



دانشکده مهندسی برق

سمینار کارشناسی ارشد

کنترل مستقیم گشتاور در موتورهای القایی دو تغذیه و شیوه‌های بهبود عملکرد این روش

اساتید راهنما:

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

کنترل مستقیم گشتاور در موتورهای القایی دو تغذیه و شیوه‌های

بهبود عملکرد این روش

چکیده

در سال‌های اخیر روش‌های بهبود عملکرد کنترل مستقیم گشتاور (DTC) در موتورهای القایی دو تغذیه مورد توجه بسیاری از محققان قرار گرفته است. موضوع اصلی روش کنترل مستقیم گشتاور چگونگی انتخاب بردار ولتاژ مناسب برای کنترل گشتاور و دیگر کمیات مورد کنترل می‌باشد.

روش کنترل مستقیم گشتاور کلاسیک در موتورهای القایی دو تغذیه مانند موتورهای القایی معمولی دارای نقاط ضعفی می‌باشد. ضمناً با توجه به اینکه ماشین القایی دو تغذیه اغلب به صورت ژنراتور در نیروگاه بادی استفاده می‌گردد. ایجاد شرایط لازم برای اتصال نیروگاه به شبکه و امکان ایجاد کنترل جریان راکتیو و ضریب توان در شبکه دارای اهمیت بسیاری می‌باشد.

در این سمینار علاوه بر بیان روش‌هایی برای از بین بردن عیوب کنترل مستقیم گشتاور کلاسیک نظیر کاهش کاهش و تثبیت فرکانس کلیدزنی و کاهش ریپل شار و گشتاور به بیان ساختارهایی از روش کنترل مستقیم گشتاور می‌پردازیم که در آن بتوان سنکرونیسم ژنراتور با شبکه را فراهم کرد و یا جریان راکتیو و ضریب توان را توسط این ساختار کنترل کرد.

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه

- ۱-۱- اهمیت کنترل موتور القایی ۱
- ۱-۲- محرکه های با کارایی بالا در کنترل موتورهای القایی ۱
- ۱-۳- کنترل برداری موتور القایی ۳
- ۱-۴- کنترل مستقیم گشتاور ۴
- ۱-۵- اهمیت استفاده از ماشین القایی دو تغذیه ۶

فصل دوم: اصول کلی کنترل مستقیم گشتاور

- ۲-۱- مقدمه ۹
- ۲-۲- بردارهای اینورتر منبع ولتاژ سه فاز (VSI) ۱۰
- ۲-۳- کنترل مستقیم شار : ۱۱
- ۲-۴- کنترل مستقیم گشتاور : ۱۵
- ۲-۵- تشکیل جدول کلید زنی ۱۸

فصل سوم: کنترل مستقیم گشتاور با دو جدول کلیدزنی

- ۳-۱- مدل VSI ۲۱

۲۳.....	DFIM مدل ۲-۳
۲۶.....	مدل نهایی ۳-۳
۲۷.....	کنترل مستقیم گشتاور ۴-۳
۲۷.....	اصول DTC ۳-۴-۱
۳۰.....	DTC به کار رفته برای موتور القایی دو تغذیه ۲-۳-۴
۳۳.....	نتایج آزمایش ۵-۳

فصل چهارم: کاهش ریپل گشتاور در موتور القایی با جاروبک

۳۷.....	موتور القایی دو تغذیه ۱-۴
۳۸.....	مطالعه تاثیر بردارهای ولتاژبر موتور القایی دو تغذیه-۴ ۲
۴۱.....	استراتژی DTC پیشبین برای حداقل کردن ریپل گشتاور در فرکانس سوئیچینگ ثابت ۳-۴
۴۳.....	استراتژی کنترل DTC برای کاهش ریپل گشتاور و شار و فرکانس کلیدزنی کم ۴-۴
۴۷.....	کاهش تلفات توان در حالت کلید زنی ۵-۴
۵۰.....	نتایج شبیه سازی ۴-۶

فصل پنجم: کنترل مستقیم گشتاور ژنراتور القایی دو تغذیه با ضریب توان قابل تنظیم روتور

