

TRV factor Ⅰ 변화에 의한 저압개폐기의 전기적 가속 수명시험법

오준식*, 김명석*, 한규환*, 박종화*
*LS산전주식회사 전력시험기술센터

The accelerated life test method of low voltage contactor according to the variation of TRV factor Ⅰ

Joon-sick Oh*, Myoung-seok Kim*, Gyu-hwan Han*, Jong-hwa Park*
*LS Industrial Systems Co., Ltd.

Abstract - 저압 개폐기는 에어컨, 냉동기, 산업용 청소기, 전기온수기, 공조기, 펌프, 콤프레서 등의 모터제어 및 히터와 조명기기의 개폐 등에 광범위하게 이용되는 개폐장치이다. 저압 전자개폐기는 수천회에서 수백만 회까지 빈번한 개폐 사용조건으로 인해 시험 규격에서는 개폐시험을 통해 제품의 수명을 검증하도록 되어 있으며 과다한 시간이 소요된다. 따라서 시험 시간을 단축하기 위한 가속수명 시험이 필요하게 되었으며 가속 스트레스인 과도 회복전압(TRV)의 피크비율(factor Ⅰ) 변화에 따라 저압개폐기의 전기적 수명 시험을 실시하였으며 시험 결과를 바탕으로 가속 수명 시험을 하기 위한 가속계수를 산출하였다.

1. 서 론

개폐시험 회로는 규정된 전압, 전류, 역률 조건을 맞추기 위해 저항과 리액터를 직렬 연결하여 구성한다. 또한 모터와 같은 리액터 부하를 개폐하는 개폐기의 경우는 전류차단 순간 과도 회복전압(TRV)의 피크비율(factor Ⅰ)과 주파수를 규정하여 적용하고 있다.

IEC 60947-1에서는 과도 회복전압의 피크비율과 주파수에 대한 규정값을 제시하고 있으며 제시된 값을 제어하기 위한 회로를 규정하고 있다. 과도 회복전압의 피크비율과 주파수는 개폐기 접점의 절연성능과 밀접한 관계가 있으며 수명에 치명적인 영향을 미친다.

본 연구에서는 과도 회복전압의 피크비율을 가속 스트레스로 산정하여 시험하고 각 스트레스 수준별 가속계수를 산출하였으며 가속 수명 시험에 활용하고자 한다.

2. 본 론

2.1 과도 회복전압의 피크비율

과도 회복전압의 피크비율은 과도 회복전압의 피크 값 U_{11} 과 상용주파 회복전압 값 U_{12} 의 비율로 정해지며, 시험용 RL부하의 앞에 병렬저항을 연결하여 U_{11} 을 조절함으로써 가속 스트레스의 수준을 변화 시킬 수 있다.

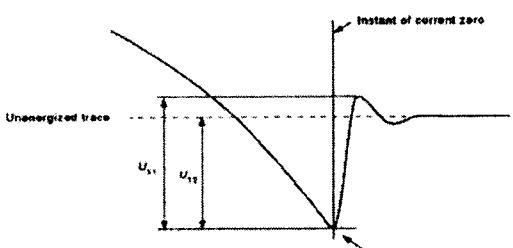
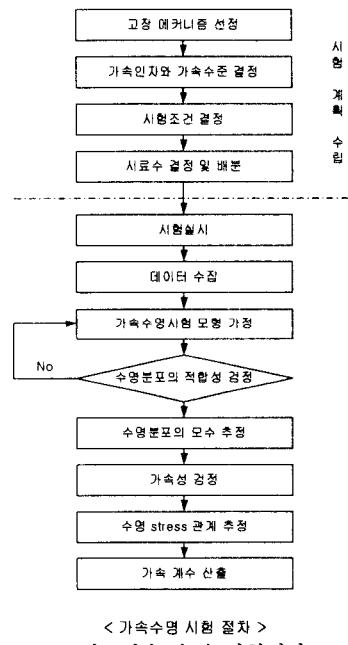


그림1 피크비율(factor Ⅰ)의 결정

2.2 가속 수명 시험 절차

가속 수명 시험 절차는 크게 시험계획 수립, 시험진행 및 데이터 분석, 가속계수 산출로 구분 할 수 있다.



