



دانشگاه زنجان
دانشکده مهندسی
گروه برق

پایان نامه کارشناسی

گرایش: قدرت

عنوان:

مدلسازی و تشخیص خطای امپدانس بالا در خطوط قدرت

استاد راهنما:

جناب دکتر ابوالفضل جلیوند

نگارش:

فرشته شمس

پریا پرنقوشی

بهمن ۹۲

دانشگاه زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

دانشگاه مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

چکیده: در این پایان نامه هدف بررسی و در نهایت تشخیص خطای امپدانس بالا (HIF) در خطوط قدرت بوده، که در هنگام وقوع این نوع خطا به دلیل بالا بودن امپدانس، جریان ناچیزی جاری می شود که نتیجتاً رله های معمولی قادر به شناسایی و قطع آن نیستند.

در فصل دوم پس از بررسی ویژگی های خطای امپدانس بالا به انواع مدل های مداری منتج شده از این نوع

پردازش و در فصل ۳ با بهره گیری از کامل ترین مدل مداری روش های تشخیص معرفی شدند. در فصل آخر با

بهره گیری از روش FFT و نرم افزار متلب این خطا را شبیه سازی نمودیم.

برق دانشگاه زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

دانشگاه زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

دانشگاه مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

پروژه برق دانشگاه زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

برق دانشگاه زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

دانشگاه زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

- ۳-۲-۱) رله های تناسبی..... ۳۸
- ۳-۲-۲) رله های زمین درصد..... ۳۸
- ۳-۲-۳) تشخیص خطای امپدانس بالا توسط واحدهای اندازه گیر فازور..... ۳۹
- ۳-۳) روش های ارائه شده در حوزه فرکانس..... ۴۰
- ۳-۳-۱) استفاده از فیلتر کاملن..... ۴۲
- ۳-۳-۲) سری های فوریه زمان گسسته..... ۴۲
- ۳-۴) روش های ارائه شده در حوزه زمان - فرکانس..... ۴۴
- ۳-۴-۱) تشخیص خطای امپدانس بالا با استفاده از تبدیل time – frequency..... ۴۴
- ۳-۵) تبدیل موجک..... ۴۵
- ۳-۵-۱) آنالیز موجک..... ۴۵
- ۳-۵-۱-۱) مفهوم موجک (Wavelet)..... ۴۶
- ۳-۵-۱-۲) مفهوم مقیاس کردن (scaling) و شیفت دادن (shifting)..... ۴۷
- ۳-۵-۱-۳) تابع موجک و تابع مقیاس..... ۴۷
- ۳-۵-۲) بسط موجک یک سیگنال..... ۴۹
- ۳-۵-۳) تبدیل موجک پیوسته (CWT)..... ۵۱
- ۳-۵-۴) فرمول وارون برای تبدیل موجک..... ۵۵
- ۳-۵-۵) تبدیل موجک گسسته (DWT)..... ۵۵
- ۳-۵-۶) تجزیه چند سطحی سیگنال..... ۶۱
- ۳-۵-۷) بازسازی (Reconstruction)..... ۶۴
- ۳-۵-۸) بسته موجک (Wavelet Packet)..... ۶۶
- ۳-۵-۹) مشخصات مناسب برای انتخاب موجک مادر..... ۶۷

فصل اول

نگاهی به سیستم های توزیع

۱-۱) مقدمه

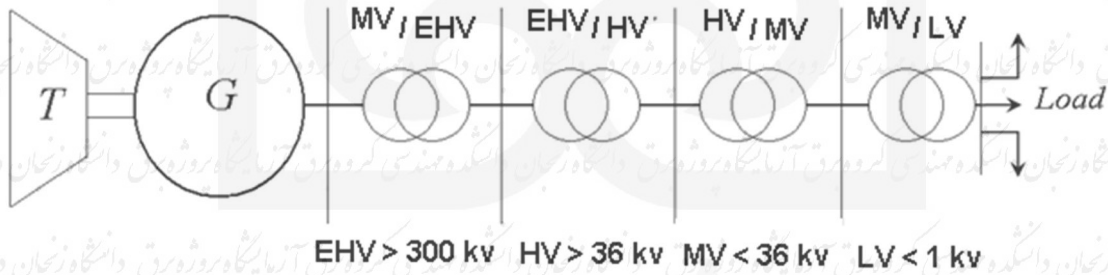
برای این که انرژی الکتریکی به دست مصرف کننده برسد و به دلیل این که معمولاً نیروگاه ها در مکان هایی دورتر از شهرها و محل های مسکونی قرار دارند فرآیندهای مختلفی باید بر روی آن انجام شود. برای مطالعه مهندسی گروه برق از آژنیاگاه پروژه برق دانشگاه زنجان یا پیکره بندی سیستم قدرت ضروری به نظر می رسد.

