



طراحی یک روش جدید برای تشخیص خطاهای امپدانس بالا بر اساس تبدیل wavelet

سعید حسینی نوه²

شرکت توزیع شمال کرمان

حسن خراشادی زاده¹

گروه برق قدرت، دانشکده مهندسی، دانشگاه بیرجند

پست الکترونیکی: hkhorashadi@yahoo.com 1)

sa_hou@yahoo.com 2)

چکیده: در این مقاله طراحی یک روش جدید برای تشخیص خطاهای امپدانس بالا در شبکه های توزیع بر اساس تبدیل wavelet توصیف شده است. تشخیص خطاهای امپدانس بالا با روشهای مرسوم بسیار مشکل می باشد. با رخداد خطا در این شبکه، سیگنالهای آغشته به مولفه های فرکانسی در جریان ظاهر می شوند. با تشخیص این مولفه های فرکانسی می توان به وجود این خطاها پی برد. بنابراین با توجه به قدرت بالای تبدیل wavelet به نظر می رسد این تبدیل می تواند با استخراج طیف فرکانسی شکل موج جریان با قابلیت بالایی خطاهای امپدانس بالا را تشخیص دهد. در این مقاله الگوریتمی مبتنی بر این تبدیل برای تشخیص خطاهای امپدانس بالا در شبکه های توزیع معرفی شده است. نتایج تست و شبیه سازی نشان می دهد که روش فوق با قدرت بسیار بالایی خطاهای امپدانس بالا را تشخیص داده و می تواند آن را از حالت های دیگر سیستم قدرت مانند کلیدزنی بار یا کلیدزنی خازن تفکیک نماید.

کلمات کلیدی: تبدیل wavelet، شبکه های توزیع و خطاهای امپدانس بالا.

1- مقدمه

در سیستم های توزیع الکتریکی به خطاهایی که رله های اضافه جریان و رله های اتصال زمین قادر به تشخیص آنها نیستند خطاهای امپدانس بالا گفته می شود. این خطاها در اثر برخورد هادی با شئی مانند شاخه درخت به هادی ها و یا قطع هادی و افتادن آن بر روی سطحی که دارای خاصیت هدایت الکتریکی مناسبی نیست بوجود می آید. دامنه جریان خطا در این نوع خطاها بسیار کم است ولی با وجود آمدن این خطاها احتمال آتش سوزی و یا برق گرفتگی اشخاص وجود دارد [1].

تاکنون تحقیقات زیادی برای تشخیص خطاهای امپدانس بالا انجام و روشهای متعددی برای آن ارائه شده است. تحقیقات نشان می دهد که خطاهای امپدانس بالا موجب بوجود آمدن هارمونیک بر روی موج جریان می شود. از این لحاظ بعضی از محققین از هارمونیک ها برای تشخیص این خطاها استفاده کرده اند [2-5]. تبدیل wavelet روش مناسبی برای استخراج طیف فرکانسی یک شکل موج می باشد امروزه این تبدیل در پردازش سیگنال، پردازش تصویر، پردازش اطلاعات و... کاربرد بسیار زیادی پیدا کرده است [6]. بنابراین به نظر می رسد این تبدیل می تواند با استخراج طیف فرکانسی شکل موج جریان با قابلیت بالایی در تشخیص خطاهای امپدانس بالا استفاده شود.

در این مقاله نیز یک روش جدید بر اساس تبدیل wavelet برای تشخیص خطاهای امپدانس بالا پیشنهاد شده است. برای انجام مطالعات شبیه سازی، یک سیستم توزیع به کمک نرم افزار EMTDC شبیه سازی شده است. نتایج حاصل از شبیه سازی نشان می دهد روش پیشنهاد شده با دقت بالایی قادر به تشخیص خطاهای امپدانس بالا می باشد و در هنگام بوجود آمدن حالت های گذرای مانند کلید زنی، ورود و خروج خازن های تعدیل شبکه که در شبکه هارمونیک های زیادی بوجود می آورند قادر به تفکیک این حالات از خطاهای امپدانس بالا می باشد.

