دانشکده مهندسی

گرو برق

پایان‌نامه کارشناسی

گرایش: قدرت

عنوان : شبیه سازی کلیدزنی موتورهای القایی و مطالعه اضافه ولتاژ ناشی از آن

استاد راهنما:

دکتر کاظم مظلومی

نگارش:

محمد میرلو – بهنام رستمی

فروردین ۹۴

فهرست مطالب

پیشگفتار VI

چکیده VII

۱- **مقدمه** ۱

۱-۱- زمینه ۲

۱-۲- اهداف و چشم انداز ها ۳

۱-۳- رئوس مطالب پایان نامه ۴

۲- **آشنایی با کلیدهای خلاء و مقایسه با دیگر کلیدها (کلیدهای SF6)** ۵

۲-۱ مقدمه ۶

۲-۲- تاریخچه ۶

۲-۳- توسعه کلیدها ۸

۲-۳-۱- کلید هوایی ۸

۲-۳-۲- کلیدهای خلاء ۹

۲-۳-۳- کلیدهای SF6 ..... ۹

۲-۴- مقایسه بین کلید خلاء و کلید SF6 ..... ۱۰

۲-۴-۱- کلیدهای خلاء ۱۰

۲-۴-۲- کلیدهای گازی SF6 ..... ۱۱

۲-۵- قابلیت اطمینان ۱۴

۲-۶- قطع جریانهای خطا ۱۵

۲-۷- قطع جریانهای القایی کوچک ۱۵

۲-۸- مدرنیزه کردن کلیدهای قطع کننده روشی برای افزایش عمر وسایل کلیدزنی ۱۹

۲-۹- مدرنیزه شدن کلیدهای قطع کننده ۲۰

۲-۱۰- قطع جریان در خلاء ۲۱

۲-۱۱- تعمیرات و نگهداری کلیدهای خلاء ۲۱

۲-۱۱-۱- تعمیرات مورد نیاز کلیدهای خلاء ۲۱

۲-۱۲- قابلیت اطمینان ۲۱

۲-۱۳- سازگاری با شرایط محیط ۲۲

۲-۱۴- تعداد قطع و وصل کلید در پریود زمانی مشخص ۲۳

۲-۱۵- آزمونهای زمانی کلیدها ۲۳
۲-۱۶- کلید قطع کننده ۲۴
۳- آنالیز اضافه ولتاژهای گذرای کلیدزنی در شناور FPSO ۲۶
۳-۱- چکیده ۲۷
۳-۲- مقدمه ۲۷
۳-۳- معرفی سیستم ۲۸
۳-۴- مدل سازی اجزای سیستم ۲۹
۳-۴-۱- مدل سازی کلید خلاء ۲۹
۳-۴-۲- مدل سازی سیم ، ژنراتور و باس بار ۳۳
۳-۴-۳- مدل کردن موتور القایی ۳۴
۳-۴-۴- جرقه گیر ۳۹
۳-۵- آنالیز آماری ۴ نوع بار معمول ۴۱
۳-۵-۱- نتایج عملیات کلیدزنی موتور تحت شرایط راه اندازی ۴۱
۳-۵-۲- نتایج عملیات کلیدزنی موتور تحت شرایط بار کامل ۴۵
۳-۵-۳- نتایج عملیات کلیدزنی تحت شرایط کم باری ۴۷
۳-۶- نتیجه گیری ۴۹
۴- نتیجه گیری و کارهای آینده ۵۰
۴-۱- نتایج ۵۱
۴-۲- کار آینده ۵۲
۵- منابع و مراجع ۵۳

