

다우비시 웨이브릿 변환의 상세계수 비율을 이용한 교류발전기의 내부고장 검출 및 고장종류 판별

논문

58P-2-7

Internal Fault Detection and Fault Type Discrimination for AC Generator Using Detail Coefficient Ratio of Daubechies Wavelet Transform

박철원[†] · 신광철* · 신명철**

(Chul-Won Park · Kwang-Chul Shin · Myong-Chul Shin)

Abstract - An AC generator is an important components in producing a electric power and so it requires highly reliable protection relays to minimize the possibility of damage occurring under fault conditions. Conventionally, a DFT based RDR has been used for protecting the generator stator winding. However, when DFTs based on Fourier analysis are used, 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. This paper proposes the internal fault detection and fault type discrimination for the stator winding by applying the detailed coefficients by Daubechies Wavelet Transform to overcome the defects in the DFT process. For the case studies reported in the paper, a model system was established for the simulations utilizing the ATP, and this verified the effectiveness of the proposed technique through various off-line tests carried out on the collected data. The propose method is shown to be able to rapidly identify internal fault and did not operate a miss-operation for all the external fault tested.

Key Words : ATP, DFT, Daubechies Wavelet Transform, Fault Detection, Fault Type Discrimination, Stator winding

1. 서 론

전력계통 근원인 발전소의 대용량 발전기는 여러 가지 요인으로 불시정지하게 되면 주파수가 저하될 뿐만 아니라 일시적으로 계통 불안정이 유발될 수 있다. 또 탈락된 발전량을 보충하기 위해 발전단가가 비싼 발전기의 추가 기동으로 인한 전력거래 비용의 증가를 초래할 수도 있다. 발전기 내부사고는 송·변전설비 사고에 비해 빈도는 적으나 발전기 용량에 따라 계통에 주는 영향은 차이가 날 수 있는데 계통에 주는 충격은 매우 크게 된다. 이에 따라 신뢰성이 높고 확실한 전력설비제어시스템(ECMS : Electrical Equipment Control & Monitoring System)이 필요하다[1].

발전기의 대규모 외란은 전형적으로 여러 가지 단락 및 개방 회로에서 비롯되는데 유지비용과 시간을 고려해 볼 때 가장 심각한 사고가 발전기 고정자 권선의 고장으로 알려져 있다. 현재 교류발전기 고정자 주보호로 가장 많이 사용되는 방법은 이산푸리에변환(DFT) 필터 기반 비율차동계전기법(RDR)이다[2,3]. 그런데 DFT 필터를 적용할 경우 시간 영역의 신호를 주파수 영역으로 변환하는 과정에서 시간 정보가 손실된다는 단점이 지적되었다.

이에 전통적인 푸리에 변환(FT)은 단축푸리에 변환(STFT : Short-Time Fourier Transform) 과정을 거쳐 보완되어서 스케일(scale)과 이동(shift)을 이용한 웨이브릿 변환(WT)[4]이 발표되었다. 웨이브릿 변환 중에서 db4, Symlets 5(sym5)는 고임피던스(HIF) 사고검출[5]에, Meyer,

db4, db1는 직렬보상선로를 위한 보호에, sym5, sym8, db4가 과도분석[6]에 타당한 것으로 외국 논문을 통해 발표되었다. 또 MODWT(Maximal overlap Discrete Wavelet Transform)가 거리계전[7]에, db2가 전력용변압기의 차동보호에 적용하여 우수한 성능[8]을 보였고, 최근 온라인 주파수 추정을 위해서 전력 역급수(power series type) 웨이브릿 변환에 대한 특성을 이용한 기법[9]이 제시되었다.

한편 발전기보호 분야에도 웨이브릿 변환이 적용되었는데, O. Ozgonenel 등은 웨이브릿 변환(WT)된 전력을 이용하여 발전기 보호 기법[10]을 제안하였고, 발전기 방정식으로 유도된 고장모델링으로 수집한 편단 고장전류를 WT함으로서 발전기 내부고장검출 기법이 제안되었다[11]. 또 종래의 RDR과 유사한 차전류를 이용하는 고장검출 기법[12,13]이 제안된 바 있으나 내부고장의 종류를 판별할 수 없었다.

이에 본 논문에서는 발전기 고정자 권선의 내부고장을 검출할 뿐만아니라 고장의 종류까지도 판별할 수 있도록 다우비시 웨이브릿 변환(DWT : Daubechies Wavelet Transform)의 상세계수 비율(Detail Coefficient Ratio)을 이용한 알고리즘을 제안하였다. 제안된 기법의 타당성을 입증하기 위하여 EMTP의 ATP(Alternative Transient Program) 버전을 이용한 발전기 모델계통을 구성하였고 ATP를 통해 제안된 알고리즘의 모의 시험에 사용되는 전류 데이터들을 수집하였다. 제시된 알고리즘은 C 언어로 구현한 후, 확보된 전류 데이터를 이용하여 다양한 사례연구를 통해 그 실효성이 검증되었다.

