بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه صنعتی «نوشیروانی» بابل

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد در رشته مهندسی برق گرایش قدرت

موضوع:

مدلسازی رفتار شکست الکتریکی مقره‌های فشار قوی در محیط های مرطوب و آلوده

نام دانشجو:

موسی الرضا فرامرزی پلنگر

استاد راهنما:

دکتر محمد میرزایی

بهمن ماه ۱۳۹۳

تقدیم به

خود

مهربانم

سپاسگزاری

بر خود لازم می‌دانم سپاسگزار تمام آنهایی باشم که در این دوره، کمک و امیدشان رهگشای من بود؛ خانواده عزیزم که همانند تمام روزهای گذشته با صبر و حوصله در کنارم بودند و اساتید عزیز و گرانقدر دانشکده مهندسی برق، به ویژه جناب آقای دکتر محمد میرزائی که با تلاش‌های بی‌شائبه و دلسوزانه مرا یاری نمودند و به هنگام نیاز برای حل مشکلات اینجانب، از هیچ کمکی دریغ نورزیدند.

چکیده

مقره‌ها به عنوان یکی از حساس‌ترین اجزای خطوط انتقال و توزیع، وظیفه ایزولاسیون هادی‌ها از بدنه دکل و از یکدیگر را به عهده دارند. خطوط انتقال هوایی به علت عبور از مناطق مختلف، همواره در معرض شرایط جوی گوناگون قرار دارند. در این راستا، رطوبت و آلودگی دو عامل محیطی بسیار مهمی هستند که بر عملکرد مقره‌ها تاثیر می‌گذارند. وقتی مقره‌های خطوط انتقال در معرض رطوبت طولانی مدت و آلودگی‌های شدید قرار می‌گیرند، به علت کاهش مقاومت سطحی مقره، جریان سطحی شدیداً افزایش یافته که می تواند منجر جرقه الکتریکی گردد. بروز این خطاها سبب کاهش قابلیت اطمینان شبکه می‌شود. لذا بررسی عملکرد مقره‌ها در شرایط آلودگی از اهمیت بسزایی برخوردار است. در سالیان اخیر تحقیقات متعددی در خصوص چگونگی عملکرد و رفتار مقره‌ها در مناطق آلوده صورت پذیرفته است. در این تحقیقات عمدتا تاثیر پارامترهایی نظیر میزان و نوع آلودگی، یکنواختی و یا عدم یکنواختی آلودگی بر عواملی همچون طیف جریان نشتی و توزیع ولتاژ به جهت پایش عملکرد مقره‌ها مورد تحلیل قرار گرفته است. در این پژوهش، رفتار مقره‌های چینی و شیشه‌ای در شرایط آلودگی و رطوبت مطالعه شده است. در ادامه مدل الکتریکی از مقره آلوده در شرایط مرطوب ارائه شده است. همچنین مدل ریاضی برای تعیین و پیش بینی پارامترهای بحرانی (جریان نشتی، طول قوس الکتریکی و ولتاژ بحرانی) وابسته به پروفیل و میزان آلودگی سطح مقره‌ها ارائه شده‌است. آماده‌سازی مقره‌ها برای تست آلودگی مصنوعی، برداشت و سنجش میزان آلودگی و انجام تست‌های لازم روی مقره هایی با سطح آلودگی مختلف، اندازه‌گیری و ثبت جریان نشتی و ولتاژ بحرانی از جمله فعالیت‌های انجام شده در این پروژه می باشد. با تحلیل نتایج آزمایشگاهی مشخص می شود که ثوابت قوس الکتریکی به پروفیل مقره ها و همچنین شدت آلودگی وابسته می باشند. لذا با توجه به متنوع بودن پروفیل مقره‌ها و متفاوت بودن شدت آلودگی، این پارامترها را نمی توان ثابت در

