



دانشگاه زابل

دانشکده مهندسی

گروه برق

پایان نامه کارشناسی

گرایش: قدرت

عنوان:

تدوین نرم افزار ثبت داده های پایش وضعیت ترانسفورماتور

استاد راهنما: دکتر سید هادی حسینی

نگارش: سولماز بیگدلی

آذر ۹۳

# تقديم به

## جستجوگران خستگی ناپذیر

## حقیقت و زیبایی

## تشکر و قدردانی

اکنون که با تقریر این پایان نامه، تحصیل رشته مهندسی برق-قدرت را در مقطع کارشناسی به پایان میرسانم، بر خود واجب میدانم تا مراتب سپاسگزاری را از اساتید بزرگوارم در گروه برق دانشگاه زنجان خصوصاً استاد راهنمای ارجمندم جناب آقای دکتر سید هادی حسینی که همواره برای بنده و دیگر شاگردانشان استادی صبور و دلسوز بوده اند، به جای آورم. از پدر و مادر مهربانم که

همواره در تمامی مراحل زندگی پشتیبان و حامی ام بوده اند و برای رشد و پرورش من زحمات بسیاری را متحمل شده اند، سپاسگزاری مینمایم. از برادر بزرگوارم جناب آقای مهندس بنیامین علامتی در شرکت ایران ترانسفو که مشوق اصلی من برای ادامه تحصیل و روشنگر حرکت در مسیر کسب علم نافع بوده اند، بسیار سپاسگزارم. از جناب آقای مهندس حمید مهري که در بخش تهیه نرم افزار

سوالات و اشکالات متعددی را صبورانه پاسخ داده و برطرف نمودند، قدردانی مینمایم. همچنین از سرکار خانم رعنا رحمتی بابت راهنمایی های ارزشمندشان در مورد آزمون ها و استانداردهای روغن ترانسفورماتور تشکر می نمایم.

ا... ولی التوفیق

## چکیده

ترانسفورماتور یکی از اجزاء بسیار مهم و گرانقیمت شبکه های قدرت است. پایداری شبکه و قابلیت

اطمینان آن مستلزم عملکرد صحیح و مستمر ترانسفورماتورها می باشد. خروج ناگهانی ترانسفورماتور

از مدار در اثر بروز عیب باعث وارد آمدن خسارات جبران ناپذیر شده و هزینه های مستقیم و غیر مستقیم زیادی را به بهره برداران شبکه های قدرت تحمیل می کند. لزوم تشخیص بموقع عیب هنگام

بروز خطا، شناسایی عیوب پنهان قبل از وقوع خطا و همچنین نگهداری مناسب از ترانسفورماتور

مسایلی هستند که امروزه مبحث گسترده ای با عنوان "ارزیابی وضعیت و مدیریت عمر" را ایجاد کرده

و بسیار مورد توجه صاحبان صنعت و محققین قرار داده اند. از طرفی سهولت و سرعت یک ارزیابی

دقیق و موفقیت آن در اولین گام نیازمند در اختیار داشتن داده های کامل و دسته بندی شده ای است که

در کمترین زمان ممکن بتوان به بخش مورد نیاز آنها دسترسی پیدا کرد. خوشبختانه امروزه با در

اختیار داشتن نرم افزارهای قدرتمندی که برای طراحی و ایجاد بانک های اطلاعاتی مورد استفاده قرار

می گیرند، این امکان میسر شده و این مساله ای است که در این پایان نامه به آن پرداخته شده است. در

حال حاضر در کشور چین نرم افزاری وجود ندارد و امیدواریم حاصل این تحقیق پاسخگویی این نیاز

واقع شود. در اینجا سعی شده است تا با در نظر گرفتن پژوهش هایی که امروزه در کشور بر روی

پایش و ارزیابی وضعیت و مدیریت عمر ترانسفورماتورها در شبکه های قدرت انجام میشود، ابزار

مناسبی با استفاده از نرم افزار اکسس<sup>1</sup> برای جمع آوری یک بانک اطلاعاتی از داده های مربوط به

پایش وضعیت ترانسفورماتورها فراهم شود، بطوریکه خروجی آن، داده های ورودی مناسبی برای یک

سیستم پایش و ارزیابی وضعیت و مدیریت عمر ترانسفورماتور باشد.

