

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

دانشکده مهندسی برق

پایان نامه کارشناسی ارشد قدرت

عنوان

تحلیل دو بعدی میدان مغناطیسی ماشین سنکرون در حوزه زمان در حالت عملکرد دائمی ماشین

این پایان نامه با حمایت مالی شرکت مینا تحت قرارداد به
شماره ۸۸۰۷ RD به انجام رسیده است.

استاد راهنما

جناب آقای دکتر کریم عباس زاده

نگارش

بهزاد محمد جعفری

بهار ۱۳۹۰

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

اظهارنامه دانشجو

اینجانب بهزاد محمد جعفری به شماره دانشجویی ۸۷۰۱۰۴۴ دانشجوی رشته مهندسی برق گرایش قدرت مقطع تحصیلی کارشناسی ارشد تائید می نمایم که کلیه نتایج این پایان نامه حاصل کار اینجانب و بدون هرگونه دخل و تصرف می باشد و موارد نسخه برداری شده از آثار دیگران را با ذکر کامل مشخصات منبع ذکر کرده ام. در صورت اثبات خلاف مندرجات فوق ، به تشخیص دانشگاه مطابق با ضوابط و مقررات حاکم (قانون حمایت از حقوق مولفان و منصفان و قانون ترجمه و تکثیر کتب و نشریات و آثار صوتی ، ضوابط و مقررات آموزشی، پژوهشی و انضباطی) با اینجانب رفتار خواهد شد و حق هرگونه اعتراض در خصوص احقاق حقوق مکتسب و تشخیص و تعیین تخلف و مجازات را از خویش سلب می نمایم. در ضمن ، مسئولیت هر گونه پاسخگویی به اشخاص ، اعم از حقیقی و حقوقی و مراجعه ذی صلاح (اعم از اداری و قضایی) به عهده اینجانب خواهد بود و دانشگاه هیچگونه مسئولیتی در این خصوص نخواهد داشت.

نام و نام خانوادگی : بهزاد محمد جعفری

امضاء و تاریخ : ۱۳۹۰/۳/۲۵

حق طبع و نشر و مالکیت نتایج

(۱) حق چاپ و تکثیر این پایان نامه متعلق به نویسنده آن می باشد، هرگونه کپی بردار بصورت کل پایان نامه یا بخش از آن تنها با موافقت نویسنده یا کتابخانه دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی مجاز می باشد.

(۲) کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی می باشد و بدون اجازه کتبی دانشگاه به شخص ثالث قابل واگذاری نیست.

(۳) ضمناً متن این صفحه نیز باید در نسخه تکثیر شده وجود داشته باشد. همچنین استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مراجع مجاز نمی باشد.

فهرست

فصل اول

- ۱-۱) مقدمه..... ۱
- ۲-۱) ساختمان و اساس کار ژنراتور سنکرون..... ۳
- ۳-۱) روتور ژنراتورهای سنکرون..... ۳
- ۴-۱) استاتور ژنراتور سنکرون..... ۴
- ۵-۱) سیم بندی ژنراتور..... ۴
- ۶-۱) عایق بندی شینه ها..... ۵
- ۷-۱) عدم یکنواختی شدت میدان الکتریکی در شینه های مسی..... ۶
- ۸-۱) توان الکتریکی خروجی ژنراتور سنکرون..... ۶

