دانشگاه تهران

مشخصات کلی، برنامه درسی و سرفصل دروس

دوره:کارشناسی ارشد

رشته : مهندسی برق – قدرت

گرایش: ۱- سیستم های قدرت

۲- تکنولوژی فشار قوی

۳- ماشینهای الکتریکی

۴ - الکترونیک قدرت

پردیس دانشکده های فنی

مصوب جلسه مورخ ۸۴/۹/۲۹ شورای برنامه ریزی آموزشی دانشگاه

این برنامه بر اساس آیین نامه وزارتی تفویض اختیارات برنامه ریزی درسی به دانشگاههای دارای هیات ممیزه توسط اعضای هیات علمی دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر پردیس دانشکده های فنی بازنگری شده و در یکصد و بیست و هفتمین جلسه شورای برنامه ریزی آموزشی دانشگاه مورخ ۸۴/۹/۲۹ به تصویب رسیده است.

مصوبه شورای برنامه ریزی آموزشی دانشگاه تهران در خصوص برنامه درسی

رشته : مهندسی برق - قدرت با ۴ گرایش

مقطع : کارشناسی ارشد

برنامه درسی دوره کارشناسی ارشد مهندسی برق – قدرت با ۴ گرایش که توسط اعضای هیات علمی دانشکده منهدسی برق و کامپیوتر پردیس دانشکده های فنی بازنگری شده است با اکثریت آراء به تصویب رسید.

- این برنامه از تاریخ تصویب لازم الاجرا است.
- هر نوع تغییر در برنامه مجاز نیست مگر آنکه به تصویب شورای برنامه ریزی آموزشی دانشگاه برسد .

سید حسین حسینی
معاون آموزشی و تحصیلات تکمیلی دانشگاه

جلیل راشد محصل
دبیرشورای برنامه ریزی آموزشی دانشگاه

رای صادره جلسه مورخ ۸۴/۹/۲۹ شورای برنامه ریزی آموزشی دانشگاه در مورد بازنگری برنامه درسی رشته مهندسی برق – قدرت با ۴ گرایش در مقطع کارشناسی ارشد صحیح است، به واحد ذیربط ابلاغ شود.

عباسعلی عمید زنجانی
رئیس دانشگاه

فصل اول

مشخصات کلی رشته

مشخصات کلی دوره کارشناسی ارشد مهندسی برق - قدرت

۱- تعریف و هدف :

دوره کارشناسی ارشد مهندسی برق - قدرت مرکب از دروس نظری و کار تحقیقاتی در زمینه‌های قدرت الکتریکی است. هدف از ایجاد این دوره، تربیت دانش‌آموختگانی است که با فعالیت در زمینه‌های برنامه‌ریزی، مدیریت بهره‌برداری، طراحی و پیاده‌سازی پروژه‌های تولید و تبدیل، انتقال، توزیع انرژی الکتریکی و تأسیسات الکتریکی، طراحی ادوات قدرت، بهره‌برداری بهینه ادوات و سیستم‌های قدرت و پردازش انرژی الکتریکی بتواند به نحو مؤثری پاسخگوی نیازها و کمبودهای کشور باشند. فارغ‌التحصیلان این دوره می‌توانند علاوه بر کار آموزشی و یا پژوهشی در دانشگاه‌ها در سطح مراکز تحقیقاتی و یا وزارتخانه‌ها و سازمان‌های مسئول اجرای طرح‌های صنعتی که در سطح وسیع با مسائل قدرت الکتریکی روبرو هستند، فعالیت نمایند.

۲- ضرورت و اهمیت :

الف – ضرورت‌ها :

۱- تأمین نیروی انسانی متخصص برای انجام فعالیت‌های حرفه‌ای تخصصی در زمینه مهندسی برق - قدرت

۲- تأمین نیروی متخصص لازم برای مؤسسات آموزشی و پژوهشی

۳- تربیت نیروی متخصص برای برنامه‌ریزی و توسعه صنعت برق

ب- اهمیت :

امکان ادامه تحصیل و ارتقای علمی دانش‌آموختگان کارشناسی قدرت و سایر دوره‌های کارشناسی برق باعث می‌شود تا مهندسین با تخصص بالاتر به جامعه عرضه گردد و از این راه نیازهای صنعت برق کشور تأمین گردد. ضمناً دانش‌آموختگان این دوره قابلیت ورود به دورهٔ دکترا را خواهند داشت.

۳- طول دوره و شکل نظام :

حداقل طول این دوره ۳ نیمسال است، بدین‌معنی که دانشجویانی که ناچار به گرفتن دروس جبرانی نیستند، چنانچه کار درسی و تحقیقاتی خود را به نحو مطلوبی انجام دهند، می‌توانند دوره را در ۳ نیمسال به پایان برسانند، نظام آموزشی آن واحدی است و هر واحد نظری ۱۶ ساعت است.

۴- تعداد واحدهای درسی :

دانشجو برای دوره کارشناسی ارشد قدرت باید حداقل ۳۲ واحد درسی و تحقیقاتی به شرح زیر را با موفقیت بگذراند.

دروس اصلی	۹ واحد
دروس تخصصی	۹ واحد
دروس اختیاری	۶ واحد
سمینار یا آزمایشگاه پژوهشی	۲ واحد
پایان‌نامه*	۶ واحد
جمع	۳۲ واحد

*کمیته تحصیلات تکمیلی دانشکده (گروه آموزشی) مجری دوره می‌تواند در ازای حذف یک درس اختیاری ۳ واحد، تعداد واحد پایان‌نامه را به ۹ افزایش دهد

دانشگاه تهران
شورای برنامه‌ریزی

علاوه بر موارد فوق، هر دانشجوی این دوره که قبلاً در دوره کارشناسی، دروس جبرانی را نگذرانده باشد، باید با موفقیت آنها را بگذراند. از دروس جبرانی واحدی به دانشجو تعلق نمی‌گیرد.

سمینار قدرت :

سمینار قدرت شامل قسمت‌های زیر می‌باشد :

معرفی فعالیت‌های جاری، مشکلات و مسائل کشور در زمینه قدرت، معرفی زمینه های تحقیقاتی که دانشجویان ممکن است پروژه خود را از میان آنها برگزینند.

انتخاب یک موضوع مناسب و تهیه یک گزارش توسط هر دانشجو و ارائه آن.

آزمایشگاه پژوهشی قدرت :

گذراندن آزمایشگاه پژوهشی در یکی از بخش‌های تخصصی قدرت نظیر تکنولوژی فشارقوی، ماشین‌های الکتریکی، محرکه‌های الکتریکی، الکترونیک قدرت، سیستم‌های قدرت و غیره که در ارتباط با پایان‌نامه دانشجو می‌باشد. هدف از آزمایشگاه پژوهشی ایجاد قابلیت در دانشجو به منظور فراگیری انجام آزمون‌های صنعتی، تحقیق تجربی مطالب پیشرفته مطرح شده در دروس کارشناسی ارشد، مقایسه عملی روش‌ها، آشنایی با وسایل اندازه‌گیری و پردازش سیگنال پیشرفته می‌باشد. دانشجو باید از فعالیت‌های انجام شده در آزمایشگاه پژوهشی یک گزارش تهیه نماید.

پایان‌نامه :

تعداد واحدهای پایان‌نامه به انتخاب کمیته تحصیلات تکمیلی دانشکده (گروه آموزشی) ۶ یا ۹ می‌باشد. پیشنهاد می‌شود پایان‌نامه در راستای اهداف آرمانی برنامه و تربیت کارشناس ارشد ایده‌آل (بخش‌های ۳ و۴) تعریف شود. برای تعریف موضوع پایان‌نامه، حل مشکلات فعلی و آتی صنعت کشور در زمینه مهندسی قدرت در کنار موضوع‌های تحقیق در مرزهای دانش و فناوری پیشرفته بایستی مورد توجه قرار گیرند.

دروس جبرانی :

دروس زیر از دوره کارشناسی قدرت، با نظر کمیته تحصیلات تکمیلی، به عنوان دروس جبرانی دوره محسوب می‌شوند :

ماشین‌های الکتریکی ۳	۳ واحد
بررسی سیستم‌های قدرت	۳ واحد
الکترونیک صنعتی	۳ واحد
عایق‌ها و فشارقوی	۳ واحد

۵- شرایط گزینش دانشجو :

۱- دوره‌های کارشناسی پیش‌نیاز : این دوره براساس برای فارغ‌التحصیلان کارشناسی «قدرت» برنامه‌ریزی شده است، لیکن فارغ‌التحصیلان دیگر دوره‌های کارشناسی برق (الکترونیک، مخابرات، کنترل و سخت‌افزار کامپیوتر) و همچنین فارغ‌التحصیلان دوره «مهندسی برق» می‌توانند در آن شرکت کنند، مشروط بر آنکه دروس جبرانی، تعیین شده را با موفقیت بگذرانند.

۲- آزمون ورودی : آزمون ورودی بطور کتبی از دروس پایه و اصلی برق و تخصصی قدرت به عمل می‌آید، لیکن به نحوی تنظیم می‌گردد که کسانی که دروس تخصصی قدرت را نگذرانده‌اند اما پایه قوی در یکی دیگر از دوره‌های کارشناسی برق (یا در مهندسی برق) دارند، امکان موفقیت در آن را داشته باشند.

دانشگاه تهران
شورای برنامه‌ریزی

۳- دانستن یک زبان خارجی علمی : تسلط به یک زبان خارجی علمی به نحوی که دانشجو بتواند به سهولت از متون علمی برق آن زبان استفاده نماید ضروری است.

۴- مصاحبه تخصصی : گروه آموزشی ممکن است در صورت تشخیص با کسانی که در آزمون ورودی موفق شده‌اند، در زمینه‌های تخصصی، مصاحبه شفاهی بعمل آورد.

۶- مواد آزمون و ضرائب آن :

۱- زبان عمومی و تخصصی	۳ واحد
۲- ریاضیات (معادلات دیفرانسیل، ریاضی مهندسی، آمار و احتمالات)	۴ واحد
۳- مدارهای الکتریکی ۱ و ۲	۴ واحد
۴- ماشین‌های الکتریکی ۱ و ۲	۳ واحد
۵- سیستم‌های کنترل خطی	۳ واحد
۶- الکترومغناطیس	۳ واحد
۷- بررسی قدرت یک	۴ واحد

دانشگاه تهران
دفتر طرح برنامه ریزی

فصل دوم

جداول دروس

مهندسی برق – قدرت در مقطع کارشناسی ارشد

۱- دروس اصلی :

جدول ۱ : دروس اصلی مهندسی برق – قدرت

ردیف	نام درس	تعداد واحد			ساعات درس			پیش‌نیاز
		تئوری	عملی	جمع‌کل	تئوری	عملی	جمع‌کل	
۱	دینامیک سیستم‌های قدرت الکتریکی (۱)	۳	–	۳	۴۸	–	۴۸	بررسی سیستم‌های قدرت۲ ماشین‌های الکتریکی ۳
۲	الکترونیک قدرت (۱)	۳	–	۳	۴۸	–	۴۸	الکترونیک صنعتی
۳	تئوری جامع ماشین‌های الکتریکی	۳	–	۳	۴۸	–	۴۸	ماشین‌های الکتریکی ۳
جمع		۹	–	۹	۱۴۴	–	۱۴۴	

هر دانشجو باید سه درس (۹ واحد) از مجموعه دروس اصلی را بگذراند.

دانشگاه تهران
شورای برنامه‌ریزی

۲- دروس تخصصی - اختیاری :

دانشجویان باقیمانده واحدهای درسی خود را، با موافقت استاد راهنما و کمیته تحصیلات تکمیلی، از لیست دروس تخصصی و اختیاری گرایش خود انتخاب نمایند. پیشنهاد می‌شود نحوه انتخاب دروس تخصصی و اختیاری به صورت سه درس از بسته دروس تخصصی و دو درس از بسته دروس اختیاری باشد.

جدول ۲ : دروس تخصصی گرایش‌های سیستم‌های قدرت و تکنولوژی فشارقوی

ردیف	نام درس	تعداد واحد			ساعات درس			پیش‌نیاز
		تئوری	عملی	جمع‌کل	تئوری	عملی	جمع‌کل	
۱	بهره‌برداری از سیستم‌های قدرت	۳	-	۳	۴۸	-	۴۸	بررسی سیستم‌های قدرت ۲
۲	حفاظت پیشرفته سیستم‌های قدرت	۳	-	۳	۴۸	-	۴۸	رله و حفاظت
۳	توزیع انرژی الکتریکی	۳	-	۳	۴۸	-	۴۸	بررسی سیستم‌های قدرت ۲
۴	تکنولوژی فشارقوی الکتریکی	۳	-	۳	۴۸	-	۴۸	عایق‌ها و فشارقوی الکتریکی
۵	عایق‌ها و فشارقوی الکتریکی پیشرفته	۳	-	۳	۴۸	-	۴۸	عایق‌ها و فشارقوی الکتریکی
۶	بررسی حالات گذرا در سیستم‌های قدرت	۳	-	۳	۴۸	-	۴۸	عایق‌ها و فشارقوی الکتریکی
۷	کنترل توان راکتیو در سیستم‌های قدرت	۳	-	۳	۴۸	-	۴۸	بررسی سیستم‌های قدرت ۲
۸	قابلیت اطمینان در سیستم‌های قدرت	۳	-	۳	۴۸	-	۴۸	بررسی سیستم‌های قدرت ۲ آمار و احتمالات
جمع :		۲۴		۲۴	۳۸۴		۳۸۴	

دانشجویان این زیرگرایش موظفند ۹ واحد از ۲۴ واحد دروس تخصصی زیرگرایش را انتخاب نمایند.

جدول ۳ : دروس تخصصی گرایش‌های ماشین‌های الکتریکی و الکترونیک قدرت

ردیف	نام درس	تعداد واحد			ساعات درس			پیش‌نیاز
		تئوری	عملی	جمع‌کل	تئوری	عملی	جمع‌کل	
۱	کنترل محرکه‌های الکتریکی	۳	-	۳	۴۸	-	۴۸	الکترونیک صنعتی
۲	سیستم‌های کنترل حرکت پیشرفته	۳	-	۳	۴۸	-	۴۸	---
۳	کنترل مدرن	۳	-	۳	۴۸	-	۴۸	سیستم‌های کنترل خطی
۴	سیستم‌های الکترومغناطیسی حرکت خطی	۳	-	۳	۴۸	-	۴۸	---
۵	طراحی ماشین‌های الکتریکی بزرگ	۳	-	۳	۴۸	-	۴۸	ماشین‌های الکتریکی ۳
۶	طراحی ماشین‌های الکتریکی کوچک	۳	-	۳	۴۸	-	۴۸	ماشین‌های الکتریکی ۳
۷	ماشین‌های مخصوص الکتریکی پیشرفته	۳	-	۳	۴۸	-	۴۸	ماشین‌های الکتریکی مخصوص
۸	روش‌های اجزاء محدود در الکترومغناطیس	۳	-	۳	۴۸	-	۴۸	ماشین‌های الکتریکی ۳
جمع :		۲۴	-	۲۴	۳۸۴	-	۳۸۴	

دانشجویان این زیرگرایش موظفند ۹ واحد از ۲۴ واحد دروس تخصصی زیر گرایش را انتخاب نمایند.

دانشگاه تهران
تنزای برنامه‌ریزی

جدول ۴ : دروس اختیاری گرایش‌های سیستم‌های قدرت و تکنولوژی فشارقوی

ردیف	نام درس	تعداد واحد			ساعات درس			پیش‌نیاز
		تئوری	عملی	جمع‌کل	تئوری	عملی	جمع‌کل	
۱	دینامیک سیستم‌های قدرت (۲)	۳		۳	۴۸		۴۸	دینامیک سیستم‌های قدرت ۱
۲	برنامه‌ریزی سیستم‌های قدرت	۳		۳	۴۸		۴۸	بررسی سیستم‌های قدرت ۲
۳	کیفیت توان الکتریکی	۳		۳	۴۸		۴۸	بررسی سیستم‌های قدرت ۲
۴	حفاظت دیجیتال سیستم‌های قدرت	۳		۳	۴۸		۴۸	-
۵	اتوماسیون سیستم‌های قدرت	۳		۳	۴۸		۴۸	-
۶	خواص مواد در مهندسی برق	۳		۳	۴۸		۴۸	-
۷	سیستم‌های هوشمند کاربردی	۳		۳	۴۸		۴۸	-
۸	کاربرد آزمون‌های غیرمخرب در صنعت برق	۳		۳	۴۸		۴۸	-
۹	سیستم‌های انتقال انعطاف‌پذیر (FACTS)	۳		۳	۴۸		۴۸	بررسی سیستم‌های قدرت ۲ الکترونیک صنعتی
۱۰	انتقال انرژی به روش HVDC	۳		۳	۴۸		۴۸	الکترونیک صنعتی
۱۱	دینامیک غیرخطی سیستم‌های قدرت	۳		۳	۴۸		۴۸	ماشین‌های الکتریکی ۳ بررسی سیستم‌های قدرت۲
۱۲	بررسی و شناخت انرژی‌های تجدیدپذیر و سیستم‌های تولید پراکنده	۳		۳	۴۸		۴۸	-
۱۳	مباحث ویژه (۱)	۳		۳	۴۸		۴۸	-
۱۴	مباحث ویژه (۲)	۳		۳	۴۸		۴۸	-
۱۵	یک درس از سایر گرایش‌های کارشناسی ارشد قدرت	۳		۳	۴۸		۴۸	-
۱۶	یک درس از دروس کارشناسی ارشد سایر رشته‌ها	۳		۳	۴۸		۴۸	-
جمع		۴۸		۴۸	۷۶۸		۷۶۸	-

دانشجویان این گرایش موظفند ۶ واحد از ۴۸ واحد جدول ۴ را انتخاب نمایند.

