دانشگاه زنجان

دانشکده مهندسی- مهندسی برق

موضوع : **تدوین نرم افزار رسم خطوط میدان الکتریکی**

استاد راهنما : **دکتر هادی حسینی**

دانشجویان :

مصطفی کاظمی

علیرضا عربلو

شهریور 1391

فهرست مطالب

1 . کلیات 4

2 . اصول محاسبه و رسم خطوط میدان الکتریکی 7

1.2 . مقدمه 9

2.2 . روش های محاسبه ی میدان 10

1.2.2 .با استفاده از روابط و فرمول های ریاضی 10

2.2.2 .با استفاده از روش های عددی 14

1.2.2.2 روش تفاضل محدود 14

2.2.2.2 روش المان محدود 18

3.2 . اصول رسم خطوط میدان الکتریکی 21

3 . ساختار نرم افزار رسم خطوط میدان الکتریکی 23

1.3 . چارچوب کلی برنامه 24

2.3 . فلوچارت برنامه 24

4 .تحلیل نرم افزار با چند مثال 32

1.4 . الکترود های صفحه به صفحه ی قائم 32

2.4 . الکترود های صفحه به صفحه ی مورب 34

3.4 . الکترودهای دایره ای هم مرکز 37

5.4 . سیم پیچ های فشار قوی و ضعیف 39

5 . نتیجه گیری و پیشنهاد 42

مراجع 44

فصل اول

کلیات

ساختارهای عایقی باید توانایی تحمل ولتاژهای نامی و اضافه ولتاژهای حین بهره‌برداری را داشته باشد. به عبارت دیگر طراح باید در ساختارهای عایقی خود، ابعاد و فواصل را بگونه‌ای تعیین نماید که در مقابل تنش‌های فوق شکستی رخ ندهد.

برای رسیدن به چنین هدفی، طراح باید میزان تنش وارده به عایق را در جای جای ساختار مورد نظر در دسترس داشته‌باشد.

برای تعیین تنش‌های وارده به عایق باید علاوه بر داشتن شدت میدان الکتریکی در نقاط مختلف، خطوط میدان نیز در اختیار باشد.

نرم افزارهای مختلفی جهت تحلیل میدان الکتریکی امروزه در دسترس می‌باشد همانند: Femm, Quick field, Ansys و...

یکی از نقطه ضعف‌های این نرم‌افزارها عدم توانایی آن‌ها در رسم خطوط میدان الکتریکی می‌باشد.

در این پروژه با هدف پوشش عیوب نرم‌افزارهای فوق و ایجاد ابزاری مناسب برای طراحان ساختارهای عایقی، نرم‌افزاری تدوین شده است که توانایی رسم خطوط میدان الکتریکی را دارد.

برای رسم خطوط میدان الکتریکی نیاز است که اندازه و جهت میدان در دسترس باشد لذا در فصل دوم به اصول محاسبه میدان الکتریکی، از طریق روابط و فرمولها و سپس با استفاده ازروش المان محدود می پردازیم.

در فصل سوم ساختار نرم‌افزار تدوین شده در این پروژه ارائه شده است که طی آن چگونگی تولید داده‌ها، مراحل دریافت، پردازش و رسم خطوط میدان الکتریکی توضیح داده خواهد شد.

در ادامه‌ی مطالب چند مثال با این نرم‌افزار تحلیل شده که در فصل چهارم به آنها اشاره شده‌است.

5

در فصل پنجم، نتیجه‌ی پروژه به صورت مختصر بیان شده است و به برخی از نقاط قوت و ضعف برنامه و نیز مشکلاتی که در روند تدوین نرم افزار وجود داشت، اشاره شده است.

.

فصل دوم

اصول محاسبه و رسم خطوط میدان الکتریکی

1.2 مقدمه

میدان الکتریکی کمیتی برداری است، یعنی علاوه بر اندازه دارای جهت نیز می‌باشد. میدان الکتریکی به صورت نسبت نیرو بر بار تعریف می‌شود و چون نیرو کمیتی برداری است، بنابراین میدان الکتریکی هم کمیتی برداری خواهدبود.

در الکتریسیته‌ی ساکن، میدان الکتریکی در داخل یک جسم رسانا همواره برابر صفر است. زیرا اگر درون جسم رسانا میدان الکتریکی وجود داشته باشد، در این صورت بر همه بارهای درون آن نیرو وارد می‌شود. این نیرو باعث به حرکت در آمدن بارهای آزاد می‌شود. حرکت بار را جریان می‌گویند. بنابراین در اثر ایجاد جریان در داخل جسم رسانا بارها به سطح آن منتقل شده، باز میدان درون آن صفر می شود. در بیشتر موارد میدان الکتریکی از نظر اندازه و جهت از یک نقطه به نقطه دیگر تغییر می‌کند. اما اگر چنانچه اندازه جهت میدان در ناحیه ای ثابت باشد، در این صورت میدان الکتریکی را یکنواخت یا ثابت می‌گویند.

