

배전용 피뢰기 상태판정 기준제정에 관한 연구

정금영, 박동환, 김기홍, 이병성
 한국전력 배전처 배전기술팀, 배전운영팀, 한국전력 전력연구원 배전연구센터

A Study on the Criterion for Condition Decision of Distribution L.A

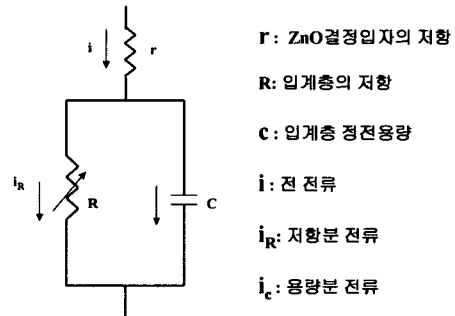
Geum-Young Jung, Dong-Hwan Park, Gi-Hong Kim, Byung-Sung Lee

Abstract - 기기의 절연파괴를 방지하기 위해 배전선로에 설치된 피뢰기가 열화되어 선로 사고를 유발하여 이를 예방하고자 운전 중인 배전선로에서 측정 가능한 피뢰기 열화진단장치의 개발이 필요하게 되었다. 본 논문에서는 피뢰기 열화와 누설전류 측정 및 피뢰기 열화진단장치의 원리를 확인하고 이 측정된 값에 대한 판정기준을 소개하기로 한다.

피뢰기 열화 지표가 되는 저항분 전류를 측정하는 방법으로는 동기 전류방식, 제 3고조파 전류검출 방식 등이 사용되고 있다. 최근 들어 저항분 전류는 전 누설전류로부터 제 3고조파 성분을 측정하여 검출할 수 있는 피뢰기의 특성을 이용한 제 3고조파 전류 검출방식이 많이 사용되고 있다.

1. 서 론

피뢰기는 전격에 의한 뇌서어지 전압을 억제하여 기기의 절연파괴를 방지하는 보완장치이다. 이러한 피뢰기가 서지전압 등 전기적 스트레스와 온도 등 환경 스트레스에 의해 열화되면 피뢰기의 폭발로 배전선로 사고원인을 제공하며 또한 전력기기의 파손을 유발하기도 한다. 따라서 열화된 피뢰기를 선로사고 이전에 검출하기 위한 장비를 개발하고 이에 대한 판정기준을 제정하여 불량 피뢰기를 적출하는 기준의 제정이 필요하다 하겠다. 따라서, 본 논문에서는 국내에서 개발된 피뢰기 누설 전류 측정장비(LCD-2000)를 이용하여 배전선로에 설치된 피뢰기의 불량유무를 검출하기 위한 판정기준을 제시하고자 한다.



- r**: ZnO결정입자의 저항
- R**: 입계층의 저항
- C**: 입계층 정전용량
- i**: 전 전류
- i_R**: 저항분 전류
- i_C**: 용량분 전류

[그림2 피뢰기 등가회로]

2. 피뢰기 열화와 누설전류 측정

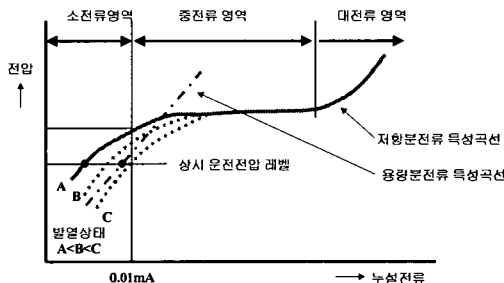
2.1 원리

피뢰기는 낙뢰 또는 개폐 Surge 등의 이상전압을 일정치 이하로 저감시켜 전기기기의 절연파괴를 방지하는 한편 방전한 후 상용주파전압(상시 계통전압)에 흐르는 속류를 신속히 차단하고 계통을 정상적인 상태로 유지시키는 기능을 가진 기기이다. 피뢰기가 열화되면 피뢰기에 흐르는 누설전류가 증가하므로 누설전류를 검출하여 피뢰기의 열화유무를 판정할 수 있다. 전 누설전류는 용량분과 저항분 누설전류로 분류 가능하며, 용량분 전류는 열화에 의하여 영향을 거의 받지 않으나 저항분 전류는 피뢰기가 열화되면 점차적으로 증가한다.

