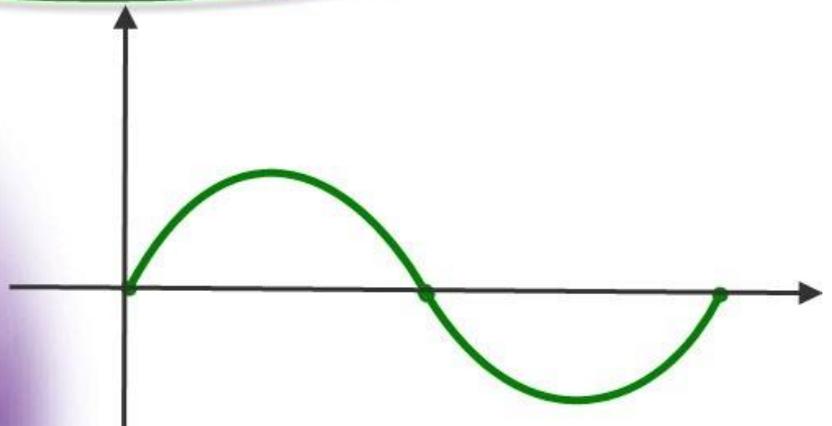


برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

موضوع پروژه:

استفاده از حلقه کرونا در کنترل میدان الکتریکی و توزیع یکنواخت پتانسیل روی مقره‌های کامپوزیتی مورد استفاده در

خطوط فشار قوی



برای خرید فایل word این پروژه [اینجا کلیک کنید](#).

(شماره پروژه = ۳۷۵)

پشتیبانی: ۰۹۳۵۵۴۰۵۹۸۶

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه

مقدمه:

مقره‌ها، از جمله تجهیزات بسیار مهم در قسمت‌های مختلف سیستم‌های قدرت مانند پست‌ها و خطوط انتقال و توزیع می‌باشند. از آنجا که نحوه عملکرد این تجهیزات، تاثیر قابل ملاحظه‌ای بر مشخصه‌های سیستم‌های قدرت (از جمله قابلیت اطمینان شبکه‌های انتقال و توزیع و نیز میزان انرژی توزیع نشده) دارد، لذا داشتن اطلاعات کاربردی در مورد این تجهیزات برای متخصصین برق- قدرت ضروری به نظر می‌رسد. از جمله مقره‌هایی که اخیراً به طور گسترده در شبکه‌های برق مورد استفاده قرار گرفته‌اند، مقره‌های کامپوزیتی می‌باشند.

شدت میدان الکتریکی بالاتر از استقامت الکتریکی هوا روی سطح مقره‌ها، برقگیرها و پوشینگهای فشارقوی باعث ایجاد کرونا می‌شود که منجر به تلفات انرژی، تداخلات رادیویی، نویزهای صوتی و تولید ازن و اشعه ماوراءبنفش می‌گردد. میزان کرونای ایجاد شده روی سطح این تجهیزات به شرایط محیطی، مانند رطوبت و آلودگی و همچنین شکل هندسی آنها بستگی دارد. ازن و اشعه ماوراءبنفش حاصل از کرونا باعث فرسودگی و پیری زودرس مقره کامپوزیتی می‌گردد. میدان الکتریکی شدید، علاوه بر ایجاد کرونا روی سطح مقره، می‌تواند باعث تخلیه جزئی در حفره‌های موجود در مقره شود و مقره را از نظر خواص الکتریکی و مکانیکی کاملاً معیوب سازد. برای جلوگیری از ایجاد کرونا و تخلیه جزئی داخلی در مقره‌های خطوط انتقال فشارقوی باید میدان‌های الکتریکی روی مقره کنترل گردند [۱۰].

با توجه به آنچه که گفته شد، یکی از پارامترهای مهم در طراحی و ساخت مقره‌های کامپوزیتی، کنترل شدت میدان الکتریکی روی آنها می‌باشد. میدان‌های الکتریکی شدید بر روی مقره معمولاً در ولتاژهای بالای 230KV ایجاد می‌شوند. بحرانی‌ترین قسمت مقره از نظر تنش الکتریکی ناشی از

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

شدت میدان الکتریکی، سمت فشارقوی مقره می‌باشد، لذا برای کنترل شدت میدان معمولاً از یک حلقه تحت عنوان "حلقه کرونا"¹ در سمت فشارقوی و در ولتاژهای EHV در دو سمت مقره استفاده می‌شود. طبق مطالعات متعدد صورت گرفته، نحوه طراحی مقره، پروفیل مقره، یراق فلزی مقره (فیتینگ) و حلقه کرونا بر توزیع میدان الکتریکی روی مقره کامپوزیتی تاثیر گذارند. بنابراین برای کنترل شدت میدان روی مقره‌های کامپوزیتی باید تمام موارد فوق مورد بررسی قرار گیرد. هدف این پروژه بررسی تاثیر پارامترهای پروفیل مقره و ابعاد حلقه کرونا در کنترل شدت میدان روی مقره‌های فشارقوی می‌باشد که در طراحی و ساخت مقره کامپوزیتی باید مدنظر قرار گیرد.

در فصل اول این پروژه انواع مقره‌های مورد استفاده در شبکه‌های برق (از نظر جنس مقره) معرفی شده و سپس ساختمان مقره‌های کامپوزیتی، مزایای آنها نسبت به مقره‌های سرامیکی و شیشه‌ای و همچنین پارامترهای پروفیل مقره کامپوزیتی مورد بررسی قرار گرفته است. در فصل دوم نحوه توزیع پتانسیل روی مقره و تاثیر ظرفیتهای خازنی مربوط به مدل خازنی مقره بر یکنواخت شدن توزیع پتانسیل روی مقره بررسی شده، سپس روش‌های یکنواخت کردن توزیع پتانسیل روی مقره معرفی شده است.

در فصل سوم روشهای عددی تحلیل توزیع میدان الکتریکی و نرم‌افزارهای تحلیل میدان معرفی شده‌اند. سپس نحوه کار با نرم‌افزار مورد استفاده در این پروژه، که نرم‌افزار FEMLAB می‌باشد، توضیح داده شده است.

فصل چهارم شامل شبیه‌سازی حالت‌های مختلف مقره و تحلیل نتایج بدست آمده از شبیه‌سازی می‌باشد. در این فصل ابتدا بحرانی‌ترین قسمت‌های مقره از نظر تنش‌های الکتریکی و همچنین پارامترهای مربوط به پروفیل مقره و ابعاد حلقه کرونا که به نظر می‌رسد در کنترل شدت

¹-Corona ring

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

میدان الکتریکی روی قسمت‌های بحرانی تاثیر داشته باشند، مشخص شده است. سپس به ازای تغییر این پارامترها، شدت میدان روی بحرانی‌ترین نقاط بدست آمده و به صورت نمودار رسم شده تا تاثیر تغییر هر پارامتر بر شدت میدان این نقاط بدست آید.

در فصل پنجم نتایج حاصل از انجام پروژه و پیشنهادات کلی برای انجام کارهای بعدی ارائه شده است.



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل اول

۱-۱- مقدمه:

از آغاز پیدایش صنعت برق، نیاز به تجهیزاتی که بتواند نقش جداسازی قسمت‌های تحت ولتاژ از سایر قسمت‌ها را داشته باشد، وجود داشته و تحقیقات در این زمینه همچنان ادامه دارد. امروزه به طور گسترده‌ای از شیشه و چینی و پلاستیک (سیلیکون رابر) در ساخت مقره‌ها استفاده می‌شود.

در خطوط انتقال نیز لازم است هادیهای تحت ولتاژ از برج‌ها ایزوله شوند که برای این کار از مقره‌ها استفاده می‌شود. این مقره‌ها دو وظیفه عمده دارند: [۱]

- وظیفه اصلی مقره‌ها ایزوله کردن هادی از بدنه برج می‌باشد. این مقره‌ها باید بدون داشتن جریان ناشی، ولتاژهای بالای خطوط انتقال را از بدنه برج ایزوله کنند.
- وظیفه دیگر این مقره‌ها تحمل نیروی مکانیکی حاصل از وزن هادی‌ها و نیروهای اعمالی ناشی از باد و یخ بر آنها می‌باشد.

۱-۲- انواع مقره‌ها:

جنس مواد مورد استفاده در ساخت مقره‌ها بستگی به شرایط استفاده و کاربرد آنها دارد. به

طور کلی مقره‌های مورد استفاده در صنعت برق عبارتند از: [1]

۱- مقره‌های چینی:

این مقره از ترکیبات آلکالین و سیلیکات آلومینیوم ساخته می‌شود. این ترکیبات شامل

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

کائولین، فلداسپات و کوارتز می‌باشد. این مواد قبل از ترکیب کاملاً شسته و تمیز می‌شوند. جهت بالا بردن استقامت مکانیکی چینی به آن اکسید آلومینیوم اضافه می‌کنند. مقره‌های چینی هم به صورت بشقابی و هم به صورت یکپارچه ساخته می‌شوند.

۲- مقره‌های شیشه‌ای:

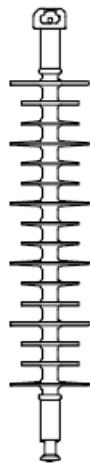
در مقره‌هایی که از جنس شیشه ساخته می‌شوند، به علت پایین بودن استقامت مکانیکی شیشه، لازم است که به طریقی آن را تقویت نمود. یک روش، سرد کردن سریع شیشه پس از شکل دادن آن می‌باشد. با این روش سطح خارجی مقره سخت شده، موجب افزایش استقامت مکانیکی آن می‌شود.

این مقره‌ها در برابر ضربات مستقیم شکننده می‌باشند. زیرا سطح خارجی مقره دائماً تحت فشار نیروی داخلی مقره می‌باشد و با کوچکترین ضربه مستقیم، مقره کاملاً خرد می‌شود. در ساخت این مقره‌ها از اکسید سیلیس، اکسیدهای سدیم و پتاسیم و مواد دیگر استفاده می‌شود.

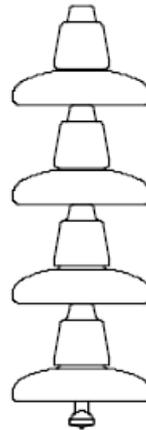
۳- مقره‌های پلیمری (کامپوزیتی):

در ابتدا مقره‌ها از جنس سرامیک و شیشه ساخته می‌شدند. اما از سال ۱۹۶۳ مقره‌های پلیمری توسعه پیدا کردند [13]. با پیشرفت در طراحی و ساخت این مقره‌ها، تمایل به استفاده از آنها از انواع سرامیکی و شیشه‌ای بیشتر شد. این مقره‌ها، مقره‌های کامپوزیتی یا مقره‌های غیرسرامیکی نیز نامیده می‌شوند. مقره‌های کامپوزیتی مزایای زیادی نسبت به مقره‌های سرامیکی و شیشه‌ای دارند و به همین دلیل استفاده از آنها به سرعت رواج یافته و جایگزین مقره‌های اولیه سرامیکی و شیشه‌ای شده‌اند.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



ب



الف

مهمترین مشکل استفاده از مقره‌های سرامیکی و شیشه‌ای، ایجاد قطعی‌های مکرر ناخواسته برق به خاطر نقص این مقره‌ها در خطوط انتقال و توزیع و همچنین قطعی‌های برنامه‌ریزی شده برق به خاطر نیاز به شستشوی مکرر این مقره‌ها (به صورت خط سرد) می‌باشد که باعث افزایش میزان انرژی توزیع نشده می‌گردد. این مشکلات در محیط‌هایی با آلودگی سنگین و فوق سنگین بیشتر دیده می‌شود.

در مورد مقره‌های کامپوزیتی بسیاری از اشکالاتی که در مقره‌های سرامیکی و شیشه‌ای وجود دارد، برطرف شده است. اما اشکال این مقره‌ها این است که مقاومت کمی در برابر اشعه ماوراءبنفش^۱ و ازن دارند. جذب اشعه ماوراءبنفش توسط مقره‌های پلیمری باعث تنزل ویژگیهای مکانیکی و شیمیایی مقره می‌شود و در نتیجه خواص دی‌الکتریکی مقره را از بین برده و باعث پیری زودرس مقره می‌گردد [15]. این اشعه در نور خورشید وجود دارد و یا توسط کرونا و قوس‌های الکتریکی روی سطح مقره ایجاد می‌شود. ازن نیز توسط کرونا و قوسهای الکتریکی ایجاد می‌شود. بنابراین کرونا روی سطح مقره کامپوزیتی به عنوان یکی از عوامل پیری زودرس مقره باید مورد

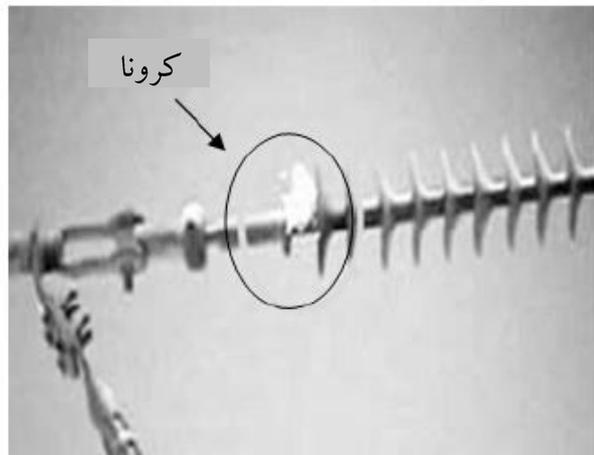
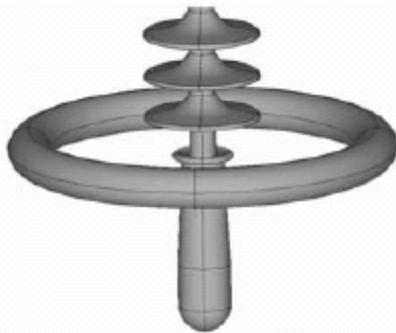
¹-Ultra Violet

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه

بررسی قرار گیرد.

شکل (۱-۲) پدیده کرونا روی مقره کامپوزیتی و استفاده از حلقه کرونا برای کنترل شدت

میدان الکتریکی را نشان می‌دهد.



شکل (۱-۲) پدیده کرونا در مقره کامپوزیتی (سمت راست)، حلقه کرونا برای کنترل شدت میدان الکتریکی (سمت چپ)

۱-۳- ساختمان مقره‌های کامپوزیتی: [13]

قسمت‌های مختلف یک مقره کامپوزیتی در شکل‌های (۱-۳) و (۱-۴) نشان داده شده است. این

قسمت‌ها عبارتند از:

۱- هسته:

هسته بخش عایقی داخلی مقره‌های کامپوزیتی می‌باشد، این قسمت که باید بار مکانیکی

وارد بر مقره را نیز تحمل کند، از رشته‌های فایبر گلاس که به صورت محوری و به وسیله یک رزین

آلی به هم پیوند داده شده‌اند، تشکیل می‌شود.

۲- غلاف پلیمری:

هسته بدون غلاف برای استفاده در ولتاژهای فشارقوی در شرایط محیط آزاد مانند رطوبت،

آلودگی، اشعه ماوراء بنفش و غیره مناسب نیست و منجر به نقص الکتریکی و مکانیکی مقره خواهد

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

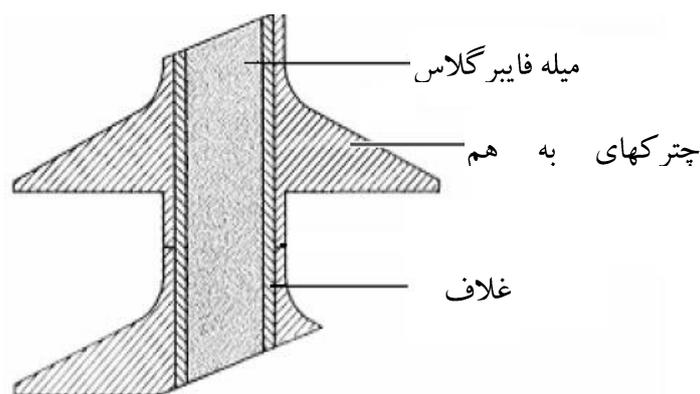
شد. لذا یک غلاف حفاظتی که از مواد عایقی پلیمری مختلف ساخته می‌شود بر روی هسته فایبرگلاس کشیده می‌شود تا در برابر شرایط محیطی از آن محافظت کند. در ساخت این غلاف و در زمان کشیدن این غلاف بر روی هسته باید دقت داشت که در سطح آن ترک ایجاد نشود، زیرا ایجاد ترک منجر به نفوذ آب به هسته می‌شود.

۳- چترک‌ها:

چترک‌ها نیز از بخش‌های عایقی مقره هستند که روی غلاف قرار می‌گیرند. ایجاد این چترکها فاصله خزشی مقره را افزایش می‌دهد و باعث می‌شود که مسیر جریان آب منقطع باشد. اغلب سازندگان چترکها را به صورت جدا از غلاف می‌سازند که بر روی غلاف کشیده می‌شود. سپس این چترکها را در جایشان به غلاف متصل می‌کنند.

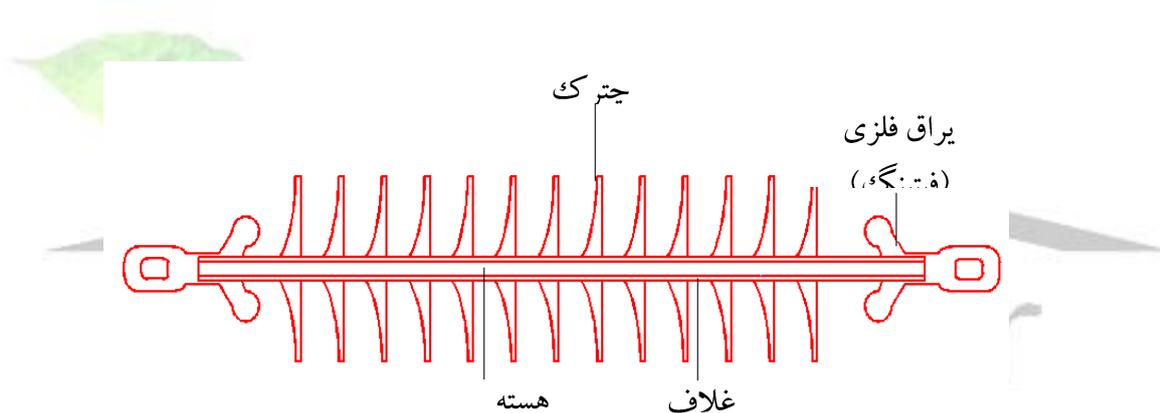


برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم



شکل (۱-۳): قسمت‌های مختلف مقمره کامپوزیتی (چترکهای به

هم پیوسته)



شکل (۱-۴): قسمت‌های مختلف مقمره کامپوزیتی (چترکهای جدا از

هم)

مواد پایه مورد استفاده برای غلاف و چترک مقمره‌های پلیمری الاستومرها هستند. سه نوع از

این الاستومرها عبارتند از [8,16]:

Ethylene Propylene Rubber (EPR)–

-Ethylene Propylene Diene Monomer (EPDM)

-Silicone Rubber (SR)

به طور کلی مواد پایه نوع سیلیکونی (SR) از سایر مواد مناسب‌تر است، بطوریکه مقمره‌های

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

ساخته شده از سیلیکون رابر عملکرد بهتری در شرایط مختلف محیطی از خود نشان می‌دهند. مقره‌های کامپوزیتی از نوع EPDM در مقابل اشعه‌های خورشید مقاوم نبوده و تنها در مناطق سردسیر که تابش خورشید بسیار کم است کاربرد دارند. در حالیکه مقره‌های سیلیکونی در مقابل انواع اشعه خورشید مقاوم بوده و هیچگونه تغییری در ساختار آن به وجود نمی‌آید [8].

۴- پراق فلزی:

این قسمت از مقره‌های کامپوزیتی که از جنس آلومینیم یا آهن چکش خواری شده قالب گیری می‌شود، در دو انتهای مقره تعبیه می‌گردد و بار مکانیکی را به هسته منتقل می‌کند. اگر برای اتصال یراقهای فلزی به هسته فایبرگلاس از روش پرس کردن استفاده شود باید دقت داشت که طی پرس کردن ترک نخورند.

۴-۱- مزایای سیلیکون رابر نسبت به سرامیک و شیشه:

سیلیکون رابر ماده عایق بسیار مناسبی برای تجهیزات فشارقوی می‌باشد. سیلیکون رابر در مقایسه با سایر مواد عایقی مانند سرامیک، شیشه و دیگر مواد مصنوعی (مانند EPR و EPDM) عملکرد بهتری از خود نشان می‌دهد. به طور کلی، مقره‌هایی که از جنس سیلیکون رابر ساخته می‌شوند، دارای مزیت‌های زیر می‌باشند: [8,5,4]

- ۱- هیچ نوع هیدروکربنی در زنجیره شیمیایی اصلی وجود ندارد. این ویژگی باعث جلوگیری از ایجاد مسیرهای خزشی کربنیزه شده روی سطح مقره می‌گردد.
- ۲- استقامت این مقره‌ها در برابر ضربه و انواع شوک‌های مکانیکی نسبت به سرامیک و شیشه بالاتر است و امکان لب‌پریدگی و شکستن و معیوب شدن مقره وجود ندارد.
- ۳- از آنجاییکه هسته این نوع مقره‌ها یک میله فایبرگلاس می‌باشد، لذا وزن این مقره‌ها نسبت

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

به مقره سرامیکی مشابه کمتر از یک سوم است.

۴- به خاطر وزن کم مقره‌های کامپوزیتی و مقاومت آنها در برابر ضربات مکانیکی، حمل، نصب

و تعمیرات این مقره‌ها نسبت به مقره‌های سرامیکی و شیشه‌ای بسیار آسان‌تر است. در

حالی که حدود ۷ تا ۱۰ درصد مقره‌های شیشه‌ای و پرسلینی در حمل، نصب، انبار و بارگیری

شکسته می‌شوند.

۵- سطح عایق سیلیکون آب را ننگه نمی‌دارد، بطوریکه پس از تماس طولانی با آب فقط چند

قطره آب بر روی سطح مقره باقی خواهد ماند. این خاصیت، خاصیت آبگریزی^۱ نامیده

می‌شود. قطرات آبی که بر روی سطح مقره باقی می‌مانند، به راحتی توسط نیروی جاذبه

زمین و یا نیروی باد از روی سطح مقره دور می‌گردند. میزان آبگریزی مقره‌های سیلیکونی

به مقدار سیلیکون موجود در مقره بر می‌گردد.

۶- خاصیت آبگریزی این نوع مقره باعث کاهش میزان رسوب آلودگی بر روی سطح مقره

می‌شود.

۷- به علت عدم نیاز به شستشو، میزان خاموشی و در نتیجه انرژی توزیع نشده کاهش می‌یابد.

همچنین دیگر نیاز به هزینه‌های سرسام‌آور برای شستشوی مقره‌ها نخواهد بود.

۸- در شرایط یکسان مسیر خزشی لازم برای مقره‌های سیلیکونی به طور متوسط ۳۰٪ کوتاه‌تر

از مقره‌های سرامیکی است.

۹- استفاده از مقره‌های سیلیکونی به جای مقره‌های سرامیکی در کلیدها موجب کاهش وزن

کلید می‌شود که این امر استقامت کلید را در برابر زمین لرزه افزایش می‌دهد.

1-Hydrophobicity

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۱۰- افزایش قابلیت اطمینان شبکه‌های انتقال و توزیع به خاطر بهبود عملکرد این مقره‌ها
مخصوصاً در شرایط محیطی سنگین (از نظر آلودگی)

۱-۵- خاصیت آبگریزی مقره‌های کامپوزیتی: [5]

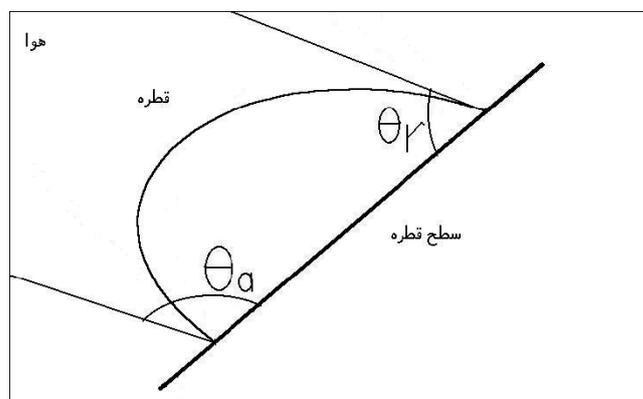
پیوندهای شیمیایی قوی ایجاد شده در سیلیکون رابر باعث پایداری مکانیکی و حرارتی فوق-
العاده و همچنین جلوگیری از پیری زودرس آن و نیز مقاومت در برابر اشعه ماورای بنفش می-
گردد. همچنین گروه‌های هیدروکربن (CH₃) که به اتم‌های سیلیکون متصل هستند، سبب بروز
خاصیت آبگریزی می‌شوند. بنابراین سیلیکون رابر همانند EPDM و تفلون دارای خواص آبگریزی
می‌باشد. اما مزیتی که سیلیکون رابر نسبت به EPDM و تفلون و سایر پلیمرها دارد، این است که با
تشکیل یک لایه آلودگی بر روی سطح مقره‌های سیلیکونی، سیلیکون رابر خاصیت آبگریزی را به
لایه آلودگی منتقل می‌کند، در حالیکه این ویژگی در سایر مواد پلیمری مورد استفاده برای ساخت
مقره وجود ندارد و تشکیل آلودگی بر روی سطح آنها باعث از بین رفتن خاصیت آبگریزی مقره
خواهد شد.

