارشد می‌توانند یک استاد راهنما و حداکثر دو استاد مشاور و دانشجویان دوره دکتری حداکثر تا دو استاد راهنما و دو استاد مشاور می‌توانند انتخاب نمایند.
- در صورتی که اساتید راهنما و مشاور **مدعو** می باشند، لازم است سوابق تحصیلی، آموزشی و پژوهشی کامل ایشان (رزومه کامل) شامل فهرست پایان‌نامه‌های کارشناسی ارشد و رساله‌های دکتری دفاع شده و یا در حال انجام که اساتید مدعو، راهنمایی و یا مشاوره آنرا بر عهده داشته‌اند، **به همراه مدارک مربوطه** و همچنین آخرین حکم کارگزینی (حکم هیأت علمی) ضمیمه گردد.
- اساتید راهنما و مشاور موظف هستند قبل از پذیرش پروپوزال، به سقف ظرفیت پذیرش خود توجه نموده و در صورت تکمیل بودن ظرفیت پذیرش، از ارسال آن به دانشگاه و حوزه پژوهشی و یا در نوبت قراردادن و ایجاد وقفه در کار دانشجویان جداً پرهیز نمایند. بدیهی است در صورت عدم رعایت موازین مربوطه، مسئولیت تأخیر در ارائه پروپوزال و عواقب کار، متوجه گروه تخصصی و دانشکده خواهد بود.

اطلاعات مربوط به استاد راهنما:

نام و نام خانوادگی:.....آخرین مدرک تحصیلی دانشگاهی/ حوزوی .....

تخصص اصلی:..... رتبه دانشگاهی (مرتبه علمی): ..... تلفن همراه: .....

تلفن منزل یا محل کار:..... آدرس پست الکترونیکی(Email): .....

نحوه همکاری با واحد علوم و تحقیقات:

□ تمام وقت □ نیمه وقت □ مدعو

اطلاعات مربوط به استاد مشاور اول:

نام و نام خانوادگی:.....آخرین مدرک تحصیلی دانشگاهی/ حوزوی .....

تخصص اصلی:..... رتبه دانشگاهی (مرتبه علمی): ..... تلفن همراه: .....

تلفن منزل یا محل کار:..... آدرس پست الکترونیکی(Email): .....

نحوه همکاری با واحد علوم و تحقیقات:

□ تمام وقت □ نیمه وقت □ مدعو

اطلاعات مربوط به استاد مشاور دوم:

نام و نام خانوادگی:.....آخرین مدرک تحصیلی دانشگاهی/ حوزوی .....

تخصص اصلی:..... رتبه دانشگاهی (مرتبه علمی): ..... تلفن همراه: .....

تلفن منزل یا محل کار:..... آدرس پست الکترونیکی(Email): .....

نحوه همکاری با واحد علوم و تحقیقات:

□ تمام وقت □ نیمه وقت □ مدعو

۴- اطلاعات مربوط به پایان‌نامه:

الف- عنوان تحقیق

۱- عنوان به زبان فارسی:

کنترل اینورتر تکفاز متصل به شبکه با استفاده از روش کنترل تکراری در منابع تولید پراکنده

۲- عنوان به زبان انگلیسی/(آلمانی، فرانسه، عربی):

تذکر: صرفاً دانشجویان رشته‌های زبان آلمانی،فرانسه و عربی مجازند عنوان پایان‌نامه خود را به زبان مربوطه در این بخش درج نمایند و برای بقیه دانشجویان، عنوان بایستی به زبان انگلیسی ذکر شود.

Control of single-phase grid connected inverter by repetitive control method in distributed generation resources

ب – تعداد واحد پایان‌نامه: ۶ واحد

ج- بیان مسأله اساسی تحقیق به طور کلی (شامل تشریح مسأله و معرفی آن، بیان جنبه‌های مجهول و مبهم، بیان متغیرهای مربوطه و منظور از تحقیق به صورت مستند) :

کاهش ذخایر سوختهای فسیلی، مسائل زیست محیطی، افزایش قیمت سوختهای فسیلی و ... منجر به ظهور چشمگیر منابع تولید توان غیر متمرکز مانند سیستمهای فتوولتاییک، پیل سوختی، باتری، توربینهای بادی و ... در سیستمهای قدرت امروزی شده است. برخلاف منابع سنتی تولید توان در سیستمهای قدرت که مبتنی بر ژنراتورهای سنکرون با ولتاژ خروجی AC هستند، منابع تولید انرژی پراکنده غالبا منابعی با ولتاژ خروجی DC هستند (سیستمهای فتوولتاییک، باتریها و پیل سوختی). همچنین منابعAC مانند توربینهای بادی مبتنی بر ژنراتورهای DFIG یا ژنراتورهای سنکرون SG با قابلیت کنترل سرعت نیز قادر نیستند به صورت مستقیم به شبکه الکتریکی متصل شوند و در آنها لازم است ولتاژ AC خروجی آنها از طریق یک مبدل به شبکه اصلی متصل شود.

