دانشگاه زنجان

دانشکده مهندسی

گروه برق

پایان نامه کارشناسی

گرایش: قدرت

عنوان:

مطالعه شبکه های قدرت با توجه به شرایط تشدید

استاد راهنما:

دکتر کاظم مظلومی

نگارش:

مهران رحمتی، مهدی محمدی

پاییز ۱۳۹۷

فهرست مطالب

مقدمه : ۱

فصل اول : خطوط انتقال ۳

۱-۱ مدلهای خطوط انتقال انرژی : ۴

۱-۱-۱ خطوط انتقال کوتاه : ۴

۱-۱-۲ خطوط انتقال متوسط و بلند : ۴

۱-۲ خطوط انتقال هوایی : ۴

۱-۳ مقایسه خطوط انتقال هوایی و زمینی : ۵

۱-۳-۱ خطوط انتقال هوایی : ۵

۱-۳-۲ خطوط انتقال زمینی: ۶

۱-۴ انواع خطوط انتقال قدرت ازنظر انتقال توان ۷

۱-۴-۱ خطوط انتقال تکمداره ۷

۱-۴-۲ خطوط انتقال دومداره ۷

۱-۴-۳ خطوط انتقال چند مداره ۸

۱-۵ ترانسپوز (ترانهش) خطوط انتقال : ۸

۱-۶ اثر پوستی : ۹

۱-۷ اثر فرانتی در خطوط انتقال برق : ۱۰

فصل دوم : اضافه ولتاژ ۱۱

۲-۱سوییچینگ درشرایط غیرعادی ۱۴

۲-۲ حالات گذرا درسیستم های سه فاز ۱۴

۲-۳ قطع و وصل خطوط انتقال ۱۴

۲-۴ برقدار کردن خطوط جبران نشده (بدون راکتور شنت) ۱۵

۲-۵ برقدارکردن خطوط جبران شده (با راکتور شنت) ۱۵

۲-۶ انواع اضافه ولتاژ در سیستم‌های قدرت عبارتند از: ۱۶

۲-۶-۱ اضافه ولتاژهای موقت: ۱۶

۲-۶-۲ اضافه ولتاژهای ناشی از کلید زنی : ۱۷

۲-۶-۴ اضافه ولتاژهای مربوط به پست : ۱۹

۲-۶-۴-۱ حالت های گذرا فوق سریع (پدیده موج): ۱۹

۲-۶-۴-۲ حالت های گذرای نیمه سریع : ۲۰

۲-۶-۴-۳ حالت های گذرای کند (پایداری در شرایط گذرا): ۲۲

فصل سوم : رزونانس ۲۳
۳-۱ رزونانس : ۲۴
۳-۲ اثر اعوجاج هارمونیکی بر روی عملکرد تجهیزات و سیستم های قدرت : ۲۵
۳-۳ روش های حذف هارمونیک ها : ۲۶
فصل چهارم : جبرانسازی خطوط انتقال قدرت ۲۷
۴-۱ توان راکتیو و جبران سازی و کنترل توان راکتیو ۲۹
۴-۲ جبران کننده های اکتیو و پاسیو : ۳۱
۴-۳ ضرورت جبران سازی ۳۱
۴-۴ اهداف در جبران بار ۳۲
۴-۵ جبران کننده ایده آل ۳۵
۴-۶ بارهائیکه به جبران سازی نیاز دارند ۳۶
۴-۷ استانداردهای مورد قبول برای کیفیت تغذیه ۳۸
۴-۸ مشخصات یک جبران کننده بار ۳۸
فصل پنجم : شبیه سازی رزونانس در یک شبکه نمونه ۴۰
۵-۱ مطالعات موردی برای توسعه شبکه های ولتاژ بالا با توجه به شرایط رزونانس ۴۱
۵-۲ واژه های کلیدی RESONANCE با استفاده از واکنش های شانت ۴۳
۵-۳ راکتور پایه خنثی NGR ۴۵
۵-۴ تشریح مدل شبکه در نرم افزار EMTP_ATP ۴۶
۵-۴-۱ طرح کلی شبکه ۴۶
۵-۴-۲ راکتور شانت ۴۷
۵-۴-۳ خطوط هوایی ۴۸
۵-۴-۴ مدار معادل شبکه ۴۸
۵-۴-۵ مدل کلید قدرت SF6 ..... ۴۹
۵-۵ نتایج شبیه سازی ۵۰
۵-۵-۱ هدف نهایی ۵۰
۵-۵-۲ پیکر بندی شبکه – شناسایی رزونانس در شبکه ۵۱
فصل ششم : شبیه سازی و نتیجه گیری ۵۳
۶-۱ تاثیر مدل کلید قدرت بر پاسخ گذرای سیستم ۷۲
۶-۲ انتخاب NGR ۷۲
مراجع : ۷۶