< 가속수명 시험 절차 >

그림2 가속 수명 시험 절차

2.3 시험계획 수립

2.3.1 고장모드 메커니즘 선정

제품이 사용되는 Field에서 발생하는 고장 중 가장 문제가 되는 상간단락을 설정하여 적용하였다. 고장모드를 찾기위해 고장모드 효과해석(FMEA)를 활용하였다.

고장모드	고장부위	고장 메커니즘
용착, 용단	접점	접점형상 불량 용접불량
접촉불량	접점	접점표면 부식 접점경도 및 가공불량에 의한 마모
상간단락	접점, 단자	Arc 비산물 침착 절연재의 열화
코일소손	코일	코일 인가전압 불량 코일 중간 단락

2.3.2 가속인자 및 가속수준 결정

가속인자에 대한 가속 가능성을 측정, 인가, 모델링 가능성이 대해 검토하였으며 검토된 인자 중 과도회복 전압

의 피크비율을 가속인자로 선정하였다.

가속인자	측정가능성	인가가능성	모델링 가능성	실험결과			선정 여부
				X	Y	Z	
전압	인가전압 측정가능	AVR을 사용 제어가능	역누승모델 적용가능	O	O	O	
전류	피크/설정값 측정가능	부하 제어가능	역누승모델 적용가능	O	O	O	
역률	V,I 위상차 측정가능	R,L부하 제어가능	역누승모델 적용가능	O	O	O	
factor 1	피크값 측정가능	병렬저항 제거 가능	역누승모델 적용가능	O	O	O	선정

시험품에 인가하는 스트레스는 재료의 물성이 변하지 않고 사용조건에서 고장모드와 메커니즘이 변하지 않는 범위로 설정하였다. 과도회복전압의 피크비율은 규격요구 조건인 1.1을 1수준으로, 병렬저항 제거 시 1.6을 3수준으로, 중간값인 1.3을 2수준으로 설정하였다.

2.3.3 시료의 수량 결정과 배분

가속수명 시험에 필요한 총 시료수를 결정하고, 각 시험조건에 배분한다. 시료수는 사용 조건에서의 평균수명 B_{10} 수명의 추정의 정확성(분산)을 기준으로 하여 결정할 수 있지만, 일반적으로 데이터 분석을 위하여 필요한 5개 이상의 시료를 각 시험조건에 배치하는 것이 바람직하다. 따라서 본 시험에서는 시험장비 수의 제약과 시험비용을 고려하여 각 가속수준 별로 시료를 6대씩 배정하였다.

2.3.4 세부시험 조건 및 시험계획 수립

시험대상제품은 GMC-32 시험전압은 440V, 시험전류는 150A, 역률은 0.35, 빈도는 600회/hr.을 적용했다.

2.4 시험 데이터 분석

데이터 분석은 소프트웨어 Minitab을 이용하였다. 분석은 다음 순서에 따라 진행하였다.

- 수명분포의 적합성 검증
- 수명분포의 모수추정 및 가속성 검정
- 수명-스트레스 관계 추정
- 가속계수 산출

2.4.1 수명분포의 적합성 검증

추정방법은 최대우도법(MLE)을, 적합성 검증에는 ad(Anderson-darling)값을 사용하였다. ad 값은 관측자료가 어떤 분포에 적합한지 판단하는 정보를 제공하고 다수의 분포를 적합 시켰을 때 ad 값이 작은 것이 가장 분포가 적합함을 의미한다.

적합성 검증 결과와 이를 분포를 선택하였다.