2- تبدیل wavelet

امواج پرریودیک با دوره های نامحدود عموماً به کمک تبدیل فوریه به شکل موجهای مختلف با فرکانسهای متفاوت تجزیه می شوند. به طور مشابه تبدیل wavelet یک سیگنال را به سیگنالهای شیفته داده شده و تغییر مقیاس یافته از یک سیگنال اصلی تبدیل می کند. wavelet یک شکل موج محدود زمانی با یک مقدار متوسط صفر است. تبدیل wavelet برای آنالیز شکل موجهای کوتاه مدت، نامتقارن و نوسانی بسیار کاربرد دارد تبدیل wavelet برای تحلیل بازه های طولانی و کوتاه مدت یک شکل موج نیز مناسب است به گونه ای که هم اطلاعات مربوط به فرکانسهای بالا و هم اطلاعات مربوط به فرکانسهای پایین در تبدیل wavelet باقی می ماند. بنابراین تبدیل wavelet دارای خاصیت چند رزولوشنه است و برای تحلیل سیگنالهای گذارا بسیار مناسب است [7].

تبدیل wavelet پیوسته به صورت جمع حاصلضرب سیگنال زمانی در تغییر مقیاس یافته و شیفته داده شده تابع اصلی wavelet به صورت زیر تعریف می شود:

$$WT(a, b) = \frac{1}{\sqrt{a}} \int_{-\infty}^{\infty} x(t) \cdot g\left(\frac{t-b}{a}\right) dt \quad (1)$$

در رابطه (1) $x(t)$ سیگنالی است که باید آنالیز شود، a و b نیز ضرایب تغییر مقیاس و شیفته زمانی می باشند. در این رابطه $g(t)$ تابع اصلی wavelet نامیده می شود. نتیجه تبدیل wavelet پیوسته ضرایب زیادی هستند که تابعی از تغییر مقیاس و وضعیت سیگنال می باشند.

شکل گسسته تبدیل wavelet به تبدیل wavelet گسسته مشهور است و به صورت زیر تعریف می شود:

$$DWT(m, k) = \frac{1}{\sqrt{a_0^m}} \sum_n x[n] \cdot g\left[\frac{k - na_0^m}{a_0^m}\right] \quad (2)$$

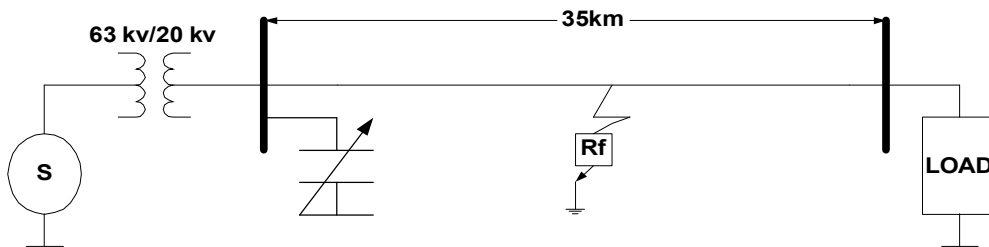
در این رابطه $g(n)$ تابع اصلی wavelet می باشد و تغییر مقیاس و شیفته زمانی به صورت na_0^m و a_0^m در نظر گرفته شده اند. این تبدیل مشابه یک فیلتر ایمپالس برگشتی FIR عمل می کند. در واقع تبدیل wavelet مشابه یک سری فیلترهای میان گذر با فرکانس های مرکزی متغیر می باشد. این فرکانس های مرکزی

می توانند بوسیله تغییر مقیاس و شیفت زمانی در تابع اصلی wavelet تغییر پیدا کنند. این نشان می دهد که تبدیل wavelet می تواند در استخراج سیگنالهای ناخواسته و اجزای فرکانسی گذرا در یک شکل موج بسیار مناسب باشد. در این مقاله از تبدیل wavelet برای استخراج اجزای فرکانسی موجود در سیگنال گذرا برای تشخیص خطاهای امیدانس بالا استفاده شده است.