با پیشرفت فناوری در زمینه سیستمهای نیمه رسانا و همچنین امکان تولید سوییچهای کنترل شونده در قدرتها و فرکانسهای بالا، مبدلهای الکترونیک فدرت کنترل شونده برای اتصال منابع تولید پراکنده به شبکه سراسری بسیار مورد توجه قرار گرفتند. این مبدلها قادر هستند تا با تبادل توان کنترل شده با شبکه، پایداری منابع تولید پراکنده را افزایش داده و حتی به بهبود کیفیت توان شبکه اصلی نیز کمک کنند. همچنین این مبدلهای الکترونیک قدرت واسط قادر هستند تا با تنظیم توان تزریق شده به شبکه، شرایط عملکرد بهینه ای را برای منابع خود فراهم کنند. به عنوان مثال این مبدلها

امکان اجرای الگوریتمهای تعقیب نقطه توان حداکثر (MPPT) را در سیستمهای فتوولتاییک و توربینهای بادی فراهم می‌آورند.

مرسوم ترین نوع مبدلهای الکترونیک قدرت واسط برای تبدیل ولتاژ و جریان AC به DC و بالعکس، اینورتر های منبع ولتاژ (VSI) و اینورترهای منبع جریان (CSI) میباشند. به دلیل خاصیت تبادل توان دوطرفه، وجود ماژولهای ترانزیستوری-دیودی سه فاز متناسب با ساختار VSI، طول عمر بالا و کنترل پذیری مناسب، VSIها مرسوم ترین نوع اینورتر مورد استفاده در سیستمهای الکترونیک قدرت واسط برای منابع تولید پراکنده می‌باشند.

علاوه بر نیاز به ساختار مناسب برای مبدل الکترونیک قدرت واسط، لازم است سیستمهای کنترل این نوع مبدلها قادر باشند تا مقادیر مرجعی از قبیل ولتاژ، جریان، توانهای اکتیو و راکتیو و مولفه های غیر اصلی مانند مولفه های منفی، صفر و هارمونیکی را به درستی تعقیب کنند. در واقع این سیستمهای کنترل هستند که به مبدلهای الکترونبک قدرت قابلیت انعطاف پذیری بالایی داده اند.

با توجه به ماهیت تکفاز بسیاری از سیستمهای توزیع، لازم است این مبدلها بتوانند در شرایط نامتعادل مانند خالت تکفاز نیز عملکرد مطلوبی داشته باشند. در واقع سیستم کنترل آنها باید بتواند ولتاژها و جریانهای نامتعادل و تکفاز را نیز تولید کند. همچنین با رشد بارهای غیر خطی مانند یکسوسازهای دیودی و تایریستوری، کیفیت توان سیستمهای توزیع با خطر مواجه شده است. در این شرایط، جریان کشیده شده از شبکه، از حالت سینوسی خارج شده و منجر به اعوجاج شکل موج ولتاژ سیستم میشود. لذا سیستم کنترل مبدلهای الکترونیک قدرت لازم است قادر باشند تا تحت شرایط ولتاژ شبکه هارمونیکی نیز به خوبی عمل کنند. علاوه بر این این نوع مبدلها حتی میتوانند به بهبود این شرایط نیز کمک کنند.

با توجه به ماهیت AC سیستمهای قدرت، کنترل کننده های مورد استفاده لازم است قادر باشند تا شکل موجهای سینوسی را با خطای دامنه، فاز و فرکانس صفر و با دینامیک مناسب تولید کنند. به همین دلیل طراحی سیستمهای کنترل مبدلهای DC/AC متفاوت از طراحی کنترل کننده ها برای سیستمهای با ماهیت AC است. به عنوان مثال، برخلاف سیستمهای DC که در آن کنترل کننده تناسبی-انتگرالی-مشتقگیر (PID) مرسوم ترین کنترل کننده است، در سیستمهای AC امکان استفاده از این نوع کنترل کننده وجود ندارد. در واقع این نوع کنترل کننده قادر نیست دامنه و فاز ولتاژها و جریانهای مرجع را با خطای حالت ماندگار صفر تعقیب کند.

برای کترل مبدلهای الکترونیک قدرت واسط، از کنترل کننده ها در سیستمهای سه فاز در قاب مرجع سنکرون (فضای dq) استفاده میشود. در این قاب، متغیرهای AC ولتاژ و جریان به متغیرهای DC تبدیل شده و امکان استفاده از کنترل

کننده های تناسبی-انتگرالی(PI) میسر میباشد. با این وجود این نوع کنترل کننده ها قادر نیستند در سیستمهای نامتعادل مانند تکفاز عملکرد مطلوبی داشته باشند. برای غلبه بر مشکل عدم تعادل در سیستمهای نامتعادل و تکفاز، میتوان از کنترل کننده های تناسبی-رزونانسی (PR) استفاده کرد. با این حال این کنترل کننده ها عملکرد مناسبی در مواجهه با بارهای عیر خطی و هارمونیکی ندارند. برای رفع این مشکل میتوان از جبرانسازهای PR در فرکانسهای هارمونیکی مشخصی (مانند هارمونیکهای ۵-۷-۱۱-۱۳) استفاده کرد. با این وجود برای سیستمهای تکفازی که در آن تمام هارمونیکها از جمله ضرایب ۳ و یا حتی زوج نیز وجود دارند نیاز به جبرانسازهای PR به تعداد نامحدود میباشد. لذا نمیتوان از این طریق کلیه هارمونیکها را کنترل کرد.

برای حل این مساله میتوان از سیستم کنترل تکراری (repetitive) استفاده کرد. در این روش کنترل، از ایجاد بازه های تاخیر و تغذیه برگشت با ضریب مثبت استفاده میشود. در این شرایط، گین کنترل کننده در مدل دینامیکی سیستم کنترل تکراری برای کلیه هارمونیکها ائم از زوج و ضرایب ۳ بسیار بالا بوده و امکان تعقیب مقادیر جریان و ولتاژ با خطای حالت ماندگار صفر را در کلیه هارمونیکها فراهم میکند. علاوه بر این، عملکرد سیستم کنترل تکراری در مواجهه با سیستمهای تکفاز و نامتعادل دچار زوال نمی‌شود.

