

배전급 개폐기류 실증시험장 구축에 관한 연구(II)

김익수, 정주영, 김민규, 신영준, 김동명, 김주용, 하동혁, 정낙현
 전기연구원, * : 한국전력공사

Construction of Field Test Evaluation System for 22.9 kV Switchgear

I. S. Kim, J. Y. Jeong, M. K. Kim, Y. J. Shin, D. M. Kim, J. Y. Kim, D. H. Ha, N. H. Jung
 Korea Electrotechnology Research Institute, * : Korea Electric Power Corporation

Abstract - 본 고에서는 우리나라에 유일한 배전급 실증시험장인 전북 고창 시험장에 배전급 차단기 및 개폐기의 성능을 실증 평가 할 수 있는 기본 시험 시스템 구축에 관한 시험설비에 관하여 소개한다. 본 설비를 구축 활용함으로써 filed에서 발생하는 실증시험을 통해 국내 기자재의 성능 파악 및 신뢰도 향상을 제고하고자 한다.

1. 서 론

전력시장의 구조개편 및 경쟁체제가 이루어지는 가운데 전력설비를 더욱 효율적으로 운용할 필요성이 증대하고 있다. 특히 배전용 차단기 및 개폐기는 전력계통에 있어서 부하와 직접 접촉되어 차단·투입되는 통전설비로 사용되므로 개폐장치의 고장은 산업설비의 제어불능과 정지를 의미한다. 따라서 에너지 산업의 경쟁체제하에서 배전계통 신뢰도 및 전력품질은 높은 고객이 만족하는 전력을 수송하기 위해서는 배전선로운영에 기본이 되는 차단기 및 개폐기류의 품질확보가 우선적이다.

차단기의 각종 차단성능을 떠받치는 기본적인 특성의 기준으로서 개폐특성시험이 사용된다. 또 연속개폐시험은 차단기에 대하여 규격이 요구하는 기계적 내구성의 기준을 나타내는 것이다. 이 외에 차단기에는 어떠한 조건에서도 지령에 기초한 바른 동작을 행하는 것이 요구되므로 실용성능을 검토하기 위한 고·저온시험, 회빈도 개폐시험 등의 특수개폐시험이 행해지고 있다.

개폐성능 및 기계적 수명에 관하여는 차단기의 규격에 규정되어 있는 항목으로서 개폐특성시험 2,000회 연속개폐시험, 참고시험으로 10,000회 연속개폐, 소음시험, 고·저온 시험 등이 있다.

현재 10,000회 연속개폐시험은 일본 외에 프랑스, 영국, 이탈리아 등에서 채용되고, IEC 규격에서는 Class M1(일반용 2,000회)에 대하여 다빈도 사용보수 생략화에 대응하는 Class M2(특수사용조건용 10,000회)가 규정되어 있다.[1-4]

고·저온 시험에 관해서는 JEC 규격[에서는 통상의 운용조건인 -20~40℃에서의 온도범위가 표시되어 있고, IEC에는 고·저온 시험으로서 저온측은 -25℃ 혹은 -40℃, 고온측은 40℃가 규정되어 있다.

실 계통에서는 년마다 1~2회 밖에 개폐되지 않는 차단기도 수많이 있고, 일본에서는 이 회빈도 개폐시험에 관련한 성능평가기술이 중요시되고 있다.

이상 기술한 바와 같은 실제적 환경조건을 상정한 평가시험을 실시하는 것은 곤란하므로 현지 설치 후에 어떤 기간마다 개폐조작을 실시하여 여러 성능을 확인하는 것이 요구된다. 일본의 전력회사에서는 표 1에 나타낸 바와 같은 정기점검을 이용한 개폐조작을 실시하고 있다고 보고 되고 있다[5].