## فهرست عناوین

فصل اول: پیشینه موضوع و ضرورت انجام تحقیق-----2

فصل دوم: مبانی فنی و روشهای پایش و ارزیابی وضعیت ترانسفورماتور

1-2- عوامل بروز عیب در ترانسفورماتور-----8

2-2- دسته بندی خطاها و عیوب رایج در ترانسفورماتور-----9

3-2- روشهای تشخیص عیب و ارزیابی وضعیت ترانسفورماتور-----11

1-3-2- تحلیل اطلاعات مهندسی مربوط به قبل از وقوع حادثه-----11

2-3-2- بازرسی فیزیکی پس از وقوع حادثه-----12

3-3-2- انجام آزمایشات لازم برای ارزیابی وضعیت ترانسفورماتور-----13

1- آنالیز گازهای محلول در روغن-----20

1-1- تعیین وضعیت با توجه به میزان گازهای کلیدی-----21

2-1- روش نسبت راجرز برای تحلیل نتایج DGA-----27

3-1- روش مثلث دوال-----29

2- تحلیل پاسخ فرکانسی FRA-----30

3- آزمایشات مربوط به کیفیت عایق جامد (دی الکتریک)

1-3- ضریب تلفات دی الکتریک (DDF)-----34

2-3- اندازه گیری مقاومت عایقی و اندیس پلاریزاسیون-----36

3-3- تحلیل پاسخ دی الکتریک (DRA)-----38

1-3-3- اسپکتروسکوپی در حوزه زمان-اندازه گیری جریان های پلاریزاسیون و

دپلاریزاسیون بر حسب زمان PDC-----39

2-3-3- اسپکتروسکوپی در حوزه فرکانس FDS- اندازه گیری ظرفیت C و ضریب تلفات

دی الکتریک ( $\tan \delta$ ) بر حسب فرکانس-----41

3-3-3- اندازه گیری ولتاژ برگشتی (RVM)-----43

4-3- اندازه گیری درجه پلیمریزاسیون-----44

4- سایر خواص فیزیکی و شیمیایی روغن ترانسفورماتور-----46

1-4- ولتاژ شکست-----48

2-4- کشش سطحی (IFT)-----49

3-4- عدد اسیدی-----49

4-4- ترکیبات فورانی-----50

50-5- میزان آب-----

54-6- اکسیژن-----

55-7- ضریب تلفات دی الکتریک DDF (تأثرت دلتا) ی روغن-----

57-5- اندازه گیری مقاومت DC سیم پیچ-----

58-6- اندازه گیری نسبت تبدیل-----

59-7- اندازه گیری جریان بی باری-----

62- فصل سوم ساختار پایگاه داده طراحی شده-----

75- فصل چهارم نحوه کار با پایگاه داده-----

82- فصل پنجم نتیجه گیری و پیشنهادات برای ادامه کار-----

83- مراجع-----

## فهرست شکلها

شکل 1-1: شمای کلی یک سیستم مانتورینگ

شکل 1-2: ورودیهای مختلف یک بانک اطلاعاتی از داده های پایش وضعیت ترانسفورماتور

شکل 2-1: درصد خطاهای مربوط به اجزاء مختلف ترانسفورماتور

شکل 2-2: فلوجارت مراحل ارزیابی وضعیت ترانسفورماتور بر اساس FIST 3-31

شکل 2-3: نمودار تولید گازهای قابل احتراق بر حسب دمای تقریبی تجزیه روغن

شکل 2-4: مثلث دوال

شکل 2-5: اثر جابجایی محوری در سیم پیچها روی تابع تبدیل ترانسفورماتور

شکل 2-6: اثر جابجایی شعاعی در سیم پیچها روی تابع تبدیل ترانسفورماتور

شکل 2-7: مدار معادل سری یک دی الکتریک

شکل 2-8: مدار معادل موازی یک دی الکتریک

شکل 2-9: نمودار فازوری مدار معادل سری یک دی الکتریک

شکل 2-10: نمودار فازوری مدار معادل موازی یک دی الکتریک

شکل 2-11: شمای کلی پل شرینگ برای اندازه گیری ضریب تلفات دی الکتریک و ظرفیت خازنی عایق