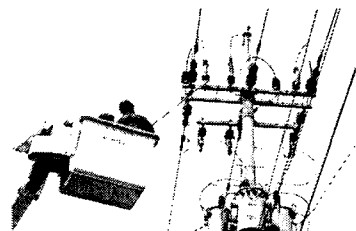
2.2 피뢰기 열화진단장치(LCD-2000)

2.2.1 개발배경

- (1) 피뢰기 열화상태 선로로 진단용 검출기 부재
 현재 피뢰기의 누설 전류를 측정하는 측정장비는 존재하나 실험실용으로만 사용되어 현장에서 사용할 수 없는 문제점이 있다.
- (2) 피뢰기 열폭주 (Thermal runaway) 사고 예방
 피뢰기의 열화는 저항분 전류를 증가 시키며 증가된 저항분 전류에 의해 열이 증가하는 열폭주 현상으로 피뢰기 폭발사고로 이어져 사전검출이 필요하다.
- (3) 누설전류 측정이 용이한 검출기 필요
 기존 검출기는 저항분 전류를 측정시 전압원과 전류원, 외부전원, 전압센서용 PT등 측정장비가 복잡하고 조작이 용이하지 않으므로 사용상 어려움이 많다.



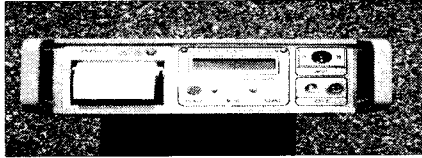
[그림1 피뢰기 누설 특성]



[그림3 피뢰기 누설전류 측정]

2.2.2 진단장치 개요

열화진단장치는 감지부(CT Clamp), 계측부, 조작봉으로 구성되며 측정원리는 전 누설전류를 측정하여 고조파 전류를 분류 제3고조파 함유비로 주상에 설치된 피뢰기의 열화상태를 활성상태에서 판단하는 장치이다. 측정방법은 조작봉에 설치된 CT 열림 스위치를 이용하여 CT를 개방한 후 피뢰기 접지선에 몰린후 CT를 완전히 닫은 후 누설전류를 측정한다. 측정결과는 LCD 화면에서 보거나 프린터로 출력할 수 있다



[그림4 진단장치 구성]

3. 열화판정 기준(안)제정

3.1 배전선로에 운전중인 피뢰기 열화 측정

- (1) 측정기간 : '04. 8 ~ 9월
- (2) 측정방법
 - 주상에 설치된 피뢰기 누설전류 측정
 - 전체누설전류와 누설전류 고조파 성분 측정
- (3) 사업소별 측정결과
 - 사업소 선정 : 최근 3년간 하자다수 발생사업소
 - 측정수량 : 총 1,120개
 - 측정결과 : 불량 1개, 주의 1개
 - 사업소별 측정결과

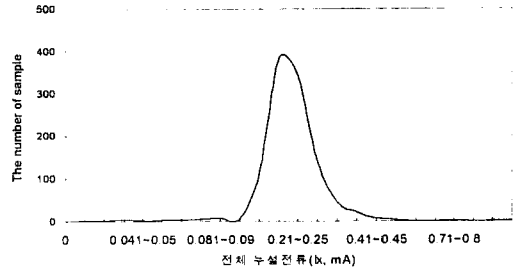
(단위 : 개)