2. 내부고장 검출 및 고장종류 판별

2.1 마더 웨이브릿 선정

다레벨 분해과정(MLD : Multi Level Decomposition) 후 적당한 마더 웨이브릿을 선정한다. 이는 알고리즘의 구현을 용이하게 하기위하여 수행하게 되는데, 수차례의 시험을 통해 차수는 2, 레벨(level)은 1로 제한된 후, 식(1)과 같은 상

[†] 교신저자, 종신회원 : 강릉원주대 전기정보통신공학부 교수 · 공박

E-mail : cwpark1@nukw.ac.kr

* 정 회 원 : (주)삼안 전기부 상무 · 공박

** 펠로우회원 : 성균관대 정보통신공학부 교수 · 공박

접수일자 : 2009년 3월 2일

최종완료 : 2009년 4월 8일

세계수의 에너지성분의 합을 이용하였다. 그 결과 다우비시 마더 웨이브릿(DWT) 2의 상세계수(Detail Coefficient)가 가장 적당한 것으로 나타났다[12]. 이때 주기당 샘플링수(N)가 12이기 때문에 샘플링 주파수는 720[Hz]가 된다. 이때 차전류를 DWT에 의해 레벨 1으로 분해하면, 근사계수 1(a1)의 주파수대역은 180[Hz]~DC가 되고 중심주파수는 90[Hz], 상세계수 1(d1)의 주파수 대역은 360[Hz]~180[Hz]가 되고, 중심주파수는 270[Hz]가 된다. 선정된 DWT를 DFT와 유사하게 주파수 영역으로 표현한다면, DWT에 의한 d1을 활용하기 때문에 270[Hz] 주변의 주파수 성분이라고 할 수 있다.

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

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

2.2 내부고장 검출 및 고장종류 판별알고리즘

다양한 시뮬레이션을 통해서 다우비시 2의 상세계수 1을 발전기의 정상상태와 여러 가지 내부고장을 검출하고 고장종류를 판별하기 위한 특징추출로 삼았다. 이때 진동성을 고려하고 또 연산을 간소화하여 구현이 용이하도록 식(2)와 같이 각 상별로 변환된 절대치의 평균치 형태로 정식화하였다[13].

$$I_{Phase-ratio} = \frac{I_{Phase-avg-lmvl}^k}{I_{Phase-avg-of-|dl|}} \quad (2)$$

여기서, $I_{Phase-avg-of-|dl|}$: 각 상 전류에 대한 변환된 d1의 정상상태 절대값의 평균치, $I_{Phase-avg-lmvl}^k$: 각 상 전류에 대한 변환된 d1의 k번째 이동 윈도우 절대값의 평균치, $I_{Phase-ratio}$ 는 각 상의 db2, level 1, d1 정상상태의 절대값의 평균치에 대한 각 상의 k번째 이동 윈도우에 대한 비율이다. 데이터 이동 윈도우는 정격주파수가 60[Hz]이기 때문에 주기당 샘플링 수에 관계없이 모두 16.67[ms]가 된다.

식(2)에 의해서 연산된 비율식의 추이값에 따라 발전기의 정상상태와 고장상태 두 가지 상태 만에 대한 판별하게 된다. 즉 해당 되는 각 이동 윈도우내에서 연산된 각 상의 $I_{a-ratio}$, $I_{b-ratio}$, $I_{c-ratio}$ 의 비율 변화에 의하여 발전기의 고장상태와 정상상태가 판별할 수 있었다[13].

```

if (  $I_{a-ratio} > \epsilon$  or  $I_{b-ratio} > \epsilon$  or  $I_{c-ratio} > \epsilon$  ) then
    " 발전기는 고장상태가 발생 했습니다. "
else
    " 발전기는 정상상태입니다. "
endif
    
```

그런데 본 연구에서는 3상 단락고장, 3상 지락고장, 2상 단락고장, 2상 지락고장, 1선 지락고장 등 11가지 사고에 대한 고장형태의 판별기능을 추가하기 위해서 각 이동 윈도우 내에서 $I_{a-ratio}$, $I_{b-ratio}$, $I_{c-ratio}$ 의 비율 변화와 영상전류를 이용한 알고리즘을 제안하였다. 그림 1은 제시된 고장검출 및 고장종류 판별에 대한 흐름도이다. 여기서 AG는 A상 지락고장을, AC는 A상과 C상 단락고장을, ACG는 A상과 C상 지락고장을, ABC는 3상 단락고장을, ABCG는 3상 단락지락고장을, ABG는 A상과 B상 단락지락고장을, AB는 A상과 B상 단락고장을, BCG는 B상과 C상 단락지락고장을, BG는 B상과 C상 단락고장을, BG는 B상 지락고장을, CG는 C상 지락고장을 각각 나타낸다. 임계치는 잡음의 여유 등을 고려한 수차례의 모의 시험을 통하여 2.5로 선정하였다.