가스 차단기의 개폐특성 및 기계적 수명에 관한 한층 더 높은 신뢰성을 확보하기 위하여 보다 고도인 관측, 측정기술이 요구되고, 최근에는 각종 센서의 개발, 광기술의 응용, 컴퓨터처리 등에 따라 현재까지의 고장원인을 반영하여 실용에 따르는 것으로 되어, 예를 들면 열

표 1. 일본 전력회사의 정기점검 주기의 예

점검 종류	전력회사(10社)		
	1년째 (50%)	실시하지 않음 (50%)	
초회 점검	1회/3년 (70%)	1회/6년 (30%)	
보통 점검	1회/12년 (90%)	1회/6년 (10%)	
개폐조작 시험	1회/3년 (50%)	1회/6년 (30%)	1회/1년 (20%)

음을 부착시킨 상태에서의 개폐조작을 실시하는 병렬시험, Grease를 사용하지 않은 무윤활에서의 개폐동작 등의 고장모의시험이 실시되고 있다. 또 연속개폐시험에서는 등가부하 모델을 이용한 조작기구 만의 검증시험도 행해지고 있다.

이와 같은 성능평가 시험 시에 보다 고도인 관측·측정기술에 따라 얻어진 여러 가지의 데이터와 고정밀도인 해석결과를 비교해 보고 개폐특성 및 기계적 수명의 성능평가를 행하고 있다.

가스차단기의 조작기구가 고장 비율은 상당히 큰 것으로 되어 있으므로 가스차단기 설치 후의 조작기구를 대상으로 한 고장예지, 수명진단 등이 실시되고 있는 중이다. 이에 관련한 평가기술이나 판단기준에 대하여 많은 연구가 행해지고 있다. 그림 1은 스트로크 이상의 유무를 측정된 개략도를 나타내고 있다[12].

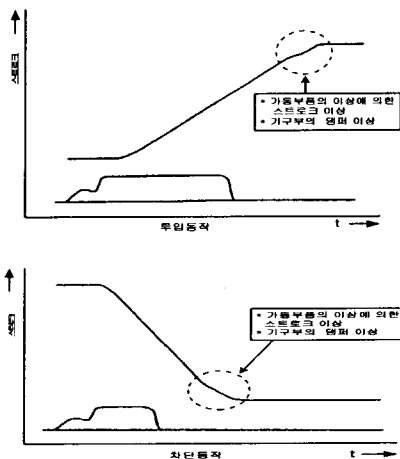


그림 1 스트로크 측정에 의한 이상유무 판단의 개략도

2. 실증 시험장 구축 목표

2-1. 실증시험장 구축을 위한 규격 분석

1) 절연 성능 평가

차단기 개폐기류의 차단 및 개폐 동작 후에도 절연 성능을 유지하여야 하므로 실증시험장에서 절연 특성 평가는 필수적이다.

2) 차단 및 개폐 특성 평가

단시간 전류 시험, 차단 및 개폐 시험은 직접시험법에 의한 것이 바람직하지만, 고전압 대응량화에 따라 시험 설비용량 부족 때문에 직접시험법으로 행하기가 곤란하여 합성 단락시험법을 적용하게 되었다. 일본 규격인 JEC 2300에서는 진상 소전류 시험법에 대해서도 합성시험회로가 있다. 그림 2는 SF₆ puffer 형 차단기의 차단전류의 함수로서 등가차단 동작 회수를 나타낸 것이며, 표 2는 일본에서 발표된 국외의 대전력 시험소의 예를 나타낸다[5,6].

따라서, 단시간 전류 시험, 차단 및 개폐 능력에 관한 시험은 단락설비를 갖춘 시험소에서 실시한다. 소전류 시험은 단락 차단 시험 후에 하도록 규정되어 있고, 실제의 운용상태를 고려하여 실증시험장에서 평가하는 것으로 한다.

3) 내환경 성능시험

실제의 차단기 개폐기류는 사용 환경이 다양하므로, 이에 대한 평가를 실증시험장에서 평가하여야 한다.

4) 특성 평가 설비

차단기 개폐기류의 고장을 미연에 방지하기 위하여 비파괴 특성평가로 판단할 수 있어야 하므로, 실증시험장에서 필수적으로 구비하여야 한다.

