Archive of SID

شناسایی و طبقه بندی جریان هجومی ترانس، کلید زنی خازنی، کلیدزنی بار، اتصال کوتاهها با استفاده از تبدیل موجک

علیرضا صدیقی انارکی[۱]، شیما شیریزدی[۲]
۱- دانشگاه یزد، مجتمع فنی و مهندسی، دانشکده مهندسی برق، sedighi@ yazduni.ac.ir
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی برق ـ قدرت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف‌آباد، S_shiryazdi@yahoo.com

چکیده

در این مقاله روش جدیدی برای شناسایی و طبقه‌بندی انواع حالت‌های گذرا از جمله: کلیدزنی خازنی، کلیدزنی بار، اتصال کوتاه تکفاز، دوفاز، سه فاز و جریان هجومی ترانس ارائه شده است. در این روش برای دسترسی به مؤلفه‌های فرکانس بالای سیگنال‌ها و استخراج ویژگی‌ها، از تبدیل موجک و برای انتخاب ویژگی‌ها، از روش آنالیز مؤلفه‌های اصلی و برای جداسازی داده‌ها از طبقه‌بندی کننده بیز استفاده شده است. اطلاعات مربوط به انواع حالات گذرا با شبیه‌سازی یک فیدر ۲۰KV به کمک برنامه EMTP بدست آمده‌اند. نتایج میزان موفقیت بالای این روش را نشان می‌دهند.

کلما ت کلیدی

حالتهای گذرای شبکه توزیع، تبدیل موجک، طبقه‌بندی کننده بیز، آنالیز مؤلفه‌های اصلی (PCA)

۱– مقدمه

حالتهای گذرای گوناگونی از جمله جریان هجومی ترانس، کلیدزنی خازنی، کلیدزنی بار، خطای اتصال کوتاه تکفاز، دوفاز و سه فاز در شبکه توزیع انرژی الکتریکی رخ می‌دهند.

جریان هجومی ترانس یک جریان گذرا است که در اثر کلیدزنی ترانس بدون بار بوجود می‌آید. گاهی اوقات مقدار این جریان گذرا از جریان بار کامل تجاوز می‌کند و ممکن است به ۸ تا ۱۰ برابر جریان بار کامل برسد[۱] برای هر ترانسفورماتور این جریان گذرا بستگی به اندازه ولتاژ منبع تغذیه در لحظه برق‌دار شدن ترانسفورماتور، شار پسماند هسته و امپدانس مدار تغذیه دارد [۲].

کلیدزنی خازن اعم از ورود یا خروج خازن باعث ایجاد جریان‌های گذرای فرکانس بالا می‌شود. دامنه جریان‌های گذرا در این حالت می‌تواند زیاد باشد و این موضوع به هنگام کلیدزنی بانک‌های خازنی موازی بیشتر به چشم می‌خورد.

علاوه بر این کلیدزنی خازن باعث ایجاد قوس‌های برگشت در لحظه جداشدن کنتاکهای کلید از یکدیگر در لحظه قطع مدار می‌گردد که می‌تواند اضافه ولتاژهای شدید گذرا در شبکه توزیع ایجاد کند.

از آنجا که زاویه فاز بین جریان و ولتاژ خازن ۹۰ درجه است چنانچه کلید در زمانی جریان خازن را قطع کند که ولتاژ حداکثر است، در این لحظه ولتاژ حداکثر موجود در دو سر خازن، آن را شارژ می‌نماید. در نیم سیکل بعد وقتی که ولتاژ در خلاف جهت، دو سر خازن قرار می‌گیرد، ولتاژ دو سر کلید حداقل دو برابر ولتاژ ماکزیمم مدار می‌گردد و اگر کلید قادر به تحمل این ولتاژ نباشد باعث جرقه زدن بین کنتاکهای آن می‌شود و جریان دوباره برقرار می‌گردد [۳].

