

개선된 변류기 보상알고리즘을 적용한 모선보호용 비율전류차동 계전방식

論 文
52A-3-3

A Percentage Current Differential Relaying Algorithm for Bus Protection Using an Advanced Compensating Algorithm of the CTs

姜龍澈* · 尹在晟** · 姜相熙***
(Yong-Cheol Kang · Jae-Sung Yun · Sang-Hee Kang)

Abstract - This paper proposes a percentage current differential relaying algorithm for bus protection using an advanced compensating algorithm of the secondary current of current transformers (CTs). The compensating algorithm estimates the core flux at the start of the first saturation based on the value of the second-difference of the secondary current. Then, it calculates the core flux and compensates distorted currents using the magnetization curve. The algorithm is unaffected by a remanent flux. The simulation results indicate that the proposed algorithm can discriminate internal faults from external faults when the CT saturates. This paper concludes by implementing the algorithm into a TMS320C6701 digital signal processor. The results of hardware implementation are also satisfactory. The proposed algorithm can improve not only stability of the relay in the case of an external fault but sensitivity of the relay in the case of an internal fault.

Key Words: Percentage current differential relay, Saturation, Compensation, Remanent flux

1. 서 론

모선보호용으로 비율 전류차동 계전방식이 주로 사용되고 있는데, 이는 차동전류와 억제전류를 계산하여 일정한 비율을 고려하여 내부사고를 판정하는 방식이다. 하지만, 이 방식은 변류기 포화를 수반한 외부사고의 경우에 내부사고로 잘못 인식하는 문제점을 가지고 있다. 이에 대한 대책으로 대전류 영역에서 계전기의 감도를 희생하여 계전기의 동작영역을 축소시킨 가변비율 전류차동 계전방식을 사용한다. 하지만, 계전기의 감도를 희생하는데 한계가 있기 때문에 심한 변류기 포화를 수반하는 외부사고 시 오동작을 피하기 어렵다. 따라서, 가변비율 전류차동 계전방식에서도 변류기 포화에 대한 별도의 대책이 반드시 필요하다.

참고문헌 [1]에서는 차동전류 순시값의 변화량이 억제전류 순시값의 변화량의 정해진 비율보다 적으면 포화가 발생한 것으로 판단한다. 그런데, 변류기가 두 개 이상이 포화된 경우에는 오동작할 가능성이 높다.

참고문헌 [2]에서는 사고 후 포화가 바로 발생하지 않는 점에서 double measurement 방법을 이용하여 사고를 판정한다. 처음 트립신호 발생 후 11-14 ms (50Hz 기준) 후에 다시 사고인지 아닌지 판단한다. 따라서, 사고를 인식하고 최종 트립신호를 출력하는데 시간이 지연된다.

참고문헌 [3], [4]에서는 모선 보호용으로 전류와 전압을 동시에 이용하는 방식을 제안하였다. 참고문헌 [3]에서는 계전기에서 계산한 임피던스의 크기와 위상을 가지고 내부사고와 외부사고를 구별하는 알고리즘이다. RX 그래프에서 3사분면에 임피던스가 존재하면 내부사고이고, 외부사고의 경우에는 1사분면과 3사분면에 임피던스가 존재하게 된다. 변류기가 포화된 경우에는 임피던스의 크기가 감소하고 위상이 증가하지만 사분면을 벗어나지 않기 때문에 변류기 포화에 의한 영향이 적다. 참고문헌 [4]에서는 계전점에서 전압과 임피던스로 모델링하여 전압과 전류의 증분을 가지고 임피던스를 계산한다. B-H 곡선에서 포화구간의 그래프가 H축과 평행이라고 한다면, 변류기가 포화되면 전류의 증분이 0이 되고 계산된 임피던스가 매우 커지게 되어 포화 여부를 판단한다.

참고문헌 [5]에서는 왜곡된 변류기 2차 전류를 보상할 수 있는 알고리즘을 이용한 비율 전류차동 계전방식이 제안되었다. 이 방식은 변류기가 포화되더라도 왜곡된 전류로부터 변류비에 맞는 2차 전류를 추정하므로, 동작영역이 확대된 전류차동 계전기를 설계할 수 있었다. 하지만, 참고문헌 [5]에서 사용한 변류기 보상 알고리즘은 잔류자속이 없는 경우에만 보상이 가능하므로, 잔류자속이 존재하는 경우에는 오차의 증가가 예상된다.

