



دانشگاه زنجان

دانشکده مهندسی

گروه برق

## پایان نامه کارشناسی

گرایش: قدرت

عنوان: تعیین فاکتور خطای زمین در سیستم های قدرت

با استفاده از DigSilent و Matlab

استاد راهنما: آقای دکتر مظلومی

نگارش: سارا هیبتي ۸۷۴۴۲۱۹۸

سوده یعقوبی ۸۶۴۴۲۲۸۴

تاریخ دفاعیه: مرداد ۹۱

## فهرست

پیشگفتار ..... ۵

چکیده ..... ۶

### فصل اول - کلیات

مقدمه ..... ۷

### فصل دوم - خطا و انواع آن

۲-۱ تعریف خطا ..... ۹

۲-۲ جریان اتصال کوتاه ..... ۹

۲-۳ انواع خطا ..... ۱۰

۲-۳-۱ اتصال کوتاه متقارن ..... ۱۰

۲-۳-۲ اتصال کوتاه نامتقارن ..... ۱۰

۲-۳-۱-۱ اتصال کوتاه یک فاز به زمین ..... ۱۱

۲-۳-۲-۲ اتصال کوتاه دو فاز به یکدیگر ..... ۱۱

۲-۳-۲-۳ اتصال کوتاه دو فاز به زمین ..... ۱۱

۲-۳-۲-۴ اتصال کوتاه دوبل ..... ۱۱

### فصل سوم - اتصال کوتاه نامتقارن

۳-۱ معرفی مؤلفه های متقارن ..... ۱۲

۳-۲ بررسی وجود مؤلفه های توالی صفر ..... ۱۷

۳-۳ شبکه های توالی ژنراتور سنکرون بی بار ..... ۱۹

۳-۴ کاربرد مؤلفه های متقارن در محاسبات اتصال کوتاه نامتقارن ..... ۲۳

۳-۵ اتصال کوتاه یک فاز به زمین در ژنراتور بی بار ..... ۲۴

۳-۶ اتصال کوتاه دو فاز به یکدیگر در ژنراتور بی بار ..... ۲۷

۳-۷ اتصال کوتاه دو فاز به زمین در ژنراتور بی بار ..... ۳۰

## فصل چهارم - کلیات و اصول زمین کردن

۴-۱ مقدمه ..... ۳۴

۴-۲ اصول زمین کردن ..... ۳۵

۴-۳ زمین کردن نقطه خنثی سمت منبع در یک سیستم قدرت ..... ۳۸

۴-۳-۱ انواع روش های زمین کردن ..... ۳۸

۴-۳-۱-۱ سیستم های زمین نشده ..... ۳۸

۴-۳-۱-۲ سیستم های زمین شده بطور مستقیم ..... ۳۹

۴-۳-۱-۳ زمین کردن با استفاده از نصب راکتور در نقطه خنثی ..... ۴۰

۴-۳-۱-۴ زمین کردن روزنانشی با استفاده از نصب راکتور در نقطه خنثی ..... ۴۱

۴-۳-۱-۵ زمین کردن امیدانسی توسط نسبت مقاومت در نقطه خنثی ..... ۴۱

۴-۴ نقطه مناسب برای زمین کردن ..... ۴۳

۴-۵ زمین کردن تجهیزات ..... ۴۴

۴-۵-۱ اقدامات مؤثر برای زمین کردن تجهیزات ..... ۴۶

۴-۵-۲ عملکرد دستگاه های محافظتی ..... ۴۷

۴-۶ پتانسیل تماس هنگام بروز خطا ..... ۴۷

## فصل پنجم - شبیه سازی و تعیین فاکتور خطای زمین

۵-۱ تأثیرات فاکتور خطای زمین (EFF) روی سیستم های قدرت ..... ۴۸

۵-۲ محاسبات تحلیلی EFF ..... ۵۰

۴-۲-۱ EFF برای مورد (۱) ..... ۵۶

۵-۳ EFF در استاندارد ها ..... ۶۰

## فصل ششم - نتیجه گیری

نتیجه گیری ..... ۶۴

پیوست ۱ برنامه نویسی در Matlab ..... ۶۵

مراجع ..... ۶۹

## پیشگفتار:

اکنون با استعانت از پروردگار توانا این پایان نامه را تقدیم به استادان و معلمین عزیز می کنیم که تا این مرحله همواره یاری گر ما بوده اند و در پیمودن پله های ترقی و پیشرفت برای آبادانی میهن عزیزمان نهایت لطف و سخاوت را نثارمان کرده اند.

