



دانشگاه زنجان

دانشکده مهندسی

گروه برق

پایان نامه کارشناسی

گرایش: قدرت

عنوان:

تشخیص سریع خطا در سیستم های توزیع

استاد راهنما:

دکتر اجاقی

نگارش:

محمد مهدی محمدی

اردیبهشت ۹۶

چکیده

موضوع اصلی این پروژه تشخیص سریع خطا است. که خلاصه ای از کار انجام شده در مورد " تشخیص سریع خطا برای سیستم های توزیع را شامل می شود."

در فصل اول این پروژه اصطلاح " سریع " به شیوه ای کلی استفاده می شود. این اصطلاح بر اساس ملاحظات و نتیجه گیری های بدست آمده در فصل اول توضیح و تفسیر شده است و پس از آن مربوط به یک زمان مشخص است.

برای اینکه قادر به درک لزوم تشخیص سریع خطا باشیم، لازم است، خطاهای سیستم قدرت و پیامدهای آنها به طور خلاصه مورد بحث و مطالعه قرار گیرد. عواقب و پیامدهای یک خطا وابسته به تعدادی از عوامل متفاوت هستند، یکی از این عوامل موثر؛ مدت زمان خطا است.

اهمیت تشخیص سریع خطا بستگی به نوع تجهیزات مورد استفاده برای رفع خطا دارد. یک قطع کننده مدار، جریان را تنها زمانی قطع می کند که، آنها (جریان ها) از صفر طبیعی عبور کنند که این امر ممکن است کمتر وابسته به سرعت تشخیص خطا باشد، نسبت به یک محدودساز جریان که جریان خطا را محدود می کند پیش از آنکه برای اولین بار به پیک مثبت جریان خود رسیده باشد.

به منظور اینکه قادر به تشخیص خطا در یک سیستم قدرت باشیم، سیستم قدرت باید تحت نظارت قرار گیرد، برای مثال اندازه گیری مقادیر مربوطه باید انجام شود به طوری که تجهیزات تشخیص خطا بتوانند اطلاعاتی از وضعیت سیستم به دست آورند. تجهیزات تشخیص خطا و برخی از روش های کلی تشخیص خطا به طور خلاصه شرح داده شده است.

برخی از الگوریتم ها و توانایی تطابق آنها برای تشخیص سریع خطا شرح داده شده است. اصل مشترک بسیاری از الگوریتم ها این است که فرض می کنیم که یک سیگنال و یا اینکه یک دستگاه سیستم قدرت را می توان با یک مدل شرح داد. مقادیر نمونه های بدست آمده در یک مدل قرار می گیرند که مقادیر تخمین زده شده از این طریق همان مقادیر مورد نیاز برای تشخیص خطا را بدست میدهند. یک الگوریتمی که نمونه ها را در یک مدل قرار نمیدهد اما از مقادیر آنی و لحظه ای جریان برای تشخیص خطا استفاده می کند، نیز مورد توصیف و مورد ارزیابی قرار گرفته است.

از آنجا که موقعیت دقیق یک سیستم قدرت هرگز شناخته نشده است به علت تغییرات در تولید برق و بار، بنابراین یک مدل برای سیستم قدرت و یا برای سیگنال هرگز نمی تواند کامل و دقیق باشد، برای مثال

پارامتر برآورد شده هرگز نمی تواند واقعا درست و دقیق باشند. علاوه بر این، اشتباهات ناشی از سیستم جمع آوری کننده اطلاعات و داده ها به، پارامتر های تخمین زده شده منتقل میشود.

دو نمونه برای بررسی عملکرد الگوریتم (اصلاح شده) استفاده می شود. برای آن دسته از مطالعاتی که نشان داده شده است، که الگوریتم می تواند تقریبا خطا را در حدود ۱ میلی ثانیه پس از آغاز آن شناسایی کند که یکی از این الگوریتم ها می تواند میان یک خطا و دو نوع از حالت های گذرای مشترک سیستم قدرت (برق خازن و ترانسفورماتور) تمایز قائل شود.

نمونه دوم، مورد مطالعه یک سیستم با دو منبع را معرفی می کند که نیازمند یک الگوریتم جهت دارا که قابلیت تمیز دادن میان خطا در داخل و یا خارج از منطقه حفاظت معرفی شده است.

می توان نتیجه گرفت که تحت فرضیات خاصی ممکن است به صورت تقریبی تشخیص خطای سیستم قدرت در حدود ۱ میلی ثانیه انجام شود که ممکن است تفاوت قایل شود میان خطای سیستم قدرت از

حالت گذرای سیستم قدرت که به طور منظم در سیستم های قدرت رخ می دهد.

