

저압 전자개폐기의 전기적 수명 시험회로 설계에 관한 연구

나철봉, 함길호, 오준식  
LG산전 전력시험기술센터

The study for electrical life test circuit design of Low-voltage magnetic switch

Chil-Bong Na, Gil-Ho Ham, Joon-Sick Oh  
LGIS Power Testing & Technology Institute.

**Abstract** - 전동기 전원 개폐를 주목적으로 하는 전자개폐기는 빈번하고 불규칙한 개폐 동작에 의해 발생하는 Arc 에너지에 대해 전기적으로 내구성능을 확보하는 것이 중요하다. 또한, 전기적 내구 성능은 수명과 품질을 결정하는 요인으로서 선진업체에서는 내구성능을 향상시키려 연구개발 활동에 집중하고 있다. 이러한 전기적 내구 성능을 향상, 평가하기 위해서는 장기간에 걸친 시험 시간과 시험규격에서 요구하는 조건을 만족시키는 시험회로와 설비구성이 필수적이다. 여기서는 전기적 내구 성능에 대한 이해와 시험규격을 통한 시험회로 설계 및 설비제작에 대해 설명하고 시험결과를 분석하고자 한다.

조작코일에 인가하여 실시하며 시험 후 접점의 용착 등 각부에 이상이 없어야 한다. 이때 제조자는 사용률과 개폐빈도에 대한 조건을 선택 할 수 있다.

표1 전기적 수명 시험 조건

급별	구분	폐로		차단		역률
		전류(Ie)	전압(Ee)	전류(Ie)	전압(Ee)	
AC1	모든 값	1	1	1	1	0.95
AC2	모든 값	2.5	1	2.5	1	0.65
AC3	Ie<17A	6	1	1	0.17	0.65
	Ie<17A					0.35
AC4	Ie<17A	6	1	6	1	0.65
	Ie<17A					0.35

1. 서 론

차단기가 주 회로에 대한 과전류와 단락보호가 목적이면 전자개폐기는 주 회로의 개폐를 주목적으로 하는 것으로 장기간 사용을 위한 전기적, 기계적 내구성능 확보가 요구된다. 특히, 기계적 내구성능은 구성부품들을 물성치에 의해 분석하고 내구도 검증, 결과에 대한 개선이 비교적 용이하지만 전기적 내구성능은 시험방법 및 회로구성에 따라 차이가 있고 인가전압, 전류의 크기와 개폐주기, 회로역률 등의 변동요인에 따라 전기적 수명 회수가 결정된다고 할 수 있다. 특히, 성능 시험시 사용률과 개폐빈도를 어떻게 적용하느냐에 따라 주 회로 개폐시 접점의 마모와 Joule열에 의한 물드물의 변형, 절연파괴로 인해 전기적 수명단축의 주 요인으로 작용한다. 본 연구에서는 저압기기 및 제어기에 적용되는 IEC 규격을 기준으로 적용하고 전기적 수명시험의 종류중 AC3급, AC4급에 대한 시험규격이해와 시험회로설계 및 제작, 시험에 대한 고찰이 목적이다.

2. 본 론

2.1 IEC 규격

2.1.1 급별 종류

전자개폐기는 제어부하의 종류에 따라 4가지로 분류되며 이중 AC3급, AC4급 조건이 대부분 실제 사용현장과 유사하여 내구성능평가시 주로 적용된다. 부하의 급별에 대한 상세 내용은 다음과 같다.

- 1) AC1급: 비유도성 또는 소유도성 저항부하개폐
- 2) AC2급: 권선형 유도전동기의 역전, 인칭
- 3) AC3급: 농형 유도전동기의 시동 및 정지
- 4) AC4급: 농형 유도전동기의 역전, 인칭

여기에서 인칭이란 전동기에 의하여 구동기구에 소변위 또는 저속회전을 주기 위하여 1회 또는 반복하여 전동기를 단시간동안 전원에 접속하는 것을 말한다.