본 논문에서는 참고문헌 [5]의 이러한 문제점을 보완하여, 개선된 보상알고리즘을 이용한 모선보호용 비율 전류차동 계전방식을 제안한다. 개선된 보상 알고리즘은 2차 전류의 2차 차분 값으로부터 처음으로 포화되는 순간의 자속을 추정한 후에, 자속을 계산하여 변류비에 맞는 2차 전류로 복원하므로, 잔류자속이 존재하여 변류기 포화가 발생한 경우에도 정확하게 동작한다. 제시한 방식의 성능을 검증하기 위하여, EMTP를 이용하여, 12개의 송전선이 연결되어 있는 154

* 正 會 員 : 全 北 大 電 子 情 報 工 學 部 助 教 授 · 工 博

** 正 會 員 : 全 北 大 電 子 情 報 工 學 部 博 士 課 程

*** 正 會 員 : 明 知 大 電 氣 工 學 科 副 教 授 · 工 博

接 受 日 字 : 2002 年 10 月 28 日

最 終 完 了 : 2002 年 12 月 30 日

[kV] 이중모선 시스템에서, 내부와 외부 사고 데이터를 생성하여, 제안한 알고리즘의 성능을 확인하였다. 초기의 잔류자속의 크기를 달리하여 데이터를 생성하여 시험하였으며, 제시한 알고리즘을 TMS320C6701 디지털 신호처리 칩을 이용하여 실시간으로 구현하였다.

2. 개선된 변류기 보상 알고리즘을 적용한 모선 보호용 비율 전류차동 계전 방식

2.1 개선된 변류기 보상 알고리즘

참고문헌 [5]에서 사용한 변류기 2차 전류 보상 알고리즘은 자속을 계산하기 위하여 식 (1)을 사용한다.

$$\frac{d\lambda(t)}{dt} = (R_s + R_b)i_s(t) + (L_s + L_b)\frac{di_s(t)}{dt} \quad (1)$$

여기서 $\lambda(t)$ 는 쇄교 자속을, R_s 는 2차 회로의 저항을, R_b 는 부담의 저항을, $i_s(t)$ 는 2차 전류를, L_s 는 2차 회로의 인덕턴스를, L_b 는 부담의 인덕턴스를 의미한다.

식 (1)은 자속의 증분만을 계산하는 수식이다. 자속의 증분을 이전 자속에 더하여 현재의 자속을 계산한다. 현재 순간의 자속으로부터 자화곡선을 이용하여 그 순간의 여자전류를 추정할 수 있다. 이렇게 추정된 여자전류를 2차 전류에 더하게 되면, 변류비에 맞는 2차 전류를 추정하게 된다. 그런데, 잔류자속이 존재하게 되면, 그 잔류자속을 더해 주어야 정확한 자속을 구할 수 있다. 하지만, 철심에 남아 있는 잔류자속을 구하기 어려우므로, 보상하는데 어려움이 있다.

잔류자속 유무에 관계없이 포화 시작 순간에는 철심 자속은 포화점을 초과하게 된다. 또한, 변류기가 포화되는 순간은 차분을 이용하여 알아낼 수 있다[6]. 따라서, 포화되는 순간의 자속을 정확하게 추정할 수 있다면, 정확한 보상이 가능하다.

개선된 변류기 보상 알고리즘은 처음 포화가 시작되는 순간을 찾기 위하여, 2차 차분을 이용한 포화검출 방법을 사용한다. 2차 차분을 사용하는 변류기 포화 판단 알고리즘에 필요한 임계값은 다음과 같이 결정한다.

$$Th = k\sqrt{2}I_{fmax}(2 \times \sin(\pi/N))^2 \quad (2)$$

여기서 k 는 판단 알고리즘의 감도를 나타내는 상수이며, I_{fmax} 는 예상되는 최대 전류이고, N 은 주기당 샘플수이다.

포화되는 순간은 자속이 포화점 자속을 초과하므로, 포화 순간의 자속은 포화점 자속보다 크거나 같은 값이 된다. 그 순간의 자속은 2차 차분과 관계가 있다. 이 관계식을 여러 가지 방법으로 찾을 수 있으나, 본 논문에서는 식 (3)과 같이 가정하였다.

$$\lambda[n] = \lambda_{sat} + \alpha \cdot del2[n] \quad (3)$$

식 (3)에서 포화 순간의 자속은 자화곡선의 포화점 자속 (λ_{sat})과 포화순간 검출된 2차 차분 ($del2[n]$)에 가중치 α 를 곱하여 연산한 값으로 구하게 된다. 여기서 α 는 많은 실험을 통해서, 결정되는 값이다. 본 논문에서는 EMTP를 통하여 많

은 데이터를 생성한 후에 이 값을 결정하여 -0.001을 사용하였다.

일단, 처음 포화의 시작이 검출되면 그 순간의 자속이 결정되므로, 그 값에 식 (1)을 사용하여 구한 자속의 증분을 더하여 매 순간의 자속을 계산하고, 자화전류를 추정하여, 왜곡된 전류를 보상하게 된다.