فصل دوم

- ۱-۲) تاریخچه روش اجزاء محدود..... ۷
- ۲-۲) حوزه های کاربرد روش اجزاء محدود..... ۸
- ۳-۲) آنالیز الکترومغناطیسی..... ۹
- ۱-۳-۲) حوزه های کاربردی از آنالیز الکترومغناطیسی..... ۹
- ۴-۲) انواع آنالیز..... ۹
- ۵-۲) میدان های الکترومغناطیسی، الکترواستاتیکی و مگنتودینامیکی..... ۱۰
- ۱-۵-۲) میدان های الکترواستاتیکی..... ۱۱
- ۲-۵-۲) میدان های مغناطیس ساکن..... ۱۱
- ۳-۵-۲) میدان های مغناطیسی دینامیکی (میدان های نیمه استاتیکی فرکانس پایین)..... ۱۲
- ۴-۵-۲) میدان های مغناطیس ساکن (امواج)..... ۱۳
- ۵-۵-۲) معادله پواسون برای میدان های مغناطیس ساکن..... ۱۳
- ۶-۲) شرایط مرزی..... ۱۴
- ۷-۲) روش های عددی برای حل معادلات ماکسول..... ۱۵
- ۱-۷-۲) مفهوم کلی..... ۱۵
- ۲-۷-۲) روش تفاضلات متناهی..... ۱۶
- ۳-۷-۲) روشهای مونته کارلو..... ۱۷
- ۴-۷-۲) روشهای تقریب سازی..... ۱۷
- ۵-۷-۲) روش اجزاء محدود..... ۲۰

فصل سوم

- ۳-۱) روش تحلیل اجزای محدود مغناطیس ساکن..... ۲۴
- ۳-۱-۱) اندوکتانس..... ۲۶
- ۳-۱-۲) محاسبه شار پیوندی..... ۲۷
- ۳-۲) شبیه سازی نرم افزاری تحلیل اجزای محدود..... ۲۸
- ۳-۲-۱) مروری بر محیط Ansoft Maxwell 2D..... ۲۸
- ۳-۲-۲) مدلسازی با استفاده از Ansoft Maxwell 2D..... ۳۰

فصل چهارم

- ۴-۱) تحلیل مغناطیس ساکن توربو ژنراتور سنکرون..... ۴۷
- ۴-۱-۱) تحلیل مغناطیس ساکن در حالت بی باری..... ۴۹
- ۴-۱-۲) تحلیل مغناطیس ساکن در حالت بارداری..... ۵۲
- ۴-۲) آنالیز توربو ژنراتور سنکرون با در نظر گرفتن حالت گذرا..... ۵۹
- ۴-۲-۱) آنالیز توربو ژنراتور سنکرون با در نظر گرفتن حالت گذرا در حالت بی باری..... ۵۹
- ۴-۲-۲) آنالیز توربوژنراتور سنکرون با در نظر گرفتن حالت گذرا در حالت بارداری..... ۶۱

فصل پنجم

- ۵-۱) مقدمه..... ۶۴
- ۵-۲) تاثیر تغییرات بار روی یک ژنراتور سنکرون..... ۶۴
- ۵-۳) تاثیر ضریب توان بار روی چگالی شار در فاصله هوایی..... ۶۷
- ۵-۴) آنالیز هارمونیک ژنراتور سنکرون با در نظر گرفتن بار خطی و غیر خطی..... ۷۲
- نتیجه گیری..... ۷۶

فهرست شکل ها

- شکل (۱-۱): نمونه ای روتور یک ژنراتور سنکرون..... ۴
- شکل (۲-۱): مدل مداری ژنراتور سنکرون سه فاز..... ۵
- شکل (۳-۱): نمونه کوپل قرار گرفته در شیار یک ژنراتور سنکرون..... ۵
- شکل (۴-۱): نواریکا استفاده شده بعنوان عایق اصلی ژنراتور..... ۶
- شکل (۱-۲): نمایش خطوط میدان روی یک مرز با شرط مرزی دیریکله..... ۱۴
- شکل (۲-۲): نمایش خطوط میدان روی مرز با شرط نیومن..... ۱۵
- شکل (۳-۲): مش بندی حوزه حل مسئله..... ۲۱
- شکل (۴-۲): مش بندی حوزه حل برای یک مسئله تک بعدی..... ۲۱
- شکل (۱-۳): هادیهای حامل جریان و اندوکتانسهای مربوطه..... ۲۶
- شکل (۲-۳): فلوجارت فرآیند کلی حل مسئله تحلیل اجزای محدود در محیط Maxwell..... ۲۹
- شکل (۳-۳): میله ابزار کنترلی نرم افزار..... ۳۰
- شکل (۴-۳): پنجره تعریف پروژه..... ۳۱
- شکل (۵-۳): پنجره ورود به پروژه جدید و تعریف نوع پردازش مدنظر..... ۳۱
- شکل (۶-۳): محیط شبیه سازی دو بعدی..... ۳۲
- شکل (۷-۳): انتخاب نوع پردازش مورد نظر..... ۳۲
- شکل (۸-۳): انتخاب دستگاه مختصات هندسی مدلسازی دو بعدی..... ۳۳
- شکل (۹-۳): افزایش تعداد پاره خط های مدلسازی منحنی های ساختار..... ۳۴
- شکل (۱۰-۳): پنجره تخصیص مواد تشکیل دهنده ساختار به اجزاء..... ۳۵