کلیدزنی بار و اتصال کوتاهها نیز باعث ایجاد گذراهایی در جریان و ولتاژ شبکه می‌گردند[۴] .

به دلیل شباهت‌هایی که شکل موج‌های حالت‌های گذرای جریان هجومی ترانس، کلیدزنی خازنی، کلیدزنی بار و خطای اتصال کوتاه تکفاز، دوفاز و سه فاز با یکدیگر دارند، گاهی اوقات به درستی تشخیص داده نمی‌شوند و باعث بروز پاره‌ای از مشکلات می‌شوند که از آن جمله، عملکرد رله دیفرانسیل در مقابل جریان هجومی ترانس است. در صورتی که رله دیفرانسیل برای تشخیص اتصالی و عیب

www.SID.ir

Archive of SID

داخل ترانسفورماتور است و نباید در مقابل جریان هجومی ترانس عمل کند [۵].

جداسازی صحیح گذراهای بوجود آمده در شبکه توزیع می‌تواند باعث جلوگیری از قطعی فیدرها در مواقع غیرضروری و نیز جلوگیری از حوادث احتمالی بواسطه خطاهای اتصال کوتاه گردد لذا در این مقاله تلاش شده تا راه‌حلی مناسب برای این امر ارائه گردد.

یکی از تبدیلاتی که برای تجزیه سیگنال‌ها و استخراج ویژگی‌های مناسب جهت طبقه‌بندی داده‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد، تبدیل موجک می‌باشد. از آنجا که این تبدیل برای تجزیه سیگنال‌های غیرایستان مناسب می‌باشد و گذراهای مورد بحث این مقاله از نوع غیرایستان می‌باشند. در این مقاله از این تبدیل برای پردازش سیگنال‌های گذرا استفاده شده است [۸-۶].

اکثر الگوریتم‌های شناسایی و طبقه‌بندی حالت‌های گذرا که از آنالیز تبدیل موجک استفاده می‌کنند، براساس مقایسه مقدار مؤلفه‌های فرکانس بالای سطح اول جریان‌های هر سه فاز حالت‌های گذرا عمل می‌کنند [۹].

در [۱۰] با استفاده از موجک Spline و قدرمطلق ضرایب سطح ۱ و ۲ سیگنال‌های جریان تجزیه شده، برای شناسایی حالت‌های گذرا استفاده شده است. اطلاعات لازم با شبیه‌سازی یک فیدر ۱۱KV با استفاده از برنامه EMTP ثبت شده‌اند و سه سیکل از سیگنال‌های جریان پردازش شده‌اند.

در [۱۱] از مجموع قدرمطلق ضرایب سطح ۱ برای یک سیکل از جریان‌های سه فاز تجزیه شده به کمک موجک Doubechies4 بعنوان معیاری برای طبقه‌بندی حالت‌های گذرا استفاده شده است. در این بررسی فرکانس نمونه‌برداری ۳۸۴۰Hz بوده است.

در [۱۲] از موجک Doubechies4 و انرژی ضرایب سطح ۵ سیگنال‌های ولتاژ و جریان برای شناسایی حالت‌های گذرا و مکانیابی آن بهره گرفته شده است.

در مراجع [۱۳و۱۴] از ترکیب تبدیل موجک و منطق فازی برای شناسایی و طبقه‌بندی حالت‌های گذرا استفاده شده است.

در [۱۵] بوسیله تفاوت‌های شکل موج‌های حالت‌های گذرا از یکدیگر برای طبقه‌بندی آنها استفاده شده است بگونه‌ای که برای جریان هر حالت گذرا ابتدا مدل مارکوپنهانی (HMM) بدست آمده است و سپس پارامترهای آن تخمین زده شده است و بعنوان مجموعه‌ای از اطلاعات به شبکه آموزش داده شده است. سپس جریان‌ها اندازه گیری شده‌اند و بعنوان ورودی به هر مدل داده شده‌اند.

