

80C196KC를 이용한 변압기 보호 계전기

황 용 연, 최 창 영, 강 상 희
 명지대학교 차세대전력기술연구센터

Ratio Differential Relay Using 80C196KC Microprocessor for Transformer Protection

Yong-Yeon Hwang, Chang-Young Choi, Sang-Hee Kang
 Next-generation Power Technology Center, Myongji University

Abstract - A ratio differential relay using 80C196KC microprocessor was developed in this paper. The internal faults, external faults and inrush were simulated by EMTP. The performance of developed relay was verified with software and hardware simulation.

1. 서 론

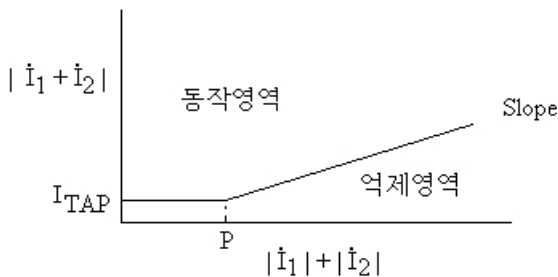
본 논문에서는 변압기 보호 계전 방식으로 가장 널리 쓰이는 비율차동계전 방식을 인텔사의 80C196KC 마이크로 컨트롤러를 사용한 디지털 형태로 구현하였다. EMTP로 변압기 내부고장, 외부고장, 여자돌입을 모의하고 모의한 데이터를 COMTRADE 형식으로 변환하여 전력계통 신포호의 장비인 DOBLE에서 출력 후 구현한 계전기의 성능을 검증하였다.

2. 본 론

2.1 변압기 보호 비율차동 계전기

변압기는 전력계통의 접속점에 설치되는 중요한 기기인 까닭에 고장이 발생했을 때 신속하게 고장을 제거하여 계통의 안전 운영을 할 필요가 있다. 그리고 이 고장들 가운데 가장 빈번히 일어나는 고장은 권선의 층간단락과 지락고장이다. 이에 대해 계전기는 내부고장을 확실하고 빠르게 검출제거하고, 외부고장나 변압기 특유의 여자돌입 현상에 대하여 오동작 하지 말아야 한다.

변압기의 내부고장을 검출하는 방식으로는 용량이 적을 경우에는 과전류 계전방식이 사용되지만 용량이 커지면 내부고장이 확실히 검출되는 차동 계전 방식이 사용된다. 차동 계전방식은 차동 계전방식과 비율차동 계전방식이 있다. CT 1, 2차측 전류 I_1 , I_2 의 차동전류(I_d)만을 계전기 동작전류로 사용하는 방법이 차동전류방식이다. 그러나 외부단락 고장 등에 따른 과대전류가 CT를 통과할 때 CT의 특성차에서 일어나는 불평형 전류는 오동작의 원인이 되는데, 비율차동 방식은 억제코일을 두어서 이러한 오동작에 대해 억제력을 발생시킨다. 그림 1에 표시된 것과 같이 차동전류는 일반적으로 CT 1, 2 차측 전류의 기본파성분의 벡터합으로, 억제전류(I_r)는 기본파의 스칼라 합으로 구성되며, 동작전류와 억제전류의 비율에 의해 계전기 동작이 결정되므로 비율차동 계전방식이라고 불리고 있다.



<그림 1> 비율차동계전 동작특성 곡선

2.2 비율차동계전기 구현

2.2.1 80C196KC 마이크로 컨트롤러

80C196KC 마이크로 컨트롤러는 인텔사의 MCS-96 시리즈로 16비트 레지스터 중심형 마이크로 컨트롤러이다. MCS-96 시리즈는 기존의 MCU에 비하여 성능이 향상되었고, 다양한 인터럽트 기능, 10비트 A/D 컨버터, 2개의 16비트 타이머를 내장하고 있다. 본 논문에서는 내장 A/D 컨버터를 이용하여 60Hz 신호를 주기당 16 샘플링했다.

2.2.2 Lowpass 필터

아날로그 신호를 A/D 변환하기 위해 샘플링 하는 경우 주파수의 1/2 이상의 주파수 성분을 가진 데이터를 샘플링하면 중첩오차가 생기기 때

문에 샘플링 주파수 960Hz의 1/2 이상을 차단하기 위해 차단주파수 480Hz, 이득 0.1의 2차 butter worth 필터를 제작하여 장착 하였다.

2.2.3 DFT를 통한 페이저 추출

CT 1, 2 차측 차동전류 및 억제전류를 계산하기 위해서는 전류의 페이저 값을 추출해야 한다. 기본파의 페이저를 구하는 DFT 수식은 다음 식(1)과 같다.