- شکل (۳-۱۱): توزیع میدان در تقارن زوج یا فرد..... ۳۹
- شکل (۳-۱۲): منوی تعیین پارامترهای اجرائی..... ۴۰
- شکل (۳-۱۳): منوی Setup Solution برای تنظیم نهایی پردازشگر و مش گذاری..... ۴۱
- شکل (۳-۱۴): فلوجارت الگوریتم فرآیند مش گذاری تطبیقی..... ۴۲
- شکل (۳-۱۵): خروجی مش گذاری تطبیقی..... ۴۳
- شکل (۳-۱۶): جدول حل پارامترهای حل نسبت به تغییرات متغیرهای تعریف شده..... ۴۴
- شکل (۴-۱): مشخصه غیر خطی از هسته استاتور..... ۴۸
- شکل (۴-۲): خطوط شار در حالت بی باری..... ۵۰
- شکل (۴-۳): توزیع چگالی شار در حالت بی باری..... ۵۰
- شکل (۴-۴): بردار چگالی شار در حالت بی باری..... ۵۱
- شکل (۴-۵): توزیع چگالی شار در وسط فاصله هوایی در حالت بی باری..... ۵۲
- شکل (۴-۶): دیاگرام فازوری برای محاسبه زاویه بار..... ۵۳
- شکل (۴-۷): مشخصه مدار باز و خط فاصله هوایی..... ۵۵
- شکل (۴-۸): دیاگرام فازوری برای تعیین زاویه بین محور رتور و استاتور..... ۵۶
- شکل (۴-۹): نمای دوبعدی ژنراتور تحت شرایط بار نامی..... ۵۶
- شکل (۴-۱۰): نمایش خطوط شار تحت شرایط بار نامی..... ۵۷
- شکل (۴-۱۱): توزیع چگالی شار تحت شرایط بار نامی..... ۵۸
- شکل (۴-۱۲): توزیع چگالی شار در وسط فاصله هوایی تحت شرایط بار نامی..... ۵۸
- شکل (۴-۱۳): مدار خارجی ژنراتور در حالت بی باری..... ۵۹
- شکل (۴-۱۴): شار پیوندی با فازهای استاتور در حالت بی باری..... ۶۰
- شکل (۴-۱۵): ولتاژ القاء شده در فازهای استاتور در حالت بی باری..... ۶۰