آن مدلی که تشابه بیشتری با مدل آموزش داده شده دارد به عنوان حالت گذرای رخ داده در سیستم توزیع شناخته شده است.

در این مقاله روش جدیدی برای شناسایی و طبقه‌بندی چهار حالت‌های گذرای کلیدزنی خازنی، جریان هجومی ترانس، کلیدزنی بار و اتصال کوتاه تکفاز، دوفاز و سه فاز در یک شبکه توزیع ۲۰KV ارائه شده است. ویژگی روش ارائه شده، استفاده از تبدیل موجک و روش PCA برای استخراج و انتخاب ویژگی‌ها به اضافه طبقه‌بندی کننده بیز به عنوان یک طبقه‌بندی کننده بهینه می‌باشد.

اطلاعات مربوط به حالت‌های گذرا با شبیه‌سازی یک فیدر ۲۰KV به کمک برنامه EMTP بدست آمده‌اند.

۲- شبیه‌سازی

اطلاعات مربوط به انواع حالت‌های گذرا از جمله کلیدزنی بار، کلیدزنی خازنی، جریان هجومی ترانس، اتصال کوتاه تکفاز، دو فاز و سه فاز با شبیه سازی یک فیدر ۲۰KV به کمک برنامه EMTP بدست آمده‌اند. در این شبیه سازی از مدل π برای خطوط انتقال، از مدل فرکانسی بار (Cigre) برای بارها و از مدل ترانس اشباع برای ترانس‌ها استفاده شد.

منحنی اشباع مورد استفاده برای ترانس‌های اشباع با استفاده از برنامه کمکی HYSDAT در برنامه EMTP بدست آمد. شکل (۱) فیدر شبیه‌سازی شده را نشان می‌دهد. تعداد ۶۰ حالت متنوع از هر حالت گذرا برای پیش پردازش و طبقه‌بندی استفاده شده‌اند. شکل‌های (۲و۳و۴و ۵) نمونه‌ای از جریان فاز a هر کدام از حالت‌های گذرای موردنظر را نشان می‌دهند.

