

KORELASI JENIS BELITAN TRAFU TERHADAP NILAI SETTING RELAI PROTEKSI DIFFERENSIAL BERBASIS TRANSFORMASI WAVELET PAKET

Iswadi HR

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Binawidya, Jalan HR.Soebrantas KM 12.5, Pekanbaru 28293, Riau
e-mail: iswadibr@gmail.com atau iswadibr@unri.ac.id

Abstract

This paper describe correlation between various three phase power transformer winding with wavelet transform based differential relay setting value. The WPT is employed to obtain the characteristics of power transformer fault currents so that the type of faults can be determined. The algorithm is able to distinguish internal faults and normal condition as well as magnetizing inrush. The algorithm is tested for protecting various winding of power transformer. To reach good performance of the algorithm, hence relay setting value should be changed according to power transformer type. For various three phase power transformer winding Y- Δ , Y-Y, Δ - Δ , and Δ -Y, hence the relay setting value are 12.10^{-2} , 15.10^{-2} , $4.8.10^{-2}$ and, 7.10^{-2} respectively.

Keyword-Wavelet packet transforms, three phase power transformer, differential protection, magnetizing inrush, relay setting value.

1. Pendahuluan

Peralatan proteksi merupakan komponen penting dalam sistim tenaga yang berguna untuk mendeteksi dan mengisolasi adanya gangguan. Skema proteksi yang tepat haruslah dipilih sedemikian sehingga menghasilkan keamanan operasi peralatan-peralatan sistim tenaga dan menjaga keandalan pada sistem secara keseluruhan.

Pada dasarnya, proteksi pada trafo daya antara lain menggunakan: rele arus lebih, relai tekanan, dan relai differensial. Pada teknik proteksi differensial, dibutuhkan arus differensial, yaitu beda arus antara sisi primer dan sisi sekunder suatu trafo daya. Arus ini dideteksi dengan menggunakan tarfo arus (*Current Transformer*). Fokus utama dalam memproteksi trafo daya tiga fasa adalah kecepatan respon relai dan kemampuan untuk membedakan antara gangguan internal, gangguan eksternal dan arus *magnetizing inrush*.

Konsep proteksi differensial berdasarkan asumsi bahwa saat terjadinya gangguan internal, komponen fundamental arus differensial lebih besar dibandingkan dengan arus differensial saat trafo tanpa beban. Konsep proteksi seperti ini memiliki kelemahan saat terjadi arus *magnetizing inrush*.

Secara umum proteksi trafo daya secara konvensional menggunakan teknik analisa harmonik untuk mengidentifikasi tipe arus yang mengalir pada trafo daya. Ada beberapa algoritma yang digunakan pada analisa harmonik, antara lain Sine-Cosine correlation, Rectangular Transform, discrete fourier transform, Walsh function, least square method, haar function dan filter kalman. Penelitian sebelumnya tentang proteksi trafo daya menggunakan berbagai pendekatan antara lain: Jaringan Syaraf Tiruan dan logika fuzzy.

Makalah ini memperkenalkan algoritma baru menggunakan metode TWP untuk membedakan antara gangguan internal, arus *magnetizing inrush* dan kondisi normal pada trafo daya tiga fasa. TWP digunakan untuk memperoleh detail dan aproksimasi arus differensial pada trafo daya tiga fasa untuk berbagai level resolusi. Nilai absolut detail level ke-2 arus differensial dibandingkan dengan nilai k , nilai k ini selanjutnya disebut nilai setting relai yang nantinya digunakan untuk membedakan antara gangguan internal dan gangguan eksternal. Selanjutnya algoritma ini diaplikasikan untuk memproteksi trafo daya dengan berbagai jenis belitan, untuk mengetahui hubungan antara jenis belitan terhadap nilai setting relai yang benar.

2. Transformasi Wavelet

2.1. Transformasi Wavelet Diskrit (TWD)

Transformasi wavelet untuk masukan data diskrit $f = \{f_n\} = \{f_0, f_1, \dots, f_{N-1}\}$ dimana N adalah panjang data, dapat ditulis dalam bentuk matriks seperti persamaan (1) di bawah ini:

$$\alpha = Wf \quad (1)$$

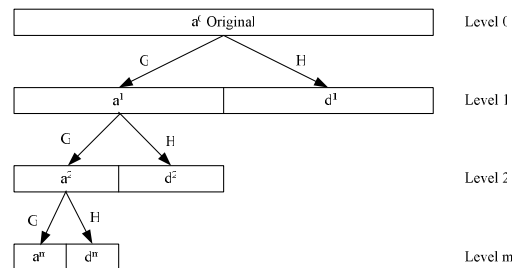
Dimana α terdiri dari N koefisien wavelet dan $W(N \times N)$ adalah matriks ortogonal yang tersusun dari vektor baris dasar. Vektor baris dasar terdiri dari himpunan angka yang disebut koefisien filter wavelet dan koefisien filter skala.