2.2 개선된 변류기 보상 알고리즘을 적용한 모선보호용 비율 전류차동 계전방식

개선된 보상 알고리즘을 모선보호용 비율전류차동 계전기에 적용한 흐름도를 그림 1에 보였다.

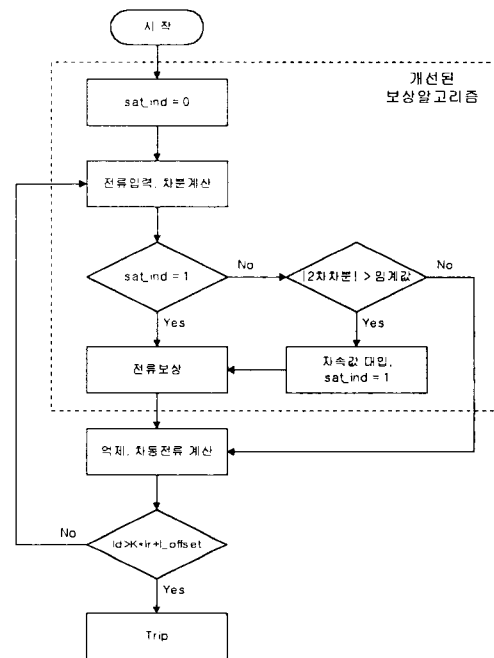


그림 1 제안된 계전방식의 흐름도

Fig. 1 The flow chart of proposed relaying algorithm

초기에 변류기가 포화되지 않았을 경우 ($sat_ind = 0$)에는 보상 알고리즘을 동작시키지 않고, 계전기에 입력된 2차 전류에서 억제전류와 차동전류를 계산하여 사고 여부를 판단한다. 변류기가 포화되면 2차 차분에서 임계값 이상의 큰 값이 발생하게 되고, 알고리즘은 포화를 판단 ($sat_ind = 1$)하게 된다. 포화가 판단되면 식 (3)에 의하여 계산된 자속값을 가지고 변류기 보상 알고리즘을 시작하여 왜곡된 전류를 변류비에 맞는 2차 전류로 복원하여 사고 여부를 판단하게 된다.

그림 1에서와 같이 비율전류차동 계전방식은 계전기에 입력된 변류기 2차 전류로부터 억제전류 (I_r)와 차동전류 (I_d)를 계산하여 식 (4)와 같은 관계가 성립하면 사고가 발생한 것으로 판단한다.

$$I_d > kI_r + I_{offset} \quad (4)$$

여기서 k 는 계전기의 감도를 나타내며, I_{offset} 은 무시할 차동전류의 값으로 여러 가지 오차를 감안하여 결정한다.

3. 사례 연구

3.1 모델 계통

제안한 계전방식의 성능을 평가하기 위하여 그림 2와 같이 이중 모선 구조의 모델 계통을 선정하여, EMTP로 데이터를 생성하였다. 길이가 50 [km]인 12개의 선로를 통하여 발전기가 연결되어 있으며, 전압은 154 [kV]이다. 변류기는 C800 변류기이며, 변류비는 800:5, 2차 권선 저항은 0.54 [Ω]이다. 히스테리시스 특성까지 모의할 수 있는 type96 소자를 모의하기 위한 포화점은 5.118 [A], 2.971 [Vs]이다. 사용한 주기당 샘플 수는 64 샘플이다.

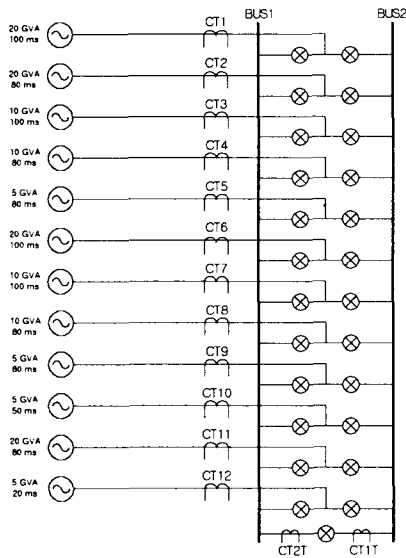


그림 2 모델 계통
Fig. 2 The model system studied

1, 3, 5, 7, 9, 11번 선로는 모선 1에, 2, 4, 6, 8, 10, 12번 선로는 모선 2에 각각 연결되어 있으며, bus-tie는 연결되어 있다. 모선 1을 담당하는 비율 전류차동 계전기(87B1)는 모선 1에 연결된 6개의 선로와 bus-tie에 설치된 변류기(CT1T)에서 전류를 입력받고, 모선 2를 담당하는 비율 전류차동 계전기(87B2)는 모선 2에 연결된 6개의 선로와 bus-tie에 설치된 변류기(CT2T)에서 전류를 입력받아 계산하게 된다. 그리고, 비율 전류차동 계전기의 k 값은 0.2를, I_{offset} 은 2.0 [A]를 사용하였다.

