

배전용 진공 차단기의 건전성 평가 및 진단 방법에 관한 연구

박성태, 김철환
성균관대학교

A Study on the Evaluation of Reliability & Diagnostic Method of Vacuum Circuit Breaker for Distribution System

Sung-Tae Park, Chul-Hwan Kim
Sungkyunkwan University

Abstract - 본 논문에서는 배전용 진공차단기를 계통 내에서 설치, 사용되는 과정에서 기기의 신뢰성 및 계통 안전도 향상을 위해 필요한 유지 보수 방법과 측정된 결과 값을 통한 건전성 평가에 대한 방안을 IEC 및 IEEE 와 같은 차단기 국제 규격을 기준으로 분석하고 동작횟수 증가에 따른 동작커브(travel curve)변화를 분석하여 차단성능 변화에 대한 평가방법을 제시하였다.

수명예측을 위해서는 규격에서 정하는 형식시험을 통과해야하며 또한 생산 및 출하하기 전에 제조사 자체의 공장시험을 실시해야 한다.

형식시험과 공장시험 항목의 가장 큰 차이점은 뇌충격 내전압 및 단락시험과 같은 파괴시험의 유무에 있으나 공장시험의 경우 출하를 위한 제품으로 파괴시험은 배제하였다. 각각의 시험 항목은 다음 표 1과 같다[2-4].

1. 서 론

국내 배전 및 송변전 계통에서 사용중인 차단기는 그 소호매질에 따라 진공차단기(vacuum circuit breaker), 가스차단기(gas circuit breaker), 유입차단기(oil circuit breaker)등으로 구분하며 최근에는 배전급은 진공차단기를 송변전급은 가스차단기 또는 가스절연개폐장치(GIS - gas insulated switchgear)사용이 대부분이다.

이러한 차단기 및 개폐기 등은 계통에 설치하여 운전 중 부하 및 고장전류의 투입 및 개방 과정과 정년변화(aged deterioration)등을 겪으며 그 기기의 신뢰성 및 건전성이 저하되고 있다. 따라서 체계적인 예방보전(preventive maintenance) 및 진단을 통해 전력기기의 신뢰성을 향상 시키고 계통 운용의 안전성을 향상 시킬 수 있다[1].

본 논문에서는 배전급 진공차단기를 기준으로 IEC(International Electrotechnical Commission) 및 IEEE(Institute of Electrical and Electronics Engineers)와 같은 국제 규격, 제작사의 유지보수 기준 등을 통해 차단기 진단을 통한 건전성 평가 및 수명예측과 부하 개폐와 같은 동작횟수 증가에 따른 동작커브(travel curve) 변화를 분석하여 차단성능 변화에 대한 평가방법을 제안하였다.

2. 진공차단기의 상태 진단

2.1 진공차단기의 기능

계통의 고장발생시, 고장전류는 신속히 차단되어 인명 및 재산피해를 최소화해야 한다. 차단기가 차단을 실패하면 계통 및 기기에 심각한 피해를 유발하며 계통의 일부를 개방하여 고장을 해소시켜야 한다. 차단기는 이러한 계통에 설치되어 평상시 부하전류를 투입·개방하고 고장발생시 신속히 전로를 개방할 수 있어야 한다.

배전급 진공차단기의 경우 핵심 제품인 진공 인터럽터(vacuum interrupter)의 일반적인 진공수명을 20년으로 간주하고 있으며 계통에 설치되어 수명 기간 동안 사용되는 과정에서 그 기능을 유지하기 위해 필요한 형식시험과정을 거쳐야 하며 조작의 신뢰성을 확보하기 위해 유지 보수 및 점검이 필요하다[1-3].

2.2 배전용 진공차단기의 시험 항목

차단기의 성능 확인, 차단기의 정확한 건전성 평가 및

<표 1> 진공차단기 시험 항목

시험항목	형식 시험	공장 시험	차단성능 검증항목
· 내전압시험			-
· 2차 회로 절연시험			-
· 주회로부 접촉저항측정			-
· 동작특성시험(동작커브)			-
· 온도상승시험		-	-
· 고저온시험		-	-
· 단시간 내전류시험		-	-
· 단락시험		-	-

2.3 진공차단기의 상태 진단

차단기의 정확한 건전성 평가 및 수명예측을 위해서는 일반적인 점검이 필요하며 크게 상시점검과 정기점검으로 구분하며 그 상세 내용은 다음 표 2와 같다.

<표 2> 진공차단기 점검 항목

점검 구분	점검 항목	예측 가능 불량
상시 점검	· 차단기 투입 개방 상태 · 동작 계수기 · 조작력 측정 상태 · 소음 법세	· 조작기구 원활성 · 동전부 발열상태 · 절연열화진전상태
정기 점검	· 주회로부 접촉저항 · 절연저항 및 내전압 · 진공도 · 동작 시간 및 조작전류	· 절연내력상태 · 차단성능유지상태

3. 진공차단기의 성능평가

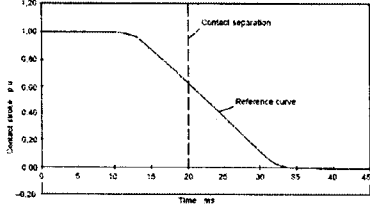
3.1 진공차단기의 차단 성능

진공차단기는 진공을 소호 매질로 사용하므로 진공 인터럽터가 가장 중요한 차단 성능 평가 요소이며 조작기구를 통해 진공 인터럽터가 최적으로 동작할 수 있도록 동작거리(stroke), 동작속도 등을 구현할 수 있다. 조작기구의 사용중 마모 및 동작 원활성이 저하되면 진공 인터럽터를 최적으로 구현할 수 없으며 이러한 조작기구의 동작 상태는 동작커브(travel curve)측정으로 확인할 수 있다. 국제규격 IEC에서는 이러한 동작커브의 오차범위를 ±5%로 제한하고 있으며 형식시험과정에서 측정되어

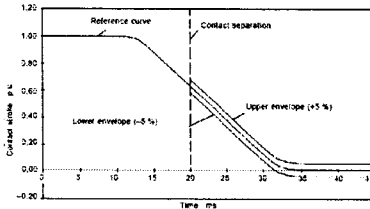
기준이 된 동작커브는 기기 사용중 성능평가에 중요한 요인이 된다[4-5].