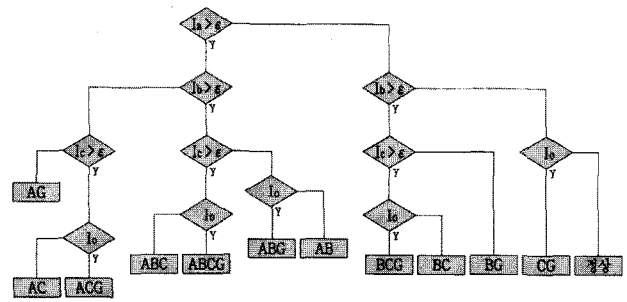


그림 1 고장검출 및 고장종류 판별 흐름도
Fig. 1 Flowchart of fault detection and fault type discrimination

3. 사례연구

3.1 발전기 모델 전력계통

제시한 개선된 고장검출 및 고장종류 판별 알고리즘의 타당성을 입증하기 위하여 모델 계통도를 선정하였다[12,13]. ATP를 이용하여 구성된 발전기 모델계통으로부터 정상상태, 내부고장, 외부고장을 수행한 후 사례연구용 사고모의 데이터를 수집하였다. 표 1은 ATP를 통해 수행한 시뮬레이션 조건이다. 사고각에 따른 고장발생시점은 37.503[ms], 38.892[ms], 40.281[ms]와 41.670[ms]로 정상적인 가압이후 27번째, 28번째, 29번째, 30번째에 내부사고와 외부사고를 발생시켜 고장신호를 수집하였다.

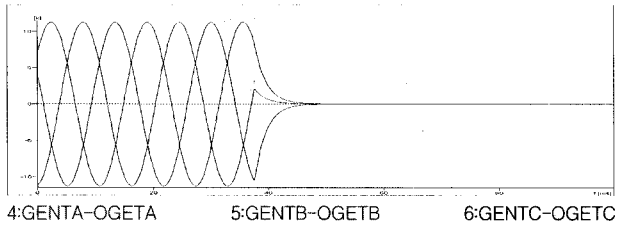
표 1 ATP 시뮬레이션 조건
Table 1 Condition of ATP simulation

샘플링 수 (Sample / Cycle)	12			
전류 사고각 (A상 기준)	0°	30°	60°	90°
고장발생샘플시점 (Sample No.)	27	28	29	30
고장발생시각 [msec]	37.503	38.892	40.281	41.670
시뮬레이션의 종류	내부 고장	정상상태		
		3상 단락 (A상, B상, C상)		
		2상 단락 (A상, B상 단락)		
		2상 단락 (B상, C상 단락)		
		2상 단락 (C상, A상 단락)		
		1선 지락 (A상 지락)		
	외부 고장	1선 지락 (B상 지락)		
		1선 지락 (C상 지락)		
		3상 단락 (A상, B상, C상)		
		2상 단락 (A상, B상 단락)		
1선 지락 (A상 지락)				

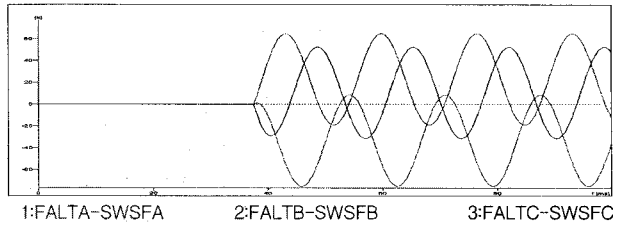
3.2 ATP 시뮬레이션

그림 2는 고장발생시점이 37.503[ms]인 A상 전류의 사고각 0° 인 경우, 3상 내부 단락사고모의를 수행한 후, ATP의 WPCplot를 이용하여 표시된 3상의 입력전류(또는 부하전류) 및 출력전류(또는 고장전류)이다. 그림 2(a)에서, A상 순시치 부하전류는, GENTA-OGETA이고, B상 순시치 부하전류는 GENTB-OGETB이며 C상은 GENTC-OGETC)로 표시되어 있다. 또 그림 2(b)에서, A상 순시치 고장전류는 FALTA-SWSFA이고, B상은 FALTB-SWSFB이며, C상은 FALTC-SWSFC로 표시되어 있다. 그림 2로부터 내부고장이 발생한 직후 3상 부하전류는 급격히 감소하는 반면에 3상 내부고장전류는 급격히 증가하는 것을 알 수 있다. 그림 3은 고장발생시점이 41.670[ms]인 A상 전류의 사고각 90° 인 경우, 3상 내부 단락사고모의를 수행한 후, 3상의 부하전류 및 고장전류의 순시치이다. 고장발생 직후 부하전류는 급격히 감소하고 반대로 고장전류는 급격히 증가하는 것을 알 수 있다.