모선 1 사고의 경우에는 CT1T와 CT2T에 같은 크기의 잔류자속이 존재하는 경우를 모의하였으며, 선로 2 사고의 경우에는 CT2에 잔류자속이 존재하는 것으로 모의하였다.

또한, 중첩방지 저역통과 필터는 샘플링 주파수의 반인 1920 [Hz]를 차단주파수로 갖는 1차 RC 필터를 사용하였다.

본 논문에서는 $I_{fmax} = 233$ [A], $N = 64$, $k = 3$ 으로 하여, 9.49 [A]를 2차 차분의 임계값으로 선택하였으며, 모선 1에서 사고가 발생한 경우와 2번 송전선에서 사고가 발생한 경우에 대하여 제시한 알고리즘의 성능을 검증하였다.

3.2 모선 1 A상 지락사고 (잔류자속 0%)

모선 1의 사고이므로, 계전기는 87B1만 동작하고 87B2는 동작하지 않아야 한다.

그림 3은 CT1T와 CT2T의 측정된 2차 전류와 보상 후 전류 및 변류비 오차를 보여준다. 가는 실선은 변류기가 포화된 2차 전류이고, 굵은 실선은 보상한 전류이다. 각각의 그림에서 왜곡된 전류가 정확하게 복원됨을 알 수 있다.

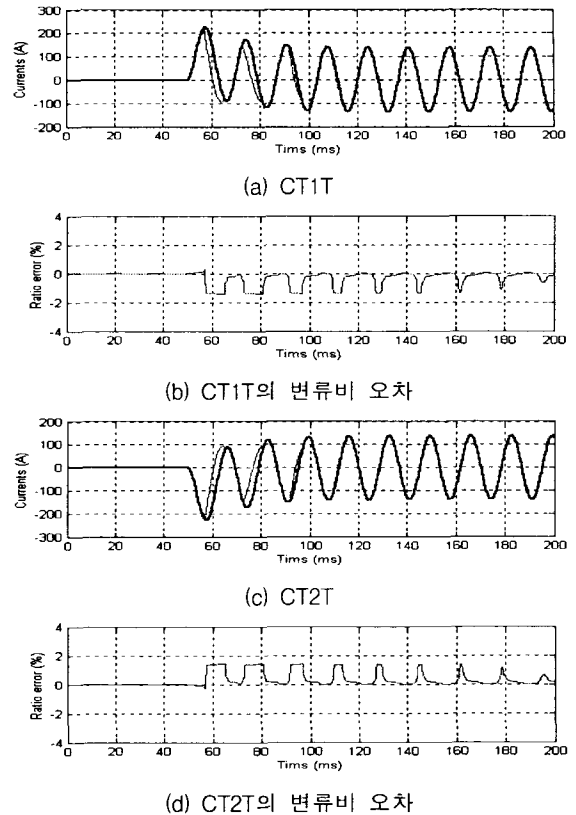


그림 3 측정된 2차 전류와 보상 후 전류 (잔류자속 없음)
Fig. 3 The measured and compensated secondary currents (No remanent flux)

그림 4는 보상 알고리즘을 적용하기 전, 후의 87B1의 결과를 보여준다. 두 가지 경우 모두 계전기가 동작하고 있지만, 보상 알고리즘을 적용한 그림 4b의 경우에는 변류기 포화로 줄어든 전류를 보상하였기 때문에 억제전류와 차동전류의 크기가 그림 4a에 비하여 더 증가하였다.

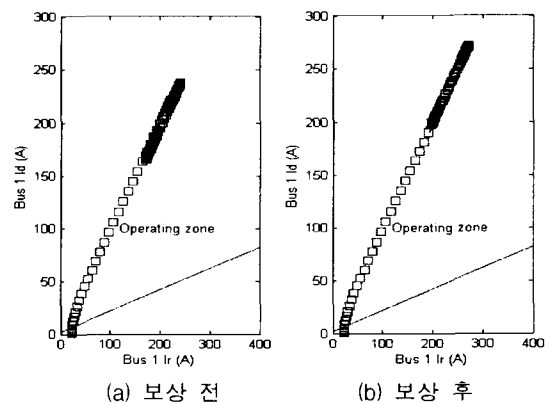


그림 4 87B1의 결과 (모선 1사고, 잔류자속 없음)
Fig. 4 The results of 87B1 (Bus 1 fault, no remanent flux)

그림 5는 87B2의 결과를 보여준다. 그림 5a는 포화된 변류기 2차 전류를 그대로 사용하여 계산했을 경우이다. 그림 5a에서 발생한 차동전류는 그림 3c에서 나타낸 CT2T의 왜곡된 2차 전류에 의하여 발생한 것으로 비울 전류차동 계전기가 동작영역 내부로 진입하는 것을 알 수 있다. 그런데, 그림 5b에서 보상 알고리즘을 적용하면 차동전류가 거의 발생하지 않아 동작영역으로 접근하지 않는다.

