

GIS용 FRP 절연로드 신뢰성시험

김정배, 양대일, 진상용, 송원표, 허종철, 박태곤, 고희석¹, 최인혁²
 주식회사 효성, 한국전기연구원, 창원대학교, 경남대학교, 전력연구원³

Reliability of FRP Insulated Rod for GIS(Gas Insulated Switchgear)

J.B.Kim, D.I.Yang, S.Y.Jin, W.P.Song, J.C.Heo, T.G.Park, H.S.Ko, I.H.Choi³
 Hyosung Corporation, KERI, Changwon University, Kyungnam University, KEPRI³

Abstract - 수입외자재에 의존하고 있는 GIS(Gas Insulated Switchgear)용 FRP 절연로드의 전기적, 기계적 신뢰성시험에 대하여 언급하고자하며, 본 논문에서 기술된 신뢰성시험을 통하여 제품특성을 재확인하였으며 최소 GIS의 수명과 동일함을 확인, 파악함으로써 국산화 개발을 실현하였다.

1. 서 론

변전기기중 하나인 가스절연개폐장치(Gas Insulated Switchgear)용으로 사용되고있는 FRP 절연로드에 대한 국내에서의 연구개발이 활발하게 진행되고있으며, 그 설계기술 및 제작기술 또한 최근들어 신뢰성이 향상되고 있다. 그러나, 산발적으로 발생되고 있는 FRP 절연로드의 불량으로인해 초고압변전소에서의 전력공급이 차질을 빚게됨으로써 업체로서는 크나큰 손실을 초래할 우려가 높은 것이 사실이다. 이러한 불량요소의 내재여부를 설계단계나 제작단계에서 검증하기란 쉬운 일이 아니다. 당사에서는 FRP 절연로드에 대하여 일반적인 성능시험이 아닌 신뢰성 측면에서 접근하여 제품이 설계상 또는 제작상 발행할 수 있는 에러를 최대한 검증하고자 하였다.

상기와같은 취지에서 본 논문에서는 FRP 절연로드에 대한 제품품질을 검증하는 방법에 대한 전반적인 내용을 언급하고, 구체적으로는 재료의 기본특성시험과 품질의 장기적인 신뢰성시험 즉 F-t 특성시험 및 V-n 특성시험, V-t 특성시험에 대하여 국산품과 수입품의 특성을 파악하여 장기적인 수명을 예측하고 국산화가능성을 확인한 내용에 대하여 구체적인 시험방법과 시험결과, 시험결과를 통한 수명예측에 대하여 기술하고자 한다.

2. 본 론

2.1 피시험 형상 및 기본설계

당사의 제품형상은 크게 나누어 각형과 봉형의 두가지 타입으로 설계되어져 있으며, 형상에 대한 기본설계는 전기적 특성에 대하여서는 전계해석을 통하여 검증하고 있고, 기계적특성에 대하여서는 기계적 내구성시험으로

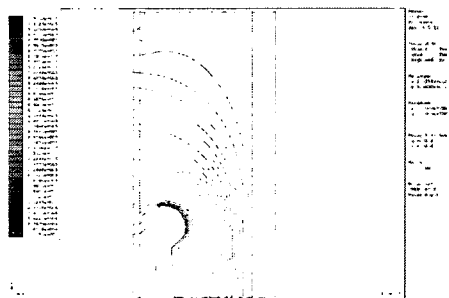


그림 1. Maxwell 2D 전계해석 결과

대신하고 있다.

전계해석은 그림1.과같이 해석전용 Tool(Maxwell 2D,3D)을 이용하여 당사 절연내력기준치를 만족하는지를 검토하였으며, 내구성시험은 차단기 연속개폐횟수인 10,000회 연속개폐시험을 통하여 검증하였다.

차단기용 절연로드의 형상은 당사의 경우 실제 차단기 타부품에 비하여 크게 영향을 미치지 않는다고 생각되며, 오히려 형상보다는 기계적내구성이나 절연로드의 외면코팅부분이 더욱더 중요한 부분이라 판단된다.

2.2 제품특성시험

제품특성시험은 FRP 절연로드의 단품에 대하여 실시한 것으로써 전기적/기계적 성능에 대하여 표1.과같은 내용으로 진행하였다.

