دانشگاه زنجان

دانشکده مهندسی

گروه برق

پایان نامه کارشناسی

گرایش: برق قدرت

عنوان:

سیستم زمین پست های فشار قوی

استاد راهنما:

اقای دکتر اجاقی

نگارش:

کبری پازکی

خرداد 1391

چکیده:

بروز اتصال کوتاه در سیستم‌های قدرت به علت وجود اضافه ولتاژهای موقت و گذرا و همچنین آسیب دیدن برخی تجهیزات پیشامدی عادی است. به هنگام وقوع خطای فاز به زمین، ولتاژ فازهای سالم نسبت به زمین و بدنه تجهیزات به مقدار قابل توجهی افزایش می‌یابد. زمین کردن موثر نقاط نول در سیستم قدرت باعث کاهش این اضافه ولتاژها می‌شود.

در اثر بروز خطای اتصال کوتاه فازبه فاز و یا فاز به زمین، جریان زیادی به زمین داخل می‌شود و باعث به وجود آمدن گرادیان پتانسیل سطحی بزرگی در محوطه پست می‌شود و ممکن است کارکنان را در معرفی شوک ناشی از ولتاژ گام یا تماس قرار دهد. وجود شبکه زمین با فاصله مناسب بین هادی‌های آن باعث کاهش گرادیان پتانسیل سطحی خواهد شد. از مهم‌ترین پارامترهایی که در طراحی شبکه‌های زمین مدنظر است می‌توان به ولتاژ حلقه، ولتاژ گام، ولتاژ تماسی و مقاومت شبکه زمین اشاره کرد که با طراحی شبکه زمین مناسب، این پارامترها تا حد مجاز پایین می‌آیند. هدف اصلی این پایان‌نامه مطالعه و معرفی انواع سیستم زمین به کار رفته در پست‌های فشار قوی و مراحل طراحی یک سیستم زمین مناسب می‌باشد.در این بررسی آنچه را که یک مهندس قدرت برای طراحی سیستم زمین بایستی بداند آورده می شود. پس از بیان و شرح پارامترهای شبکه زمین و بیان روابط مربوط به آن‌ها، به ارائه یک نمونه عملی محاسبه سیستم زمین پرداخته و در نهایت به آزمون‌های سیستم زمین می‌پردازیم.

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فصل اول- کلیات و تعاریف

1-1-مقدمه 2

1-2- ضرورت احداث شبکه زمین 2

1-3-شبکه زمین و پارامترهای آن 4

1-3-1- پارامترهای شبکه زمین 6

1-3-2- انواع الکترودهای (میل‌های) زمین 13

1-3-3- روش‌های حفاظت در مقابل خوردگی 15

فصل دوم- انواع زمین کردن

2-1-مقدمه 18

2-2- انواع زمین کردن 18

فصل سوم: اصول طراحی شبکه زمین

3-1-مقدمه 23

3-2-مشکلات اساسی و راه‌حل ها 23

3-3- بررسی سیستم‌های زمین ساده 26

3-3-1- الکترود نیمکره‌ای در سطح زمین 26

3-3-2- دو نیمکره که در سطح زمین دفن شده‌اند 26

3-3-3- کره‌ی دفن شده در زمین 27

3-3-4- سیستم‌های دیگر زمین ساده 27

3-4- طراحی اساسی شبکه زمین سیستم‌های قدرت 28
3-4-1- حدود و مشخصات جریان مجاز قابل انتقال از بدن 28
3-4-2- مقاومت بدن انسان (R_B) 29
3-4-3- حداکثر ولتاژ تماس و گام قابل تحمل برای انسان 30
3-4-4- مقاومت الکتریکی زمین 33
3-4-5- تأثیر رطوبت، دما و مواد شیمیایی روی مقاومت زمین 37
3-4-6- محاسبه سطح مقطع هادی‌های شبکه زمین 39
3-4-7- محاسبه مقاومت سیستم زمین 43
3-4-7-1- مدل تک لایه خاک 43
3-4-7-2- خاک‌های غیر یکنواخت 47
3-4-7-3- روش‌های کاهش مقاومت زمین 49
3-4-8- محاسبه ولتاژ مش 49
3-4-9- محاسبه ولتاژ گام 52
3-4-10- محاسبه افزایش ولتاژ شبکه زمین (GPR) 52
3-4-11- محاسبه ولتاژهای مجاز براساس ولتاژ استاندارد قابل قبول بدن 53
3-4-12- منحنی توزیع ولتاژ 55
3-4-12-1- تصحیح منحنی توزیع ولتاژ 56
3-4-13- محاسبه بیشترین مقدار جریان هادی‌های سیستم زمین 57
3-4-13-1- برگشت جریان از سیم‌های گارد خطوط منتهی به پست 58
3-4-14- بدترین نوع خطا و محل وقوع آن 62