فهرست اشکال و نمودارها

نمودار ۳-۱ فرکانس تشدید ۲۴
شکل ۵-۱ : نمودار کلی برای باز کردن تک فاز OHL و راکتور شانت ۴۴
شکل ۵-۲ : خارج شدن فاز خطا ، NGR نصب شده ۴۶
شکل ۵-۳: طرح کلی ساده شده شبکه 400kv مورد مطالعه ۴۷
شکل ۵-۴: طرح خطوط هوایی و داده های فاز سیم ۴۸
شکل ۵-۵ نمودار معادل شبکه وابسته به فرکانس ۴۹
نمودار ۵-۶کاهش ولتاژ به نسبت درجه جبران سازی k ۵۱
شکل ۶-۱ دیاگرام کلی شبکه ۵۴
نمودار ۶-۲ باز کردن یک فاز از خطوط ۱ و ۳ ..... ۵۵
نمودار ۶-۳ باز کردن یک فاز از خطوط ۱ و ۳ ..... ۵۶
نمودار ۶-۴ باز کردن یک فاز از خطوط ۱ و ۳ ..... ۵۷
نمودار ۶-۵ باز کردن یک فاز از خطوط ۱ و ۳ ..... ۵۸
نمودار ۶-۶ باز کردن یک فاز از خطوط ۱ و ۳ ..... ۵۹
نمودار ۶-۷ باز کردن یک فاز از خطوط ۱ و ۳ ..... ۶۰
نمودار ۶-۸ باز کردن یک فاز از خطوط ۱ و۲ و ۳ ..... ۶۲
نمودار ۶-۹ باز کردن دو فاز از خطوط ۱ و ۳ ..... ۶۳
نمودار ۶-۱۰ باز کردن دو فاز از خطوط ۱و ۲و ۳ ..... ۶۴
نمودار ۶-۱۱ باز کردن دو فاز از خطوط ۱ و ۳ ..... ۶۵
نمودار ۶-۱۲ باز کردن دو فاز از خطوط ۱ و ۳ ..... ۶۶
نمودار ۶-۱۳ باز کردن دو فاز از خطوط ۱ و ۳ ..... ۶۷
نمودار ۶-۱۴ باز کردن دو فاز از خطوط ۱ و۲و ۳ ..... ۶۸
نمودار ۶-۱۵ باز کردن دو فاز از خطوط ۱ و۲و ۳ ..... ۶۹
نمودار ۶-۱۶ باز کردن دو فاز از خطوط ۱ و۲و ۳ ..... ۷۰
نمودار ۶-۱۷مدل کلید Cassie-Mayre درشرایط باز یک فاز خطوط ۱و۲و۳ ..... ۷۲
نمودار ۶-۱۸ جریان قوس ثانویه – اندوکتانس NGR ۷۴

مقدمه :

در این پروژه، مطالعه موردی شبکه ۴۰۰ کیلوولت ارائه شده است که تحت بررسی جامعی در نرم افزار EMTP-ATP انجام شده است .

بخشی از شبکه انتقال ۴۰۰ کیلو ولت در سال ۲۰۱۶ از نظر شرایط تشدید ممکن با راکتورهای شانت و خطوط انتقال مورد بررسی قرار گرفت .

سیستم های قدرت دارای ولتاژ بسیار بالا هستند که از تجزیه و تحلیل های مختلفی استفاده می کنند که هدف آنها اطمینان از عملکرد ایمن و قابل اعتماد و همچنین کیفیت کافی انرژی است .

جنبه های اساسی که در تجزیه و تحلیل سیستم مورد مطالعه قرار می گیرند مربوط به جبران توان راکتیو، پایداری ولتاژ، آلودگی هارمونیک و اتصال کوتاه می باشند .

