

해안지역에서의 저압용 누전차단기 교체주기 연구

(A Study on the Life Time of RCD in Coastal Area)

김종민 · 최명일 · 송길목 · 서정열 · 신진용 · 김창환

(Chong-Min Kim · Myeong-Il Choi · Kil-Mok Shong · Jung-Youl Seo · Jin-Yong Shin · Chang-Hwan Kim)

Abstract

The role of RCDs(Residual Current Protective Device) that are installed before the load is very important for preventing electric shock and electrical fire. However, although fault rate of RCD is increasing due to deterioration and long period usage, the RCD is permanently used without a checking of performance evaluation and it causes the electrical accident. In this paper, the amount of airborne chloride is researched in domestic costal area and the accelerated life test is conducted using a salt water spray tester in order to decide the life time of RCD. As a result of an accelerated life test, the MTTF(Mean Time To Failure) of RCD is 110.81 hours and B_{10} life time of RCD is 45.81 hours for the all samples. when an accelerated life test result is applied to within 2 km costal area, the life time of RCD is predicted about 5 years.

Key Words : RCD, MTTF, Accelerated Life Test, B_{10} Life Time

1. 서 론

누전차단기는 누전 및 과부하 보호용으로 부하설비 전단에 위치하여 감전 및 전기화재를 방지하는 중요한 역할을 담당하고 있다. 하지만 장기사용 및 노후에 따른 경년열화로 내부 전력소자 소손 등의 고장이 발생하면, 설비에 결함이 발생되어 감전위험성에 노출되었을 때 누전차단기가 그 역할을 담당하지 못해 인체에 치명적인 위험을 초래할 수도 있다. 또한 차단성

능에 대한 오동작 가능성이 검증되지 않은 상태에서 일률적, 영구적으로 사용함에 따라 전기재해의 원인이 되는 것으로 나타나 있다[1-3]. 1970년부터 설치·보급 되어진 누전차단기는 사용기간이 길어질수록 내부 소자의 변형 또는 변성이 가속화 되는 것으로 보고되고 있으나 이에 대한 성능평가 또는 교체주기가 마련 되어 있지 않아 현실적으로 저압설비를 보호하는 데는 어려움이 많은 게 현실이다. 일본 전기공업협회의 자료에 의하면, 교체추천주기를 약 12~15년으로 정의하고 있다. 이는 국내 환경과 보급되고 있는 각 제조업체의 누전차단기 성능에 의해 달라지는 것으로 나타나 있다. 누전차단기의 구조는 접속부(connection part), 외함(housing), ZCT와 제어부(control part), 접점, 바이메탈 등 작은 크기에 비해 다양한 메커니즘으

* 주저자 : 전기안전연구원 주임연구원
** 교신저자 : 전기안전연구원 책임연구원
Tel : 031-580-3061, Fax : 031-580-3111
E-mail : natasder@naver.com
접수일자 : 2010년 10월 19일
1차심사 : 2010년 10월 22일, 2차심사 : 2010년 12월 8일
심사완료 : 2010년 12월 24일

로 구성되어 있다. 따라서 누전차단기의 각 부분에 대한 평가가 적절하게 이루어지고 국내의 설치장소와 환경, 제조회사, 부하의 조건을 명확히 한다면, 교체주기를 정하기 위한 수명예측이 가능할 것으로 판단된다[4-6].

본 논문에서는 3면이 바다인 우리나라의 해안지역에서의 누전차단기 교체주기를 선정하기 위해 염수분 무시험을 실시하였다[8]. 일정주기별로 시료를 채취하여 광학현미경에 의해 산화부식이 진행되는 과정을 관찰하였으며, 염수분무에 의한 누전차단기 고장여부를 판단하여 누전차단기의 고장데이터를 분석하였다. 시험용 누전차단기 샘플은 국내 판매중인 220[V] 과 부하검용 30[A] 누전차단기를 대상으로 하였으며, 5개 회사의 제품을 시장에서 무작위로 구입하여 시료로 활용하였다.

또한 국내 해안지역의 비래염분량을 조사하였으며, 염수분무 시험장치의 비래염분량과 해안지역에서의 비래염분량을 이용하여 우리나라 해안지역에서의 누전차단기의 교체주기를 제시하고자 하였다.