نظر گرفت، بلکه متغییر و دینامیکی می باشند. در این پروژه با بررسی نتایج تجربی وانجام محاسبات ریاضی و حسب مدار معادل الکتریکی مقره آلوده، رابطه ای تحلیلی برای تعیین پارامترهای باند تخلیه الکتریکی ارائه شده است. از این رو با استفاه از این روابط و با توجه به مدار معادل الکتریکی توصیف شده برای مقره آلوده یک مدل ریاضی جدید طوری برای پیش بینی پارامترهای بحرانی مقره های آلوده، ارائه شده است. ثوابت قوس الکتریکی در مدل طوری تعیین گردیده است که پاسخ مدل ارائه شده مطابقت قابل قبولی با نتایج تجربی متناظر دارد. نزدیکی پاسخ مدل ارائه شده با نتایج تجربی و پاسخ مدل های مراجع معتبر دیگر، اعتبار مدل های ارائه شده را تأیید می کند.

واژه‌های کلیدی: مقره، آلودگی، رطوبت، جریان نشتی، شرایط بحرانی، قوس الکتریکی

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

پیش گفتار ۱

فصل اول- تعریف مسئله و اهداف..... ۳

۱-۱- مقدمه..... ۴

۱-۲-تعریف مسئله..... ۵

۱-۳- فرضیات پژوهش..... ۶

۱-۴- اهداف پژوهش..... ۷

۱-۵- جمع بندی..... ۸

فصل دوم- روش‌های سنجش آلودگی و مروری بر مدل‌های الکتریکی و ریاضی شکست الکتریکی مقره‌ها تحت شرایط آلودگی و رطوبت ۹

۲-۱- مقدمه..... ۱۰

۲-۲- انواع مقره‌های خطوط انتقال..... ۱۰

۲-۳- تقسیم‌بندی آلودگی‌های محیطی ۱۱

۲-۴- روش‌ها و معیارهای مختلف سنجش آلودگی ۱۲

۲-۴-۱- روش چگالی رسوب نمک معادل..... ۱۲

۲-۴-۲- اندازه گیری مقاومت سطحی..... ۱۳

۲-۴-۳- سنجش جریان نشتی..... ۱۴

۲-۴-۳-۱- پیک جریان نشتی ۱۵

۲-۴-۳-۲- مولفه‌های هارمونیکی جریان نشتی ۱۶

۲-۵- مدل شکست الکتریکی ابنیوس..... ۱۹

۲-۶- مدل استاتیکی شکست الکتریکی ۱۹

۲-۷- مدل دینامیکی انتشار قوس..... ۲۲

۲-۷-۱- مدل بهبود یافته مدل دینامیکی..... ۲۴

۲-۸- مدل دهابی..... ۲۵

۲-۹- مدل ریاضی شکست الکتریکی ۲۶

۲-۹-۱- شرایط بحرانی ۲۷
۲-۱۰- تأثیر یخ بر روی عملکرد مقرهها ۳۱
۲-۱۱- جمع‌بندی ۳۲
فصل سوم – اندازه‌گیری و تحلیل سیگنال‌های جریان نشتی و ولتاژ بحرانی مقره‌های چینی و شیشه‌ای تحت شرایط آلودگی و رطوبت ۳۳
۳-۱- مقدمه ۳۴
۳-۲- تجهیزات آزمایش ۳۵
۳-۲-۱- مقره و یراق‌آلات آن ۳۵
۳-۲-۲- سیستم تولید ولتاژ ۳۶
۳-۲-۳- محفظه آزمایش ۳۷
۳-۲-۴- خازن‌های اندازه‌گیری ولتاژ ۳۷
۳-۲-۵- دستگاه اندازه‌گیری جریان نشتی ۳۷
۳-۲-۶- دستگاه رطوبت ساز ۴۰
۳-۳- اندازه‌گیری‌ها ۴۰
۳-۳-۱- آلوده نمودن مقره‌ها ۴۰
۳-۳-۱-۱- روش مه نمکی ۴۱
۳-۳-۱-۲- روش لایه جامد ۴۳
۳-۳-۲- ایجاد رطوبت در محفظه ۴۶
۳-۳-۲-۱- مرطوب کردن قبل و حین اعمال ولتاژ ۴۷
۳-۳-۲-۲- مرطوب کردن بعد از اعمال ولتاژ ۴۷
۳-۳-۳- انجام تست ۴۷
۳-۳-۳-۱- تست اندازه‌گیری جریان نشتی ۴۷
۳-۳-۳-۲- تعیین هدایت الکتریکی و شدت آلودگی ۴۸
۳-۴- نتایج آزمایشات ۵۱
۳-۴-۱- پیک جریان نشتی ۵۷
۳-۴-۲- مولفه‌های هارمونیکی جریان نشتی ۵۹
۳-۴-۳- اعوجاج هارمونیکی کل جریان نشتی ۶۹
۳-۴-۴- اندازه‌گیری ولتاژ قوس الکتریکی ۷۰
۳-۵- جمع بندی ۷۲
فصل چهارم- مدلسازی الکتریکی و ریاضی شکست مقره آلوده ۷۳
۴-۱- مقدمه ۷۴
۴-۲- مدلسازی شکست الکتریکی مقره آلوده ۷۴
۴-۲-۱- مدل عمومی شکست الکتریکی ۷۶
۴-۳- مدل ارائه شده ۷۹

