

ZCT를 이용한 피뢰기 열화 감시 시스템 개발

박정남, 이용희, 장수형, 김필석, 신양섭, 김영근, 서정민
LG산전(주) 전력연구소

Development of Lightning Arrester Degradation Monitoring System Using ZCT

J. N. Park, Y. H. Lee, S. H. Jang, P. S. Kim, Y. S. Shin, Y. G. Kim, J. M. Seo
LG Industrial System Electrotechnology R&D Center

Abstract - The lightning arrester is a very important overvoltage protection device in the electric power system. Therefore, the inspection of lightning arrester whether it keeps its performance or not properly has close related to verifying the safety confidence of the electric power system. But the development of the deterioration measuring method and on-line detecting system, is necessary to monitor the deterioration of the lightning arrester. In this paper, we developed the lightning arrester degradation monitoring system. This system detected leakage current of lightning arrester by using the ZCT, and analyze the third harmonics ingredient of leakage current using DFT method in the Data Acquisition Unit(DAU). The analyzed current signal is transmit to the Human-Machine Interface(HMI), and HMI alarmed when accident are occurred and informed with the amplitude of leakage current to the operator.

1. 서 론

피뢰기는 이상전압이 계통에 유입되었을 때 발생하는 방전전류를 대지로 방출시키는 보호동작을 한다[1-3]. 그러나 이러한 과정에서 ZnO소자의 열화가 발생하여, 정상전압에서도 누설전류가 증가하여 전력손실이 유발되고, 계속되는 보호동작으로 인해 비선형 저항 특성을 상실하여 이상전압에서 사고를 일으키게 된다. 또한 부하 부담이 큰 선로일수록 많은 수의 부하 설비에 의해 피뢰기의 설치 개수는 상대적으로 많고, 복잡한 연계에 의해 이상전압의 발생 빈도가 증가하여 피뢰기의 보호동작 횟수도 증가하게 되었다. 따라서 피뢰기가 그 성능을 제대로 유지하고 있는가의 여부에 대한 검증은 전력계통의 신뢰성을 검증하는 것과 매우 밀접한 관계를 가진다[4-6]. 따라서 보호동작을 반복함에 따라 진행되는 피뢰기의 열화를 감시하기 위해서는 피뢰기의 열화판정 기법과 동시에 on-line으로 측정할 수 있는 system이 필수적이다. 그러나 피뢰기의 누설전류는 uA 단위의 매우 작은 값이며, 또한 피뢰기가 사용되는 현장은 매우 강한 전자기 간섭(EMC, Electro Magnetic Compatibility)의 영향이 있으므로 고가의 Sensor 및 측정회로를 준비하여야 했다[1,6-7].

본 논문에서는 ZCT(영상전류기)와 원칩차동증폭기(One-chip Differential Amplifier)를 이용하여 구성된 DAU(Data Acquisition Unit)에서 DFT method를 이용하여 누설전류의 제 3고조파 성분을 분석하였기 때문에 저가의 구성으로 높은 정밀도를 구성할 수 있었다[1,8]. 또한 분석되어진 전류 신호를 HMI로 보내어 사용자에게 현재의 피뢰기 누설전류의 크기와 함께 이상 발생시 경보를 알리는 피뢰기 열화 감시 시스템을 연구 하였다.

2. 본 론

2.1 ZCT 특성

ZCT는 수십uA의 매우 작은 전류도 측정할 수 있지만 수십uA~수mA의 전류영역에 대해서는 그 출력 결과의 선형성을 유지하기가 어렵다. 따라서 ZCT의 선형성을 개선시키는 연구를 하였고, 피뢰기에 이상 전압이 유입 되었을 때 ZCT에 미치는 영향을 알아보기 위해 단락시험을 진행하여 단락 전과 후의 결과를 비교하였다.

2.1.1 ZCT의 응답특성

ZCT는 계통에서 영상전류를 검출하기 위하여 사용되어지므로 미소 전류의 검출이 가능하다. 그러나 가격과 이용도 등의 문제로 인하여 성능 개선에 대한 연구 등은 미흡하여 출력 값의 정밀도와 선형성은 다소 불안정하다는 단점이 있다. 따라서 본 연구에서는 ZCT의 출력 저항 값을 조정하여 정밀도와 선형성 문제를 개선하였다. 그림 1은 Yokogawa의 current standard를 이용하여 ZCT 전류 측정 성능을 시험할 때의 블록도이다.