사고발생각에 따라 고장발생 직후의 전류크기만 다를 뿐 고장전류가 발생후 증가하는 유사한 경향을 보이고 있다.

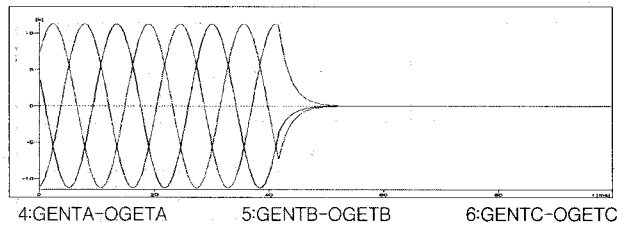


(a) 부하전류
(a) Load current

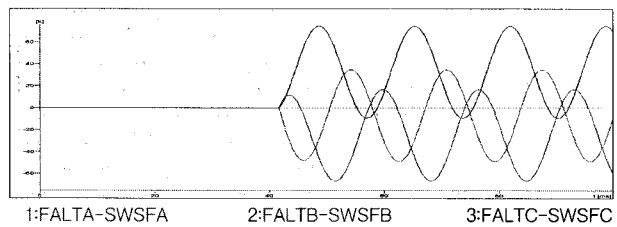


(b) 고장전류
(b) Fault current

그림 2 3상 내부단락고장시의 부하전류 및 고장전류 (사고각 0°)
Fig. 2 Load currents and fault currents during internal three phase short circuit fault (fault angle 0°)



(a) 부하전류
(a) Load current

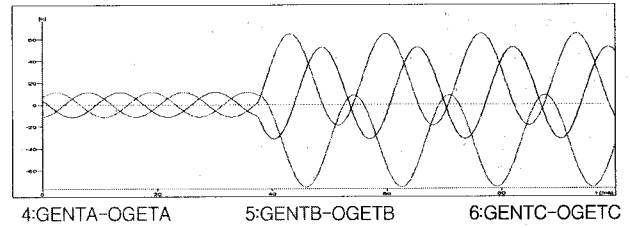


(b) 고장전류
(b) Fault current

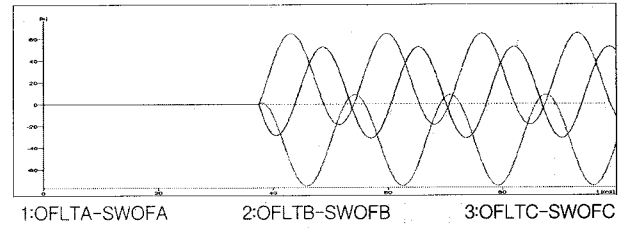
그림 3 3상 내부단락고장시의 부하전류 및 고장전류 (사고각 90°)
Fig. 3 Load currents and fault currents during internal three phase short circuit fault (fault angle 90°)

그림 4는 고장발생시점이 37.503[ms]인 A상 전류의 사고각 0° 인 경우, 3상 외부 단락사고모의를 수행한 후, ATP의 WPCplot를 이용하여 그린 3상의 입력전류(부하전류) 및 출력전류(고장전류)의 순시치이다. 그림 5는 고장발생시점이 41.670[ms]인 A상 전류의 사고각 90° 인 경우, 3상 외부 단락사고모의를 수행한 후, 3상의 부하전류 및 고장전류의 순시치이다. 정상상태의 3상 부하전류는 외부고장이 발생한 직후 급격히 증가하고, 흐르지 않던 3상 외부고장전류는 외부고장이 발생한 직후 급격히 증가하는 것을 알 수 있다. 또 외부고장 발생 직후

시간이 경과함에 따라 부하전류와 외부고장전류는 그 크기가 유사하게 되는 것을 알 수 있다. 사고발생각에 따라 외부고장 발생 직후의 전류크기만 다를 뿐 유사한 경향을 보이고 있다.

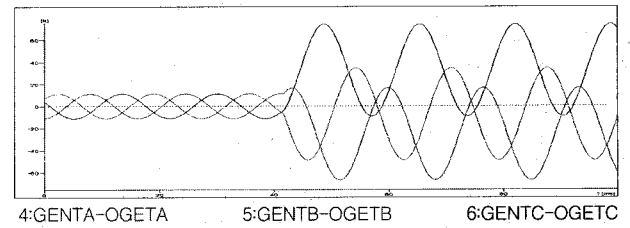


(a) 부하전류
(a) Load current

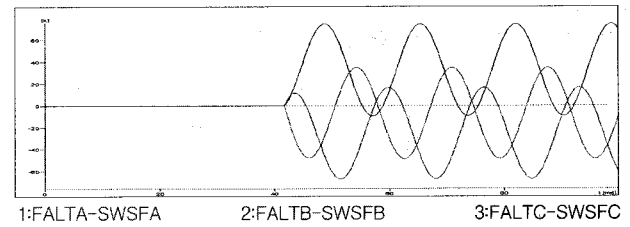


(b) 고장전류
(b) Fault current

그림 4 3상 외부단락고장시의 부하전류 및 고장전류 (사고각 0°)
Fig. 4 Load currents and fault currents during external three phase short circuit fault (fault angle 0°)