향후 본 연구는 누전차단기 개발과 염해지역에서의 누전차단기 교체주기 선정을 위한 자료로 활용이 가능할 것으로 기대된다.

2. 비래염분 조사

2.1 국내 해안지역의 비래염분 조사

비래염분이란 파도가 부수어지면서 생기는 직경 약 4[mm] 이하의 해수방울과, 해수기포가 부서지면서 대기중으로 방출되는 3~18[μ m] 정도의 해염입자 등이 해상 상승기류를 타고 바람에 의해 육지까지 날라오는 염분을 말한다. 통상 해상에서 파도가 치는 비말대와 해안선으로부터 수십미터까지, 태풍이나 강한 계절풍이 있을 경우 수백미터 이상까지 영향을 미친다.

비래염분을 측정하기 위해서는 바다로부터 비래하는 대기중 염분을 포집하여 그 양을 측정하여야 하는데, 비래염분 포집을 위한 방법은 KS와 JIS에 규정되어 있는 거즈방식(KS D 0060 옥외 폭로 시험방법 통칙, 참고 3 해염입자량 측정), 일본토목연구소에서 제

안한 스테인레스 방식, ISO규격의 wet candle법(ISO/TC 156), 그 밖에 deposit gauge법, dust jar법 등 많은 방법이 보고되고 있다[7].

국내 해양 환경에서는 거즈방식에 의한 비래염분 포집이 보다 타당한 것으로 연구되어져 있으며 해안별로 3년간 거즈방식에 의해 측정된 비래염분량 결과는 0.1~0.6[mdd](일평균 비래염분량, mg NaCl/dm²/day (1[dm²]=100[cm²]))로 조사되어져 있다. 또한 간만이 큰 대신 파도가 작은 서, 남해안은 해상이라 하더라도 비래염분의 영향이 크지 않고, 동해안은 간만이 거의 없고 파도가 높으며 해안선이 단순해 비래염분량이 크게 나타나는 것으로 보고되어져 있다[7].

2.2 해안으로부터 거리별 비래 경향

일반적으로 대기중의 염화물량은 해안으로부터 거리가 가까울수록 많으며, 해안으로부터 가까운 거리에서 급감하여 멀어질수록 적어지는 경향이 있다. 또한 산과 바다가 같이 있는 경우에는 바람의 세기가 비교적 강하므로 상당히 높은 지점까지 다량의 염화물이 비래하는 것으로 알려져 있다. 일본토목연구소의 조사결과에 따르면 비래 염화물량과 해안선으로부터의 거리는 식 (1)과 같은 관계가 있다고 밝혔다.

$$C \cong C_1 x^{-0.6} \quad (1)$$

여기서 x : 해안으로부터 거리 ([km])

C_1 : 해안으로부터 1[km] 거리의 비래 염화물량 (mg/100[cm²]/day)

C : 해안으로부터 거리 x 에 대한 비래 염화물량 (mg/100[cm²]/day)

국내에서는 서해안 및 동해안에서의 거리별 비래염분량의 관계가 식 (2), (3)과 같이 조사되어져 있다[7].

$$(서해안) C = 48.628 x^{-0.608} \quad (2)$$

$$(동해안) C = 296.3 x^{-0.844} \quad (3)$$

일반적으로 바다로부터 날아 들어오는 비래 염화물 입자의 크기는 내륙에 들어갈수록 작은 경향이 있다. 즉 입자가 클수록 빨리 낙하되기 때문에 비래 입자의 양은 해안 근처에서부터 내륙으로 들어갈수록 점차 감소하는 경향이 있다. 입경이 큰 비래 염화물입자는 수백 [m], 아주 작은 입자는 경우에 따라서 수 [km] 떨어진 지점까지 도달할 수도 있다. 비래 염화물은 지형과 장애물 등에 의해 영향을 받으므로 바다로부터 날아오는 상황은 매우 다양하다.



