

필라멘트 와인딩 구조의 폴리머 피뢰기 방압특성

허창수, 김남렬, 이기택, 서유진
인하대학교

Power Relief Characteristic of Polymer Arrester by Structure of Filament Winding

Chang-su Huh, Nam-Ryul Kim, Ki-Taek Lee, Tu-Jin Suh
Inha Univ.

Abstract

기존 애자형 피뢰기의 문제점인 폭발 및 비산으로부터 보다 안전하여 최근 각광을 받고 있는 폴리머 피뢰기에서 필라멘트 와인딩을 망사형 구조로 제작하고 제작된 필라멘트에 실리콘 하우징을 단일 사출 성형한 구조로 시료를 제작하여 기밀특성 및 방압특성에 대해 검증하였다. 시험결과로 제시된 자료는 추후, 제품의 양산 및 현장 적용에 많은 도움을 줄 것으로 사료된다.

Key Word : 망사형 필라멘트 와인딩, 단일 사출 성형구조, 기밀, 방압

1. 서 론

전기는 일상생활에서뿐만 아니라 산업현장에서 없어서는 안 될 중요한 에너지원으로 전력공급의 신뢰도 향상은 불가결하게 되고 있다. 즉 장시간의 정전은 물론 뇌격에 의한 순간적인 정점 혹은 전압 저하까지도 큰 영향을 미치게 된다.

가공 배전선로에서의 전기사고의 대부분이 뇌에 기인되는 것으로 이와 같은 면에서 뇌격사고의 방지, 혹은 이의 저감이 중요한 과제로 되고 있다. 이 때문에 광범위하게 연계되어 있는 송배전 선로에 발생하는 뇌서지 과전압을 대지로 보내서 선로의 절연을 유지하는 기능이 있는 피뢰기를 송배전 선로에 설치하는 것이 가장 효과적인 뇌해 방지책이라 할 수 있다.

그러나 자기제형의 경우 뇌서지로 인한 과전압으로 기능 저하시 폭발 및 비산하여 주위 기기 및 인명사고를 야기할 수 있으므로 최근에는 폭발 및 비산으로부터 보다 안전한 방압 성능을 가진 필라멘트 와인딩 구조의 폴리머형의 피뢰기가 각광을 받고 있다.

필라멘트 와인딩용 수지는 폴리에스테르나 에폭시수지가 사용되며, 본 시제품에서는 전기적 특성

을 고려하여 에폭시수지를 사용하였다. 필라멘트 와인딩 성형기법은 수지가 함침된 연속섬유를 회전하는 심축위에 감아서 축대칭 복합재료 구조체를 제작하며, 성형은 심축(mandrel)의 회전속도와 캐리지(carriage)의 속도를 조절하여 일정한 와인딩 각도와 패턴으로 수지가 함침된 연속섬유를 심축에 감는 성형기를 이용한다. 본 연구에서의 심축은 FRP 피뢰기 unit 부분이다. 또한, 유리섬유를 감는 패턴에 따라 패러렐(parallel), 헬리칼(helical), 폴라(polar), 레벨(level)로 구분한다.

본 연구에서는 폴리머 피뢰기의 방압 성능을 좌우하는 필라멘트 와인딩 구조의 폴리머 피뢰기를 실제 제작하여 방압 특성을 검증하였다.

2. 실험

2.1 시료

본 연구를 위해 제작한 폴리머 피뢰기 방압시료의 주요구성은 내부 FRP 유니트와 하우징 사출성형으로 분류할 수 있다. 내부 FRP 유니트 구조를 그림 1에 나타내었다. 시료의 방압 특성을 모의하기 위해 일부시료에 fuse wire 설치하고 헬리칼 및 패러렐 와인딩하여 망사구조로 방압 시료를 제작하였다. 필라멘트 와인딩 패턴 및 순서도를 그

림 2 및 그림 3으로 나타내었다. 제작된 성능을 모 의하고자 fuse wire 없이 동일방법으로 제작된 시 료로 방압 시험전 시료상태를 확인하였다.