دانشگاه تهران
شورای برنامه‌ریزی

جدول ۵ : دروس اختیاری گرایش‌های ماشین‌های الکتریکی و الکترونیک قدرت

ردیف	نام درس	تعداد واحد			ساعات درس			پیش‌نیاز
		تئوری	عملی	جمع‌کل	تئوری	عملی	جمع‌کل	
۱	کیفیت توان	۳	-	۳	۴۸	-	۴۸	بررسی سیستم‌های قدرت
۲	سیستم‌های انتقال انعطاف‌پذیر (FACTS)	۳	-	۳	۴۸	-	۴۸	بررسی سیستم های قدرت ۲ الکترونیک صنعتی
۳	خواص مواد در مهندسی برق	۳	-	۳	۴۸	-	۴۸	-
۴	بررسی و شناخت انرژی‌های تجدیدپذیر و سیستم‌های تولید پراکنده	۳	-	۳	۴۸	-	۴۸	-
۵	کاربرد آزمون‌های غیرمخرب در صنعت برق	۳	-	۳	۴۸	-	۴۸	-
۶	انتقال انرژی به روش HVDC	۳	-	۳	۴۸	-	۴۸	الکترونیک صنعتی
۷	سیستم‌های هوشمند کاربردی	۳	-	۳	۴۸	-	۴۸	-
۸	مباحث ویژه (۱)	۳	-	۳	۴۸		۴۸	-
۹	مباحث ویژه (۲)	۳	-	۳	۴۸		۴۸	-
۱۰	یک درس از سایر گرایش‌های کارشناسی ارشد قدرت	۳	-	۳	۴۸		۴۸	-
۱۱	یک درس از دروس کارشناسی ارشد سایر رشته‌ها	۳	-	۳	۴۸		۴۸	-
جمع		۳۳	-	۳۳	۵۲۸		۵۲۸	

دانشجویان این گرایش موظفند ۶ واحد از ۳۳ واحد جدول ۵ را انتخاب نمایند.

جدول ۷ : دروس جبرانی کارشناسی ارشد مهندسی برق - قدرت

ردیف	نام درس	تعداد واحد			ساعات درس			پیش‌نیاز
		تئوری	عملی	جمع‌کل	تئوری	عملی	جمع‌کل	
۱	ماشین‌های الکتریکی ۳	۳	-	۳	۴۸	-	۴۸	-
۲	بررسی سیستم‌های قدرت ۲	۳	-	۳	۴۸	-	۴۸	-
۳	الکترونیک صنعتی	۳	-	۳	۴۸	-	۴۸	-
۴	عایق‌ها و فشارقوی الکتریکی	۳	-	۳	۴۸	-	۴۸	-
جمع		۱۲		۱۲	۱۹۲	-	۱۹۲	-

دانشگاه تهران
نوزایی برنامه

فصل سوم

سرفصل دروس

دینامیک سیستمهای قدرت الکتریکی ۱

تعداد واحد : ۳ نوع واحد : ۳ واحد نظری

درس پیش‌نیاز/هم‌نیاز : بررسی سیستم‌های قدرت ۲
و ماشین‌های الکتریکی ۳

هدف :

بهم پیوستگی سیستم‌های قدرت منطقه‌ای و گسترش آن در سطح ملی و بین‌المللی باعث پیچیده شدن دینامیک چنین سیستمی شده و پدیده‌های جدیدی نیز در آنها مشاهده شده است. هدف این درس آشنایی با مسائل دینامیک سیستم قدرت و مطالعه آنها از طریق شبیه سازی و طراحی کنترل‌کننده‌هایی است که در نهایت به بهبود پایداری سیستم می‌انجامد. مسائلی از قبیل مدل‌سازی و شبیه‌سازی (دینامیکی) و معادل‌سازی دینامیکی نیز از جمله مطالب موردنیاز برای انجام مطالعات دینامیکی لازم است که در این درس گنجانده شده‌اند.

سرفصل‌ها :

فصل اول : مقدمه و تعاریف

- معرفی مسائل دینامیک در سیستم‌های قدرت همراه با شناخت سیستم‌های بهم پیوسته دنیا و شبکه‌های آزمون

فصل دوم : مدل سازی و شبیه سازی دینامیکی

- بررسی مدل‌های دینامیکی ماشین سنکرون، مدل‌های تحریک و گاورنر، مدل‌های توربین‌های آبی، بخاری، گازی، مدل نیروگاه اتمی، مدل ترانسفورماتور، مدل خط انتقال، عناصر FACTS و مدل بار جهت انواع مطالعات دینامیکی در سیستم‌های قدرت

فصل سوم : نوسانات فرکانس پائین و پایداری دینامیک

- تحلیل پایداری دینامیکی سیستم‌های قدرت تک ماشینه و چند ماشینه
- طراحی P.S.S در سیستم قدرت
- جایابی بهینه و تنظیم هماهنگ .P.S.S در سیستم قدرت

فصل چهارم : پایدارسازهای بهینه خطی (LOC)

- طراحی پایدارسازهای بهینه خطی

دانشگاه تهران
تحول برنامه

فصل پنجم : تشدید زیرسنکرون (SSR) و نوسانات پیچشی

- بررسی مدل‌های مناسب بررسی پدیده SSR
- تحلیل پدیده تشدید زیرسنکرون و ایجاد نوسانات پیچشی و راه‌های مقابله با آن

فصل ششم : معادل سازی دینامیکی

- اصول معادل‌سازی دینامیکی
- معادل‌سازی دینامیکی بر پایه مقادیر ویژه
- معادل‌سازی دینامیکی بر پایه همپایی (همدوسی)
- معادل‌سازی دینامیکی بر پایه شناسایی و تخمین

فصل هفتم : پایداری گذرا

- روش‌های بررسی پایداری گذرا در سیستم قدرت
- روش مستقیم لیاپانوف برای تحلیل پایداری گذرا
- روش تابع انرژی
- روش‌های بهبود پایداری گذرا در سیستم قدرت

مراجع :

1.Electric power System Dynamics.1983 .Yao-Nan-Yu,(A-P.)
2.power System control and Stability, 1977. PM. Anderson, A.A Fouad.
3.power System Analysis and planning, 11983,El-Abiad .
4.Stability of Large Electric power Systems,1974.R.T.Byerly, E.W.Kimbark (IEEE).
5.Power System Stability , Vol I,II,III,1956,E.W.Kimbark.
6.PowerSystem Stability Vol 1,2 1979,S.B.Crary.
7.Power System Analysis,2000,Bergen.
8.Electric Energy Systems Theory, 1983,O.I.Elgerd.(McG-H)
9.Synchronous machines theory and performance,1967,C.Concordia.
10. Computer modeling of Electrical power Systems, 1983, J.Arrillaga & C.P. Arnold & B.J.Harker (J.W).
11.Computer Analysis of Power Systems,1990,J.Arrillaga , C.P.Arnold (j.w).
12. Electric Machines Dynamics, 1980 , D.P. Sengupta & J.W. Lynn.
13. Power System Stability and Control , P.Kurdur 1994.(McG-H)

۱۴- «دینامیک و پایداری سیستم‌های قدرت»، نویسنده پروفسور پای، ترجمه دکتر رضا قاضی، مهندس مرتضی خاتمی

۱۵- «پایداری و کنترل سیستم‌های قدرت»، نویسنده پروفسور کندور، ترجمه دکتر حسین سیفی، دکتر علی خاکی‌صدیق

دانشگاه تهران

الکترونیک قدرت (۱)

تعداد واحد : ۳ نوع واحد : ۳ واحد نظری

درس پیش‌نیاز/هم‌نیاز : الکترونیک صنعتی

هدف :

درس الکترونیک قدرت از چهار بخش ادوات، مبدل‌های الکترونیک قدرت، کنترل مبدل‌ها و مدارهای جانبی تشکیل می‌شود.

هدف از این درس آشنایی با ادوات الکترونیک قدرت به منظور انتخاب یا طراحی صحیح آنها، آشنایی با مبدل‌های الکترونیک قدرت به منظور تحلیل و طراحی و آشنایی با مدل‌سازی دینامیکی سیستم‌های الکترونیک قدرت به منظور طراحی مدارکنترل آنها می‌باشد.

سرفصل‌ها :

۱- ترانزیستور ماسفت قدرت (Power Mosfet) : ساختار، چگونگی هدایت جریان و تحمل ولتاژ، معرفی پارامترهای مهم، مدارهای راه‌انداز نمونه

۲- ترانزیستور با گیت مجزا شده IGBT : ساختار، چگونگی هدایت جریان و تحمل ولتاژ، قفل شدن استاتیکی و دینامیکی، نوع PT و NPT ، پارامترها، مدارهای راه‌انداز، مدول قدرت (PM)، مدارهای راه‌انداز پیشرفته، مدول قدرت هوشمند (IPM)

۳- GTO : ساختار، چگونگی هدایت جریان و تحمل ولتاژ، طریقه قطع جریان، پارامترها، راه‌اندازی، IGCT

ادوات مغناطیسی : کاربرد سلف، مدار معادل مغناطیسی، پدیده‌های غیرخطی هسته، اثرات فرکانس بالا و مدل‌سازی تلفات هسته و سیم‌پیچی، طراحی سلف و ترانسفورماتور فرکانس بالا

مبدل‌های DC/DC فرکانس بالای ایزوله: کاربرد، مبدل‌های مستقیم (Forward)، پوش پول، نیم پل، تمام پل و فلای بک، اثر سلف مغناطیس‌کننده و سلف نشتی ترانسفورماتور در مبدل‌های مذکور.

اینورترهای منبع ولتاژ : اینورتر شبه مربعی سه‌فاز، هارمونیک‌ها، اینورترهای PWM، روش‌های مدولاسیون عرض پالس، اینورتر تک‌فاز با لینک فرکانس بالا

اینورترهای منبع جریان: معرفی و کاربرد، اینورتر منبع جریان با کموتاسیون بار، مبدل قدرت گرمایش القایی، اینورتر ASCI

مبدل‌های تشدیدی : تعریف، خصوصیات و کاربرد، مبدل‌های تشدیدی سری، موازی و سری – موازی، تحلیل با تقریب هارمونیک اصلی، مبدل‌های شبه تشدیدی، مبدل‌های PWM با کلیدزنی نرم

مبدل‌های AC/AC : تعریف و کاربرد، سیکلوکانورترها، مبدل‌های AC/AC با لینک DC، کاربرد مبدل AC/AC در HVDC

دانشگاه تهران

دینامیک و کنترل : نظریه میانگین گیری، مدل میانگین مبدل‌های DC/DC در جریان ناپیوسته، مدل میانگین مبدل‌های DC/DC در جریان پیوسته، مدل میانگین فضای حالت، کنترل نوع ولتاژ، کنترل نوع جریان

مدارهای ضربه‌گیر (Snubbers) : ضربه‌گیر قطع شدن، ضربه‌گیر وصل شدن، ضربه‌گیر اضافه ولتاژ، تحلیل ضربه‌گیر RC، تحلیل ضربه‌گیر RCD

راه‌اندازی کلیدهای نیمه‌هادی قدرت : مدارهای راه‌انداز PMOS، IGBT، GTO ، تأمین مجزاسازی، حفاظت اضافه جریان، مدارهای راه‌انداز پیشرفته (مطالب این فصل می‌تواند در فصول ۱ تا ۳ ارائه شود)

پروژه طراحی یکی از مبدل‌های DC/DC، DC/AC، AC/AC : محاسبه مدار قدرت، انتخاب کلیدهای نیمه‌هادی، محاسبه تلفات، طراحی ادوات مغناطیسی، طراحی مدار راه‌انداز، طراحی ضربه‌گیر، مدل‌سازی مبدل با روش میانگین‌گیری، طراحی مدار کنترل، شبیه‌سازی مبدل در محیط Spice، مقایسه نتایج شبیه‌سازی با محاسبات

مراجع :

1. J. Kassakian, M. Schlecht, G. Verghese, "Principles of Power Electronics", Addison-Wesley, 1991.
2. N. Mohan, T. Undeland, W. Robbins, "Power Electronics, Converters, Application and Design", Wiley, 1995.
3. B. Bose, "Power Electronics and AC drives," Prentice-Hall, 1986.
4. P. Krein, "Elements of Power Electronics," Oxford University Press, 1998
5. A.M. Trzynodlowsley, "Introduction to Modern Power Electronics," John Wiley, 1998.

دانشگاه تهران

تئوری جامع ماشین‌های الکتریکی

تعداد واحد : ۳ نوع واحد : ۳ واحد نظری

درس پیش‌نیاز/هم‌نیاز : ماشین‌های الکتریکی ۳

هدف :

روش جامع تحلیل ماشینهای الکتریکی به صورت یک قاعده همراه روشهای شبیه سازی کامپیوتری برای پیش بینی عملکرد دینامیکی ماشینهای الکتریکی بکار می‌رود. با ارائه اصول اساسی روش مزبور، از آن در بررسی ماشینهای الکتریکی بویژه نوع سنتی آن بهره گیری می‌شود.

سرفصل‌ها :

۱- نظریه ماتریستی ماشینهای الکتریکی

معادلات ولتاژ – جریان مدارهای کوپله با حرکت نسبی – ماشینهای با کلاف های واقعی و ساختگی – تبدیل متغیرها با معیار توان ثابت – معادلات پارک و dq یک ماشین جامع

۲- ماشین های کموتاتوری DC

معادلات حرکت – بررسی ماشین به کمک معادلات پارک – بررسی رفتار حالت پایدار – بررسی رفتار دینامیکی ماشین – حالت گذرا در اتصال کوتاه ناگهانی – بررسی حالت گذرا در ماشینهای DC مخصوص – تغذیه موتور با مبدل الکترونیکی و بررسی عملکرد آن – خطی سازی ماشین – کنترل سرعت ماشین

۳- نظریه دستگاه مرجع

تبدیل خطی متغیرها – تبدیل اجزاء مدار ساکن به دستگاه مرجع اختیاری – دستگاه های مرجع معمول – تبدیل بین دستگاه های مرجع

۴- ماشینهای القایی سه فاز

بررسی ولتاژ در دستگاه مرجع اختیاری- بررسی حالتهای گذرا – مدل ریاضی موتور القایی – بررسی اثرات اشباع – تابعیت پارامترهای روتور از فرکانس – مدلهای سیستم مکانیکی – شبیه سازی کامل (درجه ۵) و ساده موتور القایی – بررسی نوسانات پیچشی گذرا در موتور

دانشگاه تهران
تنزلی برنامه ریزی آموزشی

۵- ماشینهای سنکرون

معادلات ولتاژ و گشتاور بر حسب متغیرهای ماشین – معادلات ماشین در دستگاه مرجع های مختلف – تحلیل دینامیکی ماشین در اثر تغییر ناگهانی بار و اعمال خطا – پایداری گذرای ژنراتور سنکرون – روش مساحات مساوی – امپدانس ها ، راکتانس ها و ثابت های زمانی مختلف و اهمیت آنها سیستمهای تحریک و کنترل آن – مدلهای کامل و ساده برای شبیه سازی ماشین – کار آسنکرونی و سنکرونیراسیون ماشینی – پیچش محوری

مراجع :

1. Analysis of Electric Machinery, Paul C . Krause , 1987 , Mc . Graw-Hill . USA.
2. Generalized Theory of Electrical Machines, P.S. Bimbhra, 1987 , Khanna Pub. INDIA.
3. The General Theory of Alternating Current Machines, B. Adkins & R. G. Harley, Chapman & Hall , UK.
4. Electric Machine Dynamics, I . Boldea & S.A. Nasar, 1987 , Macmillan Pub. Co, USA.
5. Response Analysis of Ac Electrical Machines, J.R. Smith , John Wiley & Sons , 1990
6. Dynamic Simulation of Electric Machinery, Chee – Mum Ong , Pretice Hall, 1998.