그림 1. 염수분무시험장치
Fig. 1. Salt water spray testing chamber

3. 가속수명시험

기술의 진보로 수명이 길어지고, 반면에 제품주기는 짧아짐에 따라 빠른 시간내에 신뢰성을 확인하기 위한 노력이 진행되어 왔다. 가속수명시험은 그러한 노력의 하나로서 정상 사용조건에서의 수명을 추정하는데 필요한 데이터를 신속히 얻기 위하여 정상 사용조건보다 열악한 환경에서 시험하여 조기에 고장을 유발시키는 방법이다.

외부환경 요인 중에 염해로 인해 발생하는 절연성능 저하는 삼면이 바다인 국내현장에서 가장 많이 발생하는 고장 메커니즘 중의 하나이다. 이에 대한 적절한 평가를 위해 염수분무시험법이 이용되었다. 본 연구에서는 해안지역에서 염분에 노출된 누전차단기의 열화조건을 염수분무시험장치를 이용하여 가속시험을 실시하였다.

3.1 가속수명시험 방법

시험방법은 35[°C] chamber안에서 5[%]의 NaCl을 spray 방식으로 분사하는 방법으로 진행하였다. 규격 KS D 9502 (중성염수분무시험), KS C 0223 (환경시험방법 염수분무시험방법)에 따라 실시하였다. 시험 샘플은 AC 220[V], 30[A], 2[P] 누전차단기 65개(5개 제조사 13개)를 염수분무시험장치를 이용하여 염수에 노출시켰다. 그림 1은 염수분무시험장치에 시험 샘플인 누전차단기를 노출시킨 것이다.

본 연구에서는 염수에 노출된 시험샘플을 주기별로 흐르는 증류수를 이용하여 세척하였다. 세척한 다음 85[°C] 챔버에서 2시간 동안 건조를 시켰으며 건조된 시험샘플은 4시간정도 상온에서 안정화를 시킨 다음 차단기의 고장유무를 판단하였다. 모든 차단기는 1차적으로 테스트 버튼 시험을 실시하여 기계적 고장유무를 판단하였고 누전차단기 시험기(C.A 6030, CHAUVIN ARNOUX, Fr)를 이용하여 누전차단기 정격감도전류 30[mA]에 따른 동작시간 0.03초 동작유무 시험, 누전감도전류 시험을 실시하여 최종적으로 고장을 판단하였다. 그림 2는 시험순서도이며 총 13회 (염수분무 156시간)의 주기동안 시험을 실시하였다.

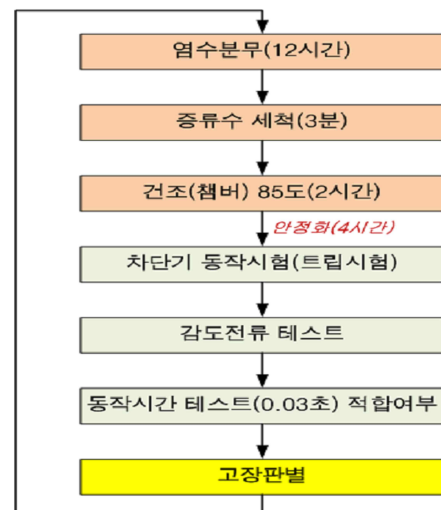


그림 2. 시험순서도(1회)
Fig. 2. Test procedure(1 cycle)

3.2 염수분무시험기의 비래염분량

염수분무시험기 내의 일평균 비래염분량을 측정하기 위해 염수분무시험기에 10[cm]×10[cm] 크기의 거즈 3개를 그림 3과 같이 노출시켜 24시간동안 비래염분량을 측정하였다. 염수분무시험기 내의 일평균 비래염분량은 (24시간이 경과된 거즈의 중량값-초기 거즈의 중량값)/3의 계산을 통해 산출되었다. 염수분무시험기의 내의 일평균 비래염분량은 137[mdd]로 측정되었으며 해안별로 3년간 거즈방식에 의해 측정된 비래염분량 결과인 0.1~0.6[mdd]의 중간값인 0.35[mdd]에 비해 391.4배 가혹한 조건이라 할 수 있다.