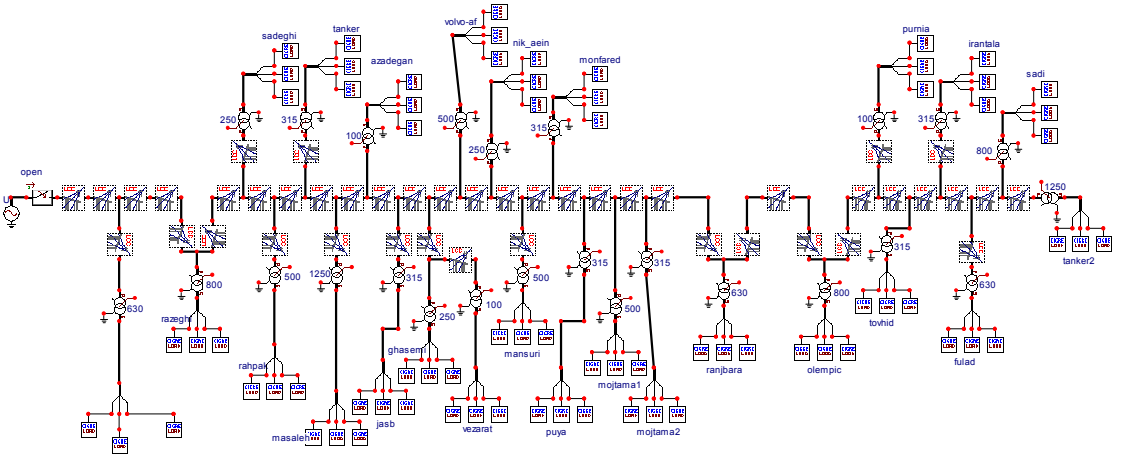
۳- استخراج و انتخاب ویژگی‌ها

به منظور استخراج ویژگی‌ها از شکل موجهای جریان‌های حالت‌های گذرا با فرکانس نمونه برداری ۱۰KHz، ۱۰۲۴ نمونه از آنها از لحظه اولین عبور از صفر، قبل از وقوع پدیده که حدود ۵ سیکل از شکل موج جریان می‌شود به عنوان داده‌های پردازش شونده انتخاب گردیدند. به منظور انتخاب موجک مادر مناسب شبیه سازی‌های متعددی با توجه به ویژگی‌های انتخاب شده و کلیه موجک‌های معرفی شده در جعبه ابزار نرم افزار MATLAB انجام شد و نهایتاً موجک مادر db2 به عنوان مناسب‌ترین موجک مادر انتخاب گردید. با استفاده از موجک مادر db2 سیگنال‌های جریان تجزیه گردیدند و مؤلفه‌های فرکانس بالای سیگنال‌های تجزیه شده برای استخراج ویژگی‌های مناسب استفاده شدند. میانگین ضرایب یا سیگنال‌های بازسازی شده ۱۰ سطح اول بعنوان ویژگی‌های اصلی استفاده شدند. به این ترتیب بردار ویژگی برای هر سیگنال جریان شامل ۱۰ ویژگی گردید.

شایان ذکر است ویژگی‌های دیگری نیز در طول محاسبات مدنظر قرار گرفتند که از مناسب‌ترین همانگونه که در بالا بیان گردید استفاده شد. به منظور انتخاب ویژگی‌ها و با توجه به اینکه حوادث طبیعی معمولاً دارای توزیع نرمال می‌باشند در این قسمت فرض شده است کلیه داده‌ها دارای توزیع نرمال می‌باشند.

www.SID.ir

Archive of SID



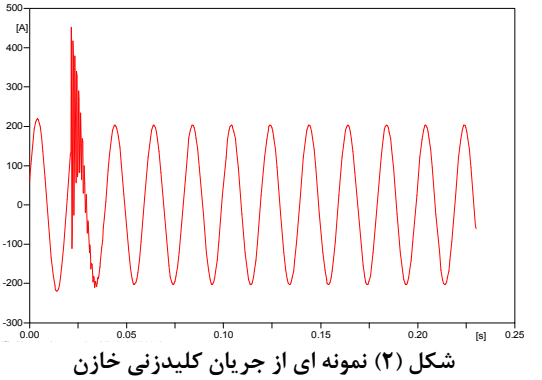
شکل ۱- فیدر شبیه سازی شده در برنامه EMTP

لذا از تبدیل PCA به منظور کاهش ابعاد بردارهای ویژگی استفاده شده است. با توجه به رابطه ۸ تا آنجا از سطرهای متناظر با مقادیر ویژه کوچکتر ماتریس A، صرفنظر شد که مجموع MSEها کمتر از ۰/۰۰۰۱ باشد.

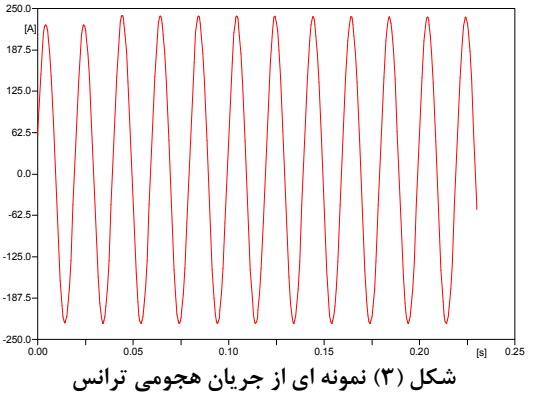
با انجام این کار ابعاد بردار ویژگی از ۱۰ به ۲ کاهش یافت و با استفاده از بردارهای دو بعدی اقدام به طبقه‌بندی گردید.