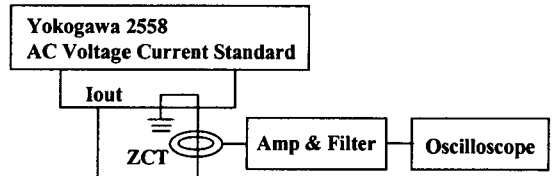
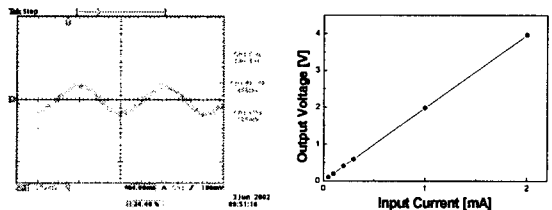


그림 1. ZCT를 이용한 전류 측정 실험 블록도



(a) ZCT를 이용하여 측정된 60Hz 50uA 전류 ZCT의 출력 결과
(b) 입력 전류에 따른 ZCT의 출력특성

그림 2의 (a)와 (b)에서 알 수 있듯이 입력되어지는 전류의 크기에 따라 ZCT에서 출력되는 값이 선형적으로 증가하는 것을 알 수 있다.

2.1.2 ZCT의 단락특성

계통에 이상전압이 유입되면 피뢰기는 방전전류를 대지로 보내게 된다. 그러나 이때 피뢰기에 설치되어 있는 ZCT도 영향을 받을 수 있다. 따라서 이상전압이 ZCT에 유입되었을 경우의 영향에 대하여 알아보기 위하여 16kA, 1.5Cycle의 전류를 인가하여 10회의 단락시험을 수행하였다. 그림 3은 단락전류 발생장치의 블록도와 단락전류의 파형을 나타낸 것이다.

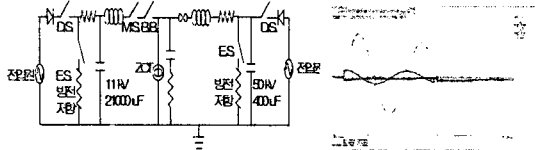
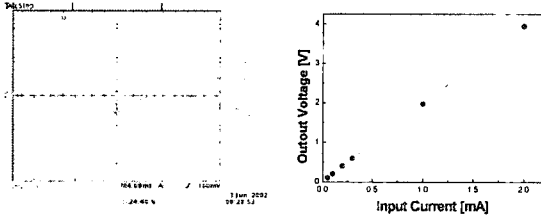


그림 3. 단락전류 발생장치 블록도 및 단락전류 파형



- (a) 단락시험 후 ZCT로 측정된 60Hz, 50uA 전류
- (b) 단락시험 후 입력 전류에 따른 ZCT의 출력 결과

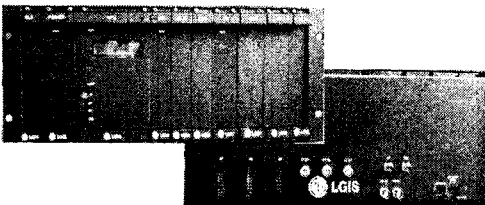
그림 4. 단락시험 후 ZCT의 출력 특성

그림 3과 4를 비교하면 알 수 있듯이 단락시험 후에도 측정값은 차이가 없었다. 따라서 출력 값에 대한 선형 특성을 개선한 ZCT는 피뢰기 누설전류를 측정하기에 적합한 전류 센서로서의 기능을 갖고 있다 할 수 있다.

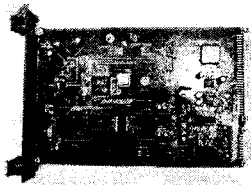
2.2 DAU에서의 피뢰기 누설전류의 분석

피뢰기의 누설전류를 측정하기 위해서는 우선 전류를 검출할 수 있는 검출소자, 검출된 신호를 증폭할 수 있는 증폭기, noise를 제거하고 저주파 신호만을 통과시킬 수 있는 filter가 필요하다. 특히 noise의 증폭을 걸러주면서 검출된 전류 신호를 높은 증폭비로 증폭시키기 위해서는 noise filtering 회로가 필수적이다. 따라서 ZCT로부터 검출된 신호를 효과적으로 검출하고 분석하기 위해서는 DAU(Data Acquisition Unit)의 연구가 필요하다.

2.2.1 DAU의 구성



(a) DAU의 전면과 후면사진



(b) LA Board 사진

그림 5. DAU의 전면과 후면, LA Board의 사진

그림 5(a)는 DAU의 전면과 후면의 사진이다. DAU는 Power Board, Main Board, Lighting Arrester(LA) Board등으로 구성된다. - 현재 개발된 DAU 피뢰기뿐만 아니라 GIS의 다른 항목에 대한 기능(온도, 압력, PD, 메카니즘 구동 상태 등)도 포함하고 있다. 그림 5(b)는 LA Board의 사진을 나타낸 것이다. LA Board에서

는 ZCT로부터 검출된 신호를 filtering하고 증폭하여 16bit A/D converter로 보낸다. 또한 TMS320VC33 고속 DSP에서는 DFT Algorithm을 이용하여 기본파와 3고조파를 분리해낸다. 그림 6에서는 DAU에서 진행되는 신호처리 과정을 나타내었다.