2-2. 실증 시험장의 구성

실증 시험장은 실증시험선로 및 시험동으로 구성된다. 실증시험선로는 배전선로의 표준경간을 기준으로 하여 차단기 개폐기류를 설치한다. 소전류 개폐시험 지역에서는 등가 부하군을 투입할 수 있도록 한 소전류 개폐 시험을 행하여 신개발 배전 기자의 성능확인, 사용 배전 기자의 제작업체별 성능비교를 통하여, 보다 우수한 제품성능 향상 유도 및 기업체 기술지원 방안을 마련한다. 장기간 방치시험 지역에서는 장시간 방치 후 시험을 하는 회년도 시험 및 기 사용 배전기자의 경년열화 시험용으로 사용한다.

표 2 국외 주요 대전력 단락 시험소의 단락용량[5]

국명	시험소명	단락용량(MVA) (발전기단자)			단락용량(MV A)		
		순시	3cycle 후	전압(kV)	순시	3cycle 후	
네덜란드	KEMA				8,400	4,800	
스위스	(BBC ABB (ASEA)	3,750	3,750				
스웨덴					3,300	1,700	
프랑스	M-G				3,000	2,500	
	EDP (Renardieres)	6,520	1,860	380	5,000	10,000	8,600
미국	GE					3,200	
	WH (현재 PSM 시험장 :제3차공개)					3,200	2,500
	KENA-USA (3,250)						
독일	Grand Coulee			220	10,000		
	Siemens					3,500	2,500
	AEG					3,500	1,700
	IPH(구 동독)	(3,400)		440	600		
러시아	HVRC			440	7,000		
폴란드	IE	3,000					
이탈리아	CESI			220	3,500		1,700
한국	KERI	6,000	4,000			3,430	
캐나다	Hydro-Quebec			735	4,000	5,200	4,000

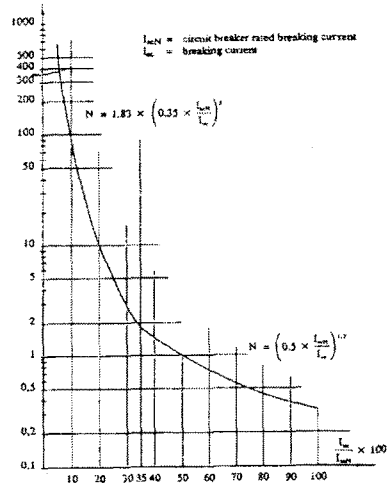


그림 2 SF₆ puffer 형 차단기의 차단전류의 함수로서 등가차단 동작 회수 [6]

시험동은 실증시험선로 및 기 사용 선로에 있었던 시험 품의 절연 특성, 내환경 특성, 가스 분석, 동작특성 등의 각종 특성시험 및 분석을 할 수 있도록 구성한다.