۲-۱) ساختار یا پیکره بندی سیستم قدرت

سیستم قدرت از سه بخش اصلی تشکیل شده است:

- ۱) تولید: که شامل نیروگاهها و پست های فشار قوی می باشد.
- ۲) انتقال: شامل خطوط انتقال انرژی و پست های فشار قوی می باشد.
- ۳) توزیع: که شامل خطوط فشار متوسط و فشار ضعیف و پست های توزیع می باشد که امکان دارد هوایی یا پروژه برق زمین باشد.

دیگرام تک خطی سیستم قدرت به صورت شکل ۱-۱ است.



شکل (۱-۱) دیگرام تک خطی سیستم قدرت

• در مرحله تولید ولتاژهای ۳، ۶، ۱۰.۵، ۱۳.۵، ۱۹، ۲۰.۵ و ۳۳ کیلو ولت توسط ژنراتور تولید می شود. آژنیاگاه پروژه برق دانشگاه زنجان یا پیکره بندی سیستم قدرت ضروری به نظر می رسد.

• ولتاژ فشار ضعیف (low voltage) با محدوده ولتاژ $V < 1kv$ شامل خطوط ۲۳۰ و ۴۰۰ ولت می باشد.

• ولتاژ فشار متوسط (medium voltage) با محدوده ولتاژ $1kv < V < 36kv$ شامل ولتاژهای ۶.۳، ۲۰، ۱۱، ۱۰.۵ و ۳۳ کیلو ولت می باشد. که ولتاژ فشار متوسط در شبکه توزیع ایران عموماً ۲۰ کیلوولت می باشد.

• ولتاژ فشار قوی (high voltage) با محدوده $230 kv < V < 36 kv$ شامل ولتاژهای ۶۳، ۱۳۲ و ۲۳۰ کیلو ولت است که رده ولتاژ ۶۳ و ۱۳۲ کیلو ولت در شبکه برق ایران به شبکه فوق توزیع مربوط است.

• ولتاژ بسیار قوی (extra high voltage) که شامل ۴۰۰ کیلو ولت به بالاست شامل ولتاژ ۴۰۰ کیلو ولت در ایران و ۵۰۰ و ۷۵۰ کیلو ولت در اروپا و امریکاست.

• ولتاژ فوق العاده فشار قوی (UHV) که شامل ولتاژهای ۱۰۰۰، ۱۵۰۰ و ۲۰۰۰ کیلو ولت می باشد که در ایران وجود ندارد.

با توجه به شکل ۱-۲ که شبکه قدرت را به همراه پست های مختلف آن نمایش می دهد ولتاژ تولیدی مولدها و ولتاژ انتقال یعنی ولتاژ EHV ($V > 400 kv$) تبدیل می شود.

در این پست ترانسفورماتورها و شین ها به وسیله کلیدهای قدرت، برقیگیرها و دیگر تجهیزات محافظ حفاظت می شوند. بدیهی است به علت کاهش تلفات خط که با مجذور جریان نسبت مستقیم دارد باید ولتاژ تا حد ممکن بالا برده شود و جریان پایین آورده شود.

ولتاژ EHV در پست انتقال به وسیله یک ترانسفورماتور کاهنده به محدوده ولتاژ HV یعنی $230 < V < 36$ کیلوولت کاهش می یابد شبکه وارد خط فوق توزیع می گردد.

ولتاژهای ۲۳۰ و ۳۶ کیلوولت در پست انتقال به وسیله یک ترانسفورماتور کاهنده به محدوده ولتاژ HV یعنی $230 < V < 36$ کیلوولت کاهش می یابد شبکه وارد خط فوق توزیع می گردد.