Jika sebuah wavelet dipilih, maka dapat digunakan koefisiennya untuk mendefinisikan dua buah filter: Low Pass Filter (LPF) dan High Pass Filter (HPF). Masing-masing kedua filter menggunakan himpunan koefisien filter wavelet yang sama, namun dengan urutan yang terbalik dan tanda plus dan minus yang berulang. Pasangan filter seperti ini disebut Quadrature Mirror Filter (QMF). LPF dan HPF juga disebut filter skala dan filter wavelet. Filter ini digunakan untuk membentuk matriks filter, yang diberi notasi G dan H .

Untuk menguraikan sinyal, Mallat memperkenalkan algoritma rekursif yang dikenal dengan algoritma piramid. Algoritma ini memberikan gambaran hirarki dan multiresolusi dari sebuah sinyal. Pada algoritma ini, himpunan masukan data dilewatkan pada LPF dan HPF. Tiap keluaran filter terdiri dari $N/2$ koefisien wavelet. Keluaran dari LPF adalah koefisien aproksimasi $a^1 = \{a_0^1, a_1^1, \dots, a_{N/2-1}^1\}$ pada level resolusi pertama. Keluaran dari HPF adalah koefisien detail $d^1 = \{d_0^1, d_1^1, \dots, d_{N/2-1}^1\}$ pada level resolusi pertama. Koefisien aproksimasi a^1 dapat digunakan sebagai data input untuk pasangan filter wavelet yang lain, menghasilkan koefisien aproksimasi $a^2 = \{a_0^2, a_1^2, \dots, a_{N/4-1}^2\}$ dan koefisien detail $d^2 = \{d_0^2, d_1^2, \dots, d_{N/4-1}^2\}$ dengan panjang data $N/4$ pada resolusi level kedua. Proses ini dilanjutkan sampai pada resolusi level terakhir. Karena data input merupakan aproksimasi pada resolusi terendah (level 0), dalam hal ini, $a^0 = f = \{f_0, f_1, \dots, f_{N-1}\}$, maka algoritma TWD dapat ditulis dengan persamaan (2) berikut:

$$a^m = Ga^{m-1} \text{ dan } d^m = Ha^{m-1} \quad (2)$$

dimana m notasi resolusi level dan $m = 1, 2, \dots, \log_2 N$. Gambar 1 menunjukkan proses penguraian sinyal tersebut.

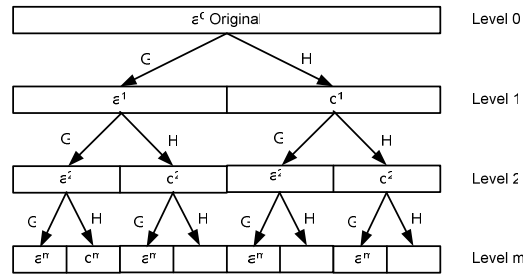


Gambar 1. Penguraian Sinyal a^0 sampai pada level m menggunakan TWD

Resolusi yang berbeda pada setiap level tergantung dengan interval sampling. Untuk level m interval sampling sama dengan 2^m . Makin besar interval sampling, resolusi menurun. Beda informasi antara aproksimasi pada level $m-1$ sama dengan detail pada level m .

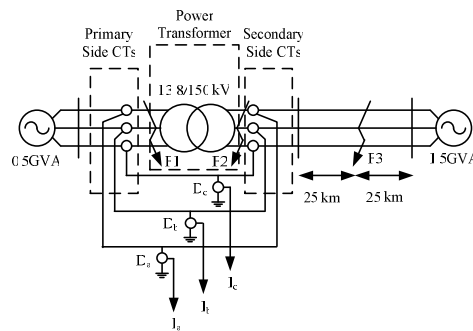
2.2. Transformasi Wavelet Paket (TWP)

TWP merupakan perluasan dari algoritma TWD. Pada algoritma piramid, cabang detail tidak digunakan untuk perhitungan selanjutnya, hanya aproksimasi yang digunakan untuk mendapatkan aproksimasi dan detail pada level resolusi yang lebih tinggi. Pada TWP, masing-masing cabang koefisien aproksimasi dan koefisien detail pada level m digunakan untuk menguraikan sinyal pada level resolusi $m+1$. Penguraian sinyal dengan menggunakan algoritma TWP ditunjukkan pada gambar 2.