사업소	경기	충북	충남	전북	경남	합계	점유율 (%)
측정수량	200	297	203	200	220	1,120	-
측정 결과	불량	1	-	-	-	1	0.09
	주의	1	-	-	-	1	0.09
	정상	198	297	203	200	220	99.82

○ 현장측정 데이터 분포

전체누설 전류 [mA]	0.05 미만	0.05 ~ 0.09	0.10 ~ 0.19	0.20 ~ 0.29	0.30 ~ 0.39	0.40 ~ 0.49	0.50 이상	계
시료수 [개]	8	20	419	568	90	12	3	1,120

○ 총 누설전류가 0.5mA초과분에서 '불량' 및 '주의요망' 각 1개 발생



[그림5 전체 누설전류 분포]

3.2 시료발체 시험

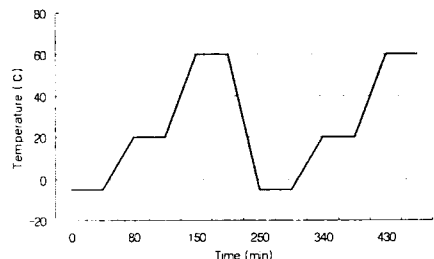
- (1) 시험주관 : 한전 전력연구원
- (2) 시료 발체
 - 현장 측정결과 주의요망 및 불량으로 측정된 시료와 정상으로 측정된 시료 중 약 10%를 임의 발체

사업소명	경기	충북	충남	전북	경남	합계
현장측정수량	200	297	203	200	220	1,120
시료발취수량	20	34	20	20	24	118

○ 경기지사 시료중 '불량' 1개, '주의요망' 1개 포함, 나머지116개는 모두 정상

(3) 발체시료 가속열화시험 시행

- 전력연구원 보유 복합환경열화 시험챔버(Chamber) 활용 가속 열화 시험 시행
- 현장 사용 환경을 고려하여 -5℃, 20℃, 60℃로 가속열화주기를 정하여 온도가 포화되는 시점에서 누설전류를 측정
- 가속열화주기



[그림6 발체시료의 검증을 위한 열화 주기]

(4) 시험 결과

- '불량' 및 '주의요망' 피뢰기 : 불량
- '정상'으로 측정된 피뢰기
 - 누설전류 0.4mA미만 시료 : 106개 정상
 - 누설전류 0.4mA이상 시료 : 6개정상, 2개 불량

3.3 결과 비교분석

- (1) 현장에서 측정된 전체누설전류값이 0.5mA이상일때 불량
- (2) 현장에서 측정된 전체누설전류값이 0.4mA미만일때 모두 정상
- (3) 현장에서 측정된 전체누설전류값이 0.4-0.49mA이고 제3고조파 누설전류값이 0.05mA미만일때 모두 정상
- (4) 현장에서 측정된 전체누설전류값이 0.4-0.49mA이고 제3고조파 누설전류값이 0.05mA이상일때 67%(3개 중 2개) 불량
- (5) 현장에서 측정된 전체 누설 전류값이 0.3-0.39mA이고

제3고조파 누설 전류값이 0.05mA 이상일때 모두 정상

4. 결 론

0 비교분석 종합표

전체 누설 전류 (mA)	제3고조파 누설전류 기준										
	0.05mA미만			0.05mA이상			계				
	현장 측정	발취 시험	정상 판정	현장 측정	발취 시험	불량 판정	현장 측정 (A)	발취 시험 (B)	정상 판정 (C)	불량 판정 (D)	불량률 (%) (D/B)
0.5 이상	-	-	-	2	2	2	2	2	-	2	100.0
0.4-0.49	8	5	5	3	3	2 ^{*)1)}	11	8	6	2	25.0
0.3-0.39	87	16	16	3	2	-	90	18	18	-	-
0.3 미만	1,015	88	88	-	-	-	1,015	88	88	-	-
계	1,110	109	109	8	7	4	1,118	116	112	4	3.4

주1) 발취시료 3개중 2개는 불량, 1개는 정상 판정으로 잠정기준(안)에서 주의로 분류

3.4 현장측정 추가 시행

한전 전력연구원에서 현장측정분과 실험실 시험결과에 대한 비교 분석시 온도와 측정시간에 따른 누설전류의 변화에 대한 현장에서의 변화추이를 확인할 필요가 있어 추가 현장측정을 시행하였다.