(a) 부하전류
(a) Load current



(b) 고장전류
(b) Fault current

그림 5 3상 외부단락고장시의 부하전류 및 고장전류 (사고각 90°)
Fig. 5 Load currents and fault currents during external three phase short circuit fault (fault angle 90°)

3.3 시뮬레이션 결과 및 고찰

그림 6은 A상 전류의 사고각 0° 인 경우, 3상 내부단락고장시의 제안된 DWT의 상세계수 비율식 값의 추이이고 그림 7은 고장판별의 결과이다. 그림 6에서 X축은 연산된 d1 비율식값을 나타내는데, 주기단위로 표기하였기 때문에 고장발생시점의 샘플링 번째와는 다르다. 즉 샘플링 번째로는 약 1주기(12번째) 정도 빨라 보일 수 있다. 그러나 그림 7에서 X축은 고장을 검출을 나타내는 트립신호에 대해서는 그대로 샘플링 번째로 표시하였

다. 내부단락고장이 발생한 경우, d1 비율값의 궤적에 따라 임계치 2.5를 초과하는 시점, A상의 경우에는 고장발생후 9샘플인 12.5[ms]에서, B상의 경우에는 고장발생후 7샘플인 9.722[ms]에서, C상의 경우에는 고장발생후 7샘플인 9.722[ms]에서 각각 고장이 검출되어 트립신호가 발생하는 것을 알 수 있다.

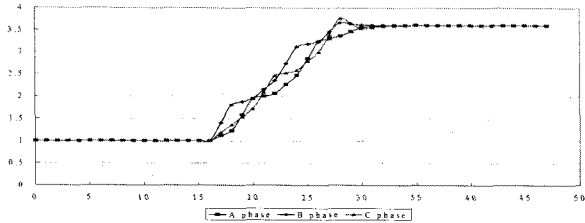


그림 6 3상 내부단락고장의 경우 연산된 비율값의 추이 (사고각 0°)
Fig. 6 Transition of computed ratio value during internal three phase short circuit fault (fault angle 0°)

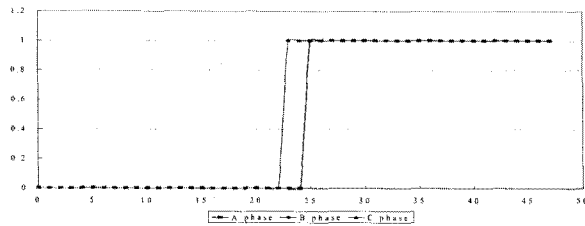


그림 7 3상 내부단락고장의 경우 고장판별의 결과 (사고각 0°)
Fig. 7 Result of fault discrimination during internal three phase short circuit fault (fault angle 0°)

그림 8은 A상 전류의 사고각 30° 인 경우, 3상 내부단락고장시의 제안된 DWT의 상계수 비율값의 추이이고 그림 9는 고장판별의 결과이다. A상의 경우에는 고장발생후 9샘플인 12.5[ms]에서, B상의 경우에는 고장발생후 7샘플인 9.722[ms]에서, C상의 경우에는 고장발생후 7샘플인 9.722[ms]에서 각각 고장이 검출되어 트립신호가 발생하는 것을 알 수 있다.

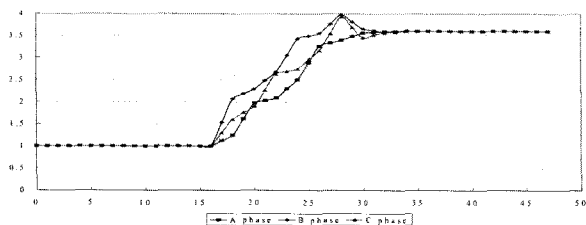


그림 8 3상 내부단락고장의 경우 연산된 비율값의 추이 (사고각 30°)
Fig. 8 Transition of computed ratio value during internal three phase short circuit fault (fault angle 30°)

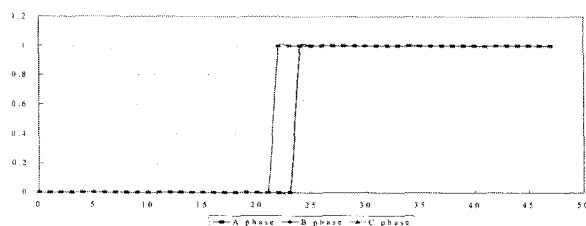


그림 9 3상 내부단락고장의 경우 고장판별의 결과 (사고각 30°)
Fig. 9 Result of fault discrimination during internal three phase short circuit fault (fault angle 30°)