با توجه به مزایای سیستم کنترل تکراری، استفاده از این نوع کنترل کننده برای تزریق جریانهای نامتعادل و هارمونیکی به شبکه مناسب میباشد. لذا در این پایان نامه از این نوع کنترل کننده برای اتصال یک سیستم تکفاز به شبکه استفاده میشود. همچنین برای بهبود عملکرد شبکه و بهبود کیفیت توان در مواجهه با بارهای غیرخطی، از این نوع کنترل کننده برای تزریق جریانهای هارمونیکی به شبکه استفاده میشود. همچنین، عملکرد این نوع کنترل کننده در مورد منابع تولید پراکنده برای شارژ و دشارژ باتری و یک سیستم فتوولتاییک برای تزریق حداکثر توان ممکن به شبکه مورد ارزیابی قرار میگیرد.

د - اهمیت و ضرورت انجام تحقیق (شامل اختلاف نظرها و خلاءهای تحقیقاتی موجود، میزان نیاز به موضوع، فواید احتمالی نظری و عملی آن و همچنین مواد، روش و یا فرآیند تحقیقی احتمالاً جدیدی که در این تحقیق مورد استفاده قرار می‌گیرد):

با توجه به رشد بارهای غیر خطی در سیستمهای توزیع، و افزایش سیستمهای توزیع نامتعادل و تکفاز، لازم است از سیستمهای کنترلی مناسبی برای منابع متصل به شبکه استفاده شود که با استفاده از آن مبدل بتواند در شرایط نامتعادل و هارمونیکی نیز به درستی کار کند. به این منظور عملکرد کنترل کننده تکراری برای کنترل جریان و ولتاژ اینورتر تکفاز متصل به شبکه مورد بررسی قرار میگیرد.

ه- مرور ادبیات و سوابق مربوطه (بیان مختصر پیشینه تحقیقات انجام شده در داخل و خارج کشور پیرامون موضوع تحقیق و نتایج آنها و مرور ادبیات و چارچوب نظری تحقیق با ارائه منابع):

در منابع تولید توان با ماهیت DC، مبدلهای الکترونیک قدرت واسط[۱] (PEI) که منابع تولید پراکنده[۲] **DG ها و سیستمهای ذخیره ساز انرژی[۳] ESS ها را به شبکه اصلی متصل می‌کنند نقش کلیدی دارند. با توجه به DC بودن ولتاژ و جریان خروجی بسیاری از DG ها از قبیل پیل سوختی[۴] و PV، اینورترهای DC/AC اصلی‌ترین مبدل واسط برای اتصال DGهای DC به شبکه AC می‌باشند. از میان انواع مختلف اینورتر، اینورتر منبع ولتاژ[۵] (VSI) به دلیل ساختار ساده و کنترل پذیری بالا و همچنین به دلیل قابلیت تبادل دوطرفه توان، مرسوم‌ترین اینورتر مورد استفاده به عنوان PEI برای DGها می‌باشد [1]. با کنترل مناسب این مبدلها در شبکه‌های AC، پایداری DGها افزایش یافته و عملکرد آنها در مقابله با اغتشاشات ناشی از منبع و یا شبکه بهبود میابد. تاکنون روش های زیادی جهت کنترل اینورتر منبع ولتاژ مورد تحقیق قرار گرفته است. در میان روش های موجود کنترل ولتاژ و جریان به روش کنترل خطی و کنترل جریان به روش هیسترزیس به دلیل حجم بالای مطالعات انجام شده، کارآیی مناسب و سادگی بیشترین مورد کاربرد را در موارد صنعتی پیدا کرده اند [3],[2]. در روش کنترل خطی، مبدل الکترونیک قدرت با استفاده از توابع شبکه و یا مدل فضای حالت مدلسازی می شود و با توجه به این مدل کنترلر مناسب طراحی می شود [4]. طراحی صورت گرفته در این روش بر اساس پارامترهایی از قبیل حدفاز و بهره و پهنای باند صورت می گیرد. ضمنا کنترل کننده باید قادر به کنترل ولتاژ و جریان با خطای حالت ماندگار صفر باشد و ضمنا نسبت به اغتشاشات سیستم مقاوم باشد و حتی الامکان اثرات آنها را به صفر برساند [5]. در روش فیدبک حالت که در مرجع [6] توضیح داده شده است پاسخ دینامیکی سریعی نسبت به تغییرات بار دارد اما لازم است نسبت وظیفه سوییچها در هر دوره سوییچ زنی محاسبه شود. در مراجع [5] و [7] روشهای کنترل خطی مبتنی بر طراحی کنترل کننده در قاب مرجع سنکرون و ساکن معرفی شده است. علاوه بر روشهای مذکور که شایعترین روشهای کنترل می باشند، کنترلرهای پیشرفته‌تری نیز ابداع شده‌اند که هر یک خصوصیات خاص خود را دارد و با پیشرفت در زمینه میکرو پروسسورها، کاربرد آنها نیز با پیشرفت روزافزونی مواجه شده است. روش کنترل dead**

