

개선된 변류기 2차 전류 보상알고리즘을 적용한 모선보호용 비율전류차동 계전방식

강용철, 윤재성, 임의재
 전북대학교 전자정보공학부, 차세대전력기술연구센터

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

Yong-Cheol Kang, Jae-Sung Yun, Ui-Jai Lim
 Chonbuk National University, NPT Center

Abstract - This paper proposes a percentage current differential relaying algorithm for bus protection using an advanced compensation algorithm of the secondary current of CTs. A percentage current differential relaying algorithm may maloperate in case of external faults with CT saturation. Thus, it needs an additional method to cope with CT saturation. The advanced compensation algorithm is unaffected by a remanent flux. The proposed relaying algorithm does not need any additional methods for CT saturation and is unaffected by the remanent flux and has the wide operating zone of current differential relays.

1. 서 론

모선보호용으로 사용되는 계전방식은 비율전류차동 계전방식을 기본 원리로 사용하고 있다. 그런데, 변류기 포화를 수반한 외부사고의 경우 차동전류가 발생되어 내부사고로 잘못 판단할 수 있다. 때문에, 대전류 영역에서 계전기의 감도를 희생시켜 동작영역을 축소시킨 가변 비율전류차동 계전방식이 사용되고 있다. 이러한 방법은 계전기의 감도를 희생시키는데 한계가 있기 때문에 변류기 포화에 대한 완전한 대책이 될 수 없다. 그래서 가변 비율전류차동 계전방식은 변류기 포화에 대한 별도의 대책을 반드시 필요로 한다.

참고문헌 [1]에서는 변류기 포화에 대한 별도의 대책이 필요없는 변류기 2차전류 보상 알고리즘을 이용한 모선보호용 비율전류차동 계전방식을 제안하였다. 그런데, 참고문헌에서 사용된 변류기 2차전류 보상 알고리즘은 변류기 철심에 잔류자속이 존재할 경우 초기 자속을 잘못 계산하여 2차 전류를 추정하는데 문제점을 가지고 있다.

본 논문에서는 참고문헌 [1]의 이러한 문제점을 보완하여 변류기 철심의 잔류자속에 관계없이 2차 전류를 추정할 수 있는 개선된 전류보상 알고리즘이 적용된 모선보호용 비율전류차동 계전방식을 제안한다. 제안된 방식의 성능을 검증하기 위하여 EMTP를 이용하여 모선 내부와 외부의 사고를 모의하였으며, 잔류자속을 변화시키면서 계전기의 동작을 보였다.

2. 본 론

2.1 개선된 변류기 2차 전류 보상 알고리즘

참고문헌 [1]의 문제점은 철심에 잔류자속이 존재하는 경우 초기자속을 잘못 계산할 수 있다는 것이다. 이러한 문제점을 보완하기 위하여 변류기가 포화되는 순간을 찾아내어 그 순간의 자속을 포화점의 자속으로 추정하여 잔류자속이 존재하는 경우에도 제대로 자속을 추정할 수 있도록 하였다. 그림 1에서 점선으로 표시한 부분이 개선된 변류기 2차 전류 보상 알고리즘을 의미한다.

개선된 알고리즘에서 포화되는 순간을 찾기 위한 방법으로는 참고문헌 [2]의 방법을 이용한다.

참고문헌 [2]에서는 변류기가 포화순간을 찾아내기 위하여 2차 전류의 차분을 이용한다. 변류기가 포화되면 2차 전류는 연속적인 것처럼 보이지만, 2차 전류의 1차 차분은 불연속적인 값을 갖게 된다. 그리고, 2차 차분, 3차 차분에서는 이러한 결과를 더 뚜렷하게 알 수 있다. 본 논문에서는 2차 전류의 3차 차분을 이용하여 3차 차분의 값이 정해진 임계값보다 더 크면 포화가 발생한 것으로 판단하게 된다.

일반적으로 보호용으로 사용되는 변류기는 정격의 20배 이하에서는 포화되지 않도록 설계된다. 때문에 정격의 20배 크기의 2차전류가 흐르는 경우에 발생하는 3차 차분의 최대값보다 더 큰 값을 포화 판단의 임계값으로 선택하면 된다.