یکی از عناصر مهم در رابطه با جنبه های ذکر شده در مورد عملکرد سیستم های برق، عبارت است از راکتورهای شانت که برای تنظیم ولتاژ خطوط انتقال طولانی و بارگیری نشده استفاده می شوند .

این یک نتیجه از توسعه سریع سیستم انتقال است که نه تنها بر روی خطوط هوایی، بلکه در مورد کابلهای قدرت نیز این بحث وجود دارد که هر دو نیاز به جبران خسارت شارژ خازنی دارد.

در نتیجه، ترکیبی از خازن خط انتقال و خاصیت القایی رآکتور شانت، یک مدار ایجاد می کند که در شرایط خاص ممکن است به نوسان های تشدید منجر شود ودر ادامه این تشدید سبب افزایش سطح ولتاژ در فازهای دیگر شده که خود سبب آسیب رسیدن به تجهیزات شبکه انتقال قدرت و از بین رفتن خاصیت عایقی آنها می شود .

این نوسانات (در فرکانس قدرت) به طور معمول با افزایش ولتاژ مشخص می شود که در چند دوره ولتاژ ممکن است منجر به خسارت تجهیزات مختلف مانند ترانسفورماتورهای ولتاژ، قطع کننده های مدار(CB) و هم چنین ترانسفورماتورهای اندازه گیری (CVT، PT،CT) و برخی تجهیزات حفاظتی مانند رله ها و برقگیر ها شود .

این پروژه روشی برای محاسبات تحلیلی و شبیه سازی های کامپیوتری ارائه می دهد که یک ابزار برای شناسایی پیکربندی شبکه های بالقوه خطرناک (از لحاظ تداخل رزونانس بین ظرفیت خط انتقال و القایی شونده راکتور) است .

چنین راه حلی بر روی فرکانس رزونانس تاثیر می گذارد که به نوبه خود می تواند مانع نوسانات تشدید شود.

در ادامه به بررسی خطوط انتقال قدرت ، چگونگی ایجاد اضافه ولتاژ و انواع مختلف آن ، شرایط تشدید رزونانس و تاثیر این دو عامل بر پارامترهای شبکه و بررسی جبرانسازی توان راکتیو می پردازیم و در پایان نتایج شبیه سازی و نتیجه گیری کلی از انجام این پروژه را بررسی خواهیم کرد.

فصل اول :

خطوط انتقال

۱-۱ مدلهای خطوط انتقال انرژی :

۱-خطوط انتقال کوتاه.

۲-خطوط انتقال متوسط.

۳-خطوط انتقال بلند.

۱-۱-۱ خطوط انتقال کوتاه :

اگر طول خط کمتر از ۱۰۰ کیلومتر باشد ، خط انتقال را کوتاه می نامند و می توان از ادمیتانس مربوط به کاپاسیتانس خط در فرکانس 50 (Hz) صرفنظر نموده وتنها مقاومت اهمی و القائی سری خط را در نظر گرفت . جریان ورودی در ابتدای خط معادل جریان در انتهای خط می باشد و این جریان در تمامی قسمت های خط یکسان است.

۱-۱-۲ خطوط انتقال متوسط و بلند :

خطوط انتقال انرژی بین ۱۰۰ تا ۲۵۰ کیلومتر را خطوط متوسط و خطوط بالای ۲۵۰ کیلومتر را خطوط انتقال بلند یا طولانی گویند. با افزایش طول و ولتاژ خط انتقال ، جریان نشتی ناشی از ظرفیت خط نسبت به زمین قابل ملاحظه شده و اثر آنرا باید در نظر گرفت . لذا در خطوط انتقال با طول متوسط ادمیتانس موازی در محاسبات وارد می شود . اگر امپدانس خط را بطور متمرکز در نظر بگیریم و ادمیتانس خط را به دو قسمت تقسیم کنیم و در ابتدا و انتهای خط قرار دهیم ، مدار اسمی بدست می آید [۲۷].