۳-۱- طبقه‌بندی‌کننده بیز

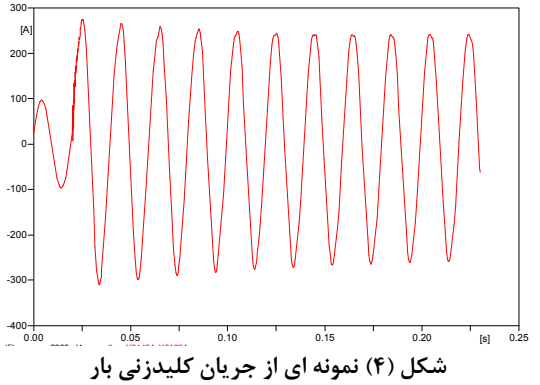
با توجه به داشتن چهار کلاس جریان هجومی ترانس، کلیدزنی خازن، کلیدزنی بار، اتصال کوتاه‌ها، ۳۰ بردار از ۶۰ بردار ویژگی هر کلاس برای انجام محاسبات و به عبارتی آموزش و ۳۰ بردار باقیمانده از هر کلاس به عنوان تست در نظر گرفته



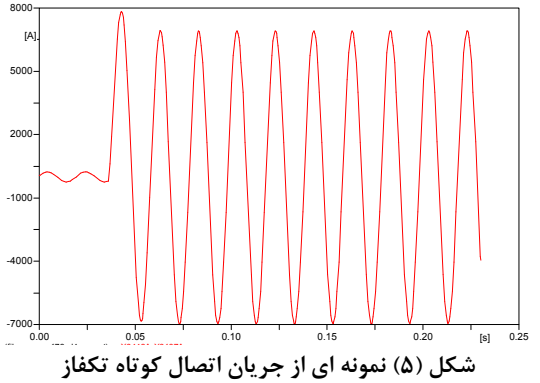
شکل (۲) نمونه ای از جریان کلیدزنی خازن



شکل (۳) نمونه ای از جریان هجومی ترانس



شکل (۴) نمونه ای از جریان کلیدزنی بار



شکل (۵) نمونه ای از جریان اتصال کوتاه تکفاز

www.SID.ir

Archive of SID

شدند و از طبقه‌بندی کننده بیز به منظور تفکیک چهار کلاس استفاده گردید.

۴- نتایج

با توجه به انجام محاسبات بخش قبل، پس از استفاده از طبقه‌بندی کننده بیز ملاحظه شد، تنها ۱ مورد از ۳۰ کلیدزنی خازنی درست تشخیص داده نشده و تمامی ۳۰ حالت مربوط به انواع دیگر حالت‌های گذرا درست شناسایی شدند. یعنی ۹۶/۶۷٪ کلیدزنی خازنی و ۱۰۰٪ سایر حالات صحیح تشخیص داده شدند و موفقیت طبقه‌بندی کننده در مجموع ۹۹/۱۷٪ می‌باشد.

با تغییر معیار مجموع خطاهای محاسباتی (MSE) مورد قبول در قسمت انتخاب ویژگی، تعداد ویژگی‌های انتخابی تغییر داده شد و ملاحظه گردید در صورت افزایش تعداد ویژگی‌های نهایی، میزان موفقیت طبقه‌بندی کننده کاهش خواهد یافت. این امر بیانگر اهمیت بخش انتخاب ویژگی‌ها در مسایل شناسایی الگو می‌باشد. نتایج مربوط به تغییر تعداد ویژگی‌های انتخابی در جدول (۱) درج گردیده‌اند. با تغییر موجک انتخابی برای تجزیه سیگنال‌های جریان در بخش استخراج ویژگی‌ها ملاحظه می‌شود که مناسب‌ترین موجک برای استخراج ویژگی‌های مناسب جهت طبقه‌بندی حالت‌های گذرای مذکور موجک db2 می‌باشد و سایر موجک‌ها دارای این خصوصیت نمی‌باشند و در صورت استفاده از آنها میزان موفقیت طبقه‌بندی کننده کاهش خواهد یافت. این امر بیانگر اهمیت نوع موجک در مسایل شناسایی الگو میباشد. جدول (۲) تأثیر انتخاب تعدادی از موجک‌ها را در میزان موفقیت طبقه‌بندی کننده نشان می‌دهد. در صورت تغییر ویژگی‌های استخراج شده، میزان موفقیت طبقه‌بندی کننده کاهش می‌یابد. این امر بیانگر اهمیت نوع ویژگی در مسایل شناسایی الگو میباشد.جدول (۳) تاثیر انتخاب ویژگی‌ها را در میزان موفقیت طبقه‌بندی کننده نشان می‌دهد.

