بسم الله الرحمن الرحيم

٣٤٥٢٥

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران

۱۳۸۰ /۱/ ۱۰

دانشگاه مازندران

دانشکده فنی مهندسی

موضوع :

اندازه گیری، محا سبه، مدلسازی و شبیه سازی تلفات انرژی در خطوط ۲۰ کیلو ولت استان مازندران

جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

رشته مهندسی برق گرایش قدرت

011771

استاد راهنما :

دکتر عبدالحسین طحانی

دکتر قدرت اله حیدری

نگارش :

امیر رضا شکو ه فر

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران

۳۶۵۲۵

آذر ماه ۱۳۷۹

تقدیر و تشکر:

خدای را شکر که شعله شوق تحصیل دانش در قلب من برافروخت و طریق علم آموختن به من بنمود ودری از بوستان دانش برویم بگشود.

در اجرای این پروژه از همکاری و مساعدت شرکت توزیع نیروی برق استان مازندران و سازمان توانیر برخوردار بوده ام که بدینوسیله مراتب سپاس و تشکر خود را از این ارگانها ابراز می دارم. یقیناً این گونه پروژه ها که در واقع تبلور ارتباط بین صنعت و دانشگاه هستند، مقدمه هر گونه پیشرفت در تکنولوژی می باشند و بعنوان نیاز اساسی برای افزایش نوآوری در صنعت کشور به شمار می روند.

همچنین شایسته می دانم از اساتید راهنمای خود جناب آقای دکتر حیدری و جناب آقای دکتر طحانی که با راهنماییهای ارزشمند خود اینجانب را در تمامی مراحل پروژه یاری نمودند تشکر و قدردانی نمایم.

ضمناً لازم می دانم از جناب آقای مهندس یعقوبی مدیر عامل محترم شرکت توزیع نیروی برق استان مازندران، آقای مهندس دهبندی معاونت فنی شرکت توزیع، آقای مهندس درویشی مدیر دفتر فنی و آقای مهندس مجد مدیر دفتر تحقیقات و استانداردهای شرکت توزیع تشکر و قدردانی نمایم. در پایان لازم می دانم از دوست عزیزم آقای حمید رضا عارفپور و کلیه عزیزانی که به نحوی از انحاء من را در انجام این پایان نامه یاری دادند تشکر و قدردانی نمایم.

به امید اینکه برای داشتن ایرانی آبادتر و فردایی بهتر ارتباط بین صنعت و دانشگاه هر چه بیشتر گردد.

شکوه فر ـــ آذرماه ۷۹

تقدیم به :

دو دریای بیکران عشق و محبت

پدر و مادر عزیزم

چکیده:

در این پایان نامه ابتدا به معرفی اجزاء تلفات انرژی در سیستمهای قدرت پرداخته می شود و اشکال مختلف تلفات از دیدگاههای فنی و مدیریتی مورد ارزیابی قرار می گیرد. سپس نحوه محاسبه تلفات انرژی و تأثیر هر یک از پارامترهای محیطی و سیستمی در اندازه آن بیان می شود. در فصل دوم روش مدل سازی تلفات انرژی تشریح خواهد شد و چند نمونه از مدلهای معتبر جهان معرفی می شوند و در ادامه ضریب تلفات بر روی نمونه بارهای در نظر گرفته شده محاسبه می گردد.

در فصل سوم تأثیر دوره زمانی اندازه گیری دیماند در میزان تلفات انرژی بررسی خواهد شد و نتایج تحقیق انجام شده ارائه می گردد. در فصل چهارم شرح دقیق روشها و فنون اجرایی پروژه برای بعضی از خطوط انتخابی بیان می گردد و مسائل و مشکلات فنی که در مسیر انجام پروژه پدیدار شد کالبد شکافی می گردد.

در نهایت در فصل پنجم با توجه به نمونه برداریهای انجام شده از خطوط انتخابی کار مدلسازی تلفات انرژی انجام می گیرد و برای انواع خطوط ۲۰ کیلوولت استان مازندران مدلهای متعددی به همراه میزان دقت آنها بیان می گردد. همچنین در این بخش نحوه شبیه سازی تلفات انرژی برای خطوط ۲۰ کیلوولت با استفاده از نرم افزار MATLAB 5.3 تشریح خواهد شد. لازم به ذکر است که مدلهای ارائه شده در این پروژه بر مبنای اطلاعات ماهیانه انجام گرفته است و مسلماً با افزایش دوره اندازه گیری بزرگتر و انتخاب نمونه های بیشتر می توان به مدلهای بهتر و دقیق تری رسید که البته انجام این مطالعات مستلزم چند سال مطالعه و تحقیق می باشد.

فهرست

فصل اول : شناخت اجزاء و نحوه محاسبه تلفات توان و انرژی در سیستم قدرت

۱-۱) مقدمه ۲

۱-۲) اجزاء تلفات الکتریکی ۳

۱-۲-۱) تلفات بخش فنی ٤

۱-۲-۲) تلفات بخش مدیریتی ۷

۱-۲-۳) تلفات بخش فنی-مدیریتی ۱۱

۱-۳) ماهیت تلفات انرژی ۱٦

۱-۳-۱) تلفات ثابت یا غیر قابل کنترل ۱۷

۱-۳-۲) تلفات متغیر یا قابل کنترل ۱۷

۱-٤) محاسبه تلفات توان و انرژی ۱۸

۱-٤-۱) تغییرات مقاومت هادیها ۲۰

۱-٤-۲) تغییرات توان عبوری از خط ۲۳

۱-٤-۳) تغییرات ولتاژ خط ۲۳

۱-٤-٤) تغییرات ضریب قدرت ۲۳

۱-٥) تقریب روابط ۲٤

۱-٦) ضریب تلفات و ساعت معادل ۲٦

۱-۷) نتیجه گیری ۲۹

فصل دوم : تشریح روش مدل سازی تلفات انرژی

۲-۱) مقدمه ۳۱

۲-۲) مدلهای مختلف ضریب تلفات ۳۱

۲-۲-۱) مدل درجه دوم ساده (مدل اول) ۳۲

۲-۲-۲) مدل نمایی (مدل دوم) ۳۲

۲-۲-۳) مدل درجه دوم کامل (مدل سوم) ۳۳

۲-۲-٤) مدل تطبیقی با تغییرات بار (مدل چهارم) ۳٤

۲-۳) اثبات مدل درجه دوم ضریب تلفات ۳۵

۲-٤) محاسبه ضریب تلفات برای سه نمونه بار مختلف ۳٦

۲-۵) ضریب تلفات در مصارف ویژه ۳۹

۲-٦) دامنه تغییرات تلفات انرژی و ضریب تلفات ٤۱

۲-٦-۱) حداقل ضریب تلفات ٤۲

۲-٦-۲) حداکثر ضریب تلفات ٤۳

۲-۷) رابطه بین درصد تلفات توان و انرژی ٤۷

۲-۸) نتیجه گیری ٤۸

فصل سوم : نقش دیماند مصرف در مدلسازی تلفات انرژی

۳-۱) مقدمه ۵۰

۳-۲) اصول اولیه انشعابات دیماندی ۵۱

۳-۲-۱) تعریف انشعابات دیماندی ۵۱

۳-۲-۲) تعریف لوازم اندازه گیری انشعابات دیماندی ۵۲

۳-۳) دیماندمتر (ماکسیمتر) و انواع آن ۵۳

۳-٤) تعریف دیماند ۵٤

۳-٤-۱) تعریف دیماند از دیدگاه IEEE ۵۵

۳-٤-۲) تعریف دیماند از دیدگاه موسسه NERC ۵۵

۳-۵) بررسی تغییرات دیماند ۵٦

۳-٦) بررسی تغییرات دیماند در کارخانه نئوپان بهشهر ۵۹

۳-۷) تاثیر دیماند در محاسبه ضریب بار و ضریب تلفات ٦۲

۳-۸) دوره اندازه گیری طولانی مدت ٦٤

۳-۸-۱) مزایای دوره اندازه گیری طولانی مدت ٦٤

۳-۸-۲) معایب دوره اندازه گیری طولانی مدت ٦۵

۳-۹) دوره اندازه گیری کوتاه مدت ٦۵

۳-۹-۱) مزایای دوره اندازه گیری کوتاه مدت ٦٦

۳-۹-۲) معایب دوره اندازه گیری کوتاه مدت ٦٦

۳-۱۰) نتیجه گیری ٦۷

فصل چهارم : شرح دقیق روشها و فنون اجرایی پروژه

٤-۱) مقدمه ٦۹

٤-۲) انتخاب چند خط نمونه ۲۰ کیلو ولت ٦۹

٤-۳) معیار انتخاب خطوط توزیع ۲۰ کیلو ولت ۷۰

٤-٤) مشخصات خط نمونه صنعتی ۷۱

٤-٥) مشخصات خط نمونه کشاورزی ٧٢

٤-٦) مشخصات خط نمونه مسکونی ٧٣

٤ـ٧) مشخصات خطوط نمونه مختلط ٧٣

٤-٨) نمونه برداری اطلاعات از خط صنعتی ٧٥

٤-٨-١) تدوین روش اندازه گیری ٧٦

٤-٨-٢) تجزیه و تحلیل پارامترهای نمونه برداری شده ٧٩

٤-٨-٣) محاسبه تلفات انرژی بعد از اصلاح اتصالات RTU ٩٠

٤ـ٩) نتیجه گیری ٩١

فصل پنجم : مدل سازی و شبیه سازی تلفات انرژی

٥-١) مقدمه ٩٣

٥-٢) مدلسازی تلفات انرژی در بارهای صنعتی ٩٣

٥-٢-١) محاسبه ضرائب ثابت مدلهای IEEE ١٠٠

٥-٢-٢) ارائه مدلهای جدید برای ضریب تلفات ١٠٣

٥-٢-٣) بررسی دقت مدلها ١٠٩

٥-٢-٤) شبیه سازی تلفات انرژی در بارهای صنعتی ١١١

٥-٣) مدلسازی تلفات انرژی در بارهای خانگی ١١٥

٥-٣-١) محاسبه ضرائب ثابت مدلهای IEEE ١١٦

٥-٣-٢) ارائه مدلهای جدید برای ضریب تلفات در بارهای خانگی ١١٧

٥-٣-٣) بررسی دقت مدلها ١٢١

۵-٤) مدلسازی تلفات انرژی در بارهای کشاورزی	۱۲۱
۵-٤-۱) محاسبه ضرائب ثابت مدلهای IEEE	۱۲۲
۵-٤-۲) بررسی دقت مدلها	۱۲۲
۵-۵) مدلسازی تلفات انرژی در بارهای مختلط	۱۲۳
۵-۵-۱) محاسبه ضرائب ثابت مدلهای IEEE	۱۲۳
۵-۵-۲) بررسی دقت مدلها	۱۲٤
۵-٦) نتیجه گیری	۱۲٤
نتیجه گیری کلی	۱۲٦
پیشنهادات	۱۲٦
ضمیمه (الف)	۱۲۸
ضمیمه (ب)	۱۳۹
ضمیمه (ج)	۱٤۲
منابع و مآخذ	۱٤۵

فصل اول :

شناخت اجزاء و نحوه محاسبه تلفات توان و انرژی در سیستم های قدرت

۱-۱) مقدمه

در شبکه های برق رسانی درصد قابل توجهی از توان وانرژی تولیدی نیروگاهها در مسیر تولید تا مصرف به هدر میرود. مقدار این تلفات به پارامتر های متعددی از جمله بافت شبکه ، نوع تجهیزات ، چگالی بار ، نوع مصرف ، شکل منحنی مصرف وشرایط آب وهوایی منطقه وابسته می باشد.تنوع وتعدد عوامل موثر در مقدار تلفات سبب می شود که مقدار آن حتی در دو شبکه به ظاهر مشابه و با پیک مصرف یکسان متفاوت باشد.

در تجزیه و تحلیل تلفات ، دو عامل اصلی یعنی تلفات توان وتلفات انرژی باید مشترکاً مورد بررسی قرار گیرند. مقدار تلفات توان در ساعات پیک هر شبکه بطور مستقیم در تعیین ظرفیت مفید نیروگاهها مؤثر می باشد، که این مطلب نشانگر اهمیت بیشتر تلفات توان در مقایسه با تلفات انرژی می باشد. اگر چه امکان محاسبه یا تخمین ماکزیمم تلفات توان بخشی از شبکه در ساعات پیک شبکه سراسری تا حدودی امکان پذیر می باشد، لیکن بدلیل پیچیدگی ناشی از وجود عوامل ناشناخته و غیر قابل اندازه گیری در بین اجزای تلفات ، محاسبه و اندازه گیری آن برای کل مسیر تولید تا مصرف کاری دشوار و در برخی موارد غیر عملی است. به همین دلیل در گزارشات آماری عموماً به تلفات انرژی شبکه ها اشاره میگردد.

از آنجا که تلفات توان تابعی از تغییرات مصرف می باشد، مقدار آن در ساعات مختلف شبانه روز متفاوت است و در برخی از ساعات شبانه روز مقدار آن زیاد و در ساعات دیگر کم می باشد.در یک دوره مشخص ، تلفات انرژی از مجموع تلفات لحظه ای توان به دست می آید و به عبارت دیگر درصد تلفات انرژی بین متوسط تلفات توان در دوره مورد مطالعه می باشد.

بدیهی است درصد تلفات در ساعات پیک به مراتب بیشتر از درصد متوسط تلفات انرژی می باشد.به عنوان مثال درصد متوسط سالیانه تلفات انرژی شبکه سراسری برق با احتساب مصارف داخلی نیروگاهها در حدود ۲۰٪ است . در حالیکه مقدار تلفات در ساعات پیک بر اساس بررسیهای انجام شده حدود ۳۰٪ می باشد.به عبارت دیگر در ساعات پیک حدود ۳۰٪ از ظرفیت نیروگاهها به شکلهای مختلفی در اجزای شبکه به هدر می رود. اهمیت و نقش مؤثر تلفات در برنامه ریزی ، طراحی و بهره برداری اقتصادی شبکه ، انجام مطالعات گسترده در جهت شناسایی و مدلسازی و شناخت اجزای تلفات را ضروری می سازد.

در این فصل اجزای تلفات معرفی وبه اختصار مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار می گیرند ودر فصول آینده روشهای مؤثر مدلسازی تلفات ارائه می گردد.

۱-۲) اجزاء تلفات الکتریکی [۱]

اجزاء تلفات انرژی الکتریکی وسهم هر یک از آنها در کل تلفات سیستم در شبکه های مختلف متفاوت می باشد. بنابراین بررسی تلفات انرژی در هر شبکه و پیشنهاد راهکارهای مناسب جهت کاهش آن مستلزم شناسایی اجزاء مختلف تلفات است. تجزیه وتحلیل تلفات در شبکه های برق، رسانی نشان می دهد که اجزای مؤثر در تلفات بسیار متعدد و متفاوت هستند. با این وجود به طور کلی می توان آنها را به سه دسته اساسی یعنی تلفات ناشی از مسائل فنی ، تلفات ناشی از عوامل مدیریتی و تلفات ناشی از فصل مشترک این دو عامل تقسیم بندی نمود . هر یک از عوامل سه گانه فوق خود به اجزای مختلفی تقسیم می شوند که ذیلاً بدانها اشاره می گردد.

۱-۲-۱) تلفات ناشی از عوامل فنی

این بخش از تلفات تابعی از مشخصات فنی تجهیزات منصوبه در پستها و خطوط انتقال و توزیع نیرو می باشد و در شرایط بهره برداری صحیح ازتأسیسات، قسمت عمده تلفات هر شبکه را به خود اختصاص می دهد. کاهش این نوع از تلفات با حفظ تاسیسات وتجهیزات موجود کاری دشوار و غیر عملی است، مگر اینکه در مدیریت بهره برداری اشکالاتی وجود داشته باشد که طبیعتاً در چنین حالتی ممکن است پس از اصلاحات و رفع آن امکان تعدیل تلفات میسر گردد.تلفات فنی خود از اجزاء مختلفی تشکیل می شودکه اهم آنها به شرح زیر هستند:

- تلفات ژولی در خطوط انتقال و توزیع نیرو

بخش قابل توجهی از انرژی الکتریکی به صورت تلفات ژولی ($R.I^2$) در خطوط انتقال و توزیع نیرو به شکل گرما هدر می رود . مقدار این تلفات تابعی از مقاومت هادیها و جریان عبوری از آنها است . این پارامترها خود به عوامل دیگری بستگی دارند که در بخشهای بعدی به آنها اشاره می گردد. در تمامی شبکه های برق رسانی درصد عمده تلفات سیستم مربوط به این بخش می باشد، گرچه با افزایش قطر هادیها امکان تقلیل تلفات ژول میسر می باشد ، اما اجرای این شیوه در جهت کاهش تلفات همواره قابل توجیه و اقتصادی نیست.

- تلفات در ترانسفورماتورها

بخش دیگری از انرژی الکتریکی در ترانسفورماتورهای شبکه های انتقال و توزیع نیرو به هدر می رود که سهم این بخش از تلفات نیز قابل توجه می باشد . تلفات در ترانسفورماتورها در مقایسه با سایر

تجهیزات الکتریکی بسیار بیشتراست، بطوریکه در شبکه های انتقال و توزیع نیرو می توان سهم سایر تجهیزات در میزان تلفات را در مقابل آن ناچیز فرض کرد. این بخش از تلفات به مشخصات فنی ترانسفورماتورهای موجود در شبکه وابسته می باشد. طبیعتاً با حفظ ترانسهای موجود، امکان تقلیل یا تعدیل این بخش از تلفات میسر نمی باشد مگر اینکه بتوان با مدیریت بهره برداری ، اصلاحاتی را انجام داد .

- تلفات در تجهیزات پستها

علاوه بر ترانسفورماتورها بخشی از تلفات مربوط به سایر تجهیزات پستها از جمله راکتورها ، خازنها و... می باشد. مقدار تلفات تجهیزات مختلف تابعی از مشخصات فنی آنهاست است . مسلماً با حفظ این تجهیزات با مشخصات فعلی نمی توان تغییر چندانی در میزان تلفات آنها بوجود آورد.بنابراین لازم است در ارزیابی تلفات به این عوامل نیز توجه داشت. ضمناً مصارف داخلی اطاق فرمان ، روشنایی محوطه ، ساختمانهای اداری یا دیگر تأ سیساتی که در محوطه پستها قرار دارند نیز مصرف کننده انرژی الکتریکی می باشند که اگر مقادیر آنها اندازه گیری نگردد، به حساب تلفات منظور می شوند .

- تلفات کنتورها

گرچه مصارف داخلی یا تلفات در لوازم اندازه گیری از جمله کنتورها کم و حدود یکی دو وات به ازای هر کنتور است، اما با توجه به تعداد زیاد (میلیونی) کنتورها مجموع تلفات آنها مقدار قابل توجه می باشد و باید در تجزیه و تحلیل تلفات به آن توجه گردد. البته این بخش از تلفات مربوط به شرکتهای توزیع می باشد و تشخیص میزان آن باید بر اساس آزمایشات و مشخصه فنی اولیه تعیین گردد.