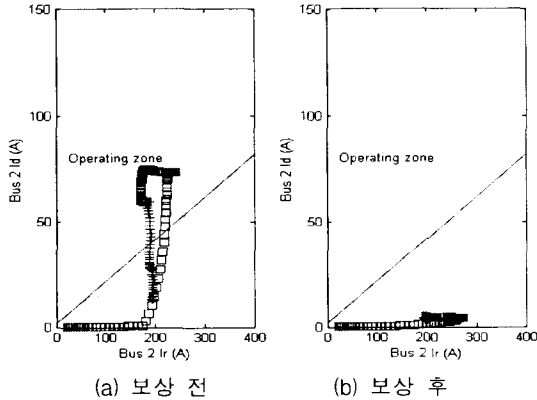


그림 5 87B2의 결과 (모선 1사고, 잔류자속 없음)
 Fig. 5 The results of 87B2 (Bus 1 fault, no remanent flux)

3.2 모선 1 A상 지락사고 (잔류자속 80%)

CT1T와 CT2T의 철심에 포화점 자속의 80%(2.377 [Vs])의 잔류자속이 존재할 때의 경우이다. 그림 6은 변류기의 2차 전류와 보상 후 전류를 보여준다. 그림 6a와 3a를 비교할 때, CT1T가 잔류자속이 없는 경우에 비하여 더 심하게 포화되었음을 알 수 있다. 하지만, 제안한 계전방식이 포화 순간의 자속을 정확하게 추정하여 변류비에 맞는 2차 전류를 추정함을 알 수 있다.

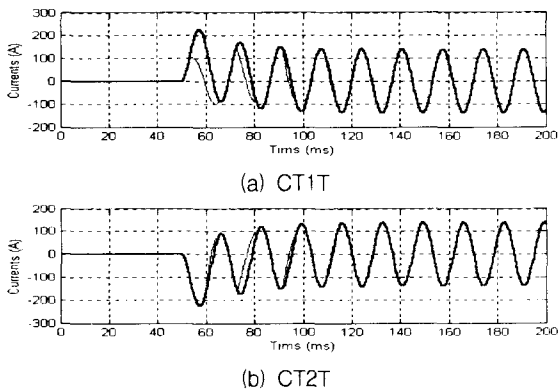


그림 6 측정된 2차 전류와 보상 후 전류 (잔류자속 80%)
 Fig. 6 The measured and compensated secondary currents (Remanent flux 80%)

그림 7, 8은 87B1과 87B2의 동작을 보여준다. 이 경우, 초기의 잔류자속은 CT1T의 경우에는 자속이 더해지는 방향이 되고, CT2T의 경우에는 자속이 감해지는 방향이 되어, CT1T는 포화가 더 심하게 되었고, CT2T는 덜 심해졌다. 그

림 7a는 그림 4a에 비하여 차동전류와 억제전류가 더 적게 나타남을 알 수 있다. 그림 7b에서 전류가 보상되어 억제전류와 차동전류가 증가하였다.

그림 8a에서는 CT2T의 포화가 덜 심해졌기 때문에 그림 5a에 비하여 차동전류가 감소하였음을 알 수 있다. 그렇지만, 변류기 포화로 인해 계전기가 동작영역 내부로 진입하였고, 보상 알고리즘을 적용한 그림 8b는 동작영역으로 접근하지 않음을 알 수 있다.

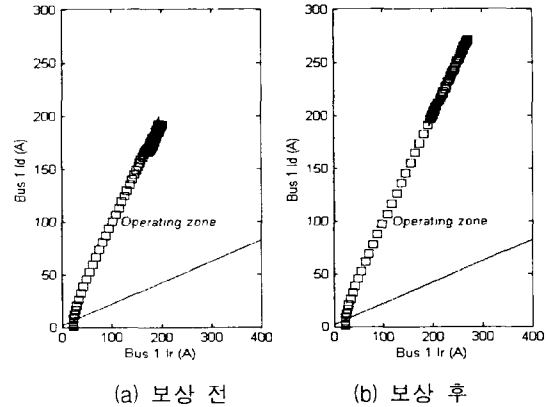


그림 7 87B1의 결과 (모선 1사고, 잔류자속 80%)
 Fig. 7 The results of 87B1 (Bus 1 fault, remanent flux 80%)