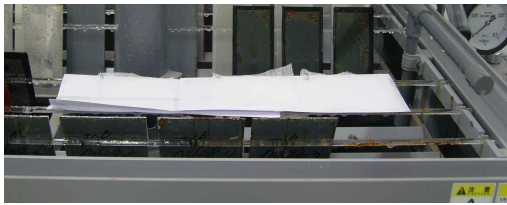


그림 3. 일평균 비래염분량 측정
Fig. 3. Measurement of daily mean airborne chloride

3.3 가속수명시험 결과

시험결과 누전차단기 동작기구부에서는 개폐장치의 부식에 의해 핸들이 끝까지 내려오지 못하는 경우와 반대로 핸들이 끝까지 올라가지 않아 투입이 되지 않는 경우가 다수 발생하였다. 전자회로부내에서는 내부 누전에 의해 투입과 동시에 차단기가 트립되는 경우, 투입시 단락에 의한 내부소자 소손 등이 발생되었다. 또한 복합적으로 기구부의 부식에 의한 고장이 발생된 상태에서 누전차단기의 전자회로부에서의 누전에 따른 동작신호가 계속 발생되어 트립 코일 및 사이리스터가 소손이 되는 경우도 다수 발생되었다. 표 1은 시험용 누전차단기의 고장부위 및 고장원인에 대한 분류이다.

그림 4는 매회 염수분무시험시 누전차단기의 고장여부를 판단하여 누적 건전성을 나타낸 것으로 A사와 E사의 누전차단기가 염분에 가장 좋은 내성을 갖고

있는 것을 알 수 있으며 D사의 누전차단기가 고장이 제일 먼저 발생되고 염분 성분에 취약한 것을 알 수 있다.

표 1. 고장모드
Table 1. Failure mode

고장 부위	내 용
1, 2차 인입·출 부위	부식
바이메탈	부식
내부 소자지지용 접점	부식
ZCT	소손
Magnetic	소손, 부식
전력소자	소손
개폐기(기구부, 스프링)	부식

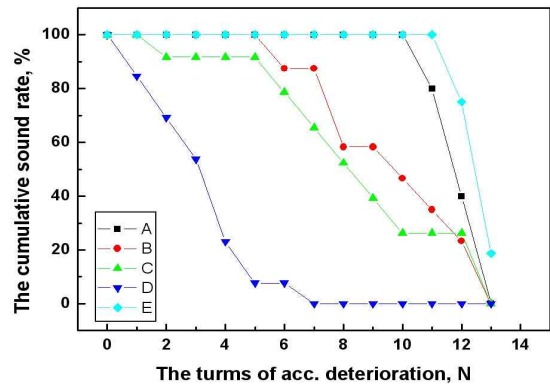


그림 4. 염수분무 시험결과
Fig. 4. result of salt water spray test

그림 5는 염수분무에 의한 누전차단기의 1, 2차 단자접속부측의 부식과정을 나타낸다. 누전차단기의 1, 2차 단자접속부측은 부식이 먼저 발생하고 차단기의 전식이 일어날 수 있는 중요한 부분이기 때문에 광학현미경을 통하여 부식이 일어나는 과정을 관찰하였다. 초기 표준색에서 부식이 지남에 따라 백청으로 그 후 적청으로 부식의 결정이 생성되는 것으로 확인되었다. 5개 제조사들 중 D사가 가장 부식이 빨리 진행되는 것으로 보이며, A, E사가 비교적 진행속도가 느린 것으로 확인되었다. 금속의 부식은 수분 및 고온 환경에서 전기화학적 이동을 용이하게 할 수 있는 촉매 존재 하에서 가속화됨을 알 수 있었다.

5개사의 누전차단기 대부분이 36시간부터 산화부식으로 인한 결정들이 생성되었으며, 프레임보다는 바이메탈이 부식에 대한 저항성이 강한 것을 알 수 있었다. 즉 바이메탈의 주 재료인 Cu가 프레임의 주 재료인 Zn 보다 내부식성이 강함을 확인하였다.