جدول ۱- تأثیر تغییر تعداد ویژگی‌های انتخابی در میزان موفقیت طبقه‌بندی کننده

خطاهای اتصال کوتاهها	جریان هجومی ترانس	کلیدزنی بار	کلیدزنی خازنی	تعداد ویژگی‌های انتخاب شده	تعداد ویژگی‌های استخراج شده	ردیف
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۹۹/۶۷	۲	۱۰	۱
۱۰۰	۱۰۰	۹۶/۶۷	۹۳/۳۳	۳	۱۰	۲
۱۰۰	۱۰۰	۹۶/۶۷	۹۰	۴	۱۰	۳
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۸۶/۶۷	۵	۱۰	۴
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۸۶/۶۷	۶	۱۰	۵

جدول ۲- تأثیر موجک انتخابی در میزان موفقیت طبقه‌بندی کننده

خطاهای اتصال کوتاهها	جریان هجومی ترانس	کلیدزنی بار	کلیدزنی خازنی	تعداد ویژگی‌های انتخاب شده	تعداد ویژگی‌های استخراج شده	موجک انتخاب شده	ردیف
۱۰۰	۱۰۰	۹۶/۶۷	۹۳/۳۳	۲	۱۰	db1	۱
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۹۶/۶۷	۲	۱۰	db2	۲
۱۰۰	۹۶/۶۷	۱۰۰	۹۶/۶۷	۲	۱۰	db3	۳
۱۰۰	۹۶/۶۷	۱۰۰	۹۳/۳۳	۲	۱۰	rbio2.4	۴
۱۰۰	۹۶/۶۷	۱۰۰	۹۳/۳۳	۲	۱۰	Rbio4.4	۵

جدول ۳- تأثیر ویژگیهای استخراج شده در میزان موفقیت طبقه‌بندی کننده

خطاهای اتصال کوتاهها	جریان هجومی ترانس	کلیدزنی بار	کلیدزنی خازنی	تعداد ویژگی‌های انتخاب شده	تعداد ویژگی‌های استخراج شده	موجک انتخاب شده	ردیف
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۹۶/۶۷	۲	۱۰	میانگین هر سطح	۱
۱۰۰	۹۶/۶۷	۱۰۰	۹۳/۳۳	۲	۱۰	واریانس هر سطح	۲
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۹۳/۳۳	۲	۱۰	ماکزیمم هر سطح	۳
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۹۳/۳۳	۲	۱۰	مینیمم هر سطح	۴
۱۰۰	۹۶/۶۷	۱۰۰	۹۶/۶۷	۲	۱۰	Rms هر سطح	۵

۵- نتیجه گیری

در این مقاله روش جدیدی برای شناسایی طبقه‌بندی حالت‌های گذرا با استفاده از ترکیب تبدیل موجک و روش‌های آماری ارائه شده است. روش پیشنهادی مبتنی بر اطلاعات مؤلفه‌های فرکانسی ۱۰ سطح اول شکل موج‌های تجزیه شده به کمک تبدیل موجک، به منظور استخراج ویژگی می‌باشد. از آنالیز مؤلفه‌های اصلی (PCA) به عنوان روشی برای انتخاب ویژگی و از طبقه‌بندی کننده بیز به عنوان شناسایی کننده حالت‌های گذرا استفاده شده است. اطلاعات مربوط به حالات گذرا با شبیه سازی توسط برنامه EMTP بدست آمده‌اند. فرکانس نمونه‌برداری در کلیه حالات ۱۰KHz می‌باشد. نتایج میزان موفقیت بالای روش پیشنهادی را نشان می‌دهد.