دانشگاه تهران

بهره‌برداری از سیستم‌های قدرت

تعداد واحد : ۳ نوع درس : نظری

درس پیش‌نیاز : بررسی سیستم‌های قدرت ۲

هدف : هدف از این درس آشنایی دانشجویان با مسائل بهره‌برداری و کار سیستم قدرت است و تقریباً تمامی این مسائل در این درس مورد بحث واقع می‌شود.

سرفصل‌ها :

۱- بهره‌برداری اقتصادی از شبکه و مسئله درگیر شدن واحدهای تولید

Economic Dispatch & Unit Commitment

- مشخصه ورودی – خروجی واحد حرارتی
- تغذیه شبکه با n واحد تولیدی با توابع هزینه جداگانه
- روش تکراری λ برای تولید اقتصادی واحدهای تولید نیرو
- تعیین ماشین معادل
- درنظر گرفتن قیود تولید واحدهای تولید نیرو
- درنظر گرفتن تلفات خطوط انتقال انرژی

۲- کنترل بار / فرکانس و کنترل توان راکتیو / ولتاژ

Load/Frequency Control & Reactive Power/Voltage Control

- مدل‌سازی اجزاء در مسئله کنترل بار / فرکانس
- نمودار بلوکی سیستم کنترل بار / فرکانس – یک ناحیه، دو ناحیه
- کنترل اتوماتیک تولید AGC
- کنترل توان Tie line
- مفهوم Control Area
- سیستم کنترل ولتاژ / توان راکتیو
- مراکز دیسپاچینگ در سیستم قدرت

۳- روش‌های پیشرفته پخش بار

Advanced Method of Load Flow

- مدل‌سازی مسئله پخش بار
- حل مسئله پخش بار به روش نیوتن – رافسون، دکارتی – قطبی
- حل مسئله پخش بار به روش نیوتن – رافسون دکوپله DNR
- حل مسئله پخش بار به روش نیوتن – رافسون دکوپله سریع FDNR
- حل مسئله پخش بار به روش DC
- درنظر گرفتن Tap ترانسفورماتور در مسئله پخش بار

دانشگاه تهران
دفتر برنامه‌ریزی

۴- مطالعه ایمنی سیستم

Power System Security & Contingency Analysis

- اطلاع و کشف مسائل شبکه
- محاسبه ضرایب جابجایی تولید
- محاسبه ضرایب توزیع قطع خطوط
- روش‌های Ranking و Screening

۵- پایداری سیستم‌های چندماشینه

Multi_Machine Stability

- تعاریف انواع پایداری در سیستم‌های قدرت
- پایداری سیستم‌های چند ماشینه
- مدل‌های ماشین سنکرون
- تعیین ماتریس YBUS در مطالعات پایداری سیستم‌های چندماشینه
- حل مسئله پایداری سیستم‌های چندماشینه

۶- پیش‌بینی بار سیستم‌های قدرت

Load Forecasting of Power System

- پیش‌بینی کوتاه‌مدت بار – میان مدت بار – بلندمدت بار
- روش‌های مرسوم جهت پیش‌بینی بار
- روش خطی
- روش تقریب درجه ۲
- روش تقریب سیکلی خطی

۷- تجدید ساختار سیستم‌های قدرت

Restructuring of Power System

- تعاریف جاری در تجدید ساختار سیستم قدرت
- مسئله UC در سیستم قدرت تجدید ساختار شده
- مسئله EDC در سیستم قدرت تجدید ساختار شده
- مسئله پرشدگی خطوط سیستم قدرت تجدید ساختار شده
- مسئله تزانزیت برق سیستم قدرت تجدید ساختار شده

مراجع :

1. Power Generation, Operation & Control, A.J. Wood, B.F. Wollenberg, New York, John Wiely, 1998.
2. Economic Operation of Power System, Kirchmayer, New Delhy, 1979.
3. Modern Power Systems Control and Operation, Alifs. Debs, Kulwer Academic Publishers, 2002.

دانشگاه تهران

حفاظت پیشرفته سیستم‌های قدرت

تعداد واحد : ۳ نوع درس : نظری

درس پیش‌نیاز/هم‌نیاز : رله و حفاظت

هدف :

سیستم‌های قدرت همواره در معرض خطاها و حالات عملکردی غیرطبیعی قرار دارند. وظیفه سیستم حفاظتی در شبکه قدرت تشخیص حالات عملکرد عادی از حالات غیرطبیعی و خطاها می‌باشد. بعلاوه یک سیستم حفاظتی قابل اطمینان بایستی قادر باشد در برابر حالات غیرعادی شبکه واکنش صحیح و مناسبی نشان دهد تا پایداری سیستم قدرت حتی‌المقدور در معرض خطر قرار نگیرد. در درس حفاظت پیشرفته سیستم‌های قدرت حالات عملکرد غیرعادی سیستم قدرت مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و برای این حالات حفاظت‌ها و واکنش‌های عملکردی مناسبی پیشنهاد می‌شوند. در این درس تأکید عمده بر حفاظت شبکه قدرت و حفظ پایداری آن به عنوان یک سیستم کلی می‌باشد و حفاظت اجزاء سیستم قدرت کمتر مورد بحث قرار می‌گیرند. حفاظت عناصر شبکه از قبیل ترانسفورماتور و ژنراتور در دروس دیگری پوشش داده می‌شوند.

سرفصل‌ها :

۱- مقدمه

فلسفه حفاظت سیستم قدرت، اتصال کوتاه‌ها و حالت‌های غیرطبیعی شبکه قدرت، وظایف و نیازمندی‌های سیستم حفاظتی، حفاظت اولیه و حفاظت پشتیبان، قابلیت اطمینان عملکرد سیستم حفاظتی، هماهنگی رله‌های حفاظتی

۲- آنالیز خطا

یادآوری شبکه‌های مؤلفه‌ای، محاسبه خطا در سیستم قدرت، هارمونیک‌ها و مؤلفه dc ولتاژ و جریان خطا، شیفت فاز در ترانسفورماتورها، شبکه مؤلفه صفر، زمین کردن اجزاء شبکه، نرم‌افزارهای مناسب برای محاسبه خطاهای سیستم قدرت

۳- حالت‌های گذرای ترانسفورماتورهای جریان و ولتاژ

انواع ترانس‌های جریان CT، مدار معادل CT، اشباع CT، بررسی رفتار حالت دائم CT، بررسی رفتار گذرای CT، ترانس ولتاژ القایی PT، ترانس ولتاژ خازنی CVT، مدار معادل CVT، بررسی رفتار گذرای CVT

۴- حفاظت اضافه جریان

حفاظت اضافه بار، حفاظت اتصال کوتاه، منحنی‌های مشخصه رله اضافه جریان، تنظیم جریانی، تنظیم زمانی، تنظیم و هماهنگی عملکرد رله‌های اضافه جریان یک شبکه، رله اضافه جریان خطای زمین، رله اضافه جریان مؤلفه منفی

دانشگاه تهران

۵- رله‌های جهت‌یاب

استفاده از رله‌های جهت‌یاب، معادله عملکرد، منحنی مشخصه، نحوهٔ پلاریزه کردن، عملکرد در حالات دائمی و گذرا، کاربرد در شبکه قدرت

۶- حفاظت شبکه‌های بهم پیوسته توسط رله‌های دیستانس

منحنی مشخصه‌های مختلف، رله دیستانس، رله دیستانس چند فاز، تأثیر مقاومت خطا بر عملکرد رله، مشکل کاهش و افزایش دسترسی رله دیستانس، حفاظت خطوط کوتاه و بلند، تنظیم و هماهنگی کامپیوتری رله‌های دیستانس، حفاظت خطوط سه ترمیناله، حفاظت خطوط موازی، مشکل امپدانس القایی مؤلفه صفر، حفاظت خطوط جبران شده، عملکرد رله‌های دیستانس در حالت نوسان توان

۷- حفاظت واحد شبکه انتقال

انواع کانال‌های مخابراتی، حفاظت واحد خط توسط رله‌های دیستانس، روش‌های مختلف از قبیل DTT، POTT، PUTT و غیره، روش مقایسه فاز، روش مقایسه جهت، حفاظت دیفرانسیلی

۸- سیستم‌های حفاظتی و پایداری شبکه

پایداری زاویه، نوسان و توان، ناپایدار شدن ژنراتورهای شبکه، واحد تشخیص نوسان توان، قطع ژنراتورها، قطع ترتیبی در نیروگاه‌ها، جلوگیری از فروپاشی شبکه، جزیره کردن شبکه، ناپایداری ولتاژ، منحنی مشخصه عملکرد ژنراتورها، قطع تحریک ژنراتور، ناپایداری فرکانسی، عدم توازن تولید و مصرف، رله‌های فرکانسی، قطع بار، بازیست اتوماتیک رله‌ها

۹- مباحث جانبی

بررسی روش‌های جدید پیشنهادی برای بهبود عملکرد سیستم حفاظتی شبکه قدرت، مطالعه مقالات جدید در زمینه حفاظت، کنترل و پایداری سیستم قدرت

مراجع :

1. S.H. Horowitz and A.G. Phadke, "Power System Relaying", John Wiley and Sons Inc., 1996.

2. H. Ungrad, W. Winkler and A. Wiszniewski, "Protection Techniques in Electrical Energy Systems", Marcel Dekker Inc., 1995.

3. W.A. Elmore, "Pilot Protective Relaying", Marcel Dekker Inc., 2000.

4. "Protective Relays Application Guide", GEC/ALSTHOM Measurement Limited, Stafford, England, 1990.

۵- مقالات منتشره اخیر در زمینه حفاظت سیستم‌های قدرت

دانشگاه تهران

توزیع انرژی الکتریکی

تعداد واحد : ۳ نوع درس : نظری

درس پیش‌نیاز/هم‌نیاز : بررسی سیستم‌های قدرت ۲

هدف :

با توجه به اینکه یکی از بخش‌های عمده در سیستم برق‌رسانی، سیستم‌های توزیع و فوق توزیع می‌باشند و دانشجویان در دورهٔ کارشناسی در این زمینه آموزش نمی‌بینند، لذا در این درس عوامل مؤثر بر طراحی و بهره‌برداری از این سیستم‌ها و نیز محاسبات فنی و اقتصادی لازم ارائه می‌گردد.

سرفصل‌ها :

۱- انواع شبکه‌های توزیع – مدل‌سازی عناصر سیستم توزیع
۲- پخش بار در شبکه‌های توزیع
۳- مشخصه‌های بارهای الکتریکی
۴- پیش‌بینی بارهای الکتریکی با روش‌های کلاسیک و هوشمند
۵- طراحی و اتوماسیون شبکه‌های توزیع
۶- طراحی خطوط فوق توزیع و پست‌های توزیع و عوامل مؤثر بر آن
۷- طراحی سیستم‌های فشار متوسط
۸- طراحی سیستم‌های فشار ضعیف
۹- محاسبات افت ولتاژ و تلفات
۱۰- تجدید آرایش شبکه با هدف کاهش تلفات، روش‌های کلاسیک و هوشمند مربوط
۱۱- کاربرد خازن‌ها در سیستم‌های توزیع
۱۲- جایابی بهینه خازن‌ها
۱۳- تنظیم ولتاژ سیستم‌های توزیع
۱۴- منابع پراکنده در سیستم توزیع

مراجع :

1. Turan Gonen, Electric Power Distribution System Engineering, MC Graw-Hill, 1986.
2. Electric Utility Engineering Reference book … westing Electric corporation.
3. J. Pansini, Electrical Distribution Engineering, MC Graw-Hill, 1986.
4. Papers

دانشگاه تهران

تکنولوژی فشارقوی الکتریکی

تعداد واحد : ۳ نوع درس : نظری

درس پیش‌نیاز/هم‌نیاز :

هدف :

آشنایی با مسایل عایقی تجهیزات الکتریکی فشارقوی

سرفصل‌ها :

- ساختمان تجهیزات فشارقوی با تکیه بر نحوه عایق‌بندی آنها
- مقره‌های عایق از نظر کاربرد و مواد تشکیل‌دهندهٔ آنها
- تقسیم ولتاژ متناوب و ضربه در طول مقره و راه‌های کاهش گرادیان ولتاژ
- تقسیم ولتاژ دائم در طول مقره و مسئله خوردگی قسمت‌های فلزی در ولتاژ دائم
- مقره عبوری و مسئله تقسیم یکنواخت ولتاژ در طول مقره و در جهت شعاع
- ترانسفورماتور اندازه‌گیری جریان، نحوه عایق‌کاری
- ترانسفورماتور اندازه‌گیری ولتاژ القایی و خازنی
- ترانسفورماتور قدرت و مسئله کاهش دامنه نوسان‌های ولتاژ در تغییرات سریع ولتاژ برحسب زمان
- ژنراتور، نحوه‌های مختلف عایق‌کاری و روش کاهش گرادیان ولتاژ در محل خروج از شیار هسته
- کابل فشارقوی، کابل روغنی و کابل پلیمر، ساختمانی عایقی و رفتار حرارتی
- سر کابل و بست کابل، نحوه عایق‌کاری و روش کاهش شدت میدان الکتریکی
- ساختمان و نحوه عایق‌کاری ترانسفورماتور مولد اشعه X
- ساختمان، عایق‌کاری و مسائل ترانسفورماتور آزمایشگاهی
- ساختمان، عایق‌کاری و مسئله ژنراتور ضربه ولتاژ و جریان
- انواع خازن‌های فشارقوی برای ولتاژ دائم، متناوب با فرکانس بالا و فرکانس پایین و ولتاژ پالسی
- برقگیر، انواع، کاربرد و مشخصات آنها
- آشنایی مختصر با سازگاری الکترومغناطیسی
- کاهش اضافه ولتاژ در شبکه برق رسانی برای حفاظت تجهیزات الکترونیکی
- آشنایی با استانداردهای آزمون مواد عایقی و تجهیزات فشارقوی

مراجع :

۱- کتاب تکنولوژی فشارقوی دکتر محمدقلی محمدی

2. High Voltage Engineering Theory and Practice, Khalifa, Marcel Dekker, N.Y., 1990.

3. Tanaka and A. Geenwood, Advanced Power Cable Technology CRC. Press, 1983.

دانشگاه تهران

عایق‌ها و فشارقوی الکتریکی پیشرفته

تعداد واحد : ۳ نوع درس : نظری

درس پیش‌نیاز/هم‌نیاز : عایق‌ها و فشارقوی الکتریکی

هدف :

آشنایی با رفتار عایق در میدان الکتریکی فشارقوی

سرفصل‌ها :

- هدایت الکتریکی در مواد عایق در ولتاژ دائم و متناوب
- محاسبه میدان‌های الکتریکی در عایق‌ها
- پولاریزاسیون و تلفات در عایق الکتریکی و اندازه‌گیری آن
- انتقال حرارت تولید شده در عایق به دلیل تلفات و اثر آن در شکست حرارتی عایق
- خواص الکتریکی، مکانیکی، حرارتی و شیمیایی عایق و اندازه‌گیری آنها
- روش‌های اندازه‌گیری خواص الکتریکی عایق در فرکانس‌های مختلف
- تخلیه جزئی در عایق، تخریب عایق در بلندمدت و روش اندازه‌گیری تخلیه جزئی
- نمایش آزمایشی اثر درختی (Treeing) در مواد پلیمر با وجود تخلیه جزئی
- شکست در عایق‌های الکتریکی شامل گازها، عایق‌های جامد و مایع
- اثر فشار گاز در تخلیه الکتریکی، قانون پاشن و کاربرد آن در صنعت
- تخلیه روشن، تخلیه استریمر، تخلیه لیدر، تخلیه خزنده
- قوس الکتریکی و خواص آن در جریان دائم و جریان متناوب، کاربرد قوس الکتریکی در صنعت
- برق آسمان و مشخصات آماری آن
- آزمایش و محاسبه احتمال شکست در ولتاژ ضربه برای عایق دستگاه‌ها
- اثر علامت ولتاژ در الکترودهای سوزن – صفحه (میدان الکتریکی غیریکنواخت)
- اثر حائل (Barrier) در تخلیه الکتریکی عایق‌های سیال و بررسی دلیل آن
- یادآوری مفاهیم آمار و احتمالات و مثال‌هایی در رابطه با تخلیه الکتریکی

مراجع :

۱- مهندسی‌فشارقوی الکتریکی پیشرفته، انتشارات دانشگاه تهران، تألیف : حسین محسنی، چاپ دوم، ۱۳۷۷

2. Electrical Insulation in Power Systems, N.H. Malik, A.A. Al-Arainy, M.I. Gureshi, Marcel Dekker, N.Y., 1998.

3. Insulator for High Voltage, J.S.T. Looms, Peter Peregrinus Ltd, London, 1988.

4. SF6 and Vacuum Insulation for High Voltage Application, M.S. Naidu, V.M. Maller, Khanna Publishers.

دانشگاه تهران

بررسی حالت‌های گذرای سیستم‌های قدرت

تعداد واحد : ۳ نوع درس : نظری

درس پیش‌نیاز/هم‌نیاز : عایق‌ها و فشارقوی الکتریکی

هدف :