۱-۲ خطوط انتقال هوایی :

خط انتقال هوایی نوعی از خط انتقال است که در آن از دکل ها و تیرها برای نگه داشتن کابل ها بالای سطح زمین استفاده می شود. از آنجا که در این گونه خطوط از هوا بعنوان عایق کابل ها استفاده می شود این روش انتقال یکی از کم هزینه ترین و رایج ترین روش های انتقال است. دکل ها و تیرهایی که برای نگه داشتن کابل ها استفاده می شود می توانند از جنس چوب – فولاد – آلومینیوم باشند. عمدتا کابل های مورد استفاده در خطوط هوایی از جنس آلومینیوم هستند که (که البته با نواری از فولاد در داخل مسلح

شده اند). البته از کابل های مسی در برخی خطوط انتقال ولتاژ متوسط و ولتاژ پایین و محل اتصال به مصرف کننده استفاده می شود.

خطوط اتقال هوایی معمولا با توجه به سطح ولتاژشان به این صورت طبقه بندی می شوند :

۱.ولتاژ پایین : ولتاژهای پایین تر از ۱۰۰۰ ولت را ولتاژ پایین گویند. از این سطح ولتاژ در اتصالات و ارتباطات به مصرف کننده های خانگی و تجاری کوچک استفاده می شود.

۲.ولتاژ متوسط (توزیع) : ولتازهای بین ۱ تا ۳۳ کیلوولت را ولتاژ متوسط گویند که برای انتقال در مناطق شهری یا روستایی مورد استفاده قرار می گیرد.

۳.ولتاژ بالا (انتقال میانی) : ولتاژهای بین ۳۳ تا ۲۳۰ کیلوولت را گویند.

۴.ولتاژخیلی بالا (انتقال) : ولتاژهای بین ۲۳۰ تا ۸۰۰ کیلوولت را گویند و برای خطوط انتقال طولانی استفاده می شود.

۱-۳ مقایسه خطوط انتقال هوایی و زمینی :

یکی از با اهمیت ترین صنایع در جهان امروز صنعت برق است که تمامی صنایع دیگر بدون شک به آن وابسته هستند .شبکه های توزیع و خطوط انتقال برق به مانند شاهرگ های این صنعت حیاتی میباشند که به دو گروه زمینی و هوایی تقسیم می شوند ، متاسفانه در کشور ما تا کنون تحلیلی علمی ، فنی ، اقتصادی و مقایسه همه جانبه ای درباره این دو نوع خطوط انتقال انرژی الکتریکی انجام نگرفته و همین امر موجب اعمال زیان های فراوانی به سرمایه ملی شده است ۰ در این مقاله به بررسی خطوط انتقال هوایی،زمینی و معایب و مزایای آنها خواهیم پرداخت.

۱-۳-۱ خطوط انتقال هوایی :

این خطوط که بیش از ۹۷ درصد خطوط انتقال کشور را شامل می شوند از جنس آلومینیوم یا آلیاژی از آلومینیوم می باشند . علت استفاده از این فلزسبک و ارزان بودنش نسبت به هادی هایی چون مس است ، البته به علت قابلیت هدایت الکتریکی کمتر آلومینیوم ضخامت آنها را با قرار دادن رشته های موازی همجنس و گاه فولادی در مرکز آن بالا می برند تا از هدایت الکتریکی بیشتری برخوردار گردد . خطوط

انتقال هوایی به سهولت قابل نصب و انشعاب گیری هستند و به همین جهت دارای هزینه راه اندازی اندکی می باشند . هم چنین دسترسی به این خطوط برای تعمیر و ایجاد تغییرات در آن بسیار ساده می باشد . این نوع خطوط به علت استفاده از سازه های سیمانی و دیگر سازه های ناخوشایند از لحاظ زیبایی برای مناطق شهری مناسب نیستند . نیز خطراتی چون طوفان ها و رعدوبرق ها همواره برای این خطوط وجود دارند و کلا خطوط هوایی دارای خاموشی بسیار بیشتری به نسبت خطوط زمینی هستند . هم چنین این خطوط از ایمنی کمی به علت لخت بودن سیم ها در اکثر آن ها برخوردارند و حفظ نکردن حریم این خطوط به علل مختلف یا برخورد پرندگان با آن ها همواره مشکلاتی چون برق گرفتگی یا آتش سوزی را به دنبال داشته است . از نقطه نظر علمی این خطوط دارای راکتانس بالایی بوده و مناسب برای چگالی های بار کم می باشند.