주기당 64샘플을 사용하는 경우, 차분을 한 번 하게 되면 정현성분의 크기가 약 1/10로 줄어들게 된다. 변류기 2차 전류 정격이 5A이므로 정격의 20배 전류에서 3차 차분의 최대값은 1.414가 된다. 본 논문에서는 1.5를 3차 차분의 임계값으로 선택하였다.

2.2 개선된 보상 알고리즘을 적용한 모선보호용 비율전류차동 계전방식

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

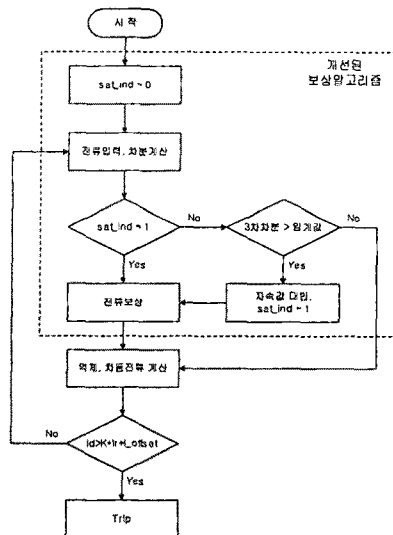


그림 1 제안된 계전방식의 흐름도

그림 1에서와 같이 비율전류차동 계전방식은 계전기에 입력된 변류기 2차 전류로부터 역계전류와 차동전류를 계산하여 식 (1)과 같은 관계가 성립하면 사고가 발

성한 것으로 판단한다.

$$I_d > kI_r + I_{offset} \quad (1)$$

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

2.3 사례연구

제한된 계전방식의 성능을 확인하기 위하여 그림2와 같이 12개의 송전선로를 통하여 여러 가지 단락용량을 가진 발전기가 연결된 이중모선 구조의 모선을 선택하여 EMTP로 모델링하였다. 전압은 154[kV]이고, 각 송전선의 길이는 50[km], 파라미터는 영상이 $R'=0.25[\Omega]$, $L'=2.7056[mH]$, $C'=0.0048[\mu F]$ 이며, 정상이 $R'=0.0345[\Omega]$, $L'=0.9815[mH]$, $C'=0.0117[\mu F]$ 이다. 변류기는 포화점이 2.971[V_s], 5.118[A]이고, 변류비가 800:5인 변류기를 선택하였으며, 히스테리시스 특성까지 모델링하기 위하여 type 96소자를 사용하였다.

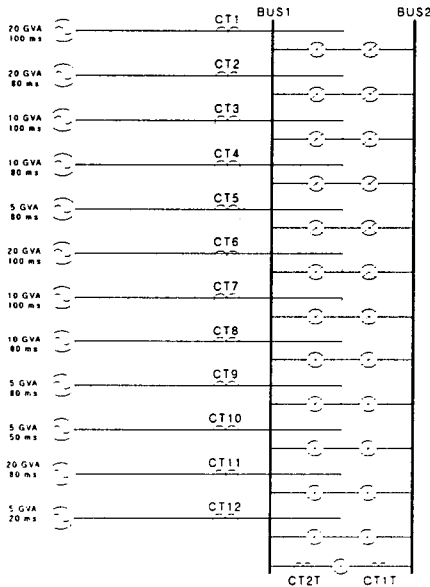


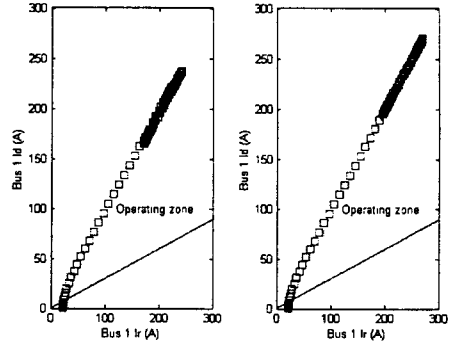
그림 2 모델계통

그림 2에서 Bus1과 Bus2를 각각 보호하기 위하여 Bus1을 담당하는 비율전류차동 계전기(87B1)와 Bus2를 담당하는 비율전류차동 계전기(87B2)가 독립적으로 동작하게 된다. 87B1은 모선 1에 연결된 선로와 CT1T의 전류를 가지고, 87B2는 모선 2에 연결된 선로와 CT2T의 전류를 가지고 억제전류와 차동전류를 계산하게 된다.