 Fig.2. Penguraian Sinyal input a^0 menggunakan TWP

3. Metodologi Penelitian

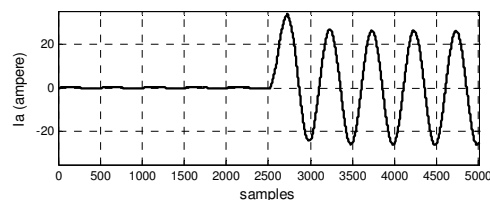
Sistem yang digunakan pada penelitian ini adalah model sederhana mesin tunggal dengan trafo 13.8/150 kV. Jenis belitan trafo yang diujikan adalah 1) Y- Δ , 2) Y-Y, 3) Δ -Y dan, 4) Δ - Δ . Saluran transmisi merupakan 2 seksi saluran 150 kV, dengan masing-masing seksi sepanjang 25 km.



Gambar 3. Model Sistem

Algoritma diuji menggunakan data simulasi dengan menggunakan MATLAB/SIMULINK. Tiga buah CT yang identik terhubung segitiga untuk belitan trafo daya tiga fasa yang terhubung bintang dan tiga buah CT yang identik terhubung bintang untuk belitan trafo daya tiga fasa yang terhubung segitiga. Arus differensial adalah arus yang diukur pada titik D. Untuk melihat korelasi antara jenis belitan trafo daya terhadap nilai setting relai k , maka dibutuhkan jumlah arus differensial yang berasal dari berbagai kondisi dan jenis belitan trafo yang berbeda-beda. Kondisi tersebut antara lain: 1) Arus normal, trafo tanpa beban, 2) Arus magnetizing inrush, trafo tanpa beban, 3) Gangguan internal di sisi primer (F1) dan sekunder trafo (F2), trafo dibebani. Untuk semua kondisi, arus differensial dicuplik dengan frekuensi sampling sebesar 25 kHz.

Agar dapat membedakan berbagai kondisi gangguan, maka sinyal arus differensial harus diuraikan. Gambar 4 menunjukkan contoh perubahan arus differensial saat terjadinya gangguan internal.



Gambar 4. Arus differensial pada trafo daya (fasa A) saat terjadi gangguan internal.

Gambar 5 menunjukkan hasil penguraian sinyal arus differensial (50 Hz) yang dicuplik dengan frekuensi sampling sebesar 25 kHz menggunakan fungsi wavelet daubechies (db4).

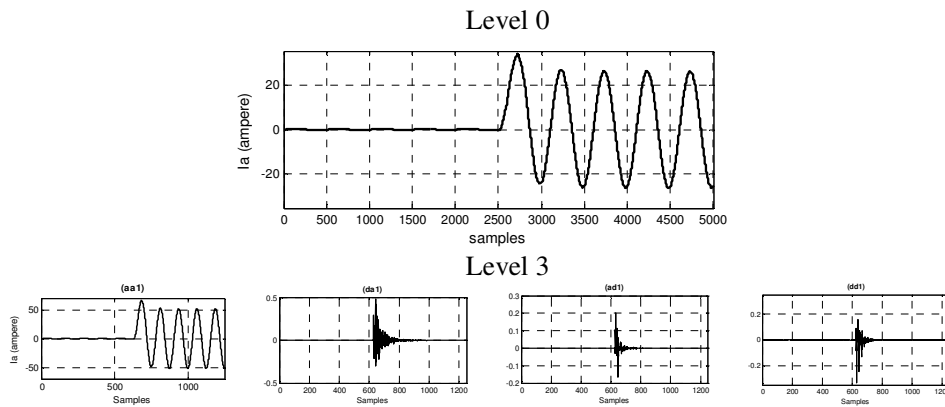


Fig.5. Hasil penguraian sinyal arus differensial

Data arus differensial yang diperoleh dari simulasi menggunakan *SIMULINK* selanjutnya digunakan untuk melihat korelasi antara jenis belitan trafo daya tiga fasa terhadap nilai setting relai k . *MATLAB* digunakan untuk mengimplementasikan algoritma TWP, dalam paper ini fungsi wavelet yang digunakan adalah daubechies db4. Db4 digunakan untuk menguraikan sinyal sampai pada level resolusi kedua. Nilai absolut detail pada level resolusi kedua dibandingkan dengan nilai setting relai k , dan hasil perbandingan digunakan untuk membedakan antara gangguan intrernal, eksternal dan *magnetizing inrush*. Prosedur algoritma yang diusulkan dapat digambarkan pada diagram alir seperti yang ditunjukkan pada gambar 6.