آشنایی با دلایل بوجود آمدن اضافه ولتاژهای گذرای سریع در شبکه قدرت و روش‌های محاسبه حالت‌های گذرا

سرفصل‌ها :

- اضافه ولتاژ در شبکه برق، صاعقه، کلیدزنی، اتصال زمین، قطع بار، خطوط طولانی، فرورزنانس
- امواج سیار و ثابت در خطوط در ولتاژ متناوب و ولتاژ پله، معادلات خط، خط انتقال به عنوان دو درب
- انعکاس در انتها و ابتدای خط، انعکاس در گره‌ها، انشعاب چند خط، مقاومت، خازن و سلف در خط
- تغییرات امپدانس مشخصه خط با فرکانس، اثر تلفات و تخلیه جزیی، دیاگرام نردبانی
- رابطه شکل زمانی و مکانی موج در طول خط
- اتصال خط برق دار به خط بی‌برق
- روش‌های عددی بررسی امواج سیار با درنظر گرفتن خط گسترده و اجزاء متمرکز برای ولتاژ پله و ولتاژ دلخواه
- انتگرال دوهامل (Duhamel)
- آشنایی با برنامه‌های کامپیوتری حل امواج سیار و حل چند مثال
- صاعقه و مشخصات آن
- بررسی اضافه ولتاژهای کلیدزنی و اتصال کوتاه در موارد مختلف، قطع جریان اتصال کوتاه
- اضافه ولتاژ در حالت باز کردن و بستن کلیدها و جداکننده‌ها (سکسیونرها)
- قطع جریان مغناطیس‌کننده در ترانسفورماتورها و راکتورها، قطع جریان خازنی
- بررسی فرورزنانس با درنظر گرفتن تلفات و اثر فرکانس
- جریان هجومی در سلف‌ها با هسته قابل اشباع، اثر پس‌ماند در هسته بر روی جریان هجومی
- تحلیل خطوط چند فازه، مودهای طبیعی انتشار، اختلاف در سرعت سیر مودهای مختلف
- نفوذ امواج سیار در سیم‌پیچ، تقسیم اولیه ولتاژ، تقسیم نهایی یا تعادل (Equilibrium)
- نوسان‌های سیم‌پیچ به دلیل اختلاف در تقسیم ولتاژ اولیه و تعادل، فرکانس‌های طبیعی سیم‌پیچ
- تنش عایق بر اثر تقسیم اولیه غیریکنواخت و نوسان‌های ناشی از آن
- عبور موج صاعقه از ترانسفورماتور واحد نیروگاه و تنش در عایق ژنراتور، روش کاهش تنش

مراجع :

1. Z- Transform Electromagnetic Transient Analysis in High Voltage Networks, W. Derek Humpage.

2. A Method for Solving Transient Phenomena in Multiphase System, H.W. Dommel.

3. Electromagnetic Transient Analysis in EHV Power Networks, D. Humpage, K.P. Wong, IEEE Press, 1982.

4. Transient Current in Nonlinear Electromagnetic Devices, William K., Mac. Faclyen.

5. Electric Transients in Power Systems, Allen Greenwood.

کنترل توان راکتیو در سیستم‌های قدرت

تعداد واحد : ۳ نوع درس : نظری

درس پیش‌نیاز/هم‌نیاز : بررسی سیستم‌های قدرت ۲

هدف :

یکی از مسائل مبتلا به در سیستم‌های انتقال، مبحث تأمین توان راکتیو و تأثیر آن بر مشخصات سیستم است. در این درس دانشجویان با کنترل توان راکتیو و نحوهٔ تأثیر آن بر سیستم و نیز جبران‌کننده‌ها آشنا می‌شوند.

سرفصل‌ها :

۱- مفهوم و تعریف توان راکتیو و عناصر ایجاد کننده آن

۲- کنترل توان راکتیو به منظور عملکرد حالت دائم خطوط انتقال (بهبود پروفیل ولتاژ، افزایش ظرفیت انتقال، نیازمندی‌های توان راکتیو منابع دو طرف خط) : جبران بار – جبران خط – جبران موازی – جبران سری و جبران با تقسیم‌بندی خط

۳- ادوات جبران‌کننده : راکتورها – خازن‌ها – کندانسورهای سنکرون

۴- جبران‌کننده‌های استاتیک (SVC) : طرز کار، انواع، طراحی و نحوه کنترل

۵- ادوات جبران‌کننده UPFC , SSSC , STATCOM: FACTS

ساختمان، تأثیر جبران‌کننده‌ها بر مشخصات سیستم

۶- اثرات هارمونیکی جبران‌کننده‌ها

۷- کنترل ولتاژ و روش‌های جلوگیری از فروپاشی ولتاژ

۸- کنترل توان راکتیو به منظور بهبود عملکرد دینامیکی سیستم انتقال، افزایش حاشیه و پایداری گذرا، میرا کردن نوسانات الکترومکانیکی، بهبود پایداری ولتاژ

۹- جبران توان راکتیو به منظور کاهش فلیکر مربوط به کوره‌های قوسی

۱۰- برنامه‌ریزی و کنترل بهینه توان راکتیو

مراجع :

1. T.J.E. Miller, Reactive Power Control in Electric System, John Wiley, 1982.
2. P. Kundur, Power System Stability and Control, MC Graw-Hill, 1994.
3. C.W. Taylor, Power System voltage Stability, MC Graw-Hill, 1994.
4. Papers

دانشگاه تهران

قابلیت اطمینان در سیستم های قدرت

تعداد واحد : ۳ نوع درس : نظری

پیش نیاز : بررسی سیستم های قدرت ۲ – آمار و احتمالات

هدف :

آشنایی با مفاهیم قابلیت اطمینان و ایجاد توانایی در ارزیابی قابلیت اطمینان سیستم های مختلف تولید، انتقال و توزیع

مقدمه :

۱- مروری بر قابلیت اطمینان در سیستم های مهندسی – تئوری

۲- مروری بر قابلیت اطمینان در سیستم های مهندسی – کاربرد

۳- قابلیت اطمینان در سیستم های تولید – روش های محاسبه

۴- شاخص های قابلیت اطمینان در سیستم های تولید

۵- برنامه ریزی سیستم های تولید بر مبنای شاخص های قابلیت اطمینان

۶- قابلیت اطمینان در سیستم های به هم پیوسته

۷- بهره برداری و تعیین میزان رزرو در سیستم های قدرت

۸- قابلیت اطمینان در سیستم های مرکب – تولید و انتقال

۹- قابلیت اطمینان در سیستم های توزیع – سیستم های شعاعی

۱۰- قابلیت اطمینان در سیستم های توزیع – شبکه های حلقوی

۱۱- قابلیت اطمینان در پست ها و ایستگاه های سوئیچینگ

۱۲- قابلیت اطمینان از نقطه نظر هزینه و ارزش

۱۳- مروری بر روش شبیه سازی مونت کارلو و کاربرد آن در قابلیت اطمینان سیستم های قدرت

مراجع :

1. Reliability Evaluation of power systems, second Edition; By R. Billinton & R.N. Allan, Plenum Press, New York, 1996.
2. Reliability Evaluation of Engineering Systems; Second Edition; By R. Billinton & R.N. Allan, 1992.

دانشگاه تهران

کنترل محرکه‌های الکتریکی

تعداد واحد : ۳ نوع درس : نظری

درس پیش‌نیاز/هم‌نیاز : الکترونیک صنعتی

هدف :

امروزه محرکه‌های DC و AC اجزاء مهم و کلیدی صنایع مختلف را تشکیل می‌دهند. در این درس دانشجویان با مباحث پایه محرکه‌های DC و AC آشنا می‌شوند و چگونگی طراحی و کنترل محرکه‌های DC و AC را فرا می‌گیرند. در مورد محرکه‌های DC طراحی سیستم کنترل کاسکاد بررسی می‌شود و در مورد محرکه AC روش‌های کنترل سرعت اسکالر و برداری مورد بحث قرار می‌گیرد.

سرفصل‌ها :

بخش اول : محرکه DC

۱- اصول کلی محرکه‌ها : سیستم‌های حرکت انتقالی و دورانی، طبقه‌بندی مشخصه گشتاور – سرعت موتورها، طبقه‌بندی بارها، پایداری نقطه کار

۲- ماشین DC با تحریک جداگانه : دیاگرام بلوکی، کنترل اندویی و میدان، رفتار حالت گذرا

۳- محرکه DC : مبدل تک ربعی، دو ربعی و چهار ربعی با منبع DC، مبدل با کموتاسیون خط، مبدل چهار ربعی با کموتاسیون خط با و بدون جریان چرخشی، عملکرد موتور و مبدل، کنترل کاسکاد موتور DC در ناحیه گشتاور ثابت، کنترل کاسکاد موتور DC در ناحیه تضعیف میدان، طراحی کنترل‌کننده‌ها

بخش دوم : محرکه AC

۴- ماشین‌های با میدان دوار : معرفی بردار فضایی، دستگاه‌های مختصات ساکن و دوار، ساختار کلی ماشین با میدان دوار، ماشین آسنکرون با روتور اتصالی شده، مشخصه گشتاور – سرعت، کنترل سرعت اسکالر، ساختار ساده شده ماشین آسنکرون با امتدادیابی شار استاتور و روتور و تغذیه ولتاژ و جریان

۵- مبدل‌های موتور القایی : اینورتر منبع ولتاژ PWM، کنترل هیسترزیس، مدولاسیون عرض پالس سینوسی، مدولاسیون عرض پالس برداری، اینورترهای منبع جریان، سیکلوکانورتر

۶- کنترل موتور القایی : کنترل موتور القایی با استفاده از مدل حالت پایا، کنترل موتور القایی با امتدادیابی شار روتور و تغذیه جریان، کنترل موتور القایی با امتدادیابی شار روتور و تغذیه ولتاژ، کنترل برداری موتور القایی با اینورتر منبع جریان، کنترل بدون حسگر

بخش سوم : پروژه

- محرکه DC : طراحی یک سیستم کنترل سرعت موتور DC با تحریک جداگانه با مبدل چهار ربعی، طراحی کنترل‌کننده‌های کاسکاد، شبیه‌سازی و بهینه‌سازی سیستم در محیط سیمولینک، بررسی عملکرد سیستم در شرایط مختلف از نظر سرعت مرجع و گشتاور بار، بررسی اثر تغییر پارامترها نظیر ممان اینرسی

دانشگاه تهران

- محرکه AC : طراحی یک سیستم کنترل سرعت موتور القایی با امتدادیابی شار روتور (استاتور) و تغذیه جریان (ولتاژ)، مدل‌سازی سیستم در محیط سیمولینک، انتخاب کنترل‌کننده‌ها با سعی و خطا، بررسی رفتار سیستم در شرایط مختلف از نظر سرعت مرجع و گشتاور بار، بررسی اثر تغییر پارامترها نظر ثابت زمانی روتور.

مراجع :

1. W. Leonhard, "Control of Electrical Drives," Springer, 1996.
2. D. Schroeder, "Elektrische Antribe 1," Springer, 1994.
3. D. Novotny, T. Lipo, "Vector Control and Dynamics of AC Drives," Clarendon, 1996.
4. B. Bose, "Power Electronics and AC Drives," Prentice Hall, 1986.
5. I. Boldea, S. Nasar, "Vector Control of AC Drives," CRC Press, 1992.
6. P. Vas, "Vector Control of AC Machines," Clarendon, 1990.

دانشگاه تهران

سیستم‌های کنترل حرکت پیشرفته

تعداد واحد : ۳ نوع درس : نظری

درس پیش‌نیاز/هم‌نیاز :

هدف :

هدف از ارائه این درس درک عمیق دانشجویان از اصول و مبانی کنترل حرکت بوسیلهٔ موتورهای الکتریکی جریان متناوب است. روش‌های پیشرفته کنترل موتورها شامل کنترل برداری (Vector Control)، کنترل مستقیم گشتاور (Direct Torque Control) و کنترل بدون حسگر (Sensorless Control) تشریح می شود و شبیه‌سازی و پیاده‌سازی آنها ارائه می‌گردد.

سرفصل‌ها:

- مقدمه‌ای بر سیستم کنترل موتورها و محرکه‌های الکتریکی
- مرور روش‌های سنتی کنترل موتورهای جریان متناوب
- کنترل حرکت با کنترل برداری موتورهای سنکرون آهنربای دائم
- کنترل حرکت با کنترل برداری موتورهای القایی سه‌فاز
- کنترل حرکت با کنترل مستقیم گشتاور موتورهای سنکرون آهنربای دائم
- کنترل حرکت با کنترل مستقیم گشتاور موتورهای القایی سه‌فاز
- کنترل بدون حسگر مکانیکی موتورهای الکتریکی
- شبیه سازی کامپیوتری سیستم‌های کنترل حرکت
- آشنایی با پیاده‌سازی سیستم‌های کنترل حرکت

مراجع :

1. P. Vas, Sensorless Vector and Direct Torque Control, OXFORD University Press, 1998, Uk.
2. P. Vas, Artificical-Intelligence-Based Electrical Machines and Drives, OXFORD University Press, UK, 1999.
3. B.K. Bose, Power Electronics and Variable Speed Drives, Technology and Applications, IEEE Press, USA, 1997.
4. K. Craig, Introduction to Mechatronics System Design, IEEE Tutorial, 1992.
5. Y. Date, Servo Motor and Motion Control Using Digital Signal Processors, TI, 1990.
6. Selected Papers from the Literature.

دانشگاه تهران

کنترل مدرن

تعداد واحد : ۳ نوع درس : نظری

درس پیش‌نیاز/هم‌نیاز : سیستم‌های کنترل خطی

سرفصل‌ها :

آشنایی با مطالب پیشرفته مبحث کنترل خطی و آشنایی اولیه با مباحث کنترل غیرخطی و کنترل بهینه اهداف درس کنترل مدرن است.

تقسیم‌بندی سیستم‌ها – متغیرهای حالت State Variable معادلات حالات State Equations : فضای حالت مسیر حالت نوشتن معادله حالت برای سیستم‌های مختلف – مدل حالت فاز و نرمال (فرم Jordan فرم Companion – سیستم های MIMO و SISO – روش‌های نرمالیزه کردن معادله حالت – نمای شکل سیستم‌ها Signal Flow Diagram – بدست آوردن تابع تبدیل سیستم‌ها Signal Flow Diagram – از روی معادله حالت و بالعکس برای سیستم‌های MIMO و SISO – حل معادله حالت ماتریس انتقال حالت State Transition Matrix – کنترل‌پذیری و رویت‌پذیری سیستم‌های متصل – تحلیل پایداری سیستم‌های چندمتغیره – جابجا نمودن قطب‌ها POLE ASSINGMENT در سیستم‌های کنترل با یک ورودی و یک خروجی و کاربرد تئوری لیاپانوف (Liapanov) – تجزیه و تحلیل سیستم‌های غیرخطی و خطی کردن آنها – تئوری تحقق، طراحی فیدبک حالت و رویتگرهای مرتبه کامل و مرتبه کاهش یافته برای سیستم‌های خطی تغییرناپذیر با زمان – روش‌های تحلیلی و لیاپانوف Liyapanov – کنترل بهینه Linear Quadratic Optimal Control

مراجع

۱- اصول کنترل مدرن، تألیف دکتر علی خاکی‌صدیق، چاپ دوم، ۱۳۸۲، انتشارات دانشگاه تهران

2. Linear System – Theory and Design, Third Edition, C-T Chen, Oxford Univ. Press, 1999.

3. Modern Control Theory, Third Edition, W.L. Brogan, Prentic Hall, 1991.

دانشگاه تهران

سیستم‌های الکترومغناطیسی حرکت خطی

تعداد واحد : ۳ نوع درس : نظری

درس پیش‌نیاز/هم‌نیاز : ــ

هدف :

هدف از ارائه این درس آشنایی دانشجویان با مهمترین انواع ماشین‌های الکتریکی خطی و سیستم‌های تعلیق مغناطیسی و درک اصول کار و روش‌های تحلیل و طراحی و تغذیه و کنترل آنهاست.