در این قسمت متغیرهایی که در نگارش این متن استفاده شده‌اند، تعریف می‌شوند:

Ex: مولفه‌ی میدان الکتریکی در راستای محور xها

Ey: مولفه‌ی میدان الکتریکی در راستای محور yها

V: ولتاژ مربوط به صفحه

ρ: چگالی بارالکتریکی

q: بارالکتریکی نقاط صفحه

dl: پارامتری که بعنوان سرعت از کاربر گرفته می‌شود

در ادامه‌ی این فصل ابتدا به روش های محاسبه ی میدان الکتریکی و سپس به اصول رسم خطوط میدان اشاره خواهد شد.

2.2 روش‌های محاسبه‌ی میدان الکتریکی

1.2.2 با استفاده از روابط و فرمول های ریاضی[1]

روش محاسبه ی میدان با استفاده از روابط عموما با قانون تجربی کولمب که در سال 1785 به فرمول در آمده و در مورد نیروی بین دو بار نقطه ای است، آغاز می شود و سپس با پیشروی این قانون می توان به تعریف و محاسبه ی شدت میدان الکتریکی(E)،پتانسیل الکتریکی عددی(V) و چگالی شارالکتریکی(D) دست یافت.

در این روش برای محاسبه میدان از روابط ریاضی کمک‌گرفته می‌شود که در ادامه چگونگی آن مورد بحث قرار می‌گیرد.

فرض کنید که یک بار الکتریکی به اندزه q در نقطه‌ای از فضا که با بردار مکان r مشخص می‌شود، قرار داشته باشد. حال میدان الکتریکی حاصل از این بار را در نقطه دیگری که با بردار مکان (r')

مشخص شده است، تعیین می‌شود. طبق تعریف، یک بار نقطه‌ای مثبت آزمون در این نقطه قرار داده و فرض می‌شود که اندازه بار آزمون (q') باشد. در این صورت از طرف بار q بر این بار آزمون نیرویی وارد می‌شود که از قانون کولمب، طبق رابطه ی 2-1 محاسبه می‌شود.

$$\vec{F} = \frac{q.\acute{q}}{4\pi\varepsilon_0 R^2}\hat{a} \qquad 1\text{-}2$$

چون نیروی F یک کمیت برداری است، بنابراین علاوه بر اینکه مقدار آن از رابطه گفته شده حاصل می‌شود، دارای یک جهت نیز هست که جهت آن با رابطه زیر نشان داده می‌شود:

$$\hat{a} = (\vec{\acute{r}} - \vec{r})/|\vec{\acute{r}} - \vec{r}| \qquad 3\text{-}2$$

در واقع این کمیت یک بردار یکه است. از آنجاکه $R = |\vec{\acute{r}} - \vec{r}|$ بیانگر فاصله‌ی دو بار است بنابراین نیروی وارد براین بار به صورت رابطه ی2-4 است،

$$\vec{F} = \frac{q.\acute{q}}{4\pi\varepsilon_0|\vec{\acute{r}}-\vec{r}|^3}(\vec{\acute{r}} - \vec{r}) \qquad 4\text{-}2$$

با تقسیم نیروی $\vec{F}$ بر (q')، کمیتی حاصل می‌شود که همان میدان الکتریکی است. یعنی اگر میدان الکتریکی را با $\vec{E}$ نشان دهیم، در این صورت میدان الکتریکی حاصل از بار نقطه‌ای به فاصله r از مبدا از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$\vec{E} = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0\left|\vec{r}-\vec{r}\right|^3}\left(\vec{r}-\vec{r}\right) \qquad 5\text{–}2$$

اگر چنانچه به جای یک بار نقطه‌ای چندین بار نقطه‌ای وجود داشته باشد، برای محاسبه‌ی میدان الکتریکی حاصل از آن‌ها، میدان الکتریکی هر کدام از بارها تعیین شده و مجموع برداری آنها میدان الکتریکی کل را نشان می‌دهد.

اما در مورد توزیع بارها باید از یک رابطه انتگرالی استفاده کرد. بدیهی است که در مورد توزیع حجمی بار انتگرال حجمی بوده و در مورد توزیع سطحی بار، انتگرال سطحی خواهد بود.