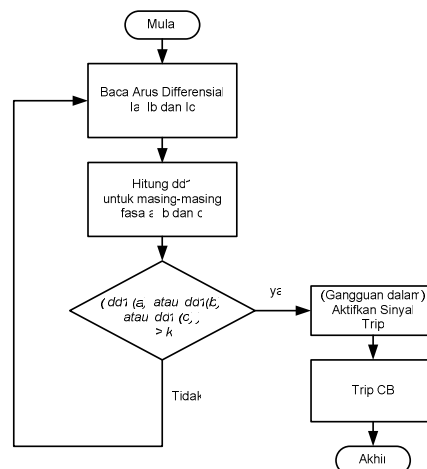


Fig.6. Diagram alir algoritma TWP yang diusulkan.

4. Hasil dan Pembahasan

Berbagai jenis dan lokasi gangguan untuk berbagai jenis belitan trafo daya tiga fasa telah dievaluasi. Tabel 1 menunjukkan hubungan antar jenis belitan trafo terhadap nilai setting relai k .

 Tabel.1. Korelasi Jenis Belitan Trafo Terhadap nilai Setting Relai (k)

Belitan Trafo	Operasi	Jenis Gangguan	Setting Relai (k)	Ket
Y- Δ	Normal		12.10^{-2}	Tidak Trip
	<i>Inrush</i>		12.10^{-2}	Tidak Trip
	Hubung Singkat Sisi Primer	3L	12.10^{-2}	Trip
		2LG	12.10^{-2}	Trip
		2L	12.10^{-2}	Trip
		1LG	12.10^{-2}	Trip
	Hubung Singkat Sisi sekunder	3L	12.10^{-2}	Trip
		2LG	12.10^{-2}	Trip
		2L	12.10^{-2}	Trip
		1LG	12.10^{-2}	Trip
Y-Y	Normal		15.10^{-2}	Tidak Trip
	<i>Inrush</i>		15.10^{-2}	Tidak Trip
	Hubung Singkat sisi primer	3L	15.10^{-2}	Trip
		2LG	15.10^{-2}	Trip
		2L	15.10^{-2}	Trip
		1LG	15.10^{-2}	Trip
	Hubung Singkat sisi sekunder	3L	15.10^{-2}	Trip
		2LG	15.10^{-2}	Trip
		2L	15.10^{-2}	Trip
		1LG	15.10^{-2}	Trip
- Δ	Normal		$4,8.10^{-2}$	Tidak Trip
	<i>Inrush</i>		$4,8.10^{-2}$	Tidak Trip
	Hubung Singkat sisi primer	3L	$4,8.10^{-2}$	Trip
		2LG	$4,8.10^{-2}$	Trip
		2L	$4,8.10^{-2}$	Trip
		1LG	$4,8.10^{-2}$	Trip
	Hubung Singkat sisi sekunder	3L	$4,8.10^{-2}$	Trip
		2LG	$4,8.10^{-2}$	Trip
		2L	$4,8.10^{-2}$	Trip
		1LG	$4,8.10^{-2}$	Trip
Δ -Y	Normal		7.10^{-2}	Tidak Trip
	<i>Inrush</i>		7.10^{-2}	Tidak Trip
	Hubung Singkat sisi primer	3L	7.10^{-2}	Trip
		2LG	7.10^{-2}	Trip
		2L	7.10^{-2}	Trip
		1LG	7.10^{-2}	Trip
	Hubung Singkat sisi sekunder	3L	7.10^{-2}	Trip
		2LG	7.10^{-2}	Trip
		2L	7.10^{-2}	Trip
		1LG	7.10^{-2}	Trip

Tabel 1 merupakan hasil pengujian yang dilaksanakan terhadap berbagai jenis belitan trafo daya tiga fasa. Pengujian bertujuan untuk melihat kinerja algoritma TWP dalam melindungi trafo daya tiga fasa. Dari tabel juga terlihat bahwa algoritma memiliki selektifitas yang baik, yaitu dapat membedakan antara gangguan hubung singkat dengan kondisi normal, dan arus *inrush*. Agar relai differensial bekerja dengan baik maka besar nilai setting relai (k) harus diubah-ubah untuk jenis belitan trafo daya yang berbeda-beda.