شکل 2-12: خازن سه الکترودی برای اندازه گیری مقاومت داخلی عایق

شکل 2-13: شمای کلی مدار اندازه گیری جریانهای پلاریزاسیون و دپلاریزاسیون

شکل 2-14: تغییرات جریانهای پلاریزاسیون و دپلاریزاسیون بر حسب زمان به ازای رطوبت های مختلف یک

نمونه پرسبورد 2mm

شکل 2-15: تغییرات ضریب تلفات دی الکتریک بر حسب فرکانس به ازای رطوبت های مختلف یک نمونه

پرسبورد 2mm

شکل 2-16: تغییرات ظرفیت خازنی بر حسب فرکانس به ازای رطوبت های مختلف یک نمونه پرسبورد 2mm

شکل 2-17: نمودار تغییرات ولتاژ و جریان در مدار اندازه گیری ولتاژ برگشتی

شکل 2-18: ساختار شیمیایی سلولز

شکل 2-19: ضریب تصحیح دمایی بر حسب دما برای محاسبه مقدار آب موجود در روغن در دمای مبنای 20°C

شکل 2-20: تغییرات حلالیت آب در روغن با دما برای روغن نو و روغن پیر شده

شکل 2-21: تغییرات مقاومت عایقی روغن بر حسب دما

شکل 3-1: نحوه ارتباط میان جداول در بانک اطلاعاتی طراحی شده

شکل 3-2: تصویر فرم تهیه شده برای ثبت داده های مربوط به اندازه گیری گازهای محلول در روغن

شکل 3-3: تصویر فرم تهیه شده برای ثبت داده های حاصل از تحلیل پاسخ فرکانسی

شکل 3-4: تصویر فرم تهیه شده برای ثبت داده های حاصل از تستهای فیزیکی و شیمیایی روغن

شکل 3-5: تصویر فرم تهیه شده برای ثبت داده های حاصل از تست اندازه گیری نسبت تبدیل

شکل 3-6: تصویر فرم تهیه شده برای ثبت داده های حاصل از تست اندازه گیری مقاومت DC سیم پیچها

شکل 3-7: تصویر فرم تهیه شده برای ثبت داده های حاصل از تست اندازه گیری تانژانت دلتا

شکل 3-8: تصویر فرم تهیه شده برای ثبت داده های حاصل از تست اندازه گیری مقاومت عایقی (مگر)

شکل 3-9: تصویر فرم تهیه شده برای ثبت وضعیت رله های پست

شکل 3-10: تصویر فرم تهیه شده برای ثبت وضعیت رله های ترانسفورماتور

شکل 3-11: تصویر فرم تهیه شده برای ثبت دمای روغن و سیم پیچها

شکل 3-12: تصویر فرم تهیه شده برای ثبت نتایج تست جریان بی باری

شکل 3-13: تصویر فرم تهیه شده برای ثبت توقف های ایجاد شده در عملکرد ترانسفورماتور

شکل 3-14: تصویر گزارش نتایج DGA برای یک ترانسفورماتور معین در یک بازه زمانی دو روزه

شکل 3-15: تصویر گزارش نتایج تحلیل پاسخ فرکانسی برای یک ترانسفورماتور معین در یک بازه زمانی دو روزه

شکل 4-1: پنجره ورودی نرم افزار

شکل 4-2: پنجره ورود اطلاعات

شکل 4-3: تصویر فرم تهیه شده برای ثبت داده های حاصل از تست اندازه گیری مقاومت عایقی (مگر)

اطلاعات

شکل 4-5: وارد کردن عبارت جستجو در پنجره ورود اطلاعات

شکل 4-6: پنجره جستجوی گزارشات



## فهرست جداول

جدول 2-1: موضوعات مورد بررسی در بخش تحلیل اطلاعات مهندسی

جدول 2-2: موضوعات مورد بررسی در بخش بازرسی های فیزیکی

جدول 2-3: برخی از مهمترین تستهای ارزیابی وضعیت ترانسفورماتور و قابل انجام در حالت برقداری