فهرست اشکال

شکل ۳-۱ – طرح ساده شده سیستم قدرت 11 KV شناور FPSO..... ۲۸
شکل ۳-۲ – مدار تست تکفاز VCB..... ۳۰
شکل ۳-۳ ولتاژ دو سر VCB هنگام اتفاق افتادن جرقه زنی مجدد کلید خلاء..... ۳۱
شکل ۳-۴ رفتار جریان کلید خلاء هنگام اتفاق افتادن جرقه زنی مجدد کلید خلاء..... ۳۲
شکل ۳-۵ رفتار ولتاژ بار هنگام اتفاق افتادن جرقه زنی مجدد کلید خلاء..... ۳۲
شکل ۳-۶ رفتار جریان بار هنگام اتفاق افتادن جرقه زنی چند مجدد در کلید خلاء..... ۳۳
شکل ۳-۷ مدار معادل T موتور القایی تحت شرایط راه اندازی..... ۳۴
شکل ۳-۸ ولتاژ ۳ فاز شبیه سازی شده در ترمینال موتور T711 (منحنی قرمز رنگ : فاز A ، منحنی سبز رنگ : فاز B ، منحنی آبی رنگ : فاز C)..... ۳۵
شکل ۳-۹ نمودار بالایی : مشخصه سرعت–جریان فاز ، نمودار پایینی : مشخصه سرعت گشتاور . (منحنی آبی رنگ براساس ستون دوم جدول ۲ کشیده شده است . منحنی قرمز رنگ از روی ستون ۳ جدول ۲ و منحنی سیاه رنگ براساس ستون ۴ جدول ۲ است.)..... ۳۶
شکل ۳-۱۰ ولتاژ سه فاز شبیه سازی شده در ترمینال موتور T711 . (منحنی قرمز رنگ : فاز A ، منحنی سبز رنگ : فاز B ، منحنی آبی رنگ : فاز C)..... ۳۷
شکل ۳-۱۱ ولتاژ سه فاز شبیه سازی شده در ترمینال موتور T711 . (منحنی قرمز رنگ : فاز A ، منحنی سبز رنگ : فاز B ، منحنی آبی رنگ : فاز C)..... ۳۸
شکل ۳-۱۲ مدل جرقه گیر وابسته به فرکانس (جرقه گیر فرکانسی)..... ۴۰
شکل ۳-۱۳ ولتاژ سه فاز شبیه سازی شده در ترمینال موتور T711 با یک جرقه گیر متصل به ترمینال ، زمان جرقه زنی 350 µs است . (منحنی قرمز رنگ : فاز A ، منحنی سبز رنگ : فاز B ، منحنی آبی رنگ : فاز C)..... ۴۰
شکل ۳-۱۴ احتمال تجمعی ماکزیمم ولتاژ فاز در ترمینال موتور T711 تحت شرایط راه اندازی بدون جرقه گیر..... ۴۱
شکل ۳-۱۵ احتمال تجمعی ماکزیمم ولتاژ فاز در ترمینال موتور T713 تحت شرایط راه اندازی بدون جرقه گیر..... ۴۱
شکل ۳-۱۶ احتمال تجمعی ماکزیمم ولتاژ فاز در ترمینال موتور T261 تحت شرایط راه اندازی بدون جرقه گیر..... ۴۲
شکل ۳-۱۷ احتمال تجمعی ماکزیمم ولتاژ فاز در ترمینال موتور T794 تحت شرایط راه اندازی بدون جرقه گیر..... ۴۲
شکل ۳-۱۸ احتمال تجمعی ماکزیمم ولتاژ فاز در ترمینال موتور T711 تحت شرایط راه اندازی با جرقه گیر..... ۴۳
شکل ۳-۱۹ احتمال تجمعی ماکزیمم ولتاژ فاز در ترمینال موتور T713 تحت شرایط راه اندازی با جرقه گیر..... ۴۴
شکل ۳-۲۰ احتمال تجمعی ماکزیمم ولتاژ فاز در ترمینال موتور T261 تحت شرایط راه اندازی با جرقه گیر..... ۴۴
شکل ۳-۲۱ احتمال تجمعی ماکزیمم ولتاژ فاز در ترمینال موتور T794 تحت شرایط راه اندازی با جرقه گیر..... ۴۵
شکل ۳-۲۲ احتمال تجمعی ماکزیمم ولتاژ فاز در ترمینال موتور T711 تحت شرایط بار کامل بدون جرقه گیر..... ۴۵
شکل ۳-۲۳ احتمال تجمعی ماکزیمم ولتاژ فاز در ترمینال موتور T713 تحت شرایط بار کامل بدون جرقه گیر..... ۴۶
شکل ۳-۲۴ احتمال تجمعی ماکزیمم ولتاژ فاز در ترمینال موتور T261 تحت شرایط بار کامل بدون جرقه گیر..... ۴۶
شکل ۳-۲۵ احتمال تجمعی ماکزیمم ولتاژ فاز در ترمینال موتور T794 تحت شرایط بار کامل بدون جرقه گیر..... ۴۷
شکل ۳-۲۶ احتمال تجمعی ماکزیمم ولتاژ فاز در ترمینال موتور T711 تحت شرایط کم باری بدون جرقه گیر..... ۴۷