3- طراحی تشخیص دهنده خطا بر اساس تبدیل wavelet

3-1- شبیه سازی سیستم قدرت

شکل (1) یک شبکه توزیع شعاعی 20 kv را که برای انجام مطالعات شبیه سازی بکار رفته است نشان می دهد. این شبکه دارای خطی با طول 35 کیلو متر و یک منبع 63 کیلو ولت با ظرفیت 200 MVA می باشد. فرکانس قدرت نامی در این سیستم 50 Hz لحاظ شده است. شبیه سازی این سیستم توزیع قدرت به کمک نرم افزار EMTDC انجام شده است [8]. در انجام شبیه سازی مقاومت های قوس دار امیدانس بالای غیر خطی نیز در نظر گرفته شده است. شرایط مختلفی که در مطالعات شبیه سازی ملاحظه شده در جدول (1) آمده است. چنانچه دیده می شود با تغییر محل خطا، زاویه شروع خطا، مقاومت خطا و ولتاژ قوس شرایط مختلف سیستم شبیه سازی شده است.

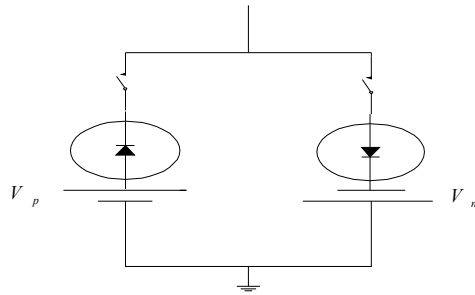


شکل (1) سیستم توزیع شبیه سازی شده

جدول (1) شرایط مختلف برای شبیه سازی سیستم نشان داده شده در شکل (1)

محل خطا (km)	2, 7, 9, 10, 14, 20, 23, 27, 30, 33, 35
ولتاژ قوس (V)	مقادیر متفاوت (0-5000)
زاویه شروع (deg)	مقادیر متفاوت (0-360)
C (kVar)	مقادیر مختلف بین (0-300)

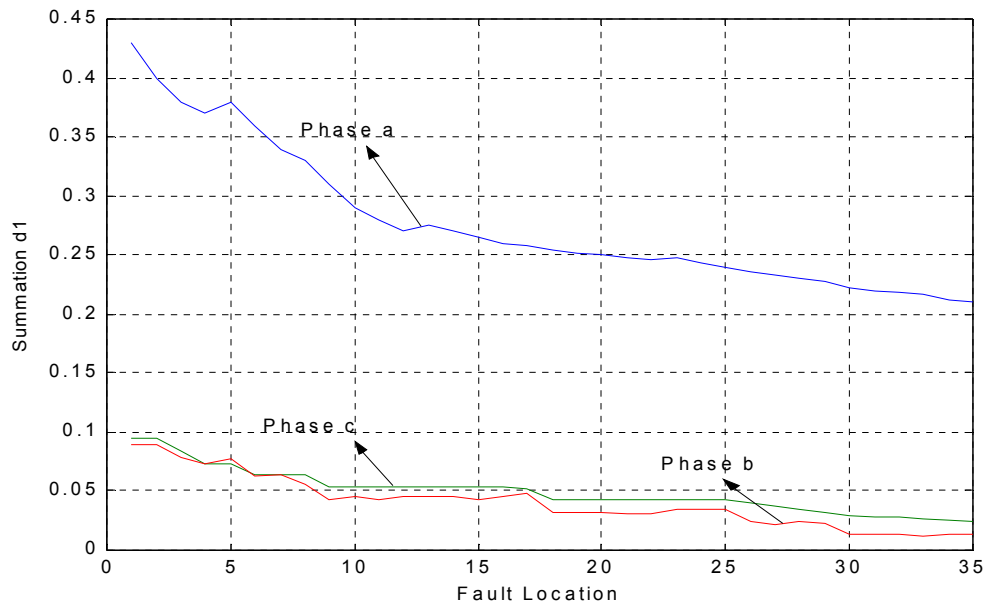
خطاهای همراه با قوس در این شبیه سازی با مداری مطابق شکل (2) مدل شده است. این مدل شامل دو منبع و دو دیود که نسبت به هم معکوس قرار گرفته اند می باشد به وسیله قطع و وصل دو بریکر که در مدار قرار دارد قوس الکتریکی مدل شده است.