میزان خاصیت آبگریزی را به هفت درجه تحت عنوان HC¹ طبقه‌بندی می‌کنند [5]. در این
طبقه‌بندی HC1 متعلق به سطح کاملاً هیدروفوب (دافع آب) و HC7 متعلق به سطح کاملاً هیدروفیل
(آبدوست) است. اگر برای شکل هندسی قطره، مطابق با شکل (۱-۵) دو زاویه برآمدگی (θ_a) و
زاویه عقب‌کشیدگی (θ_r) در نظر بگیریم، آنگاه طبقه‌بندی خاصیت آبگریزی مطابق با جدول (۱-
۱) خواهد بود. شکل (۱-۶) تفاوت شکل هندسی یک قطره آب بر روی یک سطح هیدروفیل و

¹-Hydrophobicity class

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

یک سطح هیدروفوب را نشان می دهد [14].



شکل (۱-۵): شکل هندسی قطره آب

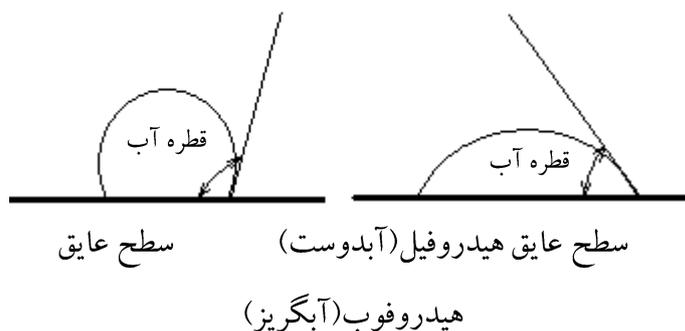


جدول (۱-۱): طبقه بندی میزان خاصیت آبریزی

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

HC	مشخصات
۱	فقط قطره‌های جدا از هم تشکیل می‌شوند. $\theta_r = 80^\circ$ و حتی بزرگتر خواهد بود.
۲	فقط قطره‌های جدا از هم تشکیل می‌شوند. $50^\circ \leq \theta_r \leq 80^\circ$
۳	فقط قطره‌های جدا از هم تشکیل می‌شوند. معمولاً قطره‌ها از حالت مدور خارج هستند. $20^\circ \leq \theta_r \leq 50^\circ$
۴	هم قطره تشکیل می‌شود و هم برخی سطوح تر می‌شوند ($\theta_r = 0^\circ$). هر یک از سطوح که کاملاً تر شده‌اند کمتر از 2 cm^2 هستند و جمع این سطوح از ۹۰٪ کل سطح کمتر است.
۵	برخی سطوح کاملاً خیس شده با سطح بزرگتر از 2 cm^2 داریم، اما جمعاً کمتر از ۹۰٪ کل سطح مورد آزمایش است.
۶	سطوح خیس شده بیش از ۹۰٪ کل سطح مورد آزمایش را تشکیل می‌دهند، اما هنوز برخی سطوح خیس نشده مشاهده می‌گردد.
۷	سطح مورد آزمایش کاملاً خیس می‌شود.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



۱-۶- بررسی اقتصادی استفاده از مقره‌های کامپوزیتی :

با توجه به گران بودن مواد اولیه کامپوزیت و سیلیکون، قیمت تمام شده این مقره‌ها و پوشینگ‌ها در مقایسه با انواع سرامیکی بالاتر می‌باشد. اما با در نظر گرفتن مزایای متعدد این مقره‌ها در سیستم‌های قدرت (مانند بالا بردن قابلیت اطمینان شبکه‌های انتقال و توزیع و کاهش میزان انرژی توزیع نشده)، و نیز با توجه به کاهش هزینه‌های نصب و نگهداری (مانند هزینه‌های تعمیرات و شستشوی مقره) استفاده از این مقره‌ها (مخصوصاً در مناطقی با آلودگی سنگین) قابل توجه می‌باشد. در ضمن، برخلاف مقره‌های سرامیکی و شیشه‌ای، به خاطر استحکام مقره‌های کامپوزیتی در برابر ضربات مکانیکی و الکتریکی، شکستگی و یا ترک خوردن مقره و یا پنچر شدن آن به وجود نمی‌آید و در نتیجه هزینه‌های اضافی برای تعویض مقره در طی بهره‌برداری به ندرت لازم خواهد بود.

به عنوان مثال، تعویض مقره‌های پرسلینی با مقره‌های سیلیکونی در خط ۳۳۰ کیلوولتی به طول ۱۷۰ کیلومتر در میامی آمریکا در سال ۱۹۹۳، باعث صرفه‌جویی ۲۲۳۰۰۰ دلاری در خرید و نصب مقره و ۱۲۵۰۰۰ دلار در هزینه‌های شستشوی مقره در طی پنج سال شده است [5].

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۱-۷- پارامترهای پروفیل مقره:

در سالهای اخیر به پارامترهای شکل پروفیل مقره‌های فشار قوی به منظور استفاده در شرایط آلوده توجه خاصی شده است. انتخاب یک شکل مقره با عملکرد مناسب در نواحی با آلودگی زیاد برای حفظ قابلیت اطمینان شبکه کار بسیار دشواری است. زیرا علاوه بر وجود پارامترهای زیاد، بعضاً بهینه‌سازی یک پارامتر منجر به از دست دادن پارامترهای دیگر شده و این تقابل اثر، انتخاب یک شکل واحد برای مقره را با مشکل مواجه می‌سازد. پارامترهای مربوط به پروفیل مقره در شکل (۱) - ۷ نشان داده شده‌اند. این پارامترها عبارتند از [3,13]:

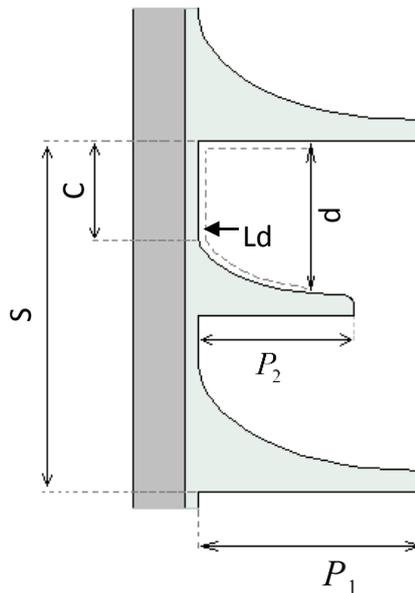
۱- کمترین فاصله بین چترک‌ها (C):

C مینیمم فاصله بین چترک‌های مجاور با قطر برابر می‌باشد. این فاصله برای جلوگیری از ایجاد پل ارتباطی بین دو چترک پشت سر هم در شرایط بارندگی می‌باشد. بر اساس اطلاعات موجود مقدار ۳۰ میلی‌متر برای پارامتر C این نیاز را برآورده می‌سازد. برای مقره‌هایی که طول کلی آنها کمتر از ۵۵۰ میلی‌متر باشد، یا برای مقره‌هایی با برآمدگی چترک کوچک ($P \leq 40 \text{ mm}$) مقداری حدود ۲۳۰ mm برای پارامتر C قابل قبول می‌باشد.

۲- نسبت بین فاصله و برآمدگی چترک (S/P):

این نسبت محدودیت ایجاد فاصله خزشی زیاد به وسیله تغییر میزان برآمدگی چترک (P) یا افزایش بیش از حد تعداد چترک‌ها را مشخص می‌کند. این نسبت در مشخصه خودپالایندگی مقره (به وسیله باران) اهمیت دارد، بدین منظور نسبت S/P باید بزرگتر یا مساوی ۰/۸ باشد. تجربه نشان داده که این مقدار برای چترک‌های بدون شیار می‌تواند تا ۰/۶۵ کاهش یابد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل (۷-۱): پارامترهای پروفیل مقره

S فاصله عمودی بین دو نقطه مشابه در دو چترک متوالی می باشد.

P ماکزیمم برآمدگی چترک می باشد.

۳- نسبت بین فاصله خزشی و کمترین فاصله (Ld/d):

این نسبت استفاده از فاصله خزشی برای جلوگیری از اتصال کوتاه‌های موضعی را مشخص می -

کند و باید کمتر از ۵ باشد.

d فاصله مستقیم هوایی بین دو نقطه روی بخش عایقی و یا بین یک نقطه روی قسمت عایقی و

نقطه دیگر روی قسمت فلزی می باشد.

۴- اختلاف بین برآمدگی دو چترک پی در پی ($P_1 - P_2$) در چترک‌های تناوبی:

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

این پارامتر در شرایط بارندگی برای جلوگیری از ایجاد پل ارتباطی بین آنها اهمیت دارد.

P_1 برآمدگی چترک بزرگتر و P_2 برآمدگی چترک کوچکتر می‌باشد. این اختلاف ($P_1 - P_2$)

عموماً باید بزرگتر یا مساوی ۱۵ میلیمتر باشد.

۵- شیب چترک‌ها:

این شیب در خاصیت خودپالایندگی چترک‌های مقبره به وسیله باران تاثیر بسزایی دارد.

۶- پارامترهای مشخصه مقبره کامل:

مقبره‌ها با توجه به استفاده از آنها در مناطقی با آلودگی مختلف به روشهای مختلفی ساخته می‌-

شوند. وقتی شدت آلودگی افزایش یابد، راه حل تأمین فاصله خزشی مورد نیاز این است که طول

مقبره را بدون تغییر پروفیل چترکها افزایش دهیم. ضریب خزشی CF و ضریب پروفیل PF را

برای مقبره تعریف می‌کنیم. این دو پارامتر به میزان آلودگی بستگی دارند. CF معنی تئوری و

علمی دارد، در حالیکه PF یک کمیت عملی است که از تجربیات به دست می‌آید.

• ضریب خزش CF :

این ضریب CF برابر L_1/S_2 می‌باشد که L_1 فاصله خزشی کل مقبره و S_2 فاصله جرقه می‌-

باشد که کوتاهترین فاصله هوایی بیرون مقبره و بدون در نظر گرفتن شاخک جرقه و بین

دو قسمت فلزی مقبره می‌باشد.

L یا فاصله خزشی، مسیر خزشی عایقی بین دو نقطه می‌باشد که قبلاً توسط S تعیین شده

است.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

• ضریب پروفیل PF :

PF نسبتی است از فاصله خزشی تقریبی (ساده شده) به فاصله خزشی واقعی بین دو نقطه

که این دو نقطه توسط S تعیین شده‌اند. فاصله خزشی تقریبی عبارت است از:

$$2P + S \text{ برای مقره ساده (غیر تناوبی)}$$

$$2P_1 + 2P_2 + S \text{ برای مقره تناوبی}$$

در این صورت PF عبارت است از:

$$(2P + S)/L \text{ برای مقره ساده (غیر تناوبی)}$$

$$(2P_1 + 2P_2 + S)/L \text{ برای مقره تناوبی}$$

مقادیر زیر برای پارامترهای PF و CF پیشنهاد می‌شود:

PF بالای ۰/۸ برای مناطقی با آلودگی سبک و متوسط.

PF بالای ۰/۷ برای مناطقی با آلودگی سنگین و فوق سنگین.

CF ≤ ۳/۵ برای مناطقی با آلودگی سبک و متوسط.

CF ≤ ۴ برای مناطقی با آلودگی سنگین و فوق سنگین.

به خاطر وجود خازن‌های پراکنده بین مقره و برج و همچنین بین مقره و هادی، توزیع

پتانسیل روی مقره یکنواخت نیست و قسمت نزدیک به هادی بیشتر تحت تنش الکتریکی قرار

می‌گیرد. این موضوع در فصل بعد مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل دوم

۲-۱- مقدمه:

همانطور که در فصل قبل اشاره شد، توزیع پتانسیل روی مقره‌ها غیریکنواخت می‌باشد. در واقع، زنجیره مقره‌ها به علت قرار گرفتن بین ولتاژ خط و پتانسیل صفر زمین مانند خازن عمل می‌کنند. در واقع تک‌تک مقره‌ها در یک زنجیره مقره مشابه خازن هستند. اگر این مقره‌ها ظرفیت خازنی یکسان داشته باشند و به اندازه کافی از بدنه دکل دور باشند، به نحوی که ظرفیت خازنی بین دکل و قسمت‌های فلزی مقره‌ها در مقایسه با ظرفیت هر واحد مقره بسیار ناچیز باشد، تقسیم پتانسیل در طول مقره تقریباً به صورت خطی خواهد بود و ولتاژی که روی هر واحد قرار می‌گیرد، برای تمام واحدها تقریباً یکسان خواهد بود. اما به علت نزدیک بودن مقره به هادی و دکل نمی‌توان از این ظرفیت‌های خازنی صرف‌نظر کرد.

به خاطر وجود این ظرفیت‌های خازنی، توزیع پتانسیل در طول زنجیره غیرخطی خواهد بود. به این صورت که مقره‌هایی که به هادی نزدیک‌تر هستند، بیشترین فشار الکتریکی را متحمل می‌شوند، کمترین مقدار فشار الکتریکی روی مقره‌های میانی زنجیر قرار می‌گیرد و روی مقره‌های نزدیک به زمین الکتریکی، فشار الکتریکی کمی بیشتر از فشار الکتریکی روی مقره‌های میانی

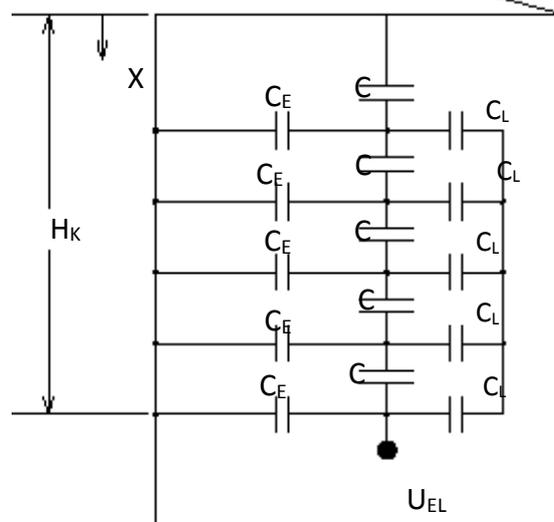
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

می‌باشد و به این ترتیب راندمان زنجیره مقره کاهش می‌یابد [1,6].

در مقره‌های کامپوزیتی این شرایط بحرانی‌تر است. زیرا در این مقره‌ها قطعات فلزی، تنها در دو انتهای مقره وجود دارد و در طول مقره قطعات فلزی وجود ندارد. به همین علت ظرفیت خازنی مقره کوچک می‌باشد و ظرفیت‌های پراکنده نسبت به ظرفیت خود مقره، قابل صرف نظر نخواهند بود، در نتیجه توزیع پتانسیل روی مقره‌های کامپوزیتی غیرخطی‌تر است.

۲-۲- چگونگی تقسیم پتانسیل روی مقره‌ها [6]:

شکل (۱-۲) مدل خازنی یک مقره زنجیری را نشان می‌دهد. در این شکل C_E ، ظرفیت خازنی مقره نسبت به زمین، C_L ظرفیت خازنی مقره نسبت به خط و C ظرفیت خازنی هر واحد مقره می‌باشد. با فرض ثابت ماندن ظرفیت‌های C ، C_E و C_L در طول زنجیره مقره، اگر این ظرفیت‌ها با ظرفیت‌های



شکل (۱-۲): مدل خازنی مقره

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

واحد طول زنجیر (C'_L, C'_E و C'_E) نشان داده شوند، آنگاه:

$$(1-2) \quad C' = C \times H, \quad C'_E = \frac{C_E}{H}, \quad C'_L = \frac{C_L}{H}$$

که در آن H طول مقبره است. در نقاطی به فاصله X از سمت زمین شده روابط مربوط به ولتاژ و

جریان به صورت زیر است:

$$(2-2) \quad \frac{dU_X}{dX} = \frac{I}{j\omega C'}$$

$$(3-2) \quad \frac{dI}{dX} = U_X j\omega C'_E + (U_X - U_{EL}) j\omega C'_L$$

از دو رابطه بالا نتیجه می‌شود:

$$(4-2) \quad \frac{d^2 U_X}{dX^2} = \frac{1}{j\omega C'} \times \frac{dI}{dX} = U_X \frac{C'_E + C'_L}{C'} - U_{EL} \frac{C'_L}{C'}$$

جواب این معادله دیفرانسیل به صورت زیر خواهد بود:

$$(5-2) \quad U_X = A_1 e^{\lambda X} + A_2 e^{-\lambda X} + A_3, \quad \lambda = \sqrt{\frac{C'_E + C'_L}{C'}}$$

شرایط اولیه معادله عبارتند از:

$$X = 0 \rightarrow U_X = 0$$

$$X = H_K \rightarrow U_X = U_{EL}$$

با توجه به این شرایط اولیه ثابت‌های A_1 و A_2 و A_3 از رابطه‌های زیر به دست می‌آیند:

$$(6-2) \quad A_1 = \frac{U_{EL}(C'_E + C'_L \cdot e^{-\lambda H_K})}{2(C'_E + C'_L) \sinh \lambda H_K}$$

$$(7-2) \quad A_2 = \frac{-U_{EL}(C'_E + C'_L \cdot e^{\lambda H_K})}{2(C'_E + C'_L) \sinh \lambda H_K}$$

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

$$(۸-۲) \quad A_3 = \frac{U_{EL} \cdot C'_L}{(C'_E + C'_L)}$$

که در آن U_{EL} ولتاژ فاز به زمین و U_X ولتاژ نقطه X است. در نتیجه U_X به صورت زیر بدست می آید:

$$(۹-۲) \quad U_X = \frac{U_{EL}}{C'_E + C'_L} \left[C'_L + C'_E \frac{\sinh \lambda X}{\sinh \lambda H_K} - C'_L \frac{\sinh \lambda (H_K - X)}{\sinh \lambda H_K} \right]$$

اگر زنجیره مقره شامل n مقره باشد و طول هر مقره H باشد ($H_K = nH$) آنگاه:

$$(۱۰-۲) \quad \lambda = \frac{1}{H} \sqrt{\frac{C'_E + C'_L}{C}} = \frac{1}{H} \lambda_n = \frac{n}{H_K} \lambda_n$$

اکنون با فرض $\frac{X}{H_K} = X'$:

$$(۱۱-۲) \quad U_X = \frac{U_{EL}}{C'_E + C'_L} \left[C'_L + C'_E \frac{\sinh(n \cdot \lambda_n \cdot X')}{\sinh(n \cdot \lambda_n)} - C'_L \frac{\sinh(n \cdot \lambda_n (1 - X'))}{\sinh(n \cdot \lambda_n)} \right]$$

برای یک مقره زنجیری شکل آویز، مقادیر ظرفیت‌ها حدوداً به صورت زیر می‌باشد:

$$70 \text{ pF}, \text{ تا } C = 50$$

$$5 \text{ pF}, \text{ تا } C_E = 4$$

$$1 \text{ pF}, \text{ تا } C_L = 0.5$$

اگر از اثر خازن‌های C_E و C_L صرف نظر شود، آنگاه:

$$(۱۲-۲) \quad \frac{dI}{dX} = 0, \quad \frac{d^2 U_X}{dX^2} = 0 \Rightarrow U_X = AX + B$$

با توجه به شرایط مرزی، ثابت‌های A و B به صورت زیر بدست می‌آیند:

$$(۱۳-۲) \quad A = \frac{U_{EL}}{H_K}, \quad B = 0 \Rightarrow U_X = U_{EL} \cdot X'$$

به این معنی که توزیع پتانسیل روی مقره کاملاً خطی خواهد بود. رابطه (۲-۵) را دوباره تکرار

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

می کنیم:

$$(14-2) \quad U_x = A_1 e^{\lambda x} + A_2 e^{-\lambda x} + A_3, \quad \lambda = \sqrt{\frac{C'_E + C'_L}{C'}}$$

با مشتق گیری از این رابطه نسبت به x ، شیب منحنی توزیع پتانسیل به صورت زیر بدست می آید:

$$(15-2) \quad \frac{dU_x}{dx} \cdot H_K = A_1 n \lambda_n e^{n \lambda_n x} - A_2 n \lambda_n e^{-n \lambda_n x}$$

$$(16-2) \quad A_1 = \frac{U_{EL} (C_E + C_L \cdot e^{-n \lambda_n})}{2(C_E + C_L) \sinh(n \lambda_n)}$$

$$(17-2) \quad A_2 = \frac{-U_{EL} (C_E + C_L \cdot e^{n \lambda_n})}{2(C_E + C_L) \sinh(n \lambda_n)}$$

$$(18-2) \quad A_3 = \frac{U_{EL} \cdot C_L}{(C_E + C_L)}$$

شکل های (۲-۲) تا (۶-۲) تاثیر تغییر هر یک از ظرفیت های خازنی C_E ، C_L و C بر نحوه توزیع

پتانسیل ($100 \cdot \frac{U_x}{U_{EL}}$) و شیب آن ($\frac{dU_x}{dU_{EL}} \times H_K$) را برای یک زنجیره مقبره شامل 10 واحد مقبره

نشان می دهد. این نمودارها با توجه به رابطه های (۲-۱۱) و (۲-۱۵) بدست آمده است. در هر

نمودار یکی از سه ظرفیت خازنی C ، C_E و C_L تغییر کرده و دو ظرفیت خازنی دیگر ثابت فرض

شده اند.

شکل های (۲-۲) و (۳-۲) تاثیر افزایش ظرفیت خازنی مقبره نسبت به زمین (C_E) بر نحوه

توزیع پتانسیل روی زنجیره مقبره و شیب آن را به ازای $C = 70 \text{ pF}$ ، $C_L = 1 \text{ pF}$ و $n = 10$ نشان می دهد.

چنانچه در این شکل ها دیده می شود، افزایش ظرفیت خازنی مقبره ها نسبت به زمین باعث غیر

یکنواخت تر شدن توزیع پتانسیل روی زنجیره مقبره می شود (هرچه توزیع پتانسیل روی زنجیره

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

مقره خطی تر باشد، منحنی توزیع پتانسیل $(100 * \frac{U_X}{U_{EL}})$ به یک خط راست با شیب ثابت و در نتیجه

منحنی شیب آن $(\frac{dU_X}{dU_{EL}} \times H_K)$ به یک خط راست با شیب صفر نزدیک خواهد شد).

جدول (۱-۲) مقادیر افت ولتاژ روی دو مقره سمت هادی، دو مقره سمت دکل و دو مقره میانی

زنجیره مقره را به ازای $C_E = 2, 10 \text{ pF}$ نشان می‌دهد. به ازای $C_E = 10 \text{ pF}$ ، که مقدار بزرگی برای

C_E می‌باشد، مقدار افت ولتاژ روی دو مقره اول سمت هادی، ۵۰٪ کل ولتاژ است، در حالیکه دو

مقره سمت دکل تنها ۸٪ و دو مقره میانی تنها ۱۲٪ کل ولتاژ اعمال شده را متحمل می‌شوند.