جدول 2-4: برخی از مهمترین تستهای ارزیابی وضعیت ترانسفورماتور و قابل انجام در حالت بی برقی

جدول 2-5: اولویت بندی نتایج بدست آمده از تستها برای تشخیص عیب

جدول 2-6: دسته بندی بازرسی ها و تستهای لازم برای ارزیابی وضعیت ترانسفورماتور بر اساس FIST 3-31

جدول 2-7: دسته بندی حدود غلظتهای گازهای کلیدی محلول در روغن بر حسب ppm

جدول 2-8: اقدامات پیشنهادی بر اساس گازهای محلول قابل احتراق

جدول 2-9: دسته بندی وضعیتهای مختلف خطا در ترانسفورماتور بر اساس گازهای کلیدی در IEC 60599

جدول 2-10: نسبتهای راجرز برای تحلیل نتایج DGA

جدول 2-11: درصد گازهای کلیدی متناظر با محدوده های مختلف مثلث دوال

جدول 2-12: وضعیت عایق سلولزی بر حسب درجه پلیمریزاسیون بر اساس IEC 60450

جدول 2-13: ویژگیهای روغن ترانسفورماتور و روشهای اندازه گیری آنها بر اساس IEC 60422

جدول 2-14: وضعیت عایق سلولزی بر حسب درصد اشباع نسبی آب در روغن بر اساس IEC 60422

جدول 2-15: توزیع آب میان روغن و عایق سلولزی بر حسب دما

جدول 2-16: جمع بندی و دسته بندی انواع عیوب ترانسفورماتور و روشهای مناسب برای تشخیص آنها

# پایان نامه کارشناسی

## فصل اول

### پیشینه موضوع و ضرورت انجام تحقیق

ترانسفورماتور یکی از اجزاء بسیار مهم و گرانقیمت شبکه های قدرت است. پایداری شبکه و قابلیت اطمینان آن مستلزم عملکرد صحیح و مستمر ترانسفورماتورها می باشد. خروج ناگهانی ترانسفورماتور از مدار در اثر بروز عیب باعث وارد آمدن خسارات جبران ناپذیر شده و هزینه های مستقیم و غیر مستقیم زیادی را به بهره برداران شبکه های قدرت تحمیل می کند. هزینه های ناشی از بی برقی در صنایعی مانند ذوب فلزات یا در مجتمع های پتروشیمی و پالایشگاهی گاهی به مرز چند میلیارد ریال در ساعت می رسد. هر چقدر تشخیص عیب منجر به بی برقی در ترانسفورماتور سریعتر و دقیقتر صورت گیرد رفع آن نیز با سرعت و سهولت بیشتری انجام شده و خسارات ناشی از آن کمتر خواهد بود.

از طرفی تشخیص خطاها و عیوب پنهان که با وجود آنها ترانسفورماتور هنوز به کار خود ادامه می دهد و موجب عملکرد رله های حفاظتی آن نشده است، امکان پیش بینی وقوع خطا را فراهم کرده و موجب می شود تا بهره بردار با انجام اقدامات مناسب در صورت امکان بدون بی برقی کردن ترانسفورماتور عیب را برطرف کرده و یا در صورت عدم امکان برطرف نمودن عیب برنامه ریزی های لازم را برای خارج کردن ترانسفورماتور از شبکه جهت تعمیر یا تعویض آن انجام دهد.

از سویی دیگر نگهداری مناسب و انجام رسیدگی ها و سرویس های بموقع موجب افزایش عمر ترانسفورماتور می گردد و به بهره بردار فرصت استفاده بیشتری از این المان گرانقیمت را در شبکه قدرت داده و از این طریق موجب صرفه جویی در هزینه ها می شود. نگهداری و تعمیرات بر مبنای وضعیت<sup>1</sup> نسل سوم روش های نگهداری و تعمیرات است که از دهه 1970 به تدریج در

صنعت وارد شده است و هسته مرکزی آن پایش وضعیت<sup>2</sup> می باشد.