시험항목		시험사양 및 조건	시험결과
1. 외관 및 치수검사		구매부품규격에 준함	양호
2. 냉열시험		-30±5℃ ~ 105±5℃ 10Cycle	"
기계적 특성	3. 인장강도 내하중 및 파단강도시험	-	참고치
	4. 굽힘강도 내하중시험	515kgf 이상	양호
전기적 특성	5. 상용주파 내전압시험	325kV _{ms} , 1분간	"
	6. 뇌임펄스 내전압시험	LI ±750kV _p , 각 15회	"

표 1. 단품 특성시험

전기적특성시험에서 상용주파내전압시험결과는 정격기준 110%의 여유를, 뇌임펄스내전압시험결과는 120%의 여유를 확보하고 있는 것으로 나타났다. 물론 제품의 냉열시험을 실시한 제품으로 실시하여 온도변화에 따른 절연내력과의 관계를 검증하기위해 후속시험을 하기의 시험장면과 같이 실시하였다.

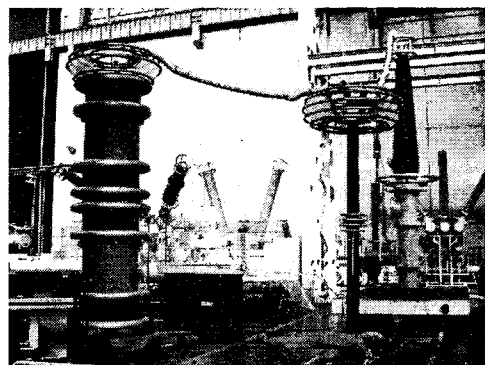


그림 2. 상용주파내전압시험

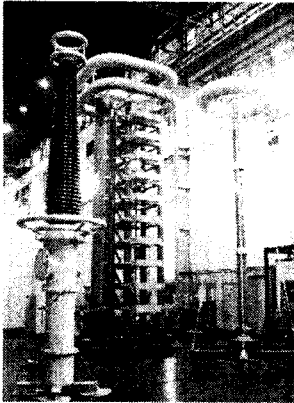


그림 3. 크리프시험기

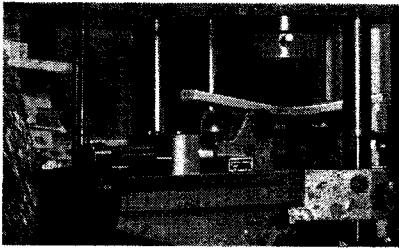


그림 4. 압축시험기

기계적특성시험에서 압축시험기시험결과는 기준치대비 150%이상의 여유를 가지고 있으며, 인장강도시험은 참고치로 실시하였고 인장강도에 대해서는 연속개체 내구성시험으로 별도로 검증하고있다.

2.3 장기신뢰성시험

제품에 대한 기본적인 특성시험에서는 확인불가능한 상기수명에 대한 신뢰성에 대하여 하기과같은 내용으로 검증하였다.

열연화에 따른 기계적특성을 검증하기위한 F-t 특성시험과 상용주파내전압-시간에 따른 장시간영역계수를 확인하는 V-t 특성시험, 임펄스-횡수와의 관계에 따른 V-n 특성시험을 실시하였으며, 본 시험들을 통해 제품 및 재료의 상기수명 및 신뢰성을 확인할 수 있었다.

2.3.1 F-t 특성시험

F-t 특성시험은 하중-수명의 관계를 검증하기 위해 양호한 일반시편과 열연화품에 대하여 기계적 특성시험을 통해 열연화에 따른 기계적 특성변화를 확인하기 위한 시험이다. 시편은 동일 Lot에서 발취하여 비열화품과 열연화품으로 구분하였으며, 열연화품은 일정한 온도의 시간동안 열화시킨후 기계적 특성시험(인장강도 시험, 압축강도시험)을 실시하여 비열화품의 기계적 특성시험의 결과와 비교하여 열화의 정도를 확인하였으며, 그 결과에 대하여 그림 5와 그림 6 및 그림 7에서 보여 주고 있다.

