

전차선로용 폴리머 피뢰기(42kV 10kA Class3)의 전기적 특성 및 누설전류 특성 평가

김석수*, 최익순*, 박춘현**, 조이곤**, 박태곤***

한국전기연구원*, 동아타이어공업(주) 절연물사업팀**, 창원대학교 전기공학과***

Evaluation of Electrical and Leakage Current Characteristics of Polymer Arrester(42kV 10kA Class3) for Railroad Line

Seok-Sou Kim*, Ike-Sun Choi*, Choon-Hyun Park**, I-Gon Cho**, Tae-Gon Park***

KERI*, DTR Electric Insulator Div**, ChangWon Uni.***

Abstract

Leakage current of the polymer arrester(42kV, 10kA, Class3) for railroad line applied actually field was observed and electrical characteristics of arrester before and after applied actually field were investigated. During applied actually field, leakage current of arresters were 610~647 μ A in AN SAN line and 500 μ A in YUNG DONG line. After applied actually field, electrical characteristics of arrester, such as insulation test, reference voltage test, leakage current test and partial discharge current test, wasn't variation as before applied actually field.

Key Words : polymer arrester(폴리머 피뢰기), actually field(실선로), reference voltage test(동작개시전압시험), leakage current test(누설전류시험), partial discharge current test(부분방전시험)

1. 서 론

25kV의 전차선로에는 회생방식 차량(PWM 방식)의 도입으로 부하 특성이 기존의 차량 방식보다 많은 변화를 나타내고 있으며, 저항제어, 위상제어, PWM 제어를 사용하는 전기차량이 한 급전구간을 동시 또는 편중되게 운행함으로써 고조파의 합성 또는 상쇄 등 다양한 부하 패턴이 나타나고 있으며 이에 따른 전압 변동이 심하다. 이와 같은 원인에 의해 보호 계전기의 오동작 유발로 차단기가 동작되고, 또한 변전기에서 발생하는 내부적 혹은 외부적 요인에 의해 오동작하면서 개폐 서지가 자주 발생하게 되었다.[1] 이러한 서지를 차단하기 위해 전차선로용 피뢰기는 중책무용 송전급 피뢰기의 특성을 요구하고 있다.

현재 전차선로용 피뢰기로 공급되는 피뢰기는 전량 수입에 의존하고 있으며, 그 종류도 다양하여

피뢰기 교체시 여러 문제점이 발생되고 있는 실정이다.

따라서 본 논문에서는 최근 국내에서 개발된 10kA(Class 3)급 ZnO 바리스터 소자[2]가 장착된 전차선로용 폴리머 피뢰기를 직접 실선로에 적용하여 누설전류 변화를 관찰하고 시사용 전, 후의 피뢰기 특성을 비교 하였다.

2. 실험

국내에서 개발된 전차선로용 폴리머 피뢰기를 안산선(산본~대야미 구간)과 영동선(법전~춘양 구간)에 각각 설치하여 누설전류의 변화를 관찰하였다. 표 2.1과 같이 시사용 전의 완제품 피뢰기에 대한 전기적 특성을 고찰하였다[3]. 시사용 후, 시사용 전과 동일한 전기적 특성을 측정하여 시사용 전·후의 특성변화를 관찰하였다.

사진 2.1과 2.2는 안산선 및 영동선에 설치된 전차선로용 피뢰기 사진이다.

표 2.1 전차선로용 폴리머 피뢰기의 완제품 시험 항목

시험 항목		시험 기준
절연저항시험		1,000MΩ 이상 (1,000V Megger)
누설 전류 시험	Ur(42kV)	측정값
	Ur×60%(25.2kV)	
	Ur×40%(16.8kV)	
동작개시전압시험 (at d.c.1mA)		53.4kV d.c 이상
부분방전시험 (at 35.3kV)		10pC 이하