다음의 각 사례는 주기 당 64샘플이며, 모선 1에 6개(1,3,5,7,9,11), 모선 2에 6개(2,4,6,8,10,12)의 선로가 연결되어 있으며, bustie는 연결되어 있다. 그리고, 비율전류차동 계전기의 동작영역을 결정하는 k 는 0.3으로, I_{offset} 은 2.0으로 하였다. 또한, 디지털 계전기의 입력 단에 사용되는 저역통과 필터의 영향을 고려하기 위하여 차단주파수가 1920Hz이고, 차단 주파수에서 감쇠계수가 0.707, 이득이 0.1인 저역통과 필터를 2차 Butterworth 필터로 설계하여 사용하였다.

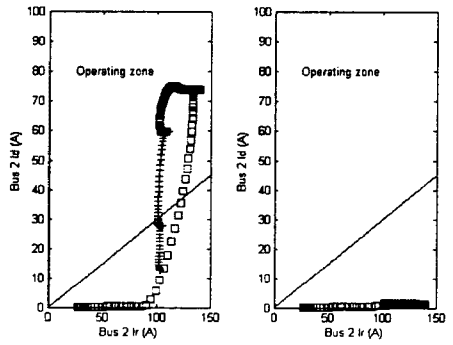
2.3.1 모선 1 사고의 경우 (잔류자속 0%)

모선 1 사고가 발생하면 Bus1을 담당하는 87B1만 동작하여야 한다. 그런데, bustie에 설치되어 있는 변류기(CT1T, CT2T)가 포화되어 87B2 계전기가 동작하게 된다. 그림 3, 4는 잔류자속이 존재하지 않는 경우 87B1, 87B2 계전기의 동작을 보상 전후로 비교하였다.



(a) 보상 전 (b) 보상 후

그림 3 모선 1 계전기 (모선1사고, 잔류자속 0%)



(a) 보상 전 (b) 보상 후

그림 4 모선 2 계전기 (모선1사고, 잔류자속 0%)

그림 3에서는 보상 전 후 모두 계전기가 동작을 하기 때문에 동작은 차이가 없지만, 전류의 크기를 보면 포화로 인하여 줄어든 전류값을 복원했기 때문에 억제전류와 차동전류의 값이 더 커진 것을 알 수 있다. 그림 4의 (a)에서 보상 전에는 변류기 포화로 인하여 발생한 차동전류 때문에 동작영역 안으로 진입하는 것을 알 수 있다. 보상 알고리즘을 적용시킨 그림 (b)에서는 동작영역으로 접근하지 않음을 알 수 있다.

2.3.2 모선 1 사고의 경우 (잔류자속 30%)

모선 1에서 발생한 동일한 사고이더라도 변류기에 잔류자속이 존재하면 포화의 정도가 달라지게 된다. 그림 5는 CT2T의 철심에 포화점의 30%에 해당되는 잔류자속(0.8913[V_s])이 존재하는 경우 87B2 계전기의 동작을 나타낸다.

그림 5에서도 그림 4와 같이 보상 알고리즘을 적용한 후에는 차동전류가 크게 감소하여 87B2 계전기가 동작영역으로 접근하지 않음을 알 수 있다.

2.3.3 모선 1 사고의 경우 (잔류자속 60%)

그림 6은 CT2T의 철심에 포화점의 60%에 해당되는 잔류자속(1.7826[V_s])이 존재하는 경우 87B2 계전기의 동작을 나타낸다.

그림 6에서도 보상 알고리즘을 적용한 후에 87B2 계전기가 동작영역으로 접근하지 않음을 알 수 있다.

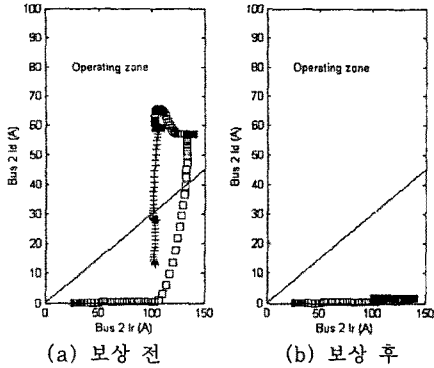


그림 5 모선 2 계전기 (모선1사고, 잔류사고 30%)

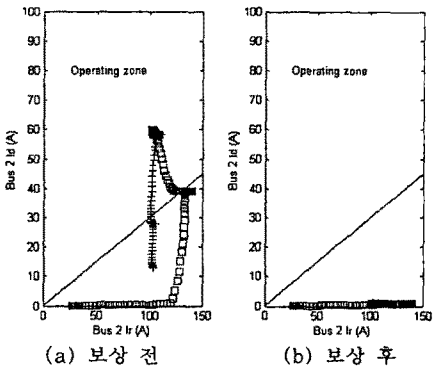


그림 6 모선 2 계전기 (모선1사고, 잔류사고 60%)

2.3.4 모선 1 사고의 경우 (잔류자속 -50%)
 그림 7은 CT2T의 철심에 포화점의 -50%에 해당하는 잔류자속(-1.4855[V_s])이 존재하는 경우이다.