그림 10은 A상 전류의 사고각 60° 인 경우, 3상 내부단락고장시의 제안된 DWT의 상계수 비율값의 추이이고 그림 11은 고장판별의 결과이다. A상의 경우에는 고장발생후 8샘플인 11.111[ms]에서, B상의 경우에는 고장발생후 8샘플인 11.111[ms]에서, C상의 경우에는 고장발생후 10샘플인 13.889[ms]에서 각각 고장이 검출되어 트립신호가 발생하는 것을 알 수 있다.

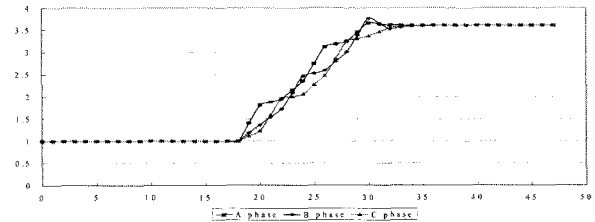


그림 10 3상 내부단락고장의 경우 연산된 비율값의 추이 (사고각 60°)
Fig. 10 Transition of computed ratio value during internal three phase short circuit fault (fault angle 60°)

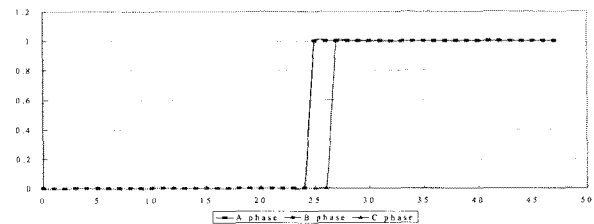


그림 11 3상 내부단락고장의 경우 고장판별의 결과 (사고각 60°)
Fig. 11 Result of fault discrimination during internal three phase short circuit fault (fault angle 60°)

그림 12는 A상 전류의 사고각 90° 인 경우, 3상 내부단락고장시의 제안된 DWT의 상계수 비율값의 추이이고 그림 13은 고장판별의 결과이다. A상의 경우에는 고장발생후 7샘플인 9.722[ms]에서, B상의 경우에는 고장발생후 7샘플인 9.722[ms]에서, C상의 경우에는 고장발생후 9샘플인 12.5[ms]에서 각각 고장이 검출되어 트립신호가 발생하는 것을 알 수 있다.

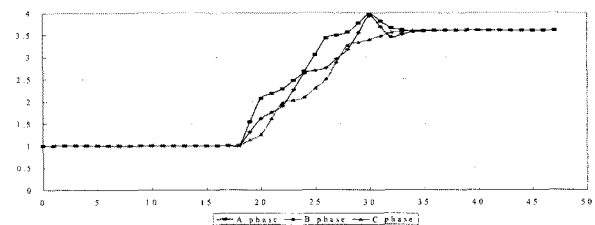


그림 12 3상 내부단락고장의 경우 연산된 비율값의 추이 (사고각 90°)
Fig. 12 Transition of computed ratio value during internal three phase short circuit fault (fault angle 90°)

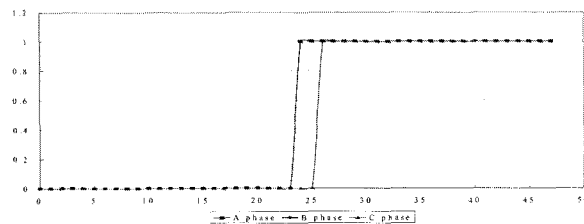


그림 13 3상 내부단락고장의 경우 고장판별의 결과 (사고각 90°)
Fig. 13 Result of fault discrimination during internal three phase short circuit fault (fault angle 90°)

그림 14는 A상 전류의 사고각 0° 인 경우, 3상 외부단락고장시의 제안된 DWT의 상세계수 비율식 값의 추이이다. 외부고장시에 d1 비율값의 궤적에 따라 임계치 2.5를 초과하는 시점이 없음을 알 수 있다. 외부고장시에 d1 비율값은 점차 감소되기 때문에 외부고장으로 내부고장이 검출되지 않아 차단기로의 트립신호를 발생하지 않는 것을 알 수 있다.

