

저압모의계통 구성을 통한 고저항지락사고 검출용 계전기의 실제동 적용성 검증

\*홍 순천, 장 병태, 유 흥준  
한국전력공사 전력연구원

Verification of High Impedance Fault Relay through Low Voltage Power System Implementation

\*Sun-Chun Hong, Byung-Tae Jang, Heung-Jun Yoo,  
Korea Electric Power Research Institute

**Abstract** - This paper describes test method through low voltage power system implementation for high impedance fault relay test before its operation in real power system. Through this test, relay tested its function and algorithm. In this paper, we will provides test method using low voltage power system and its results.

1. 서 론

전력계통 보호를 목적으로 새로이 개발된 시스템은 실제 동 적용전 충분히 그 기능이 검증되고 계통에 대한 동작의 신뢰성이 확인 되어야한다. 그러나 현실적으로 실제 동에서 신뢰성을 확인 하기 위한 각종시험을 행한다는 것은 계통운용상 비 현실적이며 이에 대한 대안으로 아나로그형이나 디지털시뮬레이터를 이용한 간접적인 방법을 사용하고 있다.[1] 그러나 이러한 방법도 실제동에서와 같은 실시간 모의가 가능하여 시험의 신뢰성 측면에서는 권장할 만한 방법이나 시스템의 가격이 비싸고, 널리 보급이 되어 있지 않는등의 문제가 있다. 실제로 우리나라에서는 대규모 계통을 모의 할만한 시뮬레이터가 없어 계전기 개발시험등에 RTDS를 이용한 단순 양계통을 모의한 개발 시험이 제한적으로 이루어 지고 있는 실정이다.[2] 본 논문에서는 고저항 지락사고에서의 계전기 응답을 확인 하기 위한 계전기 개발 시험을 통해 저압 계통 구성을 통한 계통모의법을 소개하고 실제동에서의 사고 발생시의 결과와 비교하여 시험의 유용성을 확인 하였다.

2. 본 론

2.1 고저항 지락사고의 특징

고저항 지락사고는 과전류 계전기에 의해 제거되거나 보호될 수 없는 고장으로서 보통 고저항을 가진 나무의 가지에 도체가 닿거나 도체가 파괴되어 땅과 접촉시 일어난다. 고저항 지락 사고시 아크의 전류 전압 특성은 저저항을 갖는 도선과 달리 아크는 주로 저항성 회로에서 발생되며, 아크 길이가 짧고 전류의 크기가 작은 특성이 있다[3]. 고저항 사고는 random 한 아크성질 때문에 오랜시간 지속 될 수 있다. 전류 전압의 특성은 아크 기하학과 열 전달 조건에 따라 변화되며 두 요소들은 흙의 습기 함유량에 영향을 받는다. 건조한 흙에서의 고장은 아크를 발생 시키기 위해 높은 점화전압을 필요로 한다.

그러므로 유효 공극의 길이는 습한 흙에서의 사고의 것보다 크며 일반 sin곡선에 비해 건조한 흙에서의 사고발생시 전류 파형은 더욱 왜곡된다. 아크 전압이 높아지면 높아질수록 아크 전류는 더욱 왜형되고 전류가 0에 머무는 간격은 더욱 길어지며, 흙이 습할수록 도선은 흙과 거의 접촉상태로 되어 고장전류는 정현적으로 된다. 그림 1.은 고저항 지락사고시 전류의 특성을 나타낸 것이다.

- 시험 시료 : 켈 자갈
- 시험 조건 : 자연상태 (두께 5 cm)

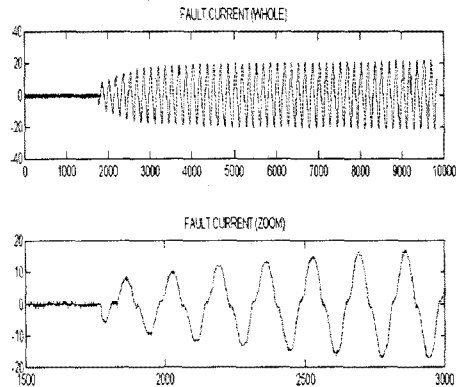


그림 1 고저항 지락사고시 전류의 특성

2.2 저압모의계통구성

개발된 시스템의 실제동 응답을 확인 하기 위한 target 계통은 그림 2.과 같고, 그림 3.은 이를 등가의 저압회로로 변환한 것이다. 지락고장시 일차측의 영향을 배제하기 위하여 380/110V Δ-Y 결선을 사용하였고 영상전류를 검출하기 위하여 변류기 내부를 관통하는 일차 도선 삼상을 10회 감아 100/1 CT를 10/1 CT로 변경 하였다.