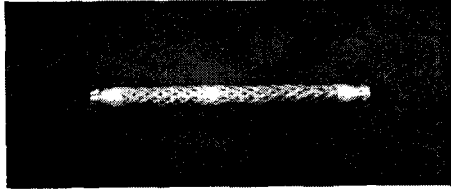


그림 1. FRP 피뢰기 UNIT 시제품.
Fig. 1. FRP Module of Polymer Arrester.

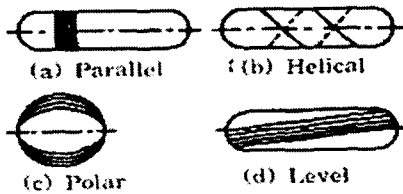


그림 2. 필라멘트 와인딩 패턴.
Fig. 2. Pattern of Filament Winding.

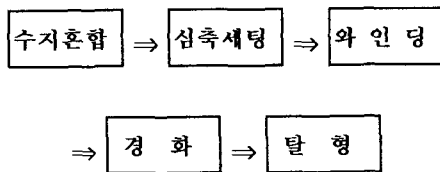


그림 3. 필라멘트 와인딩의 순서도.
Fig. 3. Flowchart of Filament Winding.

제작시 사용한 유리섬유는 E-glass fiber(AB 60엔 드), 수지로는 에폭시수지(Araldite 556), 경화제는 Araldite(HY-906), 축진제로는 DY-065를 사용하였 으며, 표 1에 에폭시 수지의 조성을 나타내었다.

표 1. 와인딩용 에폭시수지의 조성.
Table 1. Composition of Epoxyresin for Winding.

Type	Composition(pbw)
Epoxy resin(LY 556)	100
Hardener(HY 972)	90-100
Accelerator(요 063)	1-4

와인딩 unit의 경화는 120℃에서 2시간 유지시킨 후 30분 걸쳐 150℃로 승온시켜 2시간 경화하였으 며 그림 4에 경화 cycle을 나타내었다.

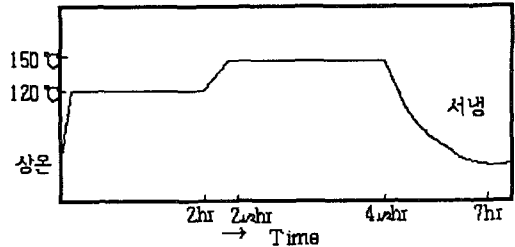


그림 4. 필라멘트 와인딩의 경화 사이클.

2.2 기밀시험

이 시료는 방압용 시료와 동일 로트로 UNIT 내 부에 fuse wire를 미설치한 상태로 피뢰기의 상태 를 파악하고자 필라멘트 와인딩된 유니트에 풀리 머 하우징을 일체형으로 사출 성형하여 제작된 시 료이며, 피뢰기 사고 원인의 대부분을 차지하는 수 분침투에 대한 기밀 특성을 확인하고자 ES 153-264~283에 따라 기밀시험 I 및 기밀시험II의 2가지 방법으로 각각 3EA에 대하여 기밀시험을 실시하였으며, 기밀시험 I 은 온도차 70℃ 이상인 냉탕 및 온탕에 15분씩 각 3회 시험하며, 기밀시험 II은 온도차 70℃ 이상인 온탕 2h, 냉탕 48h동안 담근다. 이상유무 확인 및 기밀시험 전·후 기준전 압을 측정하여 수분침투 여부를 확인하였다.

2.3 절연저항 측정

절연저항은 기밀상태를 모의할 수 있는 방법 중 하나로 널리 사용되고 있다. 그러므로 절연저항을 측정하면 수분침투에 의한 피뢰기 FRP 유니트 및 금속산화물 소자의 상태를 부분적으로 검증이 가 능하다. 시료의 절연저항은 기밀시험 I 및 기밀시 험II 전·후에 ES 153-264~283에 따라 각 3EA를 시험하여 절연저항 측정결과를 판정하였다. 절연저 항은 1000V, 1000MΩ 메가로 측정하며, 측정결과가 1000MΩ 이상인 가를 측정하였다.