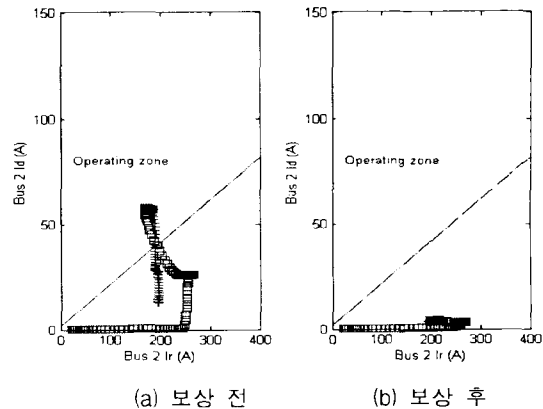


그림 8 87B2의 결과 (모선 1사고, 잔류자속 80%)
 Fig. 8 The results of 87B2 (Bus 1 fault, remanent flux 80%)

3.3 선로 2 사고 (잔류자속 0%)

잔류자속이 없는 경우에 모선과 인접한 2번 선로에서 A상 지락사고가 발생한 경우이다. 이러한 경우에는 87B1과 87B2 모두 보호영역 외부에서 발생한 사고이므로, 두 개의 계전기가 모두 동작하지 않아야 한다.

그림 9, 10은 각각 87B1과 87B2의 동작을 보여준다. 이러한 경우에 2번 선로에 설치된 변류기가 심하게 포화된다. 때문에 87B2의 동작을 나타내는 그림 10a에서 더 많은 차동전류가 발생됨을 알 수 있다. 보상 알고리즘을 적용시킨 그림 9b, 10b에서 차동전류가 발생되지 않아서 동작영역에 접근하고 있지 않음을 알 수 있다.

3.4 선로 2 사고 (잔류자속 -80%)

2번 선로에 설치된 변류기(CT2)의 철심에 포화점의 -80% (-2.377 [Vs])에 해당되는 잔류자속이 존재할 때, 모선과 인접한 2번 선로에서 A상 지락사고가 발생한 경우이다.

그림 11은 87B2의 결과를 보여준다. 보상 알고리즘을 적용시키지 않은 11a는 차동전류가 발생하여 동작영역 내부로 진입하지만 보상 알고리즘을 적용시킨 11b에서는 동작영역으로 접근하지 않음을 알 수 있다.

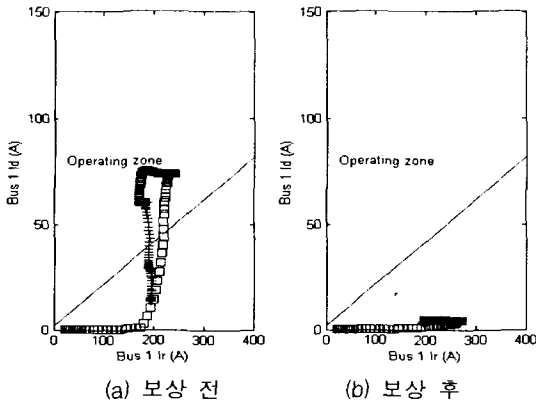


그림 9 87B1의 결과 (선로 2사고, 잔류자속 없음)
Fig. 9 The results of 87B1 (T/L 2 fault, no remanent flux)

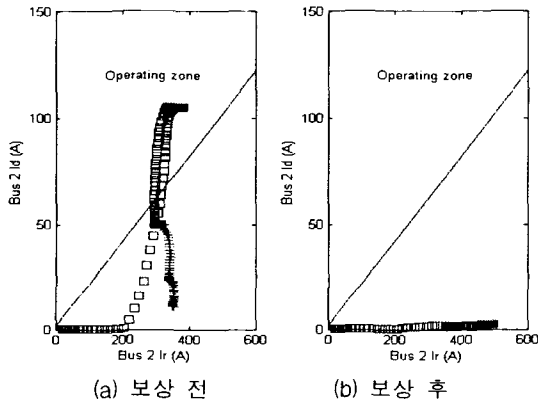


그림 10 87B2의 결과 (선로 2사고, 잔류자속 없음)
Fig. 10 The results of 87B2 (T/L 2 fault, no remanent flux)

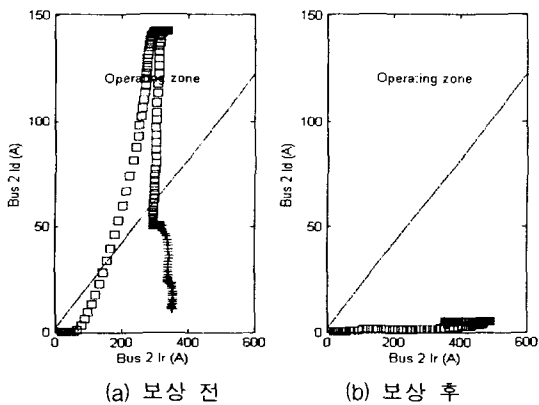


그림 11 87B2의 결과 (선로 2사고, 잔류자속 -80%)
Fig. 11 The results of 87B2(T/L 2 fault, remanent flux -80%)