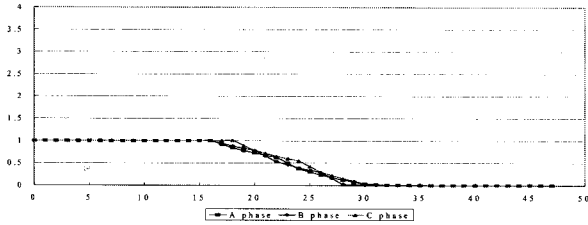


그림 14 3상 외부단락고장의 경우 연산된 비율식값의 추이 (사고각 0°)
Fig. 14 Transition of computed ratio value during external three phase short circuit fault (fault angle 0°)

그림 15는 A상 전류의 사고각 30°인 경우, 그림 16은 A상 전류의 사고각 60° 인 경우, 그림 17은 전류의 사고각 90°인 경우 제안된 DWT의 상세계수 비율식 값의 추이이다. 그림 15~그림 17들로부터 알 수 있는 바와 같이 외부고장시에 d1 비율값의 궤적에 따라 임계치 2.5를 초과하는 시점이 없다. 따라서 전류의 사고각에 관계없이 d1 비율값은 점차 감소되기 때문에 외부고장으로 모두 인식되어 오동작 하지 않았다.

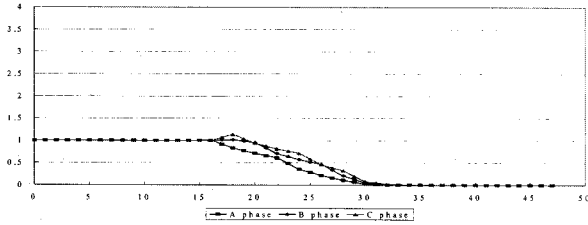


그림 15 3상 외부단락고장의 경우 연산된 비율식값의 추이 (사고각 30°)
Fig. 15 Transition of computed ratio value during external three phase short circuit fault (fault angle 30°)

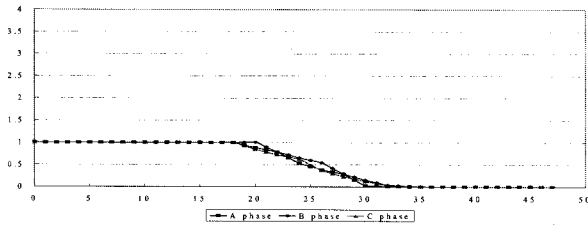


그림 16 3상 외부단락고장의 경우 연산된 비율식값의 추이 (사고각 60°)
Fig. 16 Transition of computed ratio value during external three phase short circuit fault (fault angle 60°)

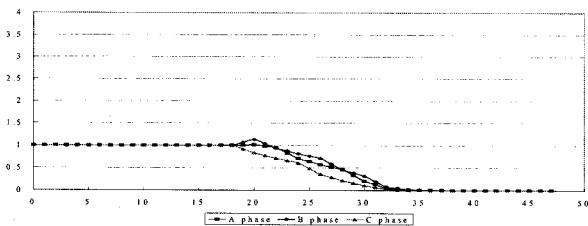


그림 17 3상 외부단락고장의 경우 연산된 비율식값의 추이 (사고각 90°)
Fig. 17 Transition of computed ratio value during external three phase short circuit fault (fault angle 90°)

표 2에서 표 4는 제안된 기법의 내부고장 검출 및 고장종류 판별결과이다. 제안된 알고리즘은 발전기 내부고장을 3상단락, 2상단락, 1선지락 등을 모의한 결과, 3상단락고장 및 2선단락지락, 1선지락고장 등 고장종류를 정확하게 판별하였으며, 대체로 고장발생 후 약 7-10샘플 후에서 정확하게 내부고장이 검출되었으며 또 외부고장시에는 오동작을 하지 않았다.

표 2 3상단락 내부고장시의 고장판별결과

Table 2 Fault discrimination result during three phase short internal fault

사고종류	사고각	고장상	제안된 기법	
			고장발생후 고장종류 및 고장판별 샘플링수	고장종류 및 판별시간 [ms]
3상단락 및 3상단락지락	0°	A	9	12.500
		B	7	9.722
		C	7	9.722
	30°	A	9	12.500
		B	7	9.722
		C	7	9.722
	60°	A	8	11.111
		B	8	11.111
		C	10	13.889
	90°	A	7	9.722
		B	7	9.722
		C	9	12.500

표 3 2상단락 내부고장시의 고장판별결과

Table 3 Fault discrimination result during double line short internal fault

사고종류	사고각	고장상	제안된 기법	
			고장발생후 고장종류 및 고장판별 샘플링수	고장종류 및 판별시간 [ms]
2상단락 및 2상단락지락	0°	A	9	12.500
		B	7	9.722
	30°	A	9	12.500
		B	7	9.722
	60°	A	8	11.111
		B	8	11.111
	90°	A	7	9.722
		B	7	9.722

표 4 1선지락 내부고장시의 고장판별결과

Table 4 Fault discrimination result during one line ground internal fault

사고종류	사고각	고장상	제안된 기법	
			고장발생후 고장종류 및 고장판별 샘플링수	고장종류 및 판별시간 [ms]
1선지락	0°	A	9	12.500
	30°	A	9	12.500
	60°	A	8	11.111
	90°	A	7	9.722

4. 결 론

본 논문에서는 종래 DFT 기반 RDR의 내재적인 단점을 개선하기 위하여, DWT의 상세계수비율을 기반으로 교류 발전기의 고장검출 및 고장종류 판별 알고리즘을 제안하였다.