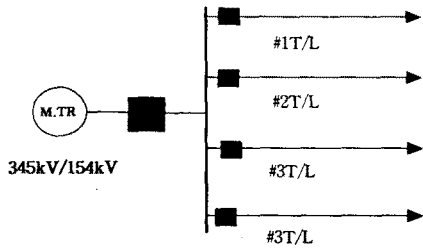


그림 2. 모의 계통반의 Model 계통

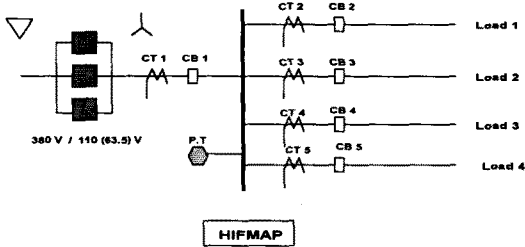
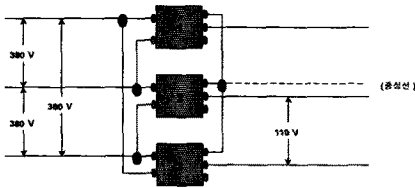


그림 3. 저압 모의 시험회로도

고저항 지락고장을 모의하기 위하여 100W 100Ω 가변저항 2개를 병렬로 사용하였으며 아크지락을 모의하기 위해 대용량 다이오드 2개와 DC 전압을 사용 하였다. 또한, 고저항 지락고장 선로 영상전류 검출로 HIFMAP 동작시 해당 선로 차단지령 및 M.tr 2차중합 차단기 Blocking 신호를 확인하기 위하여 홀딩회로를 플립플롭 회로, LED 를 이용하여 구성 하였다.



\* 주원저항 의뢰  
변압기(단상) 3 대 → 380 V (1차) 63.5 V (2차) 110 V

그림 4 3상 Δ-Y 변압기 결선도

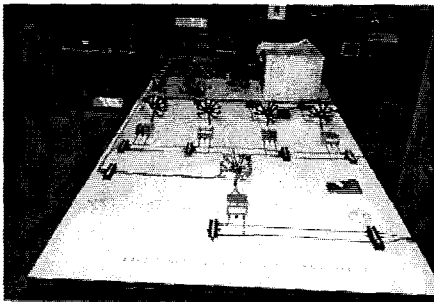


그림 5. 저압모의 계통반 전면도

### 2.3 고저항 지락검출계전기

시험에 사용된 고저항 지락사고 검출용 계전기는 target system의 각 T/L 및 M.TR의 CT 및 PT로부터 전류와 전압을 입력받고 영상전류의 합성으로부터 그 벡터 및 sclar의 크기를 비교하여 사고구간을 검출하는 방법을 사용 하였다. 그림 6.은 선로 지락사고시 동작영역 특성도이다.

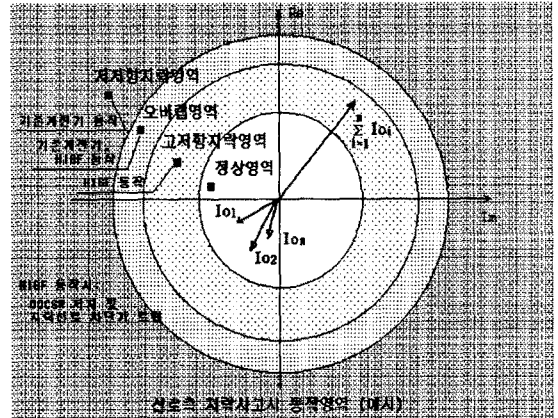


그림 6 선로지락사고시 동작영역특성

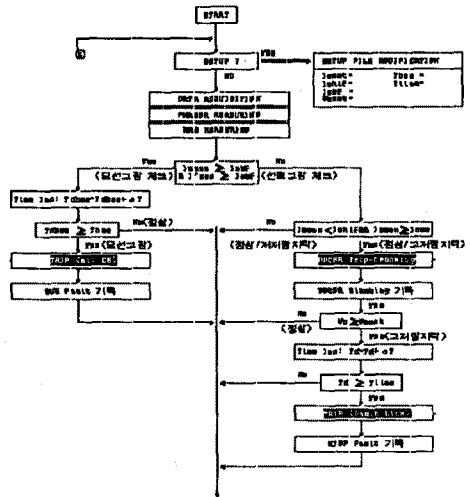


그림 7. 고저항 지락사고 검출용 계전기의 동작 알고리즘 Flow Chart

### 2.4 시험방법 및 시험결과

고저항 지락고장을 모의하기 위하여 100W 100Ω 가변저항 2개를 병렬로 사용하였으며 대용량 다이오드 2개와 DC 전압을 사용하여 아크지락을 재현 하였다. 모의 계통에서 재현된 파형은 그림 8.과 같다. 실제통에서 고저항 지락사고가 발생하면 지락전류가 미세하여 지락계전기가 이를 충분히 감지 할 수 없고, 사고전류의 크기 뿐만 아니라 영상전류의 크기도 대단히 미소하여 이를 검