در این حالت - به جای بار آزمون - کمیت دیگری به نام چگالی وجود خواهد داشت. معمولاً چگالی بار خطی، چگالی بار سطحی و چگالی بار حجمی به ترتیب با ρ_L (برحسب $\frac{c}{m}$)، ρ_S (برحسب $\frac{c}{m^2}$) و ρ_v (برحسب $\frac{c}{m^3}$) نشان داده می‌شوند. عنصر بار و بار کل ناشی از این توزیعات با رابطه 2–6 به دست می‌آید.

$$dQ = \rho_L.dL \longrightarrow Q = \int_L \rho_L.dL \qquad 6\text{–}2$$

و به همین ترتیب برای توزیع بارهای سطحی و حجمی نیز به دست می‌آید. بنابراین، با جایگزینی Q در معادلات و انتگرال‌گیری برای میدان الکتریکی خواهیم داشت:

$$\vec{E} = \int \frac{\rho_L.dl}{4\pi\varepsilon_0 R^2}\hat{a}_R \quad : \text{(بار خطی)} \qquad 7\text{–}2$$

$$\vec{E} = \int \frac{\rho_S.ds}{4\pi\varepsilon_0 R^2}\hat{a}_R \quad : \text{(بار سطحی)} \qquad 8\text{–}2$$

$$\vec{E} = \int \frac{\rho_v . dv}{4\pi\varepsilon_0 R^2} \hat{a}_R \quad : \text{(بار حجمی)} \qquad 9\text{-}2$$

با بکار گیری قضیه ی دیورژانس در مورد اصل موضوعی دیورژانس الکتریکی ساکن، قانون گوس مستقیما نتیجه می شود که بصورت معادله ی 2-10 زیر می باشد،

$$\oint_s E.ds = \frac{Q}{\varepsilon_0} \qquad 10\text{-}2$$

قانون گوس در تعیین میدان الکتریکی توزیع بارهایی که دارای برخی شرایط تقارنی هستند، سودمند می باشد و با دقت مناسبی این میدان را محاسبه می‌کند و وقتی شرایط تقارنی وجود نداشته باشد، این قانون موثر نخواهد بود.

از دیگر روابط موجود برای محاسبه ی میدان الکتریکی، استفاده از رابطه ی 2-11 می باشد که در آن V پتانسیل الکتریکی و ∇ نمایانگر گرادیان است. علامت منفی نیز به این دلیل است که حرکت در جهت خلاف میدان E باعث افزایش پتانسیل الکتریکی می‌شود.

$$E = -\nabla V \qquad 11\text{-}2$$

از آنجایی که پتانسیل الکتریکی V یک کمیت عددی است و کار کردن با کمیت های عددی آسان‌تر از کار کردن با کمیت‌های برداری می‌باشد، اگرامکان محاسبه‌ی پتانسیل الکتریکی باشد آنگاه میدان با گرفتن گرادیان از آن براحتی بدست می‌آید.

فصل پنجم

نتیجه گیری وپیشنهادات

در این فصل به نتایجی از پروژه و برخی ضعف‌ها ی موجود در آن اشاره ای خواهد شد.

یکی از روش های موجود برای تحلیل تنش های الکتریکی استفاده از خطوط میدان می باشد، این نرم افزار هم در راستای همین هدف تدوین شده است تا با ترسیم خطوط میدان الکتریکی به روند تحلیل کمک کند.

این نرم افزار توانایی شناسایی مکان هادی‌های ساختار را با استفاده از ولتاژ یا چگالی نقاط دارد. همچنین دارای سرعت مناسب در رسم خطوط میدان الکتریکی با کمک درونیابی مولفه های میدان دارد.

از جمله ضعف هایی که این نرم افزار دارد، می توان به موارد زیر اشاره کرد:

دستور getpointvalues در نرم افزار Femm، توانایی اخذ برخی از پارامترهای میدان از جمله مولفه های میدان در راستای Xها وYها و نیز چگالی بار را دارا می باشد. برای استفاده از این دستور لازم بود برخی کتابخانه ها و فایل هایی به نرم افزار Femm ضمیمه گردد ولی بدلیل عدم دسترسی به این فایل ها و کمبود فرصت کافی، موفق به استفاده از دستور نشده و بجای آن از دستور Makplot استفاده شده است. از طرفی مشکل دستور Makeplot، نداشتن دقت کافی در محاسبه ی پارامترهای لازم می‌باشد.

عدم دستیابی به مقدار دقیق ولتاژهای مربوط به نقاط فشارقوی و درنظرگرفتن مقداری خطا که قابل صرفنظر می‌باشد.

نتایجی که Femm بعنوان نقاط y در اختیار ما قرار می دهد، اختلاف یکسان ندارند و این امر موجب وارد شدن مقداری خطا در فرایند برنامه می شود.

مراجع:

[1]دیوید کئون چنگ، دکتر پرویز جبه دارمارالانی، الکترومغناطیس میدان و موج، چاپ یازدهم، 1385