

# 교류 발전기 고정자 사고 검출을 위한 최적 마더 웨이브릿의 선정

論 文

57P-4-5

## A Selection of an Optimal Mother Wavelet for Stator Fault Detection of AC Generator

朴 哲 圓<sup>†</sup>  
(Chul-Won Park)

**Abstract** - For stator winding protection of AC generator, KCL(Kirchhoff's Current Law) is widely applied. Actually a CRDR(Current Ratio Differential Relay) based on DFT(Discrete Fourier Transform) has been used for protecting generator. It has been pointed out that defects can occur during the process of transforming a time domain signal into a frequency domain one which can lead to loss of time domain information. Wavelets techniques are proposed for the analysis of power system transients. This paper introduces an algorithm to choose a suitable Mother Wavelet for generator stator fault detection. For optimal selection, we analyzed db(Daubechies), sym(Symlets), and coif(Coiflets) of Mother Wavelet. And we compared with performance of the choice algorithm using detail coefficients energy and RMS(root mean square) error. It can be improved the reliability of the conventional DFT based CRDR. The feasibility and effectiveness of the proposed scheme is proved with simulation using collected data obtained from ATP (Alternative Transient Program) package.

**Key Words** : ATP, CRDR, Daubechies, DFT, Energy, Generator Protection, Mother Wavelet, RMS Error, Stator Winding

### 1. 서 론

발전소내 교류발전기는 전력계통에서 가장 중요한 전력을 안정적으로 생산하고 부하에 공급을 해주는 핵심설비이다. 단락 및 개방회로로부터 비롯되는 발전기의 사고와 외란은 권선의 절연열화로 인한 내부적인 요인과 외부요인에 의해서 발생된다. 전력계통에 가벼운 손상을 주는 지락고장이 발생할 경우 초기에 적절한 조치를 취하지 못하게 되면 단락고장으로 진전될 수 있으며 더 나아가 계통에 심각한 영향을 미칠 수 있다. 그러므로 고장이 발생하였을 때 이를 검출하여 고장부분을 분리시킴으로써 전력공급장치를 방지하고 시설이 손상을 최소한으로 억제할 수 있는 발전기 전용 보호계전시스템이 필요하다[1]. 발전기의 유지비용과 시간을 고려할 때, 고정자 권선의 사고가 가장 심각한 것으로 알려져 있다. 현재 고정자 권선보호를 위해서 이산푸리에변환(DFT) 기반 고정 및 가변 전류비율차동계전기법(CRDR)이 가장 널리 사용되고 있다[2].

올진 한국형 표준 원자력발전소의 건설로 인하여 국내 플랜트 기술수준이 상당히 향상되었으나 발전소의 핵심인 보호제어설비는 국내 기술에 의해 만들어진 것을 사용하지 못하고 있는 실정이다[3]. 근래 전력수요의 증대로 인해 발전소의 신규 건설과 종래 발전기 보호제어시스템의 교체 시기가 다가옴에 따라 도입된 외국산 보호제어시스템의 안정적인 운용측면에서 벗어나 국내 기술자립을

위한 디지털 발전기보호제어시스템(DGPS)용 차세대 전력기기(IED) 기술과 더 나아가 ECMS에 대한 관심이 증가하고 있다[4,5].

1970년대말 발전기의 내부고장검출을 위하여 디지털컴퓨터를 사용한 기법[6]이 발표된 이후, 해외에서는 발전기보호계전에 대한 연구가 많이 이루어졌다[7]. 초기의 대부분 연구들은 아날로그를 디지털로 변환하는 경우에 발생하는 문제를 경감하고 계산 요구되는 CPU타임을 감소하기 위한 모색이었다. 최근에는 인공신경회로망(ANN)을 이용하는 방법[8]과 FCNN에 의한 기법[9], 고정자 지락사고를 위한 영상분 전압에 근거한 차동보호[10], 권선의 분산 커패시터를 고려한 자기적용보상차동보호기법[11]이 제안되었다. 그러나 아직까지 발전기 권선의 전 범위를 대상으로 완벽하게 보호할 수 있는 기법이 공인된 바는 없는 실정이다. 한편 IEEE 전력공학교육위원회는 동기발전기의 보호에 대한 Tutorial[12]을 발표하였고, 2006년과 2007년, IEEE 전력계통계전기위원회는 교류발전기 보호와 교류발전기 지락보호에 관한 표준을 제정하였다[13]. 현재 GE Multilin과 SEL 등 해외 회사들이 보호제어시스템을 생산, 수출하고 있는 실정하고 있다[14].

CRDR을 비롯한 대부분의 디지털 발전기보호기법들은 DFT 기초한 기본과 및 특정주파수성분에 근거하고 있다. 그런데 DFT 필터를 적용할 경우, 시간영역의 신호를 주파수로 변환하는 과정에서 시간정보가 손실될 수 있다는 결점이 지적되었다. 이에 전통적인 푸리에변환(FT)의 대안으로 STFT이 제안되었고, 마침내 스케일(scale)과 이동(shift)에 의한 웨이브릿 변환(WT)이 제안되었다[15]. WT의 중요한 핵심은 샘플된 신호로부터 과도성분을 추출하는 능력으로서 전력계통 과도발생을 신속하게 검출하는데 있다[16].