شکل ۳-۲۷ احتمال تجمعی ماکزیمم ولتاژ فاز در ترمینال موتور T713 تحت شرایط کم باری بدون جرقه گیر ۴۸
شکل ۳-۲۸ احتمال تجمعی ماکزیمم ولتاژ فاز در ترمینال موتور T261 تحت شرایط کم باری بدون جرقه گیر ۴۸
شکل ۳-۲۹ احتمال تجمعی ماکزیمم ولتاژ فاز در ترمینال موتور T794 تحت شرایط کم باری بدون جرقه گیر ۴۸

فهرست جداول

جدول ۲-۱- مشخصات تکنولوژی قطع کننده های جریان SF6 و خلاء ۱۲
جدول ۲-۲ مقایسه تکنولوژی کلیدهای خلاء و SF6 از نظر کاربردی ۱۷
جدول ۲-۳ در ارتباط با کاربردهای کلیدزنی ۱۸
جدول ۲-۴ تعداد قطعات متحرک موجود در انواع کلیدها ۲۲
جدول ۳-۱ پارامتر های مربوط به قدرت دی الکتریک و توانایی خاموش کردن ۳۰
جدول ۳-۲ مقایسه پارامترها از روش های مختلف ۳۶
جدول ۳-۳ مقایسه ویژگی های موتور T711 تحت شرایط بار کامل حین شبیه سازی و گزارشات آزمایش.
..... ۳۷
جدول ۳-۴ مشخصات شده جرقه گیر 11.3 KV ۳۹
جدول ۳-۵ مقایسه ویژگی های جرقه زنی مجدد برای موتورهای T711 ، T261 و T794 . ..... ۴۳

((من لم یشکر المخلوق لم یشکر خالق))

پیشگفتار

باحمد و سپاس به درگاه خدای متعال که بدون اذن و یاری او هیچ کاری انجام پذیر نیست. بر خود لازم می دانیم که در ابتدای امر، از تمام سروران و اساتیدی که در طول چهار سال تحصیل در دانشگاه زنجان، که از حضور محترم آن ها استفاده کرده ایم و آنان نیز ما را مورد لطف خود قرار داده اند کمال تشکر و قدر دانی را نمایم.

مهمتر از همه از جناب آقای دکتر مظلومی، استاد راهنمای ارجمند که بی شک بدون راهنمائی های ایشان انجام این پروژه مقدور نبود و ایشان در تمام مراحل انجام این پروژه با سعه صدر ما را از راهنمائی خود بهره مند فرمودند، نهایت سپاسگزاری را داریم.

و در پایان برای همه از درگاه خداوند متعال توفیق روز افزون مسالت داریم. امید است که مجموعه گردآوری شده مورد استفاده دانش پژوهان عزیز قرار گیرد و آن عزیزان نیز کمبودها و کاستی های این مجموعه را به لطف خود ببخشند.