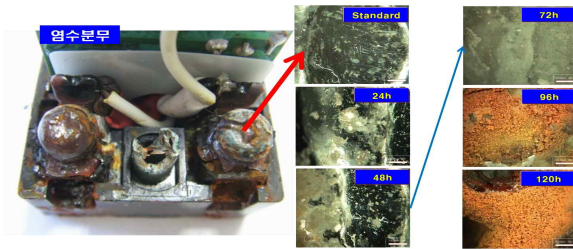


그림 5. 누전차단기의 단자접속부 부식과정
Fig. 5. Corrosion Process of RCD contact

4. 가속시험을 통한 수명DATA 분석

4.1 수명 DATA 분석방법

염수분무시험에 의한 누전차단기의 수명자료의 통계적 분석을 통하여 가속 열화된 누전차단기 수명분포 및 분포 파라미터들을 선정할 수 있다. 가속시험 수명자료의 분석은 미니탭을 이용하였다.

가속시험자료의 분포를 결정하는데 있어서는 Anderson-Darling(A-D) 적합도 검정법을 사용하였다. 미니탭을 사용하여 A-D값을 얻어낼 수 있으며 A-D 통계량 값은 확률지에 나타난 점과 이들을 적합한 직선의 대응점, 또는 경험적 누적분포함수와 이론적 분포함수의 차이를 측정하는 값이며, 분포의 꼬리 부분에 큰 가중치를 가지도록 하여 적합한 직선과 그래프에 표시된 점과의 가중된 제곱 거리(Weighted Squared Distance)를 구한 값이다. 즉 수명자료를 대상으로 분포적합 시 후보 분포 중에서 더 적은 A-D 통계량 값을 가지는 분포가 적합 한다는 것을 의미한다. 누전차단기의 수명자료를 분석해 보았을 때 고장이 발생된 완전자료와 고장이 발생되지 않은 불완전자료가 섞여 있어 분석을 위해 수명자료 중 수거된 누전차단기가 시기 안에 고장이 나지 않은 상황을 임의 관측 중단이라고 가정했을 때 모수적 추정방법을 이

용하였다. 모수적 추정방법에는 최소제곱법과 최대우도법(MLS : Maximum Likelihood Estimation)이 있는데 최소제곱법은 소 표본 또는 관측중단이 클 경우 적합하며 일반적으로 최대우도법이 최소제곱법 보다 우수한 정밀도를 제공하므로 모수추정법은 최대우도법을 사용하였다[9].

4.2 DATA 분석

많은 분포들 중에 수명 분포에 가장 많이 사용되고 있는 와이블, 로그정규, 지수, 정규 분포를 비교했다. 그림 6은 염수에 의해 가속열화된 누전차단기 전체 65개에 대한 분포적합성 그래프이며, 그림에서 확인할 수 있듯이 와이블분포의 A-D값은 11.122, 로그정규분포 11.402, 지수분포 12.735 정규분포 10.974이다. 정규분포와 와이블분포의 A-D값이 최소치이며 근사하나 수명평가 분석에서는 와이블분포가 더 적합하므로 와이블분포를 사용하였다[9].

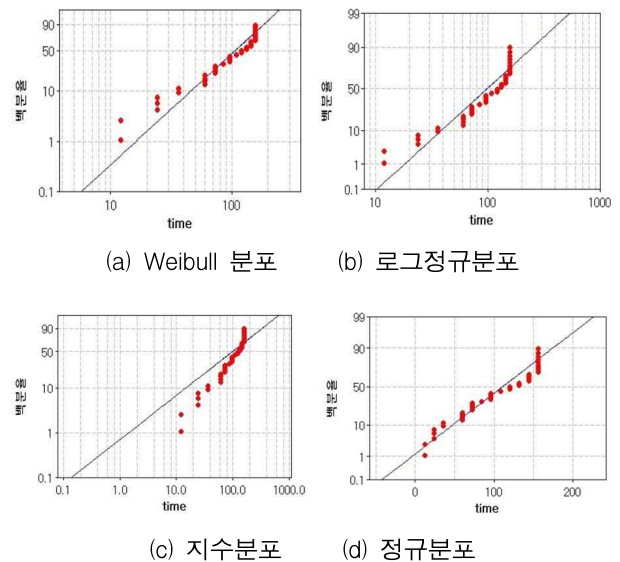


그림 6. 분포적합성
Fig. 6. Suitability of distribution

와이블 분포는 신뢰성 분석에서 가장 널리 쓰이는 분포로서 수명자료 분석에 광범위하게 적용되며 차단기와 같은 체계의 수명은 최약 연결법칙(weakest link