- شکل (۴-۱۶): مدار خارجی استاتور در حالت بار نامی..... ۶۱
- شکل (۴-۱۷): شارهای پیوندی با فازهای استاتور در حالت بار نامی..... ۶۲
- شکل (۴-۱۸): جریان های فاز استاتور در حالت بار نامی..... ۶۲
- شکل (۴-۱۹): ولتاژ های القاء شده در فاز های استاتور..... ۶۳
- شکل (۵-۱): ژنراتور سنکرون در حال تغذیه بار..... ۶۴
- شکل (۵-۲): تاثیر افزایش بار ژنراتور در ضریب توان پسفاز..... ۶۵
- شکل (۵-۳): تاثیر افزایش بار در ضریب توان واحد..... ۶۶
- شکل (۵-۴): تاثیر افزایش بار در ضریب توان پیشفاز..... ۶۶
- شکل (۵-۵): توزیع چگالی شار با در نظر گرفتن ضریب توان 0.8 پسفاز در بار نامی..... ۶۷
- شکل (۵-۶): توزیع چگالی شار در وسط فاصله هوایی با ضریب توان 0.8 پسفاز در بار نامی..... ۶۸
- شکل (۵-۷): دیاگرام فازوری برای پیدا کردن زاویه دلتا با در نظر گرفتن ضریب توان واحد..... ۶۸
- شکل (۵-۸): دیاگرام فازوری برای پیدا کردن زاویه بین محور رتور و استاتور با ضریب توان واحد..... ۶۹
- شکل (۵-۹): توزیع چگالی شار با در نظر گرفتن ضریب توان واحد در بار نامی..... ۶۹
- شکل (۵-۱۰): چگالی شار در وسط فاصله هوایی با در نظر گرفتن ضریب توان واحد در بار نامی..... ۷۰
- شکل (۵-۱۱): دیاگرام فازوری برای تعیین موقعیت رتور با در نظر گرفتن بار با ضریب توان 0.8 پیشفاز..... ۷۱
- شکل (۵-۱۲): توزیع چگالی شار با در نظر گرفتن ضریب توان 0.8 پیشفاز در بار نامی..... ۷۱
- شکل (۵-۱۳): توزیع چگالی شار در وسط فاصله هوایی با در نظر گرفتن ضریب توان 0.8 پیشفاز در بار نامی..... ۷۲
- شکل (۵-۱۴): مدار خارجی مربوط به ژنراتور سنکرون با در نظر گرفتن بار غیر خطی در ترمینال های آن..... ۷۳
- شکل (۵-۱۵): ولتاژ القاء شده در فاز استاتور تحت شرایط بار غیر خطی..... ۷۴
- شکل (۵-۱۶): طیف هارمونیک مربوط به ولتاژ القاء شده در فاز استاتور تحت شرایط بار غیر خطی..... ۷۴
- شکل (۵-۱۷): طیف هارمونیک مربوط به ولتاژ القاء شده در فاز استاتور تحت شرایط بار خطی..... ۷۵

چکیده

روش اجزای محدود کارآمدترین روش برای تحلیل ماشین های الکتریکی می باشد. با استفاده از این روش می توان ماشین های الکتریکی و از جمله توربوژنراتورهای سنکرون را به چندین شکل آنالیز کرد. در این پایان نامه به منظور تعیین توزیع چگالی شار در قسمت های مختلف ژنراتور از جمله فاصله هوایی و دندانه ها در حالت بی باری و بار نامی و بررسی تاثیر ضریب توان های مختلف روی چگالی شار در فاصله هوایی از آنالیز مغناطیس ساکن استفاده شده است. همچنین به منظور محاسبه جریان فازهای مختلف ژنراتور و ولتاژ القاء شده در فازهای مختلف در حالت بی باری و بار نامی از آنالیز حالت گذرا استفاده شده است. در نهایت به منظور بررسی تاثیر بارهای غیر خطی از یک یکسوساز پل سه فاز در ترمینال های ژنراتور استفاده می شود و در این حالت جریان ها و ولتاژهای القاء شده در فازهای مختلف محاسبه می شود. سپس به منظور مقایسه تاثیر بارهای خطی و غیرخطی روی عملکرد ژنراتور از آنالیز هارمونیک استفاده می شود و کمیت های حاصل از دو حالت به لحاظ محتوای هارمونیک با هم مقایسه می شوند.

فصل اول

ژنراتور سنکرون

۱-۱ مقدمه

محققان و مهندسان برای حل مسائل میدان از روش‌های بسیاری استفاده می‌کنند. بطور کلی این تکنیک‌ها را می‌توان بصورت روش‌های تجربی، تحلیلی و عددی دسته بندی کرد. روش‌های تجربی پرهزینه، زمانبر و گاهی مواقع پرخطر می‌باشند و معمولاً انعطاف پذیری کمی در تغییر پارامترها در این روش وجود دارد.