شکل (2) مدل مقاومت خط با قوس الکتریکی

3-2- انتخاب تابع پایه تبدیل wavelet

انتخاب تابع پایه تبدیل wavelet برای افزایش کارایی تشخیص خط‌های امیدانس بالا و استخراج اطلاعات مفید از اهمیت زیادی برخوردار است. برای این منظور توابع مختلفی مانند Biorthogonal, Daubechies و Coiflets بررسی شده اند. مطالعات انجام شده نشان می دهد که در روش Daubechies ضریب $d1$ با شروع خط افزایش می یابد و با انتخاب جمع ضرایب $d1$ در یک پنجره نمونه برداری می توان بهترین معیار را برای تشخیص خط بدست آورد. بعنوان مثال شکل (3)، جمع ضرایب $d1$ را برای خطای a-g با مقاومت خطی 800 اهم با زاویه شروع 45 درجه در هر کیلومتر نشان می دهد. همچنانکه نشان داده شده است جمع ضرایب $d1$ در یک پنجره نمونه برداری بعد از خطا برای فاز a خیلی بیشتر از مجموع فوق برای دو فاز دیگر می باشد. برای حالت های دیگر سیستم مانند کلیدزنی، ورود و خروج خازنهای تعدیل نیز مجموع ضرایب $d1$ محاسبه شده است و در تمامی این موارد این مجموع از 0/2 خیلی کمتر بوده است.



شکل (3) جمع ضرایب $d1$ در محل‌های مختلف خط توزیع

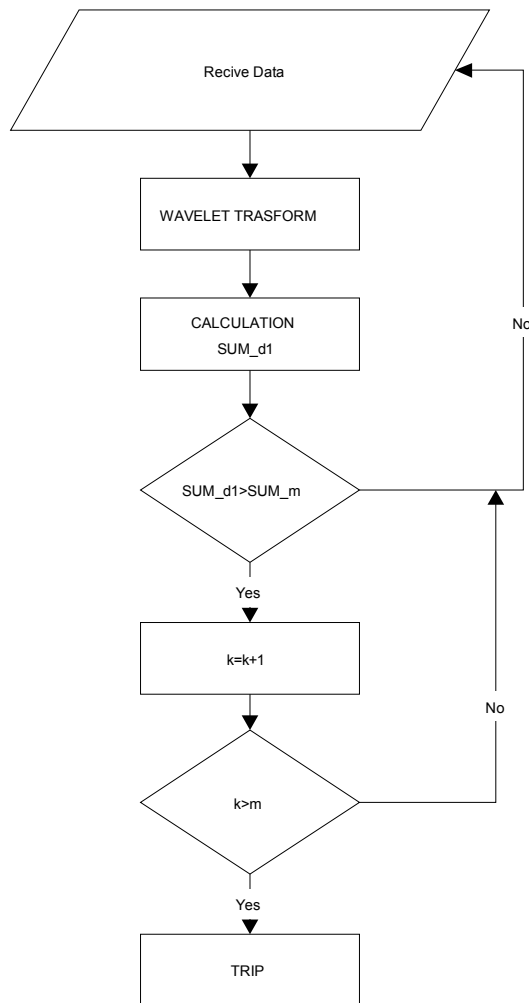
3-3- الگوریتم تشخیص خطا

در الگوریتم پیشنهادی سرعت نمونه گیری 4 kHz در نظر گرفته شده است و بر اساس آن مرکز سطوح فرکانس بصورت زیر خواهد شد.