3-4-15- عناصر تشکیل‌دهنده شبکه زمین 66
3-4-15-1- طریقه‌ی ایجاد چاه ارت و نحوه‌ی اتصال آن به شبکه 67
3-4-16- تحلیل پارامتریک شبکه زمین پست برق 68
3-4-17- جستجوی نقاط خاص خطرناک 73
3-4-18- اتصال زمین برق‌گیرها 75

فصل چهارم: طراحی گام به گام شبکه زمین

4-1-مقدمه 77
4-2- طراحی گام به گام شبکه زمین یک پست نمونه 81
4-2-1 جمع‌آوری اطلاعات لازم برای طراحی سیستم زمین (گام اول) 81
4-2-2- محاسبه سطح مقطع هادی‌ها (گام دوم) 81
4-2-2-1- محاسبه سطح مقطع هادی‌های اصلی شبکه زمین 82
4-2-2-2- محاسبه سطح مقطع رایزرها یا هادی‌ها اتصال تجهیزات به شبکه زمین 82
4-2-3- محاسبه حداکثر ولتاژ گام و تماس قابل تحمل (گام سوم) 83
4-2-4- انجام طراحی مقدماتی (گام چهارم) 83
4-2-5- محاسبه مقاومت سیستم زمین (گام پنجم) 84
4-2-6- محاسبه جریان سیستم زمین (گام ششم) 85
4-2-7- مقایسه ولتاژ تماس با حاصلضرب مقاومت سیستم زمین در جریان آن (گام هفتم) 85
4-2-8- محاسبه ولتاژ گام و مش در پست (گام هشتم) 85
4-2-9- مقایسه ولتاژ تماس با ولتاژ مش (گام نهم) 86
4-2-10- مقایسه ولتاژ گام در پست با ولتاژ گام آستانه خطر (گام دهم) 87

4-2-11- تجدیدنظر مجدد در طرح 87
4-2-12- اتمام طراحی (گام دوازدهم) 87

فصل پنجم: آزمون‌ها

5-1-مقدمه 89
5-2- آزمون‌ها 89
5-2-1- نکات ایمنی هنگام آزمون 90
5-2-2- اندازه‌گیری مقاومت سیستم زمین (امپدانس زمین) 90
5-2-3- آزمون یکپارچگی سیستم زمین 92
5-2-4- آزمون کیفیت اتصالات سیستم زمین 93
5-2-4-1- آزمون‌های مکانیکی 93
5-2-4-2- آزمون کشش 93
5-2-4-3- آزمون خوردگی 96
5-2-5- آزمون سیستم زمین برقگیر امواج ضربه 96
5-3- سرویس‌های دوره‌ای سیستم زمین 97
5-3-1- مراحل انجام کار 97
5-3-2- مهارت‌های لازم 97
5-3-3- تجهیزات لازم 97
نتیجه گیری 98
فهرست منابع 99

فصل اول

کلیات و تعاریف

1-1- مقدمه:

هدف اصلی از اتصال زمین تجهیزات و ایجاد شبکه‌ی زمینی، تأمین ایمنی کافی برای کسانی است که با این تجهیزات در تماس می‌باشند. همچنین تأمین حفاظت کافی برای تجهیزات الکتریکی در برابر زوال یا خرابی آن‌ها از دیگر اهداف شبکه زمین می‌باشد. لذا بخشی از طراحی‌ها و عملیات مهندسی پست‌های فشار قوی، طراحی سیستم زمین و اتصال بدنه‌ی تجهیزات فشار قوی و اسکلت‌های فلزی می‌باشد به این ترتیب، کلیه‌ی تجهیزات نصب شده بر روی زمین، تحت ولتاژ یکسانی، معادل با ولتاژ زمین واقع می‌شوند. در این فصل برآنیم تا علاوه بر تعاریف اصلی و بیان و شرح پارامترهای شبکه زمین به روابط مربوط به آن‌ها نیز بپردازیم.

2-1- ضرورت احداث شبکه زمین

بروز خطا و اتصالی در پست‌های فشار قوی، به صورت بروز قوسی الکتریکی در فواصل هوایی ایزولاسیون فاز- زمین، فاز- فاز و یا در پی صدمه به تجهیزات فشار قوی امکان پذیر می‌باشد. بروز قوس الکتریکی در پی ظهور اضافه ولتاژهای موجی صاعقه، قطع و وصل کلیدها، آلودگی محیط، جابه‌جایی هادی، اضافه ولتاژهای موقت و ... روی می‌دهد. بروز قوسی الکتریکی و اتصال کوتاه فاز- زمین در طول فاصله‌ی هوایی ایزولاسیون و یا در سطح خارجی ستون‌ها و زنجیره‌های مقره، جریان اتصالی فاز- زمین را به سمت زمین برقرار می‌سازد. وجود مقاومت در نقطه خطا و در مسیر جریان، موجب کاهش جریان خطا و ایجاد ولتاژ در نقطه‌ی اتصال و بدنه‌ی تجهیزات خواهد شد. ظهور مقاومت متغیّر و نامشخصی در مسیر جریان زمین (از طریق محل قوس، پایه‌های فلزی و زمین) با اشکالات زیر همراه خواهد بود:

الف) ایجاد اختلال در عملکرد سیستم و رله‌های حفاظتی ناشی از کاهش جریان خطا و ضریب اطمینان

ب) افزایشی ولتاژ در فازهای سالم تا بیش از مقدار مجاز و پیش‌بینی شده.

ج) ظهور ولتاژ الکتریکی قابل ملاحظه در نقطه اتصالی و در بدنه تجهیزات واقع در مسیر جریان خطا

بروز اشکالات فوق و تغییرات حاصل در مقاومت مسیر جریان زمین، از عدم ارتباط و اتصال الکتریکی مطمئن و قطعی بدنه‌ی تجهیزات و اسکلت فلزی با زمین ناشی می‌شود. با بروز قوس الکتریکی بین هادی‌های تحت ولتاژ با بدنه فلزی تجهیزات، در سطح خارجی ستون مقره، جریان اتصالی از طریق بدنه و اسکلت فلزی، وارد آرماتورهای فونداسیون شده و در نهایت وارد زمین می‌گردد. برقراری جریان الکتریکی در مسیر فوق، با مقاومت اهمی همراه خواهد بود که آن هم به نوع خاک در مسیر جریان و کیفیت تماس فوندانسیون با خاک مجاور آن بستگی دارد. زیاد بودن مقاومت فوندانسیون باعث می‌شود تا با برقراری جریان اتصالی، ولتاژ قابل ملاحظه‌ای در سطح فوندانسیون ایجاد شود.

این ولتاژ می‌تواند خطرات زیادی را برای افرادی که در تماس با تجهیزات شبکه هستند، ایجاد نماید. تأمین مقاومت حداقل برای فوندانسیون‌ها و بدنه تجهیزات، با ایجاد ارتباط و اتصال الکتریکی بهتر و مطمئن‌تر تجهیزات فشار قوی، اسکلت فلزی و ... با لایه‌ی درونی زمین از طریق هادی‌های مسی متعدد امکان‌پذیر خواهد بود. هادی‌های قرار داده شده در لایه درونی خاک و در عمق مناسب (با رطوبت نسبتاً ثابت در امتداد افقی و قائم و مستقل از تغییرات جوی) با عنوان سیستم زمین یا شبکه زمین مرسوم می‌باشد. بنابراین مفهوم سیستم زمین عبارت است از سطحی که در زیرزمین یا نزدیک استقرار تجهیزات در نظر گرفته می‌شود به نحوی که همه‌ی نقاط آن سطح پتانسیل کم و نزدیک صفر داشته باشد. وجود این سطح باعث می‌شود که همه‌ی قسمت‌های وسایل متصل به شبکه زمین تحت ولتاژ زمین قرار بگیرند و بدین ترتیب اپراتورها و پرسنل‌ها هم پتانسیل زمین می‌شوند. شرایط زمین باید به نحوی باشد که

علاوه بر یکسان بودن ولتاژ در نقاط مختلف آن، اگر چنان‌چه اتصال کوتاهی در نزدیکی این زمین رخ بدهد، اختلاف پتانسیل زیادی که باعث ایجاد شوک و یا مجروح شدن اشخاصی شود به وجود نیاید.

3-1- شبکه زمین و پارامترهای آن:

به هنگام اجرای یک پست فشار قوی، شبکه‌ای از هادی‌های موازی در سطح پست و در عمق مناسب (در حدود 0/3 تا 1/5 متر) دفن می‌گردد تا از نظر الکتریکی پتانسیل زمین را داشته باشد. همچنین میله‌هایی با طول متناسب با مقاومت خاک به طور عمودی در زمین قرار گرفته و به شبکه زمین متصل می‌شود. تا مقاومت معادل شبکه زمین کاهش یابد. بدنه تجهیزات و سطوح فلزی در دسترس، مانند اسکلت‌های فلزی، توسط هادی‌های مناسب به شبکه زمین متصل می‌گردد. اسکلت‌های فلزی به میله‌های فلزی به کار رفته در پی‌های بتونی ارتباط داشته و در مجموع باعث کاهش مقاومت سیستم زمین می‌گردند. سیم‌های محافظ خطوط انتقال انرژی وشیلد کابل‌های زره‌دار، در صورت اتصال به شبکه زمین، مسیرهای موازی دیگری را برای عبور جریان زمین به وجود می‌آورند. و کاهش بیشتر مقاومت زمین را سبب می‌شوند. سیستم زمین در یک پست می‌بایست به گونه‌ای طراحی و اجرا گردد که افزایش پتانسیل شبکه زمین را در یک سطح قابل قبول محدود نموده و بدین وسیله ایمنی پرسنل، سلامت تجهیزات و نیز در سرویس باقی ماندن تجهیزات پست در شرایط عادی و شرایط وقوع خطا تأمین گردد.