[۱] Power electronic interface
[۲] Distributed generation
[۳] Energy storage systems
[۴] Fuel cell
[۵] Voltage source inverter

beat به خوبی قادر به تعقیب ولتاژ مرجع می باشد ولی به شدت نیازمند به داشتن اطلاعات فیلتر خروجی اینورتر می باشد [8]. روش کنترل مد لغزشی زمان گسسته[۶] قابلیت تعقیب سریع سیگنال مرجع را داراست و دارای مزیت بدون فراجهش بودن پاسخ می باشد [9]. ضمنا این کنترل کننده نسبت شرایط مختلف بار و یا شبکه مقاوم بوده و کارایی آن کمتر با زوال مواجه می شود. در کنترل

پیشبین[۷] بردارهای سوییچینگ مستقیما در ریزپردازنده و کنترل کننده محاسبه می‌شوند و در آن نیاز به الگوریتمهای سوییچینگ نمی‌باشد [10]. در این روش حد پایداری سیستم افزایش یافته و سیگنال مرجع به درستی تعقیب می‌شود ولی در این کنترل کننده اطلاع از مقادیر دقیق پارامترهای سیستم جهت پیشبینی پاسخ ضروری است [11]. روش کنترل $H\infty$ یک کنترلر مقاوم را در برابر شرایط مختلف فراهم می‌آورد و همچنین در آن نیازی به اطلاع از مدل دقیق سیستم نمی‌باشد [12]. با این حال این کنترل کننده عملکرد ضعیفی در قبال بارهای غیر خطی داراست. در مرجع [13] برای کنترل جریان اینورتر در حضور شبکه با ولتاژ هارمونیکی، از کنترل کننده با قاب مرجع سنکرون همرا با کنترل کننده های رزونانسی با فرکانسهای رزونانس برابر با مولفه های هارمونیکی استفاده شده است. در مرجع [14] از روش کنترل تکراری استفاده شده است. در این روش کنترل، خطای حالت ماندگار به صفر رسیده و توزیع هارمونیک نهایی[۸] THD کاهش میابد. اساس عملکرد این روش بر پایه ایجاد بازه های تاخیر در سیستم کنترل می‌باشد [15] . در این روش کنترل، گین کنترل کننده در فرکانس اصلی و فرکانسهای هارمونیکی بسیار بالا بوده که منجر به تعقیب مراجع جریان با فرکانس مولفه اصلی و هارمونیکی با خطای صفر می‌شود. در مراجع [21]-[16]، از روش کنترل تکراری برای کنترل منبع ولتاژ تکفاز استفاده شده است. در مراجع [24]-[22]، روش کنترل تکراری در اینورترهای سه فاز مورد استفاده قرار گرفته است. همچنین از روش کنترل تکراری در مراجع [25] و [26] برای فیلترهای فعال سه فاز استفاده شده است.

[1] D. Zhi, L. Xu, and B. W. Williams, “Improved direct power control of grid-connected DC/AC converters,” *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 25, no. 4, pp. 1280–1292, May. 2009.

[2] M. Carpita, M. Mazzucchelli, S. Savio, and G. Sciutto, “A new PWM control system for UPS using hysteresis comparator,” in *Proc. IEEE IAS Annu. Meet.*, Atlanta, GA, 1987, pp. 749–754.

[3] N. Pogaku, M. Prodanovic, and T. C. Green, “Modeling, analysis and testing of autonomous operation of an inverter-based microgrid,” *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 22, no. 2, pp. 613–625, Mar. 2007.

[۶] Discrete sliding mode

[۷] Predictive controller

[۸] Total harmonic distortion

[4] A. Timbus, M. Liserre, R. Teodorescu, P. Rodriguez, and F. Blaabjerg, "Evaluation of current controllers for distributed power generation systems," *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 24, no. 3, pp. 654–664, Mar. 2009.

[5] F. Blaabjerg, R. Teodorescu, M. Liserre, and A. V. Timbus, "Overview of control and grid synchronization for distributed power generation systems," *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 53, no. 5, pp. 1398–1409, Oct. 2006.

[6] S. Jung and Y. Tzou, "Sliding mode control of a closed-loop regulated PWMinverter under large load variations," in *Proc. IEEE Power Electron. Spec. Conf. (PESC) Rec.*, Seattle, WA, 1993, pp. 616–622.

[7] R. Cardenas, C. Juri, R. Pe˜na, P.Wheeler, and J. Clare, "The application of resonant controllers to four-leg matrix converters feeding unbalanced or nonlinear loads," *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 27, no. 3, pp. 1120–1129, Mar. 2012.

[8] T. Kawabata, T. Miyashita, and Y. Yamamoto, "Dead beat control of three phase PWM inverter," *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 5, no. 1, pp. 21–28, Jan. 1990.

[9] S. Buso, S. Fasolo, and P. Mattavelli, "Uninterruptible power supplymultiloop control employing digital predictive voltage and current regulators," *IEEE Trans. Ind. Appl.*, vol. 37, no. 6, pp. 1846–1854, Nov./Dec. 2001.

[10] J. C. Moreno, J. M. E. Huerta, R. G. Gil, and S. A. Gonzalez, "A Robust Predictive Current Control for Three-Phase Grid-Connected Inverters," *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 56, no. 6, pp. 1993–2004, Jun. 2009.

[11] P. Cortes, J. Rodriguez, D. E. Quevedo, and C. Silva, "Predictive current control strategy with imposed load current spectrum," *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 23, no. 2, pp. 612–618, Mar. 2008.