سرفصل‌ها :

۱- آشنایی با سیستم‌های الکترومغناطیسی حرکت خطی
- معرفی انواع سیستم‌ها و طبقه‌بندی آنها
- کاربردها

۲- موتورهای القایی خطی Linear Induction Motors (LIM's)
- بررسی تطبیقی ماشین‌های القایی دوار و خطی
- مدل لایه‌ای، The Multi Layer Model
- تحلیل ماشین با استفاده از معادلات ماکسول
- مدار معادل
- اصول و شیوه طراحی ماشین
- سیستم تغذیه و کنترل

۳- سیستم‌های تعلیق مغناطیسی Magnetic Suspension Systems
- سیستم‌های الکترودینامیکی
- سیستم‌های الکترومغناطیسی

۴- موتورهای سنکرون خطی Linear Synchronous Motors (LSM's)
- ماشین‌های با هسته هوایی Air-Core LSM's
- ماشین‌های رلاکتانسی
- سیستم تغذیه

۵- مباحث پیشرفته و پژوهش‌های جاری

مراجع :

1. Gieras, J.F., "Linear Induction Drives", Oxford University Press, 1994.
2. Boldea, I. and Nasar, S.A., "Linear Motion Electromagnetic Systems", John Wiley & Sons, 1985.
3. Poloujadoff, M., "The Theory of Linear Induction Machinery", Oxford University Press, 1980.
4. Selected papers from the Literature

طراحی ماشین‌های الکتریکی بزرگ

تعداد واحد : ۳ نوع درس : نظری

درس پیش‌نیاز/هم‌نیاز : ماشین‌های الکتریکی ۳

هدف :

از آنجا که یکی از ویژگی‌های مهندسین فارغ‌التحصیل کاربرد دانسته‌های خود در صنعت است و با توجه به تأسیس کارخانه‌های سازنده ماشین‌های الکتریکی در کشور و گسترش آنها در سال‌های اخیر و بویژه توجه به امر انتقال دانش طراحی در آنها و واگذاری طراحی به عنوان وظیفه اصلی به بخش تحقیق و توسعه (R+D) آنها، آشنایی دانشجویان با اصول طراحی و ساخت ماشین‌های الکتریکی و کسب توانایی آنها در زمینه طراحی ضرورت خاصی پیدا کرده است. در این درس که با هدف آموزش طراحی و مکانیزه کردن آن ارائه می‌شود تأکید عمده بر طراحی ماشین‌های الکتریکی بزرگ و آشنایی با فناوری ساخت آنها می‌باشد. برای کسب توانایی‌های لازم این درس حاوی چند پروژه متنوع در مورد انواع ماشین‌های الکتریکی مورد بحث می‌باشد.

سرفصل‌ها :

۱- اصول طراحی ماشین‌های الکتریکی و فناوری ساخت

۲- طراحی ماشین‌های الکتریکی به کمک کامپیوتر

۳- طراحی بهینه ماشین‌های الکتریکی

۴- انتقال حرارت در ماشین‌های الکتریکی و روش‌های خنک‌سازی، طراحی مدار حرارتی ماشین

۵- انتخاب مواد مغناطیسی، هادی و عایق در ماشین‌های الکتریکی

۶- محاسبات لازم در مدارهای مغناطیسی، برای طراحی

۷- طراحی ترانسفورماتور توزیع و قدرت + پروژه

۸- اصول کلی طراحی ماشین‌های گردان

۹- طراحی توربوژنراتورها + پروژه

۱۰- طراحی هیدروژنراتورها + پروژه

۱۱- طراحی موتورهای القایی سه فاز + پروژه

مراجع :

1.SAWHNEY.A.K." A course in Electrical Machanic Design" Dhanpat Rai +Co 2003.

2. MITTLE V.N, Mittle .A " Design of Electrical Machines " Standard Publishers Distributers, Delhi 2002

3. Narayanan, M.S.T." A Course in Electrical Machines Design" Asia publidhing House , Bombay 1973.

4.Say,M.G. Performance and Design of A.C Machines "Sir Isaac Pitman +Sons London , 1962 Third edition 1974.

5.J.J Cathey, Electric Machines Analysis and Design Applying MATLAB McGraWhile 2001

6.KUHLMAN,J.H"Design of Electrical Apparatus"J.W+Sons 1949 .

7.Veinott C.G."Computer Aided Design of Electrical Machines" MIT press 1978.

8.Alfred Still, Siskind Charles.A." Elements of Electrical Machine Design" cgrawHillThird edition 1954.

9. S.Rathnageevan+H. Hoole "Computer aided Analysis and Design of Electromagnetic Devices(Elesvier)1989.

10.Finite element for Electrical Engineers Silvester R L .Ferrari R.L Cambridge University press, 1990.

11.Harmonic Field effects in induction machines B.Heller Hanata 1977.

12.S.K.Sen " Principles of Electrical Machine Design " FORTRAN 80 C++ Oxford + IBH publishing Co. 2001.

13.R.K.Aggarwal "priciples of Electrical Machin edesign" S.k.Kataria +sons 1997.

14.M.Ramamoorty " Computer aided design of electrical equipment " East west press 1987.

15.H.M.Rai" Principles of Electrical Machine Design Satya parkashan 1992.

16.Chari, Silvester " Finite elements in Electrical and Magnetic Field problems;J.W.

17.S.Rathnajeevan, H.Hoole " computer Aided analysis and Design of Electromagnetic Devices " Elesvier 1989.

18. Large synchronous machines design, manufacture and operation J.H Walke Clarenedon press oxford 1981.

19.Electrical machine design data book A.Shanmugarsundaram G.Gangadharm R.Palani 1988.

دانشگاه تهران

طراحی ماشین‌های الکتریکی کوچک

تعداد واحد : ۳ نوع درس : نظری

درس پیش‌نیاز/هم‌نیاز : ماشین‌های الکتریکی ۳

هدف :

این درس مربوط به طراحی ماشین‌های الکتریکی کوچک است و لزوم ارائه آن با توجه به روش‌های طراحی نو، ظهور مواد جدید و افزایش کاربرد این نوع ماشین‌های احساس می‌شود. طراحی ماشین‌های الکتریکی موضوعی چندبعدی است که علاوه بر طراحی الکترومغناطیسی به انتخاب مواد، تحلیل حرارتی و مکانیکی، مشخصات مواد و روش‌های تولید وابسته است. در این درس روش‌های طراحی موتورهای dc آهنربای دائم، موتورهای القایی سه فاز کوچک، موتورهای dc بدون جاروبک و موتورهای سنکرون آهنربای دائم با سرعت قابل تنظیم از نوع آهنربای دائم ارائه می‌شوند. بعلاوه کاربرد روش‌های اجزاء محدود برای طراحی ماشین‌های الکتریکی مورد مطالعه قرار می‌گیرد.

سرفصل‌ها :

۱- مواد مهندسی برق در ماشین‌های الکتریکی

مواد مغناطیسی نرم – مواد هادی – مواد عایق – مواد PM

۲- گرمایش و خنک‌کاری

صعود درجه حرارت، انواع وظایف و مقادیر اسمی – سیستم‌های خنک‌کاری و انواع محفظه‌ها

انتقال حرارت به روش هدایت و جابجایی – مدل‌های انتقال حرارت – حل مسایل انتقال حرارت

داده‌های انتقال حرارت

۳- مفاهیم کلی و قیود در طراحی ماشین

معادلات خروجی – عوامل مؤثر بر اندازه ماشین‌های چرخان – تغییرات خروجی و تلفات با ابعاد

جداسازی D و L – قاب‌های استاندارد

۴- طراحی ماشین‌های جریان مستقیم

جزییات ساختمانی – محاسبات طراحی – طراحی نمونه

۵- طراحی موتور القایی

جزییات ساختمانی – محاسبات طراحی – مشخصه‌های عملکرد – اندازه‌های ورقه‌های موتور القایی

طراحی‌های نمونه در فرکانس صنعتی و فرکانس زیاد

۶- موتورهای PM

طراحی آهنربا – موتورهای dc نوع PM – موتورهای dc بدون جاروبک – موتورهای PM راه اندازی روی خط

دانشگاه تهران

۷- CAD ماشین‌های الکتریکی

روش اجزاء محدود – کاربرد روش اجزاء محدود در طراحی ماشین‌های الکتریکی – محاسبات نیرو و گشتاور

تحلیل موتور القایی

۸- طراحی ماشین‌های چرخان با فرکانس متغیر

نیاز به سرعت متغیر – مبدل‌های الکترونیک قدرت و ماشین‌های چرخان – موتور القایی قفسه‌ای برای کار در فرکانس متغیر – موتورهای سنکرون برای فرکانس متغیر – موتورهای سنکرون راکتانسی

مراجع :

1. AC Motor Design, H.C.J. de Jang, Hemisphere Publishing Corporation, 1989.
2. Design of Small Electrical Machines, E.S. Hamdi, John-Wiley & Sons, 1994.
3. Finite element analysis of electrical machines, S.J. Salon, Kluwer Academic Publ. Boston, 1995.

ماشین‌های مخصوص الکتریکی پیشرفته

تعداد واحد : ۳ نوع درس : نظری

درس پیش‌نیاز/هم‌نیاز : ماشین‌های الکتریکی مخصوص

هدف :

موتورهای الکتریکی کوچک کاربرد روزافزونی در تجهیزات صنعتی و غیره پیدا کرده‌اند و نیروی محرکه قابل کنترل را تأمین می‌کنند. از سوی دیگر این کاربردهای گسترده باعث پژوهش‌های زیادی در این زمینه شده است. در این درس به گروه خاصی از موتورهای الکتریکی که ساختار آنها دارای دو برجستگی (روی استاتور و روتور) است پرداخته می شود. دسته اول در این گروه موتورهای کنترل موقعیت دقیق و دسته دیگر موتورهای قدرت قابل کنترل هستند. ساختار الکترومکانیکی و روش‌های کنترل در این موتورها مورد توجه قرار گرفته‌اند.

سرفصل‌ها :

I- موتورهای پله‌ای

۱- مقدمه موتورهای پله‌ای

-اصول کار و وسایل طراحی موتورهای پله‌ای رلاکتانس متغیر (VR) چند توده‌ای stack

- موتورهای پله‌ای VR تک توده‌ای

- موتورهای پله‌ای مرکب

- مقایسه انواع موتورها

۲- مدارهای محرکه (Drive)

- مدارهای محرک تک قطبی (Unipolar)

- مدارهای محرک دوقطبی (Bipolar)

- سیم پیچی‌های دوگانه (Bifilar)

۳- موقعیت‌یابی دقیق بار (مشخصه‌های گشتاور استاتیک)

- مشخصه‌های گشتاور استاتیک برحسب موقعیت روتور

- خطای موقعیت ناشی از گشتاور بار

- انتخاب روش تحریک (موتورهای VR – موتورهای مرکب – محرکه‌های کسر پله)

- نحوه اتصال بار به موتور (با جعبه دنده – با پیچ)

۴- کارکرد چندپله‌ای – مشخصه‌های گشتاور برحسب سرعت

- رابطه بین گشتاور شکست و گشتاور استاتیک

- تشدید مکانیکی (مکانیزم تشدید – میراکننده با تزویج لزج اینرسی – میراکننده الکترومغناطیسی)

۵- عملکرد در سرعت‌های زیاد

- مشخصه‌های گشتاور شکست برحسب سرعت برای موتور هایبرید (نمایش مداری موتور – محاسبه گشتاور شکست)

- مشخصه‌های گشتاور شکست برحسب سرعت برای موتور VR (نمایش مداری موتور – ضریب اصلاح گشتاور – محاسبه گشتاور شکست)

۶- کنترل حلقه باز

- نرخ راه‌اندازی/توقف

- قابلیت شتاب‌گیری/ترمز

دانشگاه تهران

- اجرای کنترل حلقه باز (زمان‌بندی میکروپروسسوری – زمان‌بندی سخت‌افزاری – آشکارسازی پالس – آنالوژی مثلثی صعودی/نزولی)
- بهبود قابلیت شتاب‌گیری/ترمز

۷- کنترل حلقه بسته
- زاویه کلیدزنی (زاویه کلیدزنی برای حداکثر کردن گشتاور شکست – کنترل موقعیت)
- آشکارسازی موقعیت روتور (آشکارسازی نوری – آشکارسازی شکل موج)

۸- سیستم‌های موتور پله‌ای میکروپروسسوری
- کنترل حلقه باز به صورت سخت‌افزاری و نرم‌افزاری (کار با نرخ ثابت – شتاب و ترمز مثلثی)
- کنترل حلقه بسته میکروپروسسوری (کنترل زاویه کلیدزنی – آغاز ترمز و کنترل تطبیقی)

۹- مشخصه‌های گشتاور شکست برحسب سرعت موتورهای با سیم‌پیچی دوگانه

II- موتورهای SR

۱۰- کلیات و تعاریف در مورتوهای SR
- تعاریف
- موتورهای SR و رلاکتانس سنکرون ایده‌آل
- رابطه با موتور پله‌ای VR
- تاریخچه موتور SR

۱۱- اصول تبدیل انرژی
- منحنی‌های مغناطیسی
- گشتاور لحظه‌ای
- گشتاور متوسط
- کنترل‌کننده VA

۱۲- طراحی موتور SR
- تعاریف
- تعداد فازها و قطب‌ها
- کمان‌های قطب
- ابعاد قطب
- سیم‌پیچی‌ها
- ورقه‌های فولادی

۱۳- کار دینامیک موتور SR
- کار تک پالس
- برش دادن (PWM ولتاژ)
- برش (تنظیم جریان)
- شکل موج جریان
- شکل موج گشتاور

مراجع :

1. Stepping Motors, P.P. Acarnley, IEE, 1992.
2. Microprocessor Control of Stepping Motor, Kenjo, Oxford Science Pub., 1990.
3. Switched Reluctance Motors and their Control, T.J.E. Miller, Oxford Science Pub. 1993.
4. Switched Reluctance Motor Drives, R. Krishnan, CRC Press, 2001.

دانشگاه تهران

روش‌های اجزاء محدود در الکترومغناطیس

تعداد واحد : ۳ نوع واحد : نظری

پیش نیاز : ماشین‌های الکتریکی ۳

سرفصل‌ها :

۱- اصول ریاضی روش اجزاء محدود

- معادلات مشتق جزئی حاکم بر پدیده‌های فیزیکی – معادلات ماکسول
- روش حل معادلات دیفرانسیل به فرم انتگرال (Variational Formulation)
- توابع پایه جهت تقریب توابع
- روش مستقیم کردن یک تابع انتگرالی
- روش‌های مختلف تشکیل فرم انتگرالی Functional
- معادله اولر – لاگرانژ Euler-Lagrange
- فرم ضعیف Weak Form
- فرم انرژی Energy Form
- روش Weighted Residual
- روش Collocation Method

۲- روش اجزاء محدود

- روش اجزاء محدود برای مسائل یک بعدی، دوبعدی و سه‌بعدی و متغیر با زمان
- المان‌های یک‌بعدی، دوبعدی و سه‌بعدی
- فرم پتانسیلی معادلات میدان الکتریکی و مغناطیسی
- تشکیل معادلات برای هر جزء
- تشکیل معادلات کلی
- اعمال شرایط مرزی
- روش‌های حل معادلات کلی
- روش‌های کامپیوتری برای بدست آوردن نتایج نهایی

مراجع :

1. "FEM for Electrical Engineers" by Silvester.
2. "Introduction to FEM" by Reddy.
3. "Computer Aided Design in Magnetics" by Lowtner
4. "CAD in Electromagnetics" by Coulomb

دانشگاه تهران

دینامیک سیستم‌های قدرت ۲

تعداد واحد : ۳ نوع درس : نظری

درس پیش‌نیاز/هم‌نیاز : دینامیک سیستم‌های قدرت ۱

هدف :

با توجه به تحقیقات فراوانی که در زمینه مطالعات دینامیک سیستم قدرت به عنوان بزرگترین سیستم دینامیکی ساخته دسته بشر صورت گرفته و بهبود تجهیزات و روش‌های پایدارسازی سیستم بطور جامع مطرح گشته است. هدف این درس آشنایی دانشجویان با روش‌های نوین پایداری و بخصوص کنترل‌کننده‌های هوشمند و ادوات جدیدی است که نصب آنها در سیستم قدرت به عنوان ضرورت مطرح شده است.

سرفصل‌ها :

۱- پایدارسازهای هوشمند در سیستم قدرت

۲- پایدارسازهای مقاوم، دوگانه، خودتنظیم و تطبیقی

۳- استفاده از روش‌های شناسایی و تخمین برای تعیین پارامترها و معادل سازی دینامیکی سیستم قدرت

۴- مدل‌سازی احتمالی (اتفاقی) سیستم قدرت و تحلیل فرآیندهای اتفاقی در سیستم

۵- عناصر FACTS در سیستم قدرت

۶- بررسی پایداری گذرا با روش تابع انرژی

۷- پایدارسازی ولتاژ در سیستم قدرت

۸- پایدارسازی جامع سیستم قدرت

مراجع :

1. Electric Power System Dynamics. 1983. Yao-Nan-Yu, (A-P.)
2. Time-Scale Modeling of Dynamic Networks with Application to Power Systems, 1882, J.H. Chow.
3. Synchronous Machines Theory and Performance, 1967, C. Concordia.
4. Power System Stability 1981.
5. Power System Stability by the Direct Method of Lyapunov 1981, Pai.

