

220kV 가교절연 케이블용 PMJ(Premolded Joint) 개발

채병하, 류정현, 김영준, 이지나, 김종표, 정규동, 한봉수
일진전기(주) 전선기술연구소

Development of Premolded Joint(PMJ) for 220kV XLPE Cable

Chae ByungHa, Ryu JungHyun, Kim YoungJun, Lee JiNa, Kim JongPyo, Jung GyooDong, Han BongSoo
ILJIN Electric Co., Ltd. Cable Division R&D Labortory

Abstract - 초고압 지중송전선로에 적용되는 가교절연 케이블은 전기적 특성의 우수성과 유지보수의 용이성 때문에 확대적용되고 있다. 345kV급 지중송전선로는 장거리 계통에 적용이 되고 있으며, 이에 따라 접속재 부분의 개발이 중요하게 되었다. 현재 154kV용 PMJ는 자체 개발되어 실계통에 설치 운용되고 있다. 345kV급 PMJ 개발에 앞서 220kV급 가교절연 송전선로용 PMJ를 자체 설계 및 제조하여 세계적인 인증기관인 KEMA에서 제품의 신뢰성 인증을 받았다.

먼저 압축 슬리브를 압축한다. (5) PMJ를 이동하여 압축 슬리브의 중심부분에 안착시킨다. (6) 테이핑 처리 및 접속을 방식처리 후 마무리한다.

1. 서 론

전기적 특성의 우수성과 유지보수의 용이성 때문에, 점차적으로 가교절연 케이블은 초고압 지중송전선로 적용되고 있으며, 154kV용 장거리 송전선로에 실제적으로 적용되고 있다. 현재 적용되고 있는 접속재는 숙련된 접속기술과 장시간의 작업시간 필요라는 문제점을 가지고 있다. 반대로, 220kV용 PMJ는 부품수를 줄임으로서 접속에 있어서 위에서 언급한 면에서 많은 단점을 해결할 수 있었다. 이미 154kV급으로 중간접속재는 설치되어 사용되고 있다. 그림 1과 같은 접속 절차는 PJ에 의한 방법과 비교하면 많은 장점을 가지고 있다: (1) 하루종일 동안 진행되어야 할 연속적인 작업을 피할 수 있다. (2) 접속 시간을 줄일 수 있다(3상 조립시 7월). (3) 동합금으로 제작하던 보호관의 경우도 플라스틱 접속함을 적용하여 제조단가를 줄일 수 있다.

2. 본 론

2.1 조립식 중간접속재(PMJ) 개발 요점

실제 계통에서 30년 이상 사용할 수 있도록 각 부분의 전계값의 데이터를 기준으로 개발하였고, 표 1과 같이 IEC-62067에 만족하는 전기적 특성을 갖을 수 있도록 설계하는데 중점을 두었다. 또한 전체 길이 2000mm, 외경 400mm(접속의합 포함) 이내로 설계하여 제품의 소형화에도 중점을 두었다, 따라서 기존의 PJ 보다 작게 설계됨에 따라 전력구내에서 작업이 PJ 설치보다 좁은 작업공간에서도 보다 쉽게 작업 할 수 있으며, 일체형 타입으로 PJ 사용 시 보다 설치기간 면에서도 1~2일정도 단축할 수 있다(3상기준).

2.2 PMJ 조립 순서

220kV용으로 개발되어 KEMA에서 인증시험을 받은 조립식 중간접속재의 조립 순서는 그림 1과 같다. (1) 준비단계에서는 압축 슬리브를 연결할 도체 노출과 외도 노출을 한다. (2) PMJ 콘이 위치할 부분에 외도부분을 제거하고 절연체 다듬질을 한다. (3) PMJ를 압축하기 전에 장축 케이블에 삽입한다. (4) 케이블의 수평을 유지하

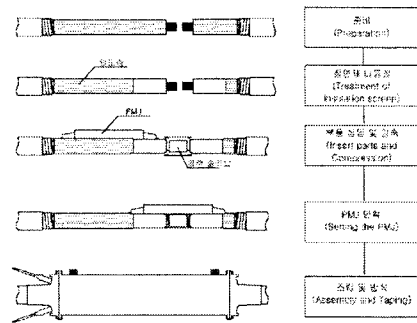


그림 1. 조립식 접속재(PMJ) 조립순서

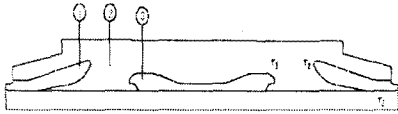
표 1. 전기적 특성(IEC-62067기준)

항목	요구사항
부분방전	<5pC(1.7U ₀)
Lightning Impulse	±1050kV, 각 10회
AC 전압	2U ₀ , (20 주기)

2.3 전계해석 및 신뢰성 평가

PMJ의 기본 구조는 그림 2와 같다. 주요 구성품으로는 케이블 외도반도전 부분과 연결되는 2개의 디플렉터, 케이블의 절연층과 연결되는 절연본체, 케이블의 도체부분과 연결되는 중앙매립전극이 있다. 신뢰성 평가를 위해 중앙매립전극과 실리콘 절연본체(τ_1), 케이블 절연층과 실리콘 절연본체(τ_2), 실리콘 절연본체와 디플렉터(τ_3)에서의 전계해석값을 바탕으로 제품 설계의 신뢰성을 확보를 위해 시뮬레이션을 하였다. 그림 3은 제품의 설계 전에 실시했던 전계형상이다.