2.1.2 전기적 수명시험 종류

폐로, 차단시험, 동작시험, 전기적 수명 시험중에서 전기적 수명시험은 표1의 조건으로 시험을 실시하는 특별 시험으로 수명회수는 제조자가 보증하는 회수로 하고 시험도중 부품교한 및 손절없이 정격전압, 정격주파수를

2.2 전기적 수명시험의 책무

표1의 시험조건과 같이 AC3급은 차단 시 시험전압을 1/6로 감소시키고, AC4급에서는 6배의 전류를 유지하는 시험회로설계와 설비구성이 필요함을 알 수 있다. 그림 1,2는 AC3급, AC4급 시험기준을 그려놓았다. 시험주기(X)는 제조자가 정하는 값으로 하되 별도의 표기가 요구된다.

그림1 AC3급 시험 Cycle

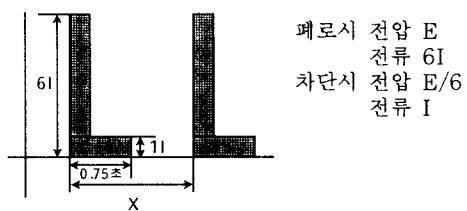
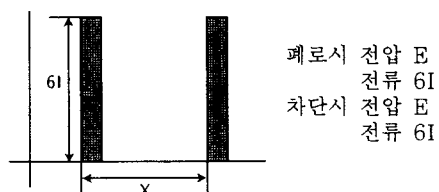


그림2 AC4급 시험 Cycle

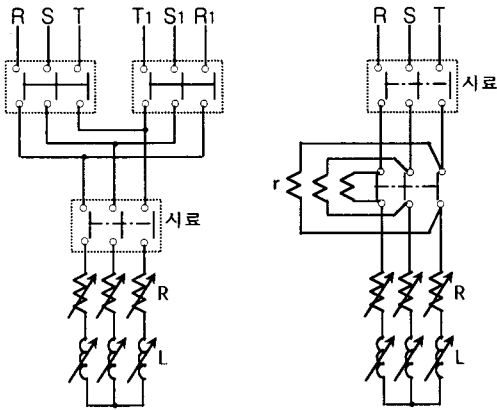


2.3 AC3급 시험회로 비교

그림3에서 좌측의 IEC규격은 전원에 변압기 2대를 사용하였고, KS규격은 전류원 2개로 구성하는 회로로

되어 있다. 전압에 의한 점접순상이 큼따라 KS 시험 회로조건이 가혹하므로 현재 구성된 KS규격 시험회로를 IEC규격으로 변경기 위해 변압기 2대를 사용하여 시험 전압을 절체하는 인터록 회로가 필요함을 알 수 있다.

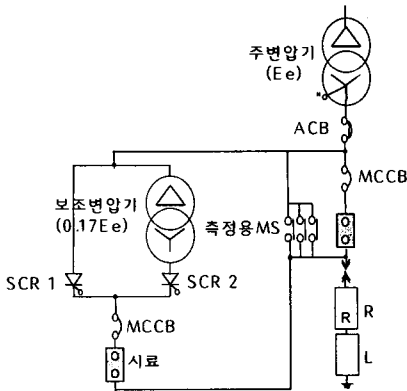
그림3 IEC와 KS규격 시험회로



2.4 시험회로 설계

그림4는 기준회로를 응용하여 시험회로를 설계하였으며 그림5의 시험회로 Time Chart로 그림6과 같은 AC3급 시험대를 제작하였다. 시험회로는 삼상 회로로 AC4급 시험시는 주 변압기만 사용하고, AC3급 시험시는 주 변압기로 폐로시 6I, 1Ee, 보조변압기로 차단시 1I 0.17Ee가 출력되도록 5000A, 1000A급 SCR1,2를 사용하여 제어하며 안전을 위한 상호 인터록 회로 및 Dead time (0.1초)으로 구성하였고, 그림5 Time Chart와 같다. 특히, 설비용량 선정시 생산되는 전자개폐기 정격이 최소 9A~최대 830A로 광범위하고 AC3급 적용시 최대 폐로 시험은 4980A 440V, 차단 시험은 830A 74.8V가 필요하며 22AF의 경우 개폐빈도 1800/h 24시간 기준 약 75일간 연속개폐시간이 소요와 시료는 3대를 순차적으로 개폐하므로 이에 대한 충분한 용량 검토가 필요하다.