به طور کلی سیستم زمین می‌بایست نیازمندی‌های زیر را برآورده نماید:

- ارائه مقاومت کوچک از طرف سیستم زمین:

این امر باعث می‌شود تا امپدانس مولفه صفر دیده شده در نقطه اتصالی مقداری کوچک داشته و علاوه بر تضمین عملکرد مطمئن و سریع رله‌های تشخیص خطای فاز به زمین، اضافه ولتاژهای ایجاد شده در

نتیجه گیری

سیستم‌های قدرت الکتریکی به وسیله الکترودهایی که در خاک دفن شده اند به زمین متصل می شوند. در حالت کلی یک سازه وقتی زمین نامیده می شود که از نظر الکتریکی به سازه های فلزی مدفون در زمین وصل شود. این سازه ها (سیستم زمین) نامیده می شوند و مسیر هدایت جریان الکتریکی به زمین را تهیه می کنند. هدف اصلی از اتصال زمین تجهیزات و ایجاد شبکه زمین، تامین ایمنی کافی برای کسانی است که با این تجهیزات در تماس می باشند.

روابطی که در این رساله برای محاسبه وبدست اوردن پارامترها و اندازه گیری خصوصیات شبکه زمین بیان شده است مطابق با استانداردهایی است که در کشور مورد استفاده بوده و توسط شرکت توانیر در اختیار مهندسین طراح قرار گر فته است بنابراین روابط در عمل برای طراحی شبکه زمین مورد استفاده قرار می گیرد. روابط بیان شده کاملا تجربی بوده و تو سط افراد مختلفی بد ست امده اندو درستی ان ها با انجام ازمایشات و اندازه گیری های متفاوت ومقایسه ان ها با مقادیر واقعی بررسی شده است . روش طراحی سیستم زمین پست برق به سبک تکراری می باشد.مهندس طراح باید یک طرح خاصی را فرض کرده و سپس آن طرح را مورد بررسی قرار دهد.

منابع

1- کتاب تجهیزات نیروگاه، جلد دوم/تالیف: مسعود سلطانی، [تهران]: دانشگاه تهران، موسسه انتشارات، 1385.

2- کتاب ایستگاههای فشارقوی با ایزولاسیون گاز (GIS)/ تالیف: طهاسبقلی شاهرخشاهی، تهران، انتشارات ازاده، 1384.

3- کتاب زمین کردن سیستم‌های قدرت و حالت های گذرا، تألیف:اپ.ساکیس ملیوپولس/ مترجم: خلیل ولی پور، انتشارات باغ اندیشه، 1381.

4- کتاب طراحی پست های فشار قوی، تالیف: دکتر رحمت الله هوشمند، انتشارات دانشگاه اصفهان، 1388.

5- کتاب ایستگاههای فشار قوی با ایزولاسیون هوا، تالیف طهماسبقلی شاهرخشاهی، تهران، انتشارات دنیا، 1383.

6- کتاب اموزش ایمنی خطرات جریان‌های الکتریکی چاپ دوم، تالیف مهندس سید حجت اله مکبری، انتشارات دانشگاه صنعت آب و برق، 1389.

7- کتاب طراحی پست های فشار قوی: دکتر حسین عسکریان، انتشارات دانشگاه پیام نور، 1372.

8- مشخصات فنی، عمومی واجرایی سیستم زمین در پست های فشار قوی (جلد دوم): نشریه شماره، وزارت نیرو/ معاون امور فنی.

9- نگرشی جدید در طراحی سیستم زمین: شرکت توزیع نیروی برق جنوب کرمان،/ رضا سالاری خو.

10- استاندارد صنعت برق ایران، مشخصات و خصو صیات انرژی الکتریکی (کیفیت برق)، توانیر، معاونت تحقیقات و تکنولوژی، دفتر استاندارد 1381.

11- طراحی شبکه زمین پست‌های فشار قوی و تجزیه و تحلیل ان به روش اجزاء محدود،/ دکتر حسن عسکریان، دانشیار دانشکده برق دانشگاه صنعتی امیر کبیر.

12- طراحی بهینه سیستم زمین پست های انتقال نیرو، سعید رضویلر، فرامرز رهبر، دفتر مهندسی انتقال-شرکت توانیر.