فصل ۱	مقدمه	۱
۱-۱	پیش زمینه	۱
۲-۱	اهداف	۳
۳-۱	طرح کلی	۳
۴-۱	موضوع اصلی پروژه	۴
فصل ۲	خطاها و نتایج آن	۵
۱-۲	خطاها	۶
۱-۱-۲	خطای شنت	۶
۲-۱-۲	خطاهای سری	۷
۲-۲	نتایج	۷
۱-۲-۲	نتایج عمومی	۸
تنش های حرارتی	۹	۹
۲-۲-۲	خطاهای شامل قوس	۹
۳-۲-۲	نتیجه مراحل	۱۰
۴-۲-۲	هزینه	۱۰
۵-۲-۲	جنبه های مختلف سیستم	۱۱
فصل ۳	پاکسازی خطا	۱۲
۱-۳	فیوزها	۱۳
۲-۳	قطع کننده های مدار (circuit breakers)	۱۳
۳-۳	محدود کننده جریان	۱۴
۱-۳-۳	راکتور سری	۱۴
۲-۳-۳	فیوزها	۱۴
۳-۳-۳	ترکیب کلید فیوز محدود کننده ی جریان محدود	۱۵
۴-۳-۳	محدود کننده های جریان حالت جامد	۱۵
۵-۳-۳	ابرسیانای محدود کننده جریان خطا	۱۶
۶-۳-۳	منحرف کننده یا برگرداننده جریان	۱۷

..... فصل ۳-۳ محرک تشخیص سریع خطا	۱۷
..... فصل ۴	۱۸
..... سیستم های حفاظت در برابر خطا	۱۸
..... ۱-۴ سیستم رفع خطا	۱۹
..... ۲-۴ سیستم های حفاظت رله ای	۱۹
..... ۱-۲-۴ مبدل ها	۱۹
..... مبدل های غیر متعارف	۲۱
..... محل قرار گیری مبدل ها	۲۲
..... ۲-۲-۴ سیم پیچی	۲۲
..... ۳-۲-۴ سیم پیچ تریپ (قطع کننده جریان مدار شکن یا رله بهنگام عبور جریان از حد)	۲۲
..... رله ها	۲۳
..... ۳-۴ اصول اساسی حفاظت	۲۵
..... رله های اندازه	۲۵
..... رله های جهت دار	۲۵
..... رله های امپدانس	۲۵
..... رله های دیفرانسیلی	۲۵
..... ۴-۴ سرعت حفاظت	۲۶
..... فصل ۵	۲۸
..... الگوریتم های شکل موج	۲۹
..... ۱-۵ روش دو نمونه ای	۲۹
..... سازگاری با تشخیص سریع خطا	۳۱
..... ۲-۱-۵ روش های فوریه	۳۱
..... توصیف	۳۱
..... سازگاری با روش تشخیص سریع خطا	۳۲
..... ۳-۱-۵ روش LSQ	۳۲
..... توصیف	۳۲
..... مدل الگوریتمی	۳۳
..... ۳-۵ رله های UHS	۳۴
..... الگوریتم های جریان سریع	۳۵
..... سازگاری برای تشخیص خطای سریع	۳۶

۵-۴-۱	فیلتر پایین گذار	۳۶
۵-۴-۲	دیفرانسیل جریان	۳۷
۵-۴-۳	توسعه شیوه برای فراهم کردن خواص جهت دار	۳۷
۵-۵	آشکارگر قوس	۳۸
۶	فصل	۴۵
۴۵	شبیه سازی	۴۵
۴۶	استاندارد بین المللی IEC60694	۴۶
۴۸	نمونه مقاومت و اندوکتانس هنگام خطا:	۴۸
۴۹	نمونه ی مقاومت و اندوکتانس هنگام بر مقدار کردن خازن:	۴۹
۵۱	نتیجه گیری:	۵۱
۵۲	لیست منابع:	۵۲



۱- ایش زمین

برای جلوگیری از آسیب و صدمه به افراد و اموال، خطاهای الکتریکی در یک سیستم قدرت باید سریع رفع

شوند. در روزهای اولیه ی سیستم های قدرت، رفع و حل خطاها توسط پرسنل تعمیر و نگهداری صورت می آید.