اما روش‌های تحلیلی و عددی را می‌توان با انعطاف‌پذیری بالایی بکار برد.

روش‌های زیر معمولاً در حل مسایل الکترومغناطیس بکار می‌روند:

الف- روش‌های تحلیلی (حل دقیق):

۱- جداسازی متغیرها

۲- بسط سری

۳- حل‌های انتگرالی مانند تبدیل لاپلاس و فوریه

و

ب- روش‌های عددی (حل تقریبی):

۱- روش تفاضلات متناهی

۲- روش مانده‌های وزنی^۱

۳- روش مومنت

۴- روش اجزاء محدود

۵- روش مونت کارلو

و

^۱Method of weighted residuals

روش اجزاء محدود^۲ برای محاسبات عملکرد حالت دائمی و تلفات ماشین مورد استفاده قرار می گیرد. روش اجزاء محدود در سال‌های اخیر کاربردهای زیادی در طراحی و آنالیز ماشین‌های الکتریکی و وسایل الکترومغناطیسی پیدا کرده است، به تبع بسته های نرم افزاری زیادی برای محاسبات میدان‌های مغناطیسی، بخصوص در دو بعد، ایجاد شده اند.

برای انجام آنالیزهای اجزاء محدود نرم افزارهای زیادی وجود دارد، بعضی از این نرم افزارها عبارتند از: ANSYS، FLUX، VECTOR FIELD، MAXWELL و غیره.

در این پروژه از بسته نرم افزاری ANSOFT – MAXWELL استفاده خواهد شد.

²Finite Element Method

۲-۱ ساختمان و اساس کار ژنراتور سنکرون

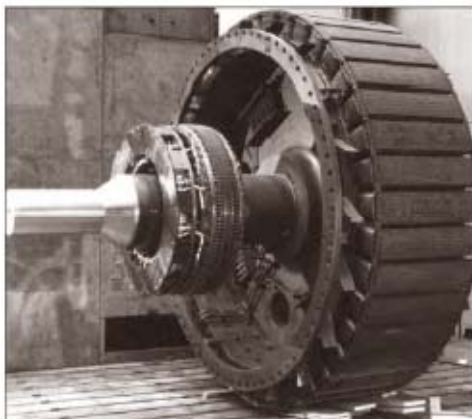
در یک ژنراتور سنکرون یک جریان DC به سیم پیچ روتور اعمال می گردد تا یک میدان مغناطیسی توسط روتور تولید شود. سپس روتور مربوط به ژنراتور به وسیله محرک اصلی چرخانده میشود ، تا یک میدان مغناطیسی دوار در ماشین بوجود آید. این میدان مغناطیسی ، یک ولتاژ سه فاز را در سیم پیچ های استاتور ژنراتور القاء می نماید.

چون روتور با سرعتی برابر با سرعت میدان مغناطیسی می چرخد ، توان الکتریکی با فرکانس ۵۰ یا ۶۰ هرتز تولید می شود و ژنراتور بسته به تعداد قطب ها باید با سرعت ثابتی بچرخد مثلاً" برای تولید توان ۶۰ هرتز در یک ماشین دو قطب روتور باید با سرعت ۳۶۰۰ دور در دقیقه بچرخد . برای تولید توان ۵۰ هرتز در یک ماشین ۴ قطب ، روتور باید با سرعت ۱۵۰۰ دور در دقیقه دوران کند . سرعت مورد نیاز یک فرکانس مفروض همیشه از معادله زیر قابل محاسبه است :

$$n_m = 120 \frac{f}{p} \quad (1-1)$$

۳-۱ روتور ژنراتورهای سنکرون

روتور ژنراتورهای سنکرون به دو صورت استوانه ای مسطح و قطب برجسته وجود دارد که وظیفه رتور ایجاد یک شار مغناطیسی توسط سیستم تحریک نصب شده بر روی آن می باشد. این شار مغناطیسی حاصل از روتور همانطور که بیان شد با قطع هادیهای استاتور در آنها ولتاژ القا می کند شکل (۱-۱). در قطب برجسته، نسبت قطربه طول روتور بزرگ انتخاب می شود تا بتوان تعداد قطب زیاد، بر روی روتور را ایجاد کرد.