در اینجا لازم می دانیم از والدین بزرگوار خود سپاسگذاری کنیم زیرا که در تمام این دوران نمونه ی بارزی از یک معلم و استاد استوار، در لحظه لحظه های زندگیمان با حمایت های معنوی و دعای خیر خود زمینه ی موفقیتمان را فراهم نموده اند.

همچنین از تمامی دوستان، بخصوص استاد راهنمایمان آقای دکتر مظلومی کمال تشکر را داریم که در این مدت ما را یاری نموده اند.

و در پایان ...

زندگی برگ بودن در مسیر باد نیست

امتحان ریشه هاست

ریشه من هرگز اسیر باد نیست

زندگی چون پیچکیست

انتهاش میرسد پیش خدا

### چکیده:

این پایان نامه یک روش تحلیلی برای محاسبه فاکتور خطای زمین تحت شرایط گوناگون در سیستم های قدرت ارائه می کند.

اهمیت و مقدار بزرگی فاکتور خطای زمین به نحوه ی زمین شدن سیستم وابسته است و بعضی جوانب مهم در سیستم قدرت مثل: حساسیت و انتخاب درست رله ها ، مقدار جریان اتصال کوتاه ، اضافه ولتاژ های بین خطوط و زمین ، تعیین درجه بندی برقی و سطح عایق بندی سیستم را تحت تأثیر قرار می

دهد.

نتایج بدست آمده با مقادیر فاکتور خطای زمین که استاندارد بین المللی منسوب کرده مقایسه می شود.

و کاربرد موضوع پیشنهاد شده بیان خواهد شد.

## فصل اول ..... کلیات

### مقدمه :

شرایط زمین شدن و اتصال نقطه خنثی به زمین<sup>۱</sup>، در سیستم های قدرت می تواند با فاکتوری به نام فاکتور خطای زمین<sup>۲</sup> مشخص شود. از آنجایی که تعداد زیادی از نقاط متصل شده به زمین در شبکه وجود دارد، بی شمار ارزیابی برای سیستم و بی شمار ارزیابی دیگر برای پارامترهای معادل سیستم وجود دارد.

این فاکتور به هر دو استاندارد پرتغالی<sup>۳</sup> ها<sup>۴</sup> و اروپایی<sup>۵</sup> ها<sup>۶</sup> بر می گردد که رفتار سیستم قدرت را مشخص می کند و روی مقادیر بسیاری از پارامترها از جمله مقدار جریان اتصال کوتاه، اضافه ولتاژهای بین خطوط و زمین، تعیین رنج برقیگیر<sup>۵</sup> ها و سطح عایق بندی<sup>۶</sup> سیستم تأثیر می گذارد.

وقتی در یک فاز در یک نقطه ای خطا رخ می دهد، روی ولتاژ فازهای دیگر تأثیر می گذارد. برای بدست آوردن فاکتور خطای زمین،  $k_e$ ، باید ولتاژ همان فاز قبل از رخداد خطا را داشته باشیم.

$k_e$  برای فاز سالم (فازی که خطا در آن رخ نداده) برابر است با نسبت ولتاژ فاز حین رخداد خطا به ولتاژ همان فاز قبل از رخداد خطا.

$$k_e = \frac{\text{ولتاژ فاز حین رخداد خطا}}{\text{ولتاژ همان فاز قبل از رخداد خطا}}$$

- ۱ Neutral connection to earth
- ۲ earth fault factor
- ۳ Portuguese
- ۴ European
- ۵ arrester
- ۶ Insulation level

شرایط و قوانین تعیین  $k_e$  که در محاسبات منظور می شود مثل : پارامتر های معادل مدار، امیدانس زمین و نقطه ای که خطا در آن اتفاق می افتد وابسته به وضعیت و خصوصیات سیستم قدرت سه فاز می باشد.