گرفت، که بصورت بصری خطا تشخیص داده میشود و سپس به صورت دستی یک سوئیچ را می زنند تا خطا

رفع شود. با بزرگتر شدن جریان های خطا، الزامات عملیاتی در سیستم برق سختگیرانه تر و دقیق تر شد، و

نیاز به تشخیص و رفع اتوماتیک خطا به یک ضرورت تبدیل شد.

یک سیستم متداول پاکسازی و رفع خطا متشکل از یک قطع کننده مدار و یک سیستم حفاظت رله است.

سیستم حفاظت رله شامل مبدل، سیم پیچی، رله، منبع تغذیه کمکی و سیم پیچ عامل قطع کننده مدار

است.

در روزهای اولیه از رفع اتوماتیک خطا، یک خطا توسط رله های الکترومکانیکی تشخیص داده می شد. مقدار

اندازه گیری شده، به عنوان مثال میتواند یک ولتاژ یا جریان تشخیص داده شد باشد، که به یک نیروی

مکانیکی تبدیل می شود. رله زمانی عمل می کند که این مقدار از یک آستانه از پیش تعیین شده فراتر رود.

پس از ظهور و پیشرفت تجهیزات الکترونیک مانند ترانزیستور و تقویت کننده های عملیاتی، رله های حالت

جامد توسعه یافتند. با توجه به ویژگی چنین رله هایی طراحی مدار اجرا شد. بیشتر رله های امروزی رله

هایی عددی هستند. آنها در پیرامون یک ریزپردازنده ساخته شده اند که در آنها مشخصه های رله بصورت

دیجیتالی طراحی و اجرا شده اند. مقادیر انالوگ اندازه گیری شده به سیگنال دیجیتال برای ارزیابی در

ریزپردازنده تبدیل می شوند. توسعه های اخیر در ریزپردازنده های سریع منجر به امکان ساخت و پیاده

سازی رله هایی با مشخصه های بسیار پیچیده با این نوع ریز پردازنده ها شده است.

این روند در رله های حفاظت به نظر می رسد که به سمت رله هایی که به اصطلاح رله های ترمینال نامیده

می شوند می رود که به عنوان مثال می تواند شامل تمام توابع رله حفاظت مورد نیاز برای حفاظت از یک

ترانسفورماتور قدرت باشد. این دقیقا خلاف آن چیزی است که در چندین سال پیش، نیاز به وجود یک رله

برای حفاظت دیفرانسیل، یک رله برای حفاظت خطای زمین و غیره بود.

بخش اصلی دیگر از سیستم رفع خطا، قطع کننده های مدار هستند. زمان عملکرد قطع کننده های مدار به تدریج کاهش یافته است، اما از آنجا که همه قطع کننده های مدار وابسته به یک جریان عبور از صفر برای قطع جریان هستند، آنها هرگز نمی توانند از سیستم قدرت در مقابل پیک اول جریان اتصال کوتاه محافظت کنند. محدود کننده های جریان برای مدت تقریباً ۳۰ سال پیشنهاد و مورد بررسی قرار گرفته است. تحقیقات اخیر نصب تعداد محدودی از محدود کننده های جریان را بر اساس قطع کننده های حالت جامد و یا ابر رساناها پیشنهاد می کند. یک رویکرد دیگر برای محدود کردن جریان خطا استفاده از راکتورهای سری است.

از آنجا که بستن مسیر جریان عبوری از باز کردن آن اسانتر است (به شرطی که ابعاد سوئیچ برای نیروهای مکانیکی در طول مدت بسته شدن آن طراحی شده باشد)، امکان برقراری و اتصال جریان خطا به زمین در منبع از طریق یک کلید زمین کننده مطرح شده است. امکانات امروزی برای نظارت و کنترل یک سیستم قدرت به نظر می رسد برای اجازه دادن به اینچنین راه کارهایی کافی باشد. تجهیزات مورد نیاز و سیستم کنترل وجود داشته اما نیازمند نصب و راه اندازی صحیح برای محک زدن آن وجود دارد.

تشخیص خطا یک بخش ضروری از نصب و راه اندازی است، صرف نظر از اینکه آیا یک محدود کننده جریان و یا یک سوئیچ زمین استفاده شده است. برای زمان عملکرد مکانیکی چند میلی ثانیه اجازه میدهد، خطاها در یک میلی ثانیه تشخیص داده شود و یا به سیستم قدرت اجازه می دهد که در مقابل پیک اولیه جریان خطا محافظت شود.