شکل (۱-۱): نمونه ای روتور یک ژنراتور سنکرون.

۴-۱ استاتور ژنراتور سنکرون

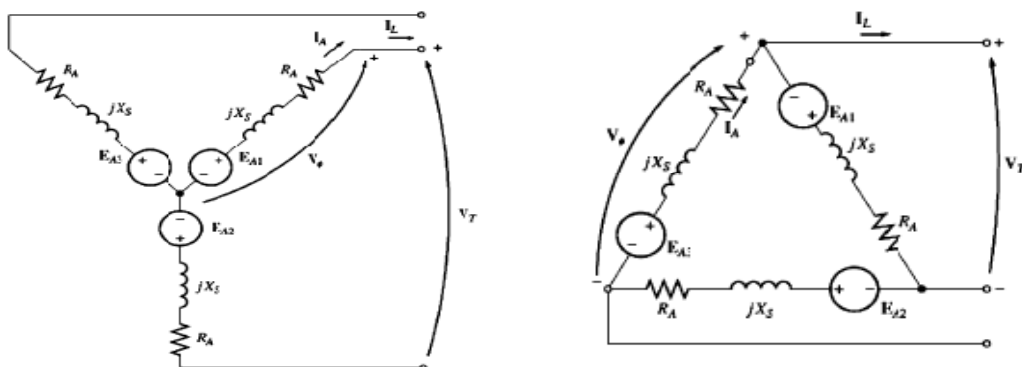
می توان گفت مهمترین قسمت ژنراتورهای سنکرون استاتور آنهاست، چرا که در برگیرنده سیم پیچی اصلی ژنراتور (سیم پیچی آرمیچر) می باشند.

استاتور ماشین سنکرون متشکل از یک هسته فرومغناطیسی مورق با شیارهایی در داخل آن، سیم بندی سه فاز گسترده در داخل شیارها، بدنه خارجی و بلبرینگ های شفت روتور می باشد.

۵-۱ سیم بندی ژنراتور

هادیهای ژنراتورهای سنکرون نیروگاهی را شینه های مسی با سطح مقطع مستطیلی تشکیل می دهند. این هادیها به صورت کاملاً منظم درون شیارهای استاتور قرار می گیرند. شینه های مسی بدلائل مکانیکی و الکتریکی یکپارچه نبوده و به صورت رشته رشته در کنار یکدیگر و عایق نسبت به هم، یک کوئل ژنراتور را تشکیل می دهند. معمولاً برای ژنراتورهای نیروگاهی دو طبقه از این شینه ها همانگونه که در مدل مداری آن در شکل (۲-۱) مشاهده می شود، درون هر شیار جا داده می شود. شکل (۳-۱)

در نهایت خروجی این شینه ها برای هر فاز به هم متصل شده و خروجی سه فاز ژنراتور را تشکیل می دهند.



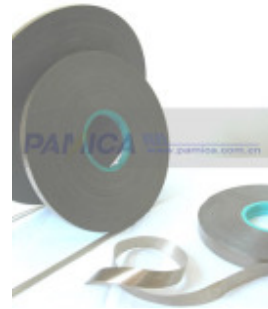
شکل (۲-۱): مدل مداری ژنراتور سنکرون سه فاز.



شکل (۳-۱): نمونه کویل قرار گرفته در شیار یک ژنراتور سنکرون.

۱-۶ عایق بندی شینه ها

همانگونه که پیش از این بیان شد شینه های مسی درون شیارهای استاتور، سیم بندی آرمیچر ژنراتور را تشکیل می دهند و ولتاژ قابل ملاحظه ای (در محدوده ۱۲ الی ۲۵ کیلوولت) درون هادیها القا می شود. این شینه ها بدلیل جا گرفتن در شیار استاتور در فاصله چند میلیمتری پتانسیل صفر (هسته استاتور) قرار دارند لذا بایستی به طریقی از اتصالی بین شینه های مسی دارای ولتاژ و هسته استاتور جلوگیری بعمل آید که اینکار با استفاده از عایق بندی سیم پیچی ها صورت می پذیرد. عایق اصلی شینه های مسی را نوار میکا (شکل ۱-۴) تشکیل داده که در سرتاسر شینه پیچیده می شود.