جدول (2) مراکز سطوح فرکانس در تبدیل wavelet

سطح	مرکز فرکانسی	سطح	مرکز فرکانسی
0	62/5	3	500
1	125	4	1000
2	250	5	2000

شکل (4) فلوچارت الگوریتم پیشنهادی را برای تشخیص خطاهای امیدانس بالا نشان می دهد. در این فلوچارت k یک شمارنده، sum-d1، مجموع ضرایب d1 در یک پنجره نمونه برداری sum_m، سطح آستانه مجموع ضرایب d1 و m سطح آستانه برای شمارنده می باشد. در صورتیکه sum-d1 از sum_m بیشتر باشد، یکی به شمارنده k افزوده خواهد شد و این پروسه آنقدر ادامه پیدا می کند تا شمارنده از سطح آستانه، m بیشتر شود. هنگامیکه k از آستانه m بیشتر شود فرمان قطع ارسال خواهد شد. sum_m و m به ترتیب با 0/2 و 120 تنظیم شده اند.

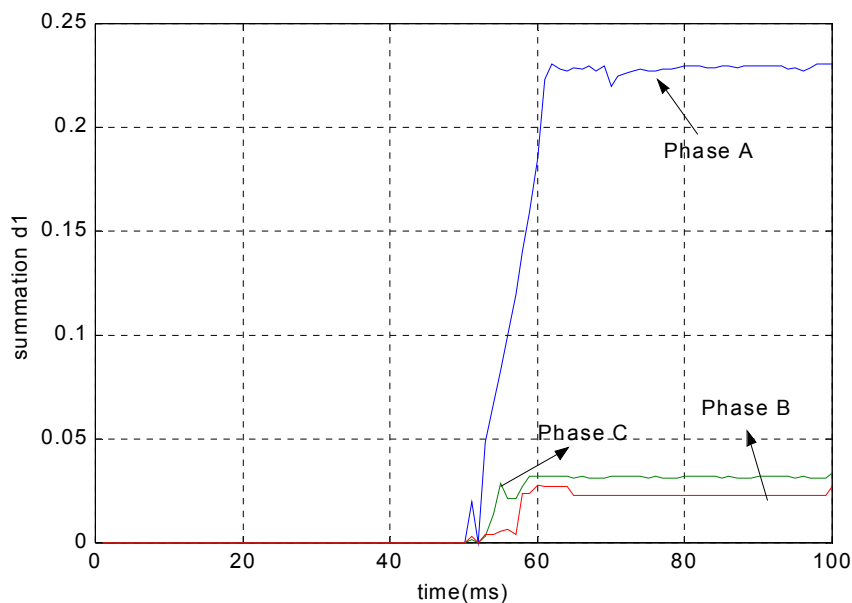


شکل(4) فلوجارت الگوریتم تشخیص خطاهای امپدانس بالا با روش wavelet

3-4- نتایج تست الگوریتم پیشنهادی

به کمک نتایج حاصل از شبیه سازی سیستم توزیع نشان داده شده در شکل (1) الگوریتم پیشنهادی برای خطاهای مختلف تست شده اند.

شکل (5) مجموع ضرایب d1 را برای یک خطای تک فاز ag نشان می دهد. این خطا در محل 10 km با ولتاژ قوس 1400 ولت و زاویه شروع خطا 0 درجه رخ داده است. چنانچه دیده می شود مجموع ضرایب d1 در این خطا برای فاز a بیشتر از 0/2 می باشد در حالیکه این مقدار برای دو فاز دیگر کمتر از سطح آستانه است بنابراین با کمک الگوریتم پیشنهادی می توان این خطا را به خوبی تشخیص داد.