출하여 정상적인 동작을 기대하기 어렵다. 본 모의 계통반에서는 이를 충분히 감안하여 실제통에서 발생 가능한 크기로 조정하여 시험의 정확성을 기하였다.

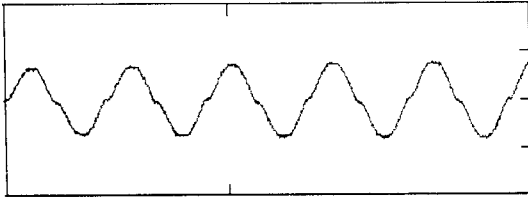


그림 8. 모의계통반에서 재현한 아크지락파형

그림 9.은 모의 계통반에서 #1T/L이 지락했을 경우의 고저항 지락사고 검출용 계전기의 동작결과 Test sheet이다. 본 실험에서 모의된 저압 계통반의 미세신호를 검출하여 보호계전 시스템이 이를 검출하여 보호구간내 고장으로 인식하여 정상적인 동작 특성을 보였다.

```

*****
* High Impedance Ground Fault Control System Analysis Report *
* ( HIGR-1982 Version 1.0 PROCON Systems *
*
*****
Time of Event : 1999/01/28 16:15:36.650
Number of Total Channels : 46 channels ( Analog 16 / Digital 30 )
Plant Name (Directory) : PROCON Systems ( PROCON )
To Line Fault Trip Current : 2 ( A )
To Line Fault Trip Voltage : 2 ( V )
To Bus Fault Current : 4 ( A )
To High Impedance Current : 20 ( A )
Bus Trip Delay Time : 10 ( ms )
Line Trip Delay Time : 10 ( ms )
Name of Trigger Mode : DOCON Blocking & Line Fault ( #1 T/L CB Trip )

Sum of Fault Current Phasor : 0 ( A )
Sum of Fault Voltage : 2.382 ( V )
Sum of Fault Current : 11 ( A )
High Impedance Fault Current : 8 ( A )

```

그림 9. 고저항 지락사고 검출용 계전기의 동작결과 Test Sheet

### 3. 결 론

본 논문에서는 새로이 개발된 고저항 지락사고 검출용 계전기의 실제통 적응성을 검증하기 위한 방법의 하나로 모의 계통반을 구성하여 아크 지락파형을 재현, 새로이 개발된 보호계전시스템의 동작특성을 시험하였다. 실계통에서 고저항 지락사고가 발생하면 지락전류가 미세하여 지락계전기가 이를 충분히 감지 할 수 없고, 사고전류의 크기 뿐만 아니라 영상전류의 크기도 대단히 미소하여 이를 검출하여 정상적인 동작을 기대하기 어렵다 [4]. 그러나, 이러한 모의계통반은 실제통에서 발생가능한 여러형태의 신호로 인위적인 조정이 가능할 뿐만 아니라 그 크기를 가변 함으로서 계전기가 Noise Level 이하로 인식하는 극한까지 조정하여 계전기의 응답특성을 검증해 볼 수 있었다.

#### [참 고 문 헌]

[1] McLaren, P.g, Kuffel, R., Wierckx,R.P, Giesbrecht, J, Arendt, L., "A real time digital simulator for testing relays" Power Delivery, IEEE

Transactions pp1207-213 ,1992

[2] Malkinson.T.J, Kuffel, R., Giesbrecht, J, Keerthipala, W, Castro, A, Fedirchuk, D., Innes, S., Mustaphi, K., Sletten, K., "On site relay relay transient testing for series compensation upgrade", Power Delivery, IEEE Transactions Val 9, pp1308-1315 ,1994

[3] M.B.Djuric,V.V.Terzija, "A New Approach to the Arcing Faults Decton for Fast Autoreclosure in Transmission Systems" IEEE Transactions on Power Delivery, Vol.10, No.4, October 1995

[4] 남순영외7명, "Wavelet변환을 이용한 배전계통의 고저항 사고의 특성분석", 춘계학술발표회 논문집, pp64-67,1997