반도전층 부위는 절연체와의 계면압력이 중요한 부분이다. 그러나 디플렉터를 압착시키는 실리콘 절연본체가 두껍지 않기 때문에 가압이 되어 발생하는 열에 의해 계면압력이 약해질 수 있다. 이를 보완하기 위해 PMJ 접속시 충분한 계면압력을 확보하기 위해 압박용 테이프를 보강한다.



번호	부품명
1	디플렉터
2	절연본체
3	중압매립전극

그림 2. PMJ의 기본 구조

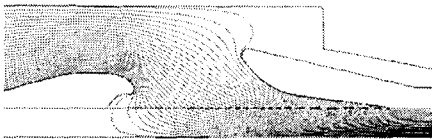


그림 3. PMJ의 전개 형상

표 2는 각 부분의 전기적 스트레스에 대한 결과 값이다. 각각의 부분에 따른 전개해석결과 값을 바탕으로 PMJ의 각 부분별 전기적 스트레스를 환산한 값이다. AC 내전압의 경우 전기적 특성 시험 전압인 256kV(2U₀)값을 최소 1.7배 이상의 여유가 있음을 알 수 있다. 또한 임펄스 시험에서도 전기적 특성 시험 전압인 1050kV 이상임을 알 수 있다. 안전율적인 측면에서 0.5~2.5배 이상의 여유를 가지고 있다. 따라서 점차적으로 안전율의 수치를 30%의 수준을 유지 하도록 계속적인 개발 및 시험이 진행될 예정이다. 이에 따라, 안전율이 목적값에 도달했을 경우 제품의 소형화는 물론 재료비 절감에도 큰 영향을 미칠 것이다.

표 2. PMJ의 전기적 스트레스 결과값

구분	해석값 (kV/mm)	예상파괴 전압(kV)	안전율 (%)	예상파괴 전압(kV)	안전율 (%)
τ_1	5.56	451	176	1151	110
τ_2	3.34	701	274	1725	164
τ_3	4.54	578	225	1429	136

자체적으로 실시한 시험 결과 AC 내전압 시험에도 아무런 이상이 없었으며, 뇌충격 내전압(Lightning Impulse test)에서도 제품에는 이상이 없었다. 그리고 뇌충격 내전압의 수준을 올려 제품의 안전율 여유값을 확인하기 위해 전압 수준을 상승하여 시험하던 중 약 1500kV에서 기중중단접속재의 파괴가 발생하여 시험을 중단하였다. 220kV용 PMJ의 파괴될 때까지 시험이 진행되지 못해 154kV용 PMJ에서 뇌충격 내전압 시험시 파괴된 사진으로 대체한다. 그림 3과 같이 설계시 예상되었던 중앙매립전극부에서 전계가 집중되어 있으며, 154kV용 PMJ의 경우 1250kV 뇌충격 뇌전압 시험에서 파괴되었고 그 결과는 그림 4와 같다. 그림 5는 KEMA에서 실행된 뇌충격 내전압 시험의 결과 그래프이다. 정극성과 부극성 모두 10회 성공하였으며, 그림에는 5회씩의 결과만 수록하였다.

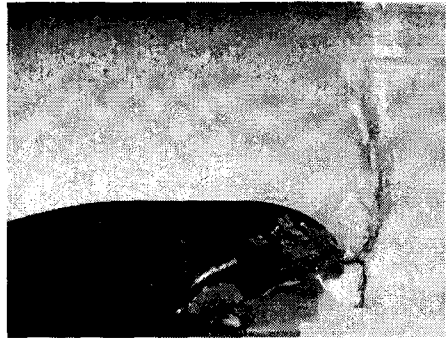


그림 4. 154kV용 PMJ 파괴지점의 트리형상

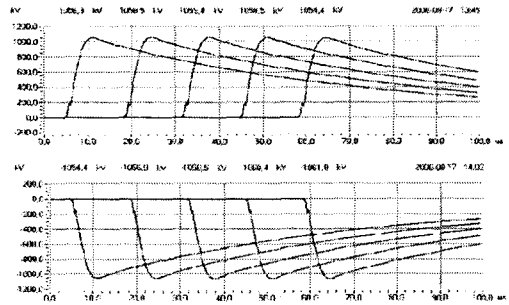


그림 5. Lightning Impulse 결과 그래프

3. 결 론

PMJ 콘의 경우 당사에서 154kV 지중송전선로 부분에서 제작 설계하여 현재 적용하고 있으며, 이를 배경으로 국내 시장의 범위를 넘어서 유럽 시장에 진출하기 위해, 154kV용 개발에서 얻은 기술력을 바탕으로 220kV용 PMJ 개발에 성공하였다. 220kV용 제품에 대한 확실한 신뢰성을 얻기 위해 세계적인 인증기관인 KEMA(네덜란드)에서 2006년 4월부터 8월까지 약 4개월 동안 모든 시험을 통과하여 제품에 대한 인증서를 취득하였다. 이번 성공을 거울삼아 앞으로 345kV용 뿐만 아니라 그 이상의 전압등급까지의 PMJ 개발이 가능하게 되었으며, 당사가 세계적인 기업으로 도약할 수 있는 발판을 마련하게 되었다.

[참 고 문 헌]

- [1] IEC62067, 2001, Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages above 150kV(U_m=170kV up to 500kV(U_m=550kV)-Test methods and requirements
- [2] Yutaka Nakanishi, Akiharu Fujimori, Sadao Fukunage, Teruyoshi Tanabe, "Development of Prefabricated Joint for 275kV XLPE Cable", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 10, No 3, July 1995
- [3] 심순보의 13명 "지중송전 케이블시스템", 한국전력공사 송변전선설치, p157~163, 2002.12
- [4] Okada M, Mashita Y, Niinobe H, "Development of Prefabricated Joint for 500kV XLPE Cable", Jicable, No 3, 1999