سیستم فوق توزیع می تواند پست های توزیع متعددی را تغذیه کند و امکان دارد به عنوان فیدرهای ارتباطی بین دو یا چند پست باشد و هریک از پست ها هم می تواند از نوع توزیع، فوق توزیع یا انتقال باشد. معمولاً از طریق یک کلید قدرت می توان از خطوط فوق توزیع برای تغذیه بعضی از بارهای توزیع، مصرف کننده های بزرگ انفرادی و به طور کلی برای یک کارخانه صنعتی یا مشترک تجاری که دارای بار خیلی بزرگ می باشد انشعاب گرفت.

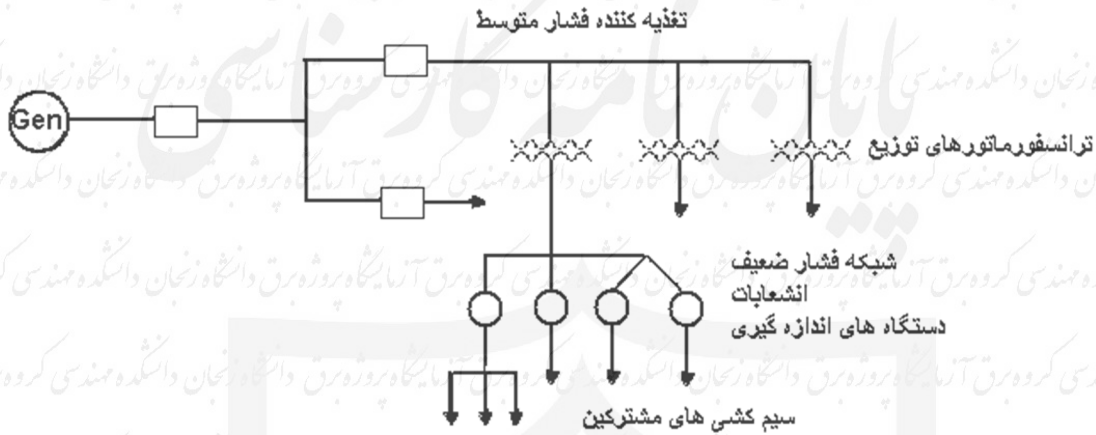
پست توزیع به کمک یک ترانسفورماتور کاهنده ولتاژ فوق توزیع را برای وارد شده به خطوط توزیع به محدوده $10\text{ kV} < V < 36\text{ kV}$ ولت کاهش می دهد. پست توزیع از طریق یک شین ایستگاهی شبکه سه فاز ولتاژ MV یعنی $10\text{ kV} < V < 36\text{ kV}$ را تغذیه می نماید.

زمانی شبکه سه فاز به عنوان یک مدار یا فیدر (تغذیه کننده) نامبرده می شود که از طریق یک کلید قدرت تحت حفاظت و گاهی اوقات از طریق یک تنظیم کننده ولتاژ به شین متصل گردد. معمولاً تنظیم کننده ولتاژ شکل تغییر یافته یک ترانسفورماتور است که کمک می کند تا ولتاژ خروجی در تغذیه کننده یا مدار بر اثر تغییرات بار در یک پهنه یا محدوده از قبل تعیین شده ثابت بماند. تنظیم کننده ولتاژ در بعضی موارد به جای اینکه ولتاژ یک تغذیه کننده یا مدار را تنظیم کند در مدار پست طوری نصب می شود که ولتاژ کل پست را تنظیم کند.

گاهی اوقات نیز در مسیر یک تغذیه کننده قرار می گیرد تا ولتاژ آن تغذیه کننده جزء را تنظیم نماید. در موقع وقوع اتصالی یا اضافه بار در تغذیه کننده خروجی یا توزیع، کلید قدرت فیدر عمل می کند و آن را از شین جدا می نماید.

سرانجام این ولتاژ برای مصارف خانگی یا تجاری و صنعتی کوچک توسط ترانسفورماتور توزیع به محدوده LV یعنی ولتاژهای کمتر از 1 kV پایین آورده می شود. این شبکه فشار ضعیف به عنوان مسیری عمل می کند که برق را به مشترکین تحویل دهد و مشترکین زیادی از شبکه فشار ضعیف انشعاب می گیرند. دستگاه های اندازه

گیری (کنتورهای برق) انرژی مصرفی مشترکین را اندازه گرفته و صورتحساب آنان توسط شرکت های برق محاسبه و فرستاده می شود.