۴-۳-۱- تعیین دینامیکی ثوابت قوس الکتریکی ۷۹
۴-۳-۲- استخراج پارامترهای مدار معادل ۸۰
۴-۴- مدل ریاضی شکست الکتریکی ۸۲
۴-۵- نتایج شبیه‌سازی و مقایسه با نتایج آزمایشات عملی ۸۴
۴-۶- مدل ولتاژ بحرانی ۸۸
۴-۷- جمع بندی ۹۱
فصل پنجم- نتیجه‌گیری و پیشنهادات ۹۲
۵-۱- مقدمه ۹۳
۵-۲- نتیجه گیری ۹۴
۵-۳- پیشنهادات ۹۵

لیست واژگان ۹۶
مراجع ۱۰۰

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل ۲-۱- اتاقک اندازه گیری مقاومت سطحی مقره (دستگاه مولد مه، رطوبت لازم برای اندازه‌گیری هدایت الکتریکی و مقاومت سطحی مقره را ایجاد می نماید)..... ۱۴

شکل ۲-۲- شکل موج و طیف فرکانسی جریان نشتی برای شدت آلودگی مختلف ۱۶

شکل ۲-۳- تغییرات مولفه‌های هارمونیکی جریان نشتی به ازای تغییر رطوبت و آلودگی..... ۱۷

شکل ۲-۴- (a) نمایی از عایق با لایه آلودگی، باند خشک و (b) مدار معادل مقره آلوده..... ۱۹

شکل ۲-۵- مدل الکتریکی مقره آلوده با مقاومت نوار خشک ۲۰

شکل ۲-۶- مدار معادل دینامیکی شکست الکتریکی ۲۲

شکل ۲-۷- مدار معادل مقره آلوده ارائه‌شده..... ۲۶

شکل ۲-۸- تغییرات ولتاژ ورودی مقره (Vm) بر حسب فاصله خزشی قوس ۲۷

شکل ۲-۹- منحنی ولتاژ بحرانی بر حسب (ESDD) برای دو نوع مقره..... ۲۹

شکل ۲-۱۰- منحنی ولتاژ بحرانی بر حسب رسانایی سطح برای دو نوع مقره ۲۹

شکل ۲-۱۱- مدل جریان بحرانی بر حسب مقاومت لایه آلودگی..... ۳۰

شکل ۲-۱۲- منحنی تأثیر عرض باند آلودگی (w) بر ولتاژ بحرانی ۳۰۰

شکل ۲-۱۳- مدار معادل مقره پوشیده از برف ۳۱

شکل ۲-۱۴- منحنی جریان بر حسب ولتاژ ورودی مدل..... ۳۱

شکل ۳-۱- شماتیک setup آزمایشگاهی..... ۳۵

شکل ۳-۲- مقره‌های مورد مطالعه ۳۶

شکل ۳-۳- بخشی از تجهیزات مورد استفاده جهت انجام تست ۳۹

شکل ۳-۴- تصویری از دستگاه اندازه‌گیری جریان نشتی..... ۳۹

شکل ۳-۵- نمونه‌ای از شکل موج‌های ثبت شده توسط اسیلوسکوپ..... ۴۰

شکل ۳-۶- تصویری از مقره آلوده ۴۶

شکل ۳-۷- شکل موج‌های جریان نشتی در سطح ولتاژ ۳۰ کیلوولت و رطوبت نسبی ۷۵ درصد مقره ۱..... ۵۲