محمد میرلو- بهنام رستمی

بهار ۹۴

چکیده

اضافه ولتاژهای گذرای بزرگ میتوانند توسط کلیدهای خلاء در عملیات کلیدزنی هنگام قطع موتورهای القایی به وجود آیند. در این کار ابتدا به معرفی کلید های خلاء و مقایسه آن با دیگر انواع کلید ها پرداخته شده است .پس از آن از کاربرد کلید خلاء در یک سیستم قدرت یک شناور نفتی بیان شده است . به منظور تجزیه و تحلیل اضافه ولتاژهای گذرای کلیدزنی و استفاده از یک روش حفاظتی مناسب در سیستم قدرت شناور FPSO ، مدل های صحیح و دقیق تجهیزات الکتریکی ضروری است . در این پایان نامه VCBها ، سیم ها، ژنراتورها، باسبارها ، موتورهای القایی و برق گیرها با استفاده از نرم افزار ATP-EMTP مدل شده اند . اضافه ولتاژهای کلیدزنی گذرای ٤ نوع موتور القایی معمولی تحت شرایط راه اندازی ، بار کامل و کم باری در سیستم قدرت شناور FPSO مورد نظر تحلیل شده اند . در پایان مطالعه انجام شده ، یک حفاظت مناسب در مقابل اضافه ولتاژ کلیدزنی پیشنهاد و نتایج آن نیز بیان شده است .

فصل اول

۱ – مقدمه

۱-۱-زمینه

کلید خلاء[1] طی دهه های اخیر در صنعت برق قدرت مورد توجه قرار گرفته است . با توجه به چندین مزیت کاملا آشکار مثل اندازه کوچک ، وزن کاهش یافته ، نیاز به مراقبت و نگه داری کمتر ، عملکرد بسیار خوب و قابل اطمینان هنگام قطع ، کلیدهای خلاء را به عنوان یکی از قطع کننده هایی که به شکل گسترده ای در سیستم های قدرت ولتاژ متوسط استفاده می شوند ، تبدیل کرده است . با این حال ، هرچیزی روی دیگری نیز دارد . عملکرد قطع بسیار خوب و بازیابی قدرت دی الکتریک نمی توانند پدیده اضافه ولتاژ گذرای کلیدزنی را ، به خاطر جرقه زنی مجدد چند باره کلید خلاء و برش جریان مجازی آن ، پوشش دهند . این پدیده کلید خلاء همراه با مجموعه ای از مشخصات شامل برش جریان ، جرقه زنی های مجدد چندباره ، افزایش های ولتاژ ، و برش جریان مجازی است . برش جریان به اتفاقی اشاره می کند که می تواند هنگام قطع جریان خازنی و سلفی باعث اضافه ولتاژ شود . وقتی که آرک خلاء جریان کوچکی را هدایت می کند ، آرک می تواند ناپایدار شود و قبل از نقطه صفر جریان ناپدید شود . وقتی که جریان برش یافت ، ولتاژ گذرای بازگشتی۲ ، در بین کانتکت های کلید خلاء ظاهر می شود . اگر ولتاژ گذرای بازگشتی از قدرت دی الکتریک فاصله خلاء بیشتر شود ، جرقه زنی مجدد رخ می دهد . جرقه زنی های مجدد چندباره به وضعیتی اشاره دارد که جرقه زنی مجدد و قطع جریان فرکانس بالا۳ چندین بار تکرار می شود . اگر این جریان فرکانس بالا به خاطر جرقه زنی های مجدد چندباره یک فاز ، از طریق کوپلینگ الکتریکی بار به دو فاز دیگر جاری شود ، جریان فرکانس بالا می تواند به جریان فرکانس قدرت دو فاز دیگر اضافه شود و جریان فرکانس قدرت را بالاجبار صفر کند . بنابراین ، برش جریان مجازی اتفاق می افتد و باعث اضافه ولتاژ های جدی ای در هر سه فاز می شود .