(شکل ۱-۳) شبکه قدرت با حذف سیستم توزیع و فوق توزیع

۱-۳) انواع شبکه های توزیع

همان طور که اشاره شده بخش توزیع پست تغذیه تا وسایل اندازه گیری واقع در محل مصرف کننده ها را شاملان دانسته می شود. بخش توزیع یک سیستم قدرت می تواند به دو بخش فرعی تقسیم شود:

الف) توزیع اولیه که در آن بار به ولتاژی بالاتر از ولتاژ مصرف برده می شود و از پست توزیع

به محلی که در آن ولتاژ به میزان مصرف است پایین می آید تا مشترک انرژی مورد نیاز خود را مصرف نماید.

ب) توزیع ثانویه شامل قسمتی از سیستم است که دارای ولتاژ مصرف کننده بوده و به لوازم اندازه گیری مصرف

کننده ها منتهی می شود. در این پروژه منظور از شبکه توزیع، سیستم توزیع اولیه می باشد.

سیستم های توزیع اولیه شامل سه نوع اساسی زیر می باشد:

۱-۳-۱) سیستم های شعاعی، شامل سیستم های دو گانه و تبدیلی

دانشجویان محترم:

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

مراجع:

[۱] آلبرت بوکس، فرانسیس نارکوویچ، دکتر عطاء... عسکری همت (مترجم)، اولین درس در موجک ها با آنالیز فوری، انتشارات دانشگاه ولی عصر (عج)، زمستان ۱۳۸۷.

[۲] آلفرد مرتینز، دکتر محمد حسن مرادی (مترجم)، آنالیز سیگنال (ویولت، فیلتر بانک، تبدیل زمان - فرکانس) گروه و کاربرد آن ها، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر زمستان ۱۳۸۴

[۳] ارکی لکروی، ادوارد هومز، دکتر صادق جمالی (مترجم) طراحی شبکه های توزیع برق تهران انتشارات

دانشگاه علم و صنعت ۱۳۸۴

[۴] صدیقی انارکی علی رضا، شناسایی خطاهای امپدانس بالا در شبکه های توزیع انرژی الکتریکی، رساله دکترا، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده فنی و مهندسی، زمستان ۱۳۸۳

[۵] خراشادی زاده حسن، حسینی نوه سعید، طراحی یک روش جدید برای تشخیص خطاهای امپدانس بالا بر اساس تبدیل wavelet، نهمین کنفرانس شبکه های توزیع نیروی برق، زنجان بهار ۱۳۸۳

[۶] مرتضوی سعید، سعدی نژاد ایمان، محسنی منصور، آشکارسازی خطای امپدانس بالا با استفاده از تبدیل

موجک گسسته و سیستم استنتاج فازی، بیست و یکمین کنفرانس بین المللی برق ۱۳۸۵

[۷] جلیوند ابوالفضل، فیضی محمد رضا، مهرآیین علی، تشخیص عیب امپدانس بالا در سیستم توزیع شعاعی

با استفاده از تبدیل موجک گسسته، اولین کنفرانس تخصصی حفاظت و کنترل پاییز ۱۳۸۵ دانشگاه

صنعتی امیرکبیر

[۸] قلعه ای منفرد زنجانی محسن، کاظمی کارگر حسین، اشرفی نیاکانی حسن، شناسایی خطای امپدانس بالا

در شبکه های توزیع الکتریکی توسط واحد های اندازه گیری فازور، کنفرانس منطقه ای سیرد، تهران، زمستان

۱۳۹۱

[۹] Lai Tsz Ming Terence, High Impedance Fault Identification using FIR filters, Wavelet Transform and Computational Intelligence, for the degree of Doctor of Philosophy at the Hong Kong Polytechnic University, March ۲۰۰۴

[۱۰] M. Sarlak and S. M. Shahrtash, "High Impedance Fault Detection in Distribution Networks Using Support Vector Machines Based on Wavelet Transform" IEEE Electrical Power & Energy Conference, ۲۰۰۸

[۱۱] “Detection of Downed Conductors on Utility Distribution Systems”, IEEE PES Tutorial Course ۹۰EH۰۳۱۰-۳-PWR, ۱۹۸۹

[۱۲] Daqing Hou and Normann Fischer, “Deterministic High-Impedance Fault Detection and Phase Selection on Ungrounded Distribution Systems”, *Schweitzer Engineering Laboratories, Inc*

[۱۳] M. Aucoin, “Status of high impedance fault detection” IEEE TPAS-۱۰۴, No.۳, ۱۹۸۵, Page(s): ۶۳۸-۶۴۳.