مشاهده می‌شود که دو مقره سمت هادی تنش الکتریکی بسیار زیادی را متحمل می‌شوند و توزیع

پتانسیل روی زنجیره مقره شدیداً غیرخطی است. در حالیکه به ازای $C_E = 2 \text{ pF}$ ، که مقدار کوچکی

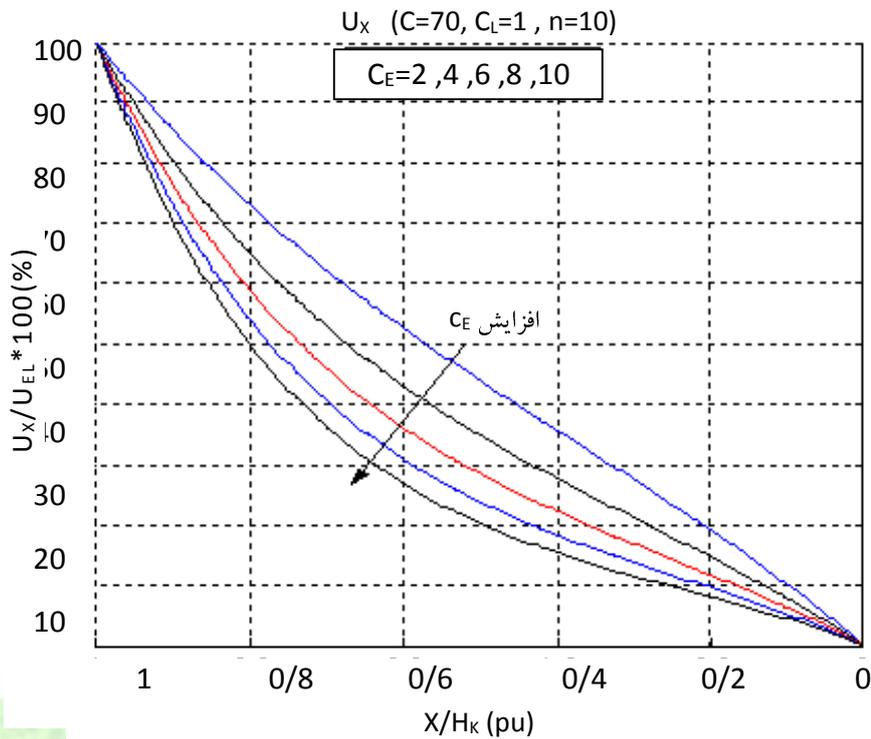
برای C_E می‌باشد، افت ولتاژ روی دو مقره سمت هادی ۲۷٪، روی دو مقره سمت دکل ۱۹٪ و

روی دو مقره میانی ۱۷٪ کل ولتاژ می‌باشد، بنابراین توزیع پتانسیل نسبت به حالت قبل خطی تر

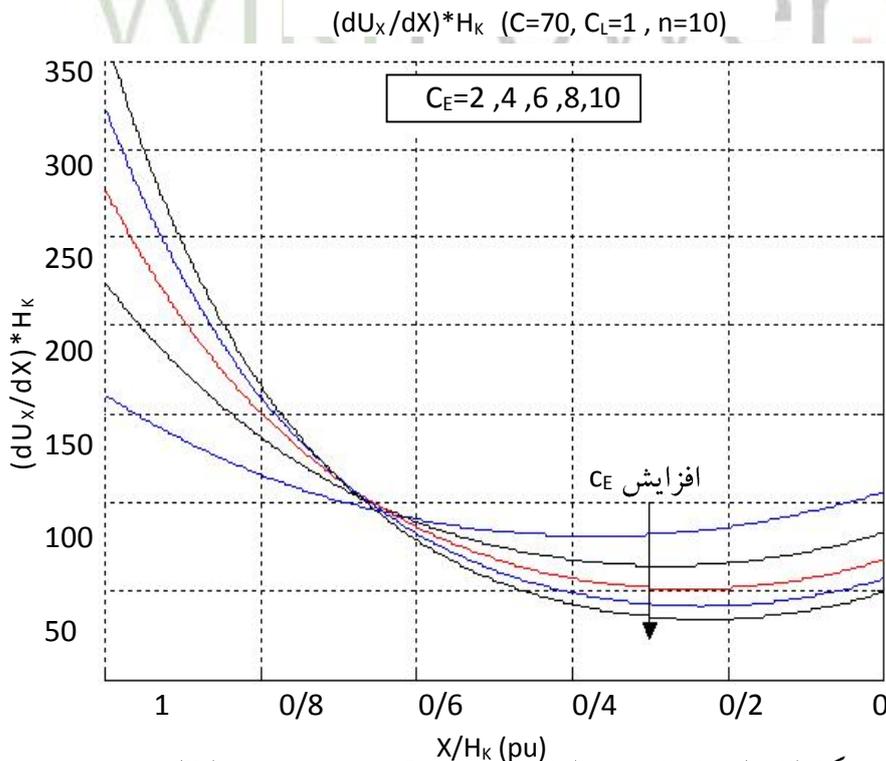
است.

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل (۲-۲): تاثیر افزایش ظرفیت خازنی مقره نسبت به زمین (C_E) بر نحوه توزیع پتانسیل روی مقره به ازای $n=10$ و $C_L=1$ pF و $C=70$ pF



شکل (۳-۲): تاثیر افزایش ظرفیت خازنی مقره نسبت به زمین (C_E) بر شیب منحنی، توزیع پتانسیل، به ازای $n=10$ و $C_L=1$ pF و $C=70$ pF

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

جدول (۱-۲): میزان افت ولتاژ روی دو مقبره سمت هادی، دو مقبره سمت

دکل و دو مقبره مانده زنجیره مقبره به ازای $C_E = 2, 10 \text{ pF}$

10 pF	2 pF	C_E موقعیت دو مقبره (pF)
٪۸	٪۱۹	درصد افت ولتاژ روی دو مقبره سمت دکل
٪۱۲	٪۱۷	درصد افت ولتاژ روی دو مقبره میانی
٪۵۰	٪۲۷	درصد افت ولتاژ روی دو مقبره سمت هادی

شکل‌های (۲-۴) و (۲-۵) تاثیر افزایش ظرفیت خازنی مقبره نسبت به هادی (C_L) بر نحوه

توزیع پتانسیل روی زنجیره مقبره و شیب آن را به ازای $C = 70 \text{ pF}$ ، $C_E = 5 \text{ pF}$ و $10n =$ نشان

می‌دهد.

جدول (۲-۲) مقادیر افت ولتاژ روی دو مقبره سمت هادی، دو مقبره سمت دکل و دو مقبره

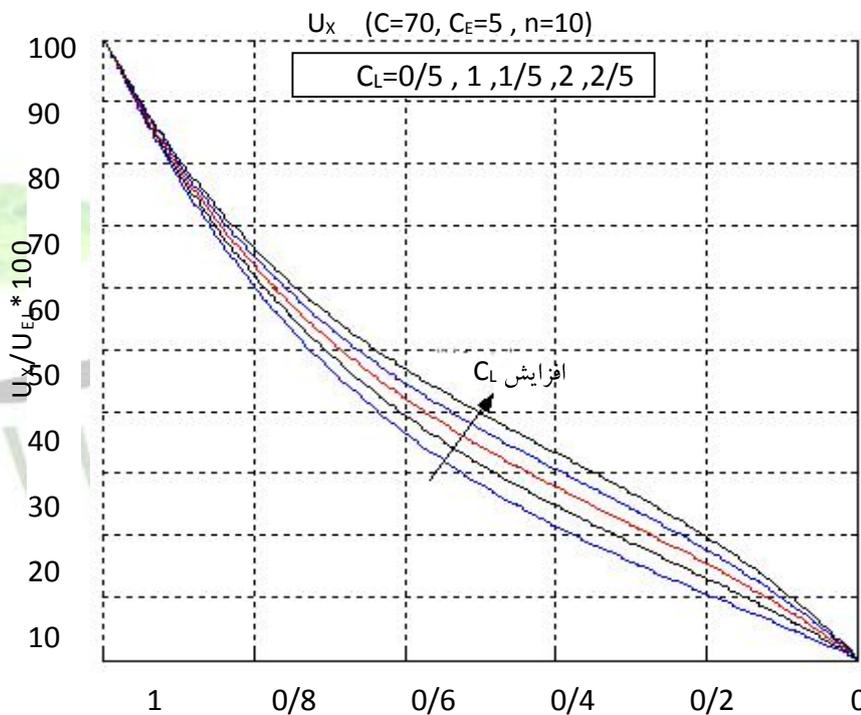
میانی زنجیره مقبره را به ازای $C_L = 0/5, 2/5 \text{ pF}$ نشان می‌دهد. به ازای $C_L = 0/5 \text{ pF}$ که مقدار

کوچکی برای C_L می‌باشد، مقدار افت ولتاژ روی دو مقبره اول سمت هادی ٪۴۰ کل ولتاژ، روی دو

مقبره سمت دکل ٪۱۰ کل ولتاژ و روی دو مقبره میانی ٪۱۴ کل ولتاژ می‌باشد. اما به ازای $2/5 \text{ pF}$

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

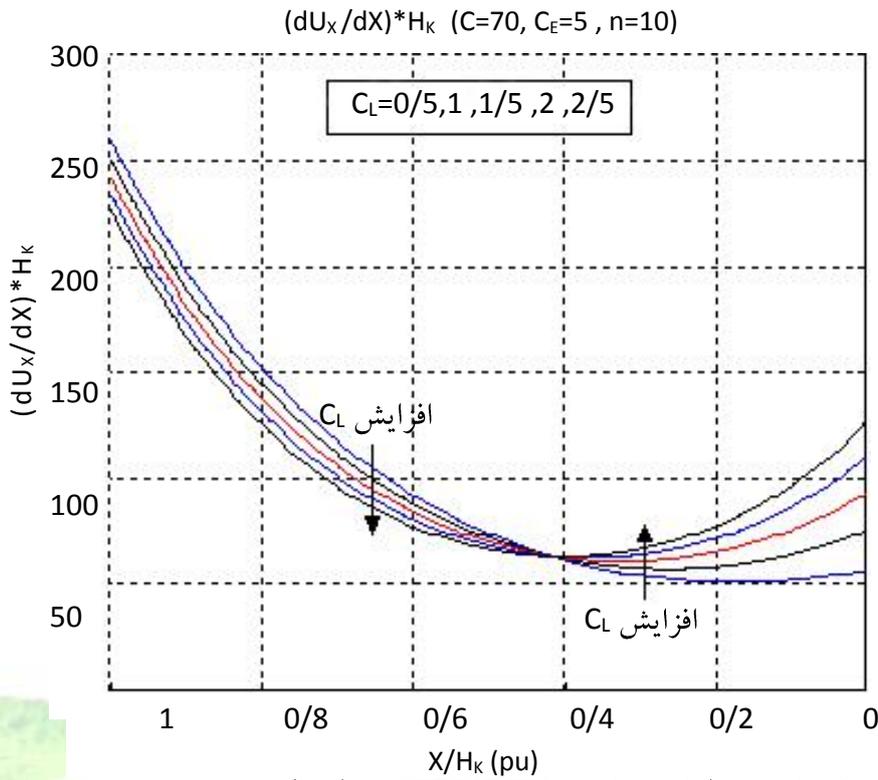
$C_L =$ ، که مقدار بزرگی برای C_L می باشد، مقدار افت ولتاژ روی دو مقبره اول سمت هادی ۳۴٪ کل ولتاژ، روی دو مقبره سمت دکل ۲۰٪ کل ولتاژ و روی دو مقبره میانی ۱۲٪ کل ولتاژ اعمال شده می باشد. در واقع افزایش C_L برای کاهش میزان افت ولتاژ بر روی مقبره های سمت هادی، که معمولاً بیشترین تنش الکتریکی را متحمل می شوند، بسیار مناسب است.



شکل (۲-۴): تاثیر افزایش ظرفیت خازنی مقبره نسبت به هادی (C_L) بر نحوه توزیع پتانسیل

$$C_E = 5 \text{ pF}, C = 70 \text{ pF}, n = 10$$

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل (۲-۵): تاثیر افزایش ظرفیت خازنی مقره نسبت به هادی (C_L) بر شیب منحنی توزیع پتانسیل

۱۰ n = ۰, $C_L = 5 \text{ pF}, C_L = 70 \text{ pF}$

جدول (۲-۲): میزان افت ولتاژ روی دو مقره سمت هادی، دو مقره سمت

دکل، و دو مقره میانی، زنجیره مقره به ازای $C_L = 0/5, 2/5 \text{ pF}$

$2/5 \text{ pF}$	$0/5 \text{ pF}$	C_L (pF) موقعیت دو مقره
٪۲۰	٪۱۰	درصد افت ولتاژ روی دو مقره سمت دکل
٪۱۲	٪۱۴	درصد افت ولتاژ روی دو مقره میانی
٪۳۴	٪۴۰	درصد افت ولتاژ روی دو مقره

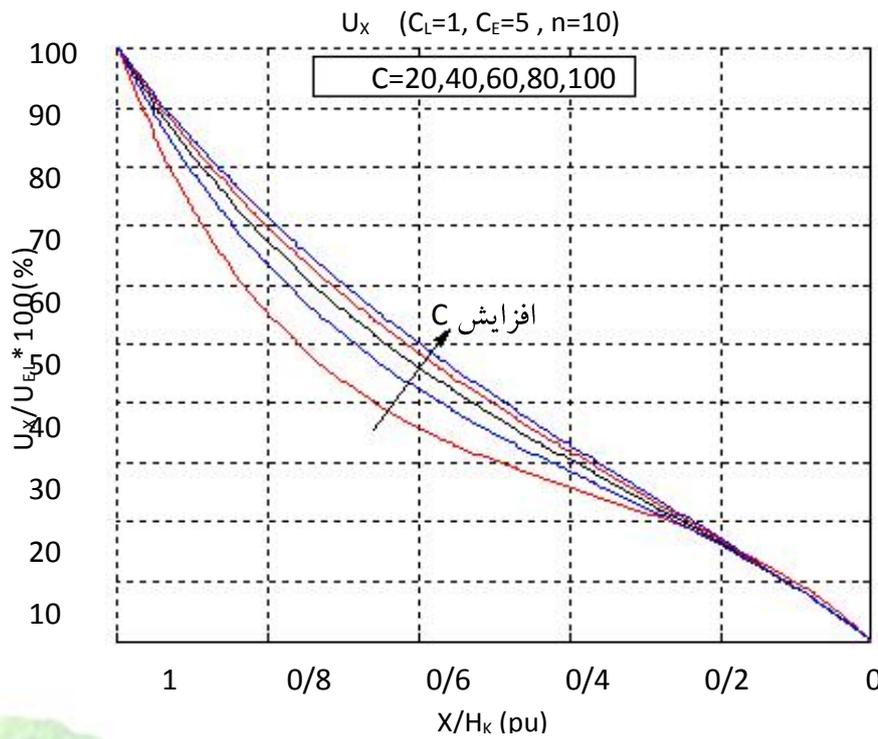
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

		سمت هادی
--	--	----------

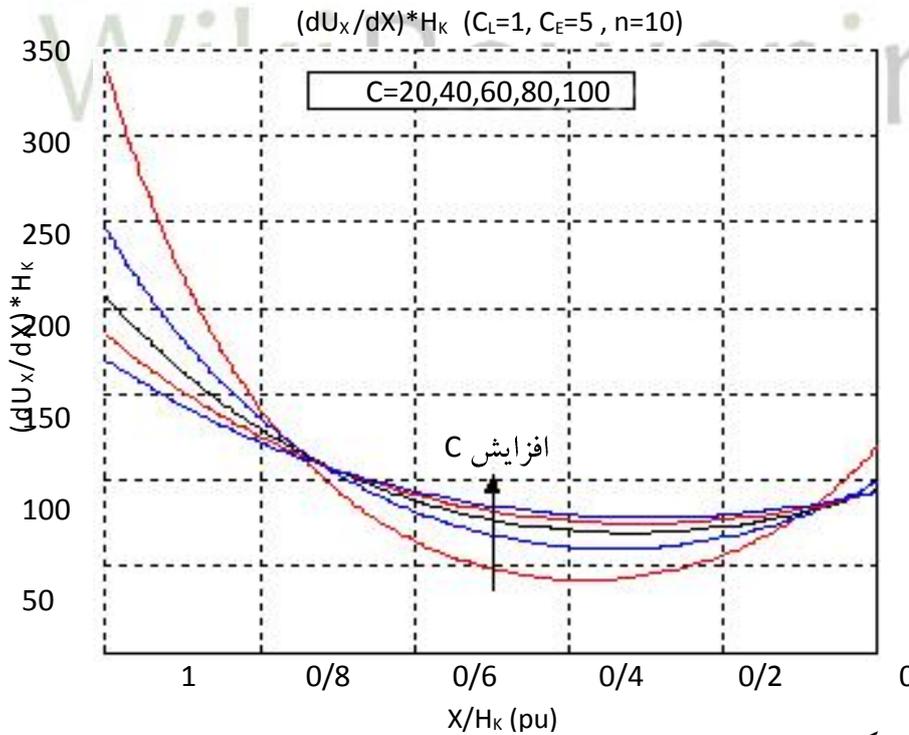
شکل‌های (۲-۶) و (۲-۷) تاثیر افزایش ظرفیت خازنی مقبره (C) بر نحوه توزیع پتانسیل روی زنجیره مقبره و شیب آن را به ازای $C_L = 1 \text{ pF}$ ، $C_E = 5 \text{ pF}$ و $n = 10$ نشان می‌دهد. چنانچه در این شکل‌ها دیده می‌شود، افزایش C باعث یکنواخت‌تر شدن توزیع پتانسیل روی زنجیره مقبره می‌شود.

جدول (۲-۳) مقادیر افت ولتاژ روی دو مقبره سمت هادی، دو مقبره سمت دکل و دو مقبره میانی زنجیره مقبره را به ازای $C = 20, 100 \text{ pF}$ نشان می‌دهد. به ازای $C = 20 \text{ pF}$ ، که مقدار کوچکی برای C می‌باشد، مقدار افت ولتاژ روی دو مقبره اول سمت هادی ۴۵٪ کل ولتاژ، روی دو مقبره سمت دکل ۱۶٪ کل ولتاژ و روی دو مقبره میانی ۱۰٪ کل ولتاژ می‌باشد. اما به ازای $C = 100 \text{ pF}$ ، که مقدار بزرگی برای C می‌باشد، مقدار افت ولتاژ روی دو مقبره اول سمت هادی ۲۸٪ کل ولتاژ، روی دو مقبره سمت دکل ۱۷٪ کل ولتاژ و روی دو مقبره میانی ۱۷٪ کل ولتاژ اعمال شده می‌باشد. در نتیجه افزایش C باعث یکنواخت‌تر شدن توزیع پتانسیل بر روی زنجیره مقبره می‌گردد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل (۲-۶): تاثیر افزایش ظرفیت خازنی مقمره (C) بر نحوه توزیع پتانسیل روی



شکل (۲-۷): تاثیر افزایش ظرفیت خازنی مقمره (C) بر شیب منحنی توزیع

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه

جدول (۲-۳): میزان افت ولتاژ روی دو مقره سمت هادی، دو مقره سمت

دکل و دو مقره مانع زنجیره مقره به ازای $C = 20,100 \text{ pF}$

۱۰۰ pF	۲۰ pF	C (pF) موقعیت دو مقره
%۱۷	%۱۶	درصد افت ولتاژ روی دو مقره سمت دکل
%۱۷	%۱۰	درصد افت ولتاژ روی دو مقره میانی
%۲۸	%۴۵	درصد افت ولتاژ روی دو مقره سمت هادی

منحنی توزیع پتانسیل برای زنجیره مقره‌ها، با توجه به روابط بدست آمده، به صورت ایده آل

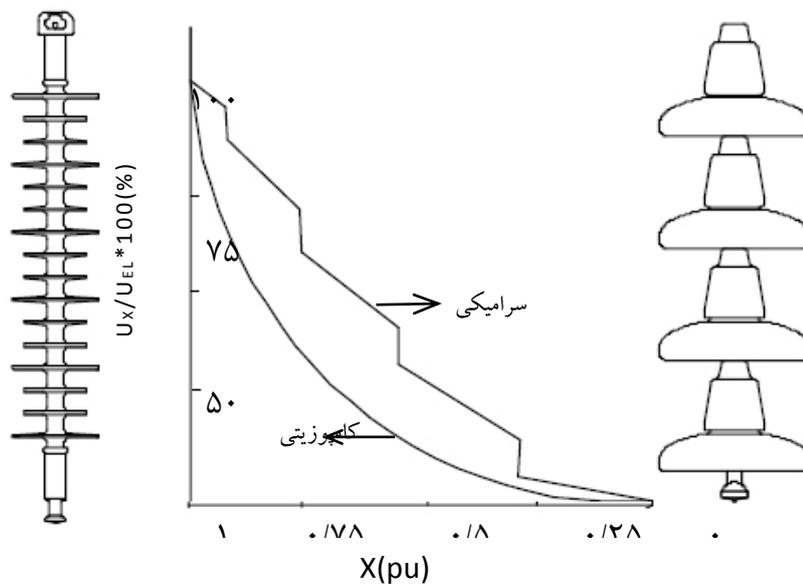
رسم شد. در واقع به علت وجود قطعات فلزی در هر واحد مقره از زنجیره، توزیع پتانسیل مانند

شکل (۲-۸) غیر پیوسته می‌باشد. اما همانطور که در این شکل دیده می‌شود، در مقره‌های

کامپوزیتی به علت عدم وجود قطعات فلزی در طول مقره توزیع پتانسیل پیوسته است و همچنین

به خاطر کوچکتر بودن ظرفیت خازنی خود مقره (C) توزیع پتانسیل غیرخطی تر است [۱۳].

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرمان سایت و به همراه فونت های لازم



شکل (۲-۸): مقایسه توزیع پتانسیل روی مقره‌های کامپوزیتی و

۲-۳- روشهای یکنواخت کردن توزیع پتانسیل روی مقره:

همانطور که گفته شد، وجود ظرفیت‌های خازنی اضافی باعث غیر خطی بودن توزیع پتانسیل روی مقره می‌گردد. غیرخطی بودن توزیع پتانسیل روی زنجیره مقره و یا یک مقره کامپوزیتی باعث کاهش راندمان آن می‌شود. به این معنی که مقره‌هایی که به هادی نزدیکتر هستند، فشار بیشتری را متحمل می‌شوند. در مقره‌های کامپوزیتی به خاطر یکپارچگی (عدم وجود قطعات فلزی در طول مقره) توزیع پتانسیل غیرخطی‌تر است. برای یکنواخت کردن توزیع پتانسیل روی مقره‌ها و افزایش راندمان مقره، روشهای مختلفی وجود دارد که عبارتند از [1]:

۱- کاهش ظرفیت خازنی بین مقره و دکل:

برای کاهش این ظرفیت خازنی و در نتیجه یکنواخت‌تر شدن توزیع پتانسیل روی زنجیره مقره یا مقره‌های کامپوزیتی، باید مقره را تا حد ممکن از بدنه دکل دور کرد و راه حل آن استفاده از کراس آرمهای بلند می‌باشد. اما باید توجه نمود که استفاده از کراس آرمهای بلند هزینه زیادی در پی دارد، زیرا در صورت افزایش طول کراس آرم‌ها گشتاورهای وارد شده به دکل افزایش

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه

خواهد داشت و در نتیجه احتیاج به دکل‌های قوی‌تری می‌باشد که منجر به افزایش هزینه‌های طراحی و احداث خط خواهد شد. در ضمن، در جاهایی که خطوط به صورت کامپکت طراحی می‌شوند، این روش عملی نمی‌باشد.

۲- درجه‌بندی ظرفیت^۱ خازنی مقره‌ها:

در صورت افزایش ظرفیت خازنی مقره، مقدار ولتاژی که روی آن می‌افتد کاهش می‌یابد. در زنجیره مقره، مقره‌ای که به هادی نزدیکتر است، بیشترین تنش الکتریکی را متحمل می‌شود، بنابراین اگر مقدار ظرفیت خازنی این مقره را افزایش دهیم، مقدار ولتاژ کمتری روی آن می‌افتد. همچنین برای مقره‌ای که کمترین مقدار ولتاژ روی آن قرار می‌گیرد، با کاهش ظرفیت آن می‌توان مقدار ولتاژی را که روی آن افت می‌کند، افزایش داد. بنابراین می‌توان در یک زنجیره مقره از مقره‌هایی با ظرفیت‌های متفاوت استفاده کرد و به این ترتیب، توزیع ولتاژ تقریباً خطی روی زنجیره مقره ایجاد کرد.

روش عملی آن، استفاده از کلاهک‌های فلزی بزرگتر برای مقره‌های نزدیک هادی می‌باشد. روش دیگر استفاده از رنگهای هادی الکتریسیته در بخشی از سطح بالایی مقره‌های نزدیک به هادی می‌باشد. این روش نتیجه دیگری نیز دارد، بدین ترتیب که روی سطح مقره لایه نازکی از هادی با هدایت کم ایجاد می‌شود که جریانهای جزئی عبوری از این لایه هادی باعث ایجاد حرارت می‌شود و سطح مقره خشک باقی می‌ماند و بدین ترتیب از بروز قوسهای بزرگی که باعث تخریب سطح عایق می‌شوند، جلوگیری می‌کنند (زیرا در صورتی که سطح مقره مرطوب باشد، گرد و غبار به همراه رطوبت می‌تواند باعث ایجاد مسیر قوس شود که منجر به تخریب عایق می‌گردد).

1- Grading

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

اگر از لعاب هادی برای همه واحدهای مقره در طول زنجیره استفاده شود، به خاطر مقاومت ناشی از این لعاب که با خازن‌های مقره موازی خواهد بود، توزیع ولتاژ در طول مقره یکنواخت‌تر خواهد شد. اشکال این روش این است که لعاب به مرور زمان تغییر خاصیت داده و مقاومت آن تغییر می‌کند. از طرفی وجود لعاب هادی باعث ایجاد تلفات نیز خواهد شد.