[12] T. S. Lee, S. J. Chiang, and J. M. Chang, "H loop-shaping controller designs for the single-phase UPS inverters," *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 16, no. 4, pp. 473–481, Jul. 2001.

[13] M. Liserre, R. Teodorescu, and F. Blaabjerg, "Multiple harmonics control for three-phase grid converter systems with the use of PI-RES current controller in a rotating frame," *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 21, no. 3, pp. 836–841, May 2006.

[14] D. Chen, J. Zhang, Z. Qian, "An improved repetitive control scheme for grid-connected inverter with frequency-adaptive capability," *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 60, no. 2, pp. 814–823, Feb 2013.

[15] T. Hornik and Q.-C. Zhong, "A current-control strategy for voltage-source inverter in microgrids based on $H\infty$and repetitive control," *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 26, no. 3, pp. 943–952, Mar. 2011.

[16] B. Zhang, D. Wang, K. Zhou, and Y. Wang, "Linear phase lead compensation repetitive control of a CVCF PWM inverter," *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 55, no. 4, pp. 1595–1602, Apr. 2008.

[17] R. A. Mastromauro, M. Liserre, and A. Dell'Aquila, "Study of the effects of inductor nonlinear behavior on the performance of current controller for single-phase PV grid converters," *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 55, no. 5, pp. 2043–2052, May 2008.

[18] K. Zhou, D. Wang, B. Zhang, and Y. Wang, "Plug-in dual-mode-structure repetitive controller for CVCF PWM inverters," *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 56, no. 3, pp. 784–791, Mar. 2009.

[19] R. A. Mastromauro, M. Liserre, T. Kerekes, and A. Dell'Aquila, "A single-phase voltage-controlled grid-connected photovoltaic system with power quality conditioner functionality," *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 56, no. 11, pp. 4436–4444, Nov. 2009.

[20] G. Escobar, P. R. Martinez, and J. Leyva-Ramos, "Analog circuits to implement repetitive controllers with feedforward for harmonic compensation," *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 54, no. 1, pp. 567–573, Feb. 2007.

[21] R. I. Bojoi, L. R. Limongi, D. Roiu, and A. Tenconi, "Enhanced power quality control strategy for single-phase inverters in distributed generation systems," *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 26, no. 3, pp. 789–806, Mar. 2011.

[22] G. Escobar, P. G. Hernandez-Briones, P. R. Martinez, M. Hernandez-Gomez, and R. E. Torres-Olguin, "A repetitive-based controller for the compensation of $6\zeta \mp 1$ harmonic components," *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 55, no. 8, pp. 3150–3158, Aug. 2008.

[23] S. Lopez Arevalo, P. Zanchetta, P. W. Wheeler, A. Trentin, and L. Empringham, "Control and implementation of a matrix-converterbased AC ground power-supply unit for aircraft servicing," *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 57, no. 6, pp. 2076–2084, Jun. 2010.

[24] S. Jiang, D. Cao, Y. Li, J. Liu, and F. Z. Peng, "Low-THD, fast-transient, and cost-effective synchronous-frame repetitive controller for three-phase UPS inverters," *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 27, no. 6, pp. 2994–3005, Jun. 2012.

[25] R. Grino, R. Cardoner, R. Costa-Castello, and E. Fossas, "Digital repetitive control of a three-phase four-wire shunt active filter," *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 54, no. 3, pp. 1495–1503, Jun. 2007.

[26] P. Mattavelli and F. P. Marafao, "Repetitive-based control for selective harmonic compensation in active power filters," *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 51, no. 5, pp. 1018–1024, Oct. 2004.

و – جنبه جدید بودن و نوآوری در تحقیق: (ذیل این قسمت توسط استاد راهنما امضاء شود)

استفاده از روش کنترل تکراری برای اینورتر تکفاز متصل به شبکه با قابلیت تزریق جریان تکفاز و هارمونیک به شبکه برای بهبود کیفیت توان شبکه در این پایان نامه بررسی میشود. همچنین عملکرد این سیستم کنترل برای شارژ و دشارژ باتری متصل به شبکه و کنترل ولتاژ یک سیستم فتوولتاییک متصل به شبکه برای جذب حداکثر توان مکن مورد بررسی قرار میگیرد.

ز- اهداف مشخص تحقیق (شامل اهداف آرمانی، کلی، اهداف ویژه و کاربردی):

هدف اصلی این پایان نامه انتقال توان کنترل شده به شبکه با هر شکل موج ولتاژی میباشد. با توجه به این که گین کنترل کننده جریان به روش تکراری در کلیه هارمونیکها بسیار بالاست، این نوع کنترل کننده باید بتواند کلیه هارمونیکهای مورد نیاز بار را تامین و به شبکه تزریق کند.

ح – در صورت داشتن هدف کاربردی، نام بهره‌وران (سازمان‌ها، صنایع و یا گروه ذینفعان) ذکر شود (به عبارت دیگر محل اجرای مطالعه موردی):

ط- سؤالات و فرضیه‌های تحقیق(مطابق با اهداف تحقیق)**:**

۱- بررسی امکان تزریق جریان به شبکه نامتعادل و تکفاز از طریق کنترل کننده تکراری.

۲- بررسی امکان تولید شکل موجهای جریان آلوده به هارمونیک و تزریق آن به شبکه از طریق کنترل کننده تکراری.

۳- انتقال توان از سیستم فتوولتاییک به شبکه با کنترل ولتاژ سیستم فتولتاییک برای جذب حداکثر توانن ممکن.