4. 실시간 시험

제안한 계전방식의 성능을 실시간으로 테스트하기 위하여 그림 12와 같은 시험 시스템을 구성하였다. 그림 12와 같이 PCL727 D/A 변환기를 이용하여 EMTP에서 얻은 사고데이터를 아날로그 데이터로 변환한 뒤, 차단 주파수가 약 1920 [Hz]인 RC 저역통과 필터를 통과시킨 후 AI(analog input) 카드에 입력하였다. AI 카드에서 이를 디지털 값으로 변환하여 DSP(TMS320C6701)로 전달하고 DSP에서 주기 당 64샘플의 속도로 제안한 알고리즘을 수행하게 된다. 실시간 시험의 경우 노이즈에 의한 영향 때문에 포화 판단을 위한 식 (2)의 임계값을 결정하는데 $k = 5$ 로 하여 2차 차분의 임계값을 15.8로 사용하였다.

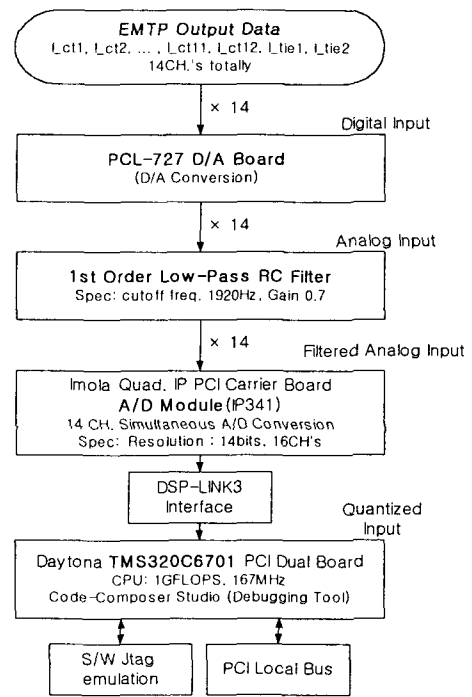


그림 12 실시간 시험 시스템
Fig. 12 A real time testing system

그림 13은 80% 잔류자속이 있을 때, 모선 1에서 사고가 발생했을 경우에 CT1T에서 측정된 전류와 보상 후 전류를 보여준다. 그림 13a에서 가는 실선은 DSP에서 받아들인 입력 전류와 보상 후 전류를 볼 수 있으며, 시뮬레이션 결과인 그림 6a와 비교해 보면, 거의 같은 결과임을 알 수 있다.

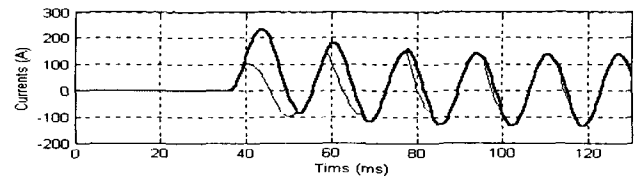


그림 13 CT1T의 전류 (모선 1사고, 잔류자속 80%)
Fig. 13 The currents of CT1T (Bus 1 fault, remanent flux 80%)

그림 14, 15는 CT1T, CT2T에 각각 0%, 80%의 잔류자속이 존재하는 경우에 모선 1에서 사고가 발생한 경우이다.

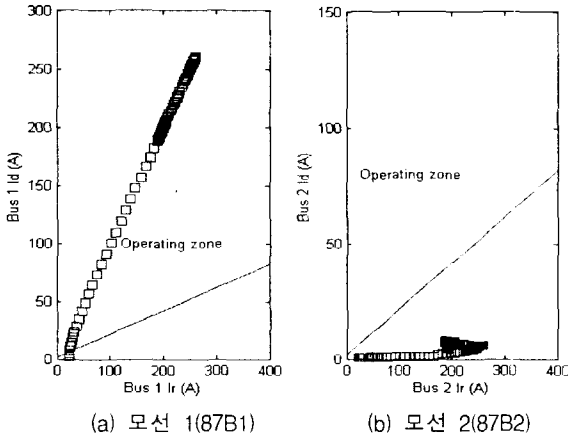


그림 14 모선 1 사고 (잔류자속 없음)
Fig. 14 Bus 1 fault (No remanent flux)