به طور کلی به علت بالا رفتن هزینه‌ها چه در ساخت و چه در نصب مقره‌هایی با ظرفیت خازنی مختلف، این روش عملی نمی‌باشد.

۳- استفاده از برقگیر شاخکی ۱ :

استفاده از برقگیر شاخکی در خطوط انتقال در ابتدا و انتهای مقره، برای انتقال اضافه ولتاژها به زمین می‌باشد. در واقع وظیفه اصلی برقگیر شاخکی جلوگیری از بروز قوس الکتریکی در سطح مقره می‌باشد. اما در عین حال این شاخک‌ها، باعث یکنواخت‌تر شدن توزیع ولتاژ روی زنجیره مقره می‌شوند.

۴- استفاده از حلقه کرونا^۲:

در این روش یک حلقه در اطراف نزدیکترین مقره نسبت به هادی نصب می‌شود، که اصطلاحاً آنرا حلقه محافظ یا حلقه کرونا می‌نامند. بدین ترتیب ظرفیت بین قسمتهای فلزی زنجیره مقره و هادی افزایش پیدا می‌کند و در نتیجه توزیع ولتاژ یکنواخت‌تری در طول زنجیره خواهیم داشت. مزیت دیگر این حلقه هدایت قوس از سطح مقره به روی حلقه می‌باشد. بدین ترتیب هنگام تخلیه الکتریکی، قوس در دو سر حلقه زده می‌شود و از ایجاد قوس بر روی سطح مقره جلوگیری می‌شود.

^۱- Arcing horn

^۲- Corona ring

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

از بین روش‌های معرفی شده برای یکنواخت کردن توزیع پتانسیل بر روی زنجیره مقره یا مقره‌های کامپوزیتی، از نظر عملی و اقتصادی تنها استفاده از حلقه کرونا و شاخک برقی قابل اجرا می‌باشند. روش‌های دیگر به دلیل دربرداشتن هزینه‌های اضافی در مرحله ساخت و نصب کاربرد چندانی ندارند.

ابعاد حلقه کرونا در کنترل میزان تنش الکتریکی نقاط بحرانی مقره نقش بسزایی دارند و در مرحله طراحی و ساخت مقره باید مدنظر قرار گیرند. در فصل چهارم حالت‌های مختلف مقره (از نظر ابعاد حلقه کرونا و پارامترهای پروفیل مقره) با استفاده از نرم‌افزار FEMLAB شبیه‌سازی شده است. قبل از این فصل، نحوه کار با این نرم‌افزار در فصل سوم شرح داده شده است.



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل سوم

۳-۱- مقدمه:

قبل از شبیه‌سازی به وسیله نرم‌افزار FEMLAB در این فصل به معرفی این نرم‌افزار و همچنین روشهای عددی تحلیل میدان می‌پردازیم. اصولاً برای تحلیل میدان الکتریکی روشهای عددی مختلفی وجود دارد که هر یک ویژگی خاص خود را دارا می‌باشند. این روشهای عددی به دو دسته کلی به نام روشهای حل معادلات انتگرالی و روشهای حل معادلات دیفرانسیلی تقسیم می‌شوند. روشهای معادلات انتگرالی خود به دو روش بارهای فرضی و روش المان مرزی تقسیم می‌شود. روشهای معادلات دیفرانسیلی نیز به دو روش المان محدود و روش تفاضل محدود تقسیم می‌شود [20,18,2].

در روش تفاضل محدود^۱، محدوده میدان به یک شبکه مربعی تقسیم می‌شود که پتانسیل هر گوشه این مربع‌ها باید محاسبه شود [7]. پتانسیل نقاطی که روی الکترودها قرار دارند، معلوم هستند و پتانسیل بقیه نقاط مجهول است. برای این محاسبه احتیاج به حل سیستم چند معادله و چند مجهولی داریم. اگر تعداد مجهولات زیاد باشد و حافظه کامپیوتر نتواند ماتریس ضرایب معادله را

¹- Finite difference method

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

در خود جای دهد، از روش دیگری استفاده می‌شود. به این ترتیب که برای هر نقطه یک پتانسیل دلخواه ممکن فرض می‌شود، سپس به نوبت پتانسیل هر نقطه را مجهول فرض کرده و با استفاده از پتانسیل چهار نقطه اطراف، آنرا حساب می‌کند. این کار را برای تمام نقاط چندین بار انجام می‌دهد تا به پتانسیل صحیح نزدیک شویم. شدت میدان الکتریکی با دقت کافی از تفاضل پتانسیل دو نقطه مجاور تقسیم بر فاصله بین آنها به دست می‌آید. محاسبات با استفاده از این روابط چندین بار تکرار می‌شود و جواب همیشه همگراست و در هر تکرار به جواب صحیح نزدیکتر می‌شویم، مگر آنکه تعداد محدود ارقام مانع باشد. به خاطر تکرار محاسبه، این روش را روش تکراری^۱ می‌نامند [7].

در روش بارهای فرضی^۲، بارهای الکتریکی فرضی چنان یافته شوند که در نتیجه آنها، تا حد ممکن، پتانسیل الکترودها همان پتانسیل‌های داده شده باشد. با پیدا کردن این بارهای الکتریکی فرضی محاسبه میدان بسیار ساده می‌شود و پتانسیل هر نقطه از میدان، از ترکیب خطی اثر تک تک بارها قابل محاسبه است [7].

در روش المان محدود^۳، محدوده میدان دو بعدی، به مثلث‌ها و محدوده میدان سه بعدی، به چهاروجهی‌ها تقسیم می‌شود [7]. در قسمت‌های تیز که تغییرات میدان زیاد است، تقسیم‌بندی‌ها ظریف‌تر انجام می‌شود. اساساً همه سیستم‌ها برای رسیدن به پایداری تمایل به مینیمم کردن انرژی دارند. اساس این روش نیز بر این است که شکل میدان طوری است که انرژی آن حداقل شود. بنابراین پتانسیل گره‌ها را باید به نحوی انتخاب کرد که این انرژی مینیمم شود. در داخل جزء

²- Iteration

¹- Charge simulation method

²- Finite element method

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

کوچک مثلثی فرض می‌شود که پتانسیل به صورت خطی تقسیم شده است. اکنون با توجه به این فرض و با داشتن پتانسیل سه نقطه می‌توان پتانسیل نقاط داخل این مثلث را بدست آورد. با بدست آوردن پتانسیل می‌توان انرژی داخل مثلث و در نهایت انرژی کل را بدست آورد. برای مینیمم شدن انرژی باید پس از انتگرال گیری و محاسبه کل انرژی، از آن نسبت به متغیرها که پتانسیل‌ها باشند، مشتق بگیریم. از آنجا که انرژی تابعی از پتانسیل است، با مشتق گیری از انرژی نسبت به تک تک پتانسیل‌ها به تعداد پتانسیل‌های مجهول، معادله بدست می‌آید. با حل این سیستم چند معادله و چند مجهولی، پتانسیل گوشه‌های مثلث که مجهول هستند بدست می‌آید. البته پتانسیل نقاطی که روی الکترودها قرار می‌گیرند، از قبل معلوم هستند.

روشهای المان مرزی/بارهای فرضی در مقایسه با روشهای المان محدود/تفاضل محدود، در مرحله مدل‌سازی پیچیدگی کمتری دارند و به همان نسبت زمان کمتری صرف مدل‌سازی برای آنها می‌شود، اما زمان محاسبات بیشتر می‌شود [18].

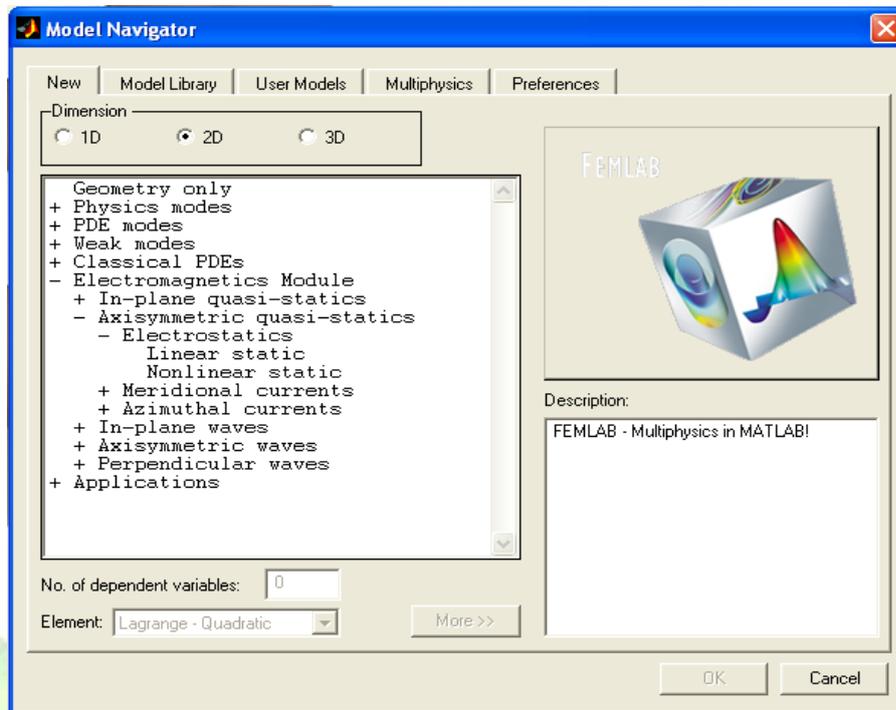
برای آنالیز میدان الکتریکی از نرم‌افزارهای مختلفی مانند COULUMB ، FEMLAB و ANSYS استفاده می‌شود. نرم افزار COULUMB از روش المان مرزی و نرم افزار ANSYS از روش المان محدود استفاده می‌کنند. FEMLAB یک نرم‌افزار قوی برای مدل‌سازی و حل مسایل مهندسی بر اساس حل معادلات دیفرانسیل جزئی (PDE) می‌باشد که از روش المان محدود برای حل مسایل استفاده می‌کند [11].

۳-۲- ورود به محیط FEMLAB [11]:

برای اجرای نرم‌افزار FEMLAB 2.3 باید ابتدا نرم‌افزار MATLAB اجرا شود. پس از اجرای MATLAB، با تایپ کلمه femlab در صفحه Command Window برنامه femlab اجرا خواهد شد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

با اجرای FEMLAB صفحه تنظیمات محیط کار تحت عنوان "Model Navigator" مطابق با



شکل (۱-۳): صفحه تنظیمات محیط FEMLAB برای شروع مدل‌سازی

شکل (۱-۳) ظاهر می‌شود. این صفحه شامل این قسمت‌ها می‌باشد [11]:

- قسمت New که در این قسمت علاوه بر تعیین فضای کار به صورت یک بعدی یا دو بعدی و یا سه بعدی، حالت فیزیکی مورد نظر برای مدلی که طراحی خواهد شد نیز مشخص می‌شود. برای شبیه‌سازی مقره مورد نظر و تحلیل نحوه توزیع پتانسیل و توزیع میدان الکتریکی روی آن مطابق

شکل (۱-۳) فضای دو بعدی و گزینه :

“Electromagnetics Module / Axisymmetric quasi-static/ Electrostatics/ Linear static”

انتخاب می‌گردد.

- قسمت Model Library شامل مجموعه‌ای از مدل‌های نمونه از پیش شبیه‌سازی شده می‌باشد.
- قسمت User models نیز شامل مدلهایی خواهد بود که ما به عنوان کاربر طراحی کرده و در

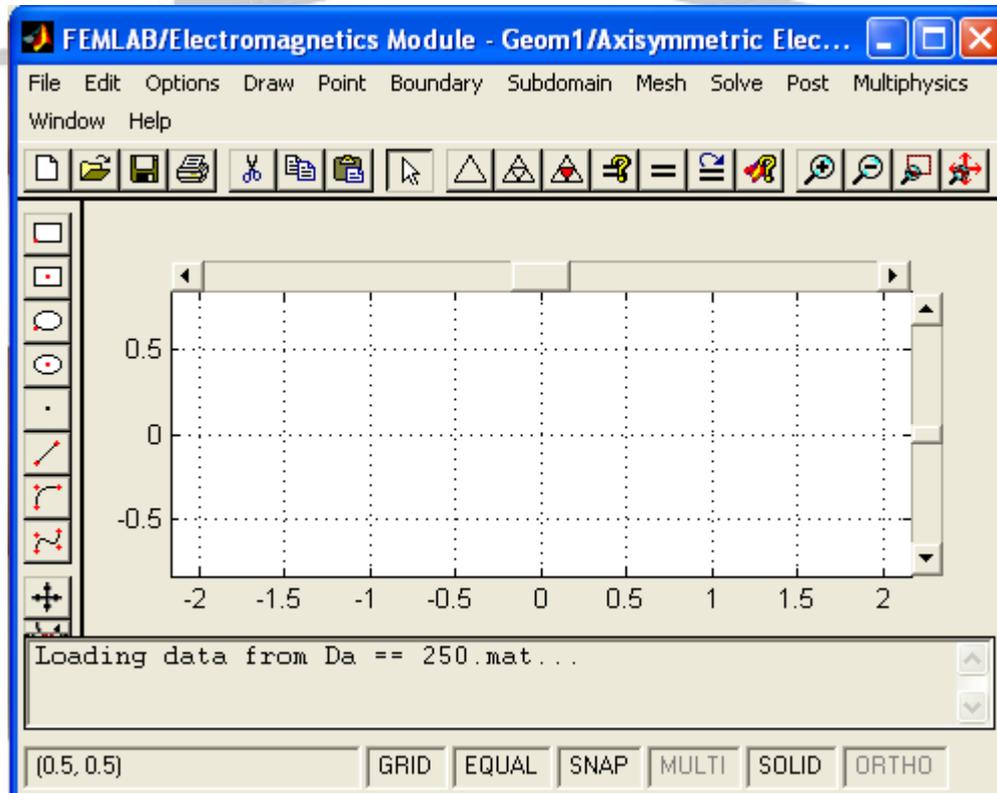
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

آدرس User models که در قسمت preferences تعیین می‌شود، ذخیره کنیم.

- در قسمت Multiphysics امکان اضافه کردن حالت‌های فیزیکی بیشتر به مدل طراحی شده فراهم شده است. به عنوان مثال می‌توان برای یک شکل هندسی، هر دو حالت Magnetostatics و Electrostatics را برای تحلیل میدانهای الکتریکی و مغناطیسی به کار برد.
- در قسمت preferences نیز همانطور که گفته شد، می‌توان مسیر پیش فرض برای Model Library و User models را به دلخواه انتخاب کرد.

به هر حال، در این مرحله با انتخاب مسیر مذکور در بالا وارد صفحه اصلی برای شبیه‌سازی

Electrostatics می‌شویم. این صفحه در شکل (۳-۲) نشان داده شده است.



شکل (۳-۲): محیط اصلی FEMLAB

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

منوی اصلی و جعبه ابزار اصلی در شکل (۳-۳) نشان داده شده است. جعبه ابزار اصلی از سمت راست به چپ شامل گزینه‌های Help ، Post Mode ، Mesh Mode ، Subdomain Mode ، Point Mode ، boundary Mode و چهار گزینه مربوط به Zoom و بعد از آن گزینه‌های Plot Parameters ، resolve ، Solve problem ، Solve Parameters ، refine selection ، refine Mesh و initialize Mesh می‌باشد، که به هر یک در بخش بعد اشاره خواهد شد.

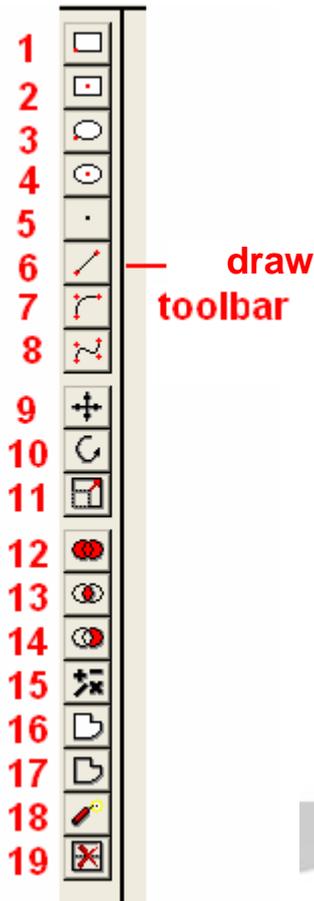


شکل (۳-۳): منوی اصلی و toolbar اصلی femlab

۳-۳- مراحل مدلسازی [11]:

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

برای انجام شبیه‌سازی مراحل زیر انجام می‌شود:



۱. Draw Mode :

برای طراحی شکل هندسی مورد نظر ابتدا از منوی Draw

گزینه Draw Mode را انتخاب می‌کنیم. با این کار toolbar مربوط به

طراحی مدل مورد نظر در سمت چپ صفحه اصلی ظاهر می‌شود

(شکل (۳-۴)). از بالا به پایین هشت گزینه اول مربوط به رسم

شکل‌های هندسی مختلف می‌باشد. گزینه‌های ۹ برای جابجایی، ۱۰

برای دوران و ۱۱ برای تغییر ابعاد شکل با یک ضریب تبدیل می-

باشند. گزینه ۱۲ برای یکپارچه کردن شکل‌های مجزا به کار می‌رود،

به این ترتیب که ابتدا حداقل دو شکل طراحی شده را انتخاب کرده

و سپس از این گزینه برای یکپارچه سازی آنها استفاده می‌کنیم. اگر

چند شکل هندسی ساخته شده را انتخاب کرده و سپس روی گزینه

۱۳ را کلیک کنیم، اشتراک مجموعه آنها باقی خواهد ماند. گزینه ۱۴ نیز برای تشکیل تفاضل

حاصل از دو شکل هندسی استفاده می‌شود. برای ساختن شکل‌های ترکیبی (اجتماع، اشتراک و تفاضل

چند شکل هندسی) از گزینه ۱۵ نیز می‌توان استفاده کرد. اگر برای طراحی شکل از خط و منحنی-

های مجزا (گزینه‌های ۶ تا ۸) استفاده شده باشد، با انتخاب همه آنها و کلیک گزینه‌های ۱۶ یا ۱۷

به ترتیب شکل مورد نظر تبدیل به یک شکل توپر یا منحنی به هم پیوسته خواهد شد. همچنین با

استفاده از این گزینه‌ها می‌توان یک شکل توپر را به منحنی تبدیل کرد و یا برعکس. طی یکپارچه

سازی دو یا چند شکل مختلف، مرزهای داخلی مربوط به شکل‌های اولیه باقی می‌مانند، لذا برای از

شکل (۳-۴): toolbar طراحی

مدل

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

بین بردن این مرزها می توان از گزینه ۱۹ استفاده کرد. اما اگر مرزهای داخلی حاصل از یکپارچه سازی چند شکل حذف نشده باشند، بعداً می توان با استفاده از گزینه ۱۸ دوباره این شکلها را از هم جدا کرد.

۲. Point Mode :

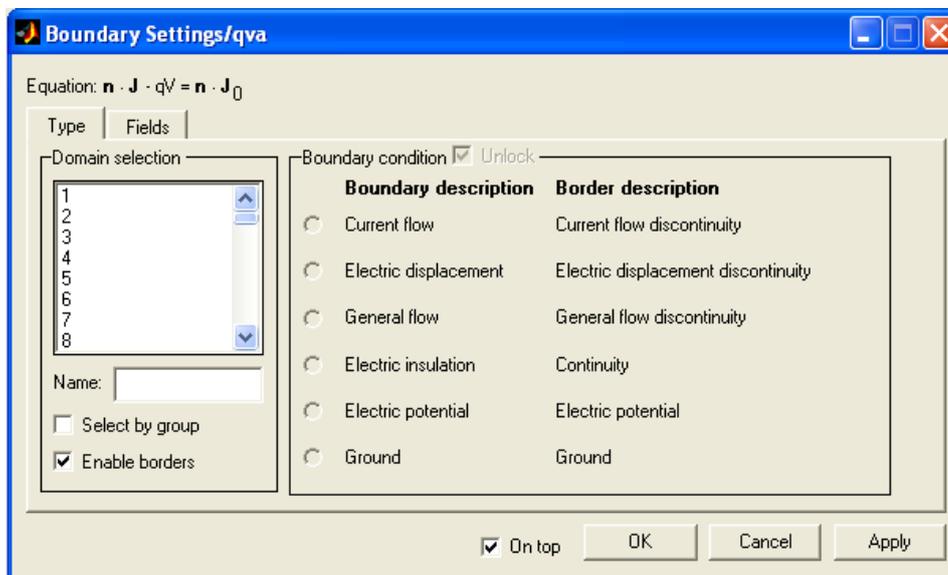
این قسمت برای بررسی حالت های متغیر با زمان به کار می رود و شرایط اولیه در $t = 0$ را برای نقاط تعیین می کند و این تنظیمات را در صورتی می توان انجام داد که از منوی Point گزینه wiew as Point coefficients را انتخاب کنیم. برای حل مسایل الکتروستاتیک به این قسمت نیاز نداریم.

۳. Boundary Mode :

با انتخاب این گزینه از منوی Boundary می توان شرایط مرزی را برای مدل ساخته شده تعریف کرد. به این صورت که با دابل کلیک روی هر یک از مرزها صفحه تنظیمات مرزی تحت عنوان Boundary settings/es مطابق با شکل (۳-۵) ظاهر می شود. در این صفحه با انتخاب یک یا چند مرز در قسمت Domain selection می توان شرایط مرزی آنها را در قسمت Boundary coefficient تعیین کرد. در حالت عادی مرزهای داخلی غیرفعال هستند، به این معنی که نمی توان برای آنها شرایط مرزی تعیین کرد (مرزهایی که فعال هستند، آبی رنگ می باشند). برای فعال کردن این مرزها باید در این صفحه، گزینه Enable borders را انتخاب کنیم. در قسمت Boundary coefficient حالت های مختلف بار سطحی، عایق الکتریکی، پتانسیل الکتریکی و پتانسیل صفر را برای مرزها می توان تعریف کرد. اگر گزینه Select by group را انتخاب کنیم، آنگاه با انتخاب یک

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

مرز، تمام مرزهایی که شرایط مرزی یکسانی با این مرز دارند، انتخاب خواهند شد.