그림4 시험회로도 (단선도)



기존의 변압기 용량을 계산하면 그림1과 그림5에서 X를 1초(시료3대 시험기준시), 6I를 0.05초, 변압기 온도포화시간을 3600초, 주 변압기 용량을 3000kVA라 하면 간헐정격은 다음과 같다.

$$* I^2t = I^2t, I^2 \times 180(0.05 \times 3600 \times 1) = 2600^2(\text{연속}) \times 3600$$

$$I_{3000kVA} = \sqrt{(2600^2 \times 3600) / 180} = 11628A \text{ (0.05초 정격)}$$

100kVA 보조변압기의 간헐정격은

$$* I^2t = I^2t, I^2 \times 180(0.05 \times 3600 \times 1) = 131^2(\text{연속}) \times 3600$$

$$I_{100kVA} = \sqrt{(131^2 \times 3600) / 180} = 584A \text{ (0.05초 정격)}$$

로 최대 정격전류 830A를 시험하기 위해서는 150kVA (881A) 정격의 변압기 용량 증설이 요구된다.

그림5 시험회로 Time Chart

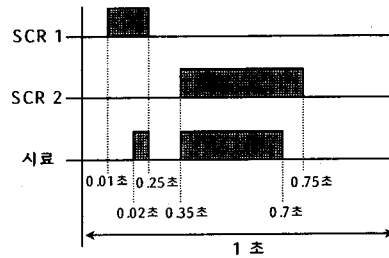
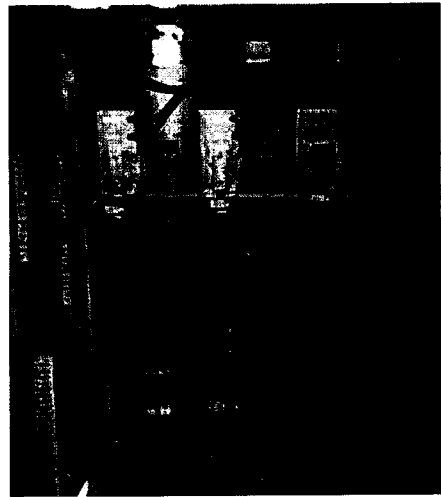


그림6 AC3급 시험대 내부



2.5 시험결과 및 파형 분석

그림7은 변경한 시험회로와 제작한 AC3급 시험대를 사용하여 실제 22AF의 전자개폐기를 전기적 수명 시험(그림8)한 측정 파형이다. 그림에서는 R상만 나타냈으며 측정된 데이터는 다음과 같다.

( )은 기준치임.

	폐로	차단
전압 R상	434V (440V)	72V (74.8V)
S상	434V	72V
T상	433V	72V
전류 R상	120.5 (120A)	20.3 (20A)
S상	120.4	20.4
T상	120.6	20.2

SCR1 동작시간 0.0667초 (0.05초) SCR2 동작시간 0.315초 (0.35초)

On-load factor 28.5%, 역률0.39, 개폐빈도 1800/h

시험전압이 기준치보다 낮은 것은 입력전원의 전압강하와 폐로, 차단시 SCR의 절체시간이 기준치와 상이한 것은 PLC(트리거 시간 제어: 최소 0.01초 조정 가능)와 SCR간의 오차특성으로 추정되며 SCR의 트리거 신호를 0.001초로 제어 할 수 있는 별도의 제어장치가 요구된다.