www.SID.ir

Archive of SID

۶- مراجع

[۱] Rahman MA, Jeyasurya B.A **"state of the art review of transformer protection algorithms"**. IEEE Trans power Delivery 1988; 3(2): 534-44.

[۲] Mao PL, Aggarwal Rk. "**A novel approach to the classification of the transient phenomena in power transformers using combined wavelet transform and neural network**". IEEE Transact Power Deliv 2001; 16(4): 654-60.

[۳] Larry M. Smith. A "**practical approach in substation capacitor bank applications to calculating, limiting, and reducing the effects of transient currents**". IEEE Transaction on Industry Applications. VOL. 31. NO. 4. July/Agust 1995.

[۴] Kim, C.J.; Russell, B.D."**Classification of faults and switching events by inductive reasoning and expert system methodology. Power Delivery**", IEEE Transactions on, VOL.4, Issue: 3, July 1989, Page(s): 1631-1637.

[۵] A.G.Phadke, J.S. Thorp, "**A new computer-based flux-restrained current-differential relay for power transformer protection**", IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems PAS – 102(11) (1983) 3624-3629.

[۶] Y.Y. Hong, C.W.Wang, "**switching detection/ classification using discrete wavelet transform and self – organizing mapping network**", IEEE Trans. Power Deliv. 20(2) (2005) 1662-1668.

[۷] M.M.Eissa, "**A novel digital directional transformer protection technique based on wavelet packet**", IEEE Trans. Power Deliv. 20(3) (2005) 1830-1836.

[۸] S.A. Saleh, M.A. Rahman, "**Modeling and Protection of a three-phase power transformer using wavelet packet transform**", IEEE Trans. Power Deliv. 20(2) (2005) 1273-1282.

[۹] Omar AS. "**Combined fuzzy-logic wavelet-based fault classififcation technique for power system relaying**",. IEEE Trans Power Delivery 2004; 19(2): 582-9.

[۱۰] David chan Tat wai; xia yibin. "**A novel technique for high impedance fault identification. Power Delivery**", IEEE Transactions on, VOL. 13 Issue: 3, July 1998, Page(s): 738-744.

[۱۱] Chul-Hwan Kim; Hyun Kim; Young – Hun Ko; Sung – Hyun Byun; Aggarwal, R.K.; Johns, A.T.; "**A novel fault –detection technique of high –impedance arcing faults in transmission lines using the wavelet transform. Power Delivery**", IEEE Transactions on, VOL.17, Issue:4,Oct. 2002, page(s): 921-929.

[۱۲] Lai, L.L.; styvaktakis, E.; sichanie, A.G. "**Application of discrete wavelet transform to high impedance fault identification. Energy management and Power Delivery**", 1998. Proceedings of EMPD' 98. 1998 international conference on, VOL.2, 1998, page(s): 689-693.

[۱۳] Ferrero A, Sangi vanni S, Zappitelli E. A "**Fuzzy set approach to fault type identification in digital relaying**". IEEE Trans Power Delivery 2004; 19(2): 582-9.

[۱۴] Omar AS. "**Combined fuzzy-logic wavelet-based fault classification technique for power system relaying"**. IEEE Trans Power Delivery 2002; 17(4): 921-9.

[۱۵] Xiaoxo Ma, Jun Shi. "**A new method for discrimination between fault and magnetizing inrush current using HMM**". Electric Power Systems Research 56(2000) 43-49.

www.SID.ir