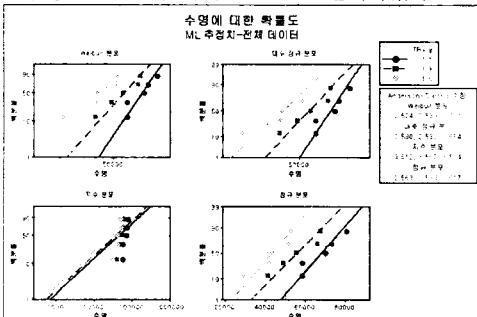


그림3 수명에 대한 확률도

2.4.2 수명분포의 모수추정 및 가속성 검증

수명분포에 대한 가속 조건별 형상모수와 척도모수를 최대우도법(MLE)에 의해 추정하였다. 3가지의 가속수준에 대한 형상모수는 각각 8.85, 6.75, 6.41이고

척도모수는 71784.8, 59821.6, 46755.6 이었다.

기울기를 나타내는 형상모수에 대한 동일성 검증결과 유의수준($\alpha=0.05$)에서 3수준의 형상모수의 p값이 0.794로 형상모수는 동일하다고 할 수 있고, 척도모수는 p값이 0.000으로 다르다고 할 수 있으므로 가속성이 성립한다고 할 수 있다. p값이 0.05보다 작으면 두 데이터에 대한 분포 모수 중 하나 이상이 다르다고 결론 내릴 수 있고, 그면 다르지 않다고 결론 내릴 수 있다.

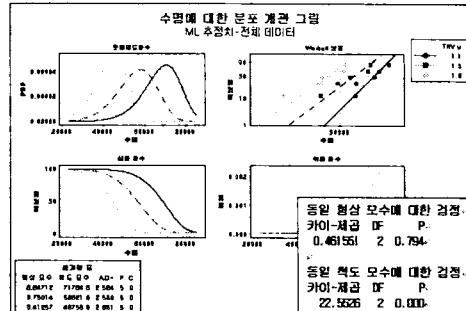


그림4 수명에 대한 분포개관 그림

2.4.3 수명-스트레스 관계 추정

각 수준에서 가속수명 시험은 가속성이 성립하므로 동일한 기울기로 설정하여 척도모수를 구하면 71098.6, 60067.3, 47085.0으로 된다.

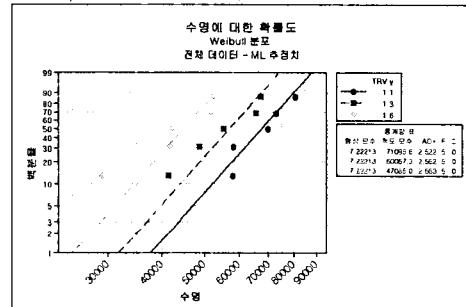


그림5 수명에 대한 확률도(Weibull 분포)

2.4.4 가속계수 산출

수명-스트레스의 관계에서 정격사용수준을 기준으로 가속시험조건에서 가속계수를 추정하면 다음과 같다.
 $\eta_{1.1} = 71098.6$, $\eta_{1.3} = 60067.3$, $\eta_{1.6} = 47085.0$

$$AF_1 = \frac{\eta_{1.1}}{\eta_{1.3}} = \frac{71098.6}{60067.3} = 1.2 \quad [1.3\text{에서의 가속계수}]$$

$$AF_2 = \frac{\eta_{1.1}}{\eta_{1.6}} = \frac{71098.6}{47085.0} = 1.5 \quad [1.6\text{에서의 가속계수}]$$

3. 결 론

가속수명 시험을 통해 TRV factor 1에 의한 가속계수를 얻을 수 있었으며, 얻어진 가속계수를 적용할 경우 시험시간을 단축 할 수 있으며 또한 병렬저항의 적용 없이 가속시험을 함으로써 설비 투자비용 절감 효과를 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

【참 고 문 헌】

- [1] “가속수명시험 Guideline”, 신뢰성 혁신센터, 2004.
- [2] 서순근, “MINITAB 신뢰성분석”, 이레테크, 2002
- [3] Nelson, W., “Accelerated Testing”, John Wiley & Sons, 1990
- [4] 박정원, “온도사이클 스트레스를 이용한 반도체 소자의 가속시험”, 신뢰성-보전성 심포지움, 1997