۱-۲ اهداف

هدف از این پروژه ارائه نتایج حاصل از پروژه "تشخیص سریع خطا در سیستم های توزیع قدرت" در موسسه فناوری رویال در استکهلم، سوئد در بهار سال ۲۰۰۰ میلادی است. در این پروژه الگوریتم های مناسب برای تشخیص سریع خطا مورد بررسی و نیز نحوه ی عملکرد آنها مورد ارزیابی قرار گرفته است. اکنون مشخص شد که اصطلاح "سریع" در زمینه عیب یابی تعریف نشده است. مطالعه در مورد عبارت مورد استفاده، برای سرعت تجهیزات حفاظتی مورد استفاده قرار گرفته است. این فرایند اندازه گیری و تبدیل اندازه گیری های و ظرفیت پردازش مورد بررسی قرار گرفته است.

۱-۳ طرح کلی

این پروژه با یک فصل (فصل ۲) بر روی خطاهای الکتریکی و نتایج آن ها بر روی یک سیستم قدرت آغاز می شود. روش ها و دستگاه ها برای کاهش و پاکسازی خطاها در فصل ۳ مورد بحث قرار گرفته اند. سیستم حفاظت خطا به طور مختصر در فصل ۴ همراه با اصول کلی مشترک برای تشخیص خطا بیان شده است.

نتیجه گیری:

در این پروژه در ابتدا انواع خطاها (سنت، سری، تنش های حرارتی و...) معرفی شده و نتایج و اثرات آن بر سیستم های قدرت مورد بررسی قرار گرفت. در فصل بعدی (فصل ۳) انواع پاک کننده های خطا و کاربردها در شبکه ی قدرت از ابتدا تا به اکنون و کارکردشان مطرح شده سپس در فصل بعدی انواع سیستم های حفاظتی ساختار، محل قرار گیری آنها در شبکه و نحوه ی عملکرد آنها مورد بررسی قرار گرفت. و در انتها در فصل ۵ الگوریتم های مختلفی برای تشخیص سریع خطا ارائه شدند که خلاصه ای از ایرادات و گاه مناسب سازیشان برای تشخیص خطا مورد بررسی قرار میگیرد که در ذیل آورده شده است:

این نتیجه حاصل شده است که استفاده از جریان لحظه ای به همراه فیلتر پایین گذار اصلاح شده بدون مدل دیفرانسیلی و ترکیب آنها شیوه ای مناسب برای تشخیص سریع خطا هستند که سرعت تشخیص در فرکانس ۱۰ کیلوهرتز کمتر از ۱ میلی ثانیه است. اما سپس ممکن است این عمل ادامه داشته باشد که جریان لحظه ای به عنوان شاخص برای عملکرد در فیلترهای پایین گذار باشد.

از بسط و گسترش این روش برای توانایی و یا عدم آن برای تمایز قایل شدن بین خطا و برق دار شدن ترانس است که نشان داده شد این امر با روش دیفرانسیلی امکان پذیر است.

یک روش دیگر که بر پایه ی معادلات دیفرانسیلی ست که نمونه های سیگنال های جریان و ولتاژ را در معادلات قرار داده تا تخمینی از میزان امپدانس ظاهری شی مورد حفاظت سیستم بدست آورند که نشان داده شده روش مناسبی برای تشخیص سریع خطا نیست. که خطاهای ۳ فاز در آنها به درستی تشخیص داده می شوند اما برق دار کردن (جریان هجومی) خازن و ترانس مشکلاتی را ایجاد میکند که تشخیص خطا بیشتر از ۱ میلی ثانیه خواهد بود.

روش دیگری که استفاده می شود حداقل مربعات است که اثبات شد زمان تشخیص در آنها قطعا کمتر از ۱ میلی ثانیه در فرکانس ۴ کیلوهرتز خواهد بود. گرچه همانند روش های قبل نیز جریان هجومی ترانس به عنوان خطا شناخته خواهد شد با تعویض فیلتر پایین گذار با فیلتر band-pass دیگر این مشکل نیز حل خواهد شد. علاوه بر آن مشکل جریان هجومی ترانس نیز حل خواهد شد.

ولی در خطاهای جریان دو فاز این امکان وجود ندارد و زمان تشخیص در هر صورت بیشتر از ۱ میلی ثانیه خواهد بود حتی اگر فرکانس نمونه گیری به بیشتر از ۱۶ کیلوهرتز افزایش یابد.