سیستم قدرت 11 KV شناور نفتی تولید ، ذخیره سازی و تخلیه موجود بر روی آب٤ بسیار فشرده است . ۱۳ موتور القایی در محدوده توان 0.8 MW تا 10.9 MW با هم کار می کنند تا توان لازم برای کار کردن ماشین های مختلف مانند کمپرسور ها و پمپ ها را برای تامین فرایند پیوسته تولید نفت و گاز فراهم سازند . هر موتور با توجه به توان نامی اش با یک کلید خلاء یا کنتاکتور خلاء فیوز دار تجهیز شده

1 - Vacuum Circuit Breaker (VCB)

2 - Transient Recovery Voltage (TRV)

3 - High Frequency (HF)

4 - Floating Production, Storage and Offloading vessel (FPSO)

است . وقتی که عملیات کلیدزنی انجام شد ، اضافه ولتاژ می تواند به وجود آید ، و اگر اضافه ولتاژ به سطح عایقی اصلی موتور برسد ، سیستم عایقی موتور می تواند به خاطر نقص احتمالی عملکرد موتور از بین رفته و یا آسیب ببیند . در نتیجه ، قابلیت اطمینان کلی سیستم قدرت الکتریکی شناور نفتی مورد نظر کاهش می یابد . در این تحقیق ، هدف اصلی بررسی اضافه ولتاژ گذرای ٤ موتور القایی معمولی است ، و اگر این اضافه ولتاژ از سطح عایقی اصلی بیشتر شود ، روش مناسب برای کاهش اضافه ولتاژ نیز مورد بحث و بررسی قرار گرفته است .

۱-۲-اهداف و چشم انداز ها

بخش اصلی این کار درنرم افزار ATP-EMTP[1] انجام شده است. نرم افزار ATP-EMTP یک برنامه عمومی برای شبیه سازی دیجیتال پدیده های گذرا می باشد . با کمک این نرم افزار ، سیستم قدرت پیچیده در شناور نفتی مورد نظر میتواند شبیه سازی شده و تجزیه و تحلیل شود . به منظور اجرای کار نرم افزار ATP-EMTP ، ابتدا باید تجهیزات الکتریکی مختلف مدل شوند . یک مدل تصادفی برای مدل سازی کلید خلاء و رفتار آماری آن استفاده شده است . پارامتر های کلید خلاء از کلید خلاء ولتاژ متوسط زیمنس بدست آمده اند . کابل توسط مدل جی مارتی[2] در نرم افزار ATP-EMTP مدل سازی شد است ، که نیازمند ابعاد و ویژگی های الکتریکی مواد داخل کابل مثل ضخامت لایه های مختلف و گذردهی نسبی عایق می باشد . ژنراتور توسط یک منبع ولتاژ ایده آل همراه با امپدانس گذرای آن مدل شده است . باس بار سوئیچگیر 11 KV به خاطر شباهت محیط نصب همانند خطوط هوایی کوتاه در نظر گرفته شده است . سه مدل برای نشان دادن موتورهای القایی استفاده شده اند ، یکی موتور تحت شرایط راه اندازی است و دو مدل دیگر موتور تحت بار کامل و موتور تحت شرایط کم باری هستند . جرقه گیر به عنوان وسیله حفاظتی برای کاهش اضافه ولتاژ گذرای کلیدزنی انتخاب شده است . عنصر وریستور اکسید فلز[3] در نرم افزار ATP-EMTP برای مدل سازی جرقه گیر استفاده شده است .

پس از اتمام مدل سازی همه عناصر ، طرح ساده شده سیستم قدرت 11 KV در FPSO انتخاب شده برای بررسی اضافه ولتاژ گذرای ٤ موتور القایی تحت شرایط راه اندازی ، بار کامل و کم باری استفاده شده است : کمپرسور اصلی گاز 10.2 MW A ، با یک کابل ۱۸۰ متری به یک VCB وصل شده است . کمپرسور اصلی گاز 10.2 MW B ، با یک کابل ۳۰۰ متری به یک VCB وصل شده است . پمپ تزریق آب 5.5 MW ، با یک کابل ۱٦۰ متری به یک VCB وصل شده است . کمپرسور خنک کننده 1.25 MW ، با یک کابل ۲٤۰ متری به یک VCB وصل شده است .

1 - Alternative Transient Program-Electromagnetic Transients Program (ATP-EMTP)

2 - JMarti

3 - Metal Oxide Varistor (MOV)

اضافه ولتاژ گذرای ٤ موتور القایی تحت شرایط کار مختلف محاسبه و با سطح عایقی اصلی[1] موجود در استاندارد IEC 60034-15 مقایسه شده است . وقتی که اضافه ولتاژ از سطح عایقی اصلی موتور بیشتر می شود ، جرقه گیر به نقاط مختلف موتور متصل می شود تا مناسب ترین محل را برای کاهش اضافه ولتاژ پیدا کنیم .