여기서 ATP 모의계통을 통해 수집된 고장전후의 전류들을 이용하여 제시된 기법의 실효성을 입증하였다. 결론을 요약하면 다음과 같다.

(1) MLD로 추출된 특징을 절대치의 평균치 비율식으로 정식화한 상세계수의 비율식을 제안함으로써 연산량을 간소화하여 실시간 구현의 용이성을 증대시켰다.

(2) 모의 시험결과 제안된 기법은 내부고장의 경우 고장의 종류를 확실하게 판별하였을 뿐만 아니라 내부고장을 정확하게 검출하였다. 대체로 고장발생 후 약 7-10샘플 후인 9.722[ms]에서 13.889[ms]에 내부고장이 정확하게 검출되었고 고장의 종류도 정확하게 판별되었으며, 외부고장의 경우에는 오동작을 하지 않았다.

(3) 직류유셋영향을 확인하기 위하여 사고발생각을 가변하면서 제안된 기법의 성능을 관찰한 결과, 최대 3샘플인 4.167[ms] 차이가 발생하였다.

참 고 문 헌

[1] 한국전력공사 전력연구원, "원자력발전소 표준화설계를 위한 조사용역", pp. 83-269, 1999.

[2] 조성진, 강상희 외, "발전기보호 기본 알고리즘을 적용한 보호계전연구", 대한전기학회 하계학술대회 논문집, pp. 326-328, 2003. 7.

[3] G.S. Hope, P.K. Dash and O.P. Malik, "Digital Differential Protection of a Generator Unit : Scheme and Real-Time Test Results", IEEE Trans. on PAS, Vol. PAS-96, No. 2, March/April pp. 502-512 1977.

[4] Michel Misiti et al., "MATLAB Wavelet Toolbox", User's Guide Version 1, pp. 1-1~2-42, 1997.

[5] L L Lai, "Wavelet Transform For High Impedance Fault Identification", Energy Systems Group, pp. 188-191, 1998.

[6] 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, July 2006.

[7] 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.

[8] 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.

[9] M. Tsuji, S. Hamasaki, M. Korogi, "Characteristic of Power Series Type Wavelet Transform for Online Frequency Estimation", IEEE PES Summer meeting, pp. 177-182 2007.

[10] 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.

[11] 박철원, 신명철, "고장전류의 웨이브릿 변환을 이용한 동기 발전기 보호 알고리즘", 대한전기학회 논문지 Vol. 56, No. 5, pp. 834-840, 2007. 5.

[12] 박철원, "교류 발전기 고장사 사고검출을 위한 최적 마더 웨이브릿의 선정", 대한전기학회 논문지 Vol. 57P, Vol. 57P, No. 4, pp. 377-382, 2008.12.

[13] 박철원, 신광철, 신명철, "교류 발전기의 고장 검출 알고리즘에 관한 비교 연구", 대한전기학회 논문지 Vol. 57P, No. 2, pp. 102-109, 2008. 6.

저 자 소 개



박 철 원 (朴 哲 圓)

1961년 8월 13일생. 1988년 성균관대학교 전기공학과 졸업. 1996년 성균관대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학박). 1989년~1993년 금성산전연구소 주임연구원. 1993년~1996년 프로컴시스템 기술연구소 선임연구원. 1993년~1997년 성균관대학교 전기전자 및 컴퓨터공학부 강사. 1997년~현재 국립강릉원주대학교 전기정보통신공학부 정교수.

Tel : 033-760-8786

Fax : 033-760-8781

E-mail : cwpark1@nukw.ac.kr



신 광 철 (申 光 哲)

1962년 10월 15일 생. 1986년 한양대학교 전기공학과 졸업. 1994년 한양대학교 대학원 전기전자공학부 졸업(공학석). 2008년 성균관대학교 대학원 정보통신공학부 졸업(공학박). 1998년~2003년 금호엔지니어링. 2003년~현재 (주)삼안 상무.

E-mail : kcshin@samaneng.com



신 명 철 (申 明 澈)

1947년 4월 3일생. 1970년 성균관대학교 전기공학과 졸업. 1978년 연세대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학박). 1975년~1978년 충북대학교 전기공학과 조교수. 1982년~1983년 미국 코넬대 전기공학과 교환교수. 2000년~2001년 미국 펜실바니아 주립대 전기공학과 교환교수. 1978년~현재 성균관대학교 정보통신공학부 교수. 2006년 대한전기학회 회장. 2005년~2006년 성균관대학교 부총장.

E-mail : mcshin@yurim.skku.ac.kr