전력계통의 각 분야에 적당한 마더 웨이브릿(Mother Wavelet)

<sup>†</sup> 교신저자, 終身會員 : 江陵大學校 電氣情報通信工學部 教授 · 工博

E-mail : cwpark1@kangnung.ac.kr

接受日字 : 2008年 8月 19日

最終完了 : 2008年 9月 18日

선택이 시도되었다. db4와 Morlet이 전력품질평가에[17], db4가 고장점표정[18]에, Morlet이 송전선로에서의 고속보호기법과 과도 위치보호[19]에, db5가 power swings 동안의 고장 식별[20]에, db4, sym5가 HIF[21]에, Meyer, db4, db1가 직렬보상선로를 위한 보호에, sym5, sym8, db4가 과도분석[22]에 타당한 것으로 발표되었다. 또 MODWT가 거리계전[23]에, db2가 전력용변압기의 차동보호에 적용하여 우수한 성능을 나타내었다[24]. 발전기보호분야에는 WT된 전력에 의한 발전기 보호 기법[25]과 발전기 방정식으로 유도된 고장모델링으로 수집한 편단 고장전류의 WT에 의한 발전기 고장 판별기법이 제안되었다[26].

본 연구에서는 발전기 고장사 사고의 경우 과도상태 분석과 사고검출을 위하여 적당한 마더 웨이브릿을 선정할 수 있는 알고리즘을 제안하였다. 최적의 선정을 위하여 db(Daubechies), sym(Symlets), coif(Coiflets)의 마더 웨이브릿의 분해와 복원을 이용하여 제곱-평균-제곱근 오차를 분석하였다. 또 db2, db4, db5, sym4, sym8, coif4 마더 웨이브릿에 의한 상세계수의 에너지를 비교하였다. 제안된 적당한 선정기법은 ATP 시뮬레이션으로부터 수집한 전류데이터를 이용하여 유효성을 증명하고자 한다.

2. 차전류의 상세계수 분석과 적당한 마더 웨이브릿 선정

2.1 웨이브릿 변환

웨이브릿 변환은 분석대상신호가 멀티스케일 특성을 지니고 있거나 전력계통의 과도신호처럼 시간에 따라 주파수가 변화하는 비정상신호(non stationary signal)일 경우, 그 분석에 강력한 수학적 도구이다. 웨이브릿의 정의는 식(1)과 같다. 웨이브릿의 크기 즉 스케일을 결정하는 압축계수(Contraction Coefficient) a와 시간 축으로의 이동에 관계되는 전이계수(Transition Coefficient) b로 구성된 함수의 집합체이다. 푸리에 변환 같은 시간-주파수 변환과는 달리 신호에 포함되어 있는 스케일에 대한 뛰어난 분해능을 지니고 있는 시간-스케일 변환으로서 웨이브릿 분석은 국부분석(local analysis) 수행에 유리하다[15].

DWT는 scaling과 wavelet 함수인 두개의 기본식을 포함한다. scaling function은 필터계수 h(n)을 갖는 FIR-LPF로 이루어지고 wavelet 함수는 필터계수 g[n]을 갖는 FIR-HPF로 이루어진다. 그림 1은 웨이브릿 분해 트리로 불리는 다레벨분해(Multiple-Level Decomposition : MLD) 과정이다. 신호에 대한 분해는 그림 1과 같이 연속적으로 이루어지고 그 결과 근사계수(Approximation, A) Coefficient)와 상세계수(Detail Coefficient, D)가 도출된다.

$$\psi_{b,a}(t) = \frac{1}{\sqrt{a}} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right), a = a_1, a_2, \dots, a_{n-1} \quad (1)$$

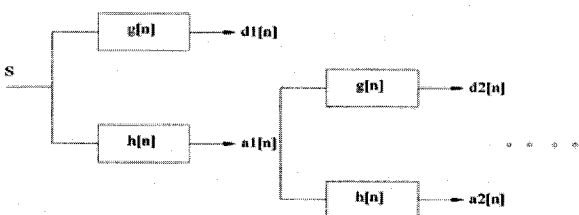


그림 1 신호 S에 대한 다레벨분해과정  
Fig. 1 Multi-level decomposition process of S signal

2.2 적당한 마더 웨이브릿 선정

분해된 신호의 상세계수와 근사계수는 복원과정을 통하여 원신호(original signal) S로 복원시킬 수 있다. 복원여부에 대한 정밀도는 원 신호와 복원신호사이의 식(2)인 제곱-평균-제곱근(RMS) 차이 방법을 이용하여 RMS 오차로 평가할 수 있다. 본 연구에서는 발전기의 사고검출을 위한 적당한 마더 웨이브릿을 선정하기 위하여 db, sym, coif 등의 마더 웨이브릿을 분석하였다.

$$\epsilon_{error} = \|s - \hat{s}\| = \sqrt{\sum_{n=0}^{N-1} |s(n) - \hat{s}(n)|^2} \quad (2)$$

여기서,  $\epsilon_{error}$  : RMS 오차,  $s$  : 원신호,  $\hat{s}$  : 복원된 신호,  $s(n)$ : 이산 원신호,  $\hat{s}(n)$ : 이산신호에 대한 복원신호, N : 신호의 샘플 수이다.