شکل ۳-۸- شکل موج‌های جریان نشتی در سطح ولتاژ ۳۰ کیلوولت و رطوبت نسبی ۸۵ درصد مقره ۱..... ۵۳

شکل ۴-۹- شکل موج‌های جریان نشتی در سطح ولتاژ ۳۰ کیلوولت و رطوبت نسبی ۹۵ درصد مقره ۱.....۵۳
شکل ۳-۱۰- شکل موج‌های جریان نشتی در سطح ولتاژ ۳۰ کیلوولت و رطوبت نسبی ۷۵ درصد مقره ۴.....۵۴
شکل ۳-۱۱- شکل موج‌های جریان نشتی در سطح ولتاژ ۳۰ کیلوولت و رطوبت نسبی ۸۵ درصد مقره ۴.....۵۵
شکل ۳-۱۲- شکل موج‌های جریان نشتی در سطح ولتاژ ۳۰ کیلوولت و رطوبت نسبی ۹۵ درصد مقره ۴.....۵۵
شکل ۳-۱۳- شکل موج‌های جریان نشتی مقره ۳ در سطح ولتاژهای مختلف ۵۶
شکل ۳-۱۴- شکل موج‌های جریان نشتی مقره‌های ۳ و ۴.....۵۶
شکل ۳-۱۵- تغییرات شکل موج جریان نشتی مقره ۱ به ازای تغییرات رطوبت برای شدت آلودگی ثابت و ولتاژ ۳۰ کیلوولت۵۷
شکل ۳-۱۶- نمودار تغییرات پیک جریان نشتی در رطوبت‌های مختلف ۵۸
شکل ۳-۱۷- نمودار تغییرات شکل موج جریان نشتی مقره شماره ۲ بر حسب ولتاژ اعمالی برای آلودگی متفاوت به ازای سطح رطوبت متفاوت.....۵۹
شکل ۳-۱۸- تغییرات مولفه‌های هارمونیکی جریان نشتی به ازای تغییرات شدت آلودگی برای رطوبت ۷۷٪ و ولتاژ ۳۰ کیلوولت مقره شماره ۱.....۶۲
شکل ۳-۱۹- تغییرات مولفه‌های هارمونیکی جریان نشتی به ازای تغییرات رطوبت به ازای آلودگی سنگین و ولتاژ ۳۰ کیلوولت مقره شماره ۱.....۶۴
شکل ۴-۱- (a) نمایی از عایق با لایه آلودگی، باند خشک و (b) مدار معادل مقره آلوده.....۷۶
شکل ۴-۲- مدار معادل الکتریکی مقره آلوده.....۷۹
شکل ۴-۳- مدل ولتاژ بحرانی در مقایسه با نتایج تجربی و پاسخ مدل [۴۷].....۸۶
شکل ۴-۴- ولتاژ بحرانی بر حسب مقاومت لایه آلوده رابطه (۴-۳۵) ۸۷
شکل ۴-۵- ولتاژ بحرانی بر حسب فاصله خزشی، رابطه (۴-۳۵) ۸۸
شکل ۴-۶- جریان بحرانی مقره بر حسب مقاومت لایه آلودگی رابطه (۴-۳۴).....۸۸
شکل ۴-۷- مدل ولتاژ بحرانی مقره ۲ با استفاده از روابط (۴-۳۵)، (۴-۳۶) و [۴۷].....۹۰

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۲-۱- طبقه‌بندی مناطق بر حسب سطح آلودگی محیط ۱۱

جدول ۲-۲- مقایسه روش‌های مختلف سنجش آلودگی مقره ۱۸

جدول ۳-۱- مشخصات مقره‌های مورد مطالعه ۳۶

جدول ۳-۲- رابطه بین شوری، چگالی و هدایت حجمی محلول در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد ۴۱