DAU



그림 6. DAU에서의 신호처리

2.2.2 신호처리 방식

ZCT로부터 검출되어진 신호는 매우 큰 noise를 포함하고 있다. 그러나 Op-Amp를 사용하여 증폭하면, 효과적으로 noise가 제거되지 않고 증폭되어 오히려 매우 큰 오차 값을 나타내게 된다. 원인은 Op-Amp를 사용하여 증폭회로를 구성할 때 이루어지는 인쇄회로 기판에 전자부품을 사이의 납땀이 부품에 에리 값을 동반하기 때문이다. 다음의 그림은 noise의 영향을 줄이기 위하여 제작한 회로부분이다.

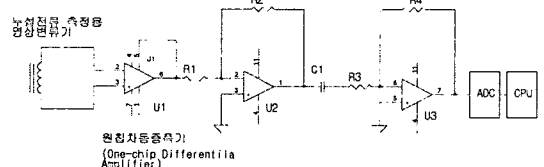


그림 7. 원칩차동증폭을 이용한 신호처리 회로

누설전류는 원칩차동증폭기 U1로 입력되어 noise filtering이 이루어지고 U2와 U3에서는 미소 신호를 증폭하게 된다. 증폭된 신호는 ADC를 거쳐 Digital 신호가 되고 CPU에서 DFT를 수행하게 된다. C1은 불필요한 직류신호를 제거하는 기능을 하며 경우에 따라서 증폭 처리 이후 Low-pass Filter(LPF)를 거치기도 한다. 1차 증폭기가 원칩차동증폭기이기 때문에 개별 부품을 사용하여 구성하는 증폭기에 비하여 관련 에리 항목이 없고 따라서 정확한 증폭이 가능하며 noise를 줄이는데 효과적이다.

2.3 HMI를 이용한 피뢰기 열화 감시

HMI(Human-Machine Interface)는 DAU로부터 받은 계측 Data를 모니터에 화면으로 Display하고, 이를 이력적으로 저장한다. 또한 취득 Data를 기반으로 측정설비에 대한 신뢰도를 평가할 수 있는 Algorithm을 수행하고 결과를 Display 하는 역할을 한다.

2.3.1 HMI Process 구성

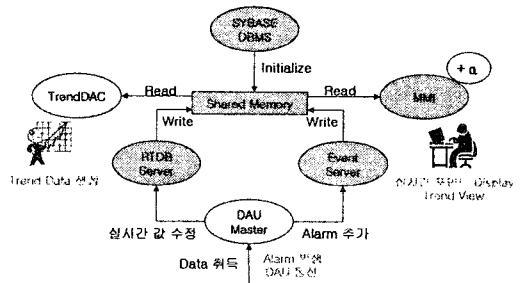


그림 8. HMI에서의 Process 구성

HMI는 계측 Data를 얻기 위해 DAU와 통신을 한다.

HMI와 DAU간의 통신은 UDP/IP 방식을 적용하고 DAU 자체 Protocol을 채택한다. 그림 8은 HMI에서 이루어지는 process의 구성을 도식화 한 것이다.

DAU에서 취득된 Data(3상의 기본파, 3고조파 누설전류 성분)를 실시간으로 사용자에게 display하며 Trend Data를 생성하여 누설전류의 변화하는 이력을 표시할 수 있게 구성이 되어있다. alarm은 피뢰기 누설전류의 3고조파 성분을 포함하는 크기에 따라 나타나며 그 기준은 표1에 나타내었다.

표1. 피뢰기 누설전류의 Alarm 기준

Data구분	설명	편집여부
HH Limit	Very High 상태 구간 값	○
H Limit	High 상태 구간 값	○
Normal	정상 상태 구간 값	○
L Limit	Low 상태 구간 값	○
LL Limit	Very Low 상태 구간 값	○
Alarm Priority	각 상태에 대한 경보 발생시 중요도	○
Scan 주기	해당 Analog Point를 Update 하는 주기	○

또한, 피뢰기의 제조 회사에 따라 열화시 검출되는 누설전류의 크기에 차이가 있으므로 각 상태의 값은 사용자가 편집할 수 있도록 구성하였다.

2.3.2 HMI의 실행 기능

다음의 그림은 C-GIS에서 메카니즘의 진단과 함께 피뢰기의 열화감시를 하고 있는 HMI가 모니터에 누설전류의 값을 display하고 있는 실행 화면을 나타낸 것이다.