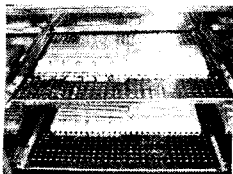


그림 5. 열연화품 오븐 및 열연화후 시편형상

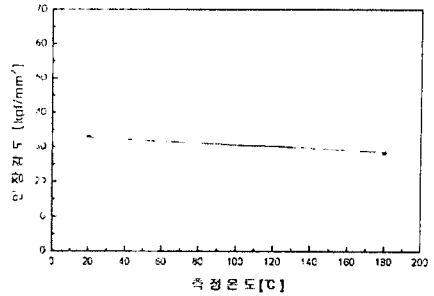


그림 6. 열연화품 인장강도 시험결과

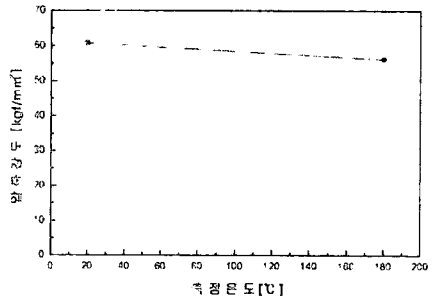


그림 7. 열연화품 압축강도 시험결과

2.3.2 V-t 특성시험

V-t 특성시험은 상용주파내전압-인가시간과의 관계를 통해 장기신뢰성을 확인하고자하는 시험으로, 시험방법은 시편에 대한 AC과파전압을 측정후, 측정된 과파전압값의 90% 전압을 인가해서 F.O가 발생될 때까지의 시간을 측정하며, 계속해서 10%씩 전압을 내리면서 전연과파시간이 수천시간이 되는 전압까지 실시한다. 본 시험은 시험방법상에서 발생할 수 있는 변수가 많으므로 특별히 유의하여 변수가 최대한 줄어들 수 있는 적절한 시험방법을 찾아 실시하여야만 신뢰성있는 결과를 얻을 수 있다. 당사에서 실시한 시험 Layout과 그 결과를 그림 8. 과 그림 9.에서 나타내고 있다.

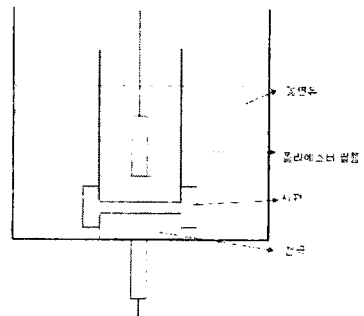


그림 8. V-t 특성시험 Layout

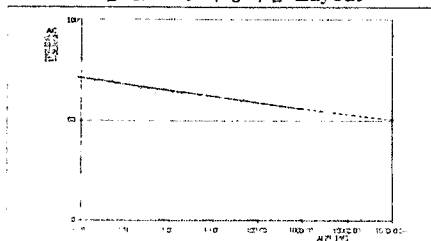


그림 9. V-t 특성시험 결과

2.3.3 V-n 특성시험

V-n 특성시험은 뇌임펄스내전압-인가회수와와의 관계를 통해 장기신뢰성을 확인하고자하는 시험으로, 시험방법은 시편에 뇌임펄스파괴전압을 측정후, 측정된 파괴전압값의 90% 전압을 인가해서 F.O가 발생될 때까지의 회수를 측정하며, 계속해서 10%씩 전압을 내리면서 절연파괴회수가 약 천 회 정도 되는 전압까지 실시하며 이때 극성은 정/부극성에 대하여 각각 실시한다.당사에서 실시한 시험 Layout과 그 결과를 그림 10.과 그림 11., 그림 12.에 나타내고 있다.

야만 성능에 대한 확신을 가질 수 있으리라 판단되어진다.

[참고 문헌]

[1] Hitachi Review Vol. 22, No. 12



그림 10. V-n 특성시험 Layout

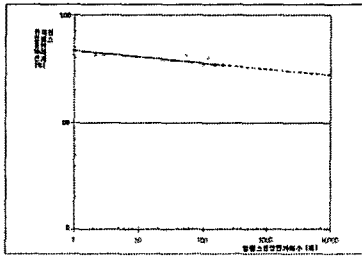


그림 11. V-t 특성시험(정극성) 결과

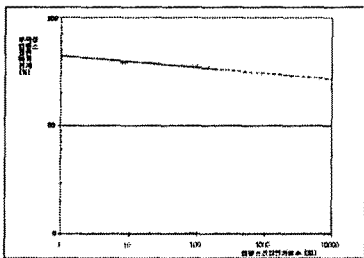


그림 12. V-t 특성시험(부극성) 결과

3. 결 론

제품단품에 대한 일반적인 시험에 대해서는 알려져있는 내용이 많고, 실제 개발시험에서도 적용되고 있으나 본 논문에서 언급하고 있는 신뢰성시험에 대해서는 아직 많은 부분이 부족하며 집중연구하여야 할 분야라고 생각된다. 또한 본 시험의 시편 및 제품은 국산품으로 수입품에 비하여 성능적인 측면에서는 어느정도는 만족할 만한 결과를 얻었지만 아직도 정확한 데이터를 확보하기 위해서는 시험자체에 대한 신뢰성을 높일 필요가 있으며, 분석과정에서도 객관적인 비교 데이터를 많이 확보하여