3.5 추가 시행 결과

- (1) 누설전류 크기는 시간대별로 수시로 변화하지만 정상피뢰기의 경우 누설전류 크기가 0.4mA를 넘지 않는 것으로 나타나 모든 불량피뢰기를 한번의 측정으로 적출하기는 어려움이 있지만 누설전류의 크기가 일정값을 초과하는 경우 불량으로 판정이 가능함
- (2) 피뢰기의 누설전류는 온도에 따라 변화하며 온도가 저하될 경우 전체 누설전류값이 대체적으로 감소하는 것으로 나타나지만 증가하는 경우도 23%를 차지하고 있어 온도에 따른 보정계수를 적용하기는 곤란

3.6 열화판정 잠정기준(안) 제정

- (1) 현장에서 측정된 자료와 발취 시험한 결과를 종합하여 피뢰기 양부 판정 잠정기준(안)을 제정
- (2) 피뢰기 상태판정 잠정기준(안)

구분	누설전류(mA)	
	전체(I_L -rms)	제3고조파(I_{3h} -rms)
불량	$I_L \geq 0.5$	
정상	$I_L < 0.4$ 이거나, $0.4 \leq I_L < 0.5$ 이고, $I_{3h} < 0.05$	
주의	불량 또는 정상 이외의 경우 ($0.4 \leq I_L < 0.5$ 이고, $I_{3h} \geq 0.05$)	

(3) 잠정기준 운영시 고려사항

- 여름에 진단하는 것이 좋으며 맑은날 오후에 측정하는 것이 효과적
- 안개 및 강우시에는 측정 오차가 클 수 있으므로 측정값을 판정기준으로 사용 곤란
- 최초 측정시 불량, 주의로 판정된 피뢰기는 오진단의 가능성을 배제하기 위하여 재측정 후 판정
- Gap형 피뢰기의 경우 전체 누설전류값이 매우 작아 LCD-2000으로 측정된 값을 판정기준으로 사용 불가
- 현장측정결과 불량으로 판정된 피뢰기는 철거하여 전력연구원에서 지속적으로 시험하고 현장측정값과 실험실 시험값을 데이터로 축적하여 향후 판정기준 제정을 위한 분석 자료로 활용

배전계통에서 운전중인 피뢰기의 열화를 측정하고 판단하기 위하여 열화측정 기구를 개발하여 현장측정과 시료를 발취하고 시험결과를 비교분석하여 판정기준(안)을 제정하였다.

피뢰기에 흐르는 미소한 누설 전류는 온도, 습도(눈, 비)등의 외부 환경 요인에 의하여 변화한다. 따라서 현장에 설치된 피뢰기의 경우 어느 한순간의 누설 전류에 의하여 피뢰기의 열화 상태를 판정하기 보다는 지속적인 검출에 의한 누설 전류 경향을 수년간 분석하여 열화 상태를 판정하는 것이 필요하다고 판단된다.

따라서 현장측정결과 '불량'으로 판정된 시료는 철거하여 전력연구원에서 시료의 검증 실험 실시 및 결과 분석을 통해 잠정기준(안)의 지속적인 검증을 통해 완전한 판정기준 제정이 가능할 것으로 사료된다.

[참 고 문 헌]

- [1] 김재철, "전력용 피뢰기의 열화진단기술", 2000. 4
- [2] 길경석, "뇌충격전류에 의한 산화아연형 피뢰기 소자의 전기적 특성과 피뢰기 열화진단 전문가 시스템", 2002. 4