principle)에 의해 부품중에서 가장 약한 것에 의해 결정되는 최소 극단치분포의 하나로 개발되었다. 그림 7은 샘플에 대한 와이블분포의 확률밀도함수, 생존함수, 위험함수를 나타낸다. 와이블분포의 형상모수(m)는 2.24로 1보다 큰 IFR(Increasing Failure Rate)로 고장률이 시간에 따라 증가하며, 척도모수는 125.11이다. 그리고 와이블분포 분석으로 얻어 낸 평균고장시간 MTTF (Mean Time To Failure)은 110.81시간으로 표준오차 8.03, 95%신뢰구간 하한 96.13시간, 상한127.72시간이다. 시험샘플 중 10% 고장이 발생하는 시간인 B₁₀은 45.81시간이다.

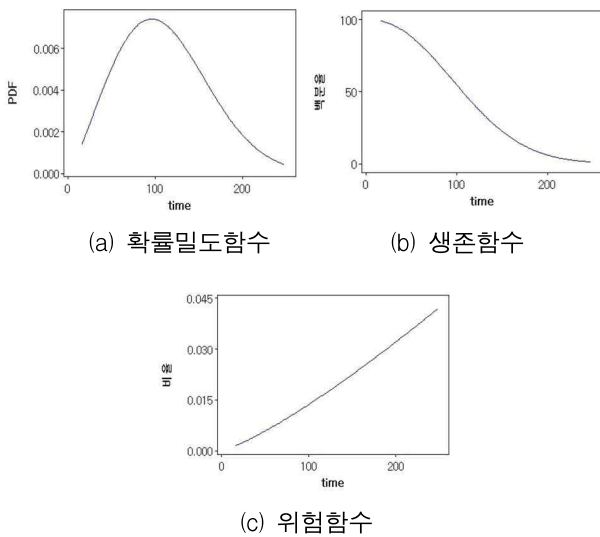


그림 7. 와이블 분포 개관
Fig. 7. Weibull distribution

4.3 해안지역에서의 수명예측

염수분무 시험장치의 비래염분량과 해안지역에서 조사된 비래염분량과의 가속계수(AF)를 식 (1)과 같은 방법을 이용하여 산출하였다.

$$AF = \frac{\text{염수분무시험기 비래염분량 } mdd(\text{mg}/100\text{cm}^2/\text{day})}{\text{국내 평균 비래염분량 } mdd(\text{mg}/100\text{cm}^2/\text{day})} \quad (1)$$

염수분무시험장치내의 비래염분량은 국내 해안별로 3년간 측정된 평균값의 137/0.35=391.4배이다. 따라서

가속시험을 통해 계산된 누전차단기 시험샘플의 MTTF에 비래염분 가속치를 곱하면 해안지역에서의 MTTF를 계산할 수 있다. 표 2는 계산된 누전차단기의 MTTF값이다. 제조회사에 따라 그 성능에 차이가 있으며 누전차단기의 금속재질의 내염성 및 외함의 방수 및 방청등의 기술의 차이에 의해 성능의 차이가 발생하는 것으로 추측된다. 계산되어진 MTTF값은 염해지역에 옥외에 설치되어 해수에 의한 비래염분에 직접 영향을 받는 환경으로 실험되어진 것이다. 따라서 실제 해안지역에서 설치되어 있는 누전차단기의 환경과는 차이가 있다.

표 2. 평균고장시간
Table 2. Mean time to failure

분류	가속시험 MTTF 137(mdd)	해안지역 MTTF 0.35(mdd)
전체	110.81(h)	4.95(yr)
A	148.741(h)	6.65(yr)
B	122.25(h)	5.46(yr)
C	104.00(h)	4.65(yr)
D	48.02(h)	2.15(yr)
E	154.97(h)	6.92(yr)

그림 8, 9는 해안에서의 거리에 따른 비래염분량의 변화와 MTTF의 변화량을 나타낸 것이다. 서해안의 경우, 60[m]까지 비래염분량이 급감하며 그 이후에는 거의 비슷한 비래염분량을 나타내며 동해안의 경우는 500까지 비래염분량이 급감하였으며 이후 비래염분량의 감소폭은 둔화된 것으로 나타나 있다. 따라서 해안 지역이더라도 거리에 따른 비래염분량의 변화가 매우 심하며 그에 따라 MTTF의 변화도 매우 큰 것을 알 수 있다.