لیست منابع:

- [1] M. "Ohrstr"om and L. S"oder. Fast fault detection for power distribution Systems. In *Proceedings of the IASTED conference Power and Energy Systems*. ACTA Press, 2002.
- [2] J. Watson and M. "Ohrstr"om. Current transformers, couplers & coils: A century of overcurrent measurement for power system protection. In *37th International Universities Power Engineering Conference (UPEC 2002)*, volume 1, pages 277–281, 2002.
- [3] M. "Ohrstr"om, L. S"oder, and H. Breder. Fast fault detection for peak Current limitation based on few samples. Accepted for publication at CIRE2003, 2003.
- [4] M. "Ohrstr"om and L. S"oder. A comparison of two methods used for Voltage dip characterization. Accepted for publication at IEEE Power Tech, Bologna, 2003.
- [5] M. "Ohrstr"om. Characterization of voltage dips recorded at a Swedish Industrial plant during 1999. Technical Report A-EES-0011, Electric Power Systems, Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden, 2000.
- [6] M. "Ohrstr"om. Analysis of voltage dips. Technical report, KTH, 2001.
- [7] *IEEE Standard Dictionary of Electrical and Electronic Terms*. The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc, fourth edition, 1988.
- [8] *IEC 60050(448): International Electrotechnical Vocabulary, Chapter 448: Power system protection*. Bureau Central de la Commission Electrotechnique International, 3, rue de Varem'b'e Gen'eeve, Suisse, second Edition, 1995
- [9] S. Rusck. *ASEAs Handbok nr 1: Kortslutningsstrmmar, deras berknng Och verkningar*. 1968.
- [10] A. R. Van C. Warrington. *Protective Relays: Their Theory and Practice*, Volume Vol. I. Chapman & Hall Ltd., London and John Wiley & Sons, New York, second edition, 1968.
- [11] L. Gauffin. Design of personally safe 1 – 72.5 kv switchgear rooms, Physical characteristics and design aspects. Technical report, ABB Distribution, 72171V" aster°as, 1988.
- [12] C. Christopoulos and A. Wright. *Electrical Power System Protection*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht/Boston/London, 2nd edition, 1999.

[13] Schneider Electric. ARC TERMINATORtm arc extinguishing Systems for use in medium voltage switchgear. Available

<http://www.squared.com/us/products/switchgr.nsf>, December 2002.

[14] A.T. Johns and S.K. Salman. *Digital Protection for Power Systems*.

Peter Peregrinus Ltd., on behalf of the Institution of Electrical Engineers, London, United Kingdom, 1995.

[15] M.J. Demler. *High-speed analog-to-digital conversion*. Academic Press, Inc., San Diego, California 92101, USA, 1991.

[16] T. Ueda, M. Morita, H. Arita, Y. Kida, Y. Kurosawa, and T. Yamagiwa.

Solid-state current limiter for power distribution system. *IEEE*

Transactions on Power Delivery, 1993.

[17] A. Poeltl and K. Frohlich. Two new methods for very fast fault type

Detection by means of parameter fitting and artificial neural networks.

IEEE Transactions on Power Delivery, 1999.

[18] M. Chamia and S. Liberman. Ultra high speed relay for ehv/uhv transmission

Lines-development, design and application. *IEEE Transactions*

On Power Apparatus and Systems, PAS-97, 1978.

[19] A.G. Phadke and J.S. Thorp. *Computer Relaying for Power Systems*.

Research Studies Press Ltd., Somerset, England, 1988.

[20] J.G. Proakis and D.G. Manolakis. *Digital Signal Processing, Principles,*

Algorithms, and applications. Prentice-Hall International, Inc.,

Simon & Schuster/a Viacom Company, Upper Saddle River, New Jersey

07458, third edition, 1996.

[21] M. Lehtonen and T. Hakola. *Neutral Earthing and Power System Protection*.

ABB Transmit Oy, Relays and Network Control, P.O.Box 699,

FIN-65101 Vaasa, Finland, 1996.

[22] J.M. Gers and J.H. Holmes. *Protection of electricity distribution networks*.

Power and Energy series. The institution of Electrical Engineers

(IEE), 1998.

[23] L. Carlsson. "Classical" hvdc: still continuing to evolve. *Modern Power*

Systems, June 2002.

[24] Available http://www.pscad.com/main/pscad/pscad_v3/index.html,

November 9 2002. Copyright 2000-2001Manitoba HVDC Research

Centre Inc.

[25] *Common specifications for high-voltage switchgear and controlgear standards*.

International Electrotechnical Commission (IEC), 2002.