دانشگاه زنجان

دانشکده مهندسی

گروه برق

پایان نامه کارشناسی

گرایش : الکترونیک

عنوان : بررسی پدیده کرونا و مدلسازی آن

استاد راهنما : جناب آقای دکتر سعید جلیل زاده

نگارش : زهرا تقی خانی

تیر ۱۳۹۰

قدردانی :

از راهنمایی های ارزنده استاد بزرگوارم جناب آقای دکتر جلیل زاده در اجرای این تحقیق سپاسگزارم .

چکیده مطالب :

پدیده کرونا بین دو الکترود اتفاق می افتد که با یونیزه کردن گاز اطراف یکی از الکترودها باعث ایجاد جریان نشتی می شود و این جریان نشتی نیز به نوبه خود باعث تلفات در سیستم های قدرت می شود. این پدیده در ولتاژهای بالای ۳۰ kv اتفاق می افتد و دارای مزایایی نیز می باشد (به عنوان مثال تولید گاز ازن و نیز یونیزه کردن هوا برای مصارف پزشکی) ، ولی در شبکه های قدرت بیشتر به عنوان تلفات محسوب می شود و به صورتی باید این تلفات از بین برود.

پدیده کرونا در اطراف خطوط فشار قوی که جریان متناوب دارند باعث مقدرای تلفات الکتریکی و در شدیدترین حالت منجر به قوس الکتریکی و تخلیه کامل می شود.

طراحی ایده‌آل یک خط انتقال انرژی بر مبنای عاری از کرونا بودن آن صورت می‌گیرد. اما از آنجا که خطوط انتقال از مناطق اقلیمی گوناگون با شرایط جوی متغیر می‌گذرند این ایده دور از دسترس باقی می‌ماند. تجربیات نشان می‌دهد در صورتیکه طراحی خطوط بنحوی انجام گیرد که تلفات کرونا در هوای خوب در حد معین محدود گردد، در هوای برفی و بارانی و... این تلفات به چندین برابر افزایش خواهد یافت.

در این پروژه پدیده کرونا و روش های کاهش اثرهای نامطلوب پدیده کرونا و همچنین ارزیابی کرونا و مدل های خط در شبیه سازهای گذر های الکترومغناطیسی ، نیز مدل سازی تلفات کرونا و مدل شبیه سازی مورد توجه این موضوع در طراحی خطوط انتقال انرژی بررسی شده است.

فهرست مطالب

عنوان	شماره صفحه
مقدمه	**۲**
فصل اول : تعاریف و مشخصات کرونا	
۱- ۱) تعریف کرونا	۵
۱- ۲) ولتاژ بحرانی	۵
۱- ۳) ولتاژ مرئی کرونا	۵
۱- ۴) بهترین زمان برای مشاهده کرونا	۵
۱- ۵) آشکار شدن کرونا	۵
۱- ۶) انواع کرونا	۶
فصل دوم : پارامترها و فرمولهای مربوط به پدیده کرونا	
۲- ۱) بررسی پارامترهای مربوط به پدیده کرونا	۹
۲- ۲) بدست آوردن فرمولهای اساسی از الکترومغناطیس	۹
۲- ۳) پارامترهایی که بر پدیده کرونا اثر می کنند	۱۱
فصل سوم : روش های کاهش اثرهای نامطلوب پدیده کرونا	
۳- ۱) تلفات کرونا	۱۴
۳- ۲) تداخل امواج الکترومغناطیسی	۱۴