3.2 기준 동작 커브

차단기의 동작커브는 기준커브를 기준으로 $\pm 5\%$ 의 오차범위를 가지며 이는 다음 그림 1, 2와 같다.

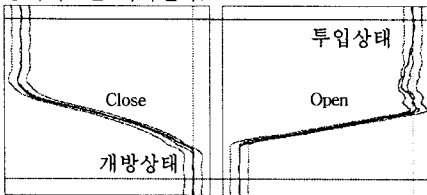


<그림 1> 차단기의 기준 동작 커브(개방)



<그림 2> 차단기 동작커브의 오차범위($\pm 5\%$)

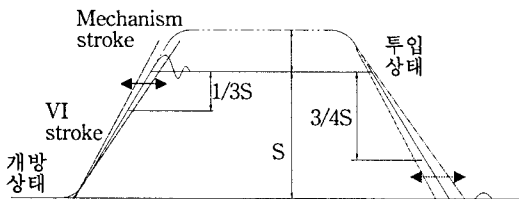
그림 1은 차단기 개방시의 기준 커브로 x축은 동작시간, y축은 동작거리, 기울기는 차단시 차단속도를 나타낸다. 일반적인 국내 배전계통은 고속도 재폐로 방식을 채용하므로 차단기의 기준커브 측정시에도 재폐로 방식의 동작책무(O-0.3s-CO-3min-CO)로 측정하여 관리해야 한다. 그림 3은 25.8kV 25kA 진공차단기의 투입개방(CO) 동작커브를 나타낸다.



<그림 3> 투입개방(CO) 기준 동작 커브

3.3 동작 커브 분석

차단기의 동작커브 기울기의 변화는 차단기 동작속도의 변화를 의미하며 동작속도의 변화는 투입 및 개방시간 변화를 초래한다. 이는 조작기구 동작의 원활성과 부하 및 고장전류 개폐과정에서 발생하는 접점 손상에 따른 동작거리 변화에 기인한다. 동작 커브 변화는 그림 4와 같이 투입과 개방시로 구분하며 투입시 전체 동작거리의 1/3지점, 개방시 전체 동작거리의 3/4지점이 속도변화 및 차단성능 변화에 주요한 구간이다.



<그림 4> 투입개방(CO) 기준 동작 커브

투입과 개방시 동작 커브변화에 따른 차단 특성 변화 및 이에 대한 평가는 다음 표 3과 같다.

<표 3> 동작 커브 변화에 따른 차단 특성 변화

동작 구분	동작커브 변화	차단기 상태 및 조치사항	평가기준 및 변동범위
투입 동작	좌측이동	투입속도증가 차단부 마찰저항감소	+5% 이내
	우측이동	투입속도저하 투입스프링 탄성변화	투입특성불량
개방 동작	좌측이동	개방속도증가	-5% 이내
	우측이동	개방속도저하 개방스프링 탄성변화	차단특성불량

표 3의 동작특성 변화 및 평가기준은 동일한 제어전압으로 측정된 경우를 가정한 것이며 제어전압변동에 따라 동작시간은 변화될 수 있으나 동작속도는 제어전압과는 무관하다.

3.4 동작 커브 평가 기준

차단기의 동작커브 변화원인에는 조작스프링의 탄성변화에 따른 조작기구 특성변화, 진공 인터럽터 가동부 마찰저항 변화와 같은 기계적인 변화와 전극 마모에 따른 진공 인터럽터 이동거리 변화, 투입 및 개방용 전자석 코일의 열화에 따른 기자력 저하, 아크에너지에 의한 전자반발력과 같은 전기적인 변화로 구분할 수 있다. 차단기 운용과정에서 일정기간 경과 후 동작커브 측정을 통해 투입 및 차단특성 불량여부를 판별할 수 있으며 조작기구 교체 및 차단기 동작거리 조정 등을 통해 사용수명을 연장하고 차단 성능을 일정수준으로 유지할 수 있다[1].

4. 결 론

본 논문에서는 배전용 진공차단기를 대상으로 계통에 설치하여 운전중 성능유지를 위해 필요한 점검 및 측정 방법에 대해 기술하고 차단 성능에 영향을 미치는 동작 커브 변화 분석을 통한 평가방법에 대해 제안하였다.

향후 차단기의 절연물 및 진공인터럽터의 절연 열화가 차단특성 및 기기의 수명에 영향을 미치는 부분의 연구수행이 필요할 것으로 사료된다.

감사의 글

본 과제(결과물)는 지식경제부의 지원으로 수행한 에너지자원인력양성사업의 연구결과입니다.

[참 고 문 헌]

- [1] 최홍규, "전력사용시설물 설비 및 설계", 성안당
- [2] IEC60694 2002. Common Specification for High voltage switchgear and controlgear standards
- [3] KS C IEC 60694 2002. 고압 개폐기기 및 제어기기 공통사항, 기술표준원
- [4] IEC 62271-100 2005. Part 100 : High voltage alternating-current circuit breaker.
- [5] IEEE C37.09-1999, "IEEE Standard Test Procedure for A C High-voltage Circuit Breakers Rated on a Symmetrical Current Basis.