[۱۴] A.M. Sharaf, L.A. Snider, K. Debnath, “A neural network based back error propagation relay algorithm for distribution system high impedance fault detection” *Advances in Power System control, Operation and Management*, ۱۹۹۳. APSCOM-۹۳., ۲nd International Conference on, ۱۹۹۳, Page(s): ۶۱۳ –۶۲۰.

[۱۵] David Chan Tat Wai, Xia Yibin “A Novel Technique For High Impedance Fault Identification” *Power Delivery, IEEE Transactions on*, Vol.۱۳ Issue: ۳, July ۱۹۹۸, Page(s): ۷۳۸ –۷۴۴.

[۱۶] S.R. Nam, J.K. Park, Y.C. Kang, T.H. Kim, “A modeling method of a high impedance fault in a distribution system using two series time-varying resistances in EMTP” *Power Engineering Society Summer Meeting*, ۲۰۰۱. IEEE, Vol.۲, ۱۵-۱۹ July ۲۰۰۱, Page(s): ۱۱۷۵ – ۱۱۸۰.

[۱۷] T.M. Lai, L.A. Snider, E. Lo. “Wavelet Transform Based Relay Algorithm for the Detection of Stochastic High Impedance Faults” *International Conference on Power System Transient*, in New Orland, IPTS ۲۰۰۳, Page(s): ۱-۶.

[۱۸] Y. Sheng, S.M. Rovnyak, “Decision Tree-Based Methodology for High Impedance Fault Detection” *Power Delivery, IEEE Transactions on*, Vol.۱۹, Issue: ۲, April ۲۰۰۴, Pages: ۵۳۳ – ۵۳۶.

[۱۹] M. Michalik , W. Rebizant, M. Lukowicz, S.-J. LEE, KANG: "Wavelet Transform Approach to High Impedance Fault Detection in MV Networks", *Proceedings of the ۲۰۰۵ IEEE PowerTech Conference*, St. Petersburg, Russia, ۲۷-۳۰ June ۲۰۰۵, CD-ROM, paper ۷۳.

[۲۰] Marek Michalik; et al, “ High-Impedance Fault Detection in Distribution Networks With Use of Wavelet-Based algorithm” *IEEE Transactions on Power Delivery*, vol. ۲۱, No. ۴, Oct. ۲۰۰۶, pp. ۱۷۹۳-۱۸۰۲

[۲۱] T. Cui and Xinzhou Dong and Zhiqian Bo and S. Richards, “Integrated scheme for high impedance fault detection in MV distribution system” *Transmission*

and Distribution Conference and Exposition: Latin America, ۲۰۰۸ IEEE/PES, ۱۳-۱۵ Page(s):۱ – ۶, ۲۰۰۸

[۲۲] Nagy I. Elkalashy, Matti Lehtonen, Hatem A. Darwish, Mohamed A. Izzularab and Abdel-Maksoud I. Taalab, "Modeling and Experimental Verification of High Impedance Arcing Fault in Medium Voltage Networks", IEEE Transaction on Dielectrics and Electrical Insulation, April ۲۰۰۷

[۲۳] O. Mayr, "Beitrage zur Theorie des Statischen und des Dynamischen Lichthogens," Archiv für Elektrotechnik, ۱۹۴۳

[۲۴] J.Carr, "Detection of high impedance fault on multi grounded primary distribution system", IEEE Transaction n power apparatus and systems, Vol. PAS-۱۰۰, No.۴ , April ۱۹۸۱, pp.۲۰۰۸-۲۰۱۶

[۲۵] T.M. Lai, L.A. Snider, E. Lo. "Wavelet Transform Based Relay Algorithm for the Detection of Stochastic High Impedance Faults"International Conference on Power System Transient, in New Orland, IPTS ۲۰۰۳ pp. ۱-۶.