۵۳.....	مدل توربین بادی ۵-۱
۵۴.....	اصول کنترل مستقیم گشتاور ۵-۲
۵۷.....	کنترل ضریب توان قابل تنظیم روتور ۵-۳

۵۸.....	۵-۴-ارتباط میان ضریب توان استاتور و ضریب توان روتور
۵۹.....	۵-۵-تعیین سیستم کنترل مستقیم گشتاور در DFIG
۶۱.....	۵-۶-تخمین سکتور شار روتور
۶۲.....	۷-۵-انتخاب بردار ولتاژ روتور
۶۴.....	۵-۸-کنترل مستقیم گشتاور با ضریب توان قابل تنظیم استاتور
۶۹.....	۵-۹-نتایج شبیه سازی

فصل ششم: سنکرونیزم با شبکه برای ماشین‌های القایی دو تغذیه توسط کنترل مستقیم گشتاور

۷۳.....	۶-۱-مقدمه
۷۴.....	۶-۲-تشریح سیستم DFIG
۷۶.....	۶-۲-۱ DTC برای مبدل سمت روتور
۷۹.....	۶-۲-۲-کنترل برداری مبدل سمت منبع
۸۰.....	۳-۶-فرایند سنکرونیزم با شبکه
۸۲.....	۴-۶-کنترل مستقیم گشتاور برای ایجاد سنکرونیزم
۸۴.....	۶-۵-باز بست خودکار
۸۴.....	۶-۶-کنترل مستقیم گشتاور مجازی برای ماشین‌های القایی دو تغذیه متصل به شبکه
۸۶.....	۶-۶-۱-اصول کنترل مستقیم گشتاور مجازی
۹۳.....	۷-۶-نتایج شبیه سازی

فصل هفتم: کنترل مستقیم گشتاور برای موتورهای القایی دو تغذیه بدون جاروبک

۹۸.....	۱-۷- مقدمه
۹۹.....	۲-۷- ماشین مدل
۱۰۱.....	۳-۷- سرعت عملکرد سنکرون
۱۰۱.....	۴-۷- کنترل مستقیم گشتاور
۱۰۲.....	۷-۴-۱- معادلات توصیف کننده مشتق شار و گشتاور
۱۰۵.....	۷-۴-۲- جدول بردارهای ولتاژ
۱۰۹.....	۷-۴-۵- استراتژی حداقل کردن ریپل گشتاور
۱۱۲.....	۶-۷- نتایج شبیه سازی
۱۱۲.....	نتیجه گیری
۱۱۲.....	مراجع

فهرست اشکال

فصل اول: مقدمه

شکل ۱-۱- دسته بندی انواع روشهای کنترل موتور القایی [۲]..... ۲

فصل دوم: اصول کلی کنترل مستقیم گشتاور

شکل (۱-۲)- ساختار کلی اینورتر منبع ولتاژ..... ۱۰

شکل ۲-۲- بردارهای ولتاژ فضایی کلید زنی اینورتر در DTC پایه ۱۱

شکل ۳-۲- بردارهای ولتاژ برای افزایش یا کاهش شار استاتور ۱۲

شکل ۴-۲- انتخاب بردارهای ولتاژ برای کنترل شار استاتور در باند هیستریزیس..... ۱۳

شکل ۵-۲- مقایسه گر هیستریزیس دو سطحی کنترل شار..... ۱۴

شکل ۶-۲- شکل موجهای شار استاتور و خطای آن و پاسخ مقایسه گر هیستریزیس ۱۴

شکل ۷-۲- تغییرات زاویه بین شار روتور و استاتور..... ۱۶

شکل ۸-۲- مقایسه گر هیستریزیس سه سطحی کنترل گشتاور ۱۷

شکل ۹-۲- تاثیر انتخاب بردارهای ولتاژ در صورتی که شار استاتور در سکتور k باشد [۴]..... ۱۸