جدول ۳-۳- ضریب دمایی بازاء دماهای مختلف ۴۲

جدول ۳-۴- رابطه تقریبی بین درجه آلودگی و هدایت حجمی محلول سنگ چخماخ در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد ۴۴

جدول ۳-۵- رابطه تقریبی بین درجه آلودگی و هدایت حجمی محلول کائولین در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد ۴۵

جدول ۳-۶- مقدار نمک و کائولین در محلول آلودگی‌های مختلف ۴۶

جدول ۳-۷- درجه‌بندی آلودگی‌های مختلف بر حسب ESDD مطابق استاندارد IEC60815 ..... ۴۹

جدول ۳-۸- نتایج هدایت‌سنجی و تعیین نوع آلودگی ۵۰

جدول ۳-۹- اندازه هارمونیک سوم و پنجم جریان نشتی مقره شماره ۱ ..... ۶۵

جدول ۳-۱۰- اندازه هارمونیک سوم و پنجم جریان نشتی مقره شماره ۲ ..... ۶۵

جدول ۳-۱۱- اندازه هارمونیک سوم و پنجم جریان نشتی مقره شماره ۳ ..... ۶۶

جدول ۳-۱۲- اندازه هارمونیک سوم و پنجم جریان نشتی مقره شماره ۴ ..... ۶۷

جدول ۳-۱۳- اندازه هارمونیک سوم و پنجم جریان نشتی مقره شماره ۵ ..... ۶۷

جدول ۳-۱۴- اندازه هارمونیک سوم و پنجم جریان نشتی مقره شماره ۶ ..... ۶۸

جدول ۳-۱۵- THD مقره‌های تست شده در سطوح آلودگی متفاوت در رطوبت ۷۵٪ ۶۹

جدول ۳-۱۶- میزان ولتاژ بحرانی اندازه‌گیری شده مقره‌ها در سطح آلودگی و رطوبت‌های مختلف ۷۱

پیش گفتار

مقره‌ها یکی از تجهیزات اصلی خطوط هوایی انتقال نیرو بوده که وظیفه نگهداری هادی‌های خطوط، ایجاد ایزولاسیون عایقی را بر عهده دارند. مقره‌های زنجیره‌ای به علت داشتن استقامت مکانیکی بالا، نصب و بهره‌برداری آسان و هزینه‌ی پایین، بطور گسترده در خطوط هوایی با ولتاژ بالا مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند. مقره‌های زنجیره‌ای شامل دو یا چند واحد مقره می‌باشند که بطور سری به یکدیگر متصل می‌گردند. با افزایش سطح ولتاژ، تعداد مقره‌ها افزایش می‌یابد. افزایش قابلیت اطمینان، ایمنی سیستم و تداوم برق‌رسانی، به عملکرد صحیح مقره‌ها وابسته است.

مقره‌های خطوط هوایی بعلت استقرار در فضای آزاد و بدون حفاظ، دائما تحت تاثیر شرایط محیطی قرار دارند. تجربه نشان داده شده است که عدم توجه به تاثیرات محیطی و آب و هوایی باعث می‌گردد جرقه سطحی و یا شکست الکتریکی به دفعات در مقره‌ها رخ دهد و بروز این خطاها سبب کاهش کیفیت توان و قابلیت اطمینان شبکه گردد. یکی از پارامترهای محیطی که تاثیر بسزایی بر عملکرد مقره‌ها و همچنین طراحی ایزولاسیون خطوط انتقال دارد آلودگی است. وجود آلودگی توام با رطوبت بر روی سطح مقره‌ها، سبب کاهش مقاومت سطحی مقره‌ها و افزایش جریان نشتی عبوری از سطح آن می‌گردد بطوریکه ضمن گرم کردن و ایجاد باند خشک، مقدمات وقوع پدیده‌ی قوس الکتریکی را فراهم می‌آورد. بنابراین اهمیت بالای مسائل مربوط به آلودگی و مشکلات ناشی از آن بر روی مقره‌ها سبب گردیده است تا در سالیان اخیر تحقیقات متعددی در خصوص چگونگی عملکرد و رفتار مقره‌ها در مناطق آلوده صورت پذیرد. در این تحقیقات تاثیر پارامترهایی نظیر میزان و نوع آلودگی، یکنواختی و یا عدم یکنواختی آلودگی بر عواملی همچون طیف جریان نشتی، توزیع ولتاژ و وقوع تخلیه‌های الکتریکی (کرونا) جهت پایش عملکرد مقره‌ها مورد تحلیل قرار گرفته است. در این پژوهش، تاثیر شدت آلودگی بر شکل موج جریان نشتی و اندازه ولتاژ بحرانی مقره‌های آویزی چینی و شیشه‌ای در شرایط خشک و مرطوب با استفاده از آزمایشات عملی و شبیه‌سازی بررسی شده است. در نهایت مدلی الکتریکی و ریاضی برای پیش‌بینی پارامترهای بحرانی مقره آلوده ارائه گردیده است.