해안에서 비래염분은 계절풍, 지역풍, 해안의 형상, 조수간만의 차이, 수심, 지리적 위치 등 환경적인 요인이 지배적인 변수로서 지역적인 편차가 매우 심해 정량적인 자료를 확보하기가 매우 어렵다. 그러므로 추정되어진 해안지역별 누전차단기의 평균고장시간은 매우 많은 편차를 가진다고 할 수 있다. 정확한 지역별 누전차단기의 MTTF를 구하기 위해서는 지역에

따른 정확한 비래염분량 데이터에 관한 연구가 선행 되어져야 하며, 누전차단기의 설치환경에 따른 비래염 분량의 부착정도에 따른 세부연구가 진행되어져야 할 것으로 사료된다.

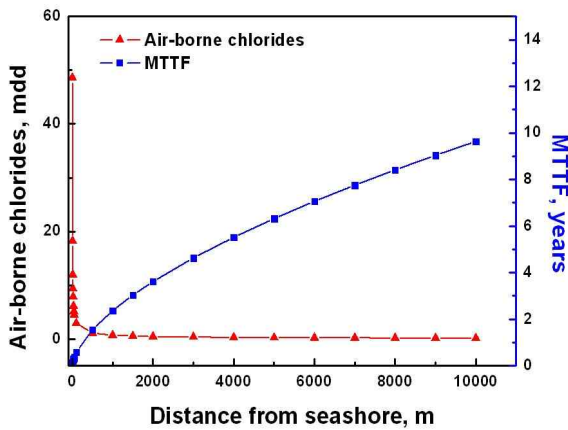


그림 8. 거리별 비래염분량 및 MTTF(서해안)
Fig. 8. Airborne sea salt and MTTF by distance (West coast)

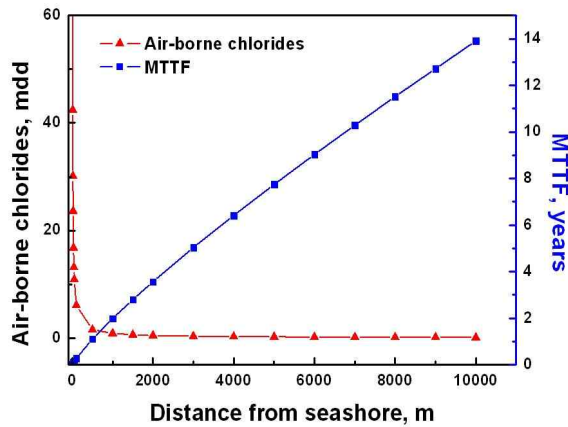


그림 9. 거리별 비래염분량 및 MTTF(동해안)
Fig. 9. Airborne sea salt and MTTF by distance (East coast)

4. 결 론

본 연구에서는 우리나라의 해안지역에서의 누전차 단기 교체주기를 선정하기 위해 우리나라 해안지역에 서의 비래염분량을 조사하였으며, 염수분무에 의한 누 전차단기 가속수명시험을 실시하였다.

가속 수명시험결과 시험샘플 전체에 대해 MTTF는 110.81시간이며, 10[%]의 고장이 발생하는 시간인 B_{10} 은 45.81시간으로 분석되었다. 가속계수를 이용하여 실제 해안지역에서의 누전차단기에 대해 적용하면 교 체주기는 약 5년으로 예측되어졌다. 계산되어진 MTTF값은 염해지역 옥외에 설치되어 해수에 의한 비래염분에 직접 영향을 받는 환경으로 실험되어진 것이므로 해안지역에서 실제 설치되어 있는 누전차단 기의 실제 환경과는 차이가 있다. 또한 비래염분량의 거리에 따른 감소계수와 장해물에 대한 영향이 고려 되지 않은 추정치이다. 하지만 누전차단기의 교체주 천주기를 약 12~15년 이상으로 보는 기존연구에 비 해 해안지역 2[km]이내에서 비래염분에 직접 노출되 어진 누전차단기의 경우 기간이 매우 짧은 것을 확인 하였다. 따라서 염해지역에서의 누전차단기는 설치환 경개선 및 안전점검에 세심한 주위가 필요하며, 제품 개선이 필요하다고 사료된다.