فصل سوم: اصول کلی کنترل مستقیم گشتاور

شکل ۱-۳- نمایش اینورتر و سیم پیچ های متصل به آن..... ۲۱

شکل ۲-۳- نمایش بردارهای ولتاژ تولید شده توسط اینورتر دو سطحی ۲۲

جدول ۱-۳- بردارهای ایجاد شده توسط کلیدزنیهای مختلف در اینورتر دو سطحی ۲۲

شکل ۳-۳- نمایش سیم پیچ های موتور القایی دو تغذیه در قاب مرجع دو فاز ۲۳

شکل ۴-۳- بلوک دیاگرام معادل سیم پیچ های ماشین القایی دو تغذیه ۲۴

شکل ۵-۳- نمایش ماشین القایی دو تغذیه و مبدل های متصل به آن ۲۷

شکل ۶-۳- نمایش حرکت بردارهای شار تحت تاثیر بردار ولتاژ اینورتر ۲۸

شکل ۷-۳- نمایش تاثیر تمام بردارهای موجود بر شار استاتور ۲۹

شکل ۸-۳- نمایش سیم پیچ های روتور و استاتور در قاب مرجع گردان دو فاز ۳۱

- شکل ۳-۹- سیستم کنترل مستقیم گشتاور با دو جدول کلیدزنی ۳۲
- شکل ۳-۱۰- مقایسه بین تایج حاصل از آزمایش و شبیه سازی برای شار وتور و استاتور ۳۲
- شکل ۳-۱۱- مقایسه نتایج حاصل از آزمایش و شبیه سازی برای موتور القایی دو تغذیه ۳۳

فصل چهارم: کاهش ریپل گشتاور در موتور القایی با جاروبک

- شکل ۴-۱- بردارهای شار در صفحه بردارهای فضایی در حالت موتوری ۳۹
- شکل ۴-۲- رسم مشتق شار و گشتاور بر حسب مکان زاویه‌ای شار ۴۰
- شکل ۴-۳- شکل موج حالت مانای گشتاور و شار در حالت موتوری و ژنراتوری ۴۲
- شکل ۴-۴- شکل موج حالت مانای گشتاور و شار در حالت موتوری و ژنراتوری ۴۴
- شکل ۴-۵- سیستم کنترل مستقیم گشتاور با ریپل شار کاهش یافته ۴۹
- شکل ۴-۶- نتایج حاصل از اعمال روش کنترل مستقیم گشتاور با کنترل پیشبین ۴۹

فصل پنجم: کنترل مستقیم گشتاور ژنراتور القایی دو تغذیه با ضریب توان قابل تنظیم روتور

- شکل ۵-۱- رابطه بین سرعت نوک پره و ضریب انرژی توربین ۵۴
- شکل ۵-۲- سیستم ژنراتور القایی دو تغذیه ۵۵
- شکل ۵-۳- بردارهای ولتاژ و نحوه سکتور بندی مکان شار ۵۶
- شکل ۵-۴- تاثیر بردار های ولتاژ بر جریان راکتیو روتور ۵۸
- شکل ۵-۵- رابطه میان ضریب توان روتور و استاتور ۵۹
- شکل ۵-۶- بلوک دیاگرام سیستم کنترل با قابلیت کنترل ضریب توان روتور ۶۰
- شکل ۵-۷- نمایش محاسبه جریان راکتیو روتور ۶۱
- شکل ۵-۸- بردارهای ولتاژ و نحوه سکتور بندی مکان شار ۶۴
- شکل ۵-۹- دیاگرام فازوری بردار ولتاژ روتور بر حسب بردار ولتاژ استفاده شده v^1 ، v^2 و v^3 ۶۵
- شکل ۵-۱۰- سیستم کنترل مستقیم گشتاور با قابلیت کنترل ضریب توان استاتور ۶۷
- شکل ۵-۱۱- بردارهای ولتاژ به کار رفته شده در سکتور یک ۷۰
- شکل ۵-۱۲- جریان و ولتاژ روتور و استاتور در جریانهای راکتیو مختلف ۷۱

فصل ششم: سنکرونیزم با شبکه برای ماشین‌های القایی دو تغذیه توسط کنترل مستقیم گشتاور