۱-۳-۲ خطوط انتقال زمینی:

اولین خطوط انتقال برق (که در نیروگاه پرل استریت نیویورک به کار گرفته شدند) خطوط زمینی بودند ، اما کم کم جای خود را به خطوط هوایی دادند . راه اندازی خطوط زمینی انتقال برق به علت هزینه های فراوان حفاری و ایجاد کانال های زمینی و زیر زمینی بسیار گران تر از راه اندازی خطوط هوایی است و گرفتن انشعاب از این خطوط مستلزم وجود ایستگاه های توزیع ، جعبه های انشعاب و تابلو های برق می باشد . نیزعیب یابی این خطوط به علت در دسترس نبودن احتیاج به وسائل مخصوص و گران قیمتی دارد که هزینه های آن را افزایش می دهد . در عوض در خطوط زمینی به ندرت اشکالی به وجود می آید و خاموشی آن به مراتب از خطوط هوایی کمتر است . این خطوط به زیبایی محیط آسیب نمی زنند و چون در دسترس نمی باشند دارای خطرات بسیار کمتری نسبت به خطوط هوایی خواهند بود و چون حریمی برای آنها تعریف نمی شود در اماکن کم عرض و مسکونی بسیار مفید می باشند . از نظر علمی این خطوط دارای راکتانس سری پایین و مناسب برای چگالی های بار زیاد هستند .

نتیجه آن که خطوط انتقال هوایی به سبب هزینه ها ، درنظر گرفتن راکتانس بالا ، مناسب بودن با چگالی بار کم و آسیب به زیبایی محیط اطراف بایستی در مناطق کم جمعیت ، دور افتاده و بین شهری و خطوط

دانشجویان محترم:

جهت دسترسی به متن کامل پایان نامه‌ها به کتابخانه دانشکده مهندسی و یا آزمایشگاه پروژه گروه برق مراجعه فرمایید.

جمع بندی

این پایان نامه باید به عنوان یک مورد مطالعه فنی مورد بررسی قرار گیرد که کل روند تولید شبکه ۴۰۰ کیلوولت را در سال ۲۰۱۶ نشان می دهد.

با توجه به شبکه پیچیده و نصب راکتور جدید شارژ جبران شده، محاسبات گسترده تحلیلی و همچنین شبیه سازی EMTP-ATP باید برای تنظیم چندگانه شبکه مورد مطالعه انجام شود.

نشان داده شده است که شرایط رزونانس تنها برای برخی از تنظیمات غیر معمول شبکه امکان پذیر است.

۱. باز کردن یک فاز یا دو فاز

۲. قطع همزمان دو یا سه خط و راکتور شانت

بر اساس مطالعات انجام شده، عملیات سوئیچینگ غیرمجاز شناسایی شده است که می تواند از ایجاد شرایط نامساعد منجر به نوسانات تشدید ۵۰ هرتز شود که منجر به شکست تجهیزات زیرزمینی، به ویژه برقگیر می شود.

علاوه بر این، پیشنهاد شده است که راکتور پایه خنثی NGR (به عنوان یک راه حل اختیاری) برای کاهش جریان ثانویه پیشنهاد شود.

می توان اضافه کرد که محاسبات تحلیلی انجام شده مطابق با شبیه سازی EMTP-ATP است و مدل های عددی بر اساس استانداردهای بین المللی و دستورالعمل های ارائه شده در منابع تهیه شده است.

مراجع :

1. Machowski J., Kacejko P., Robak S., Miller P., Wancerz M., Analizy system uelektroenergetycznegowśredniookresowymplanowaniurozwoju,Przegląd Elektrotechniczny,R. 89, nr 6, 2013

2. Flisowski, Z. Kosztaluk, R., Methods of overvoltage reduction in power networks,Przeglad Elektrotechniczny, v. 77, n. 11, 2001

3. IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality, IEEE Std 1159™-2009

۴. IEC-60071-1: Insulation co-ordination – Part 1: Definitions, principles and rules

5. CIGRE WG C4.307: Resonance and Ferroresonance in Power Networks, 2014

6. Val Escudero M., Redfern M., Effects of Transmission Line Construction on Resonance in Shunt Compensated EHV Lines, International Conference on Power Systems Transients, Canada, 2005