각 마더 웨이브릿의 상세계수에 대한 현상을 분석하기 위하여 식(3)과 같은 상세계수의 에너지성분의 합을 이용하였다.

$$D_{id} = \sqrt{\sum_{n=0}^{N-1} |d(i)|^2} \quad (3)$$

여기서,  $D_{id}$  : 이산신호 상세계수의 에너지성분의 합,  $d(i)$  : 이산신호의 상세계수, N : 신호의 샘플 수이다.

그림 2는 제안된 웨이브릿 선정 알고리즘에 대한 흐름도이다. 먼저 수집된 전류신호로부터 차전류를 계산한 후, DWT를 이용하여 여러 가지 마더 웨이브릿의 분해를 수행한다. 다음 IDWT를 이용하여 여러 가지 마더 웨이브릿의 복원을 수행한 후, RMS 오차를 계산하여 평가한다. 끝으로 에너지성분의 합을 이용하여 상세계수에 대한 분석을 수행한다. 적당한 마더 웨이브릿을 선정한다.

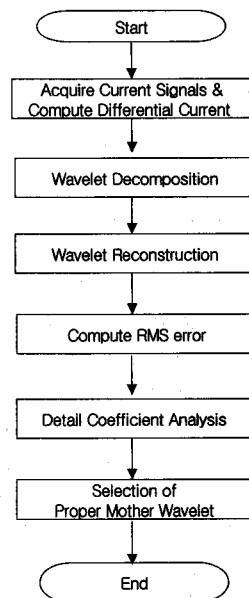


그림 2 제안된 마더 웨이브릿 선정 알고리즘의 흐름도  
Fig. 2 Flowchart of the proposed selection algorithm of mother wavelet

### 3. 사례연구

#### 3.1 ATP 에 의한 사고모델링

EMTP의 EEUG버전인 ATP를 이용하여 사고모델링을 수행함으로써 제안된 기법의 사례연구를 위한 사고 모의 데이터를 수집하였다. 모델계통은 송전선로, 승압변압기, 부하 및 발전기로 구성하였다. 그림 3은 시뮬레이션을 위한 모델의 단상 계통도이다. 발전기의 과도리액턴스는 0.33[pu], 정격전압은 13.8[kV], 정격 PF는 0.8[lag], 3상 정격용량은 250[MVA]로 하였고, 송전선로의 임피던스는  $0.8+j0.6$ [pu] 이다[26].

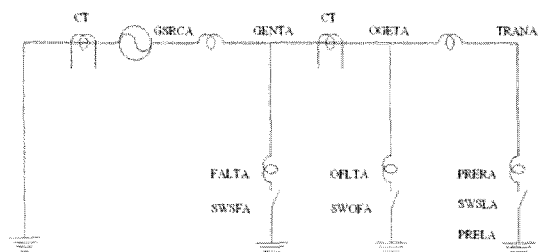


그림 3 시뮬레이션 모델 시스템의 단상계통도  
Fig. 3 One line diagram of simulated model system

모의한 사고는 3상 내부단락고장 및 외부단락고장으로 직류옴셋에 의한 영향을 검토하기 위하여 A상 전류의 사고각을 기준으로 0°, 90°를 고려하였다. 주기당 샘플링 수는 12[s/c]로 샘플링주파수는 720[Hz]이다. 고장발생시점은 37.503[ms]와 41.6703[ms]로 정상적인 가압이후 각각 27번째와 30번째로 하였다.

#### 3.2 시뮬레이션 결과

본 연구에서는 구현의 용이성을 감안하여 차수(order)는 2, 레벨(level)은 1로 국한하여 시뮬레이션을 수행하였다. MLD 과정을 통해 차전류에 대한 db2, db4, sym5, sym8, db5, coif4 상세계수의 제적을 분석하였다. 샘플링 주파수가 720Hz이기 때문에 차전류를 DWT에 의해 level 1, 마더 웨이브릿(또는 모 웨이브릿)으로 분해하면, A1의 주파수대역은 180Hz~DC가 되고 중심주파수는 90Hz, D1의 주파수 대역은 360~180Hz가 되고, 중심주파수는 270Hz가 된다. 그러므로 종래의 DFT 기반 CRDR에서는 차전류에 대해 DFT를 이용하여 기본주파수를 추출한 후 특성곡선에 따라 보호계전이 이루어지는데, 제안된 방법을 추출주파수로 표현한다면, DWT에 의한 D1을 활용하기 때문에 270Hz 주변의 주파수성분을 이용하는 것이 된다. 이 경우 원신호인 차전류는 level 1에서 DWT를 이용하여 A1, D1으로 분해할 수 있다. 그러면 원신호  $S = A1 + D1$  가 된다. 분해된 D1과 A1은 IDWT를 이용하여 원신호로 복원하게 된다. 그림 4와 그림 5는 식(2)에 따라 3상 단락고장의 경우 A상 차전류의 복원에 대한 여러 가지 마더 웨이브릿의 비교이다. 미소한 차이 밖에 나지 않기 때문에 육안으로 분간이 곤란하다. 사고발생각 0도의 경우 RMS 오차는 A상은  $1.5935557700E-03 \sim 2.2471804531E-03$ , B상은  $2.0426299238E-03$ , C상은  $2.00661954444E-03$  이었다. 사고발생각 90도의 경우 RMS 오차는 A상은  $1.8920909115E-03$ , B상은  $1.8158317608E-03$ , C상은  $1.7830095318E-03$  으로 오차가 거의 나지 않았다.