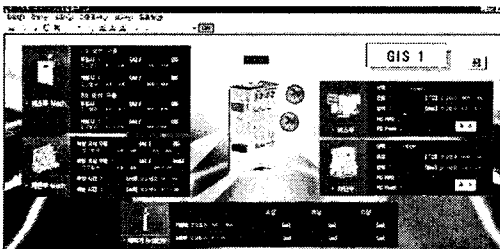


그림 9. HMI 실행 화면

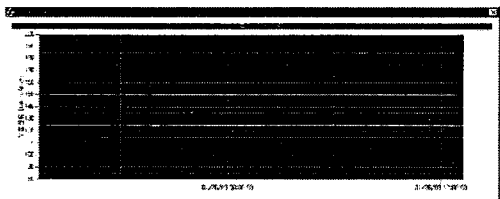


그림 10. Trend 화면

그림 9의 피뢰기 상태 감시창에서는 3상의 피뢰기에 대하여 기본파와 3고조파를 나타내고 있으며 이상치를 나타내고 있는 상에 대하여는 그 값을 붉은 색으로 나타내고 있다. 그러나 피뢰기 누설전류에 대하여 열화감시를 수행하기 위해서는 측정된 값들의 이력 기록할 필요가 있다. 그림 10에서는 측정된 누설전류의 값을 Trend View기능으로 나타내고 있는 display 실행화면을 나타내고 있다.

3. 결 론

피뢰기의 열화상태를 감시하기 위하여 누설전류의 측정과 분석 등을 연구하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- [1] 피뢰기의 누설전류를 검출하기 위하여 기존의 센서 대신 성능을 개선시킨 ZCT를 사용한 결과 uA ~ mA단위의 미소한 전류를 우수한 성능으로 측정할 수 있었으며, 비용의 절감 효과를 얻을 수 있었다.
- [2] 원칩차동증폭기를 이용한 신호처리부를 구성함으로써 noise를 효과적으로 제거하였고 높은 비율의 증폭비를 가능하게 하였다.
- [3] DFT를 이용함으로써 적은 수의 Sampling으로도 피뢰기 누설전류에서 열화정도를 나타내는 3고조파 성분을 검출할 수 있었다.
- [4] HMI에서는 DAU에서 분석된 피뢰기의 누설전류를 실시간으로 사용자에게 display하며 Trend Data를 생성하여 누설전류의 변화 이력을 사용자가 쉽게 알 수 있도록 구성하였다.

이상의 연구 결과 ZCT와 DAU 그리고 HMI로 연계되어지는 피뢰기 열화감시 시스템을 개발할 수 있었다. 그러나 열화 감시를 보다 정확히 하기 위해서는 피뢰기의 특성 실험을 통한 열화 data 분석이 필요하다. 따라서 향후에는 다양한 피뢰기 열화시험을 통하여 피뢰기의 열화 상태를 분석하고 특히 초고압에서의 피뢰기 열화에 대한 것을 연구하여 초고압용 피뢰기 열화 감시 시스템을 연구할 예정이다.

[참 고 문 헌]

- [1] 박정남 외 4, "18kV 배전용 피뢰기의 누설전류 분석", 대한전기학회 하계학술대회 논문집, 2002
- [2] S. Shirakawa et al., "Maintenance of Surge Arrester by a Portable Leakage Current Detector", IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. 3, 1988
- [3] Hanxin Zhu, M. R. Raghuvver, "Influence of Representation Model and Voltage Harmonics on Metal Oxide Surge Arrester Diagnostics", IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. 16, No. 4, 599 603, 2001
- [4] K. P. Mardira, M. Darveniza, T. K. Saha, "Search for New Diagnostics for Metal Oxide Surge Arrester", Proceedings of the 6th International Conference on Properties and Application of Dielectric Materials, 947-950, 1999
- [5] Hiromu Yoshitama et al., "Investigation of Performance Characteristics of Surge Arresters for Distribution System by Measurement of Leakage Current", ACED, 148-150, 1991
- [6] 길경석 외 2, "뇌충격 전류에 의한 산화아연형 피뢰기 소자의 전기적 특성변화", 전기학회논문지, 48C권, 7호, 550 555, 1999
- [7] S. Tominaga, Y. Shibuya et al., "Stability and Long Term Degradation of Metal Oxide Surge Arresters", IEEE trans. on Power Apparatus and System, Vol. PAS 99, No. 4, 1548-1556, 1980
- [8] 김민수 외 5, "765kV 변전소 GIS용 피뢰기 누설전류 측정장치 개발에 대한 연구", 월간 전기기술 12월호, 104 111, 2002