그림8은 AC4급 22AF의 전자개폐기 전기적 수명 시험(그림10) 측정 파형이다. R상만 나타냈으며 측정된 데이터는 다음과 같다.

( )은 기준치임.

	폐로	차단
전압 R상	434V (440V)	434V (440V)
S상	434V	434V
T상	433V	433V

전류 R상	78.2A (78A)	78.3A (78A)
S상	78.5A	78.4A
T상	78.3A	78.2A

On-load factor 3.33%, 역률0.69, 개폐빈도 1200/h

그림7 AC3급 시험 파형

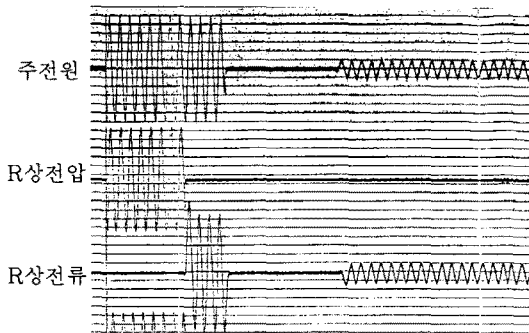


그림8 AC3급 전기적수명시험 (22AF)

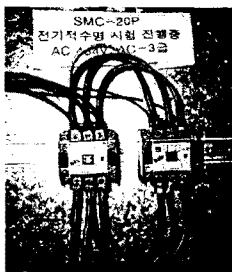


그림9 AC4급 시험 파형

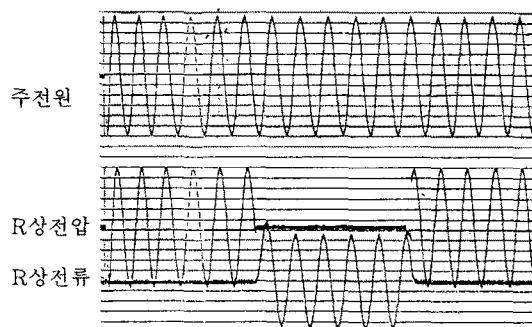


그림10 AC4급 전기적수명시험 (22AF)



### 3. 결 론

전기적 수명 내구성능 향상 목적으로 기존 시험회로 변경 및 SCR을 이용하여 AC3급 절체 시험대를 제작하였다. 본 연구를 통하여 전기적 수명 시험은 시험회로와, 개폐빈도 및 사용률 설정치등이 변동요인이었지만, 특히 시험회로 구성방법에 따른 영향이 크다는 것을 알 수 있었으며, 22AF의 경우 AC3급 시험시 목표수명이 250만회 이상으로 장기간 시험시간이 소요됨에 따라 SCR의 수명과 제어회로에 대한 신뢰성 확보가 선결과제임을 알았다.

본 결과를 토대로 내구성능을 향상시키기 위해서는 개폐빈도와 사용률간의 상관관계, 전기적 수명회수와 접점의 내구성, SCR 제어회로와 신뢰성확보에 대한 연구가 진행되어야 할 것으로 생각된다.

### [참 고 문 헌]

- [1] LG산전(주), "MS 기술자료집", pp.75~83, 1995
- [2] LG산전(주), "MS Catalog", pp.14~16, 2000
- [3] IEC, "IEC60947-1", Low-voltage switchgear and controlgear Part1 general rules, pp.213~239, 1998
- [4] IEC, "IEC60947-4", Low-voltage switchgear and controlgear Part4 contactor and motor-starters, pp.155~170, 1997
- [5] KSA, "KS C4504", 교류전자개폐기해설, pp.16~19, 1985
- [6] 함길호, 박지훈, 이희철, 나철봉, 배극현, 박종화, "대전력 시험기술 및 설비에 대한 고찰", 전기학회, Vol.49.No.5, pp.51~59, 2000