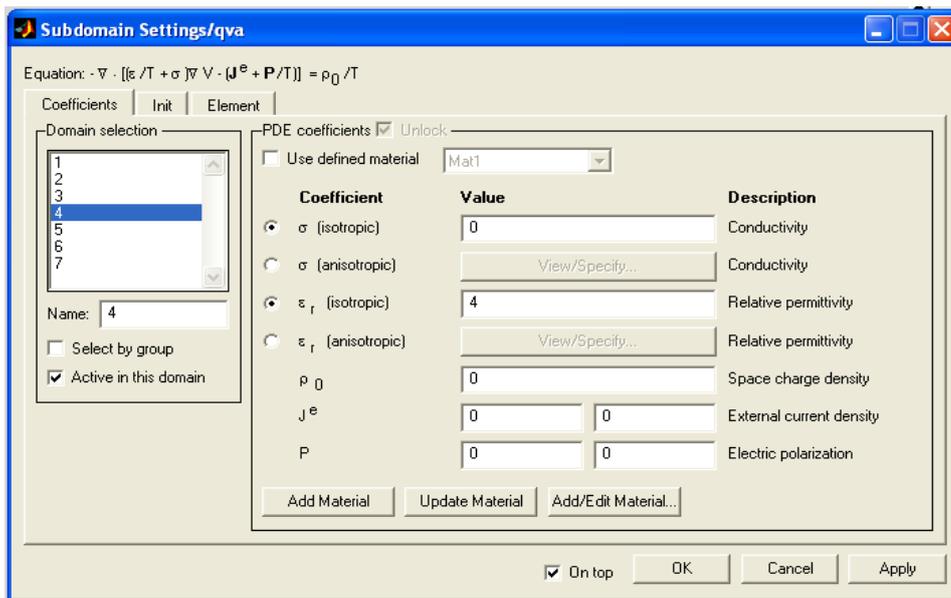


شکل (۳-۵): صفحه تنظیمات شرایط مرزی مدل طراحی شده

۴. Subdomain Mode :

با انتخاب این گزینه از منوی Subdomain در صفحه تنظیمات (شکل (۳-۶))، می‌توان مشخصات الکتریکی محیط‌های مختلف (ضریب گذردهی (ϵ_r) ، هدایت الکتریکی (σ) ، چگالی بار فضایی (ρ_0) و پلاریزاسیون (P)) را برای مدل مورد نظر تعریف کرد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

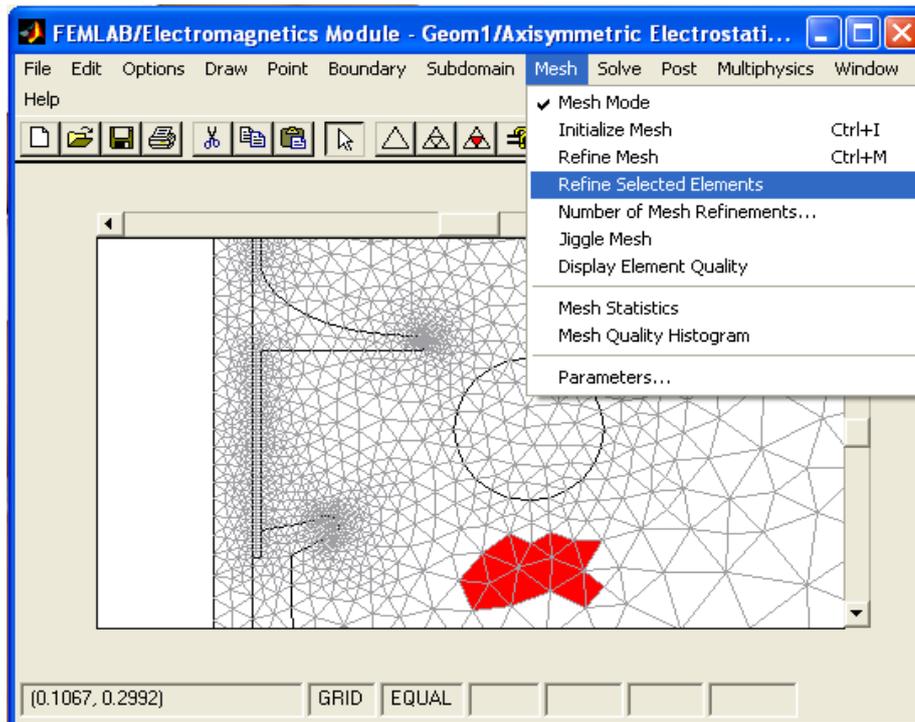


شکل (۳-۶): صفحه تنظیمات مشخصات الکتریکی محیط‌های طرح

۵. Mesh Mode :

با انتخاب گزینه Initialize Mesh از منوی Mesh ، مطابق با شکل (۳-۷) مش‌بندی شکل طراحی شده برای مدل ساخته شده، بر اساس پارامترهای مش‌بندی پیش‌فرض، انجام می‌شود. برای مش‌بندی دقیق‌تر می‌توان از گزینه Refine Mesh در منوی Mesh استفاده کرد. همچنین پس از مش‌بندی می‌توان تعدادی از المانها را انتخاب کرده و با استفاده از گزینه Refine Selected Elements این المانهای انتخاب شده را دقیق‌تر مش‌بندی کرد. توسط گزینه Mesh Parameters از این منو می‌توان تنظیمات دقیق مش‌بندی را انجام داد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

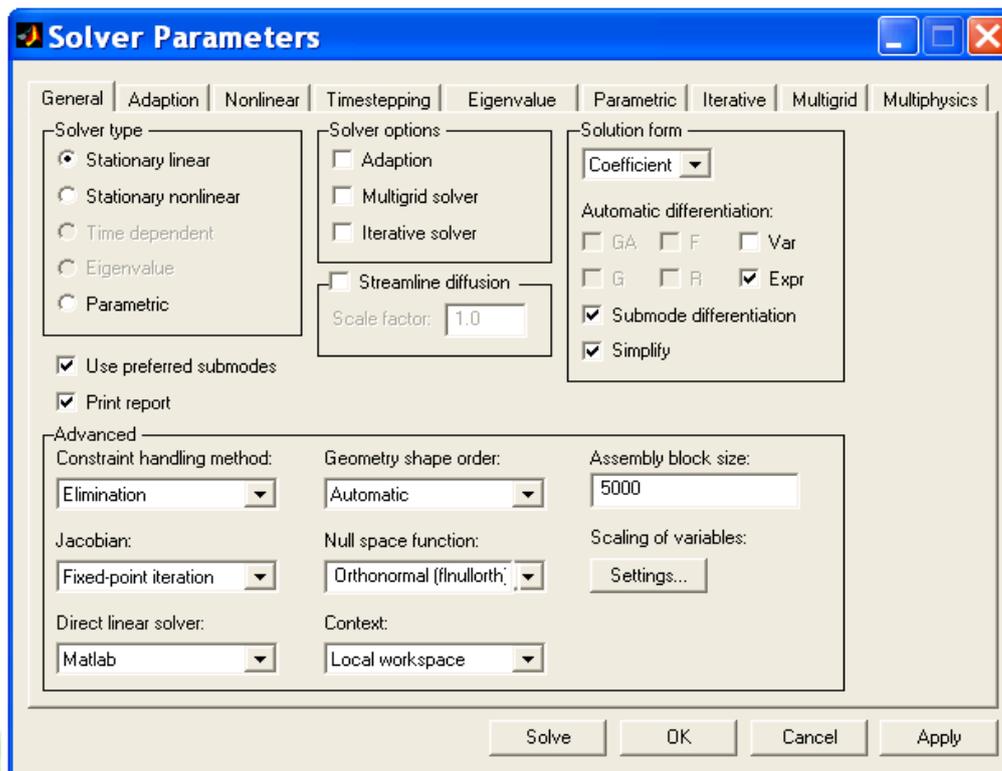


شکل (۳-۷): مش‌بندی مدل طراحی شده

۶. Solve Problem :

در این مرحله برای حل مسئله ابتدا از منوی Solve گزینه Parameters را انتخاب می‌کنیم (شکل (۳-۸)). انتخاب Solution Form در صفحه General به خطی بودن مسئله بستگی دارد، که شکل معادلات دیفرانسیل جزئی (PDE) قبل از حل مسئله را تعیین می‌کند. برای مسایل خطی یا تقریباً خطی از Solution Form Coefficient و برای حل مسایل غیرخطی مستقل از زمان از گزینه‌های Solution Form General یا Solution Form Weak استفاده می‌شود.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل (۳-۸): صفحه تنظیم پارامترهای مربوط به حل مسئله

در صورت اشتباه در انتخاب Solution Form ممکن است حل مسئله در رسیدن به جواب، همگرا نشود. برای مسایل غیر خطی وابسته به زمان نیز باید از فرم Weak یا General استفاده کرد، در غیر این صورت به جواب خواهیم رسید، اما دقت جواب کافی نخواهد بود. اما اگر از گزینه Numeric در تنظیمات قسمت Jacobian در صفحه General استفاده شود، در این صورت هر یک از فرمهای مربوطه در قسمت Solution Form می‌تواند استفاده شود.

برای حل مسائل متغیر با زمان از گزینه Time Depended استفاده می‌شود. گزینه‌های موجود در Solver options روش حل مسئله را تعیین می‌کند که هر یک ویژگی خاص خود را دارد. به عنوان مثال اگر گزینه Iterative استفاده شود و در صفحه مربوط به تنظیمات Iterative در قسمت

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

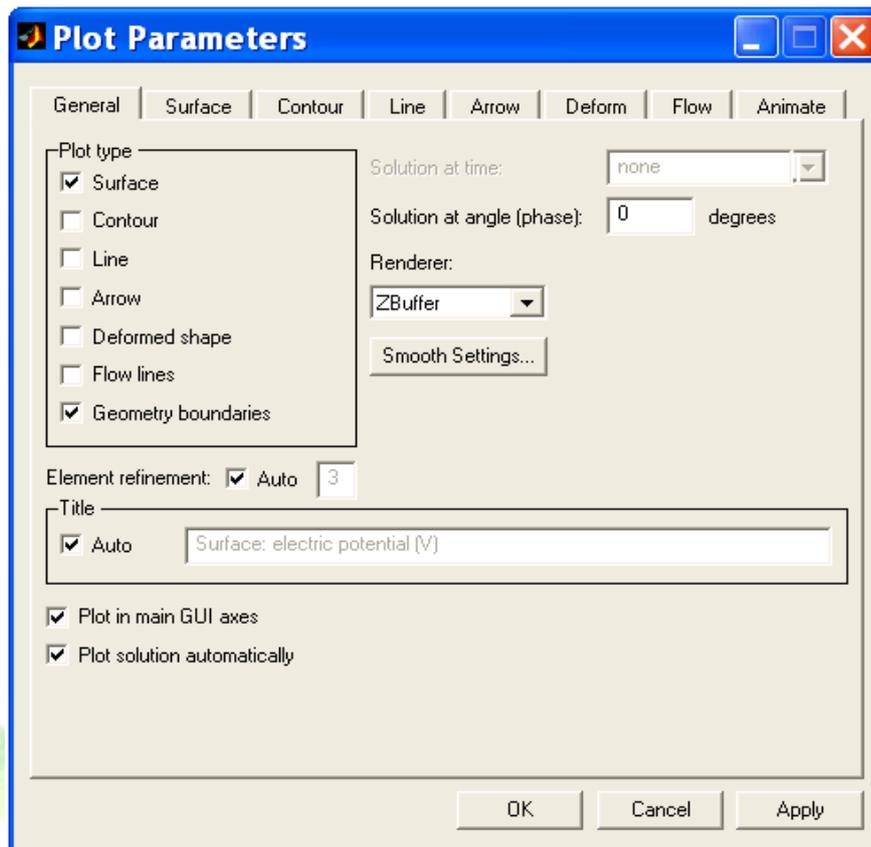
Preconditioner از گزینه Incomplete LU استفاده شود، حافظه کمتری برای حل مسئله لازم خواهد بود. بنابراین در حل مسایلی که از نظر شکل هندسی پیچیده تر هستند و مش بندی آنها زیاد می- باشد، می توان از این حالت استفاده کرد.

در حل مسایل الکتروستاتیک مانند بررسی نحوه توزیع پتانسیل و میدان الکتریکی روی مقبره‌های کامپوزیتی، که از نظر شکل هندسی پیچیده‌اند و مش بندی آنها زیاد است، از گزینه‌های Stationary Linear/Iterative Solver/Coefficient در صفحه General و گزینه Incomplete LU در صفحه مربوط به تنظیمات Iterative در قسمت Preconditioner استفاده می‌شود.

.Y Post Mode :

برای تنظیمات مربوط به پلات نهایی از منوی Post گزینه Plot Parameters را انتخاب می- کنیم (شکل ۳-۹)). در صفحه General و در قسمت Plot type انواع حالتها برای رسم نتایج حاصل از محاسبات فراهم شده است. هر یک از این حالتها به دید مناسبی از پارامترهای محاسبه شده می‌دهد. در ضمن می‌توان به صورت ترکیبی از این گزینه‌ها استفاده کرد. پس از انتخاب یک یا چند گزینه ترکیبی از بین گزینه‌های Plot type در صفحه مربوط به هر یک از گزینه‌های انتخاب شده می‌توان تنظیمات مربوط به آن را انجام داد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



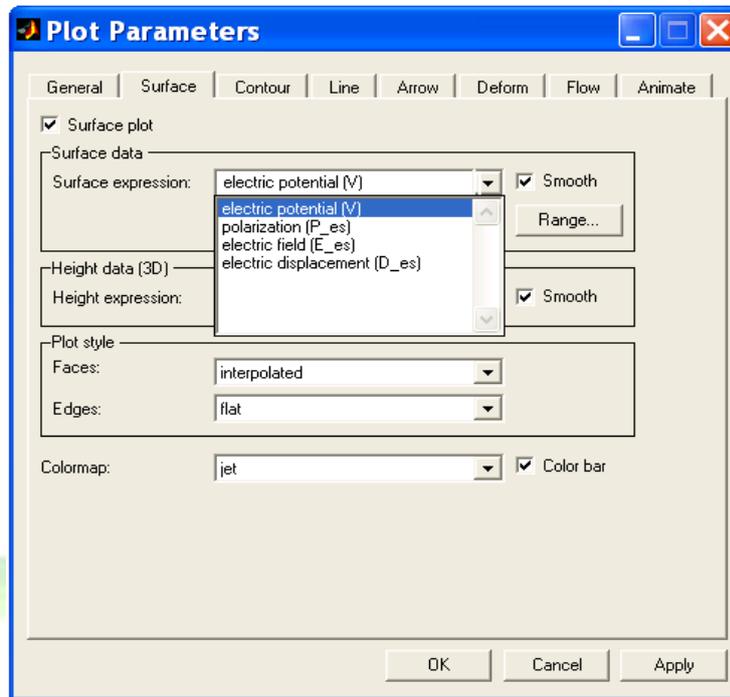
شکل (۳-۹): تنظیمات مربوط به پلات نهایی

به عنوان مثال با انتخاب Surface از صفحه General می‌توان در صفحه تنظیمات Surface مطابق با شکل (۳-۱۰) پارامتر مورد نظر برای پلات را یکی از موارد پتانسیل الکتریکی، پلاریزاسیون، میدان الکتریکی و یا جابجایی الکتریکی در نظر گرفت. با کلیک گزینه OK پلات مورد نظر در صفحه اصلی رسم خواهد شد.

برای تحلیل نتایج بدست آمده از محاسبات (مانند تحلیل توزیع پتانسیل و میدان الکتریکی)، می‌توان از منوی Post گزینه Cross-section Plot parameters را انتخاب کرد (شکل (۳-۱۱)). با انتخاب گزینه Surface می‌توان پارامتر دلخواه (مانند میدان و پتانسیل) را به صورت نمودار بر روی هر یک از سطوح دلخواه موجود در شکل هندسی مشاهده کرد. با استفاده از گزینه Line نیز

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

می توان

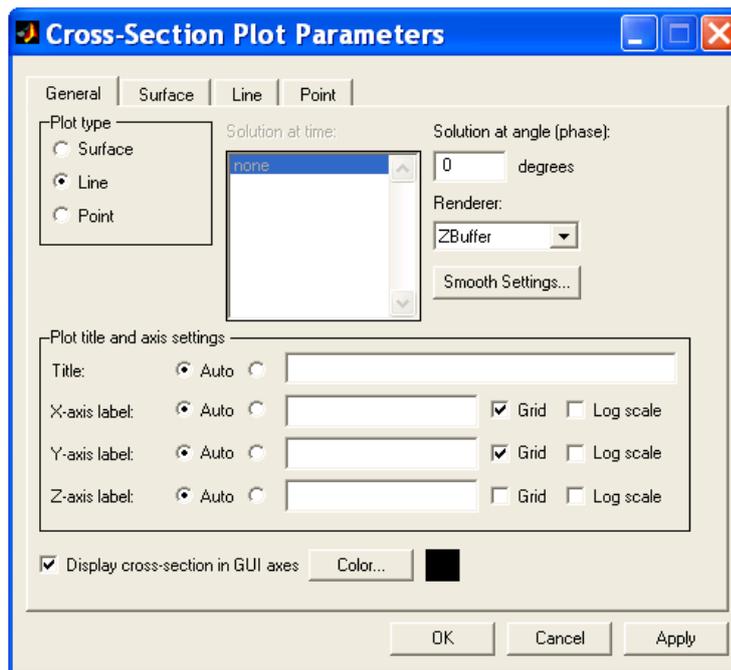


شکل (۳-۱۰): انتخاب پارامتر مورد نظر برای پلات نهایی

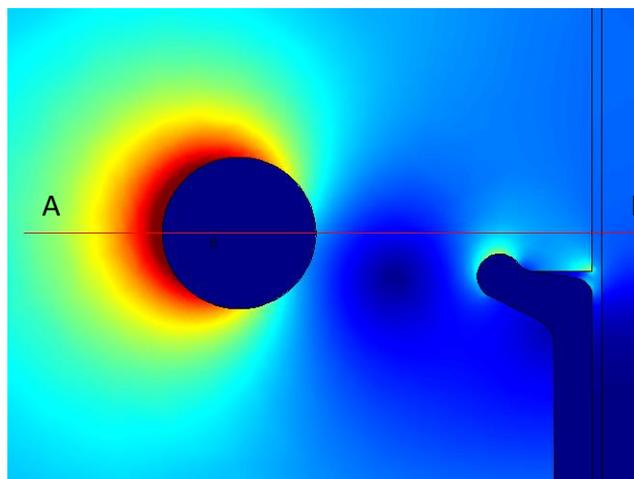
میدان یا پتانسیل یا هر پارامتر دیگر را بر روی خط واصل بین دو نقطه دلخواه به صورت نمودار مشاهده کرد. گزینه point نیز برای مشاهده مقدار یک پارامتر در یک نقطه دلخواه به کار می‌رود.

یک نمونه استفاده از گزینه Line در شکل (۳-۱۲) و (۳-۱۳) نشان داده شده است.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازم

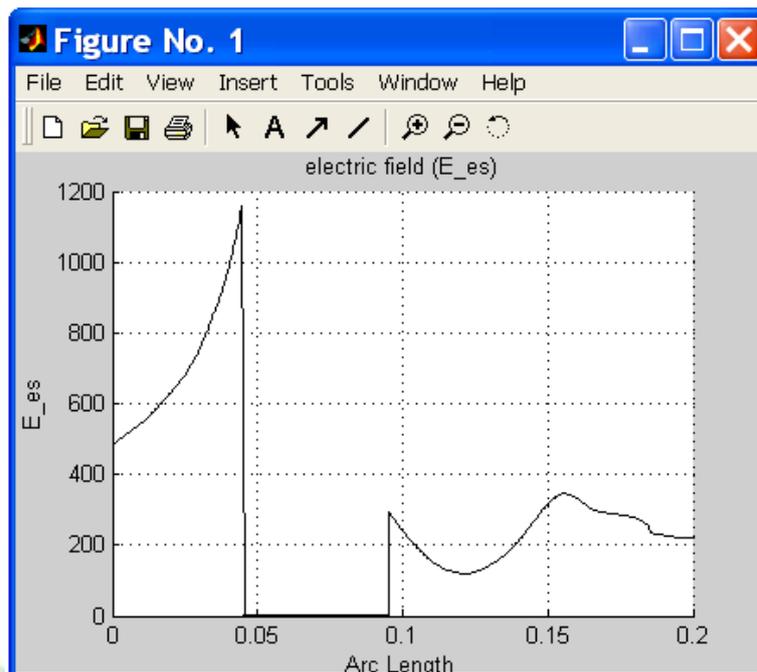


شکل (۳-۱۱): صفحه تنظیم رسم پارامتر مورد نظر در قسمتی از شکل طراحی شدت میدان الکتریکی روی خط AB از شکل (۳-۱۲) به صورت نمودار در شکل (۳-۱۳) نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود، با استفاده از این روش ترسیمی دید مناسب-تری از توزیع میدان الکتریکی روی مقره به دست می‌آید. با این روش می‌توان توزیع میدان الکتریکی و یا توزیع پتانسیل را در طول مقره بدست آورد.



شکل (۳-۱۲): میدان الکتریکی روی خط AB در شکل (۳-۱۴) رسم

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر سایت و به همراه فونت های لازمه



کا، (۳-۱۳): میدان الکتریکی، روی خط AB از شکل (۳-۱۲)

در این فصل روش‌های عددی تحلیل میدان و همچنین نرم‌افزار FEMLAB و نحوه کار با آن

شرح داده شد. اکنون می‌توان به وسیله این نرم‌افزار میدان‌های الکتریکی اطراف مقبره را برای

حالت‌های مختلف مقبره را شبیه‌سازی کرد. این شبیه‌سازی‌ها در فصل بعد انجام شده است و نتایج

حاصل از آن شرح داده شده است.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

فصل چهارم

۴-۱- مقدمه:

در زمینه محاسبه توزیع پتانسیل و میدان الکتریکی در طراحی و توسعه مقبره‌های کامپوزیتی مطالعات زیادی صورت گرفته است. بررسی شرایط اثرگذار بر نحوه توزیع پتانسیل و میدان الکتریکی از طریق انجام آزمایش روی تجهیزات کامل و یا در بعضی موارد بر روی مدل ارائه شده از بخشی از تجهیز مورد نظر بسیار پیچیده و وقت گیر می‌باشد. خصوصاً در مواردی که نیاز به بهینه‌سازی باشد، که در این موارد اغلب نیاز به آزمایش‌های سعی و خطا برای تعیین ابعاد و هندسه تجهیزات برای گرفتن جواب دلخواه می‌باشد.

برای بهینه‌سازی طراحی، استفاده از آنالیز عددی میدان الکتریکی سرعت نتیجه گیری را بهبود می‌بخشد. به این طریق آنالیز میدان الکتریکی برای تجهیزات کامل و پیچیده هندسی به وسیله کامپیوترهای متوسط قابل انجام است. برای بالا بردن سرعت محاسبات، معمولاً ساده‌سازی هندسی تجهیزات در مدل‌سازی انجام می‌پذیرد [10].

در این پروژه، محاسبات عددی میدان الکتریکی برای یک نمونه مقبره کامپوزیتی 400KV با

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

استفاده از نرم افزار FEMLAB و با شبیه سازی به صورت دو بعدی متقارن محوری^۱ انجام می شود. در شبیه سازی سه بعدی به وسیله این نرم افزار با توجه به شکل هندسی مقره، به دلیل زیاد بودن تعداد مش ها معمولاً مشکل کمبود حافظه به وجود می آید.

با توجه به مشکلات ناشی از کمبود حافظه کار را به صورت تک فاز و در فضای دو بعدی انجام می دهیم. برای مقره های کامپوزیتی طراحی شده و تجهیزات کنترل میدان، محاسبات به صورت تکفاز، با در نظر گرفتن مدل مناسب هندسی برای این تجهیزات دقت کافی را برای ما فراهم می کند. اما برای خطوط کامپکت، با توجه به اینکه فاصله فازها تا حد ممکن کم شده است، ممکن است محاسبات به صورت تکفاز دقت کافی نداشته باشد. در مرجع [10] نتایج حاصل از انجام محاسبات سه بعدی، دو بعدی و نتایج حاصل از اندازه گیری آزمایشگاهی میدان الکتریکی روی مقره های کامپوزیتی با هم مقایسه شده و این موضوع تایید شده که محاسبات به روش دو بعدی به اندازه کافی دقت لازم را دارند.

WikiPower.ir

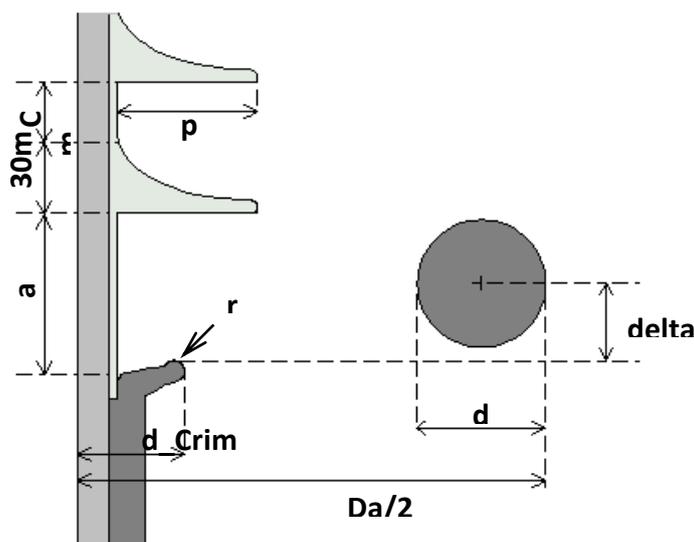
۴-۲- پارامترهای پروفیل مقره و حلقه کرونا (برای مرحله شبیه سازی):

پارامترهای مربوط به پروفیل مقره و ابعاد حلقه کرونا که باید تاثیر آنها بر شدت میدان الکتریکی روی مقره کامپوزیتی مورد بررسی قرار گیرد، در شکل (۴-۱) نشان داده شده اند، این پارامترها عبارتند از میزان برآمدگی چترک (P)، کمترین فاصله بین چترکهای مجاور (C)، فاصله بین اولین چترک و یراق فلزی انتهای مقره (a)، شعاع لبه یراق فلزی (r)، شعاع خارجی یراق فلزی (d_Crim)، قطر خارجی حلقه کرونا (Da)، قطر چنبره حلقه کرونا (d) و ارتفاع حلقه کرونا نسبت به

^۱- Axisymmetric

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه

لبه یراق فلزی (delta) [17,10,9]



شکل (۴-۱): پارامترهای حلقه کرونا و پروفیل مقبره برای

۳-۴- مشخصات مقبره شبیه‌سازی شده:

مقبره‌ای که برای شبیه‌سازی در نظر گرفته شده، یک مقبره کامپوزیتی ۴۰۰KV می‌باشد که

دارای ۵۲ چترک می‌باشد. در جدول (۴-۱) حالت نرمال برای پارامترهای این مقبره و محدوده

تغییرات این پارامترها برای شبیه‌سازی نشان داده شده است [17].