لزوم تشخیص بموقع عیب هنگام بروز خطا، شناسایی عیوب پنهان قبل از وقوع خطا و همچنین نگهداری مناسب از ترانسفورماتور همگی اجزای تشکیل دهنده مبحث گسترده ای با عنوان "ارزیابی وضعیت و مدیریت عمر" هستند که امروزه بسیار مورد توجه صاحبان صنعت و محققین قرار گرفته است. در واقع یک سیستم ارزیابی و پایش عمر ترانسفورماتور در شبکه ای حاصل از چندین ترانسفورماتور قدرت باید بتواند به سه مساله اساسی زیر پاسخ دهد [6]:

<sup>1</sup> Condition based maintenance  
<sup>2</sup> Condition monitoring

1- تشخیص بموقع خطاي رخ داده و به حداقل رساندن خسارات ناشي از ايجاد وگسترش آن

2- تشخیص خطاهای پنهان در یک ترانسفورماتور و تشخیص ترانسفورماتورهای ضعیف تر

در شبکه

3- ارائه برنامه مدیریت نگهداری و تعمیر یا تعویض ترانسفورماتور

و سه مرحله اساسی برای اجرای چنین سیستمی عبارتند از:

1-پایش وضعیت ترانسفورماتور

2- تشخیص خطاهای آشکار یا عیوب پنهان در ترانسفورماتور

3- ارزیابی وضعیت و عمر ترانسفورماتور

مرحله دوم و سوم یعنی تشخیص خطا و ارزیابی وضعیت، مستلزم اجرای صحیح مرحله اول یعنی پایش وضعیت می باشند. پایش مستمر وضعیت ترانسفورماتور از طریق اندازه گیری و ثبت پارامترهای مختلف وضعیتی، "مانیتورینگ" نامیده میشود. وظیفه اصلی یک سیستم مانیتورینگ در ترانسفورماتور، آشکار کردن نشانه های یک عیب جدید بوجود آمده در ترانسفورماتور است. گذشته

از اینها استفاده از چنین سیستمی مزایای دیگری چون پیش بینی عمر باقیمانده، برنامه ریزی برای بارگذاری مناسب، بررسی امکان اضافه بارگذاری و بهینه سازی عملکرد ترانسفورماتور، کاهش خطرات و صدمات محیط زیستی و افزایش ایمنی کارکنان را نیز به همراه دارد.

یک سیستم مانیتورینگ ترانسفورماتور پارامترهای مهم وضعیتی برای توصیف رفتار ترانسفورماتور در سه بخش حرارتی، الکتریکی و مکانیکی را جمع آوری و ثبت کرده و با داده هایی مانند منحنی بار بر حسب زمان، وضعیت کلید تنظیم ولتاژ، دامنه جریان های اتصال کوتاه و ... ارتباط میدهد. جمع آوری و ثبت پیوسته این پارامترها به دو روش "همزمان با بهره برداری"<sup>3</sup> و

یا "هنگام خروج از مدار"<sup>4</sup> انجام میشود. همچنین بسته به میزان اهمیت یک پارامتر در تشخیص

وضعیت ترانسفورماتور و هزینه های مربوط به مانیتورینگ همزمان با بهره برداری، در مورد نوع جمع آوری داده های مربوط به آن پارامتر تصمیم گیری میشود. به عنوان مثال، امروزه معمولاً کمیت های حرارتی به صورت همزمان با بهره برداری اندازه گیری و پایش میشوند ولی تشخیص عیب در سیم پیچها با استفاده از تابع تبدیل هنگام خروج از مدار صورت می گیرد.