2.4 기준전압 측정

시료의 기준전압은 기밀시험 I 및 기밀시험II 전·후에 IEC Publication 60099-4 및 ES 153-26 4~283에 따라 각 3EA를 시험하여 기밀시험 결과 를 판정하였다.

기준전압은 DC 내전압시험기를 사용하여 피뢰기 내부요소를 흐르는 저항분 전류파고치가 1mA일 때

의 전압이 정격전압(직류시 정격전압 × √2)의 90% 이상인가를 측정하였다.

2.5 방압시험(고장전류내력시험)

본 연구에서는 내부 금속산화물 소자의 표면을 fuse wire로 단락한 상태에서 필라멘트 와인딩하여 IEEE C 62.11에 따른 시험조건 및 표 2의 사양으로 방압 시험을 3회 실시하여 비산하지 않거나, 비산물이 일정구역내를 벗어나지 않아야 한다. 피뢰기의 신뢰성 향상에 있어서 최적 방압 성능 설계 및 검증은 매우 중요하므로 시료를 제작하여 방압 특성을 확인하였다.

표 2. 방압시험사양.

Table 2. Rating of Power Relief Test.

항 목	사 양	지속시간	비 고
-	10kA	10Cycle	2Hx1.8m 이내

3. 결과 및 고찰

3.1 절연저항

표 3과 표 4는 기밀시험 사양 및 전·후 절연저항 측정 자료를 나타낸 것이다. 절연저항의 변동이 거의 없으므로 기밀특성이 우수한 것으로 나타났다.

표에서 보듯이 본 연구 시료의 기밀특성은 매우 우수한 것으로 나타났다.

표 3. 기밀시험 I 전·후 절연저항 측정Data.

Table 3. Data of Insulation Resistance Before & After Seal Leakage I Test..

NO	사 양	절연저항		결 과
		전	후	
1	냉·온탕에 15분씩 각 3회	∞	∞	양 호
2	절연저항 - 1,000V Mega	∞	∞	양 호
3	측정시 1,000MΩ 이상일 것.	∞	∞	양 호

표 4. 기밀시험 II 전·후 절연저항 측정Data

Table 4. Data of Insulation Resistance Before & After Seal Leakage II Test.

NO	사 양	절연저항		결 과
		전	후	
1	온탕 2h, 냉탕 48h (온도차 70℃ 이상)	∞	∞	양 호
2	절연저항 - 1,000V Mega	∞	∞	양 호
3	측정시 1,000MΩ 이상일 것	∞	∞	양 호

3.2 기준전압 측정

표 5와 표 6은 기밀시험 전·후 기준전압 측정 자료를 나타낸 것이다. 기준전압은 내부 유닛 특성 확인할 수 있는 방법 중 하나로 널리 사용되고 있다.

표 5. 기밀시험 I 전·후의 기준전압 측정 Data.

Table 5. Measurement Data of Reference Voltage for Before & After of Thermal Test.

NO	사 양	냉열시험		결 과
		전	후	
1	DC 22.9kV 이상	29.4	29.5	양 호
2		30.0	30.0	양 호
3		29.7	29.8	양 호

표 6. 기밀시험 II 전·후 기준전압 측정 Data.

Table 6. Measurement Data of Reference Voltage for Before & After of Thermal Test.

NO	사 양	냉열시험		결 과
		전	후	
1	DC 22.9kV 이상	30.4	30.4	양 호
2		29.7	29.8	양 호
3		30.3	30.3	양 호

3.2 방압특성시험(고장전류내력시험)

그림 3과 그림4는 방압시험 설치도 및 시료사진이며, 표 7은 방압시험의 시험전압 및 전류를 나타낸 것이다. 방압 시험 결과 시험시료 모두 양호한 것으로 나타났다. 방압시험 평가방법으로는 피뢰기 설치된 일정구역내에 울타리를 설치하여 방압시험 시 피뢰기로부터 이탈된 비산물이 없어야 하며, 만약 비산물이 있을 경우 설치된 룡타리 안에 존재하여야 한다. 그림 5와 그림6은 방압시험 전·후 시료의 사진 및 그래프이다

필라멘트 와인딩을 망사구조로 하였을 때 일정이

상의 압력이 발생하면 망사 흡으로 미리 압력을 배출하여 압력을 완화함으로써 커다란 폭발 및 비산의 위험성을 상당히 줄이는 효과를 얻었다.