4. Kesimpulan

Proteksi differensial dengan menggunakan TWP untuk menentukan berbagai tipe arus pada trafo telah diuji. Penggunaan TWP untuk menguraikan sinyal dapat membedakan antara gangguan internal, kondisi normal dan arus *magnetizing inrush*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa agar algoritma bekerja dengan baik, maka nilai setting relai k harus diubah untuk jenis belitan trafo yang berbeda. Untuk trafo daya belitan Y- Δ , Y-Y, Δ - Δ , dan Δ -Y nilai setting k berturut-turut adalah 12.10^{-2} , 15.10^{-2} , $4,8.10^{-2}$ dan 7.10^{-2} .

Appendik

A. Parameter Sumber

Generator G1

0.5 GVA ; 13.8 kV; X/R Ratio = 5

Generator G2

1.5 GVA ; 150 kV; X/R Ratio = 5

B. Parameter Trafo

Trafo 3 fasa 50 MVA, 50 Hz, 13,8/150 kV, Yg/ Δ Belitan

Belitan Primer : R = 0,002 p.u., X = 0,08 p.u.

Belitan Sekunder : R = 0,002 p.u., X = 0,08 p.u.

C. Parameter Saluran Transmisi

$R_1 = 0.01273 \text{ ohm/km}$, $R_0 = 0.3864 \text{ ohm/km}$
 $L_1 = 0.00293 \text{ H/km}$, $L_0 = 0.00413 \text{ H/km}$
 $C_1 = 0.012 \text{ } \mu\text{F/km}$, $C_0 = 0.007 \text{ } \mu\text{F/km}$

Daftar Pustaka

- (1) Attapol Ngaopitakkul and Anantawat Kunakorn, June 2006. "Internal Fault Classification in Transformer Winding using Combination of Discrete Wavelet Transforms and Back-Propagataion Neural Networks." *International Journal of Control, Automation, and System*, vol. 4, no. 3, pp. 365-37.
- (2) Effrina Yanti Hamid and Zen-Ichiro Kawasaki, April 2002 "Wavelet-Based Data Compression For Power Disturbances Using Minimum Description Length Data," *IEEE Trans. Power Del.*, vol. 17, no. 2, pp. 460-466.
- (3) M. M. Eissa, July 2005 "A Novel Digital Transformer Protection Technique Based on Wavelet Packet," *IEEE Trans. Power Del.*, vol. 20, no. 3
- (4) S. A. Saleh and M. A. Rahman, April 2005. "Modeling and Protection of Three Phase Power Transformer Using Wavelet Packet Transform," *IEEE Trans. Power Delivery*, vol. 20, no. 2
- (5) C. K. Wang, C. W. Lam, K. C. Lei, and Y. D. Han, Jan. 2003. "A Novel Wavelet Approach To Current Differential Pilot Protection," *IEEE Trans. Power Del.*, vol. 18, no. 1, pp. 20-25
- (6) G. Stang and T. Nguyen. 1996. *Wavelets and Wavelet Filter Banks*, Wellesley, MA: Wellesley-Cambridge
- (7) Iswadi HR and Redy Mardiana. June 2007 "Differential Power Transformer Protection Technique Using the Wavelet Packet Transform", *International Conference on Electrical Engineering and Informatics*
- (8) Iswadi HR. Agustus 2008. "Proteksi Trafo Daya Menggunakan Transformasi Wavelet Paket" *Seminar UNRI-UKM ke-5*.
- (9) Omar A. S. Youssef. January 2003. "A Wavelet-Based Technique For Discrimination Between Faults And Inrush Currents In Transformers" *IEEE Trans. Power Del.*, vol. 18, no. 1, pp. 170-176
- (10) Moisés Gómez-Morante and Denise W. Nicoletti. October 1999. "A Wavelet-Based Differential Transformer Protection," *IEEE Trans. Power Del.*, vol. 14, no. 4, pp. 1351-1358.
- (11) P. M. Anderson. 1999. *Power System Protection*. McGraw-Hill.
- (12) J. Lewis Blackburn. 1998. *Protective Relaying Principles and Applications*. Marcel Dekker, Inc.