در فصل اول این پژوهش انواع مقره‌های مورد استفاده در خطوط هوایی انتقال نیرو، مزایا و معایب آنها مرور شده است. همچنین تنش‌های وارده بر مقره مورد بررسی اجمالی قرار گرفته و از میان آنها تنش محیطی، به‌خصوص آلودگی، به تفصیل مورد ارزیابی قرار گرفته است درضمن در این فصل روش‌های مختلف سنجش آلودگی مقره‌ها بررسی شده و مزایا و معایب هر یک بیان گردیده است. در فصل دوم مروری بر مدل‌های ارائه شده مقره آلوده شده است. در فصل سوم چگونگی اندازه‌گیری شکل موج جریان نشتی و ولتاژ بحرانی مقره‌ها بیان شده و تاثیر شدت آلودگی بر پارامترهای جریان نشتی نظیر مقدار پیک، مولفه‌های هارمونیکی، اعوجاج هارمونیکی کل و اندازه ولتاژ بحرانی مورد تحلیل قرار گرفته است. در فصل چهارم مدلسازی الکتریکی و ریاضی شکست الکتریکی مقره آلوده مطالعه شده است. همچنین پارامترهای مدار معادل الکتریکی استخراج و مدل ریاضی پارامترهای بحرانی مقره آلوده تعیین گردیده است. در ادامه با استفاده از مدل‌های ریاضی ارائه شده پیشین و نتایج تجربی، پاسخ مدل ارائه شده با نتایج قبل مقایسه پرداخته شده است. در فصل پنجم نیز نتیجه‌گیری و پیشنهادات برای ادامه کار حاضر بیان می‌شود.

فصل اول :

تعریف مسئله و اهداف

۱-۱- مقدمه

مقره یا ایزولاتور، به وسیله یا ابزاری گفته می شود که دارای مقاومت الکتریکی بالایی بوده و بین هادی‌های برقدار و سازه‌های نگه دارنده و یا بین دو هادی برقدار قرار می‌گیرند. مقره علاوه بر عایق نمودن هادی نسبت به پایه (و همچنین نسبت به زمین)، ارتباط مکانیکی هادی و زمین را نیز تشکیل می‌دهد. افزایش قابلیت اطمینان، ایمنی سیستم و تداوم برق‌رسانی به عملکرد صحیح مقره‌ها بستگی مستقیم دارد. در شبکه‌های توزیع و انتقال، طراحی مطلوب و مناسب ایزولاسیون ضرورت دارد، بگونه‌ای که هر گونه سهل‌انگاری در طراحی ایزولاسیون، ممکن است منجر به بهره‌برداری نامطلوب از شبکه و بروز خسارات پرهزینه گردد.