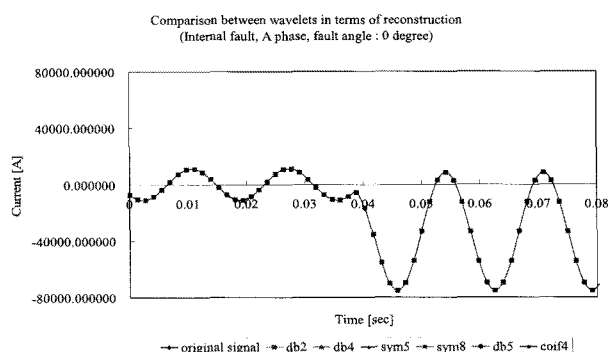


그림 4 복원에 대한 마더 웨이브릿의 비교 (내부, 0도)  
Fig. 4 Comparison between in terms of reconstruction during internal three phase short fault

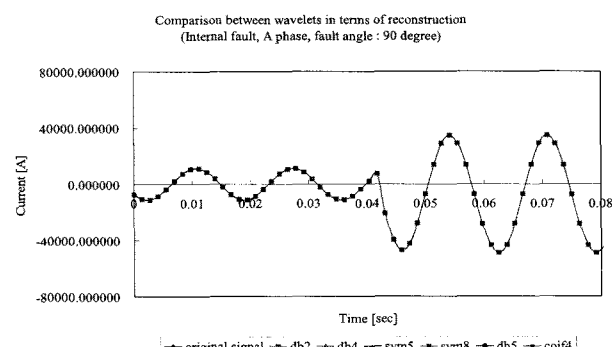


그림 5 복원에 대한 마더 웨이브릿의 비교 (내부, 90도)  
Fig. 5 Comparison between in terms of reconstruction during internal three phase short fault

그림 6과 그림 7은 식(2)에 의한 3상 외부단락고장의 경우 A상 차전류의 복원에 대한 여러 가지 마더 웨이브릿의 비교이다. 사고 발생각 0도의 경우 RMS 오차는 A상은  $1.0910829480E-03 \sim 2.3844250874E-03$ , B상은  $1.0671682145E-03 \sim 2.26731757736E-03$ , C상은  $1.0173313135E-03 \sim 2.2629544846E-03$  이었다. 사고발생각 90도의 경우 RMS 오차는 A상은  $1.0917669162E-03 \sim 2.4243463031E-03$ , B상은  $1.1126423499E-03 \sim 2.3936526475E-03$ , C상은  $1.0228699827E-03 \sim 2.2711589551E-03$  으로 오차가 약간의 차이밖에 나지 않았다. IDWT에 의한 복원으로는 미세한 RMS 오차를 보였기 때문에 적당한 마더 웨이브릿을 선정할 수 없었다.

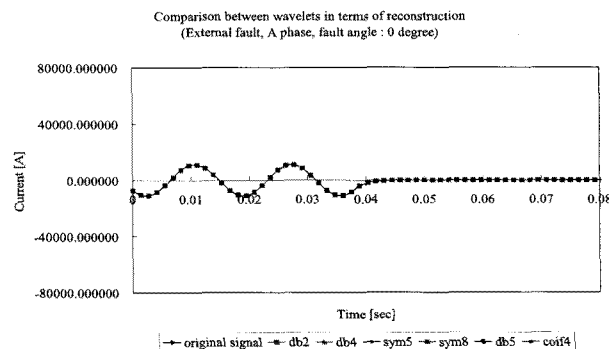


그림 6 복원에 대한 마더 웨이브릿의 비교 (외부, 0도)  
Fig. 6 Comparison between in terms of reconstruction during external three phase short fault