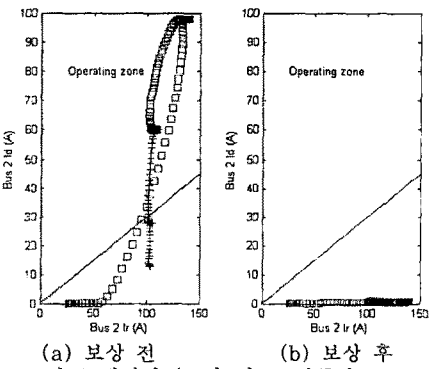


그림 7 모선 2 계전기 (모선1사고, 잔류사고 -50%)

그림 7에서도 보상 알고리즘을 적용한 후에 87B2 계전기가 동작영역으로 접근하지 않음을 알 수 있다.

2.3.5 외부사고의 경우 (잔류자속 0%)
 모선 2에 연결되어 있는 2번 선로에서 사고가 발생한 경우의 87B1 계전기의 동작을 그림 8에, 87B2 계전기의 동작을 그림 9에 보였다.
 이와 같은 경우 사고 선로를 제외한 선로에서 유입된 전류가 사고 선로로 흘러가기 때문에 2번 선로에 설치된 변류기가 bustie에 설치된 변류기보다 더 심하게 포화된다.

그림 8, 9에서 보상 알고리즘 적용 후 비울전류차동

계전기가 외부사고를 정확하게 구별하는 것을 알 수 있다.

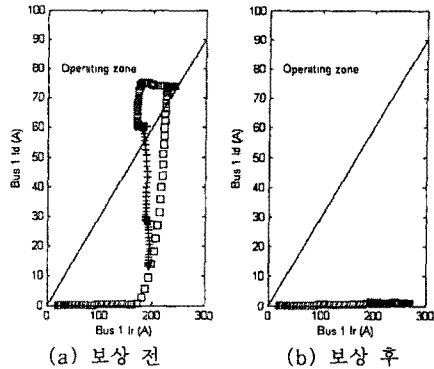


그림 8 모선 1 계전기 (외부사고, 잔류사고 0%)

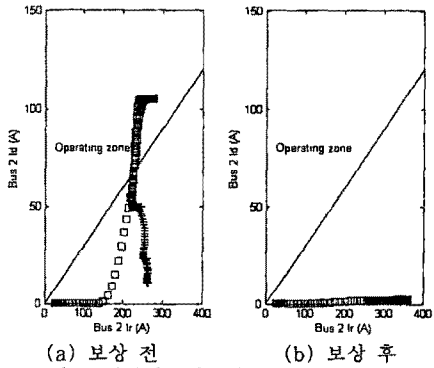


그림 9 모선 2 계전기 (외부사고, 잔류사고 0%)

3. 결 론

본 논문에서는 개선된 전류보상 알고리즘을 적용한 모선보호용 비울전류차동 계전방식을 제안하였다. 제안한 방식은 변류기 철심에 잔류자속의 존재하더라도 포화된 2차 전류를 복원하여 역제전류와 차동전류를 계산하는 방식으로 변류기 포화에 대한 별도의 대책이 필요없으며, 가변비울전류차동 계전방식에 비하여 동작영역을 확대한 계전방식이다.

사례연구를 통하여 잔류자속이 존재하는 경우에도 내부사고와 외부사고를 구별하여 계전기가 정확하게 동작하는 것을 확인하였다.

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

[참 고 문 헌]

[1] 강용철, 윤재성, 김동용, "변류기 전류보상 알고리즘을 이용한 모선보호용 전류 차동계전 알고리즘", 대한전기학회 논문지 A, 제49권 9호, 446-450, 2000년 9월
 [2] 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
 [3] 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