۱-۳-رئوس مطالب پایان نامه

فصل اول معرفی کلی کار است که شامل زمینه های قبلی ، روش استفاده شده ، و اهداف می باشد .

فصل دوم به معرفی کلیدهای خلاء پرداخته و مقایسه ای بین کلید های خلاء و دیگر کلید ها نیز بیان شده است .

فصل سوم شامل مقاله ای است که به بررسی اضافه ولتاژ گذرای کلیدزنی در موتور های القایی سیستم قدرت شناور نفتی مورد نظر پرداخته و نتایج آن را بیان کرده است .

فصل چهارم شامل نتیجه گیری و پیشنهادات برای کارهای آینده می باشد .

1 - Basic Insulation Level (BIL)

دانشجویان محترم:

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

فصل چهارم

۴ – نتیجه گیری و کارهای آینده

٤-١-نتایج

در این پژوهش اضـافه ولتاژ گذرای کلیدزنی در سـیستم قدرت شناور FPSO تحلیل شده است . همه کار انجام شده از مدل سازی تجهیزات مختلف موجود در سیستم قدرت شناور FPSO انتخاب شده آغاز می شـود . پس از اینکه مدل سـازی تجهیزات مختلف به اتمام رسـید ، طرح ساده شده سیستم قدرت 11 KV در شـناور FPSO انتخاب شده توصیف شده و برای بررسی اضافه ولتاژ گذرای کلیدزنی موتور القایی معمول اسـتفاده شـده اسـت . اولین پدیده مهم این است که موتور تحت شرایط راه اندازی می تواند جدی ترین اضـافه ولتاژ ها را داشـته باشد ، که بدلیل جرقه زنی های مجدد چندباره و برش جریان مجازی VCB به وجود می آیند . در این مورد ، بیشـترین مقدار اضـافه ولتاژ میتواند بیشـتر از سـطح اصلی عایقی موتور 11 KV شود . در مقایسه با موتور تحت شرایط راه اندازی ، موتور تحت ضرایط بار کامل احتمال بسـیار کمتری دارد که اضافه ولتاژ بزرگی را به خاطر جرقه زنی های مجدد چندباره و برش جریان مجازی داشـته باشد . اگرچه ، سزح اضافه ولتاژ از BIL موتور 11 KV بیشتر نمی شود . اگر موتور تحت شرایط کم باری باشد ، اضافه ولتاژ ماکزیمم بسیار متعادل و بسیار کمتر از BIL موتور 11 KV می باشد .

دومین پدیده مهم این اسـت که موتور با توان نامی پایین تر اضـافه ولتاژ بالاتری را برای شـرایط کاری راه اندازی ، بار کامل و کم باری تولید می کند .

سومین پدیده مهم این است که VCB ظرفیت کافی برای قطع جریان ٤ موتور مختلف را که تحت شـرایط کاری راه اندازی ، بار کامل و کم باری می باشـند ، دارد . اگر در اولین قطب رفع خطای VCB با موفقیت قطع نشـود و جریان فرکانس قدرت از طریق آرک هدایت شـود ، قطع موفقیت آمیز در نقطه صفر بعدی جریان فرکانس قدرت حاصل خواهد شد .

در آخر ، جرقه گیر به ترمینال های ٤ موتور متصـل شـد تا از موتور در مقابل اضـافه ولتاژ های گذرای کلیدزنی ، مخصوصا وقتی که موتور تحت شرایط راه اندازی است محافظت کند . اندازه اضافه ولتاژ به سطح حفاظتی جرقه گیر محدود می شود . سطح کاهش یافته اضافه ولتاژ کمتر از BIL موتور 11 KV می باشد .