۴- بررسی عملکرد دوطرفه مبدل متصل به شبکه برای شارژ و دشارژ باتری به عنوان یک منبع تولید پراکنده.

ی- تعریف واژه‌ها و اصطلاحات فنی و تخصصی (به صورت مفهومی و عملیاتی با استناد به منابع کاربردی)**:**

مبدل الکترونیک قدرت: به سیستمهایی اطلاق می‌شود که توسط آن شکل موج، اندازه، فرکانس، فاز و دامنه متغیرهای ولتاژ و جریان از یک مقدار به مقدار دیگر تغییر میکند. مرسوم ترین مبدلهای الکترونیک قدرت مبدلهای DC/DC، DC/AC، AC/DC، AC/DC/AC، AC/AC می باشند.

اینورتر: به مبدلهای الکترونیک قدرت برای تبدیل کمیات ولتاژ و جریان AC به DC و بالعکس اطلاق میشود.

سیستم کنترل: به سیستمهایی گفته میشود که توسط آن متغیرهای تحت کنترل با مقادیر مرجع (Set Point) برابر میشوند.

منابع تولید پراکنده: منابع تولید توان غیر متمرکز که با ظرفیتهای پایین در نقاط مختلف سیستم قدرت به شبکه متصل میشوند. سیستمهای فتوولتاییک، باتریها، پیل سهای سوختی و توربینهای بادی از اصلی ترین منابع تولید پراکنده هستند.

سیستم کنترل تکراری: یک روش کنترل بر پایه ایجاد بازه های تاخیر و فیدبک با ضریب مثبت است که در آن گین کنترل کننده در مولفه اصلی و کلیه هارمونیکها بسیار بالا میباشد.

۵-روش شناسی تحقیق:

الف- شرح کامل روش تحقیق بر حسب هدف، نوع داده ها و نحوه اجراء (شامل مواد، تجهیزات و استانداردهای مورد استفاده در قالب مراحل اجرایی تحقیق به تفکیک):

تذکر: درخصوص تفکیک مراحل اجرایی تحقیق و توضیح آن، از به کار بردن عناوین کلی نظیر، «گردآوری اطلاعات اولیه»، «تهیه نمونه‌های آزمون»، «انجام آزمایش‌ها» و غیره خودداری شده و لازم است در هر مورد توضیحات کامل در رابطه با منابع و مراکز تهیه داده‌ها و ملزومات، نوع فعالیت، مواد، روش‌ها، استانداردها، تجهیزات و مشخصات هر یک ارائه گردد.

مرحله ۱: با استفاده از کتابهای مرجع در زمینه الکترونیک قدرت و سیستمهای کنترل، دید جامعی نسبت به عملکرد مبدلهای الکترونیک قدرت AC/DC و کنترل کننده های آنان به دست آورده می‌شود.

مرحله ۲: پس از شناخت اصول عملکرد مبدلهای الکترونیک قدرت و کنترل کننده های آن، سیستمهای کنترل مناسب مورد بررسی قرار می‌گیرد.

مرحله ۳: در مراحل قبل، شناخت کافی از سیستم مورد مطالعه به دست آمده و درک مسائل مربوطه میسر شده است. لذا در این مرحله به مرور مطالعات انجام شده توسط دیگر محققین پرداخته میشود. با توجه به سطح بالای مقالات ژورنال منتشر شده در IEEE و Elsevier از این دو منبع برای بررسی کارهای انجام شده استفاده میگردد.

مرحله ۴: با شناخت از تحقیقات قبلی، نقاط ضعف و قسمتهای کمتر کار شده مشخص شده و مطالعاتی برای حل آنها صورت میگیرد. در این مرحله ایده مطرح شده به سیستم تحت مطالعه اعمال شده و سیستمهای الکترونیک قدرت و کنترل طراحی میشوند.

مرحله ۵: سیستمهای معرفی شده توسط شبیه سازی در نرم افزار MATLAB/Simulink مورد ارزیابی قرار میگیرند. برای رفع کاستیهای سیستم معرفی شده ممکن است لازم باشد مجددا به مراحل قبل مراجعه شود.

مرحله ۶: پس از حصول پاسخهای مطلوب از شبیه سازیها، گزارش مربوط به عملکرد سیستم تهیه می‌شود.

ب- متغیرهای مورد بررسی در قالب یک مدل مفهومی و شرح چگونگی بررسی و اندازه گیری متغیرها:

مقایسه شکل موجهای مراجع ولتاژ و جریان و مقادیر واقعی تولید شده در سیستم.

نمایش شکل موج ولتاژ سیستم توزیع در حضور و عدم حضور سیستم کنترل تکراری

نمایش توان تولید شده توسط منبع تولید پراکنده

نمایش متغیرهای تعریف کننده کیفیت توان شبکه مانند توزیع نهایی هارمونیک %THD و فاکتور نامتعادلی (Unbalance Factor)

ج – شرح کامل روش (میدانی، کتابخانه‌ای) و ابزار (مشاهده و آزمون، پرسشنامه، مصاحبه، فیش‌برداری و غیره) گردآوری داده‌ها :

روش گردآوری اطلاعات به صورت کتابخانه ای است و از طریق بررسی کتب و مقالات منتشر شده در موسسات معتبری چون IEEE, Elsevier, Springer به دست آورده میشوند.