دانشگاه تهران

6. Subsynchronous Resonance in Power Systems, 1990, P.M. Anderson, B.L. Agrawel & J.E. Vanness (IEEE).
7. Eigenanalysis and Frequency Domain Methods for System Dynamic Performance, 1990, (IEEE).
8. Transient Stability of Power Systems Theory and Practice, 1994, M. Parella, P.G. Morthy (J.W.).
9. Power System Voltage Stability 1994, Carson, W Taylor, (J.W)
10. Power System Transient Stability Analysis Using the Transient Energy Function Method, A.A. Fouad & Vijay Vittal, 1992. (P-H)
11. Energy Function Analysis of Power System Stability M.A. Pai, 1989. (K.A-P)
12. Coherent Generators, V. Guruprasada Rau, MD Yeakub Hussain, 1998.
13. Power System Osilations G. Rogers 2000. (KAP)

برنامه‌ریزی سیستم‌های قدرت

تعداد واحد : ۳ نوع درس : تخصصی - اختیاری

درس پیش‌نیاز/هم‌نیاز : بررسی سیستم‌های قدرت ۲

هدف : تغییر و توسعه سیستم‌های قدرت نیاز طی دوره‌های چندین ساله دارد. برنامه‌ریزی و آینده‌نگری یکی از ضروریات سیستم‌های قدرت می‌باشد. تا قبل از بروز مشکل و تنگنا، اقدامات پیش‌گیرانه لازم از قبل صورت پذیرفته و توسعه لازم به عمل آمده باشد.

سرفصل‌ها:

فصل اول : پیش‌بینی تقاضا (بار) برای انرژی الکتریکی

- مقدمه‌ای بر برنامه‌ریزی سیستم‌های قدرت – مسائل و چالش‌ها
- روش‌های ریاضی پیش‌بینی بلندمدت انرژی الکتریکی (رگرسیون، ARIMA، روش‌های مبتنی بر سناریو)
- روش‌های پیش‌بینی پیک بار و انرژی در افق بلندمدت

(روش‌های یک متغیره مبتنی بر سناریو زمانی، روش‌های چندمتغیره، روش‌های مبتنی بر بررسی رفتار مصرف‌کننده نهایی، روش‌های ترکیبی)

- بررسی چند مثال کاربردی

فصل دوم : نگاهی به مفاهیم و محاسبه قابلیت اطمینان در سیستم‌های قدرت

- پایه‌های ریاضی و تعاریف اولیه (مدل‌های مارکوف)
- مدل‌های محاسبه قابلیت اطمینان در سیستم تولید
- معرفی روش مونت کارلو و محاسبه قابلیت اطمینان در سیستم تولید و انتقال

فصل سوم : شبیه‌سازی احتمالی تولید در سیستم‌های قدرت

- معرفی مفاهیم منحنی تداوم بار و منحنی تداوم بار معادل
- فرآیند شبیه سازی تولید و محاسبه شاخص‌های LOLP و EENS
- نگاهی به روش‌های عملی شبیه‌سازی احتمالی تولید در سیستم های واقعی

فصل چهارم : روش‌های برنامه‌ریزی تعمیرات نیروگاه‌ها

- مقدمه‌ای بر برنامه‌ریزی تعمیرات در سیستم‌های قدرت
- فرمول‌بندی مسأله برنامه‌ریزی تعمیرات به صورت یک مسأله بهینه‌سازی ریاضی

- معرفی توابع هدف مختلف و قیدهای فنی
- رویکردهای قطعی و احتمالی به مسأله برنامه‌ریزی تعمیرات نیروگاه‌ها
- روش‌های حل مسأله برنامه‌ریزی تعمیرات (برنامه‌ریزی خطی، برنامه‌ریزی پویا، روش‌های هوشمند)

فصل پنجم : برنامه‌ریزی توسعه تولید

- اصول برنامه‌ریزی توسعه در سیستم‌های قدرت
- مفاهیم آنالیز اقتصادی پروژه ها و ارزش زمانی سرمایه
- فرمول‌بندی مسأله برنامه‌ریزی توسعه تولید در سیستم‌های حرارتی – آبی
- آشنایی با نرم افزار **WASP**

فصل ششم : برنامه‌ریزی توسعه انتقال و فرمول‌بندی مسأله

- روش‌های ابتکاری برنامه‌ریزی توسعه سیستم انتقال
- کاربرد روش‌های بهینه سازی ریاضی در برنامه‌ریزی توسعه سیستم انتقال

فصل هفتم : جمع‌بندی درس

- خلاصه درس
- نگاهی به چالش‌های جدید و برنامه‌ریزی در محیط تجدید ساختار شده

مراجع :

1. X. Wang and G.R McDonad, Modern Power System Planning, MCGRAW-HILL, 1994.
2. Harry G. Stoll, Least-Cost Electric Utility Planning, John Wiley & Sons, 1989.
3. R.L.Sullivan, Power System Planning, Mc-Graw Hill Publication, Inc. New York, 1974.

دانشگاه تهران

کیفیت توان الکتریکی

تعداد واحد : ۳ نوع درس : نظری

درس پیش‌نیاز/هم‌نیاز : بررسی سیستم‌های قدرت ۲

هدف : هدف از این درس آشنایی دانشجویان با مسائل مختلف کیفیت توان الکتریکی و راه‌های بررسی آن است. همچنین حل مسئله کیفیت توان و بهبود آن در این درس مورد بحث واقع می‌شود.

سرفصل‌ها :

۱- مفهوم کیفیت توان الکتریکی
- تعاریف جاری در کیفیت قدرت الکتریکی
- بهره‌برداری از بارهای خاص
- مروری بر سری‌های متعامد و تبدیل‌ها

۲- پارامترهای و استانداردهای کیفیت قدرت الکتریکی
- پارامترهای کلاسیک در کیفیت توان الکتریکی
- شاخص اعوجاج Distortion Index
- فلیکر
- پدیده‌های گذرا
- ظهور مسائل ناشی از کیفیت توان الکتریکی
- منحنی‌های تأثیرپذیری هارمونیکی توان الکتریکی

۳- اندازه‌گیری‌ها در سیستم قدرت
- تبدیل فوریه
- اندازه‌گیری‌های ولتاژ
- اندازه‌گیری‌های توان
- اندازه‌گیری‌های انرژی
- ثبات‌های حوادث
- خطاهای اندازه‌گیری

۴- مدل‌سازی شبکه و اجزاء سیستم قدرت تحت شرایط غیرسینوسی
- سیستم‌های انتقال و توزیع
- منابع تولید
- خازن‌های شانت
- ترانسفورماتورها
- جریان‌های تهاجمی

دانشگاه تهران
نوزای برنامه‌ریزی

- ماشین‌های الکتریکی
- سیستم‌های زمین

۵- بارهایی که منجر به ایجاد مسئله در کیفیت توان الکتریکی می‌شوند
- کنورترهای AC/DC تک فاز
- کنورترهای AC/DC سه فاز
- کوره‌های قوس الکتریک
- لامپ‌های فلوئورسنت
- تجهیزات با مدولاسیون پالسی
- محرکه‌های موتوری

۶- روش‌های آنالیز
- آنالیز سیستم‌ها در حالت ماندگار پریودیک
- روش‌های تبدیل لاپلاس و تبدیل فوریه
- تبدیل والش
- روش‌های آنالیز در حوزه زمان

۷- هارمونیک‌ها در سیستم قدرت
- منابع تولید هارمونیک
- روش تزریق جریان
- مطالعات پخش بار
- مطالعات پخش بار هارمونیکی با استفاده از روش‌های Coordinate
- مطالعات پخش بار هارمونیکی با استفاده از روش نیوتن رافسون
- مقایسه روش‌های آنالیز هارمونیک‌ها
- کاربردهای مطالعات پخش بار هارمونیکی

۸- کاربرد تخمین حالت در کیفیت توان الکتریکی
- تخمین حالت
- تخمین‌گرهای Least Square
- فیلترهای کالمن
- شبکه‌های عصبی

۹- فلیکر، ایمپالس‌ها، سیگنال‌های فرکانس رادیویی و تأثیرپذیری بارها از این سیگنال‌ها
- فلیکر
- ایمپالس‌ها
- سیگنال‌های فرکانس بالا
- نویز Common Mode و نویز Transverse Mode
- تداخل Geomagnetic

دانشگاه تهران

- تأثیرپذیری بارها
- کاهش عمر و پیری زودرس تجهیزات سیستم قدرت

۱۰- بهبود کیفیت توان الکتریکی
- فیلترهای هارمونیکی
- فیلترهای اکتیو
- حاصل‌ضرب زاویه فاز
- منابع تغذیه بدون وقفه
- ترانسفورمرهای ولتاژ ثابت
- جبران‌سازهای استاتیک توان راکتیو و اکتیو

۱۱- افتادگی و برآمدگی ولتاژ Voltage Sags and Swells
- اثرات افت ولتاژ بر روی تغییر فاز
- اثرات افت ولتاژ بر روی تجهیزات
- منحنی حساسیت
- روش‌های بهبود افتادگی و برآمدگی ولتاژ

۱۲- بهبود کیفیت توان الکتریکی به کمک تجهیزات Custom Power
- معرفی ادوات FACTS و عملکرد آنها
- معرفی ادوات Custom Power و عملکرد آنها

مراجع :

1. Electric Power Quality, G.T. Heydt, Purdue Univ.

2. IEEE Recommended practices and Requirements for Harmonic Control in Electric Power System, IEEE Std.519-1922, Newyork, NY, 1993.

3. Update of Harmonics Standard IEEE-519: Recommended Practices and Requirement for Harmonic Control in Electric Power Systems.

۴- ارزیابی کیفیت قدرت، تألیف، جی آریلاگا – ان واتسون – ای چن، ترجمه مهندس محمد احمدی یزدی – مهندس امیر دین‌دار – ناشر مرکز نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر

دانشگاه تهران

حفاظت دیجیتال سیستم‌های قدرت

تعداد واحد : ۳ نوع درس : نظری

درس پیش‌نیاز/هم‌نیاز : ــ

هدف : رله‌های حفاظتی سیستم‌های قدرت اخیراً دچار تغییرات عمده و قابل توجهی شده‌اند. امروزه اکثریت قابل توجه ادوات حفاظتی و کنترلی جدید شبکه‌های قدرت عناصری می‌باشند که توسط فن‌آوری دیجیتال پیاده‌سازی می‌شوند. کاربرد رله‌های دیجیتال در سیستم قدرت، روش‌های کنترل و حفاظت شبکه را نیز تحت تأثیر قرار داده است. با گسترش وسیع اتوماسیون سیستم‌های قدرت، کاربرد فن‌آوری دیجیتال در این سیستم‌ها اهمیت بیشتری پیدا کرده است. در درس حفاظت دیجیتال سیستم‌های قدرت ساختار داخلی و عملکرد رله‌های دیجیتال مورد ارزیابی قرار گرفته و نحوهٔ کاربرد آنها به منظور کنترل وحفاظت بهینه شبکه تشریح می‌گردد.

سرفصل‌ها :

۱- مقدمه

زمینه‌های تاریخی، رله‌های مایکروپروسسوری و منافع آنها، بلوک دیاگرام یک رله مایکروپروسسوری.

۲- پردازش سیگنال‌های ورودی رله و سخت‌افزار رله

پیش‌پردازش سیگنال‌های آنالوگ، فیلترهای پایین‌گذر و میان‌گذر، نمونه‌برداری از سیگنال‌های آنالوگ، مبدل‌های آنالوگ به دیجیتال، فیلترهای آنالوگ و دیجیتال، پردازشگرهای دیجیتال.

۳- الگوریتم‌های اندازه‌گیری و حفاظتی

الگوریتم‌ها با پنجره داده‌های کوتاه و بلند، الگوریتم‌های برگشت‌پذیر و برگشت‌ناپذیر، الگوریتم RL، الگوریتم‌های DFT و LES، ارزیابی عملکرد الگوریتم‌های مختلف، مقایسه الگوریتم‌های مطرح شده، الگوریتم‌های اندازه‌گیری فرکانس.

۱- رله‌های مایکروپروسسوری :

رله اضافه جریان، رله دیستانس، رله تفاضلی، رله جهت‌یاب، رله فرکانسی.

۲- روش‌های تست رله‌های حفاظتی :

تست حالت مانا، تست دینامیک، تست حالت گذرا، تست با داده‌های واقعی سیستم قدرت، دستگاه‌های تست دیجیتال

دانشگاه تهران
دفتر برنامه‌ریزی آموزشی

۳- حفاظت دیجیتال عناصر مختلف سیستم قدرت :
حفاظت خطوط انتقال، حفاظت ژنراتور و موتور، حفاظت ترانسفورماتور.

۴- مباحث جانبی :
حفاظت تطبیقی، تست رله، کنترل و حفاظت شبکه بهم پیوسته، چک کردن قسمت‌های مختلف نرم‌افزار و سخت‌افزار رله، تعیین محل وقوع خطا بر روی خطوط انتقال.

۵- روش‌های نوین در کنترل و حفاظت :
بررسی الگوریتم‌ها و روش‌های جدید پیشنهادی برای طراحی و بهبود عملکرد رله‌های مایکروپروسسوری، مطالعه و بررسی مقالات جدید در زمینه رله‌های مایکروپروسسوری، اتوماسیون پست‌های فشارقوی، اتوماسیون سیستم قدرت.

مراجع :

1. M.S. Sachdev (Coordinator), "Advancements in Microprocessor Based Protection and Communication", IEEE Tutorial Course Text. IEEE PES Publication no. 97TP120-0, 1997.

2. A.G. Phadke and J.S. Thorp, "Computer Relaying for Power System Protection", Research Studies Press Ltd., England, 1988.

3. Electricity Training Association, "Power System Protection, Vol.4, Digital Protection and Signalling", IEE, London, 1995.

4. W.A. Elmore, "Protective Relaying, Theory and Application", ABB Power T&D Company, Realy Division, Florida, 1994.

5. M.S. Sachdev (Coordinator) "Microporcessor Relays and Protection Systems", IEEE Tutorial Course text, IEEE PES Publication No.88EH0269-pwr, 1988.

6. A.T. Johns and S.K. Salman, "Digital Protection for Power Systems", IEE Power Series 15, Peter Peregrinus Ltd., England, 1995.

۷- مقالات منتشره اخیر در زمینه حفاظت سیستم‌های قدرت

اتوماسیون سیستم‌های قدرت

تعداد واحد : ۳ نوع درس : نظری

درس پیش‌نیاز :

هدف :

در طول چند سال گذشته، روش‌های کنترل، حفاظت، اندازه‌گیری و مونیتورینگ سیستم‌های قدرت دچار تغییرات عمده‌ای گشته‌اند و استفاده از ادوات دیجیتال و سیستم‌های مخابراتی در شبکه‌های قدرت گسترش قابل توجهی یافته است. استفاده از سیستم‌های مخابراتی و اتوماسیون در شبکه‌های قدرت می‌تواند نقش قابل توجهی در بهبود عملکرد و کنترل و بهره‌برداری مطلوب‌تر سیستم‌های قدرت داشته باشد. در این درس مباحث مختلفی در ارتباط با نحوه استفاده و پیاده‌سازی اتوماسیون در سیستم‌های قدرت و عملکردهای کنترلی حفاظتی قابل پیاده‌سازی با استفاده از این فناوری مورد بحث قرار می‌گیرند.

سرفصل‌ها :

۱- مقدمه

سیستم‌های قدرت مدرن و نیازهای آنها، حفاظت و کنترل بهینه سیستم‌های قدرت، نقش سیستم مخابراتی در کنترل و بهره‌برداری بهینه سیستم‌های قدرت، نقش اتوماسیون در بهبود عملکرد سیستم‌های قدرت.

۲- آشنایی با روش‌های ارسال سیگنال

مبانی روش‌های مختلف مخابره سیگنال، مخابرات آنالوگ، مخابرات دیجیتال، روش‌های مختلف مدولاسیون، مدل مخابراتی OSI، پروتکل‌های مختلف ارسال سیگنال، آشنایی با شبکه‌های کامپیوتری، شبکه‌های کامپیوتری با ساختار ستاره، حلقوی و باس.