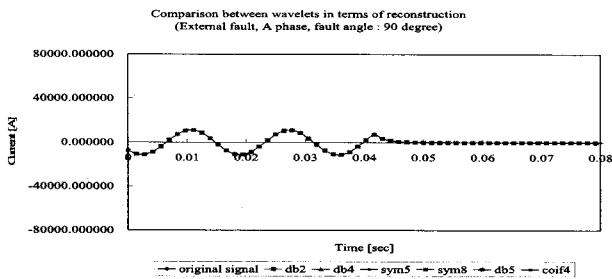
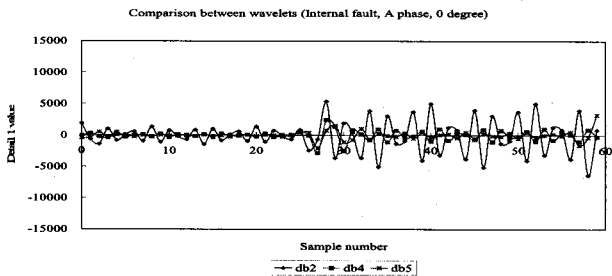
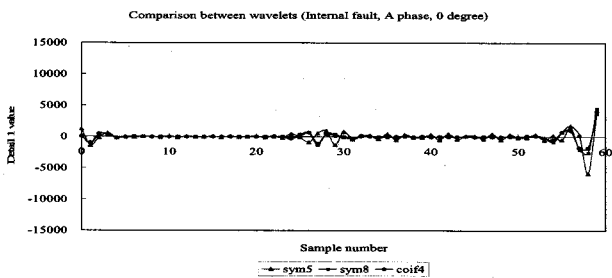


그림 7 복원에 대한 마더 웨이브릿의 비교 (외부, 90도)  
Fig. 7 Comparison between in terms of reconstruction during external three phase short fault

그림 8은 사고발생각  $0^\circ$  에서 3상 내부단락고장이 발생한 경우 A상의 차전류에 대한 여러 가지 마더 웨이브릿에 대한 Detail 1의 값에 대한 비교이다. 그림 9는 13은 사고발생각  $90^\circ$  에서 3상 내부 단락고장이 발생한 경우 A상의 차전류에 대한 여러 가지 마더 웨이브릿에 대한 Detail 1의 값에 대한 비교이다. 상세계수들은 고장 발생 직후가 고장 발생 이전보다 진동성이 심하게 되는 것을 알 수 있다. 또 사고발생각  $90^\circ$  인 경우가  $0^\circ$  인 경우보다 고장발생직후 과도상태로 인하여 상세계수의 진동이 심한 것을 알 수 있다.

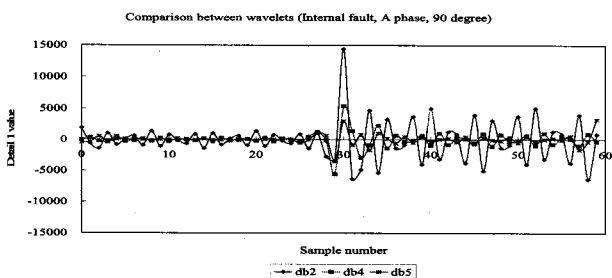


(a) db2, db4, db5

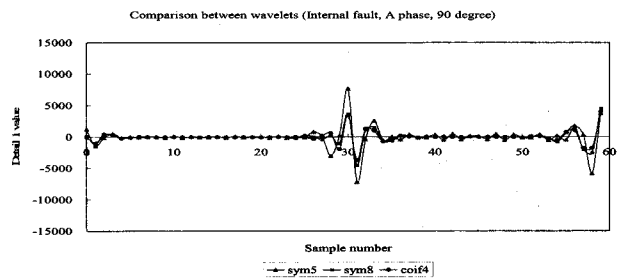


(b) sym5, sym8, coif4

그림 8 상세계수에 대한 마더 웨이브릿의 비교 (내부, 0도)  
Fig. 8 Comparison between in terms of detail coefficients during internal three phase short fault



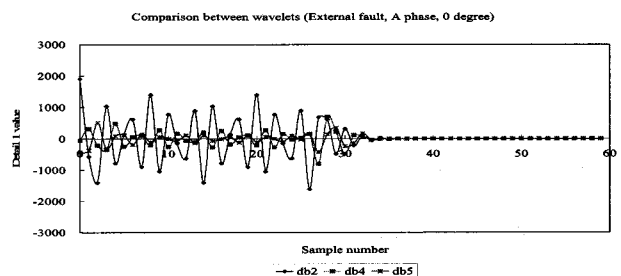
(a) db2, db4, db5



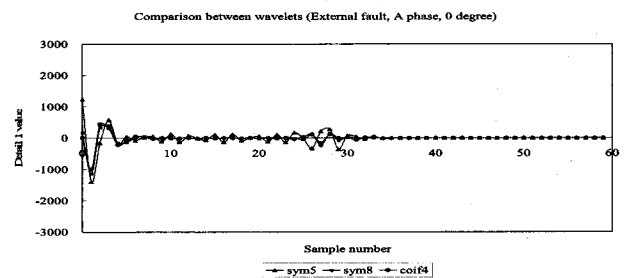
(b) sym5, sym8, coif4

그림 9 상세계수에 대한 마더 웨이브릿의 비교 (내부, 90도)  
Fig. 9 Comparison between in terms of detail coefficients during internal three phase short fault

그림 10은 사고발생각  $0^\circ$  에서 3상 외부단락고장이 발생한 경우 A상의 차전류에 대한 여러 가지 마더 웨이브릿에 대한 Detail 1의 값에 대한 비교이다. 그림 11은 사고각  $90^\circ$  에서 3상 외부단락고장이 발생한 경우 A상의 차전류에 대한 여러 가지 마더 웨이브릿에 대한 Detail 1의 값에 대한 비교이다. 외부고장의 경우 상세계수들은 고장 발생 직후에 진동성이 적어지다가 0으로 수렴하는 것을 볼 수 있다. 또 사고발생각  $90^\circ$  인 경우가  $0^\circ$  인 경우보다 고장발생직후 상세계수의 진동이 심한 것을 알 수 있다.