د – جامعه آماری، روش نمونه‌گیری و حجم نمونه (در صورت وجود و امکان):

هـ - روش‌ها و ابزار تجزیه و تحلیل داده‌ها:

سیستم مورد نظر از طریق معادلات ریاضی مدل می‌شود و با توجه به این مدل عملکرد سیستم پیش‌بینی شده و بر مبنای این مدلسازی سیستم کنترل طراحی می‌شود. در نهایت نتایج حاصل از شبیه‌سازی در محیط MATLAB/Simulink با نتایج پیشبینی شده مقایسه شده و صحت مدلسازی بررسی می‌شود.

ث- منابع مورد استفاده (به ترتیب حروف الفبا)**:**

1- Elsevier Journal on Electric Power Systems Research

2- Elsevier Journal on Electrical Power and Energy Systems

3- IEEE Transactions on Energy Conversion

4- IEEE Transactions on Industrial Electronics

5- IEEE Transactions on Power Electronic

۶- استفاده از امکانات آزمایشگاهی واحد:

آیا برای انجام تحقیقات نیاز به استفاده از امکانات آزمایشگاهی واحد علوم و تحقیقات می‌باشد؟ بلی □ خیر□

در صورت نیاز به امکانات آزمایشگاهی لازم است نوع آزمایشگاه، تجهیزات، مواد و وسایل مورد نیاز در این قسمت مشخص گردد.

نوع آزمایشگاه	تجهیزات مورد نیاز	مواد و وسایل	مقدار مورد نیاز

امضاء استاد راهنما: **امضاء مدیرگروه تخصصی:**

۷- زمان بندی انجام تحقیق:

الف- تاریخ شروع: ..... ب- مدت زمان انجام تحقیق: ..... ج- تاریخ اتمام: .....

تذکر: لازم است کلیه فعالیت‌ها و مراحل اجرایی تحقیق (شامل زمان ارائه گزارشات دوره‌ای) و مدت زمان مورد نیاز برای هر یک، به تفکیک پیش‌بینی و در جدول مربوطه درج گردیده و در هنگام انجام عملی تحقیق، حتی‌الامکان رعایت گردد.

پیش بینی زمان بندی فعالیت ها ومراحل اجرایی تحقیق و ارائه گزارش پیشرفت کار

ردیف	شرح فعالیت	زمان کل (ماه)	زمان اجرا به ماه											
			۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲

توجه:

۱- زمان و نوع فعالیت های اجرایی پایان نامه حتی الامکان باید با مندرجات جدول منطبق باشد.

۲- حداقل زمان قابل قبول برای پیش بینی مراحل مطالعاتی و اجرایی پایان نامه کارشناسی ارشد ۶ ماه و حداکثر ۱۲ ماه می باشد.

۸- صورتجلسه گروه تخصصی

نام و نام‌خانوادگی دانشجو: امضاء تاریخ

-

نام و نام‌خانوادگی استاد راهنما: امضاء تاریخ

-۱

نام و نام‌خانوادگی استاد یا استادان مشاور: امضاء تاریخ

-۱

-۲

نام و نام‌خانوادگی عضو کمیته نظارت بر تحقیق امضاء تاریخ

-۱

شورای گروه تخصصی .....در تاریخ ..... در محل واحد علوم و تحقیقات اردبیل با حضور اعضای مربوطه تشکیل و موضوع پایان نامه آقای/ خانم ..... با عنوان «.....» بررسی و به تصویب رسید.

نام و نام‌خانوادگی اعضای شورا **امضاء** **تاریخ**

-۱

-۲

-۳

-۴

-۵

نام و نام‌خانوادگی مدیر گروه: **امضاء** **تاریخ**

۹- صورتجلسه شورای (پژوهشی) دانشگاه:

موضوع و طرح تحقیق پایان‌نامه آقای/خانم ..... دانشجوی مقطع کارشناسی ارشد گروه ..... گرایش ..... با عنوان .....

که به تصویب کمیته گروه تخصصی مربوطه رسیده است، در جلسه مورخ ..... شورای (پژوهشی) دانشگاه طرح شد و پس از بحث و تبادل نظر مورد تصویب اکثریت اعضاء:

قرار گرفت ☐ قرار نگرفت☐

ردیف	نام و نام‌خانوادگی	نوع رأی		محل امضاء	توضیحات
		موافق	مخالف		
۱					
۲					
۳					
۴					
۵					
۶					
۷					
۸					
۹					

نام و نام خانوادگی مدیر/کارشناس پژوهشی دانشگاه: امضاء تاریخ

نام و نام خانوادگی رئیس دانشگاه: امضاء تاریخ

این فرم باید توسط دانشجو تکمیل شود

فرم سازمان مرکزی دانشگاه آزاد اسلامی

فرم الف- فرم اطلاعات پایان‌نامه کارشناسی ارشد

نام واحد دانشگاهی:		
عنوان پایان‌نامه کارشناسی ارشد:		
نام و نام‌خانوادگی دانشجو:		نیمسال تحصیلی:
شماره دانشجویی:		تعداد واحد پایان‌نامه:
رشته تحصیلی:	گرایش:	کد رشته:
فنی و مهندسی ☐ کشاورزی ☐	علوم انسانی ☐ هنر ☐	علوم پایه ☐
نام و نام‌خانوادگی استاد راهنما:		رشته تحصیلی:
مرتبه علمی: استادیار ☐ دانشیار ☐	استاد ☐	کد شناسایی استاد راهنما:
نام و نام‌خانوادگی استاد مشاور ۱:		رشته تحصیلی:
مرتبه علمی: استادیار ☐ دانشیار ☐	استاد ☐ مربی ☐	کد شناسایی استاد راهنما:
نام و نام‌خانوادگی استاد مشاور ۲:		رشته تحصیلی:
مرتبه علمی: استادیار ☐ دانشیار ☐	استاد ☐ مربی ☐	کد شناسایی استاد راهنما:

فرم شماره ۱

فرم تعهد اساتید در قبال نتایج حاصل از پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد یا رساله دکتری

اینجانبان اساتید راهنما و مشاور پایان‌نامه / رساله، خانم/آقای .....، دانشجوی مقطع..... رشته ..... گرایش..... با عنوان «.....
.....