خطوط انتقال هوایی به علت عبور از مناطق مختلف، همواره در معرض شرایط جوی متغیری قرار دارند که در این میان مقره‌های خطوط را می‌توان یکی از آسیب‌پذیرترین بخش سیستم انتقال هوایی قلمداد نمود. در این راستا، آلودگی عامل محیطی بسیار مهمی می‌باشد که بر عملکرد مقره‌ها تاثیر می‌گذارد. با توجه به تاثیر آلودگی بر عملکرد مقره‌های خطوط هوایی، اندازه‌گیری و سنجش میزان آلاینده‌های مستقر بر این مقره‌ها حائز اهمیت می‌باشد که نتایج حاصله در انتخاب مناسب ایزولاسیون، تعیین دوره تعمیر و نگهداری و استفاده مؤثر از روش‌های مقابله با شکست الکتریکی ایزولاسیون ناشی از آلودگی مورد نیاز می‌باشد. لذا با توجه به این موضوع، از گذشته معیارها و روش‌های مختلفی برای ارزیابی میزان آلودگی مستقر بر روی مقره‌ها در مناطق مختلف پیشنهاد و بکار گرفته شده است که هریک دارای مزایا و معایبی می‌باشند. این روش‌ها گاهاً بسته به محیط‌های مختلف با تغییراتی در روش اجرا نیز روبرو شده‌اند تا دقیق‌ترین پاسخ را داشته باشند.

۱-۲- تعریف مسئله

مقره های فشار قوی ، یکی از تجهیزات حیاتی و بسیار مهم در شبکه های الکتریکی محسوب می شوند بطوریکه بخشی از هزینه های احداث و بهره برداری یک خط هوایی،به خریداری، حمل و نقل، نصب و تعویض این تجهیز تخصیص می یابد. وجود هر نوع مشکل یا خرابی در مقره ها،ضمن خروج بخشی از شبکه، هزینه هایی را به شرکت های برق تحمیل نموده و موجب کاهش قابلیت اطمینان سیستم می شود. عامل اصلی پیرشدگی و تخریب اکثر مقره ها،جریان خزشی می باشد که یکی از عوامل اصلی آن، کاهش مسیر خزش مقره ناشی از استقرار آلودگی ها بر روی سطح خارجی آن می باشد.از انواع آلاینده ها می توان به آلودگی شیمیایی،صنعتی،کشاورزی،گردوغبار و حتی برف که در مناطق سرد بر سطح مقره ها می نشیند اشاره نمود. در این شرایط افزایش جریان خزشی بر روی سطح مقره می تواند موجبات بروز رفتار الکتریکی غیرمتعارف مقره، شکست سطحی و قوس الکتریکی شود.در مراجع و مستندات علمی، مدل های الکتریکی مختلفی برای مقره ها پیشنهاد شده است. مدل الکتریکی یک مقره تمیز در مقایسه با یک مقره آلوده و یا پوشیده از برف متفاوت می باشد.غالب این تفاوتها در بدست آوردن ثوابت قوس الکتریکی می باشد که تاکنون برای الکترولیت های مختلف همچون نمک ارائه گردیده است.دلیل این اختلاف ناشی از روش ریاضی متفاوت و نوع مقره ای است که هر کدام برای مدل خود در نظر گرفته اند.در تمامی تحقیقات انجام شده تطابق زیادی بین مقادیر بدست آمده از آزمایشات و نتایج حاصل از مدل ریاضی آنها وجود دارد.دلیل بدست آوردن مدل ریاضی برای عملکرد مقره آلوده در هنگام قوس الکتریکی،رسیدن به نتایج مورد نظر در سریع ترین زمان و با کمترین هزینه است.آلودگی مورد نیاز برای انجام آزمایشات به دو روش مصنوعی، مه نمکی و لایه جامد که دارای غلظت های متفاوتی می باشند،انجام می گردد.در استانداردهای IEC815، IEEE و CIGRE به جهت مقایسه شدت آلودگی، آلودگی ها به هفت دسته غیر آلوده،آلودگی خیلی سبک،سبک،متوسط،سنگین و خیلی سنگین تقسیم بندی شده است که واحد اندازه گیری آن میلی