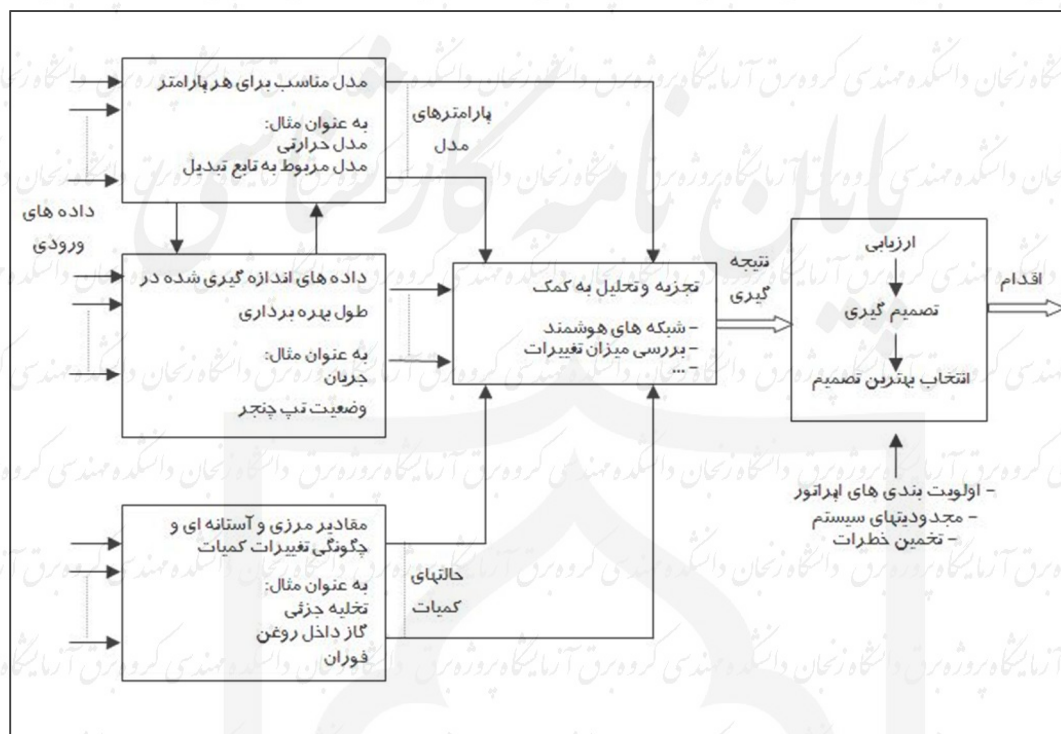
در شکل 1-1 قسمتهای مختلف یک سیستم مانیتورینگ نشان داده شده است. داده های خام ثبت و

جمع آوری شده معمولاً به وسیله مدلهای مناسب به پارامترهای قابل تحلیل تبدیل می شوند. این

<sup>3</sup> Online monitoring

<sup>4</sup> Offline monitoring

پارامترها در کنار اطلاعات مربوط به شرایط کار عادی ترانسفورماتور و همچنین مقادیر مرزی و آستانه ای کمیتها تجزیه و تحلیل می شوند و به کمک روشهای هوشمند مانند منطق فازی، وضعیت ترانسفورماتور ارزیابی شده و در نهایت تصمیمات لازم گرفته می شوند. [3]

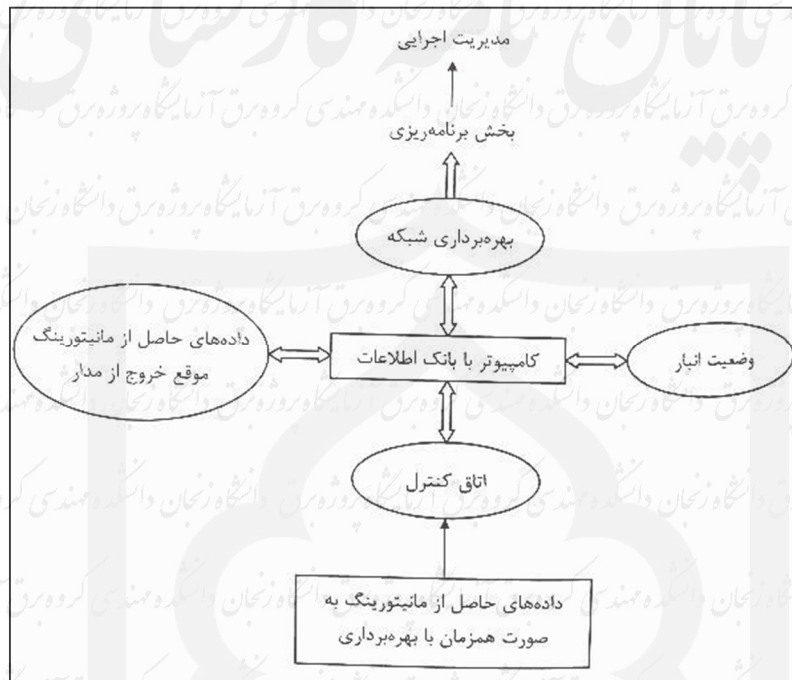


شکل 1-1: شمایی کلی یک سیستم مانیتورینگ

در حال حاضر در داخل کشور، بحث پایش وضعیت و مدیریت عمر فقط برای ترانسفورماتورهای قدرت مورد توجه بهره برداران شبکه های قدرت و صاحبان صنایع قرار دارد. در مورد ترانسفورماتورهای توزیع جمعیت بالایی این ترانسفورماتورها و مشکلات و مسایلی که برای جمع آوری داده های مربوط به آنها وجود دارد این کار توجیه اقتصادی ندارد.

در هر حال حتی فقط با در نظر گرفتن ترانسفورماتورهای قدرت موجود در یک شبکه قدرت حجم داده های مورد نیاز برای پایش و ارزیابی وضعیت آنها زیاد خواهد بود. از سوی دیگر سهولت و سرعت یک ارزیابی دقیق و موفقیت آن در اولین گام نیازمند در اختیار داشتن داده های کامل و دسته بندی شده ای است که در کمترین زمان ممکن بتوان به بخش مورد نیاز آنها دسترسی پیدا کرد. خوشبختانه امروزه با در اختیار داشتن نرم افزارهای قدرمندی که برای طراحی و ایجاد بانک های اطلاعاتی مورد استفاده قرار می گیرند، این امکان میسر شده و این مساله ای است که در این پایان نامه به آن پرداخته شده است. در حال حاضر در کشور چنین نرم افزاری وجود ندارد و امیدواریم حاصل این تحقیق پاسخگویی این نیاز واقع شود. در اینجا سعی شده است تا با در نظر گرفتن

پژوهش هایی که امروزه در کشور بر روی پایش و ارزیابی وضعیت و مدیریت عمر ترانسفورماتورها در شبکه های قدرت انجام میشود، ابزار مناسبی با استفاده از نرم افزار اکسس<sup>5</sup> برای جمع آوری یک بانک اطلاعاتی از داده های مربوط به پایش وضعیت ترانسفورماتورها فراهم شود، بطوریکه خروجی آن، داده های ورودی مناسبی برای یک سیستم پایش و ارزیابی وضعیت و مدیریت عمر ترانسفورماتور باشد. شکل 1-2 ورودیهای مختلف چنین بانک اطلاعاتی را نشان می دهد.



شکل 1-2: ورودیهای مختلف یک بانک اطلاعاتی از داده های پایش وضعیت ترانسفورماتور

در فصل دوم این پایان نامه به اختصار به مبانی فنی و روشهای پایش و ارزیابی وضعیت ترانسفورماتورها پرداخته شده است. در فصل سوم ساختار کلی نرم افزار طراحی شده، معرفی شده است. فصل چهارم نحوه کار با نرم افزار برای ورود داده ها و همچنین تهیه گزارشات را شرح می دهد و فصل پنجم نیز به نتیجه گیری و پیشنهادات برای ادامه کار اختصاص دارد.

# پایان نامه کارشناسی

## فصل پنجم

### نتیجه گیری و پیشنهادات برای ادامه کار

اهمیت ترانسفورماتور در شبکه های قدرت، "ارزیابی وضعیت و مدیریت عمر" این تجهیز گرانقیمت

را الزام میکند. اولین و اصلی ترین مولفه در ارزیابی وضعیت ترانسفورماتور، پایش وضعیت از

طریق جمع آوری و ثبت داده های مختلف مربوط به ترانسفورماتور در طول زمان می باشد که در

این پایان نامه مورد توجه قرار گرفته است. داده ها می توانند نتایج بازرسی ها و آزمون های

مختلفی باشند که برای ارزیابی وضعیت ترانسفورماتور به کار میروند و مبانی فنی مهمترین و