[۲۶] B.M Aucion, B.D. russell,"detection of distrbution high impedance fault using burst noise signal near ۶۰-Hz",IEEE Transaction on power delivery ,Vol PWRD-۲, April ۱۹۸۷, pp.۳۴۷-۳۵۴

[۲۷] A. Girigs , W. Chang and E. Markram "Analysis Of High Impedance Fault Generated Signals Using Kalman Filtering Approach", IEEE transaction on power delivery, Vol. ۵, No.۵, April ۱۹۹۰ , pp.۱۷۱۴-۱۷۲۴

[۲۸] arrillaga,smith,waston,wood,"power system harmonic analysis" wiley, ۱۹۹۷

[۲۹] k.tapan, m.s palmam.c wicks,"wavelet application in engineering electromagnetics"artech house publisher,۲۰۰۲

[۳۰] D.T.W. Chan, Xia Yibin, "A Novel Technique For High Impedance Fault Identification", IEEE transaction on power delivery ,Vol.۱۳ ,No. ۳, July ۱۹۹۸, PP.۷۳۸-۷۴۴.

[۳۱] L. Lai, E. stryvaktakis, A. G. sichanie,"Application of Discrete Wavelet Transform to High Impedance Fault Identification", International Conference on Energy Managements and Power Delivery, Proceeding of EMPD ۹۸, Vol. ۲, March ۱۹۹۸, pp.۶۸۹-۶۹۳.

[۳۲] S. J. Huang, C. T. Hsieh,"High Impedance Faults Detection Utilizing a Morlet Wavelet Transform Approach ", IEEE Transaction On Power Delivery, Vol. ۱۴, No.۴, Oct. ۱۹۹۱, pp. ۱۴۰۱-۱۴۱۰

- [۳۳] M. Michalic, W.Rebizant, M. Lukowicz, S.J. Lee, “High Impedance Fault Detection Distribution Networks with Use of Wavelet Based Algorithm” , IEEE Transaction on Power Delivery , Vol. ۲۱, No.۴ , Oct.۲۰۰۶,pp.۱۷۹۳-۱۸۰۲
- [۳۴] N.I.Elkalashy, M.letonen, H.Darwish, M.A.Izularab,”modeling and experimental verification of high impedance fault in medium voltage network s”. IEEE transaction on dielectrics and eletrical insulation, Vol.۱۴, No.۲, April ۲۰۰۷, pp. ۳۷۵-۳۸۳
- [۳۵] S .Ebron, D. L. Lubkemen, and M .White, “Neural Network Approach to the Incipient Fault on Power Distribution Feeders”, IEEE transaction on power delivery, Vol. ۵, No.۲, April ۱۹۹۰, pp.۹۰۵-۹۱۴
- [۳۶] L.A. sinder, Y.S. Yuen, “The Neural Network Based Relay for the Detection of Stochastic High Impedance Fault”, neurocomputing, Vol.۲۳, ۱۹۹۸, pp.۲۴۳-۲۴۵
- [۳۷] A.V. Mashivev, B.D. russell, C.L. Banner, “Analysis of High Impedance Fault Using Fractal Techniques” ,IEEE power industry computer appliction conference ,۱۹۹۵ pp.۴۰۱-۴۰۶
- [۳۸] Z.liu,”Perturbation Criteria for Chaos” shanghai, china, shanghai scientific and technology education , oct.۱۹۹۴,pp.۳۶-۴۹
- [۳۹] G. Wang, S.He,”A Quantitative Study on Detection and Estimation of Weak Signals by Using Chaotic Duffing Oscillators” IEEE Trans, Circuit and systems, Vol.۵۰,No.۷, january.۲۰۰۳,pp. ۹۴۵-۹۵۳
- [۴۰] E.H.Camm,”Shunt Capacitor over Voltage and A Reduction Technique”, IEEE /PES transmission and distribution conference and exposition .new Olreans LA, April ۱۹۹۹.
- [۴۱] ”IEEE Guide for Application of Shunt Power Capacitors”, transmission and distribution committee of the IEEE power engineering society IEEE Std ۱۰۳۶-۱۹۹۲.