متعهد می‌شویم بدون در نظر گرفتن حقوق دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات اردبیل نسبت به انتشار نتایج حاصل از تحقیق مذکور (در قالب کتاب، مقاله، طرح تحقیقاتی، اختراع، اکتشاف و ...) اقدام ننمائیم.

نام و نام‌خانوادگی استاد راهنما:
تاریخ و امضاء

نام و نام‌خانوادگی استاد مشاور:
تاریخ و امضاء

نام و نام‌خانوادگی استاد مشاور:
تاریخ و امضاء

درتاریخ ..... فرم مزبور که به امضاء اساتید محترم راهنما و مشاور رسیده‌است، دریافت گردید.

امضاء مدیر پژوهش دانشگاه

فرم شماره ۲

فرم تعهد دانشجویان در قبال نتایج حاصل از پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد یا رساله دکتری

اینجانب ..... دانشجوی ورودی ..... مقطع ..... رشته ..... گرایش ..... که موضوع پایان‌نامه/رساله‌ام تحت عنوان:

«.....

.....»

در شورای گروه تخصصی به تصویب رسیده، متعهدمی‌گردم:

الف) کلیه مطالب و مندرجات پایان‌نامه/ رساله ام بر اساس اصول علمی و حاصل از تحقیقات خودم تهیه شود و در صورت استفاده از مطالب، نتایج تحقیقات، نقل قول‌ها، جداول و نمودارهای دیگران در پایان‌نامه/رساله، منابع و ماخذ آن به نحوی که قابل تشخیص و تفکیک از متن اصلی باشد قید گردد.

ب) در صورتیکه از نتایج تحقیقاتم علاوه بر پایان نامه / رساله، کتاب ، مقاله، اختراع، اکتشاف و هر گونه تولیدات علمی حاصل شود، صرفاً بنام دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات اردبیل بوده و این موضوع صراحتاً در مکاتبات و تولیدات اینجانب درج و بر اساس ضوابط دانشگاه اقدام نمایم.

ج) در صورت استفاده از کمکهای مالی و غیر مالی نهادهای دولتی و غیر دولتی از موضوع تحقیق اینجانب مراتب را کتباً به دانشکده اطلاع دهم در غیر اینصورت دانشکده مجاز به تغییر عنوان پایان‌نامه یا سایر اقدامات حقوقی می‌باشد.

نام و نام‌خانوادگی دانشجو
تاریخ و امضاء

در تاریخ ..... فرم مزبور که توسط آقای/ خانم .....به امضاء رسیده است، دریافت گردید.

امضاء مدیر پژوهش دانشگاه

فرم شماره ۵

اینجانبان اساتید راهنما و مشاور پایان نامه / رساله خانم / آقای ..... دانشجوی مقطع ..... رشته ..... گرایش ..... متعهد می‌شویم در کلیه تولیدات علمی مستخرج از این پایان نامه / رساله (اعم از مقاله، طرح پژوهشی، کتاب، اختراع و ....) که به منظور استفاده از تسهیلات تشویقی، سفرهای علمی، فرصت مطالعاتی و امتیاز ارتقاء علمی (اعضاء هیات علمی واحد و ....) ارائه می‌گردد، نسبت به درج آدرس دقیق دانشگاه و واحد و رعایت ترتیب و توالی آن به عنوان تنها آدرس خود بصورت زیر اقدام نمائیم. بدیهی است چنانچه تحت هر شرایطی و در هر زمان، دانشگاه خلاف موارد ذکر شده را مشاهده نماید نسبت به تصمیم اتخاذ شده هیچگونه ادعایی نداشته و حق هر گونه اعتراضی را از خود سلب و ساقط می‌نمائیم.

نام و نام خانوادگی استاد راهنما:

تاریخ و امضاء:

نام و نام خانوادگی استاد مشاور:

تاریخ و امضاء:

نام و نام خانوادگی استاد مشاور:

تاریخ و امضاء:

اینجانب ..... دانشجوی ورودی ..... مقطع ..... رشته .....گرایش ..... متعهد می‌شوم در کلیه تولیدات علمی مستخرج از پایان نامه / رساله‌ام با عنوان «.....

.....»

به منظور تسویه حساب و یا استفاده از تسهیلات تشویقی و سفرهای علمی و ..... نسبت به درج آدرس دقیق دانشگاه و واحد و رعایت ترتیب و توالی آن بصورت ذیل به عنوان تنها آدرس خود اقدام نمایم. بدیهی است چانچه تحت هر شرایطی و در هر زمان، دانشگاه خلاف موارد ذکر شده را مشاهده نماید نسبت به تصمیم اتخاذ شده هیچگونه ادعایی نداشته و حق هر گونه اعتراضی را از خود سلب و ساقط می نمایم.

نام و نام خانوادگی دانشجو:

تاریخ و امضاء: