بسم الله الرحمن الرحيم

١٠٢١٣١

دانشگاه زنجان

استاد گروه مهندسی برق (قدرت)

پایان نامه کارشناسی ارشد

عنوان :

بررسی میزان تاثیر ترانسفورماتور شیفت دهنده فاز بر روی اندیس‌های قابلیت اطمینـان در سطح تولید و انتقال

۱۳۸۷/۱۹/۹۳

استاد محترم راهنما : **آقای دکتر سید هادی حسینی**

نگارنده : محمد رضا غلامی

۱۰۲۱۳۱

پاییز ۸۷

شماره: ت-م-۲۱۴

تاریخ: ۸۷/۷/۶

پیوست:

بسمه تعالی

دانشگاه زنجان

صورتجلسه دفاع پایان‌نامه تحصیلی دوره کارشناسی‌ارشد

با تأییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عج) جلسه دفاع از پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد خانم/آقای محمد رضا غلامی رشته: مهندسی برق (قدرت) تحت عنوان : بررسی میزان تاثیر ترانسفور ماتور شیفت دهنده فاز بر روی اندیس های قابلیت اطمینان در سطح 2

که در تاریخ ۸۷/۷/۶ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه زنجان برگزار گردید به شرح زیر است:

قبول (با درجه: عالی امتیاز: ۱۹) دفاع مجدد ☐ مردود ☐

۱. عالی (۲۰-۱۸)
۲. بسیار خوب (۱۷/۹۹-۱۶)
۳. خوب (۱۵/۹۹-۱۴)
۴. قابل قبول (۱۳/۹۹-۱۲)

ردیف	عضو هیأت داوران	نام و نام‌خانوادگی	رتبه علمی	امضاء
۱	استاد راهنما	دکتر سید هادی حسینی	استاد یار	
۲	استاد ممتحن	دکتر سعید جلیل زاده	استادیار	
۳	استاد ممتحن	دکتر ابوالفضل جلیلوند	استادیار	
۴	نماینده تحصیلات تکمیلی	دکتر امیر جواد مرادلو	استادیار	

از طرف دکتر شاهپور علیرضایی
معاون آموزشی دانشکده مهندسی

دکتر نعمت اله ارشدی
مدیر تحصیلات تکمیلی دانشگاه

تقدیم به

روح مادرم و پدر بزرگوارم

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از الطاف بی شائبه استاد عالیقدر جناب آقای دکتر **سید هادی حسینی** که در به ثمر رساندن این رساله تمام اهتمام و تلاش را مبذ.ل داشته‌اند تشکر نموده و کامیابی روزافزون را برای ایشان مسئلت دارم.

چکیده

برق رسانی با کیفیت و بدون وقفه به مشترکین از وظایف اصلی شبکه‌های قدرت می‌باشد. میزان تامین نیاز مصرف‌کنندگان با حداقل خاموشی با مفهوم قابلیت اطمینان سنجیده می‌شود. خاموشی‌های اخیر در سیستم قدرت نشانگر این است که جهت برق رسانی بدون وقفه به مشترکین باید توجه بیشتری به اندیس‌های قابلیت اطمینان در شبکه داشت. لذا روش‌هایی که این اندیس‌ها را با دقت و سرعت مناسب محاسبه کند، همواره مورد توجه برنامه‌ریزان بوده است. قابلیت اطمینان در سه سطح تولید، تولید و انتقال و هر سه سطح تولید، انتقال و توزیع قابل بررسی است. تحقیقات انجام شده از روش‌های مختلفی جهت محاسبه اندیس‌های قابلیت اطمینان استفاده کرده‌اند. این تکنیک‌ها به دو دسته کلی تقسیم‌بندی می‌شوند:

I) روش‌های تحلیلی

II) روش‌های شبیه‌سازی

اخیرا از روش‌های هوشمند جهت محاسبه اندیس‌ها استفاده شده است. در این تحقیق از روش‌های هوشمند (الگوریتم ژنتیك و PSO[1]) جهت محاسبه اندیس‌های قابلیت اطمینان در سطح تولید و انتقال HLII استفاده شده است.

دو دسته اصلی از اندیس‌ها در ارزیابی کفایت در سطح HLII وجود دارند. دسته اول از اندیس‌ها، اندیس‌های annualized نام دارند که در محاسبه آنها بار مصرفی هر شین همزمان با مقدار ماکزیمم بار سالانه در نظر گرفته می‌شود. دسته دیگر از اندیس‌ها، اندیس‌های annual نامیده می‌شوند. برای محاسبه این اندیس‌ها مصرف بار هر شین همزمان با منحنی بار سالانه (LDC[2]) برای هر شین در نظر گرفته می‌شود. هر کدام از اندیس‌ها اهمیت خود را دارند. از دسته اول برای مقایسه قابلیت اطمینان دو سیستم مختلف استفاده می‌شود، در حالی که

---

[1] Particle Swarm Optimazation

[2] Load Duration Curve

اندیس‌های دسته دوم برای تعیین مقادیر واقعی اندیس‌ها و شناخت حالات خطای سیستم بکار می‌روند. در این پایان‌نامه هر دو دسته اندیس‌ها محاسبه شده‌اند.

از طرفی با توسعه سریع جمعیت، تقاضای بار به سرعت افزایش پیدا کرده و در نتیجه شبکه‌های انتقال به سرعت افزایش بار پیدا کرده‌اند، که این امر برای قابلیت اطمینان سیستم یک تهدید جدی بشمار می‌رود. بدین جهت شرکت‌های برق راهحل-هایی را جهت افزایش ظرفیت خطوط در نظر گرفته‌اند که یکی از این گزینه‌ها استفاده از ادوات FACTS می‌باشد. ترانسفورماتور شیفت دهنده فاز یکی از پرکاربردترین این ادوات می‌باشد که برای تغییر جهت سیلان جریان و کاهش سیلان حلقوی در سیستم‌های به هم پیوسته به کارمی‌رود، وبه این ترتیب بارگیری خطوط انتقال به هم پیوسته را بهبود بخشیده و متعادل می‌کند. در ادامه این پایان-نامه میزان تاثیر ترانسفورماتور شیفت دهنده فاز (PST[3]) در قابلیت اطمینان سیستم در سطح HLII بررسی شده است.

[3] Phase Shifter Transformer

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه

۱-۱ مقدمه ۲

فصل دوم: قابلیت اطمینان سیستم‌های قدرت

۲-۱ مقدمه..... ۸

۲-۲ تقسیم‌بندی سیستم قدرت از دیدگاه قابلیت اطمینان..... ۹

۲-۲-۱- سطح تولید..... ۱۰

۲-۲-۱-۱ شاخص‌های قابلیت اطمینان در سیستم تولید ۱۲

۲-۲-۲- سطح HLII..... ۱۳

۲-۲-۲-۱ شاخص‌های قابلیت اطمینان در سیستم‌های مرکب ۱۶

۲-۲-۳- سطحHLIII ۱۸

۲-۳- روش‌های محاسبه اندیس‌های قابلیت اطمینان..... ۱۹

۲-۳-۱- روش‌های تحلیلی..... ۲۰

۲-۳-۲- روش‌های شبیه‌سازی ۲۱

۲-۳-۲-۱ شبیه‌سازی مونت‌کارلو..... ۲۱

۲-۳-۳- استفاده از روش‌های هوشمند در محاسبه اندیس‌های قابلیت اطمینان ۲۲

۲-٤- مقایسه روش‌های مختلف محاسبه اندیس‌های قابلیت اطمینان..... ۲۳

فصل سوم: ادوات FACTS

۳-۱- مقدمه..... ۲۶

۳-۱-۱- ضرورت بهبود سیستم‌های قدرت..... ۲۶

۳-۱-۲- نقش ادوات FACTS در سیستم‌های قدرت..... ۲۸

۳-۱-۳- خصوصیات ادوات FACTS..... ۲۸

۳-۱-٤ انواع ادوات FACTS..... ۲۹

۳-۱-٥ سیستم کنترلی ادوات FACTS..... ۳۰

۳-۲ سابقه ادوات FACTS در مطالعات قابلیت اطمینان..... ۳۱

۳ -۳ ترانسفورماتور شیفت دهنده فاز..... ۳۲

۳-۳-۱ شیفت دهنده فاز استاتیکی SPS..... ۳٤

۳-۳-۲ اصول عملکرد SPS..... ۳٥

۳-۳-۳ برخی از مدل‌های SPS..... ۳٦

۳-٤ نتیجه‌گیری..... ٤۲

فصل چهارم: معرفی روش نوین مورد استفاده جهت ارزیابی قابلیت اعتماد

٤-۱- مقدمه..... ٤٤

٤-۲ محاسبه اندیس‌های Annualized توسط روش‌های هوشمند..... ٤٤

٤-۳ محاسبه اندیس‌های سالانه قابلیت اطمینان با روش نوین..... ٤۷

٤-۳-۱ساختار الگوریتم..... ٥۳

٤-٤ در نظر گرفتن ترانسفورماتور شیفت دهنده فاز در محاسبه قابلیت اطمینان..... ٥٩

٤-٥ نتیجه‌گیری..... ٦٠

فصل پنجم: اعمال برنامه بر روی شبکه نمونه

٥-١- مقدمه..... ٦٣

٥-٢ اطلاعات شبکه نمونه..... ٦٣

٥-٢-١ شبکه RBTS..... ٦٣

٥-٢-٢ شبکه RTS..... ٦٥

٥-٣ محاسبه اندیس‌های قابلیت اطمینان با استفاده از الگوریتم‌های ژنتیک و PSO..... ٦٨

٥-٣-١ استفاده از الگوریتم ژنتیک برای محاسبه اندیس‌ها در سطح HLII..... ٦٨

٥-٣-٢ استفاده از الگوریتم PSO برای محاسبه اندیس‌ها در سطح HLII..... ٧١

٥-٤ محاسبه اندیس‌ها با در نظر گرفتن ترانسفورماتور شیفت دهنده فاز..... ٧٣

٥-٥ استفاده از روش نوین برای محاسبه اندیس‌های سالانه..... ٧٤

٥-٦ محاسبه اندیس‌های سالانه با در نظر گرفتن ترانسفورماتور شیفت دهنده فاز..... ٧٩

٥-٧ نتیجه‌گیری..... ٨٤

فصل ششم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات

٦-١- مقدمه..... ٨٦

٦-٢- پیشنهادات.....٨٧

فهرست اشکال

فصل دوم: قابلیت اطمینان سیستم‌های قدرت

شکل۲-۱: سطوح مختلف بررسی قابلیت اطمینان.....۱۰

شکل ۲-۲ مدل محاسبه شاخص‌های قابلیت اطمینان در سیستم تولید
.....۱۲

شکل ۲-۳: الگوریتم محاسبه شاخص‌های قابلیت اطمینان در سیستم مرکب.....۱۵

فصل سوم: ادوات FACTS

شکل۳-۱: شماتیک یک SPS b : فازورهای مولفه‌های اصلی ولتاژ c : نمایش سمبولیک یک SPS.....۳۵

شکل ۳-۲: a : شماتیک SPS نوع b A : فازورهای مولفه‌های اصلی ولتاژ....۳۷

شکل ۳-۳: a : شماتیک SPS نوع b B : فازورهای مولفه‌های اصلی ولتاژ....۳۷

شکل ۳-٤: a : شماتیک SPS نوع b C : فازورهای مولفه‌های اصلی ولتاژ...۳۹

شکل ۳-٥: a : شماتیک SPS نوع b C : فازورهای مولفه‌های اصلی ولتاژ....۳۹

شکل ۳-٦: شماتیک SPS نوع D.....٤٠

فصل چهارم: معرفی روش نوین مورد استفاده جهت ارزیابی قابلیت اعتماد

شکل٤-۱: فلوچارت مراحل مختلف محاسبه اندیس‌های قابلیت اطمینان در سطح HLII با استفاده از روش‌های هوشمند.....٤٧

شکل ٤-٢: یک کرومزوم (ذره) نمونه شامل ٢٠ ژن (متغیر)..... ٤٧

شکل ٤-٣: یك نمونه نمودار ILDC ٥٠

شکل ٤-٤: یك نمونه نمودار ELDC ٥١

شکل ٤-٥: نحوه محاسبه EENS و LOLE از روی منحنی CMELDC..... ٥٣

شکل ٤-٦: فلوچارت مراحل مختلف محاسبه اندیس‌های قابلیت اطمینان در سطح HLII با استفاده از CMELDC..... ٥٦

شکل ٤-٧: یک کرومزوم (ذره) نشان دهنده حالت نرمال شبکه..... ٥٧

فصل پنجم: اعمال برنامه بر روی شبکه نمونه

شکل ٥-١: نمودار تک خطی شبکه RBTS..... ٦٤

شکل ٥-٢: اطلاعات بار شبکه RBTS..... ٦٤

شکل ٥-٣: اطلاعات واحدهای تولیدی شبکه RBTS..... ٦٥

شکل ٥-٤:اطلاعات خطوط انتقال شبکه RBTS..... ٦٥

شکل ٥-٥: نمودار تک خطی شبکه RTS..... ٦٦

شکل ٥-٦: اطلاعات بار شبکه RTS..... ٦٧

شکل ٥-٧: اطلاعات واحدهای تولیدی شبکه RTS ٦٧

شکل ٥-٨: اطلاعات خطوط انتقال شبکه RTS..... ٦٨

شکل۵-۹: یک کرومزوم نشان دهنده حالت خطا با بیشترین احتمال برای شبکه RBTS.....۷۰

شکل ۵-۱۰:منحنی CMELDC مربوط به باس ۲ شبکه RBTS.....۷۵

شکل ۵-۱۱:منحنی CMELDC مربوط به باس ۳ شبکه RBTS.....۷۵

شکل ۵-۱۲:منحنی CMELDC مربوط به باس ٤ شبکه RBTS.....۷٦

شکل ۵-۱۳:منحنی CMELDC مربوط به باس ٥ شبکه RBTS.....۷٦

شکل ۵-۱٤:منحنی CMELDC مربوط به باس ٦ شبکه RBTS.....۷٦

شکل ۵-۱٥:منحنی CMELDC مربوط به باس ۲ شبکه RTS.....۷۸

شکل ۵-۱٦:منحنی CMELDC مربوط به باس ۳ شبکه RTS.....۷۸

شکل ۵-۱۷:منحنی CMELDC مربوط به باس ٤ شبکه RTS.....۷۸

شکل ۵-۱۸:منحنی CMELDC مربوط به باس ۷-۹ شبکهRTS.....۷۹

شکل ۵-۱۹: منحنی CMELDC مربوط به باس ۲ با در نظر گرفتن PST در خط۱.....۸۰

شکل ۵-۲۰: منحنی CMELDC مربوط به باس ۳ با در نظر گرفتن PST در خط ۱.....۸۰

شکل ۵-۲۱: منحنی CMELDC مربوط به باس ٤ با در نظر گرفتن PST در خط ۱ ..... ۸۱
شکل ۵-۲۲: منحنی CMELDC مربوط به باس ۵ با در نظر گرفتن PST در خط ۱ ..... ۸۱
شکل ۵-۲۳: منحنی CMELDC مربوط به باس ٦ با در نظر گرفتن PST در خط ۱ ..... ۸۱

فهرست جداول

فصل سوم: ادوات FACTS

جدول ۳-۱: مدهای عملکرد برای انواع SPS ٤۱

فصل پنجم: اعمال برنامه بر روی شبکه نمونه

جدول ۵-۱ :مقایسه نتایج حاصل از GA با از تکنیک‌های مختلف از روش مونت-کارلو در شبکه RBTS ٦۹

جدول ۵-۲: مقایسه نتایج حاصل از GA در شبکه RTS ۷۰

جدول ۵-۳ :مقایسه نتایج حاصل از PSO بهبود یافته با از تکنیک‌های مختلف از روش مونت‌کارلو ۷۱

جدول ۵-٤ :نتایج حاصل از اعمال دو الگوریتم ژنتیک و PSO در تکرارهای برابر در شبکه BTS ۷۲

جدول ۵-۵ :نتایج حاصل از اعمال دو الگوریتم ژنتیک و PSO در تکرارهای برابر در شبکه RTS ۷۲

جدول ٥-٦: نتایج حاصل از در نظر گرفتن PST.....٧٣

جدول ٥-٧: نتایج حاصل از در نظر گرفتن PST در شبکه RTS.....٧٤

جدول ٥-٨: اندیس‌های سالانه برای نقاط بار در شبکه RTS.....٧٧

جدول ٥-٩: اندیس‌های سالانه برای شبکه RTS.....٧٩

جدول ٥-١٠: اندیس‌های سالانه برای نقاط بار در هر باس با در نظر گرفتن PST در خط اول.....٨٢

جدول ٥-١١: اندیس‌های سالانه برای نقاط بار در هر باس با در نظر گرفتن PST در خط دوم.....٨٢

جدول ٥-١٢: اندیس‌های سالانه برای نقاط بار در هر باس با در نظر گرفتن PST در خط چهارم.....٨٣

جدول (٥-١٣) اندیس‌های سالانه برای نقاط بار در هر باس با در نظر گرفتن PST در خط هشتم.....٨٣

جدول ٥-١٤: اندیس‌های سالانه برای شبکه RTS با درنظر گرفتن PST در خطوط ٥و١٨.....٨٤

فصل اول

مقدمه

۱-۱ مقدمه

از اهداف اولیه سیستم قدرت فراهم کردن برق جهت برآوردن انتظارات و احتیاجات مشتریان می‌باشد. از یک سیستم انتظار می‌رود که به سطح قابل قبولی از لحاظ قابلیت اطمینان برسد. تلاش‌های اخیر سیستم قدرت در جهت خصوصی‌سازی و از طرفی تنوع احتیاجات مشتریان از طرف دیگر، یک بازار برق رقابتی برای تحویل برق مصرفی ایجاد کرده است. شرکت‌های برق می‌بایستی به نحوی عمل کنند که ضمن اینکه بیشترین سود اقتصادی را به سرمایه‌گذاران خود می‌رسانند، برق تحویلی آنها در سطح قابل قبولی از نظر قابلیت اطمینان و کیفیت باشد. در میان این محیط رقابتی روش‌هایی که قابلیت اطمینان شبکه را با دقت و سرعت مناسب و به سادگی محاسبه کنند نقش مهمی را در شکل دهی معیاری برای ارزیابی توانمندی سرویس‌های تحویلی ایفا می‌کنند.

حاصل شدن قابلیت اطمینان مناسب همواره یکی از اهداف مهم در سیستم‌های قدرت بوده است. دسترسی به برق مداوم و با کیفیت برای صنایع و پیشرفت اقتصادی یک کشور ضروری است. خاموشی‌های اخیر در سیستم قدرت نشانگر این است که بایستی به مساله قابلیت اطمینان توجه بیشتری شود. بزرگترین خاموشی در تاریخ آمریکای شمالی در سال ۲۰۰۳ رخ داد که تاثیرات اجتماعی و اقتصادی فاجعه‌باری را به‌همراه داشت. این خاموشی زندگی بیش از ۵۰ میلیون نفر در شمال شرقی آمریکا و کانادا را تحت تاثیر قرار داد. بازگرداندن برق به مشترکین از ۱۰ ساعت تا چند روز به طول انجامید.

مطالعات قابلیت اطمینان احتمالی، نقاط بحرانی در شبکه را مشخص می‌کند و لذا از قبل می‌توان جهت مواجهه با این حالات اقدامات مناسب را به عمل آورد داشت.

توانایی سیستم جهت انجام وظایف خود در مدت مورد انتظار، با قابلیت اطمینان سیستم سنجیده می‌شود. محاسبه قابلیت اطمینان، از دو جهت مورد بررسی قرار می‌گیرد: کفایت و امنیت.

کفایت سیستم، توانایی و دسترسی امکانات کافی درون سیستم برای تامین بار مصرفی مشتریان بدون تجاوز از قیود عملکرد سیستم را بررسی می‌کند. این امکانات شامل امکانات لازم برای تولید انرژی کافی و انتقال آن به نقاط بار می‌باشد. لذا کفایت سیستم در شرایط استاتیک، که شامل اختلالات سیستم نیست، مورد بررسی واقع می‌شود.

امنیت سیستم توانایی سیستم در پاسخ به حوادث ناگهانی یا اختلالات در سیستم مانند خطاهای اتصال کوتاه را نشان می‌دهد.

تحلیل کفایت سیستم اساسا شناسایی و ارزیابی حالات خطای سیستم، حالاتی که در آن شبکه قادر به تامین بار مشتریان نمی‌باشد، را شامل می‌شود. هنگامی که حالات ممکن شبکه از میلیون‌ها حالت تجاوز می‌کند، بررسی یکایک حالات حتی برای شبکه‌های معمولی معقول نیست.

روش‌های محاسبه کفایت قابلیت اطمینان شبکه در سه سطح مختلف قابل بررسی است. در سطح اول(HLI) که سطح تولید نام دارد، توانایی واحدهای تولیدی در مقابله با بار مصرفی سیستم با فرض اینکه شبکه انتقال و توزیع قابلیت اطمینان صد در صد مطمئن دارند، مورد بررسی قرار می‌گیرد. در سطح دوم(HLII) که سطح تولید وانتقال عنوان می‌شود، وضعیت خطوط انتقال نیز علاوه بر واحدهای تولید بررسی می‌شود. در این سطح فرض می‌شود که سطح توزیع دارای قابلیت اطمینان صد در صد مطمئن می‌باشد. در نهایت در سطح سوم(HLIII) کفایت شبکه توزیع نیز بررسی می‌شود. در این پایان نامه قابلیت اطمینان در سطح (HLII) مورد بررسی قرار گرفته است.

قابلیت اطمینان سیستم به طور کمی توسط اندیس‌های آن محاسبه می‌شوند. محاسبه اندیس‌های قابلیت اطمینان در سطح دوم نسبت به سطح اول بسیار پیچیده‌تر و مستلزم صرف زمان بیشتری می‌باشد.

اخیرا از روش‌های هوشمند جهت محاسبه اندیس‌ها استفاده شده است.از جمله روش‌های هوشمند پرکاربرد می‌توان به الگوریتم ژنتیک اشاره کرد. امروزه به الگوریتم ژنتیک به دلیل قابلیت بالای آن به عنوان یک روش بهینه‌سازی در حل مسائل پیچیده توجه شایانی شده است. این روش نسبت به روش‌های تحلیلی دارای این مزیت است که در مدت زمان کمتری با دقت قابل قبول قادر به محاسبه این اندیس‌ها می‌باشد. با این وجود میزان تحقیقاتی که در مورد محاسبه قابلیت اطمینان با روش‌های هوشمند صورت گرفته بسیار اندک است. از دیگر الگوریتم‌های هوشمند مبتنی بر جمعیت، الگوریتم PSO (الگوریتم اجتماع ذرات)می‌باشد. ایده‌های اولیه اجتماع ذرات توسط Kennedy و Eberhart در سال ۱۹۹۵ مطرح گردید و در حل مسائل بهینه‌سازی مختلفی عملکرد مناسبی داشته است. در این پایان‌نامه از الگوریتم PSO و الگوریتم ژنتیک برای محاسبه اندیس‌های قابلیت اطمینان در سطح HLII استفاده گردیده است.

از سوی دیگر،امروزه با ایجاد یک محیط رقابتی در صنعت برق، شرکت‌های برق به دنبال کمترین هزینه هستند. همچنین پیشرفت سریع تکنولوژی الکترونیک قدرت، که امکانات شگفت‌انگیزی برای توسعه تجهیزات جدید به منظور بهره‌برداری بهتر از سیستم‌های موجود را فراهم آورده، مبنای طراحی و توسعه تجهیزات کنترلی متعددی تحت عنوان تکنولوژی سیستم‌های انتقال انعطاف پذیر AC (FACTS) گردید. لذا شرکت‌های برق ادوات FACTS را جهت بهره‌برداری کامل و اقتصادی از تجهیزات منصوبه با حفظ قابلیت اطمینان و نیز امنیت سیستم در مقابل انواع اغتشاشات و افزایش ظرفیت خطوط مورد استفاده قرار دادند. ازجمله عناصر FACTS می‌توان به ترانسفورماتورهای شیفت دهنده فاز(PST[1])اشاره کرد، که از تپ چنجرهای تحت بار و تزریق ولتاژ با ۹۰ درجه اختلاف فاز، استفاده می‌کنند و در دهه ۱۹۳۰، برای حل مشکلات پخش توان و افزایش بهره‌برداری خطوط انتقال، ارائه شدند. در حالی که تپ‌چنجرهای تحت بار با تزریق ولتاژ هم فاز، توان راکتیو را از طریق تنظیم مقدار ولتاژ کنترل می‌کنندمدل‌هایی که ولتاژ با ۹۰ درجه

[1] Phase Shifter Transformer

اختلاف فاز را تزریق می‌کنند قادرند توان حقیقی را از طریق تنظیم فاز کنترل کنند. در این پروژه نیز تاثیر ترانسفورماتور شیفت دهنده فاز برروی اندیس‌های قابلیت اطمینان در سطح مرکب بررسی شده است و نتایج بر روی چند شبکه نمونه اعمال گردیده است.

در فصل دوم این پایان‌نامه قابلیت اطمینان شبکه و انواع روش‌های موجود برای محاسبه اندیس‌های قابلیت اطمینان مرور خواهد شد.

در فصل سوم ادوات FACTS و ترانسفورماتور شیفت دهنده فاز به عنوان یکی از این ادوات معرفی شده است و همچنین سابقه محاسبه قابلیت اطمینان با در نظر گرفتن ادوات FACTS بررسی می‌شود.

فصل چهارم به معرفی روش‌های مورد استفاده در این پایان‌نامه، جهت محاسبه اندیس‌های قابلیت اطمینان سطح HLII و همچنین نحوه تاثیر ترانسفورماتور شیفت‌دهنده فاز در محاسبه این اندیس‌ها اختصاص داده شده است.

در فصل پنجم برنامه معرفی شده در فصل چهارم بر روی شبکه‌های نمونه اعمال شده و نتایج تحلیل می‌شوند.

در نهایت فصل ششم به نتیجه‌گیری و پیشنهادات اختصاص دارد.