رایجترین آنها در فصل دوم این پایان نامه مفصلاً مورد بحث قرار گرفته است. در این مطالعه سعی

شده است تا با استفاده از نرم افزار مایکروسافت اکسس، ابزاری برای ایجاد یک بانک اطلاعاتی از

داده های مختلف مربوط به پایش وضعیت ترانسفورماتور طراحی شود. ساختار کلی این نرم افزار

در فصل سوم و نحوه کار با آن در فصل چهارم تشریح شده است. کار انجام شده در این پایان نامه

اولین قدم در طراحی یک نرم افزار جامع ارزیابی وضعیت و مدیریت عمر ترانسفورماتور میباشد.

چنین نرم افزاری در واقع بایستی دارای دو بخش "جمع آوری و ثبت داده ها و تهیه گزارشات" و

"تحلیل گزارشات و ارزیابی وضعیت" باشد که در این مطالعه قسمت اعظم بخش اول آن اجرا شده

است. در حال حاضر این نرم افزار داده های مربوط به دوازده آزمون مختلف را در برمیگیرد، که

در آینده میتوان برای تکمیل آن امکان ثبت داده های دیگری از جمله سوابق نگهداری و تعمیر

ترانسفورماتور، سوابق آزمون های کارخانه ای، آزمون تخلیه جزئی، درجه پلیمریزاسیون، تحلیل

پاسخ دی الکتریک و ... را نیز در آن ایجاد کرد. گام مهم بعدی که در کارهای آتی بایستی انجام

شود، کار بر روی بخش دوم نرم افزار یعنی "تحلیل گزارشات و ارزیابی وضعیت" میباشد.



## مراجع:

[۱] United States Department of the Interior Bureau of Reclamation; "Facilities, Instructions, Standards and Techniques Volume ۳-۳۱; Transformer Diagnostics"; ۲۰۰۳.

[۲] United States Department of the Interior Bureau of Reclamation; "Facilities, Instructions, Standards and Techniques Volume ۳-۳۰, Transformer Maintenance", Colorado, ۲۰۰۰.

[3] رحیم پور، ابراهیم: "روشهای نوین در مانیتورینگ ترانسفورماتور"، دانشگاه زنجان، 1385.

[۴] E. Kuffel, W.S. Zaengl, J. Kuffel: "High Voltage Engineering Fundamentals", ۲th edition, ۲۰۰۰.

[5] محسنی، حسین: "مبانی مهندسی فشار قوی الکتریکی"، چاپ پنجم، دانشگاه تهران، 1390.

[6] امیدزاده، مهدی: "ارائه الگوریتم مناسب جهت تشخیص خطا و مدیریت عمر ترانسفورماتورها"،

دانشگاه زنجان، 1392.

[۷] IEC ۶۰۵۹۹, "Mineral oil-impregnated electrical equipment in service - Guide to the interpretation of dissolved and free gases analysis", ۲.۱<sup>th</sup> edition, ۲۰۰۷.

[۸] IEC ۶۰۴۲۲, "Mineral insulating oils in electrical equipment-Supervision and maintenance guidance", ۴<sup>th</sup> edition, ۲۰۱۳.

۹- IEEE C۵۷.۱۲۵, "IEEE Guide for Failure Investigation, Documentation and Analysis for Power Transformers and Shunt Reactors", ۱۹۹۱.

[۱۰] IEC ۶۰۰۷۶-۷, "Power transformers-Part ۷: Loading guide for oil-immersed power transformers", ۱<sup>th</sup> edition, ۲۰۰۵.

[۱۱] ASTM D۱۵۰, "Standard Test Methods for AC Loss Characteristics and Permittivity (Dielectric Constant) of Solid Electrical Insulation", ۲۰۰۴.

[۱۲] IEC ۶۰۴۵۰, "Measurement of the average viscometric degree of polymerization of new and aged cellulosic electrically insulating materials", ۲<sup>th</sup> edition, ۲۰۰۴.

[13] مولاناپور، رامین: "خودآموز گام به گام Access 2010"، چاپ اول، تهران، آریا پژوه، 1389.