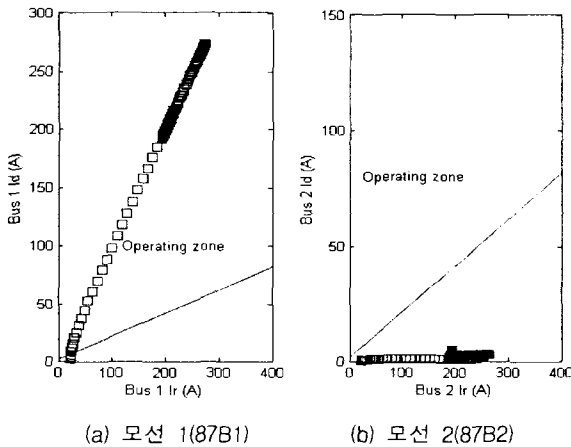


그림 15 모선 1 사고 (잔류자속 80%)
Fig. 15 Bus 1 fault (Remanent flux 80%)

그림 14를 그림 4b와 그림 5b와 비교해 보면, 하드웨어 실험의 경우가 시뮬레이션의 결과보다 오차가 다소 존재하지만 동작영역으로 진입하지 않음을 알 수 있다. 또한, 그림 15 역시 그림 7b와 그림 8b의 결과와 비교하여도 마찬가지이다.

5. 결 론

본 논문에서는 개선된 전류보상 알고리즘을 적용한 모선보호용 비율전류차동 계전방식을 제안하였다. 제안한 방식은 변류기가 처음 포화되는 순간을 판단하고, 그 순간의 자속을 추정하고, 그 다음 순간 부터는 전류로부터 자속을 계산하여 차동전류로부터 변류비에 맞는 2차 전류를 추정하는 개선된 보상 알고리즘을 사용한다. 따라서, 잔류자속에 관계없이 포화된 2차 전류를 변류비에 맞는 2차 전류로 복원하므로 변류기 포화에 대한 별도의 대책이 필요 없으며, 가변비율전류차동 계전방식에 비하여 동작영역을 확대한 계전방식이다

사례연구 결과, 잔류자속이 존재하는 경우에도 변류비에 맞는 2차 전류로 복원하여 억제전류와 차동전류를 계산하였고, 변류기 포화에 관계없이 내부 사고에는 정동작하고, 외부 사고의 경우에는 정부동작함을 보였다. 또한, TMS320C6701 DSP에 구현한 경우에도 왜곡된 전류를 보상하여 변류비에 맞는 2차 전류를 추정함으로써, 계전기의 성능을 향상시킬 수 있음을 확인하였다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부 및 한국과학기술원의 ERC 프로그램을 통한 지원으로 이루어졌으며 이에 감사를 드립니다.

참 고 문 헌

- [1] F. Andow, N. Suga, Y. Murakamy, and K. Inamura, "Microprocessor-based busbar protection relay", in IEE Fifth International Conference on Developments in Power System Protection, Mar. 1993.
- [2] A. Kumar and P. Hansen, "Digital bus-zone protection", IEEE Computer Applications in Power, Vol. 6, No. 4, Oct. 1993, pp. 29~34
- [3] M.S. Sachdev, T.S. Sidhu, H.S. Gill, "A busbar protection technique and its performance during CT saturation and CT ratio-mismatch", IEEE Trans. on PWRD, Vol. 15, No. 3, July 2000, pp. 895~901
- [4] C. Fernandez, "An Impedance-Based CT Saturation Detection Algorithm for Bus-Bar Differential Protection", IEEE Trans. on PWRD, Vol. 16, No. 4, October 2001, pp. 468~472
- [5] 강용철, 윤재성, 김동룡, "변류기 전류보상 알고리즘을 이용한 모선보호용 전류 차동계전 알고리즘", 전기학회 논문지 A, 제49권 제9호, 2000년 9월, pp. 446~450
- [6] Y. C. Kang, S. H. Ok, S. H. Kang, "A Novel CT Saturation Detecting Algorithm Unaffected by a Remanent Flux", IEEE PES 2001 SM, July 15~19, 2001, Vancouver, BC, Canada

저 자 소 개



강 용 철 (姜 龍 撤)

1964년 8월 2일생. 1991년 서울대 공대 전기공학과 졸업. 1993년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1997년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박). 현재, 전북대 공대 전자정보공학부 조교수. 차세대전력기술연구센터

Tel: 063-270-2391, Fax: 063-270-2394

E-mail : yckang@moak.chonbuk.ac.kr



강 상 희 (姜 相 熙)

1962년 8월 15일 생. 1985년 서울대 공대 전기공학과 졸업. 1987년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1993년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박). 현재 명지대 공대 전기공학과 부교수. 차세대전력기술연구센터

Tel: 031 330-6364, Fax: 031-321-0271

E-mail : shkang@mju.ac.kr



윤 재 성 (尹 在 晟)

1971년 4월 25일생. 1997년 전북대 공대 전기공학과 졸업. 1999년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2000년 3월~현재 동 대학원 전기공학과 박사과정. 차세대전력기술연구센터

Tel: 063-270-2391, Fax: 063-270-2394

E-mail : hana42@netian.com