جدول (۴-۱): مقادیر نرمال برای پارامترهای تعریف شده و محدوده تغییرات آنها برای

پارامتر	r	C	a	P	d_Crim	d	Da	delta	فاصله خزشی
مقدار نرمال (mm)	۴	۱۹	۶۰	۵۲	۴۰	۴۸	۴۵۰	۲۹	۷۱۵۲
محدوده تغییرات برای شبیه- سازی (mm)	۳-۱۰	۵-۲۳	-۶۰ ۱۰	-۷۰ ۴۷	۳۰-۷۰	۲۰-۹۰	-۶۰۰ ۲۵۰	-۹۵ ۱۵	-

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

حداقل فاصله خزشی لازم برای یک مقره با توجه به فرمول زیر به دست می آید [13]:

فاصله خزشی برای هر کیلوولت با توجه به شرایط محیطی * حداکثر ولتاژ سیستم = فاصله خزشی لازم

با توجه به این که شرایط محیطی سبک در نظر گرفته شده و حداکثر ولتاژ سیستم برابر ۴۲۰ کیلوولت می باشد، بنابراین فاصله خزشی لازم برابر است با:

$$۴۲۰ \text{ KV} * ۱۶ \text{ mm/KV} = ۶۷۲۰ \text{ mm} = \text{حداقل فاصله خزشی لازم}$$

فاصله خزشی هر چترک برابر است با:

$$۱۳۶ \text{ mm} = \text{فاصله خزشی هر چترک}$$

در حالت نرمال فاصله اولین چترک سمت فشار قوی مقره با یراق فلزی (a) برابر ۶۰ mm و فاصله اولین چترک سمت دکل با یراق فلزی برابر ۲۰ میلیمتر است، پس:

$$۱۳۶ * ۵۲ + ۶۰ + ۲۰ = ۷۱۵۲ \geq ۶۷۲۰ \text{ mm} = \text{فاصله خزشی کل مقره}$$

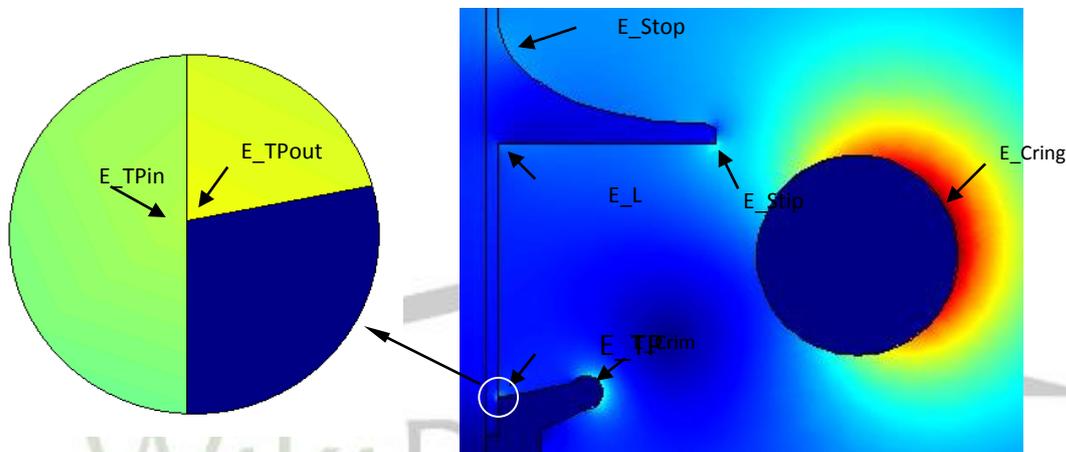
طی تغییر پارامترهای P و C دقت شده است که فاصله خزشی از محدوده مجاز کمتر نشود.

۴-۴- نحوه انجام کار و شبیه سازی:

همانطور که گفته شد، حالت نرمال این مقره و محدوده تغییر پارامترهای مورد نظر برای شبیه سازی مطابق با جدول (۴-۱) می باشد. برای انجام شبیه سازی، یک پارامتر در محدوده ای که در جدول (۴-۱) نشان داده شده است، تغییر می کند و سایر پارامترها در مقدار نرمال خود ثابت

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

در نظر گرفته می‌شوند. پس از انجام شبیه‌سازی، شدت میدان الکتریکی را در نقاطی که بیشترین تنش الکتریکی را متحمل می‌شوند، برای مقادیر مختلف پارامتر متغیر، بدست آورده و به صورت نمودار رسم می‌کنیم. این نقاط بحرانی که در شکل (۲-۴) نشان داده شده‌اند، عبارتند از [17]: قسمت بالای چترک (E_Stop)، نوک اولین چترک (E_Stip)، قسمت زیر چترک (E_L)، قسمت زانویی یراق فلزی (E_TP)، لبه یراق فلزی مقره (E_Crim) و سطح حلقه کرونا (E_Cring).



شکل (۲-۴): قسمت‌هایی که بیشترین تنش الکتریکی را

۴-۵- نتایج حاصل از شبیه‌سازی:

ابتدا بدون در نظر گرفتن حلقه کرونا، شبیه‌سازی‌ها را برای تغییر پارامترهای پروفیل مقره انجام می‌دهیم، سپس شبیه‌سازی‌ها را برای یک مقره مجهز به حلقه کرونا انجام خواهیم داد. تغییرات شدت میدان الکتریکی در نقاط بحرانی را به ازای تغییر پارامترهای مورد نظر به صورت نمودار رسم کرده و مورد بررسی قرار می‌دهیم. برای نمونه، نتایج حاصل از شبیه‌سازی برای مقادیر مختلف پارامتر ۲ در جدول (۲-۴) نشان داده شده و برای سایر پارامترها فقط نمودار مربوط به آنها نشان داده شده است.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۴-۵-۱- نتایج شبیه‌سازی بدون در نظر گرفتن حلقه کرونا:

استفاده از حلقه کرونا برای مقره‌های خطوط فشار قوی با سطح ولتاژ بالاتر از KV ۲۳۰ در سمت دارای ولتاژ و بنا به نیاز در دو سمت مقره ضروری به نظر می‌رسد. اما برای درک بهتر تاثیر پارامترهای پروفیل مقره در کنترل شدت میدان الکتریکی در نقاط بحرانی فوق‌الذکر ابتدا شبیه‌سازی را بدون در نظر گرفتن حلقه کرونا انجام می‌دهیم.

۱- تغییر شعاع لبه یراق فلزی (پارامتر r):

نتایج حاصل از شبیه‌سازی برای تغییر این پارامتر در جدول (۴-۲) نشان داده شده و به صورت نمودار در شکل (۴-۳) رسم شده است. مشاهده می‌شود که تغییر شعاع لبه یراق فلزی تنها بر شدت میدان الکتریکی روی خود لبه یراق (E_Crim) تاثیر می‌گذارد، به این صورت که افزایش r از مقدار ۳ mm به ۱۰ mm باعث کاهش شدت میدان روی لبه یراق فلزی تا حدود ۴۰٪ می‌شود. بنابراین، با توجه به اینکه در صورت عدم استفاده از حلقه کرونا، شدت میدان ماکزیمم بر روی لبه یراق فلزی رخ می‌دهد، لذا افزایش شعاع لبه یراق فلزی تا حد ممکن لازم است. امکانپذیر بودن افزایش r بستگی به تکنولوژی ساخت مقره دارد.

جدول (۴-۲): تغییر شدت میدان الکتریکی نقاط بحرانی به ازای افزایش شعاع لبه یراق

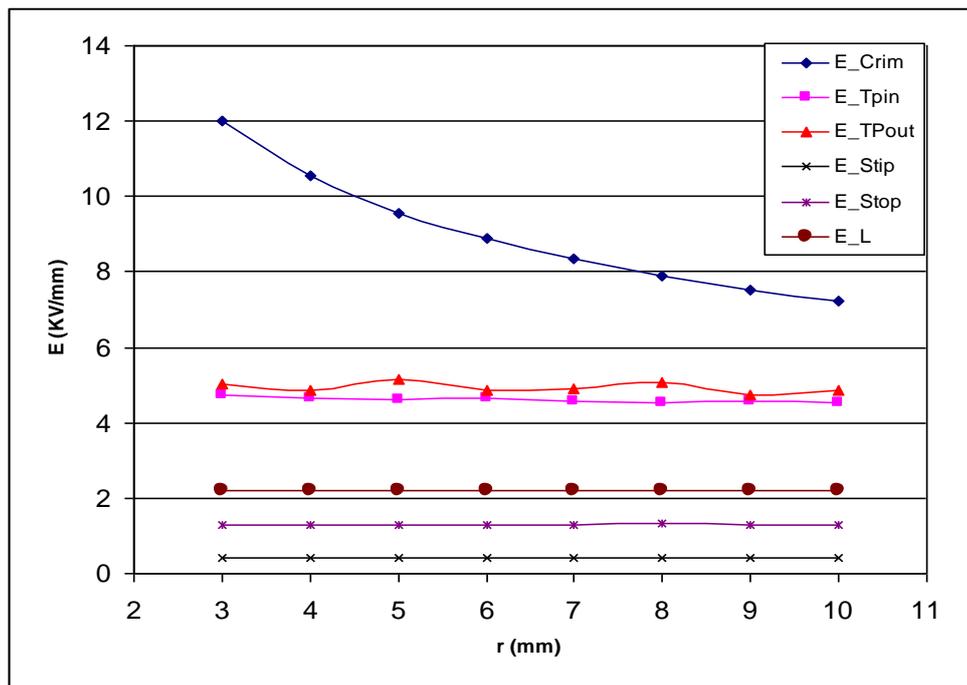
r (mm)	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
E_Crim (KV/mm)	۱/۰۲۴	۱/۵۶۶	/۵۴۳	/۸۷۶	/۳۵۳	۷/۹	/۵۱۲	/۲۳۷
)	۲	۰	۹	۸	۸		۷	۷

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

E_Tpin (KV/mm)	۴/۷۱۹	۴/۶۵۶	/۶۰۷ ۴	/۶۳۳ ۴	/۵۷۷ ۴	/۵۰۹ ۴	/۵۵۷ ۴	۴/۵۲
E_TPout (KV/mm)	۵/۰۴۳	۴/۸۶۱	/۱۴۵ ۵	۴/۸۶	/۸۹۴ ۴	/۰۵۵ ۵	/۷۵۲ ۴	/۸۴۶ ۴
E_Stip (KV/mm)	۰/۴۳۱	۰/۴۰۱	/۴۲۶ .	/۴۲۱ .	/۴۲۳ .	/۴۳۴ .	/۴۰۹ .	/۴۱۵ .
E_Stop (KV/mm)	۱/۲۹۲	۱/۳	/۳۰۵ ۱	/۲۹۳ ۱	/۲۹۶ ۱	/۳۱۱ ۱	/۳۰۳ ۱	/۲۹۸ ۱
E_L (KV/mm)	۲/۲۰۵	۲/۲۰۶	/۲۰۵ ۲	/۲۰۹ ۲	/۲۰۶ ۲	/۲۰۵ ۲	/۲۰۷ ۲	/۲۰۶ ۲

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



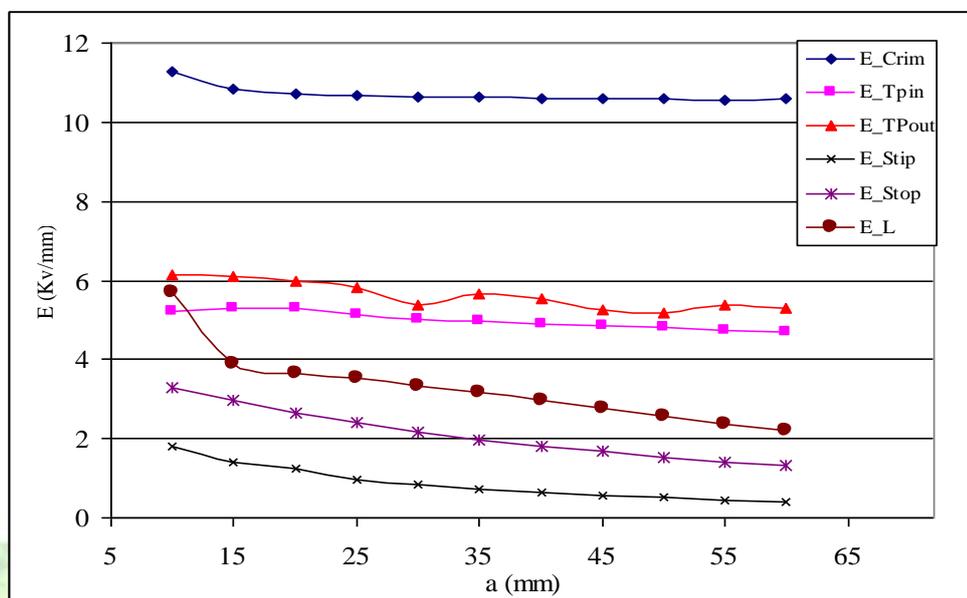
شکل (۳-۴): اثر تغییر شعاع لبه یراق فلزی (پارامتر r) بر شدت میدان الکتریکی نقاط بحرانی

۲- تغییر فاصله اولین چترک سمت فشار قوی با یراق فلزی (پارامتر a):

اثر تغییر پارامتر a بر شدت میدان الکتریکی در نقاط بحرانی در شکل (۴-۴) نشان داده شده است. تاثیر افزایش a بر شدت میدان الکتریکی روی لبه یراق فلزی (E_{Crim}) و قسمت زانویی یراق فلزی (E_{TP}) ناچیز است، درحالیکه با افزایش a از مقدار ۱۵ mm به ۶۰ mm شدت میدان بالای چترک اول (E_{Stop}) ۵۵٪، شدت میدان زیرچترک (E_L) ۴۳٪ و شدت میدان نوک چترک (E_{Stip}) ۷۰٪ کاهش می یابد. این کاهش به خاطر دور شدن چترک اول از یراق فلزی می باشد. کاهش شدید شدت میدان سطح زیر چترک (E_L) به ازای تغییر پارامتر a از مقدار $a=10$ به $a=15$ به خاطر این است که در $a=10$ سطح زیر چترک به لبه یراق فلزی نزدیک شده و حتی محل ماکزیمم شدت میدان زیر چترک با بقیه مقادیر a متفاوت است. به طور کلی، افزایش a برای کاهش شدت میدان روی چترک مطلوب به نظر می رسد، اما اثری بر شدت میدان الکتریکی نقطه زانویی یراق

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرمان سایت و به همراه فونت های لازم

فلزی (E_TP) که بحرانی ترین قسمت سطح مقبره است، نخواهد داشت.



شکل (۴-۴): اثر تغییر فاصله اولین چترک با یراق (پارامتر a) بر شدت میدان الکتریکی نقاط بحرانی

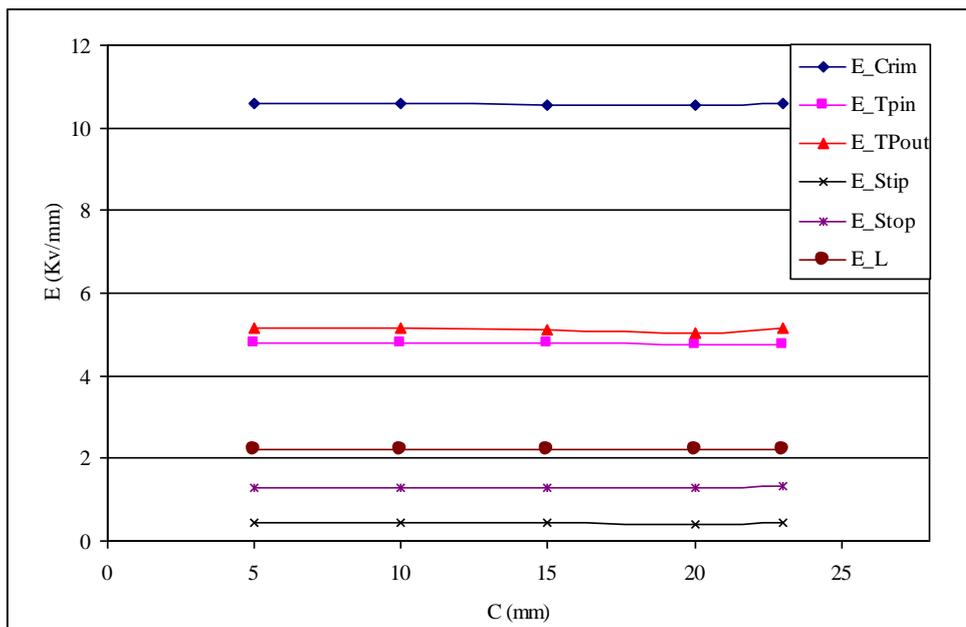
۳- تغییر فاصله بین دو چترک مجاور (پارامتر C):

همانطور که در شکل (۴-۵) نشان داده شده است، تغییر حداقل فاصله بین چترکهای مجاور

(پارامتر C) تاثیری بر شدت میدان الکتریکی در نقاط بحرانی معرفی شده ندارد. (در صورتیکه

فاصله

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل (۴-۵): اثر تغییر فاصله بین چترک‌ها (پارامتر C) بر شدت میدان الکتریک، نقاط بحرانی،

بین چترک‌ها از ۲۳ میلی‌متر بیشتر شود، با توجه به ثابت ماندن طول مقره و میزان برآمدگی چترک

(پارامتر P)، فاصله خزشی از محدوده مجاز کمتر خواهد شد.

WikiPower.ir

۴- تغییر میزان برآمدگی چترک (پارامتر P):

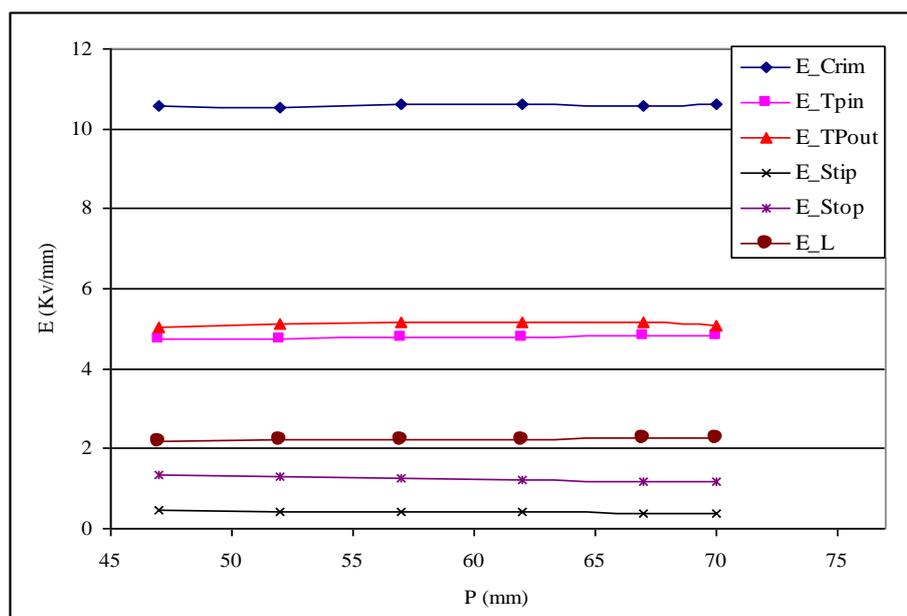
با توجه به شکل (۴-۶)، تغییر پارامتر P نیز مانند تغییر پارامتر C تاثیری بر شدت میدان

الکتریکی نقاط بحرانی روی مقره ندارد (در صورتیکه پارامتر P از ۴۷ میلی‌متر کمتر شود، با توجه

به ثابت ماندن طول مقره و فاصله بین چترک‌های مجاور (پارامتر C)، فاصله خزشی از محدوده مجاز

کمتر خواهد شد).

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل (۴-۶): اثر تغییر میزان برآمدگی چترک (پارامتر P) بر شدت میدان نقاط بحرانی (بدون

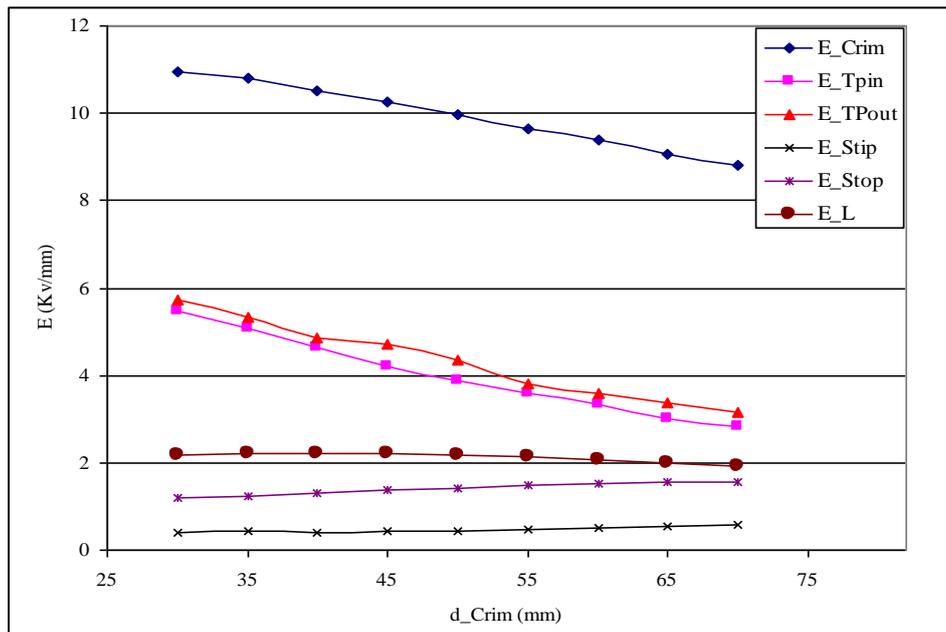
۵- تغییر شعاع خارجی یراق فلزی (d_Crim):

تاثیر افزایش شعاع خارجی یراق فلزی بر شدت میدان الکتریکی روی نقاط بحرانی چترک

اول ناچیز است، درحالیکه با افزایش d_Crim از ۳۰ mm تا ۷۰ mm، شدت میدان الکتریکی روی لبه

یراق

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل (۴-۷): اثر تغییر شعاع خارجی یراق (d_{Crim}) بر شدت میدان نقاط بحرانی (بدون

یراق فلزی (E_{Crim}) ۲۰٪ و قسمت زانویی یراق فلزی (E_{Tp}) ۴۸٪ کاهش می‌یابد. این تغییرات

در شکل (۴-۷) نشان داده شده است. با توجه به این که افزایش d_{Crim} شدت میدان بحرانی‌ترین

نقطه‌ها (E_{Crim} و E_{TP}) را کاهش می‌دهد، این افزایش مطلوب به نظر می‌رسد.

۴-۵-۲- نتایج شبیه‌سازی با در نظر گرفتن حلقه کرونا:

همانطور که در بخش ۴-۵-۱ گفته شد، استفاده از حلقه کرونا برای مقره‌های خطوط ۴۰۰

کیلوولت ضروری به نظر می‌رسد. ابعاد حلقه کرونا تاثیرات قابل ملاحظه‌ای در کنترل شدت میدان

الکتریکی نقاط بحرانی دارند. اکنون نتایج حاصل از شبیه‌سازی با در نظر گرفتن حلقه کرونا را

بررسی می‌کنیم.

۱- تغییر شعاع لبه یراق فلزی (پارامتر r):

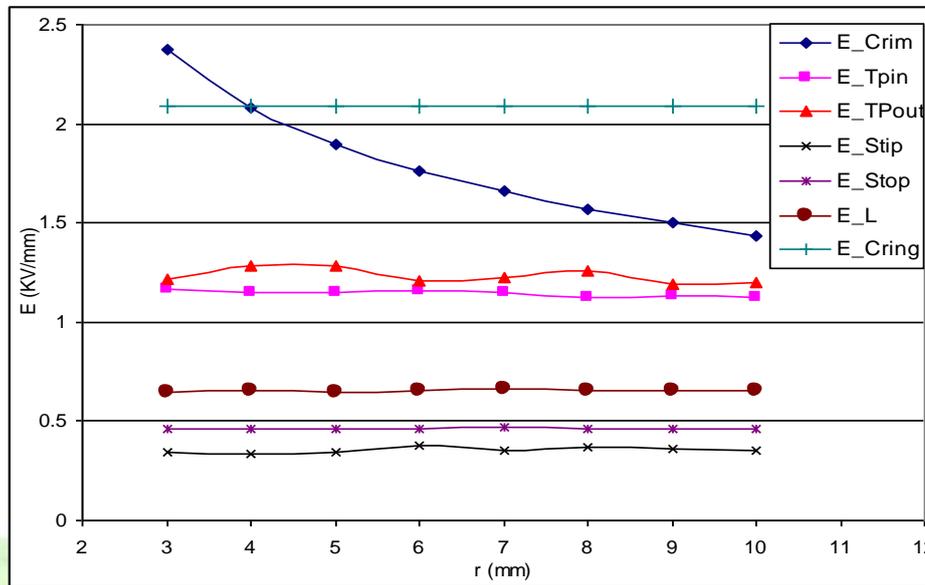
شکل (۴-۸) اثر تغییر شعاع لبه یراق فلزی (پارامتر r) بر شدت میدان الکتریکی نقاط بحرانی

را نشان می‌دهد. تغییر شعاع لبه یراق فلزی تنها بر شدت میدان الکتریکی روی خود لبه یراق تاثیر

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرمان سایت و به همراه فونت های لازمه

می‌گذارد، به این صورت که افزایش r از مقدار ۳ mm به ۱۰ mm باعث کاهش شدت میدان روی

لبه



شکل (۴-۸): اثر تغییر شعاع لبه یراق فلزی (پارامتر r) بر شدت میدان نقاط بحرانی (با وجود

یراق فلزی تا حدود ۴۰٪ می‌شود. بنابراین، افزایش شعاع لبه یراق فلزی تا حد ممکن لازم است.