بنابراین محاسبه ی فاکتور خطای زمین بی اهمیت نیست و موضوع مهمی می باشد و باید برای هر موقعیت و هر جایی از سیستم محاسبه گردد.

مقاله های علمی که در این زمینه وجود دارند عمدتاً به جای اینکه مقدار دقیق فاکتور خطای زمین را محاسبه کنند، بیشتر توجهشان روی تعیین مقادیری است که برای انتخاب رنج برقیگیر ها و تعیین سطح عایق بندی سیستم مورد استفاده قرار می گیرد. در این پایان نامه روشی جهت تعیین خطای فاکتور زمین با استفاده از نرم افزارهای DigSilent و Matlab ارائه می شود و در نهایت مقادیر بدست آمده

با مقادیری که استاندارد مشخص می کند مقایسه می شود. این تحلیل توسعه داده شده بر روی مدار هایی است که در کار های گذشته مورد استفاده قرار گرفته و پارامتر های سیستم قدرت آن در مرجع [۴] آورده شده و اتصالات مختلف نقطه خنثی به زمین تعیین شده است.

این پایان نامه دارای روال اجرایی سازمان یافته ای می باشد. در فصل دوم به تعریف خطا و انواع آن می پردازیم پس از آن در فصل سوم به معرفی مؤلفه های متقارن و اتصال کوتاه های نامتقارن از جمله اتصال کوتاه یک فاز به زمین و دو فاز به زمین و ... خواهیم پرداخت. در فصل چهارم به طور مختصر به کلیات و اصول زمین کردن در سمت تولید و مصرف می پردازیم، سپس در فصل ششم به عنوان مقدمه متن اصلی پایان نامه توجهمان روی شبکه های سیستم قدرت و تأثیرات EFF روی رفتار آن ها می باشد. در بخش

دوم از این فصل روش تحلیلی محاسبه EFF توضیح داده می شود. در بخش سوم روش تحلیلی EFF را برای یکی از حالت های ممکن، در شبکه قدرت انتخاب کرده، شبیه سازی و تحلیل می کنیم. در بخش بعدی به مقایسه مقادیر بدست آمده با استاندارد می پردازیم و سر انجام نتیجه گیری کلی و بخش پیوست شامل برنامه نویسی ارائه داده می شود.



## فصل ششم ..... نتیجه گیری

### نتیجه گیری:

در این پایان نامه روشی جهت تعیین خطای فاکتور زمین ارائه شده است. از مطالعه ی انجام شده این

چنین نتیجه می شود که برای مقادیر ثابت EFF و برای مقادیر مختلف پارامتر های سیستم معادل، این امکان که مجموعه ایی از منحنی های دایره ایی شکل بدست آید، وجود دارد. منحنی های دایره ایی

شکل مرزهای نواحی اند که با مقادیر  $x = \frac{X_h}{X_d}$  و  $y = \frac{R_h}{X_d}$  شرح داده شده اند. این مشخصه ها

ضمانت می کند که مقدار تحمیلی EFF از مقدار استاندارد تجاوز نکرده است.

بنابراین هر کسی می تواند با استفاده از روش تحلیلی توسعه یافته در اینجا، محاسبات پی در پی و

منحنی هایی را برای هر سیستمی و برای هر موقعیت مکانی از خطای زمین با توجه به مقادیر توصیه

شده ارائه دهد.

## مراجع:

۱- هادی سعادت ، بررسی سیستمهای قدرت ، جلد دوم .

۲- نگرات، بررسی سیستمهای قدرت ترجمه دکتر مهرداد عابدی.

۳- help نرم افزار Matlab.

۴- مقاله ی :

R . van de Sandt, J. Lowen, J. Paetzold and I. Erlich,

" Neutral Earthing in Off-Shore Wind Farm Grids" ,

Proceedings of the IEEE Bucharest Power Tech

Conference , June 28<sup>th</sup> – July 2<sup>nd</sup>, 2009, Bucharest,

romania