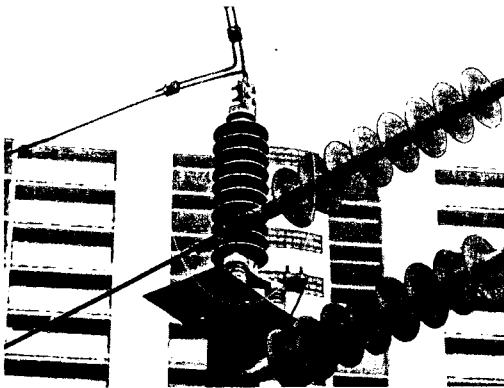


그림 2.1 안산선(산본~대야미 구간)에 설치된 전차선로용 피뢰기 사진

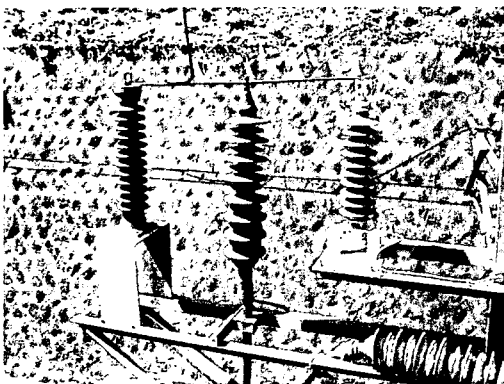


그림 2.2 영동선(법전~춘양 구간)에 설치된 전차선로용 피뢰기 사진

3. 결과 및 고찰

사진 3.1은 국내에서 개발된 전차선로용 폴리머 피뢰기(42kV, 10kA, Class3)이다. 표 3.1은 전차선로용 피뢰기로서 요구되는 주요특성을 나타낸 것이

다. 이 피뢰기는 라인 터미널(Line terminal), 어스 터미널(Earth terminal), 지지애자(Insulation base) 등으로 구성되어 있다.

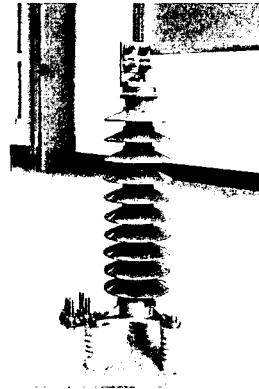


사진 3.1 전차선로용 폴리머 피뢰기

표 3.1 전차선로용 폴리머 피뢰기의 주요 특성

항 목	특 성	비 고	
정 격 전 압	42kV		
공 칭 전 압	25kV		
공칭방전전류	10kA	8/20μs	
동작개시전압	53.4kV이상	1mA D.C. 전류가 흐를 경우 피뢰기 단자전압	
최고연속운전전압 (MCOV)	34kV	정격전압의 0.8배	
피뢰기 하우징 절연내력	뇌충격내전압 (1.2/50μs)	165kV	뇌충격 보호레벨의 1.3배
	상용주파내전압	100kV	개폐충격 보호레벨의 1.06배
제한전압	뇌충격제한전압	126kV이하	8/20μs, at 10kA
	개폐충격제한전압	96.6kV이하	30/60μs, at 2kA
방전내량	대전류	100kA	4/10μs
	장시간충격전류	500A	2400μs
부분방전특성	5pC	35.7kV	

표 3.1과 같은 특성[4]을 가지는 전차선로용 폴리머 피뢰기는 안산선(이하 Sample A)과 영동선(이하 Sample B)에 시사용으로 설치되기 전에 표 2.2와 같은 시험항목에 대한 특성을 평가하였고 그 결과를 표 3.2에 나타내었다.

Sample A와 B의 절연저항은 2000MΩ이상으로 측

정되었다. 누설전류는 정격전압의 100%, 60%, 40%일 때의 전류를 각각 측정하였다. 정격전압의 60%일때가 전차선로의 정격전압(25kV)에 해당하는 것으로 Sample A와 B의 누설전류는 각각 570 μ A와 560 μ A로 나타났다. d.c 1mA일 때 Sample A와 B의 동작개시전압(바리스터 전압)은 각각 57.6kV와 57.5 kV로 나타났다. Sample A와 B의 부분방전시험은 최고연속운전전압(MCOV, 정격전압 \times 80%)에 1.05 배의 전압(35.3kV)에서 측정하였는데 1pC이하로 나타났다.

표 3.2 시사용 전 전차선로용 폴리머 피뢰기의 전기적 특성

시험 항목		시료(Sample)	
		안산선 (A)	영동선(B)
절연저항시험		2000M Ω	2000M Ω
누설 전류 시험	Ur(42kV)	1,200	1,300
	Ur \times 60%(25.2kV)	570	560
	Ur \times 40%(16.8kV)	380	380
동작개시전압시험 (at d.c.1mA)		57.6	57.5
부분방전시험 (at 35.3kV)		3pC	1pC

완제품 피뢰기에 대한 특성이 확인된 시료는 안산선(2003년 8월 30일~12월 03일)과 영동선(2003년 9월 04일~12월 05일)에 약 3개월간 시사용하였고, 시사용 기간동안 누설전류 측정기(Leakage Clamp-on Tester 300, Yokogawa)로 누설전류를 측정하였다. 측정 주기는 15일 간격으로 측정하였으며, 그 결과를 표 3.3에 나타내었다. 표 3.3에 나타난 바와 같이 시사용 중의 누설전류는 안산선의 경우 610~647 μ A, 영동선의 경우 500 μ A로 나타났으며, 피뢰기는 실선로상에서 안정적으로 동작하였다.