۳- ۳) نویز صوتی ۱۴
۴- ۳) مشکلات فرسایشی ۱۴
۵- ۳) روشهای عملی برای کاستن پدیده کرونا ۱۵
فصل چهارم : یافتن مدل الکتریکی برای مدل کردن پدیده کرونا
۱- ۴) تعریف مدل های دینامیک و استاتیک ۱۷
۲- ۴) ارزیابی کرونا و مدلهای خط در شبیه سازهای گذر های الکترومغناطیسی ۱۸
۳- ۴) مدل سازی کرونا در محاسبات *EMT* ۱۹
۱- ۳- ۴) مروری بر مدل های کرونا ۱۹
۴- ۴) ارزیابی مدل های آنالوگ ۲۱
۱- ۴- ۴) مقاومت های شنت ۲۲
۲- ۴- ۴) انتخاب طول مؤلفه ۲۳
۳- ۴- ۴) ناپایداری عددی ۲۵
۵- ۴) بررسی مدل های تحلیلی ۲۶
۱- ۵- ۴) تکنیک راه حل ۲۶
۲- ۵- ۴) مدل تکه ای خطی استاتیک ۲۷
۳- ۵- ۴) مدل *Suliciu* ۲۸
۶- ۴) مدل کردن خط انتقال ۲۹
۷- ۴) آنالیز گذری فضای حالت خطوط انتقال تکفاز با کرونا ۳۲

۱- ۷- ۴) نمایش فضای حالت و فرمول سازی ۳۳
۲- ۷- ۴) حل معادلات حالت ۳۴
۳- ۷- ۴) الگوریتم *LU* ۳۶
۸- ۴) مدل های کرونا ۳۷
۱- ۸- ۴) مدل Gray ۳۷
۲- ۸- ۴) مدل *Umoto* و *Skilling* ۳۸
۳- ۸- ۴) مدل سازی تلفات کرونا ۳۸
۹- ۴) مدل شبیه سازی مورد توجه ۳۹
۱- ۹- ۴) نتیجه شبیه سازی ۴۲
نتیجه گیری ۴۴
مراجع ۴۶

مقدمه

در این پروژه پدیده ی کرونا مورد بررسی قرار می گیرد که یک تخلیه ی درخشان ناشی از یونیزاسیون هوای اطراف یک الکترود است که این یونیزاسیون زمانی اتفاق می افتد که گرادیان ولتاژ اطراف الکترود که همان شدت میدان الکتریکی مجاور الکترود می باشد از مقدار مشخصی تجاوز نکند . یکی از پدیده هایی که در ارتباط با تجهیزات برقدار از جمله خطوط انتقال فشار قوی مطرح می شود ، کرونا است . میدان الکتریکی در نزدیکی ماده رسانا می تواند به حدی متمرکز شود که هوای مجاور خود را یونیزه نماید . این مسئله می تواند منجر به تخلیه جزئی انرژی الکتریکی شود ، که به آن کرونا می گویند . عوامل مختلفی از جمله ولتاژ ، شکل و قطر رسانا ، ناهمواری سطح رسانا ، گرد و خاک یا قطرات آب می تواند باعث ایجاد گرادیان سطحی هادی شود که در نهایت باعث تشکیل کرونا خواهد شد . در حالتی که فاصله بین هادی ها کم باشد ، کرونا ممکن است باعث جرقه زدن و اتصال کوتاه گردد . بدیهی است که کرونا سبب اتلاف انرژی الکتریکی و کاهش راندمان الکتریکی خطوط انتقال می گردد . پدیده کرونا همچنین سبب تداخل درامواج رادیویی می شود.

یعنی چنانچه گرادیان ولتاژ در سطح یک هادی بیش از شدت در الکتریک هوای اطراف هادی گردد، در نواحی نزدیک به سطح هادی یون زائی جزیی را کرونا می نامند . شدت دی الکتریک هوا در شرایط هوای صاف و در دما و فشار طبیعی یعنی دمای $25^{o}C$ و فشار ۷۶ سانتیمتر جیوه ، تقریباً $30kv / cm$ است .

کرونا موجب تلفات توان ، صدای وزوز قابل شنیدن در نزدیکی خط ، تولید اوزن و اختلال در امواج رادیو و تلویزیون می گردد . اغتشاش صوتی در شرایط بد آب و هوایی رخ داده و یک مشکل زیست محیطی محسوب می شود . تداخل رادیویی در باند AM رخ می دهد . در مناطق با علائم ضعیف باران و برف می توانند موجب تداخل در امواج تلویزیونی گردند .