۳- کانال‌های مخابراتی

سیستم پایلوت، مایکروویو، فیبر نوری، PLC، مزایا و معایب کانال‌های مخابراتی مختلف، اجزاء موردنیاز هر روش، تأثیر نویز، افت سیگنال و سرعت ارسال در روش‌های مختلف، موارد استفاده در سیستم قدرت، انواع نصب و بهره‌برداری از کانال‌های مختلف

۴- اتوماسیون پست‌های فشارقوی

کاربرد عناصر دیجیتال در پست‌های فشارقوی، رله‌های دیجیتال، سیستم حفاظت، کنترل، اندازه‌گیری و مونیتورینگ دیجیتال، اینترلاکینگ در پست‌ها، مزایای استفاده از سیستم اتوماسیون در پست‌های فشارقوی، استفاده از عناصر هوشمند IED در پست‌های فشارقوی، اجزاء مختلف پست‌ها و سیستم اتوماسیون مورد استفاده، ساختارهای مختلف سیستم اتوماسیون، سطوح مختلف سیستم، سطح پروسس، سطح بی،

ایستگاه، سطح شبکه، مخابره سیگنال داخل پست، آشنایی با برخی پروتکل‌های متداول و صنعتی، پروتکل‌های استاندارد IEC-61850 و UCA2، آشنایی با برخی سیستم‌های اتوماسیون پیاده‌سازی شده

۵- اتوماسیون شبکه قدرت

آشنایی با RTU، اجزاء RTU و عملکرد آن، پروتکل‌های متداول ارسال سیگنال در شبکه، مونیتورینگ سیستم قدرت و اجزاء شبکه، مدیریت و عملکرد بهینه شبکه، سیستم SCADA، پست‌های بدون اپراتور

۶- اتوماسیون سیستم‌های توزیع

روش‌های مختلف پیاده‌سازی سیستم اتوماسیون در شبکه‌های توزیع، بررسی برخی کاربردها از قبیل کنترل، حفاظت و مونیتورینگ شبکه توزیع، مدیریت بار، قطع و وصل بهینه شبکه، خازن‌گذاری، کنترل ولتاژ

۷- کاربردهای اتوماسیون در سیستم قدرت

عملکردهای کنترلی حفاظتی از طریق سیستم اتوماسیون، کنترل ولتاژ و تصحیح ضریب توان، جبران‌سازی راکتیو، حفاظت دیفرانسیل خطوط انتقال، نحوه ارتباط و انتقال سیگنال بین دو طرف خط انتقال، حفاظت خطوط سه ترمیناله با استفاده از کانال مخابراتی، حفاظت واحد خط انتقال، حفاظت مقایسه جهت، حفاظت مقایسه فاز، حفاظت خطوط جبران شده سری، حفاظت گسترده سیستم قدرت (WAP)، انواع روش‌های حفاظتی WAP، پایداری ولتاژ، پیش‌بینی ناپایداری ولتاژ در شبکه با استفاده از WAP، پیاده‌سازی روش‌های مختلف WAP، کنترل ناپایداری فرکانسی با استفاده از روش WAP

۸- مباحث جانبی

اندازه‌گیری همزمان متغیرهای شبکه، واحد اندازه‌گیری فاز (PMU)، کاربردهای PMU در حفاظت و کنترل بهینه سیستم قدرت، حفاظت تطبیقی سیستم قدرت، بررسی الگوریتم‌ها و روش‌های جدید ارسال سیگنال در شبکه‌های قدرت، بررسی مقالات جدید در زمینه اتوماسیون سیستم قدرت

مراجع :

1. W.A. Elmore, "Pilot Protective Relaying", Marcel Dekker Inc., New York, 2000.
2. K. Brand, V. Lohmann and W. Wimmer, "Substation Automation Handbook", UAC, 2004.
3. M.S. Sachdev (Coordinator), "Advancements in Microprocessor Based Protection and Communication", IEEE PES Publication, No.97TP120-0, 1997.
4. Electricity Training Association, "Power System Protection, Vol.4, Digital Protection and Signalling", IEE, London, 1995.

۵- مقالات منتشره اخیر در زمینه اتوماسیون سیستم‌های قدرت

دانشگاه تهران

خواص مواد در مهندسی برق

تعداد واحد : ۳ نوع درس : نظری

درس پیش‌نیاز/هم‌نیاز : ــ

هدف :

در ساخت ادوات برقی و الکترونیکی از مواد متعددی استفاده می‌شود. در این درس دانشجویان با خواص فیزیکی مواد متداول در صنعت برق آشنا می‌شوند.

قسمت اول – مواد هادی

فصل ۱- خواص اساسی و دسته‌بندی

مقاومت و هدایت ویژه – هدایت حرارتی در فلزات – نیروی محرکه ترموالکتریکی – ضریب حرارتی طولی – خواص مکانیکی

فصل ۲ - مواد پرهدایت :

مس – آلومینیوم – آهن – سدیم

فصل ۳ - فوق هادی‌ها و Cryo هادی‌ها

فصل ۴ - فلزات مختلف

تنگستن – مولیبدیوم – فلزات قیمتی – نیکل و کبالت – قلع – سرب – روی و کادمیم – اندیوم و گالیم – جیوه

فصل ۵- آلیاژها، لحیم‌ها و گدازآورها

آلیاژهای پرمقاومت – آلیاژهای ترموکوپل – آلیاژهای تغییر بعدسنج مواد اتصالات – لحیم‌ها و گدازآورها

فصل ۶- هادی‌های غیرفلزی

عناصر کربن الکتریکی – چسب‌های هادی و مقاومت‌دار – مواد هادی با دوام حرارتی فوق‌العاده

قسمت دوم – مواد نیمه‌هادی

فصل ۷- اصول نظریه نواری جامدات

نوارهای انرژی – پر شدن نوارها با الکترون‌ها – خواص الکتریکی جامدات – نیمه‌هادی‌های ذاتی و غیرذاتی – ساختار نوار انرژی نیمه‌هادی‌ها

فصل ۸- آمار الکترون‌ها در نیمه‌هادی‌ها

توزیع انرژی ذره‌ای – توابع توزیع – چگالی حامل آزاد در نیمه‌هادی‌های Degenerate و Nondegenerate ، چگالی حامل آزاد برحسب درجه حرارت – حامل‌های نامتعادل – طول عمر تولید و ترکیب مجدد

فصل ۹- هدایت الکتریکی در نیمه‌هادی‌ها

هدایت ذاتی و غیرذاتی

دانشگاه تهران

ذره پرانی و تحرک حامل‌های آزاد – هدایت الکتریکی در میدان‌های بزرگ

فصل ۱۰- پدیده‌های اتصال در نیمه‌هادی‌ها

تابع کار – اتصال نیمه‌هادی و فلز – اتصال بین یک نیمه‌هادی نوع n و نوع p – خواص اتصال Heterojunction-pn

فصل ۱۱- فرآیندهای الکترونیکی روی سطح نیمه‌هادی‌ها

حالت‌های سطح – لایه بار فضایی نزدیک سطح – اثر میدان

فصل ۱۲- پدیده‌های نوری و فتوالکتریک در نیمه‌هادی‌ها

نیمه‌هادی با جذب نور – هدایت نوری – پرتوافکنی

فصل ۱۳- پدیده‌های ترموالکتریکی در نیمه‌هادی‌ها – اثر هال

اثرات ترموالکتریکی – اثر هال

فصل ۱۴- روش‌های ساخت

ژرمانیم – سیلیکون – سلنیوم – تلوریم – ترکیبات $A^{II}B^{VI}$ – ترکیبات $A^{III}B^{V}$ اکسید نیمه‌هادی‌ها – کربورسیلیکون – روش‌های رشد کریستال نیمه‌هادی

قسمت سوم – مواد عایقی

فصل ۱۵- پلاریزاسیون عایقی

تعاریف اصلی – عایق‌های قطبی و غیرقطبی – انواع پلاریزاسیون – ضریب نفوذ عایقی

تابع عوامل مختلف – ضریب نفوذ مواد عایقی کامپوزیت

فصل ۱۶- هدایت الکتریکی در عایق‌ها

خواص اصلی – هدایت در جامدات – هدایت در سیالات – هدایت در گازها – هدایت سطحی در عایق‌ها

فصل ۱۷- تلفات عایقی

مفاهیم اساسی – تلفات نشتی – تلفات نشتی – تلفات تشدیدی – تلفات در عایق‌های ناهمگن – طیف تلفات عایقی کل

فصل ۱۸- شکست عایقی

کلیات – شکست در گازها – شکست در مایعات – شکست در عایق‌های جامد – شکست در عایق‌های ناهمگن ماکروسکوپی

فصل ۱۹- خواص مکانیکی، حرارتی و شیمیایی عایق ها

خواص مکانیکی – خواص حرارتی – خواص ضد رطوبتی – خواص شیمی فیزیکی

فصل ۲۰- مواد عایق‌ساز الکتریکی

عایق‌های گازی – روغن‌های نفتی – عایق‌های مایعی سنتزی – پلیمرها – لاک‌ها – کمپوندها – پلاستیک‌ها – جهمنده‌ها (elastomers) – مواد الیافی – شیشه‌ها – شیشه هسته‌دار – مواد – سرامیک – مواد میکا و میکا – لایه غیرآلی

قسمت چهارم – عایق‌های فعال

فصل ۲۱- فروالکتریک‌ها

دانشگاه تهران

پلاریزاسیون خودبخودی – دسته بندی فروالکتریک‌ها – فروالکتریک‌های با حلقه هیسترزیس مستطیلی – خازن‌های فروالکتریکی – پارالکتریک‌ها – نیمه‌هادی‌های فروالکتریک

فصل ۲۲- پیروالکتریک‌ها

اثر پیروالکتریک – سرامیک‌های پیروالکتریک – تک کریستال پیروالکتریک

فصل ۲۳- پیزوالکتریک‌ها

اثر پیرو الکتریک – مواد پیروالکتریکی

فصل ۲۴- مواد الکترونیک کوانتم

اصول الکترونیک کوانتم – مواد فعال برای میزرها – مواد برای لیزرهای جامد – لیزرهای نیمه‌هادی و دیودهای با تشعشع نور – مواد برای لیزرهای مایع – لیزرهای گازی – فسفرها

فصل ۲۵- مواد الکترواپتیک و نوری – غیرخطی

اثر الکترواپتیک – بلورهای الکترواپتیک – سرامیک‌های الکترواپتیک – بلورهای مایع – مواد نوری – غیرخطی

فصل ۲۶- الکترت‌ها (Electretها)

اثر motion ها – مواد برای الکترت‌ها

قسمت پنجم – مواد مغناطیسی

فصل ۲۷- اطلاعات مختصر در مورد نظریه مغناطیس، دسته‌بندی مواد مغناطیسی

انواع اصلی حالت مغناطیسی یک ماده – فروفری مغناطیس‌ها – مراحل مؤثر منحنی مغناطیسی و حلقه هیسترزیس – دسته‌بندی مواد مغناطیسی

فصل ۲۸- مشخصه‌های مغناطیسی

حلقه هیسترزیس – ضریب نفوذ مغناطیسی – مغناطیسی شوندگی در میدان‌های متناوب – اثر فاصله هوایی

فصل ۲۹- مواد مغناطیسی نرم برای موارد استعمال در میدان مستقیم و کم فرکانس

ملزومات مواد مغناطیسی نرم – فولادهای سیلیکون الکتریکی – آلیاژهای با ضریب نفوذ مغناطیسی زیاد

فصل ۳۰- مواد برای فرکانس زیاد و فرکانس امواج میکرو

تولید فریت‌ها – فریت‌های رادیویی – عایق‌های مغناطیسی – فریت‌های مایکروویو

فصل ۳۱- مواد با حلقه مستطیلی

ملزومات برای مواد با حلقه مستطیلی – تنوع مواد با حلقه مستطیلی

مراجع :

1. Properties of Materials for Electrical Engineers, K.J. Pascoe, John Wiley & Sons, 1975.
2. Electrical and Radio Engineering Materials, B.M. Tareev, Mir Publishers, Moscow, Russia, 1990.
3. Electronic Properties of Engineering Materials, New York, Wiley & Sons Ltd, 1999.
4. Electrical Properties of Materials, L. Solymar and D. Walsh, 7th Editor, Oxford University Press, 2004.
5. Principles of Electronic Materials and Devices, S.O. Kasap, 3rd Edition, McGraw-Hill, 2005.

دانشگاه تهران

سیستم‌های هوشمند کاربردی

تعداد واحد : ۳ نوع درس : نظری

درس پیش‌نیاز/هم‌نیاز : ــ

هدف :

آشنایی با مفاهیم پایه مباحث هوش مصنوعی، شبکه‌های عصبی، منطق فازی و الگوریتم ژنتیک به منظور استفاده در پروژه‌های تحقیق قدرت که نیاز به مباحث فوق دارند.

سرفصل‌ها :

۱- هوش مصنوعی

- سیستم خبره : اجزاء و ساختار سیستم خبره
  - پایگاه دانش
  - واحد استنتاج
  - واسط کاربر
  - واحد توسعه
- روش‌های نمایش دانش و تجربیات
  - شبکه‌های معنایی
  - جبر گزاره‌ای
  - چارچوب
  - قوانین تولید Production Rules
- روش‌های جستجو
  - روش‌های جستجوی کور (کامل، سطح اولین، عمق اولین)
  - روش‌های جستجوی ابتکاری (بهترین اولین، تندترین شیب، الگوریتم A^*)
- استراتژی‌های کنترل
  - زنجیره‌ای پیشرو
  - زنجیره‌ای پسرو
  - دو جهتی
  - کاهش اختلاف
- زبان‌های هوش مصنوعی
  - Prolog (تدریس و انجام مراحل فوق با استفاده از Prolog)
  - Lisp

دانشگاه تهران

۲- شبکه‌های عصبی

- اصول پردازش موازی توسط شبکه عصبی، ساختار شبکه عصبی
- طبقه‌بندی شبکه‌های عصبی، شبکه عصبی بدون سرپرستی، شبکه عصبی با سرپرستی، شبکه عصبی با ورودی آنالوگ، شبکه عصبی با ورودی باینری
- شبکه هاپفیلد
- شبکه همینگ
- شبکه پرسپترون (یک لایه و چندلایه)
- خودسازنده کوهونن
- روش‌های یادگیری
- Correlation Learning Rule
- Error Back Propagation Learning Rule
- ساختارهای Neural Adaptive (Self Tuning Regulation Type)
- انجام مثال‌های کاربردی با استفاده از زبان C برای شبکه‌های فوق

۳- منطق فازی

- تعاریف اولیه درخصوص مجموعه‌های فازی، ترکیبات فازی و استدلال تقریبی
- قانون ترکیبی استنتاج فازی
- روش‌های Defuzzification
- مثال کاربردی، کنترل فازی تکنیک پس‌انتشار خطا

۴- الگوریتم ژنتیک

- معرفی الگوریتم ژنتیک و کاربرد آن در بهینه‌سازی
- انجام یک مثال

مراجع :

1. E. Rich, "Artificial Inteligence", Mc Graw Hill, 2nd. Ed, 1991
2. R. Aliev, G. Mamedova, "Fuzzy Sets Theory and Its Application", Tabriz Univ. Press, 1993.
3. Nicolaos B. Karayiannis, Anastasios N. Venetsanopoulos", Artificial Neural Networks, Learning Algorighms, Perfomance Evaluation, and Application", Klower Academic Publisher, 1993.

دانشگاه تهران
برای برنامه ریزی آموزشی

کاربرد آزمون‌های غیرمخرب در صنعت برق

تعداد واحد : ۳ نوع درس : نظری

درس پیش‌نیاز/هم‌نیاز : ــ

هدف :

تعمیر و نگهداری صحیح در صنعت برق باعث افزایش طول عمر تجهیزات، صرفه اقتصادی و بالا بردن قابلیت اطمینان شبکه قدرت می‌شود. در این درس دانشجویان با چگونگی بکارگیری آزمون‌های غیرمخرب در عیب‌یابی، تعمیر و نگهداری اداوات و تجهیزات صنعت برق آشنا می‌شوند.

مقدمه :

اهمیت تعمیر و نگهداری در صنعت برق، تجهیزات گردنده و تجهیزات ساکن، مواد تشکیل‌دهنده تجهیزات قدرت، قابلیت اطمینان شبکه‌های قدرت، عیوب فلزی و عیوب عایقی، آزمون‌های مخرب و آزمون‌های غیرمخرب.

بخش اول: مواد فلزی

روش‌های مشاهده‌ای

اصول اولیه، بوروسکوب، تکنیک‌های هولوگرافی، بازرسی‌های دینامیکی

روش‌های رادیوگرافی

اصول اولیه، تولید اشعه ایکس، تولید اشعه گاما، تکنیک‌های اندازه‌گیری، تکنیک‌های اندازه‌گیری با روش فلوئوروسکوپی، وسایل اندازه‌گیری، ایمنی در مقابل تشعشعات، تکنیک‌های ویژه

روش‌های اولتراسونیک

اصول اولیه، تولید امواج اولتراسونیک، تکنیک‌های اندازه‌گیری، وسایل اندازه‌گیری، تکنیک‌های ویژه

روش‌های الکترومغناطیس

اصول اولیه، تکنیک‌های اندازه‌گیری با روش شار مغناطیسی نشتی، تکنیک‌های اندازه‌گیری با روش جریان گردابی، تکنیک‌های اندازه‌گیری با روش اختلاف پتانسیل، وسایل اندازه‌گیری، تکنیک‌های ویژه

روش‌های مایع نفوذی

اصول اولیه، تکنیک‌های اندازه‌گیری، وسایل اندازه‌گیری

دانشگاه تهران
دفتر برنامه‌ریزی آموزشی

سایر روش‌ها

روش‌های تشعشع صوتی، روش‌های صوتی، روش‌های ترموگرافی و...