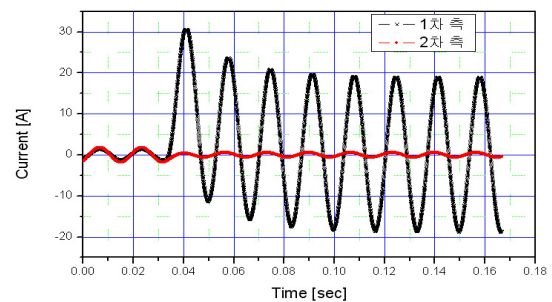
$$X_{Re} = \frac{\sqrt{2}}{N} \sum_{n=0}^{N-1} X_n \cos\left(\frac{2\pi n}{N}\right), X_{Im} = \frac{\sqrt{2}}{N} \sum_{n=0}^{N-1} X_n \sin\left(\frac{2\pi n}{N}\right) \quad (1)$$

80C196KC는 하드웨어적으로 소숫점 연산을 지원하지 않으므로 cos 및 sin은 시프트 연산의 합으로 구하였다.

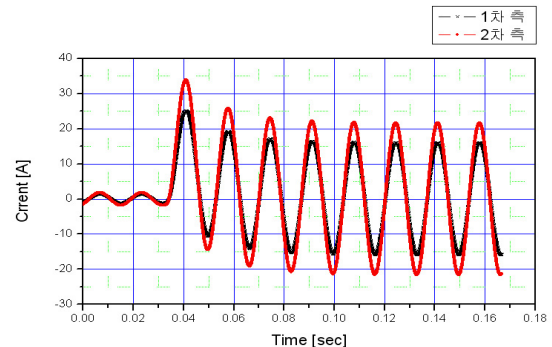
2.3 사례연구

2.3.1 EMTP를 이용한 변압기 모의

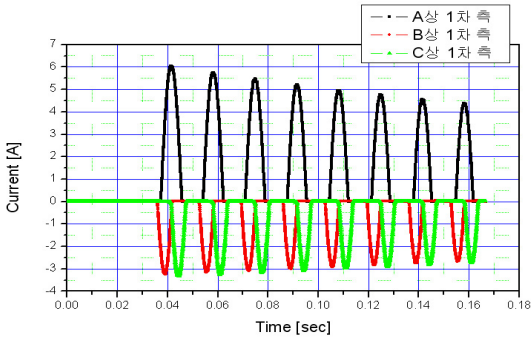
본 논문에서는 계전기 동작 검증을 위해 EMTP를 이용하여 용량 40[MVA], 154/22.9[KV] 변압기를 모델링하고, 1차측에 400/5 변류기, 2차측에 2000/5 변류기를 모델링하였으며, 변압기의 내부고장, 외부 고장, 여자돌입을 모의하였다. 그림 2는 변압기 20% 권선지락의 내부고장, 그림 3은 변압기 2차측 선로 외부고장이며, 그림 4는 변압기 여자돌입에 대한 모의 결과이다. 그림 3의 외부 고장시에도 1, 2차측 전류의 크기가 동일하지 않은 것은 변류기 미스매치(mismatch) 오차 때문이다.



<그림 2> 변압기 내부고장시 1,2차측 전류



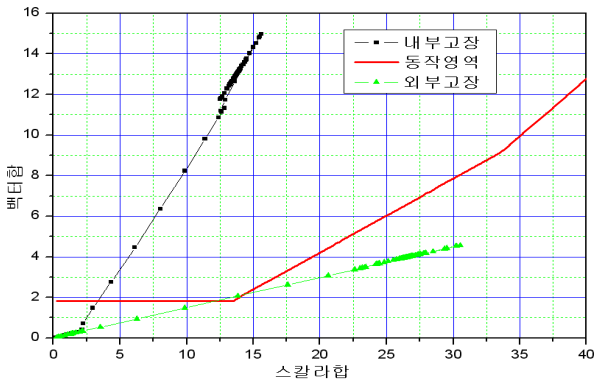
<그림 3> 변압기 외부고장시 1,2차측 전류



<그림 4> 여자돌입시 변압기 1, 2차 전류

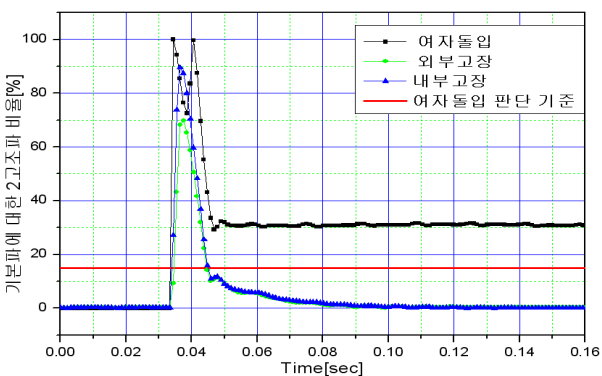
2.3.2 소프트웨어 시뮬레이션을 통한 알고리즘 검증

소프트웨어 시뮬레이션 결과는 하드웨어 시뮬레이션과 비교하여 알고리즘의 타당성을 검증할 수 있는 방법임으로 하드웨어 검증에 선행되어야 할 부분이다. 그림 5는 EMTP로 모의한 16샘플 내부고장 외부고장 모의 결과를 C 언어를 이용한 소프트웨어 시뮬레이션으로 알고리즘을 검증한 결과이다. 내부 고장시에는 제2고조파 영역에 들어가지만 외부 고장시에는 억제영역에 들어가 동작하지 않은 결과를 보였다.