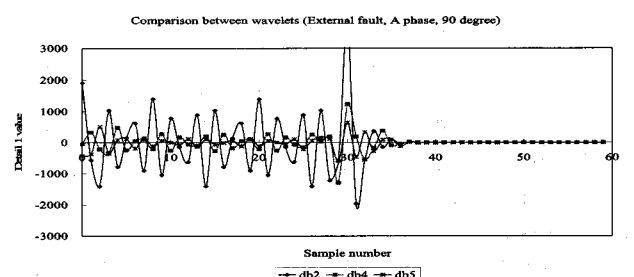


(a) db2, db4, db5

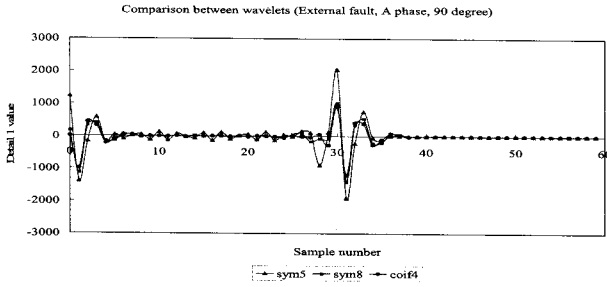


(b) sym5, sym8, coif4

그림 10 상세계수에 대한 마더 웨이브릿의 비교 (외부, 0도)  
Fig. 10 Comparison between in terms of detail coefficients during external three phase short fault



(a) db2, db4, db5



(b) sym5, sym8, coif4

그림 11 상세계수에 대한 마더 웨이브릿의 비교 (외부, 90도)  
Fig. 11 Comparison between in terms of detail coefficients during external three phase short fault

그림 8~그림11로부터 내부고장인 경우, db2의 상세계수 궤적은 정상상태에서 -3100~2000정도를 나타내었고 고장상태에서 -8500~15000정도 이내에서 진동하였다. db4의 상세계수는 정상상태에서 -600~500정도를 나타내었고 고장상태에서 -8000~8000정도 이내에서 진동하였다. db5의 상세계수는 정상상태에서 -500~500정도를 나타내었고 고장상태에서 -7500~9000정도 이내에서 진동하였다. sym5의 상세계수는 정상상태에서 -1400~1400정도를 나타내었고 고장상태에서 -7300~8000정도 이내에서 진동하였다. sym8의 상세계수는 정상상태에서 -1100~1100정도를 나타내었고 고장상태에서 -7000~8000정도 이내에서 진동하였다. coif4의 상세계수는 정상상태에서 100~4000정도를 나타내었고 고장상태에서 0~-7000정도 이내에서 진동하였다. 외부고장인 경우, db2의 상세계수 궤적은 정상상태에서 -3100~2000정도를 나타내었고 고장상태에서 -3000~4000정도 이내에서 진동하였다. db4의 상세계수는 정상상태에서 600~500정도를 나타내었고 고장상태에서 -2300~2300정도 이내에서 진동하였다. db5의 상세계수는 정상상태에서 -500~500정도를 나타내었고 고장상태에서 -2000~2500정도 이내에서 진동하였다. sym5의 상세계수는 정상상태에서 -1400~1400정도를 나타내었고 고장상태에서 -2000~2100정도 이내에서 진동하였다. sym8의 상세계수는 정상상태에서 -1100~1100정도를 나타내었고 고장상태에서 -1800~2000정도 이내에서 진동하였다. coif4의 상세계수는 정상상태에서 100~4000정도를 나타내었고 고장상태에서 -1000~-1200정도 이내에서 진동하는 것으로 나타났다.

표 1~표 4는 계산된 상세계수의 에너지성분의 합이다. 발전기의 고장검출하기 위한 최적의 마더 웨이브릿을 선정되기 위해서는 상세계수의 궤적이 정상상태와 고장상태가 확실하게 구분이 되어야 하거나 어떤 값으로 수렴하는 특성이 있거나 또 임계치와의 비교 논리가 성립되어야 한다. 그림 8~그림 11과 표 1~표 4로부터 상세계수는 마더 웨이브릿에 종류에 관계없이 대부분 내부고장시 정상상태와 고장상태를 판별 할 수 있는 큰 값을 나타내고, 외부고장시 정상상태보다 다소 작아지는 경향이 있다. sym5, sym8, coif4는 내부고장시 상세계수의 궤적이 정상상태와 고장상태를 판별할 수 있는 값으로 충분하다고 판단된다. 그러나 내부고장과 외부고장이 발생 직후 진동하던 상세계수는 시간이 흐르면서 수렴하지 않고 진동하는 결과를 나타냈다. db2는 내부고장시와 외부고장시 상세계수가 정상상태와 고장상태를 판별할 수 있도록 값의 차이가 분명하게 나타났다. 또 내부고장시에는 일정한 값으로 수렴하는 경향을 보였고, 외부고장시에는 매우 작은 값으로 수렴하는 경향을 보였다. db4와 db5도 db2와 유사한 경향을 나타내었으나, db2가 더욱 확실하게 내부고장과 외부고장을 판별 할 수 있는 궤적을 보였다.