امکانپذیری افزایش r بستگی به تکنولوژی ساخت مقبره دارد.

۲- تغییر فاصله اولین چترک سمت دارای ولتاژ با یراق فلزی (پارامتر a):

چنانچه در شکل (۴-۹) مشاهده می‌شود، با افزایش فاصله اولین چترک با یراق فلزی (پارامتر

a)، شدت میدان الکتریکی در نقطه زانویی یراق فلزی (E_{Tp}) تغییر قابل ملاحظه‌ای نخواهد داشت.

شدت میدان روی سطح حلقه کرونا نیز تغییری ندارد. با افزایش a از ۱۰ mm تا ۲۵ mm شدت

میدان

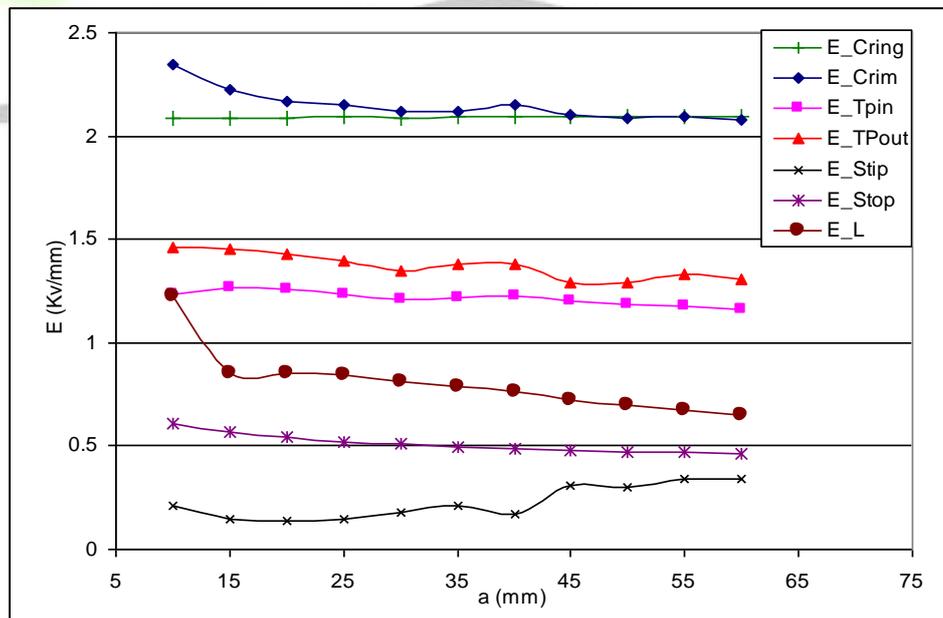
الکتریکی روی لبه یراق فلزی حدود ۸ درصد کاهش می‌یابد، اما با افزایش a از ۲۵ mm تا

۶۰، شدت میدان این نقطه تغییر چندانی ندارد. کاهش شدید شدت میدان سطح زیر چترک (E_L)

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

به ازای تغییر پارامتر a از مقدار $a=10$ به $a=15$ به خاطر این است که در $a=10$ سطح زیر چترک بیش از حد به لبه یراق فلزی نزدیک شده و این حالت برای چترک اول بسیار نامناسب است. در ادامه، افزایش a از 15mm به 60mm باعث کاهش شدت میدان الکتریکی سطح زیر چترک تا حدود 24% می‌شود.

شدت میدان الکتریکی سطح بالای چترک (E_{Stop}) نیز با افزایش a از 10mm تا 60mm حدود 24% کاهش می‌یابد. شدت میدان نوک چترک (E_{Stip}) با افزایش a از 10mm تا 60mm افزایش خواهد یافت، اما باز هم شدت میدان این نقطه از شدت میدان الکتریکی بالای چترک (E_{Stop}) کمتر است، بنابراین افزایش a برای کاهش شدت میدان روی چترک مطلوب به نظر می‌رسد، اما اثری بر شدت میدان الکتریکی نقطه زانویی یراق فلزی (E_{TP}) نخواهد داشت.



شکل (۴-۹): اثر تغییر فاصله اولین چترک با یراق (a) بر شدت میدان نقاط بحرانی (با وجود حلقه

۳- تغییر فاصله بین دو چترک مجاور (پارامتر C):

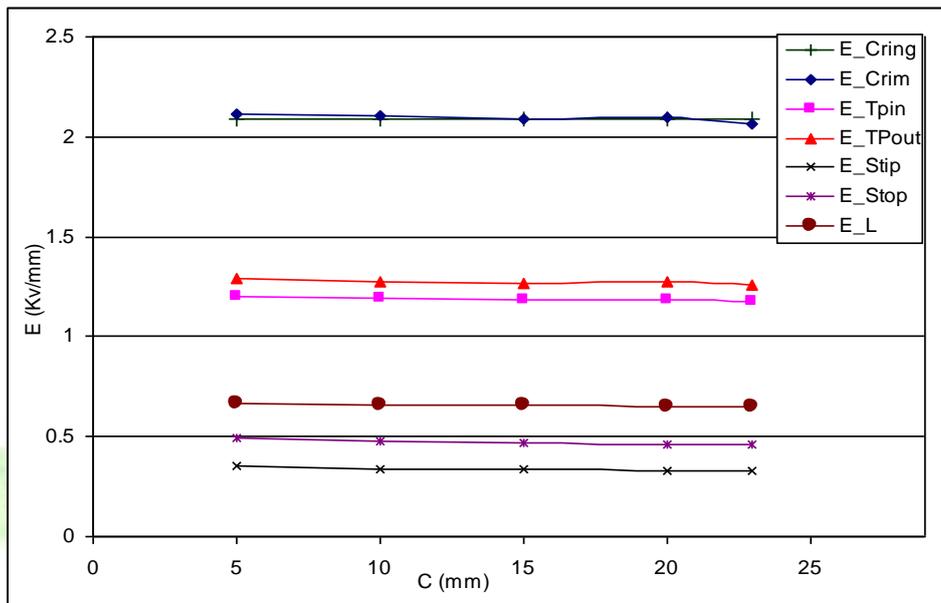
همانطور که در شکل (۴-۱۰) نشان داده شده است، تغییر حداقل فاصله بین چترک‌های مجاور

(پارامتر C) تاثیری بر شدت میدان الکتریکی در نقاط بحرانی معرفی شده ندارد (در صورتیکه

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

پارامتر P از ۴۷ میلیمتر کمتر شود، با توجه به ثابت ماندن طول مقره و فاصله چترکهای

مجاور (پارامتر C) فاصله



شکل (۴-۱۰): اثر تغییر فاصله بین چترک‌ها (پارامتر C) بر شدت میدان نقاط بحرانی (با وجود

خزشی از محدوده مجاز کمتر خواهد شد.)

۴- تغییر میزان برآمدگی چترک (پارامتر P):

همانطور که در شکل (۴-۱۱) دیده می‌شود، تغییر میزان برآمدگی چترک (پارامتر P) نیز

مانند تغییر فاصله چترک‌ها از یکدیگر (پارامتر C) تاثیری بر شدت میدان الکتریکی نقاط بحرانی

روی مقره ندارد (در صورتیکه پارامتر P از ۴۷ میلیمتر کمتر شود، با توجه به ثابت ماندن طول مقره

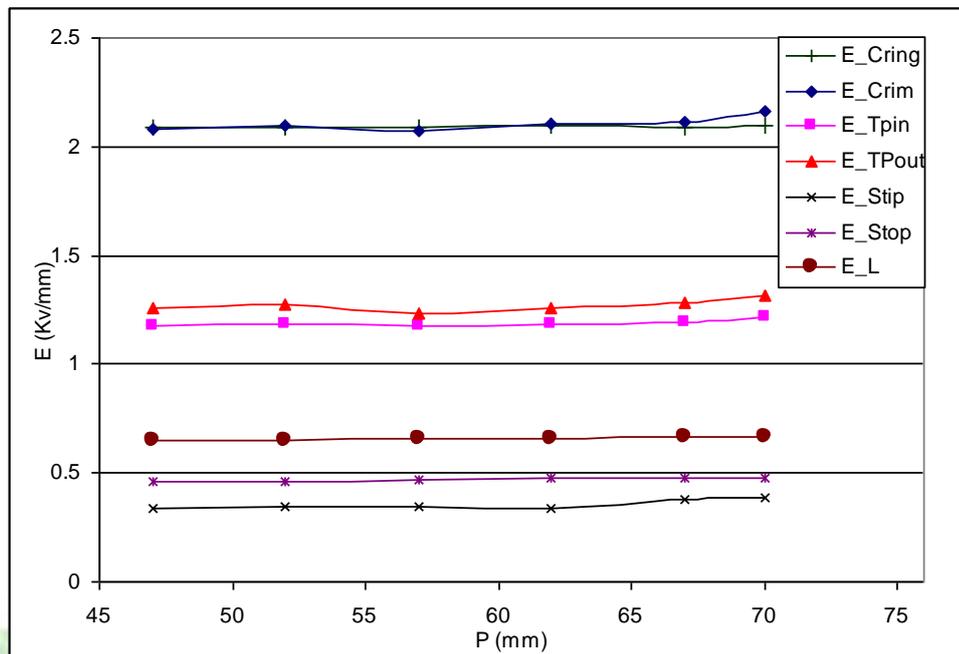
و فاصله بین چترکهای مجاور (پارامتر C)، فاصله خزشی از محدوده مجاز کمتر خواهد شد). همانطور

که در بخش ۴-۵-۱ دیده شد، این وضعیت برای مقره بدون حلقه کرونا نیز وجود داشت. بنابراین

افزایش دو پارامتر P و C برای افزایش فاصله خزشی از نظر شدت میدان الکتریکی مشکلی ایجاد

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه

نخواهد کرد.



شکل (۴-۱۱): اثر تغیر میزان د آمدگ . حت تک (P) د شدت میدان الکتریکی نقاط بحرانی (با

۵- تغییر شعاع خارجی یراق فلزی (پارامتر d_Crim):

تأثیر افزایش شعاع خارجی یراق فلزی بر شدت میدان الکتریکی روی نقاط بحرانی چترک

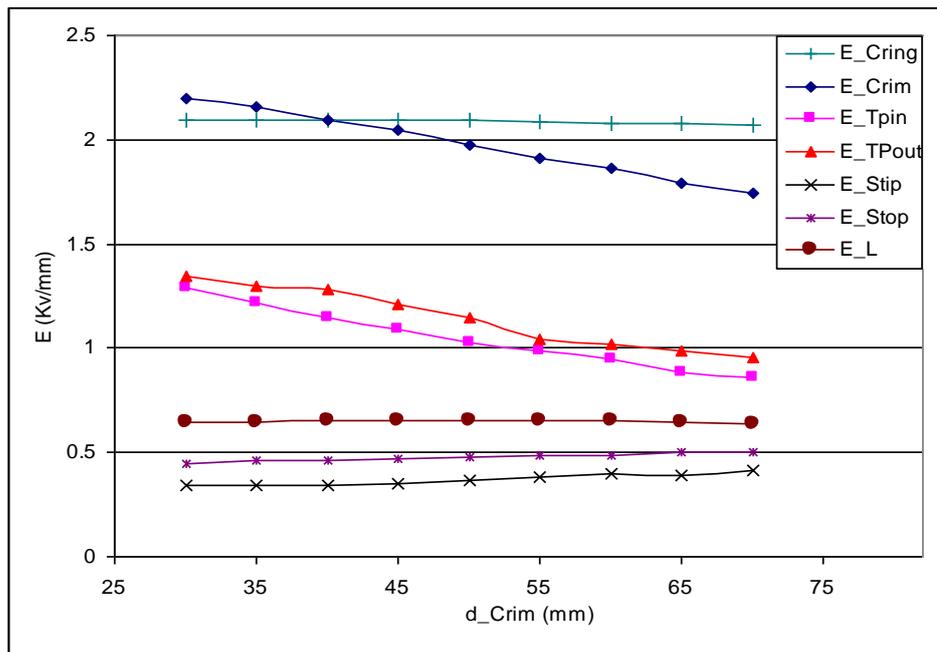
اول ناچیز است، درحالیکه با افزایش d_Crim از ۳۰ mm تا ۷۰ mm، شدت میدان الکتریکی روی

لبه یراق فلزی (E_Crim) ۲۰٪ و در قسمت زانویی یراق فلزی (E_Tp) ۳۳٪ کاهش می‌یابد. بنابراین

افزایش این پارامتر تا جای ممکن مطلوب می‌باشد. این تغییرات در شکل (۴-۱۲) نشان داده شده

است.

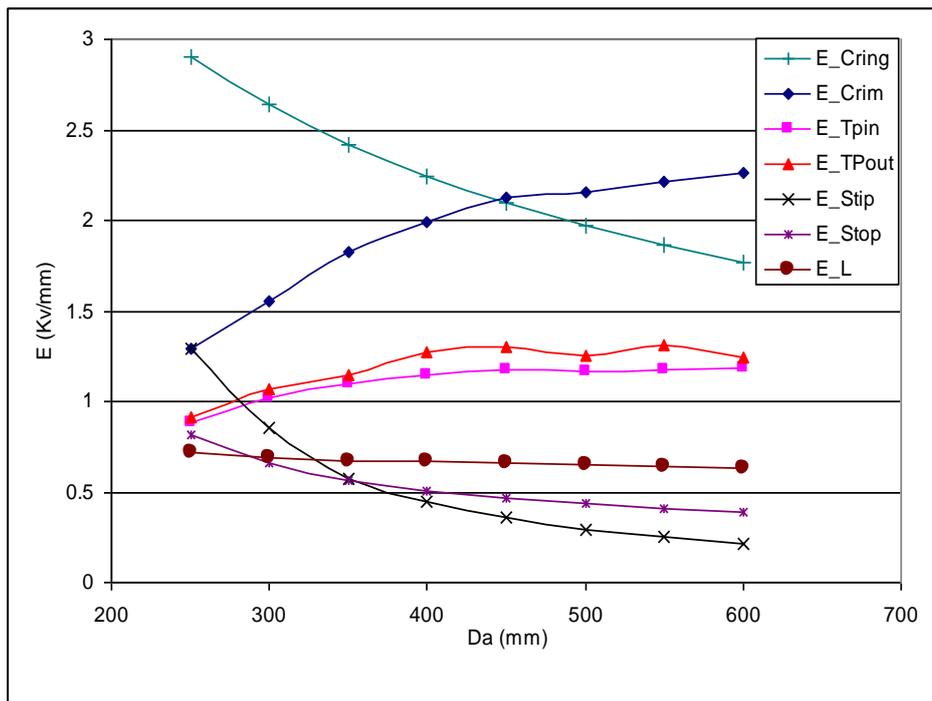
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



۶- تغییر قطر حلقه کرونا (پارامتر Da):

با توجه به شکل (۴-۱۳) دیده می‌شود که افزایش قطر حلقه کرونا (Da)، تاثیر قابل ملاحظه‌ای بر شدت میدان الکتریکی در همه نقاط بحرانی، به جز سطح زیر چترک (E_L)، دارد. با افزایش Da از ۲۵۰ mm تا ۶۰۰ mm، شدت میدان الکتریکی روی حلقه کرونا (E_Cing) ۳۹٪ و در نوک چترک اول (E_Stip) ۸۳٪ و در سطح بالای چترک (E_Stop) ۵۲٪ کاهش می‌یابد. کاهش میدان در این نقاط بسیار مطلوب است، اما شدت میدان الکتریکی روی لبه یراق فلزی (E_Crim) ۷۵٪ و در نقطه زانویی یراق فلزی (E_Tp) ۳۳٪ افزایش می‌یابد، بنابراین برای افزایش Da باید سایر پارامترها را چنان تنظیم کرد که شدت میدان این نقاط کنترل گردد (به عنوان مثال افزایش d_Crim).

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل (۴-۱۳) بر شدت میدان الکتریکی نقاط بحرانی

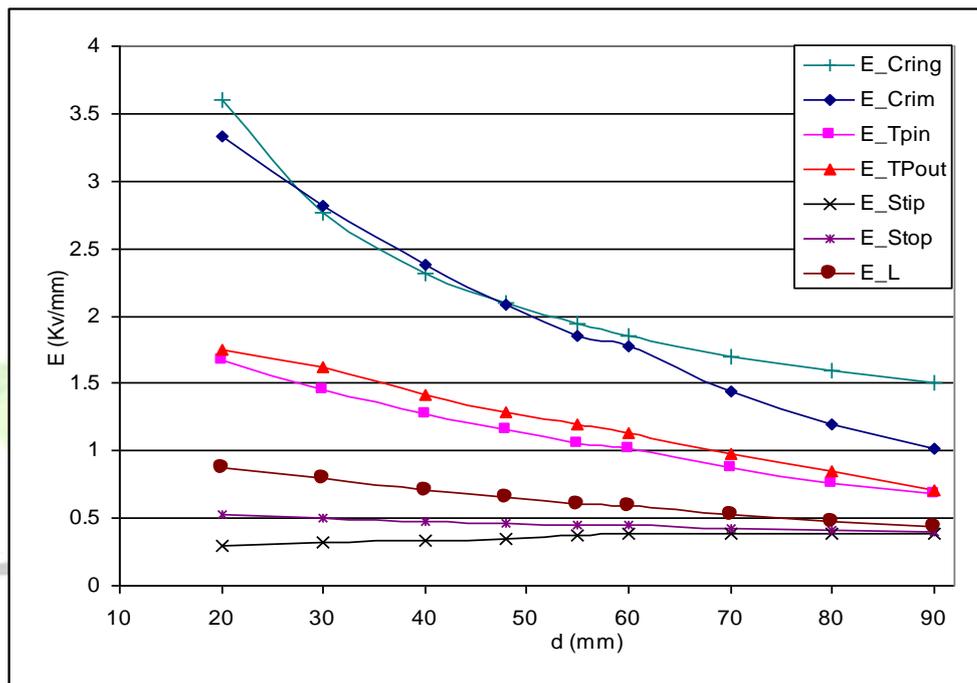
۷- تغییر قطر چنبره حلقه کرونا (پارامتر d):

همانطور که در شکل (۴-۱۴) دیده می‌شود، موثرترین پارامتر در کنترل شدت میدان الکتریکی در نقاط بحرانی معرفی شده، قطر چنبره حلقه کرونا می‌باشد، به طوری که با افزایش قطر چنبره حلقه کرونا از ۲۰ mm تا ۹۰ mm، شدت میدان الکتریکی روی حلقه کرونا (E_{Cring}) ۵۸٪ و روی لبه یراق فلزی (E_{Crim}) ۶۹٪ و در نقطه زانویی یراق فلزی (E_{Tp}) ۵۹٪ و بر سطح زیر چترک (E_L) ۵۰٪ کاهش می‌یابد.

مشاهده می‌شود که با افزایش قطر چنبره حلقه کرونا شدت میدان الکتریکی در چهار نقطه بحرانی که بیشترین شدت میدان الکتریکی را دارند (E_{Cring} , E_{Crim} , E_{Tpin} , E_{Tpout})، شدیداً کاهش می‌یابد و این بسیار مطلوب می‌باشد. بنابراین افزایش قطر چنبره حلقه کرونا، تا جایی که امکانپذیر باشد، مناسب‌ترین روش برای کنترل شدت میدان الکتریکی نقاط بحرانی می‌باشد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازم

افزایش قطر حلقه و قطر چنبره به خاطر محدودیت شعاع خمش حلقه در هنگام طراحی و ساخت محدودیت دارد. این محدودیت به این صورت بیان می‌شود که نسبت قطر حلقه به قطر چنبره (Da/d) باید بین ۱۰-۸ باشد.



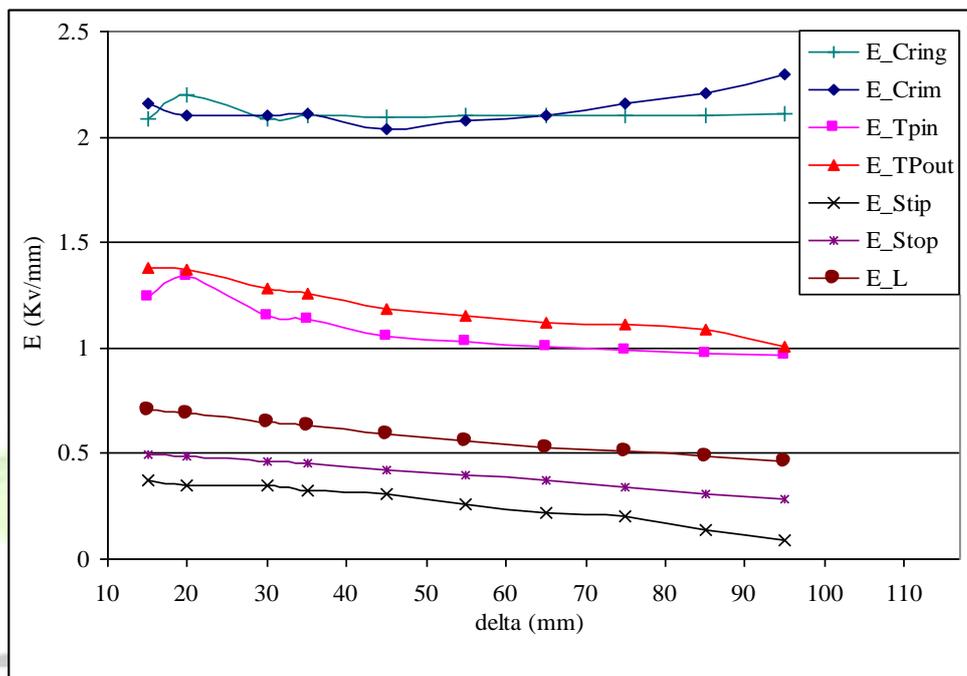
شکل (۴-۱۴): اثر تغییر قطر چنبره حلقه کرونا (d) بر شدت میدان الکتریکی نقاط

۸- تغییر ارتفاع حلقه کرونا نسبت به لبه یراق فلزی (پارامتر delta):

همانطور که در شکل (۴-۱۵) نشان داده شده است، افزایش ارتفاع حلقه کرونا نسبت به لبه یراق فلزی (delta) شدت میدان الکتریکی روی همه نقاط بحرانی معرفی شده که بر روی سطح مقبره قرار دارند را کاهش می‌دهد. به طوری که با افزایش این ارتفاع، شدت میدان الکتریکی در نقطه زانویی یراق فلزی (E_Tp) حدود ۲۷٪ و در نوک چترک اول (E_Stip) ۷۵٪ و بر سطح زیر چترک (E_L) ۳۵٪ و در سطح بالای چترک (E_Stop) ۴۳٪ کاهش می‌یابد. اما با افزایش ارتفاع

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

حلقه کرونا، باید دقت داشت که شدت میدان الکتریکی روی سایر چترکها چه تغییری خواهد داشت.