- شکل ۶-۱- نحوه اتصال ژنراتور القایی دو تغذیه به شبکه ۷۵
- شکل ۶-۲- کنترل مستقیم گشتاور برای مبدل سمت روتور ۷۶
- شکل ۶-۳- نمایش شار روتور و استاتور در قاب مرجع گردان روتور ۷۷
- شکل ۶-۴- سیستم کنترل برداری مبدل سمت منبع ۸۰
- شکل ۶-۵- اصول کنترل مستقیم گشتاور برای ایجاد سنکرونیزم ۸۳
- شکل ۶-۶- بردار شار روتور، استاتور و شبکه ۸۹
- شکل ۶-۷- کنترل مستقیم گشتاور مجازی برای اتصال موتور القایی دو تغذیه به شبکه ۹۲
- شکل ۶-۹- جریان استاتور در فرآیند سنکرونیزم ۹۵
- شکل ۶-۸- ولتاژ لینک DC در فرآیند سنکرونیزم ۹۵
- شکل ۶-۱۰- جریان روتور در فرآیند سنکرونیزم ۹۶
- شکل ۶-۱۱- گشتاور ژنراتور در فرآیند سنکرونیزم ۹۶
- شکل ۶-۱۲- جریان و ولتاژ مبدل در فرآیند سنکرونیزم ۹۶

فصل هفتم: کنترل مستقیم گشتاور برای موتورهای القایی دو تغذیه بدون جاروبک

- شکل ۷-۱- مشتق شار و گشتاور بر حسب مکان زاویه‌های شار ۱۰۳
- شکل ۷-۲- تغییر منحنی مشتق گشتاور با تغییر سطح گشتاور ۱۰۴
- شکل ۷-۳- تغییر منحنی مشتق گشتاور با تغییر سرعت ماشین ۱۰۵
- شکل ۷-۴- تعیین بردار ولتاژ مناسب وقتی که شار در سکتور ششم قرار دارد ۱۰۷
- شکل ۷-۵- سیستم کنترل مستقیم گشتاور با تقدم شار ۱۰۸
- شکل ۷-۶- سیستم کنترل مستقیم گشتاور با تقدم گشتاور ۱۰۹
- شکل ۷-۷- شکل موج حالت مانای گشتاور و شار در حالت موتوری و ژنراتوری ۱۱۰
- شکل ۷-۸- سیستم کنترل مستقیم گشتاور با گشتاور ریپل حاد اقل شده ۱۱۱
- شکل ۷-۹- پاسخ دینامیکی ماشین القایی دو تغذیه بدون جاروبک با کنترل پیشبین ۱۱۳

فهرست جداول

- جدول ۱-۲- دسته بندی نقش اعمال هر یک از بردارهای ولتاژ ۱۵
- جدول ۲-۲- جدول ارجاع کلید زنی در DTC ۱۹
- جدول ۱-۳- بردارهای ایجاد شده توسط کلیدزنیهای مختلف در اینورتر دو سطحی ۲۲
- جدول ۲-۳- جدول تعیین بردار ولتاژ مناسب برای اعمال به اینورتر ۳۰
- جدول ۱-۴- جدول ولتاژ برای تعیین بردار ولتاژ فعال اول ۴۵
- جدول ۲-۴- جدول بردار ولتاژ برای تعیین بردار ولتاژ فعال دوم ۴۵
- جدول ۳-۴- جدول بردار ولتاژ برای تعیین بردار ولتاژ فعال دوم ۴۸
- جدول ۱-۵- نحوه تعیین سکتور شار پیوندی ۶۲
- جدول ۲-۵- جدول انتخاب بردار و ولتاژ روتور ۶۳
- جدول ۳-۵- نحوه تعیین بردار ولتاژ مناسب روتور ۶۹
- جدول ۱-۶- نحوه انتخاب بردار ولتاژ مناسب در اینورتر ۷۸
- جدول ۱-۷- جدول کلیدزنی کنترل مستقیم گشتاور پیشبین برای موتورهای القایی دو تغذیه بدون جاروبک ۱۰۶