پیشنهادات کل کار می تواند موارد زیر را شامل شود : اول از همه ، استفاده از جرقه گیر برای همه

موتور ها در سیستم قدرت 11 KV شناور FPSO مورد نظر توصیه می شود . مناسبترین محل برای اتصال جرقه گیر ترمینال موتور می باشد . دوم این که از آن جایی که جدی ترین اضافه ولتاژ تحت شرایط راه اندازی موتور اتفاق می افتد ، مامورین شناور FPSO مورد نظر باید قوانین سفت و سختی را دنبال کنند ، مخصوصا تنظیمات نامناسب و اشتباهات سیم کشی رله های حفاظتی باید پرهیز شوند .

٤-٢- کار آینده

در آینده ، کار باید روی جمع آوری داده های دقیق تر تجهیزاتی مثل پارامتر های VCB ، اطلاعات هندسی کابل و پارامتر های موتور متمرکز شود . علاوه بر این ، در این پمطالع انجام شده پارامتر های موتور بر اساس فرکانس قدرت می باشند . فرکانس تحلیل گذرای کلیدزنی بین فرکانس قدرت و چندین مگا هرتز می باشد . بنابراین ، خصوصیات فرکانس بالای موتور باید توسط یک تحلیل گر امپدانسی محاسبه شود و با مدل فرکانس قدرت ترکیب می شود تا موتور را با رنج فرکانس وسیعی نشان دهد . در این تحقیق ، خطاهای اتصال کوتاه مختلف تمی توانند به خاطر محدودیت مدل ژنراتور به شکل صحیحی نشان داده شوند . در آینده ، اگر ژنراتور به هر اندازه ممکن دقیق تر مدل سازی شود ، اضافه ولتاژ گذرای کلیدزنی حین خطاهای اتصال کوتاه مختلف می تواند تحلیل شود .

فصل پنجم

۵ – منابع و مراجع

[1] M. Popov, Switching Three-phase Transformers with a Vacuum Circuit Breaker, Analysis of Overvoltages and the Protection of Equipment, Ph.D Thesis, Delft University of Technology,2002, ISBN 90-9016124-4.

[2] J. Helmer and M. Lindmayer, "Mathematical Modeling of the High Frequency Behavior of Vacuum Interrupters and Comparision with Measured Transients in Power Systems," presented at the XVIIth Int. Conf. Discharges and Electrical Insulation in Vacuum, Berkeley, 1996.

[3] J. Kosmac and P. Zunko, "A Statistical Vacuum Circuit Breaker Model for Simulation of Transient Overvoltages," IEEE Trans. Power Delivery, vol. 10, no. 1, pp. 294-300, 1995.

[4] W. S. Meyer and Tsu-huei Liu, Electro-Magnetic Transient Program (EMTP) Theory Book. United States of America, 1994.

[5] M. A. Laughton, Electrical Engineer's Reference Book. Newnes, 2003.

[6] J.A.Martinez, "Parameters Determination for Power Systems Transients," presented at the IEEE PES General Meeting, Barcelona, 2007.

[7] H. T. N. Ueno, Y. Murai, M. Okada, "Monte-Carlo Simulation of Overvoltage Generation in the Inductive Current Interruption by Vacuum Interrupters," IEEE Trans. on Power Apparatus and Systems, vol. Pas-103, pp. 498 – 505.

[8] IEC Rotating Electrical Machines - Part 15, IEC Standard 60034- 15:2009, 2009.

[9] J. F. Perkins, "Evaluation of Switching Surge Overvoltages on Medium Voltage Power System," IEEE Trans. Power Apparatus and Systems, vol. PAS-101, p. 8, 1982.

[10] H. Xue, "Analysis of Switching Transient Overvoltages in the Power System of Floating Production Storage and Offloading Vessel," M.Sc. thesis, Dept. EEMCS, Delft University of Technology, 2012.

[11] P. C. Sen, Principles of Electric Machines and Power Electronics. Canada: John Wiley & Sons, 1997.

[12] IEC Electrical Installations in Ships - Part 101, IEC Standard 60092-101:2002, 2002.

[13] IEC Rotating Electrical Machines - Part 1, IEC Standard 60034-1:2010, 2010.