شکل (۴-۱۵): اثر تغییر ارتفاع حلقه کرونا (delta) بر شدت میدان الکتریکی نقاط

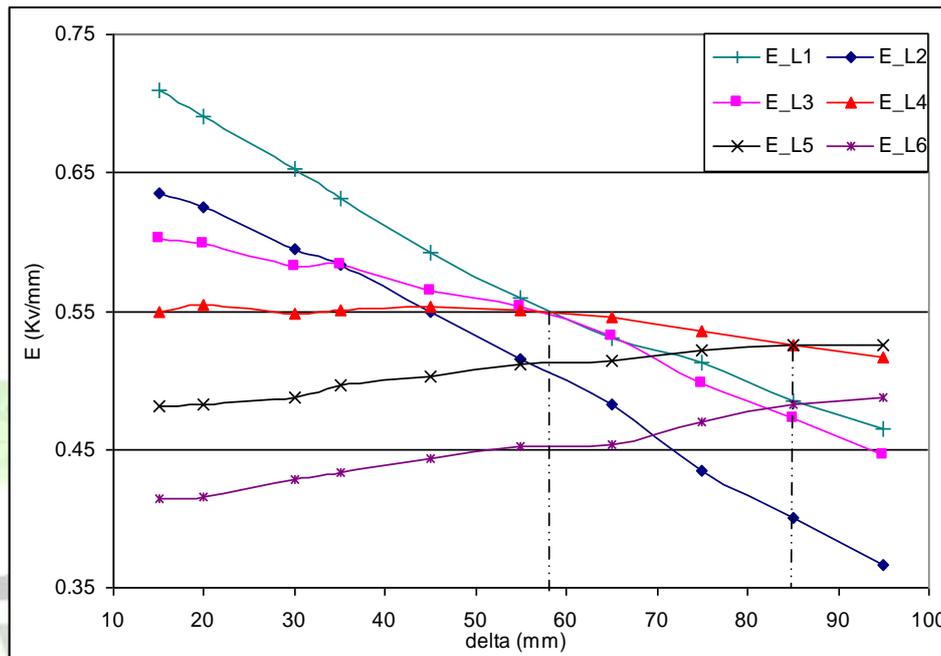
شکل‌های (۴-۱۶) و (۴-۱۷) به ترتیب شدت میدان الکتریکی سطح زیر و بالای چترک‌های

اول تا ششم را به ازای افزایش ارتفاع حلقه کرونا نشان می‌دهد. در این شکلها E_{Ln} شدت میدان الکتریکی سطح زیر چترک شماره n و E_{Stopn} شدت میدان الکتریکی سطح بالای چترک شماره n (از سمت فشار قوی) می‌باشد.

همانطور که گفته شد، با افزایش ارتفاع حلقه کرونا شدت میدان الکتریکی روی چترک اول (E_{L1} و E_{Stop1}) کاهش خواهد یافت. این موضوع برای چترک‌های دوم و سوم (E_{L2} و E_{L3} و E_{Stop2}) و E_{L4} و E_{Stop3}) نیز صادق است. اما کاهش شدت میدان الکتریکی سطح زیر چترک چهارم (E_{L4})

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

بسیار کم است و شدت میدان الکتریکی سطح بالای این چترک (E_Stop4) با افزایش ارتفاع حلقه کرونا، افزایش می‌یابد. همچنین شدت میدان الکتریکی روی چترک پنجم و ششم (E_Stop5 و E_Stop6 و E_L5 و E_L6) افزایش خواهد یافت.



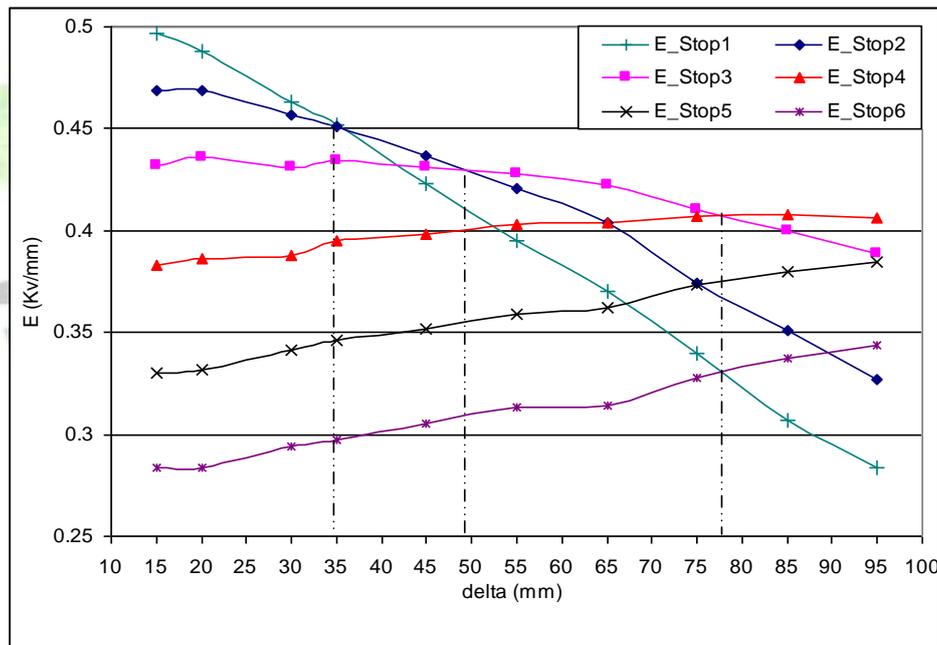
شکل (۴-۱۶): اثر تغییر ارتفاع حلقه کرونا (delta) بر شدت میدان سطح زیر

همانطور که در شکل (۴-۱۶) دیده می‌شود، در صورتیکه مقادیر تمام پارامترها (به جز delta) مطابق با جدول باشد، آنگاه به ازای $15 \text{ mm} \leq \text{delta} \leq 58 \text{ mm}$ ، شدت میدان الکتریکی سطح زیر چترک اول (E_L1) از بقیه چترک‌ها بیشتر است، اما به ازای $58 \text{ mm} \leq \text{delta} \leq 85 \text{ mm}$ ، شدت میدان الکتریکی سطح زیر چترک چهارم (E_L4) و به ازای $85 \text{ mm} \leq \text{delta} \leq 95 \text{ mm}$ ، شدت میدان الکتریکی سطح زیر چترک پنجم (E_L5)، بیشترین E_L را در بین این شش چترک خواهند داشت و این بدین معنی است که با افزایش ارتفاع حلقه کرونا، ممکن است شدت میدان الکتریکی

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه

روی چترک‌های بعدی بیشتر از چترک اول باشد.

به همین صورت اگر شکل (۴-۱۷) را در نظر بگیریم، می‌بینیم که به ازای $\delta \leq 35$ mm، شدت میدان الکتریکی سطح بالای چترک اول (E_{Stop1}) از بقیه چترک‌ها بیشتر است. اما به ازای $35 \text{ mm} \leq \delta \leq 50$ mm، شدت میدان الکتریکی سطح بالای چترک دوم (E_{Stop2}) و به ازای $50 \text{ mm} \leq \delta \leq 78$ mm، شدت میدان الکتریکی سطح بالای چترک سوم (E_{Stop3}) و به ازای $78 \text{ mm} \leq \delta \leq 95$ mm، شدت میدان الکتریکی سطح بالای چترک چهارم (E_{Stop4}) نسبت به سایر چترک‌ها بیشتر خواهد بود.



شکل (۴-۱۷): اثر تغییر ارتفاع حلقه کرونا (δ) بر شدت میدان سطح بالای چترک -

بنابراین برای کنترل شدت میدان الکتریکی روی سطح مقره و بهینه‌سازی ابعاد حلقه کرونا، خصوصاً ارتفاع این حلقه (δ)، نباید فقط شدت میدان الکتریکی روی چترک اول مورد توجه قرار گیرد. چون با افزایش ارتفاع ممکن است چترک‌های دیگر تنش الکتریکی بیشتری را نسبت

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

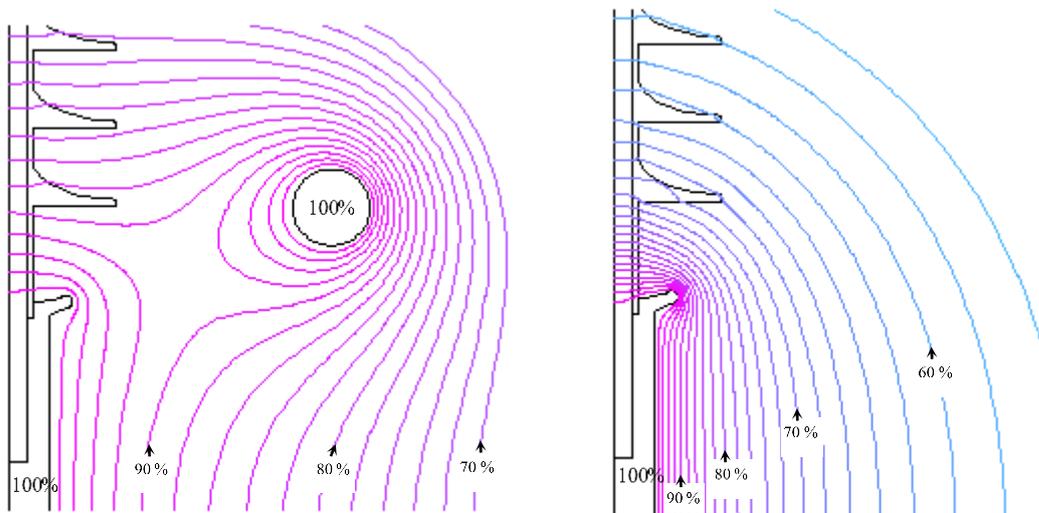
به چترک اول متحمل شوند. در ضمن با افزایش ارتفاع حلقه کرونا فاصله جرقه کاهش خواهد یافت، بنابراین باید محدودیت افزایش ارتفاع مد نظر قرار گیرد.

۳-۵-۴- مقایسه نتایج حاصل از شبیه‌سازی مقره با و بدون حلقه کرونا:

از مقایسه نتایج شبیه‌سازی با در نظر گرفتن حلقه کرونا و بدون حلقه کرونا دیده می‌شود که استفاده از این حلقه در کنترل شدت میدان الکتریکی نقاط بحرانی تاثیر قابل ملاحظه‌ای دارد. برای مقادیر نرمال پارامترهای مقره (مطابق با جدول (۴-۱))، در صورتی که از یک حلقه کرونا با ابعاد نرمال (مطابق با جدول (۴-۱)) استفاده شود، شدت میدان الکتریکی روی لبه یراق فلزی (E_Crim) حدود ۸۰٪، شدت میدان نقطه زانویی یراق فلزی (E_Tpin و E_Tpout) حدود ۷۰٪ تا ۷۵٪، شدت میدان سطح بالای چترک اول (E_Stop) حدود ۶۵٪ و شدت میدان سطح زیر چترک اول (E_L) حدود ۷۰٪ کاهش می‌یابد. این میزان کاهش شدت میدان الکتریکی در نقاط بحرانی اهمیت استفاده از حلقه کرونا را مشخص می‌کند.

شکل (۴-۱۸) تاثیر استفاده از حلقه کرونا را در کاهش تراکم خطوط همپتانسیل و در نتیجه کاهش تنش الکتریکی مقره نشان می‌دهد. در این شکل اختلاف بین خطوط همپتانسیل برابر ۲٪ از کل ولتاژ اعمالی به مقره می‌باشد. با توجه به این شکل، در صورت استفاده از حلقه کرونا تراکم خطوط همپتانسیل روی سطح مقره و یراق فلزی شدیداً کاهش می‌یابد. بنابراین شدت میدان الکتریکی نیز که با گرادیان ولتاژ نسبت مستقیم دارد، کاهش خواهد یافت.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل (۴-۱۸): مقایسه تنش الکتریکی مقره با و بدون حلقه کرونا

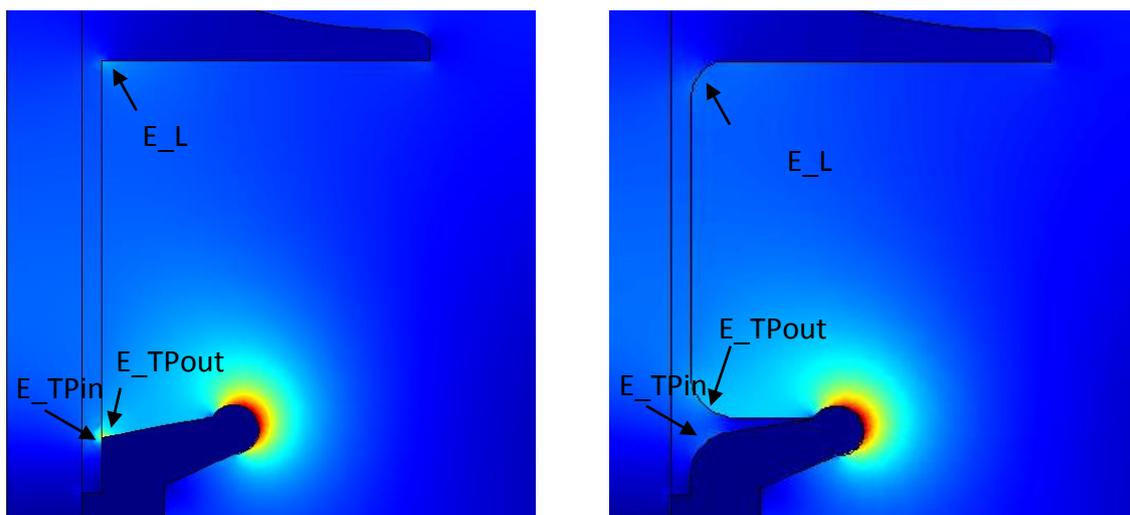
(اختلاف پهنای حلقه کرونا نسبت به مقره ۱/۲ تا ۱/۳ است)

۴-۵-۴- کنترل شدت میدان در بحرانی‌ترین نقاط روی سطح مقره (E_L و E_TP):

همانطور که در شکلهای (۴-۳) تا (۴-۱۶) دیده می‌شود، نقطه زانویی یراق فلزی و سطح زیر چترک بحرانی‌ترین نقاط روی سطح مقره هستند و بیشترین شدت میدان الکتریکی روی سطح مقره در این نقاط ایجاد می‌شود (E_L و E_TP). بنابراین، به نظر می‌رسد که برای کنترل شدت میدان الکتریکی این نقاط روش دیگری نیز لازم باشد.

برای کاهش شدت میدان الکتریکی در نقطه زانویی یراق فلزی می‌توان مانند شکل (۴-۱۹) لبه تیز ایجاد شده در این قسمت را از بین برد و فاصله‌ای را که در اثر این کار به وجود می‌آید، توسط لایه سیلیکونی پر کرد. نتایج حاصل از شبیه‌سازی نشان می‌دهد که با انجام این کار، بسته به دیگر پارامترهای پروفیل مقره و ابعاد حلقه کرونا، مقدار E_TPout حدود ۴۰-۵۰ درصد و E_TPin حدود ۶۰-۵۰ درصد کاهش خواهد یافت.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر سایت و به همراه فونت های لازم



شکل (۴-۱۹): سمت چپ: حالت عادی مقمره سمت راست: تغییرات ایجاد شده

با کاهش شدت میدان الکتریکی در نقاط بحرانی سطح مقمره (E_{TP} - E_L)

همچنین تغییر سطح زیر چترک مطابق این شکل (۴-۱۹) مقدار E_L را تا حدود ۳۰ درصد

کاهش می‌دهد. مشاهده می‌شود که ایجاد این تغییرات در طرح مقمره تاثیر قابل ملاحظه‌ای در

کنترل شدت میدان الکتریکی در این نقاط خواهد داشت. این کار جدا از تغییر پارامترهای معرفی

شده و ابعاد حلقه کرونا صورت می‌پذیرد و این بدین معنی است که می‌توان کلیه منحنی‌های مربوط

به شدت میدان الکتریکی در این نقاط (E_{Tpin} و E_{Tpin}) را که در شکل‌های (۴-۳) تا (۴-۱۶)

رسم شده است به اندازه درصدی که با این روش کاهش می‌یابد، به پایین‌تر منتقل کرد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

نتیجه گیری:

گسترش سریع شبکه‌های برق و ضرورت کاهش میزان قطع سرویس ناشی از خطاهای ایجاد شده در خطوط انتقال به خاطر عملکرد نامناسب زنجیره مقره‌های سرامیکی و شیشه‌ای در برابر شرایط سخت محیطی و تجربیات کاهش خطاهای خطوط فشارقوی پس از جایگزینی مقره‌های کامپوزیتی بجای مقره‌های بشقابی در سایر نقاط جهان، نیاز به طراحی و ساخت مقره‌های کامپوزیتی در رده‌های مختلف ولتاژ را بیش از پیش آشکار می‌سازد. در کشور ما نیز طراحی و ساخت مقره‌های کامپوزیتی با توجه به وجود مناطقی با میزان آلودگی سنگین و فوق سنگین (مانند استان هرمزگان) و نیاز به تعویض مقره‌های سرامیکی و شیشه‌ای با مقره‌های کامپوزیتی، اهمیت خاصی پیدا کرده است.

همانطور که در این پروژه مطرح گردید، برای افزایش طول عمر مقره‌های کامپوزیتی باید علاوه بر کیفیت مواد پلیمری استفاده شده در ساخت مقره، شدت میدان‌های الکتریکی روی مقره، در مرحله طراحی و ساخت آن مورد توجه قرار گیرد. از آنجا که مقره‌های خطوط فشارقوی بالای 230KV نیاز به حلقه کرونا دارند و این حلقه کرونا باید توسط سازنده مقره طراحی و ساخته شود، لذا باید تاثیر ابعاد این حلقه، شامل ارتفاع آن از یراق فلزی مقره، قطر خارجی و قطر چنبره آن در کنترل شدت میدان الکتریکی در زمان ساخت مقره بررسی گردد. همچنین تاثیر پارامترهای پروفیل مقره مانند میزان برآمدگی چترک، فاصله چترک‌ها از یکدیگر و شکل یراق فلزی در کنترل شدت میدان باید بررسی شود.

در این پروژه شبیه‌سازی مقره ابتدا بدون حلقه کرونا و سپس با در نظر گرفتن حلقه کرونا برای حالت‌های مختلف مقره از نظر پارامترهای پروفیل مقره و ابعاد حلقه انجام شد. همانطور که

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

دیده شد، عدم استفاده از حلقه کرونا باعث تراکم شدید خطوط همپتانسیل در داخل، روی سطح و اطراف مقبره و در نتیجه ایجاد شدت میدان الکتریکی بسیار بالا در این نقاط خواهد شد. نهایتاً، مقایسه شدت میدان الکتریکی اطراف مقبره با و بدون این حلقه اهمیت استفاده از این تجهیز را برای مقبره‌های فشارقوی نشان داد. در مرحله شبیه‌سازی، شدت میدان الکتریکی در بحرانی‌ترین قسمت‌های مقبره مورد توجه قرار گرفت و تاثیر پارامترهای پروفیل مقبره و ابعاد حلقه کرونا در کاهش شدت میدان الکتریکی این نقاط بحرانی به صورت نمودار نشان داده شد. به طور کلی به این نتیجه رسیدیم که بعضی از پارامترهای پروفیل مقبره مانند میزان برآمدگی چترک‌ها (P) و فاصله چترک‌ها از یکدیگر (C)، تاثیری بر شدت میدان الکتریکی نقاط بحرانی مقبره ندارند، بنابراین تغییر این دو پارامتر به منظور افزایش فاصله خزشی مقبره، مشکلی از نظر افزایش شدت میدان الکتریکی نقاط بحرانی ندارد. اما سایر پارامترهای پروفیل مقبره (فاصله اولین چترک با یراق فلزی (a)، شعاع لبه یراق فلزی (r) و شعاع خارجی یراق فلزی (d_Crim)) هر کدام تاثیر محسوسی بر شدت میدان الکتریکی در بعضی از نقاط بحرانی دارند و باید در طراحی مقبره مورد توجه قرار گیرند. به عنوان مثال افزایش شعاع لبه یراق فلزی، باعث کاهش شدت میدان الکتریکی روی لبه یراق می‌گردد و تاثیری در شدت میدان سایر نقاط بحرانی ندارد. همچنین افزایش شعاع خارجی یراق فلزی، تنها منجر به کاهش شدت میدان الکتریکی روی لبه و نقطه زانویی یراق خواهد شد. افزایش فاصله اولین چترک با یراق (a) نیز باعث کاهش شدت میدان الکتریکی بحرانی‌ترین نقطه روی چترک (E_L) خواهد شد.

پارامترهای مربوط به ابعاد حلقه کرونا نسبت به پارامترهای پروفیل مقبره تاثیر بیشتری بر شدت میدان نقاط بحرانی مقبره دارند و از بین این پارامترها، قطر چنبره حلقه کرونا بیشترین تاثیر را دارد. بنابراین، بهترین پارامتری که برای کنترل شدت میدان الکتریکی روی مقبره می‌تواند مورد

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

توجه قرار گیرد، قطر چنبره کرونا می‌باشد. در مورد تغییر ارتفاع حلقه کرونا دیده شد که با افزایش این ارتفاع علاوه بر شدت میدان الکتریکی چترک اول باید شدت میدان روی چترکهای دیگر نیز مورد توجه قرار گیرد، زیرا با افزایش ارتفاع حلقه ممکن است چترک‌های دیگر تنش الکتریکی بیشتری نسبت به چترک اول متحمل شوند، این موضوع به سایر پارامترهای پروفیل مقره و ابعاد حلقه نیز بستگی دارد.

به طور کلی به اهمیت پارامترهای پروفیل مقره و ابعاد حلقه کرونا در کنترل شدت میدان الکتریکی اشاره شد. اما باید به این موضوع نیز توجه داشت که برای تغییر پارامترهای مورد نظر در مرحله طراحی و ساخت مقره باید محدودیت‌های تغییر این پارامترها مد نظر قرار گیرد. میزان این محدودیت‌ها به تکنولوژی ساخت مقره و حلقه کرونا بستگی دارد. به عنوان مثال برای ساخت حلقه کرونا، به خاطر محدودیت شعاع خمش حلقه، نسبت قطر حلقه کرونا به شعاع چنبره (Da/d) باید بین ۱۰-۸ باشد. در ضمن محدودیت افزایش ارتفاع حلقه کرونا به خاطر کاهش فاصله جرقه باید مورد توجه قرار گیرد. همچنین نسبت S/P که برای خاصیت خودپالایندگی مقره اهمیت دارد، باید از ۰/۶۵ بزرگتر باشد تا مقره دارای عملکرد مناسبی در شرایط آلودگی باشد (S عبارت است از فاصله عمودی بین دو نقطه مشابه در دو چترک متوالی هم قطر).

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

پیشنهادات:

با توجه به شبیه‌سازی‌های این پروژه دیده می‌شود که با تغییر پارامترهای مورد نظر می‌توان شدت میدان الکتریکی روی مقره‌های کامپوزیتی را به طور کاملاً محسوسی تعدیل کرد. همانطور که گفته شد، میزان برآمدگی چترک‌ها (P) و فاصله آنها از یکدیگر (C) تاثیری در شدت میدان این نقاط نداشت. بنابراین با صرف نظر از این دو پارامتر، می‌توان شدت میدان الکتریکی نقاط بحرانی را به صورت تابعی بر حسب سایر پارامترها به صورت زیر در نظر گرفت:

$$E = f(Da, d, \delta, d_{Crim}, r, a)$$

در این پروژه برای مرحله شبیه‌سازی، تغییر یک پارامتر با ثابت در نظر گرفتن سایر پارامترها در مقدار نرمال انجام شد. اما طبق رابطه بالا شدت میدان تابعی از همه پارامترهای مذکور می‌باشد. بنابراین احتیاج به یک برنامه‌نویسی به منظور بهینه‌سازی ابعاد حلقه کرونا و پارامترهای پروفیل مقره، با در نظر گرفتن محدودیت‌های موجود برای هر پارامتر، می‌باشد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

منابع:

- [۱]- پوررفیع عربانی، م. اسلامزاده، پ. دیدگاه‌های مهندسی در طراحی خطوط انتقال انرژی، چاپ اول، مرکز نشر دانشگاهی امیرکبیر، پائیز ۱۳۷۷
- [۲]- جوادی، ح. اصول مهندسی فشارقوی ، چاپ اول، انتشارات دانشگاه صنعت آب و برق (شهید عباسپور)، ۱۳۸۳
- [۳]- شریعتی، م. ر. وفاکیش، م. س. محمدی، د. اسکویی، م. گرامیان، م. ج. "طراحی الکتریکی و ساخت مقره کامپوزیتی رده KV ۲۳۰" ، نشریه علمی برق ، شماره ۳۶، سال ۱۳۸۱
- [۴]- طبسی، م. آبروش، ح. "بررسی و مقایسه عملکرد انواع مقره‌های کامپوزیتی" ، چهارمین سمینار تخصصی مقره‌ها (سیگره ایران)
- [۵]- قانع‌ارسی، ص. مشتاقیان، ن. "بررسی مزایای فنی - اقتصادی استفاده از مقره‌ها و پوشینگ‌های سیلیکونی به جای موارد چینی در شبکه‌های انتقال و توزیع" ، چهارمین سمینار تخصصی مقره‌ها (سیگره ایران)
- [۶]- قلی محمدی، م. تکنولوژی فشارقوی الکتریکی ، چاپ اول، انتشارات فرهنگ، ۱۳۶۳
- [۷]- محسنی، ح. مبانی مهندسی فشار قوی الکتریکی، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ ۱۳۷۷
- [۸]- محسنی، ح. روغنیان جهرمی، ح. "تجربیات بهره‌برداری از مقره‌ها در مناطق آلوده ساحلی استان بوشهر" ، چهارمین سمینار تخصصی مقره‌ها (سیگره ایران)
- [۹]- نادریان جهرمی، ع. صنایع‌پسند، م. محسنی، ح. "طراحی حلقه کروناي مقره‌های پلیمری فشارقوی بر اساس شبیه سازی شدت میدان الکتریکی"