کرونا تابعی از قطر هادی ، آرایش خط ، نوع هادی و شرایط سطح هادی می باشد . شرایط محیطی، نظیر چگالی هوا ، رطوبت و باد ، پدید آمدن کرونا را تحت تاثیر قرار می دهند .

تلفات کرونا در باران یا برف چندین برابر تلفات در هوای صاف است . ناهمواری روی سطح هادی مانند ذرات آلودگی می تواند موجب چنان گرادیانیدر ولتاژ سطح هادی شود که آن نقطه منبع تخلیه بار

الکتریکی گردد . همچنین ، عایق ها به وسیله گرد و خاک یا تجمع مواد شیمیایی آلوده شده ، ولتاژ شکست کاهش یافته و در نتیجه تلفات کرونا افزایش می یابد.

برای کاهش ابعاد این مسئله ، عایق ها به صورت دوره ای تمیز می شوند . کرونا را می توان با افزایش اندازه هادی و استفاده از گروه بندی هادی ها کاهش داد. تلفات توان مربوط به کرونا را می توان با رسانایی نمایش داد . هر چند ، در شرایط عملکرد عادی ، g که نشان دهنده نشست مقاومتی بین یک فاز و زمین است ، اثر نا چیزی بر عملکرد خط داشته و معمولاً صرف نظر می شوند .(یعنی g = 0)

پدیده کرونا در اطراف خطوط فشار قوی که جریان متناوب دارند باعث مقداری تلفات الکتریکی و در شدیدترین حالت منفجر به قوس الکتریکی و تخلیه کامل می شود .

مهمترین علامت آن بوجود آمدن هاله ای نورانی اطراف خطوط فشار قوی است . کرونا در واقع یونیزه شدن نیتروژن هوا است و علت وجود تلفات انرژی ایجاد نور و حرارت در اطراف سطح هادی است . نشانه های کرونا شامل نور که بسته به شدت کرونا طول موج آن از مادون قرمز تا ماورای بنفش تغییر می کند . نشانه های دیگر صدای جرقه های کوچک الکتریکی و تشکیل گاز ازن (که بوی آن در محیط اطراف قابل تشخیص است) و بوجود آمدن اسید نیتریک در اثر ترکیب نیتروژن جدا شده از هوا با رطوبت موجود در هوا است که به صورت گرد سفید اطراف سیم ها نمایان می شود .

فصل اول :

تعاریف و مشخصات کرونا

۱- ۱) تعریف کرونا

تخلیه الکتریکی ایجاد شده به علت افزایش چگالی میدان الکتریکی ، کرونا نام دارد . در حالی که این تعریف بسیار کلی است و انواع پدیده کرونا را شامل می شود.

۲- ۱) ولتاژ بحرانی

گرادیان ولتاژی که سبب شکست الکتریکی در عایق شده و به ازای آن ، عایق خاصیت در الکتریک خود را از دست می دهد ، گرادیان ولتاژ بحرانی نامیده می شود . همچنین ولتاژی را که سبب ایجاد این گرادیان ولتاژ بحرانی می شود ولتاژ بحرانی نامیده می شود .

۳- ۱) ولتاژ مرئی کرونا

هر گاه ولتاژ خط به ولتاژ بحرانی برسد ، یونیزاسیون در هوای مجاور سطح هادی شروع می شود . اما در این حالت پدیده کرونا قابل روئیت نمی باشد . برای مشاهده کرونا ، سرعت ذرات الکترون ها در هنگام برخورد با اتم ها و ملکول ها باید بیشتر باشید یعنی ولتاژ بالاتری نیاز است .