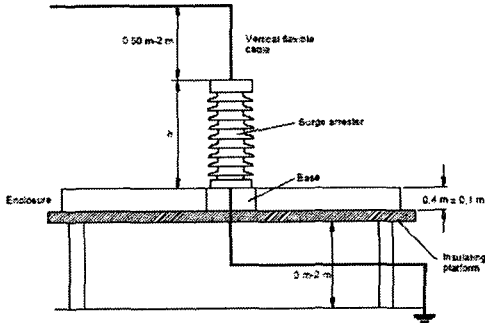


그림 3. 방압 시험 설치도.
Fig. 3. Installation for Power Relief.

표 7. 방압특성 시험 결과.

Table 7. Result of Power Relief Test.

시 료	시험전압 (60Hz, kV)	시험전류 (kA)	지속시간 (Cycles)
1	15.3	10.1	10.6
2	15.3	10.1	10.6
3	15.3	10.1	10.6

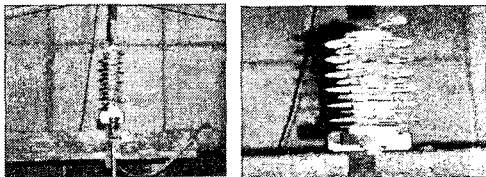


그림 3. 방압 시험 설치도.
Fig. 3. Installation for Power Relief.

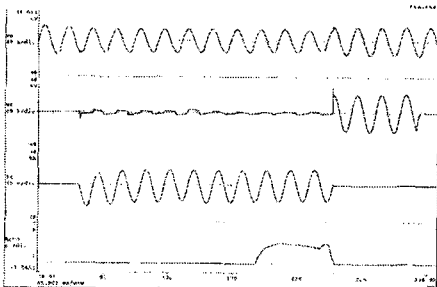


그림 6. 방압시험 그래프.

4. 결론

본 연구는 “필라멘트 와인딩 공정에 의한 폴리머 피뢰기의 방압설계기술”을 위한 것으로 다음의 결론을 얻었다.

기존 피뢰기의 대부분은 자기(Porcelain)로 쳐서 지로 내부에 온도가 상승하게 되면 외부공기가 유입 됨에 따라 금속산화물소자(ZnO)의 열화를 가져오는 수분 등의 오손물질이 침투할 수 있으며, 구조상 옥 외 환경조건에서의 습기 침투에 의해 ZnO 소자가 열 화되어 사고를 유발시킬 뿐만 아니라, 고장 전류에 의해 내부압력이 상승한 경우 비산할 위험적인 요소를 내포하고 있다.

따라서, 본 연구에서는 폴리머 피뢰기에 있어서 내부 유닛의 필라멘트 와인딩에 의한 성능을 확인하기 위해 고장전류 유입시의 성능을 확인하기 위한 방압시험을 실시하여 비산이 없는 구조에 대한 필라멘트 와인딩 패턴 및 두께에 대한 자료를 얻었다.

참고 문헌

- [1] 한국전기연구원, 필라멘트 와인딩 공정에 의한 폴리머 피뢰기의 방압설계기술,중원전기공업(주) 지원 기술개발보고서
- [2] H. M. Schneider, J. h. Hall, G. karady, Rendowden, "Nonceramic insulator for Transmission Linrs", IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. 4, No. 4, 1989.
- [3] R.s.Gorur, "Electrical Performance of Polymer Housed Zinc Oxide Arrester Under Contaminated Condiyions" IEEE PWRD, July, 1990