표 3.3 전차선로용 폴리머 피뢰기의 시사용중의 누설전류 변화

안산선(산본~대야미 구간)		영동선(법전~춘양 구간)	
측 정 일 시	누설전류 측정값	측 정 일 시	누설전류 측정값
2003년 8월 30일	637 μ A	2003년 9월 04일	500 μ A
2003년 9월 15일	640 μ A	2003년 9월 19일	500 μ A
2003년 10월 01일	645 μ A	2003년 10월 01일	500 μ A
2003년 10월 15일	640 μ A	2003년 10월 15일	500 μ A
2003년 11월 03일	647 μ A	2003년 11월 03일	500 μ A
2003년 11월 20일	641 μ A	2003년 11월 19일	500 μ A
2003년 12월 03일	610 μ A	2003년 12월 05일	501 μ A

여기서 안산선은 영동선에 비해 차량의 운행이 빈번하여 측정된 누설전류의 값이 일정하지 않았다. 이것은 빈번한 차량 운행에 의한 전압 변동에 기인한 것으로 사료된다.

시사용이 끝난 피뢰기는 철거하여 표 2.2과 같은 시험항목으로 재 측정하였고 그 결과는 표 3.4에 나타내었다. 또한 시사용 전과 후의 특성 변화를 관찰하였고 비교한 결과는 표 3.5에 나타내었다.

표 3.4 시사용 후 전차선로용 폴리머 피뢰기의 전기적 특성

시험 항목		시료(Sample)	
		안산선 (A)	영동선(B)
절연저항시험		2000M Ω	2000M Ω
누설 전류 시험	Ur(42kV)	1,110	1,110
	Ur \times 60%(25.2kV)	550	540
	Ur \times 40%(16.8kV)	370	360
동작개시전압시험 (at d.c.1mA)		57.2	56.5
부분방전시험 (at 35.3kV)		1.5pC	1pC

표 3.4 시사용 전·후 전차선로용 폴리머 피뢰기의 전기적 특성 변화율

시험 항목		시료(Sample)	
		안산선 (A)	영동선(B)
절연저항시험		0%	0%
누설 전류 시험	Ur(42kV)	-7.5%	-14.6
	Ur \times 60%(25.2kV)	-11.4%	-3.6%
	Ur \times 40%(16.8kV)	-2.6%	-5.3%
동작개시전압시험 (at d.c.1mA)		-0.7%	-1.7%
부분방전시험 (at 35.3kV)		규정값이하	규정값이하

표 3.3과 3.4에 나타낸 바와 같이 시사용 전과 후의 전기적 특성은 측정오차 범위 내의 변화율로 거의 변화가 없는 것으로 나타났다.

4. 결 론

국내에서 개발된 10kA(Class 3)급 ZnO 바리스터 소자가 장착된 전차선로용 폴리머 피뢰기를 직접 실선로에 적용하여 누설전류 변화를 관찰하고 시사용 전, 후의 피뢰기 특성을 비교하였다.

시사용 중의 누설전류는 안산선의 경우 610~647 μA , 영동선의 경우 500 μA 로 나타났으며, 피뢰기는 실선로상에서 안정적으로 동작하였다. 시사용이 끝난 피뢰기의 특성은 시사용 전의 전기적 특성과 비교시 변화가 없는 것으로 나타났다.

참고 문헌

- [1] 변전설비 보호용 피뢰기 기술 (철도청)
- [2] 김석수, 박춘현, 조이곤, 박태곤, "송전급 피뢰기용 ZnO 바리스터 소자의 전기적 특성," 한국전기전자재료학회 춘계학술대회논문집, p. 179, 2004
- [3] 한국전력공사, "전력용피뢰기," ES-153-261~283, 1998.
- [4] 한국산업규격, "갠리스형 금속산화물 피뢰기," KS C 4616, 1997