<그림 5> 소프트웨어 시뮬레이션 결과

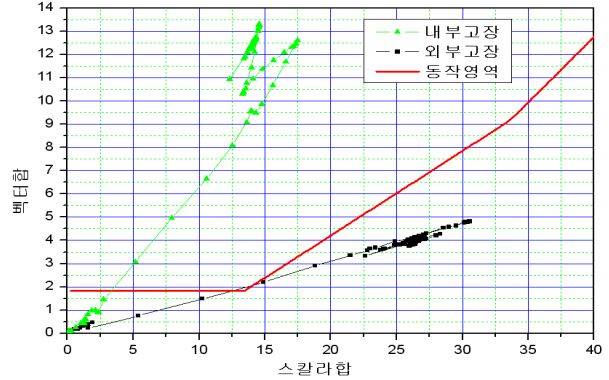
정상운전 상태에서 변압기 여자돌입 전류는 아주 적어서 문제되지 않으나 변압기를 무부하 투입하는 때나, 급격한 전압상승이 있는 경우에는 과도적인 돌입전류가 흐르는데, 그 값이 크고 감쇄시간도 비교적 길기 때문에 계전기가 오동작하는 경우가 많다. 이를 방지하기 위한 대책으로 1고조파에 대한 2고조파의 비율에 따라서 계전기의 동작여부를 결정하게 되는데, 돌입전류 중에는 제2고조파분이 비교적 많이 포함되어 있고, 내부 고장전류 중에는 제2고조파분이 적다는 특징을 이용하여 제2고조파가 기본파에 대해 일정값 이상의 비율(15%)이 된 경우에는 여자돌입이라고 판단하여 계전기가 오동작하는 것을 막을 수 있다.



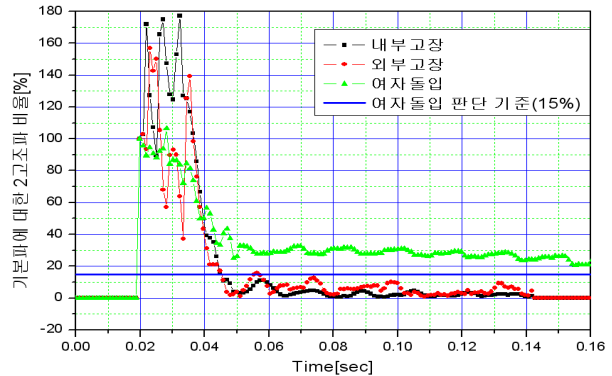
<그림 6> 소프트웨어 시뮬레이션을 통한 내부, 외부, 여자돌입시 기본파에 대한 2고조파 비율

2.3.3 하드웨어 시뮬레이션을 통한 알고리즘 검증

EMTP로 모의한 변압기 고장 및 여자돌입 데이터를 COMTRADE 형식으로 변환 후 DOBLE을 이용하여 80C196KC로 구현한 비유차동 계전기기에 아날로그 신호로 입력한다. 이 입력신호를 A/D 변환하고 어셈블리 이용한 비유차동 계전기 알고리즘의 동작을 검증하였다. 검증 결과 소프트웨어 시뮬레이션과 비교하여 다소 데이터의 정확도 차이는 있지만 내부 고장에 대해서는 고장으로 판단하였으며, 외부고장은 고장으로 판단하지 않았고, 여자돌입에 대해서는 2고조파의 비율을 이용한 동작 억제 요소로 인해 고장으로 판단되지 않음을 확인할 수 있었다.



<그림 7> 하드웨어 시뮬레이션 결과



<그림 8> 하드웨어 시뮬레이션을 통한 내부, 외부, 여자돌입시 기본파에 대한 2고조파 비율

3. 결 론

본 논문에서는 변압기 보호 비유차동 계전기를 80196KC를 이용하여 구현한 후 EMTP를 통해 모의된 변압기 고장 데이터를 이용하여 구현한 계전기의 성능을 검증하였다. 검증은 소프트웨어 시뮬레이션과 하드웨어 시뮬레이션을 비교하여 두 결과가 일치함을 통해 확인하였으나 A/D 과정이나 고장 전류에 포함된 직류 성분 등의 영향에 의해 소프트웨어 시뮬레이션 했던 결과값과는 약간의 오차가 발생하였다. 이로 인해서 계전기의 동작 여부가 크게 다르지는 않으나, 이런 오차들을 줄일 수 있는 방법을 연구한다면 좀 더 특성이 좋은 보호계전기를 제작할 수 있을 것으로 예상된다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부/한국과학재단 우수연구센터육성 사업의 지원으로 수행되었음 (차세대전력기술연구센터)

[참고 문헌]

- [1] 차영배, "Micro Controller 80196", 다다미디어, 2001
- [2] 정종진, "3권선 변압기 모델을 이용한 변압기 보호 계전기 동작영역 분석", 공학석사학위논문, 2002
- [3] 권영진, 강상희, 이승재, "DC-offset 영향을 최소화한 변압기보호 디지털 비유차동 계전알고리즘구현", 대한전기학회춘계학술대회논문집, 2000