بخش دوم : مواد عایقی

تخلیه الکتریکی ناقص

اصول اولیه، تخلیه الکتریکی ناقص در تجهیزات قدرت، آثار تخلیه الکتریکی ناقص

اندازه‌گیری مقاومت dc، ضریب تلفات، و ضریب دی‌الکتریک

اصول اولیه، تکنیک‌های اندازه‌گیری مقاومت dc، پل شرینگ، پل با بازوی ترانسفورماتوری، آشکارسازهای صفر

اندازه‌گیری تخلیه الکتریکی ناقص

اصول اولیه، مدار معادل تخلیه الکتریکی ناقص، تکنیک‌های اندازه‌گیری با روش جریان‌های تخلیه‌ای و بار ظاهری

سایر روش‌های اندازه‌گیری تخلیه الکتریکی ناقص

روش‌های صوتی، روش‌های تشعشع صوتی، روش‌های اولتراسونیک، روش‌های اندازه‌گیری ولتاژ تداخل رادیویی، ...

گاز کروماتوگرافی

استفاده از روش گاز کروماتوگرافی برای آزمایش روغن ترانسفورماتور و عیب‌یابی به هنگام ترانسفورماتور

مراجع :

1. "Electromagnetic Non-destructive Evaluation", J. Pavo, G. Vertesy, T. Takagi, and S.S. Udpa, IOS Press, Oxford, UK, 2001.
2. "Electromagnetic Non-destructive Evaluation", S.S. Udpa, T. Takagi, J. Pavo, and R. Albanese, IOS Press, Oxford, UK, 2000.
3. Numerical Modeling for Electromagnetic Non-destructive Evaluation", N. Ida, Chapman & Hall, London, UK, 1995.
4. "Non-destructive Testing Techniques", D.E. Bray and D. McBride, John Wiley & Sons, NY, USA, 1992.
5. "Microwave NDT", N. Ida, Kluwer Academic Publishers, London, UK, 1992.
6. "Mathematical Modeling in Non-destructive Testing", M. Blakemore and G.A. Georgiou, Clarendon Press, Oxford, UK, 1988.
7. "Signal Processing and Pattern Recognition in Non-destructive Evaluation of Materials", C.H. Chen, Springer-Verlag, NY, USA, 1987.
8. "Non-destructive Testing", R. Halmshaw, Edward Arnold, Maryland, USA, 1987.

سیستم‌های انتقال انعطاف‌پذیر (FACTS)

تعداد واحد : ۳ نوع‌درس: نظری

درس پیش‌نیاز : بررسی سیستم‌های قدرت ۲ و الکترونیک صنعتی

هدف :

با توجه به پیشرفت ادوات الکترونیک قدرت، کاربرد این ادوات در سیستم‌های انتقال انرژی الکتریکی نیز توسعه یافته است. با توجه به سرعت عملکرد این ادوات، استفاده از آنها باعث کنترل‌پذیری مشخصات سیستم شده و تأثیر شگرفی بر بهبود عملکرد آن داشته است. در این درس دانشجویان با این ادوات، انواع آنها، نحوهٔ تأثیر آنها بر مشخصات سیستم و... آشنا می‌شوند.

سرفصل‌ها:

۱- مقدمه
- مشکلات و نیازهای سیستم انتقال
- ظهور ادوات FACTS
- کنترل‌کننده‌های FACTS نسل اول
- کنترل‌کننده‌های FACTS بر پایه مبدل‌های الکترونیک قدرت

۲- جبران‌کننده‌های موازی
- لزوم استفاده از جبران‌کننده‌های موازی در سیستم قدرت
- اصول عملکرد، آرایش و کنترل SVC
- اصول عملکرد، آرایش و کنترل STATCOM
- مدل‌سازی STATCOM
- کاربردها
- مقایسه بین SVC و STATCOM

۳- جبران‌کننده‌های سری
- تنظیم ولتاژ حالت ماندگار و جلوگیری از فروپاشی ولتاژ
- بهبود پایداری گذرا زاویه‌ای روتور
- کنترل پخش توان
- اصول عملکرد، آرایش و کنترل TCSC
- جابجایی و حفاظت TCSC
- اصول عملکرد، آرایش و کنترل SSSC
- مدل‌سازی SSSC به منظور تحلیل پایداری و پخش بار

۴- جابجاگر فاز

دانشگاه تهران
دفتر برنامه‌ریزی

- تأثیر جابجاگر فاز بر مشخصه‌های سیستم قدرت
- اصول عملکرد و مشخصه‌های حالت ماندگار SPS
- مدل حالت ماندگار SPS
- کاربردهای SPS

۵- کنترل کننده یکپارچه توان
- ضرورت استفاده و کاربردها
- مشخصه‌ها و اصول عملکرد
- کنترل و عملکرد دینامیکی
- مدل‌سازی UPFC
- بهبود مشخصه‌های سیستم قدرت با استفاده از UPFC

۶- انتقال DC با ولتاژ بالا (HVDC)
- ضرورت استفاده از HVDC
- اجرا و اصول کار مبدل HVDC
- کنترل سیستم HVDC
- مدارهای مبدل و اجزاء آن
- تحلیل سیستم قدرت دارای مبدل‌های HVDC

مراجع :

1. Gyugi and Hingorani, Understanding FACTS, IEEE, 2000.
2. A.T. Johns, Flexible AC Transmission systems, IEEE, 1999.
3. J. Arrillaga, High Voltage Direct Current Transmission, IEE, 1998.

۴- مقالات مرتبط

دانشگاه تهران
نوزای برنامه

انتقال انرژی به روش HVDC

تعداد واحد : ۳ نوع درس : نظری

درس پیش‌نیاز/هم‌نیاز : الکترونیک صنعتی

هدف :

امروزه سیستم‌های انتقال انرژی به روش HVDC در نقاط مختلف دنیا بکار گرفته شده‌اند. به نظر می‌رسد در آینده نزدیک در کشور ایران نیز کاربرد خواهند داشت. آشنایی با انتقال انرژی به روش HVDC، طراحی و کنترل سیستم HVDC، حفاظت و پایداری دینامیکی مطالبی است که در این درس مورد بحث قرار می‌گیرد.

سرفصل‌ها :

۱- مقدمه

تاریخچه، هدف از انتقال انرژی، اتصالات موجود و اتصالات آینده شبکه ایران با شبکه‌های همسایه، طرح‌های انتقال انرژی، مقایسه HVDC با HVAC

۲- Valve های تایرستوری

مشخصه‌های استاتیک و دینامیک تایریستور – مدول تک تایریستوری مبدل Valve – HVDC (دریچه) تایرستوری – حفاظت دریچه – آرایش‌های جدید

۳- آنالیز مبدل HVDC در حالت دائم

مدل مبدل (Convertor) – مقدار متوسط ولتاژ یکسوشده – جریان عبوری از هر فاز AC – قدرت اکتیو و راکتیو در یکسوساز و اینورتر – ضریب قدرت یکسوساز و اینورتر – ارتباط روابط یکسوساز و اینورتر در خط HVDC

۴- کنترل خط انتقال HVDC

مشخصهٔ کنترلی یک مبدل – مشخصهٔ کنترلی یک خط HVDC – کنترل تپ چنجر – کنترل قدرت انتقالی – کنترل ولتاژ DC – کنترل فرکانس شبکه AC – محدودیت‌ها و اثر آن بر مشخصه کنترلی مبدل – سلسله مراتب کنترل (کنترل پل Bridge)، قطب (Pole)، Master و سراسری)

۵- خطا در شبکه AC/DC و حفاظت

خطاها در مبدل (خطای کموتاسیون، Misfire، Fire Through و اتصال کوتاه) – اتصال کوتاه در سمت AC – اتصال کوتاه در خط HVDC (محاسبه، تشخیص و راه‌اندازی مجدد) – منابع اضافه ولتاژ – حفاظت در برابر اضافه ولتاژها (هماهنگی عایقی)

۶- تجهیزات خط HVDC

راکتور Smoothing – خط DC (کرونا، تداخل رادیویی، نویز قابل شنیدن و سیلان یون‌ها) – مقره‌ها – کلیدهای DC (قطع جریان DC، مشخصات و انواع)

دانشگاه تهران

۷- کنترل توان راکتیو در ترمینال‌ها

آلترناتیوهای استراتژی کنترل – منابع توان راکتیو (بانک‌های خازنی، کندانسور سنکرون، SVC، TCR و TSC)

۸- هارمونیک‌ها و فیلتراسیون

هارمونیک‌های Characteristic – هارمونیک‌های Non-characteristic – قدرت اغتشاشی (Distortion Power) – مقدمه‌ای بر طراحی فیلتر سمت AC (معیار طراحی، انواع و حفاظت فیلترها) – مقدمه‌ای بر طراحی فیلتر سمت DC

۹- سیستم های MTDC

موارد کاربرد سیستم‌های MTDC (Multi-terminal HVDC) – انواع سیستم‌های MTDC – کنترل سیستم MTDC (روش Current Margin، کنترل سری)

۱۰- پخش بار AC/DC

مدل‌سازی مبدل برای محاسبات پخش بار – فرموله کردن پخش بار AC/DC – پخش بار همزمان – پخش بار ترتیبی – شرایط اولیه DC – ژاکوبین DC – منفصل بودن مقدار تپ‌ها – مقایسه روش‌های پخش بار AC/DC ، روش AC/DC Decoupled

۱۱- پایداری گذرا در شبکه AC/DC

مدل‌های اجزا سیستم HVDC برای مطالعات گذرا – مفروضات معتبر شبکه AC/DC – روش حل

۱۲- پایداری دینامیک AC/DC

تنظیم قدرت خط HVDC برای میراسازی نوسانات فرکانس پایین – ناپایداری ولتاژ در سیستم AC/DC – یک مدل دینامیک برای سیستم AC/DC

۱۳- میراسازی SSR توسط خط HVDC

مقدمه‌ای بر موضوع SSR، تحلیل اثر متقابل کارکرد سیستم HVDC و سیستم توربین ژنراتور

مراجع :

1. J. Arrillaga and B. Smith, "AC-DC Power Systems Analysis", Book, IEE Power and Energy Series 27, 1998.
2. K.R. Padiyar, "HVDC Power Transmission Systems Technology and System Interactions", Book, Tata McGraw Hill, 1990.
3. J. Arrillaga, "High Voltage Direct Current Transmission", Book, IEE Power Engineering Series (6), 1983.
4. J. Arrillaga and C.P. Arnold, "Computer Modeling of Electrical Power Systems", Book, John Wiley & Sons, 1983.
5. E.W. Kimbark, "Dirrect Current Transmission", Book, Vol. I, John Wiley & Sons, 1971.
6. P. Kundur, "Power System Stability and Control", Book, McGraw Hill, Chapter 10. 1994.

دانشگاه تهران

دینامیک غیرخطی سیستم‌های قدرت

تعداد واحد : ۳ نوع درس : نظری

درس پیش‌نیاز/هم‌نیاز : ماشین‌های الکتریکی ۳ / بررسی سیستم‌های قدرت ۲

۱- مقدمه :

تعاریف پایداری گذرا در سیستم قدرت (تک ماشین باس بی‌نهایت و چندماشینه) یادآوری روش مستقیم لیاپانوف نقاط تعادل

۲- مدل‌سازی دینامیکی سیستم قدرت برای تغییرات بزرگ

مدل یک ماشین و باس بی‌نهایت

مدل دو ماشین

مدل چند ماشین

مدل درجه بالای ماشین سنکرون با اثرات غیرخطی شار (تضعیف شار Flux Decay)

مدل سیستم تحریک مدل درجه بالای چند ماشین با اثرات غیرخطی شار (Flux Decay)

مدل بارهای غیرخطی (وابسته به فرکانس و ولتاژ)

نمایش فضای حالت مدل‌های یاد شده با استفاده از مرکز زاویه COA

۳- توابع لیاپانوف و انرژی برای سیستم قدرت

توابع پرانرژی لیاپانوف برای تک ماشین باس بی‌نهایت

توابع انرژی لیاپانوف برای چندین ماشین

توابع انرژی برای گروه ماشین‌ها (Group Energy Function)

توابع انرژی برای چندین ماشین با مدل مفصل شامل سیستم تحریک و بارهای وابسته به ولتاژ

تعمیم معیار سطوح مساوی روش‌های تجزیه و ترکیب (Decomposition Aggregation)

۴- محاسبه مناطق پایداری برای سیستم چندماشینه منطقه جذب و پایداری و مشخصات مرزهای پایداری روش‌های مختلف با استفاده از UEP و PEBS

۵- کاربرد

بررسی پایداری گذرا

بررسی ایمنی (Security Assessment)

روش UEP

روش CUEP

روش EBS

روش MOL

بررسی ایمنی دینامیکی Dynamic Security Assessment

دانشگاه تهران

۶- موارد جدید در بررسی تابع انرژی
توابع برداری لیاپانوف و غیره

مراجع :

1. "Energy Function Analysis for Power System Stability" by M.A. Pai, 1989 Kluwer Academic Publishers IBSN 0-7913-9035-0

2. "Power System Stability" by M.A. PAI, 1981 North-Horthd Publishing Company ISBN 04448-6 310-9

۳- مقالات متعدد نوشته شده در زمینه پایداری گذرا و تابع انرژی و روش لیاپانوف

بررسی و شناخت انرژی‌های تجدیدپذیر و سیستم‌های تولید پراکنده

تعداد واحد : ۳ نوع درس : نظری

درس پیش‌نیاز/هم‌نیاز : ــ

هدف :

کاهش منابع انرژی فسیلی و اثرات مخرب آنها بر محیط زیست استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر را الزام‌آور ساخته است. در این درس وضعیت انرژی و منابع آن در وضعیت کنونی و آینده بررسی می‌شود. انواع انرژی‌های تجدیدپذیر با تأکید بر مسائل الکتریکی آن معرفی می‌گردند. جایگاه انواع انرژی تجدیدپذیر در سبد انرژی الکتریکی آتی دنیا ارائه می‌شود. مسائلی که استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و تولید پراکنده در آینده صنعت برق ایجاد خواهند نمود مورد بررسی قرار می‌گیرد.

سرفصل‌ها :

۱- وضعیت انرژی در جهان، میزان مصرف انرژی در حال و آینده، منابع کنونی انرژی، ذخایر انرژی، میزان مصرف انرژی الکتریکی در حال و آینده

۲- معرفی اجمالی انرژی‌های تجدیدپذیر شامل انرژی باد، انرژی خورشیدی (حرارتی و فتوولتاییک)، نیروگاه‌های آبی کوچک و بزرگ، انرژی زمین گرمایی، انرژی بیوماس، انرژی جذر و مد، چشم‌انداز توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در آینده

۳- انرژی باد – اصول اولیه استفاده از انرژی باد – بررسی منابع انرژی باد – انواع توربین‌های بادی – بررسی سیستم‌های جانبی با تأکید بر اجزاء الکتریکی و نحوهٔ کنترل – وضعیت فعلی و آینده استفاده از انرژی باد در ایران

۴- انرژی خورشیدی گرمایی – آبگرمکن‌ها – هواگرمکن‌ها – گرمایش ساختمان‌ها – سرمایش ساختمان‌ها – متمرکزکننده‌های خورشیدی – نیروگاه‌های خورشیدی گرمایی

۵- انرژی خورشیدی فتوولتاییک – بررسی فن‌آوری‌های موجود در تولید سلول و مدول‌های خورشیدی- وضعیت فعلی و آتی فن آوری ها – کاربرد انرژی فتوولتائیک در سیستم‌های منفرد – کاربرد انرژی فتوولتائیک در سیستم‌های متصل به شبکه – وضعیت انرژی فتوولتائیک در ایران و آینده آن

۶- نیروگاه‌های برق آبی کوچک – پتانسیل توسعه نیروگاه‌های برق آبی کوچک در کشور

۷- سایر منابع تولید پراکنده، پیل سوختی، میکروتوربین‌ها، تأثیر آن بر سیستم‌های قدرت

دانشگاه تهران
گروه برنامه‌ریزی

منابع :

1. N.K. Bansal, "Renewable Energy Source And Conversion Technology", McGraw-Hill Publishing Co. 1990.

2. Jefry M. Gordon (ISES), "Solar Energy – The State of Art", James and James, 2001.

3. EUREC, "The Future for Renewable Energy 2", James and James, 2002.

4. T. Markvart, L. Castaner, "Practical Handbook of Photovoltaics", Elsevier, 2003.

دانشگاه تهران
دفتر برنامه ریزی آموزشی