شکل (۴-۱): نوار میکا استفاده شده به عنوان عایق اصلی ژنراتور.

۷-۱ عدم یکنواختی شدت میدان الکتریکی در شینه های مسی

شینه های مسی به دلیل ساختار هندسی آنها (سطح مقطع مستطیلی شکل) دارای یک شدت میدان الکتریکی غیر یکنواخت بوده و در گوشه های شینه ها شدت میدان بمراتب بالاتر از سایر قسمت های شینه می باشد و این غیر یکنواختی شدت میدان مانع از عملکرد بهینه عایق می گردد. چنانچه ولتاژ شینه ها افزایش یابد گرادیان ولتاژ در گوشه ها شدیداً بالا رفته و به عایق صدمه وارد می کند. این مطلب دلیل اصلی محدود ماندن ولتاژ ژنراتورهای سنکرون می باشد.

۸-۱ توان الکتریکی خروجی ژنراتور سنکرون

توان خروجی ژنراتورهای سنکرون سه فاز نیروگاهی مطابق رابطه (۲-۱) محاسبه می گردد.

$$P = 3 V . I . \cos \theta \quad (2 - 1)$$

ولتاژ فاز به زمین V

جریان عبوری از آرمیچر I

ضریب قدرت $\cos \theta$

همانگونه که از رابطه فوق مشخص است با یک ضریب قدرت ثابت طبیعتاً توان خروجی یک ژنراتور به وسیله متغیرهایی V ، I که به ترتیب معرف جریان و ولتاژ خروجی ژنراتور هستند مشخص می گردد.

فصل دوم

معرفی روش اجزاء محدود

۲-۱ تاریخچه روش اجزاء محدود

روش اجزاء محدود [۱] بر گرفته از نیاز برای تحلیل مسائل آنالیز ساختاری و کشسانی در مهندسی عمران و مکانیک می باشد. پیشرفت آن را می توان به کار الکساندر هرنيکف (۱۹۴۱) و ریچارد کورانت (۱۹۴۲) نسبت داد.

روش اجزاء محدود ابتدا در سال ۱۹۴۲ بوسیله ریچارد کورانت استفاده شد که از روش ریتز برای آنالیز عددی به منظور بدست آوردن حل های تقریبی برای سیستم های نوسانی استفاده کرد. اندکی بعد در سال ۱۹۵۶ مقاله ای چاپ شد که در آن یک تعریف جامع برای آنالیز عددی معرفی شد. این مقاله روی موضوع "سختی و انکسار ساختارهای پیچیده" متمرکز بود. توسعه روش اجزاء محدود بطور جدی از نیمه دوم دهه ۱۹۵۰ با کار جان آگریس در دانشگاه اشتوتگارت برای آنالیز بدنه هواپیما و در دهه ۱۹۶۰ توسط رای کلاف در دانشگاه برکلی برای کاربرد در مهندسی عمران شروع شد [۲].

تا اواخر دهه ۱۹۵۰ مفاهیم کلیدی از ماتریس سختی و مش بندی به همان فرمی که امروزه استفاده می شود ابداع شدند [۳] و در سال ۱۹۶۵ ناسا درخواست طراحی و توسعه نرم افزار نسترن را داد.

روش اجزاء محدود با یک پایه ریاضی سنگین در ۱۹۷۳ با انتشار [۴] فراهم شد و سپس در یک شاخه از ریاضیات کاربردی به منظور مدلسازی عددی از سیستم های فیزیکی در بخش های مختلف از مهندسی از قبیل الکترومغناطیس و دینامیک سیالات مهیا شده است.