향후 본 연구는 염해지역용 누전차단기 개발 및 염 해지역에서의 누전차단기 교체주기 선정을 위한 자료 로 활용이 가능할 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 2008년도 지식경제부 재원으로 한국에너지 기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제 입니다.(No. 2008T100100429)

References

- [1] 유재근, 이상익, 전정채, “자가용 수용가에서 배선용 및 누전차단기 오동작에 대한 조사연구”, Journal of KIEE, Vol. 19, No. 2, pp.87-93, 2005. 03.
- [2] 김연석, 한윤탁, 김봉성, 정종일, 정병하, 김재철, “누전차 단기의 충격파 부동작 특성과 EMC 성능 비교분석”, 2003 KIEE 추계학술논문집, pp.319-323, 2003. 11.
- [3] 이복희, 이승철, 김찬오, “뇌임펄스전압에 대한 30(A)용 고감도형 누전차단기의 오동작에 대한 특성의 해석”, Journal of KIEE Vol. 11, No. 6, pp.96-103, 1997. 11.
- [4] 강원구, 김호용, 홍진완, 손수국, 변영복, “고품질 누전차 단기 개발에 관한 연구”, 1988년도 전기전자공학 학술논 문집, pp.833-836, 1988. 07.
- [5] 설승기, 박민호, “누전차단기의 설계와 제작”, KIEE Vol. 29, No. 5, pp.303-311, 1980. 05.
- [6] 문식, 정병하, 김봉성, “누전차단기의 특성 분석”, 2002

KIEE 하계학술논문집, pp.780-782, 2002. 07.

- [7] 이종석 외, “비래염분특성 및 해사사용 콘크리트의 내구 특성 장기조사”, 한국건설기술연구원(2007).
- [8] IEC60068-2-52, “Environmental testing - Part 2: Tests - Test Kb: Salt mist, cyclic (sodium, chloride solution)”, IEC, 1996. 02.
- [9] 서순근, “Minitab 신뢰성 분석”, 이레테크, 2009. 2.

◆ 저자소개 ◆



김중민(金鍾旻)

1972년 7월 18일생. 1998년 전북대학교 전기공학과 졸업. 2001년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2001년~현재 전기안전연구원 주임연구원.

Tel : 031-580-3063
Fax : 031-580-3111
E-mail : cmkim@kesco.or.kr



최명일(崔明日)

1975년 5월 30일생. 2002년 창원대학교 전기공학과 졸업. 2004년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2003년~현재 전기안전연구원 주임연구원.

Tel : 031-580-3065
Fax : 031-580-3111
E-mail : ken2003@kesco.or.kr



송길목(宋佶穆)

1967년 3월 31일생. 1994년 숭실대 전기공학과 졸업. 2003년 동 대학원 졸업(석사). 2007년 동 대학원 졸업(박사). 1996년 3월~현재 한국전기안전공사 전기안전연구원 책임연구원.

Tel : 031-580-3061
Fax : 031-580-3111
E-mail : natasder@naver.com



서정열(徐正烈)

1982년 10월 19일생. 2005년 숭실대학교 전기공학과 졸업. 현재 숭실대학교 대학원 전기공학과 석사과정.

Tel : 02-817-7966
Fax : 02-817-7961
E-mail : seojy@ssu.ac.kr



신진용(申震龍)

1973년 3월 14일생. 1996년 충남대학교 정밀공업화학과 졸업. 1998년 동 대학원 공업화학과 졸업(석사). 2006년 동 대학원 졸업(박사). 2006년 9월~현재 한국생활환경시험연구원 선임연구원.

Tel : 041-667-9430
Fax : 041-667-9432
E-mail : solgel@kicm.re.kr



김창환(金昶煥)

1979년 6월 1일생. 2005년 한남대 고분자공학과 졸업. 2007년 동 대학원 신소재공학과 졸업(석사). 2008년~현재 한국생활환경시험연구원 연구원.

Tel : 041-667-9430
Fax : 041-667-9432
E-mail : kch@kicm.re.kr