شکل(5) مجموع ضرایب d1 در خط ag در 10 کیلومتری

در جدول (3) نمونه هایی از نتایج تست رله پیشنهادی آورده شده است. دیده می شود که در تمامی موارد رله قادر به تشخیص خطا بوده است. حتی برای خطا با مقاومت های قوسدار با ولتاژهای بالا به خوبی خطا تشخیص داده شده است. بعنوان نمونه برای خطای AG که در 17 کیلومتری با مقاومت همراه قوس 1800 ولت با زاویه شروع 60 درجه رخ داده است دیده می شود که فقط مجموع ضرایب فاز A از 0/2 بیشتر شده است.

جدول (3) نتایج حاصل از تست الگوریتم پیشنهادی برای خطاهای مختلف

نوع خطا	محل خطا	ولتاژ قوس	زاویه شروع خطا	مجموع ضرایب d1 در یک سیکل		
				Phase a	Phase b	Phase c
AG	4	500	0	0/22	0/031	0/029
AG	6	800	10	0/25	0/027	0/031
BG	10	1200	90	0/043	0/25	0/035
CG	12	1100	45	0/049	0/027	0/23
AG	17	1800	60	0/31	0/019	0/061
CG	19	1300	30	0/057	0/034	0/234
AG	20	1400	90	0/321	0/026	0/043
BG	22	1200	0	0/0512	0/35	0/032
CG	29	900	45	0/0431	0/056	0/314
BG	32	700	0	0/0361	0/25	0/0382

4- نتیجه گیری:

این مقاله یک روش جدید برای تشخیص خطاهای امپدانس بالای شبکه های توزیع را توصیف می نماید. روش پیشنهادی دارای قابلیت و قدرت بالاتری نسبت به روشهای مرسوم در تشخیص این نوع خطاها می باشد. با استفاده از الگوریتم پیشنهادی علاوه بر این که میتوان خطاهای امپدانس بالا را به خوبی تشخیص داد فازی که دچار خطا شده است نیز قابل تشخیص می باشد. نتایج حاصل از تست الگوریتم پیشنهادی نشان می دهد که استفاده از تبدیل wavelet در تشخیص خطاهای امپدانس بالا بسیار سودمند است.

5- مراجع

- [1] H. Calhoun, M. T. Bishop, C. H. Eichler, T. E. Lee, "Development and Testing of and Electromechanical Relay to Detect Fallen Distribution Conductors", IEEE Transactions on Power Apparatus and system, Vol. PAS-101, No. 6, June 1982, pp. 1643-1650.
- [2] B. M. Aucoin, "Detection of Distribution High Impedance Faults Using Burst Noise Signals Near 60 Hz", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. PWRD-2, No. 2, April 1987, pp. 347-349.
- [3] L. A. Snider, "High Impedance Fault Detection Using Third Harmonic Current" EPRI Report EI, 2430, Prepared by Hughes Aircraft Co., June 1982.
- [4] L. Angrisani, P. Daponte, M.D'Apuzzo, A. Testa, "A New Wavelet Transform Based Procedure For Electrical Power Quality Analysis" Proceedings of ICHQP'96, Oct. 1996.
- [5] A. Lazkano, J. Ruiz, E. Aramendi, L.A. Leturiondo " A New Approach to High Impedance Fault Detection Using Wavelet Packet Analysis" Proc. Of ICHQP 2000, pp. 1005-1010, Oct. 2000.
- [6] D. J. Jeerings, "Ground Resistance Revisited", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 4, No. 2, April 1989, pp. 949-956.
- [7] I. Daubechies, "The Wavelet transform, Time-Frequency Localization and Signal Analysis", IEEE Trans. Inf. Theory 36(5), 1990.
- [8] PSCAD/EMTDC User's Manual, Manitoba HVDC Research Center, Winnipeg, Manitoba, Canada.