표 1 여러 가지 마더 웨이브릿에 대한 상세계수의 에너지성분의 합 (내부고장, 사고발생각 0도)

Table 1 Total energy of detail coefficients in several mother wavelet (Internal fault, fault angle : 0 degree)

종류	A상		B상		C상	
	정상상태	고장상태	정상상태	고장상태	정상상태	고장상태
db2	3541	20033	2859	19390	4463	19372
db4	879	6178	642	8876	1022	12636
db5	892	5172	282	10208	896	12517
sym5	1971	7714	322	9369	1886	6716
sym8	1270	6070	121	10104	1153	10468
coif4	1157	5260	108	9787	1052	10878

표 2 여러 가지 마더 웨이브릿에 대한 상세계수의 에너지성분의 합 (내부고장, 사고발생각 90도)

Table 2 Total energy of detail coefficients in several mother wavelet (Internal fault, fault angle : 90 degree)

종류	A상		B상		C상	
	정상상태	고장상태	정상상태	고장상태	정상상태	고장상태
db2	3541	25311	2859	20898	4463	19326
db4	879	9618	642	5504	1022	6883
db5	892	6678	282	5249	896	4438
sym5	1971	13493	322	10761	1886	3583
sym8	1270	8680	121	7383	1153	2560
coif4	1157	7589	108	6355	1052	2824

표 3 여러 가지 마더 웨이브릿에 대한 상세계수의 에너지성분의 합 (외부고장, 사고발생각 0도)

Table 3 Total energy of detail coefficients in several mother wavelet (External fault, fault angle : 0 degree)

종류	A상		B상		C상	
	정상상태	고장상태	정상상태	고장상태	정상상태	고장상태
db2	3541	3850	2859	3823	4463	3571
db4	879	1399	642	2295	1022	3352
db5	892	765	282	2613	896	3176
sym5	1971	720	322	1733	1886	1338
sym8	1270	236	121	2270	1153	2423
coif4	1157	303	108	2315	1052	2592

표 4 여러 가지 마더 웨이브릿에 대한 상세계수의 에너지성분의 합 (외부고장, 사고발생각 90도)

Table 4 Total energy of detail coefficients in several mother wavelet (External fault, fault angle : 90 degree)

종류	A상		B상		C상	
	정상상태	고장상태	정상상태	고장상태	정상상태	고장상태
db2	3541	5853	2859	5190	4463	4135
db4	879	2087	642	1008	1022	1726
db5	892	1190	282	1163	896	973
sym5	1971	3072	322	2370	1886	857
sym8	1270	1890	121	1686	1153	452
coif4	1157	1664	108	1503	1052	537

4. 결 론

본 논문에서는 발전기의 고정자 사고검출에 적당한 마더 웨이브릿의 선정기법을 연구하였다. 이는 차전류의 분해와 복원을 통한 RMS 오차와 상세계수의 에너지 성분의 궤적을 분석하는 방법을 통하여 이루어 졌다. 상세계수의 에너지 성분의 궤적에 대한 분석을 통하여 다우비시 마더 웨이브릿 2의 상세계수가 가장 적절하다고 판단된다. 제안된 기법은 DFT의 내재적인 단점을 개선함으로써 종래의 DFT, Haar 등 직교함수에 근거하여 특정 주파수 추출용 필터에 근거한 종래의 CRDR의 대안이나 새로운 고장판별에 사용될 수 있을 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