7. Montanari A. A., Tavares M. C., Portela C. M., Adaptative Single-Phase Autoreclosing Based on Secondary Arc Voltage Harmonic Signature, International Conference on Power Systems Transients, Japan, 2009

8. Bielakow, N.N.; Kuzmiczewa, K.I.; Iwanowski, A., The effect of neutral grounding reactors on the effectiveness of single phase automatic reclosing of the 750 kV Chmielnicka-Rzeszow line, Energetyka, nr 1, 1985

9. Atmuri S. R., Thallam R. S., Gerlach D.W., Lundquist T.G., Selin D.A., Neutral Reactor on Shunt Compensater EHV Lines, Transmission and Distribution Conference, Proceedings of the 1994 IEEE Power Engineering Society, USA, 1994

10. Dadash Zadeh M.R., Sanaye-Pasand M., Kadivar A., Investigation of Neutral Reactor Performance in Reducing Secondary Arc Current, IEEE Trans. on Pow. Del., vol. 23, no. 4, October 2008

11. Megahed A.I., Jabr H.M., Abouelenin F.M., Elbakry M.A., Arc Characteristics and a Single-Pole Auto-Reclosure Scheme for Alexandria HV Transmission System, International Conference on Power Systems Transients, USA, 2003

12. Ngamsanroaj K., Premrudeeprechacharn S., Transient Study for Single Phase Reclosing Using Arc Model on the Thailand 500 kV Transmission Lines from Mae Moh to Tha Ta Ko, International Conference on Power Systems Transients, Japan, 2009

13. Klucznik J., Lubosny Z., Dobrzynski K., Czapp S., Secondary arc modelling for single pole reclosing analyses, IEEE Power & Energy Society General Meeting,(pp. 1-5), 2015

14. A New IEEE Application Guide for Shunt Reactor Switching, IEEE Transactions on Power Delivery, Vol.11, No. 2, April 1996

15. IEEE Std C37.015 – 2009: IEEE Guide for the Application of Shunt Reactor Switching

16. IEC 60071-4: Insulation co-ordination – Part 4: Computational guide to insulation co-ordination and modelling of electrical networks, 2004

17. IEEE Guide for the Application of Insulation Coordination, IEEE Std 1313.2-1999

18. Oramus P., Chmielewski T., Kuczek T., Florkowski M.: Simulations of electric arc behavior in hybrid LV switches, IEEE Conference Publications, Progress in Applied Electrical Engineering (PAEE), June 26-July 1 2016, ISBN: 978-1-5090-5310-0, 2016, pp. 1-5

19. Chmielewski T., Oramus P., Florkowski M.: Modeling of electric arc in analysis of switching overvoltages during current interruption by LV

electromechanical relays, Przegląd Elektrotechniczny (ISSN 0033-2097) No. 2/2016, pp. 202-206, 2016

20. Surge Arresters Buyers Guide, ABB, www.abb.com

21. Chmielewski T., Oramus P., Szewczyk M., Kuczek T., Piasecki W.: Circuit breaker models for simulations of short-circuit current breaking and slow-front overvoltages in HV systems, Electric Power Systems Research, Elsevier Science Publishers Ltd., ISSN: 0378-7796, No. 02/2017, pp. 174-181, 2016

22. Oramus P., Chmielewski T., Kuczek T., Piasecki W., Szewczyk M.: Transient Recovery Voltage analysis for various current breaking mathematical models: shunt reactor and capacitor bank de-energization study, Archives of Electrical Engineering Vol. 64 (3/2015) (ISSN 00040746), pp. 441-458, 2015

23. Szewczyk M., Kuczek T., Oramus P., Piasecki W.: Modeling of repetitive ignitions in switching devices: case studies on Vacuum Circuit Breaker and GIS disconnector, Springer International Publishing: Lecture Notes in Electrical Engineering Volume 324, (ISSN 1876-1100), pp. 241-250, 2014

۲۴. کنترل توان راکتیو در سیستم های الکتریکی نویسنده T.J.E Miller ویراست دوم

۲۵. طراحی پست های فشار قوی تالیف دکتر رحمت الله هوشمند ویراست دوم

۲۶. بررسی سیستم های قدرت تالیف هادی سعادت

۲۷. سیستم های قدرت الکتریکی جلد اول تالیف احد کاظمی انتشارات دانشگاه علم و صنعت