گرم بر سانتی متر مربع میباشد.آزمایشات انجام شده بر روی مقره پوشیده از برف نشان داده است که برف به شکل مقاومت غیرخطی عمل نموده و مقاومت واحد طول آن تابع پارامترهای مختلفی همچون شکل مقره بوده و جریان نشتی عبوری از آن نیز رابطه غیرخطی با ولتاژ اعمالی به آن دارد. همچنین بسته به شرایط و میزان آلودگی و شکل هندسی مقره،لایه آلودگی بصورت مقاومت غیرخطی مدل می شود که علاوه بر ابعاد و هندسه مقره،به ولتاژ اعمالی وابسته می باشد.ضمناً دمای سطح مقره و دمای بین مقره و لایه آلودگی، تحت تأثیر عبور جریان، افزایش می یابد. این امر منجر به افزایش طول باند خشک شده و احتمال وقوع قوس الکتریکی را افزایش می دهد. این مدل ها می توانند کمک شایانی در بررسی عملکرد مقره ها، بهبود شکل مقره ها، طراحی ایزولاسیون سیستم و یا پیش بینی احتمال وقوع قوس الکتریکی و مطالعات خسارات ناشی از ضعف در مقره را برای پژوهشگران و شرکت های برق فراهم سازد.شبیه سازی مدل های ریاضی و تعیین ثابت های قوس الکتریکی و مقایسه آن با نتایج آزمایشگاهی از طریق الگوریتم هایی انجام شده است.در این پایان نامه سعی بر آن خواهد بود تا ضمن بررسی رفتار مقره ها در شرایط محیطی آلوده و مرطوب و تاثیر شکل مقره بر روی عملکرد آن، مدل های الکتریکی و ریاضی و همچنین پیش بینی ولتاژ قوس الکتریکی که برای مقره های تمیز و کارکرده و همچنین مقره هایی که در شرایط آلودگی قرار دارند استخراج و هر یک از آنها مورد آنالیز و بررسی قرار گیرند.

۱-۳- فرضیات پژوهش(پیش فرض‌های پژوهش):

۱. انجام آزمایشات بر روی چند نوع مقره متفاوت تمیز.

۲. بدست آوردن سیگنال جریان نشتی و ولتاژ در طول آزمایشات مقره ها.

۳. آلاینده مورد آزمایش در این پایان نامه نمک است که بصورت محلول در آب می باشد.

۴. مقره های مورد آزمایش در دو نوع چینی و شیشه ای با پروفیل های مختلف خواهد بود.

۵. آلودگی سطح مقره بصورت یکنواخت فرض می گردد.

۱-۴- اهداف پژوهش:

همانطور که بیان شد آلودگیهای سطح مقره باعث وقوع جرقه الکتریکی و کاهش قابلیت اطمینان سیستم شده و موجبات خسارت سطحی مقره هاو خروج خط از شبکه را فراهم می سازد. این امر ضمن کاهش عمر عایقی، موجب صدمه به دیگر تجهیزات خط انتقال می گردد. از این رو هدف اصلی این پایان نامه مطالعه و ارزیابی رفتار الکتریکی مقره آلوده و مدل کردن ریاضی این رفتار و پیش بینی ولتاژ قوس کامل و زمان قوس الکتریکی در انواع مقره ها می باشد.

با توجه به موارد فوق اهداف کلی پایان نامه به صورت زیر دنبال می گردد:

۱. بررسی و مطالعه عوامل موثر بر قوس الکتریکی در مقره های تمیز و آلوده

۲. مدلسازی ریاضی مقره های آلوده با حضور رطوبت با استفاده از نتایج تست های آزمایشگاهی بر حسب شدت شوری.

۳. مدلسازی قوس الکتریکی مقره ها در شرایط رطوبت و آلودگی جامد و تعیین ثوابت قوس الکتریکی با در نظر گرفتن مدار معادل کامل مقره.

۴. پیش بینی ولتاژ قوس الکتریکی مقره و مقایسه با نتایج آزمایشگاهی

ضمنا نتایج حاصله با سایر مراجع و مستندات علمی و استانداردها مقایسه خواهد شد.

۱-۴- جمع‌بندی:

در این فصل کلیات مسئله پیش‌رو و اهداف بازگو گردید ، با فرضیات موجود در زمینه مـذکور بـه یافتن راه‌حل برای حل مشکل پرداخته می‌شود.