[1] R.K. Aggarwal et al., "Power System Protection", Vol. 3, pp. 1-39, IEE Press, 1995.  
 [2] 최정림, 우준기 외, "보호계전기해설(제2집)", 남서울전력관리처 공무부 pp. 24-75, 1988. 12.  
 [3] 전력연구원, "원자력발전소 표준화설계를 위한 조사용역", pp. 83-269, 1999.  
 [4] 조성진, 강상희 외, "발전기보호 기본 알고리즘을 적용한 보호계전연구", 대한전기학회 하계학술대회 논문집, pp. 326-328, 2003. 7.  
 [5] 권영진, 강상희, "풍력발전단지 보호를 위한 내외부 고장 판별 알고리즘", 대한전기학회 논문지 Vol. 56, No. 5, pp. 854-859, 2007. 5.  
 [6] M.S. Sachdev, D.W. Wind, "An On-Line Digital Computer Approach for Generator Differential protection", Transactions of the Engineering and Operating Division, Canadian Electrical Association, Paper No. 73-SP-149, Vol. 12, No. 3, pp. 1-6, 1973.  
 [7] P.K. Dash, O.P. Malik, G.S. Hope, "Fast Generator Protection Against Internal Asymmetrical Faults", IEEE Trans. on PAS, Vol. PAS-96, No. 5, Sep./Oct. pp. 1498-1506, 1977.  
 [8] Hongzhong Ma, Yuanyuan Ding, P. Ju, Limin Zhang, "The Application of ANN in Fault Diagnosis for Generator Rotor Winding Turn-to-turn Faults", IEEE PES 2008 General Meeting, 20-24, July 2008 PESGM2008-000920, pp. 1-4, 2008.  
 [9] Z. Q. Bo, G S Wang, P Y Wang, G Weller, "Non-Differential Protection of Generator Using Fuzzy Neural Network", IEEE Trans. on Power Delivery, pp. 1072-1076 1998.  
 [10] Tai Nengling, Juergen Stenzel, "Differential Protection Based on Zero-Sequence Voltages for Generator Stator Ground Fault", IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. 22, No. 1, pp. 116-121, 2007.  
 [11] Qing Tian, Xiangning Lin, Pei Liu, "A Novel Self-Adaptive Compensated Differential Protection Dwsign Suitable for the Generator With Considerable Winding Distributed Capacitance", IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. 22, No. 2, pp. 836-842, 2007.  
 [12] IEEE Power Engineering Education Committee, "IEEE Tutorial on The Protection of Synchronous Generators", Power System Relaying Committee, 95 TP 102, pp. 1-78, 1995.  
 [13] IEEE Power System Relaying Committee, "IEEE Guide for AC Generator Protection", IEEE Std. C37.102-2006.  
 [14] GE, "GEK-100605 Digital Generator Protection System(DGP)", GE Protection and Control, pp. 1-225.  
 [15] 이승훈, 윤동환, "알기쉬운 웨이브릿 변환", 진한도서, pp. 1-294, 2003.  
 [16] A.I. Megahed, A. Monem Moussa, H.B. Elrefaie, Y.M. Marghany,

"Selection of a Suitable Mother Wavelet for Analyzing Power System Fault Transients" IEEE PES 2008 General Meeting, 20-24, July 2008 PESGM2008-000756, pp. 1-7, 2008.  
 [17] G.T. Heydt, and A. W. Galli, "Transient power quality problems analyzed using wavelets", IEEE Trans. Power Del., Vol. 12, no. 2, pp. 908-915, Apr. 1997.  
 [18] F. H. Magnago and A. Abur, "Fault location using wavelets", IEEE Trans. Power Del., Vol. 13, No.4, pp. 1475-1480, Oct. 1998.  
 [19] D. J. Zhang, Q. H. Wu, and Z.Q. Bo, "Transient positional protection of transmission lines using complex wavelets analysis", IEEE Trans. Power Del., Vol. 18, No. 3, pp. 705-710, July 2003.  
 [20] X. Lin, P. Liu, and S. Cheng, "Effective transmission line fault detection during power swing with wavelet transform," in Proc, IEEE Power Energy Society Winder Meeting , Vol. 3, pp. 1950-1955, Jan. 23-27, 2002.  
 [21] L L Lai, "Wavelet Transform For High Impedance Fault Identification", Energy Systems Group, pp. 188-191, 1998.  
 [22] A. I. Megahed, A. M. Moussa, and A. E. Bayoumy, "Usage of wavelet transform in the protection of series compensated transmission lines," IEEE Trans. Power Del., Vol. 21, no. 3, pp. 1213-1221, Jul. 2006.  
 [23] K. Silva, W. Neves, B. Souza, "Distance Protection Using a Novel Phasor Estimation Algorithm Based on Wavelet Transform", IEEE PES 2008 General Meeting, 20-24, July 2008 PESGM2008-001413, pp. 1-8, 2008.  
 [24] A. Megahed, A. Ramadan, W. Elmady, "Power Transform Differential Relay Using Wavelet Transform Energies", IEEE PES 2008 General Meeting, 20-24, July 2008 PESGM2008-000118, pp. 1-6, 2008.  
 [25] O. Ozgonenel E. Arisoy, M.A.S.K Khan M.A. Rahman, "A Wavelet Power Based Algorithm For Synchronous Generator Protection", IEEE PES Summer Meeting pp. 128-134, 2006. 6.  
 [26] 박철원, 신광철, 신명철, "교류발전기의 고장검출 알고리즘에 관한 비교 연구", 대한전기학회 논문지 Vol. 57P, No. 2, pp. 102-109, 2008. 6.

저 자 소 개



박철원 (朴哲圓)

1961년 8월 13일생. 1988년 성균관대학교 전기공학과 졸업. 1996년 성균관대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학). 1989년~1993년 금성산전연구소 주임연구원. 1993년~1996년 프록시시스템 기술연구소 선임연구원. 1993년~1997년 성균관대학교 전기전자 및 컴퓨터공학부 강사. 1997년~2007년 국립원주대학 전기과 전임강사, 조교수, 부교수. 2007년~현재 국립강릉대학교 전기정보통신공학부 정교수.  
 Tel : 033-760-8786  
 Fax : 033-760-8781  
 E-mail : cwpark1@kangnung.ac.kr