۴- ۱) بهترین زمان برای مشاهده کرونا

کرونا در فضای آزاد بعد از یک روز بارانی تا قبل از زمانی که سطوح برقدار خشک شده باشند قابل روئیت است . پس از خشک شدن کرونا مشاهده نمی شود . نقاط در معرض کرونا با رطوبت خود را بهتر نشان می دهند . باد می تواند فعالیت کرونا را کاهش دهد . کرونا می تواند در اثر قندیل هم ایجاد شود . موتورهای الکتریکی ، ژنراتورها و تابلوهای داخلی می توانند کرونای شدیدتری از وسایل خارجی پست ها ایجاد نمایند . تشکیل هوای یونیزه در فضای بسته و عدم حرکت هوا پدیده کرونا را تسریع می کند و ولتاژهایی را ایجاد می کند که در آن کرونا رخ دهد موتورها و ژنراتورها می توانند با توجه به وجود فن های خنک کننده شان هوایی با فشارهای گوناگون ایجاد کنند .

نتیجه گیری

پدیده کرونا در واقع بین دو الکترود اتفاق می افتد که با یونیزه کردن گاز اطراف یکی از الکترودها باعث به وجود آمدن یک مدار ودر نتیجه ایجاد جریان نشتی می شود و این جریان نشتی نیز به نوبه خود باعث تلفات در سیستم های قدرت می شود. این پدیده دارای مزایایی نیز می باشد ولی در شبکه های قدرت بیشتر به عنوان تلفات محسوب می شود و به صورتی باید این تلفات از بین برود.

در این پروژه با بررسی پدیده کرونا و انواع و اثرات آن ، روش های کاهش اثرات نامطلوب کرونا بیان شد . سپس مدلسازی کرونا مورد بررسی قرار گرفت. مدل سازی کرونا می تواند هم به صورت استاتیک و هم دینامیک انجام شود.

در اینجا ارزیابی مدل آنالوگ و بررسی های تحلیلی انجام گرفته و روش فضای حالت برای محاسبه ی گذرهای الکترومغناطیسی روی یک خط انتقال تکفاز همراه با کرونا استفاده می شود .

با استفاده از مدل تحلیلی و بررسی نمایش فضای حالت و فرمول سازی و نیز در نظر گرفتن انواع مدل های کرونا به مدل شبیه سازی مورد نظر رسیدیم. این مدل از یک ظرفیت متغیر و یک رسانایی متغیر تشکیل شده که هر دوی این متغیرها مقادیر توابع ولتاژ خطند. در نهایت با استفاده از شبیه سازی که به کمک نرم افزار *Matlab* انجام شد برای این مدل معادل خط انتقال همراه با کرونا ، اثرات کرونا بر روی منحنی ولتاژ برحسب زمان دیده شد.

مراجع

[1]Sandoval Carneiro, Jose R. Marti, “Evaluation of corona and line models in electromagnetic transient simulations”, Vol.6 , No.1 , pp.334-342 , 1991

[2]J. R. Marti, F.Castellanos, N.Santiago, “ Wide-band corona circuit model for transient simulations” , Vol.10 , No.2 , pp.1003-1013 , 1995

[3]L. Hofmann, B. R. Oswald, “Line model in the time domain considering frequency dependent parameters , leakance and corona”, Vol.5 , No.1 , pp.771-780 , 2002

[4]S. Carneiro , H. W. Dommel, J. R. Marti, H. M. Barros, “An efficient procedure for the implementation of corona models in electromagnetic transient programs” , Vol.9 , No.2 , pp.849-855 , 1994

[5]Mehmet Salih Mamis , “State-space transient analysis of single-phase transmission lines with corona”, Vol.3 , No.2 , pp.364-370 , 2003

[6]Gene S. Ng “Suppression of corona on EHV transmission line with bundled conductors and spacers” , Vol.7 , No.1 , pp.742-763 , 2004

[7]Zakariya Mahmoud Al-Hamouz , “Corona power loss on bundled conductors experimental and computational results” , Vol.35 , No.6 , pp.1277-1283 , 1999