2-3. 실증시험장의 구성 및 장비

차단기 및 개폐기에 대한 규격에 언급되는 시험은 크게 3가지의 분야 즉, 절연성능 시험, 차단 및 개폐 특성 시험, 내 환경시험으로 나눌 수 있다. 전기품질 및 개폐기류의 성능을 실증 평가할 수 있는 기본 시험설비를 구비하여야 하는 실증시험장 건설에 있어서는 위의 3가지 항목에 대한 기본적 시험 및 장기간의 현장과 유사한 설치 운영 및 특성 평가 분석시험을 할 수 있어야 한다. 절연성능 시험은 상용주파전압과 충격전압 시험으로 나눌 수 있고, 상용주파전압 시험은 시험용 변압기, 전압조정장치, 전압인가 시의 안전장치인 단로기 및 차단기, 전압측정시스템 등의 설비가 필요하며, 측정 장치로는 부분방전 시험장치, 라디오 전파 장애 전압 측정 장치, EMC측정 장치를 필요로 한다. 충격전압 장치는 충격전압 발생기 및 측정 장치를 필요로 한다. 부분방전특성은 절연물에 대한 비파괴 특성 평가를 할 수 있는 우수한 방법이므로, 이에 대한 향후 자료 획득 및 분석 연구가 필요하다. 차단 및 개폐 특성시험 중 단시간 전류시험 등은 고가의 단락발전기 및 단락변압기가 필요하며, 현재 한국전기연구원 등에 설비가 있으므로 시험소의 설비를 활용하여 개발시험을 통한 특성 평가 자료를 획득하면 된다. 소전류 개폐특성시험은 실증시험장에서 평가하여 차단기 및 개폐기의 성능을 평가할 필요가 있다. 소전류 특성 평가를 위하여 실증시험장(실제 개폐기류 및 실증선로 설치) 및 실제 배전체계의 환경을 모의할 수 있는 등가적 부하를 설치 운영할 필요가 있다. 내 환경 시험은 실제 운영상의 환경을 모의하여 시험을 하므로, 저 고온시험을 위한 챔버, 방풍우 시험설비, 오손시험설비가 필요하다. 장기간 실증 시험용의 시료 및 실제 현장에서 운용중인 제품의 특성평가 장치인 가스 누설 측정 장치, 가스 순도 측정 장치, 가스 중의 수분량 측정 장치, 개폐시간 측정 장치가 필요하다. 시험실의 구성은 아래와 같이 한다.

고전압 시험장	EMC시험장	풍우 시험 등의 내환경 시험장
control room 및 수전반	특성 평가실	저온 고온 시험장

옥외의 실증시험장은 장기간 설치 후의 제품의 특성평가를 행하고, 소전류 개폐시험을 위하여 등가부하 균을 병렬로 투입하도록 하여 특성을 평가하도록 고장의 실증시험장을 구축한다. 그림 3은 배전 실증시험장 선로 구성의 개략도를 나타낸 것이다.

시험회로는 실험실의 경우 전동용 및 특성평가실의 계측기용 전원은 독립된 절연 변압기를 사용하며, 고전압이 사용되는 전압인가용 전원과는 별도로 하여 공급한다. 상용주파 시험설비 및 충격전압 시험용으로 고전압이 사용되는 전압인가용 전원은 안전을 위한 단로기, 전압조정기, 차단기가 구비되고 케이블을 통해 상용주파 전압이 시험용 변압기 입력단 및 충격전압 입력단에 전압이 인가된다. 충격전압의 입력단에서는 상용주파 전압 파형을 직류전압으로 바꾸어 충전부를 충전하고, 시동값에 의하여 trigger시켜서 원하는 충격 파형과 전압을 만들어낸다. 접지 저항은 가능한 낮도록 구성하며, 시험시의 접지회로는 면적이 넓은 동판 등을 사용한다. 부분방전 및 EMC 시험용 전원은 noise filter 및 독립된 절연 변압기를 사용한 회로를 사용한다. 풍우시험의 내환경 시험장 및 저온 고온 시험장의 전원은 안정된 전압을 공급하기 위하여 별도의 변압기를 설치한다. 옥외의 시험회로는 현재 고장에 구성되어 있는 98본의 전주로 구성된 실증시험장을 사용하여 그림 3과 같이 회빈도시험 및 장기 과전시험을 행하는 장소와 소전류 개폐시험을 하는 장소는 별도로 한다. 소전류 개폐시험은 현장에서 있을 수 있는 여러 가지 부하를 등가적으로 표현하는 등가부하를 병렬로 접속한 시험회로를 사용한다.

3. 결 론

본 고는 우리나라 유일한 배전급 실증시험장이 있는 전북 고창에 배전급 개폐기류의 성능을 실증 평가할 수 아래와 같은 종합 실증 시험 시스템을 구축하여, 새로이 개발되는 기기, 이상동작 기기, 노후 및 간이수리 기기 등의 차단 개폐기류에 대하여 검증을 행하며, 실제 운영 중인 배전계통 현장에서의 차단기와 개폐기로 인한 문제점 제거가 가능케 된다.

- ① 소전류 개폐시험(3상 시험) 설비
- ② 고·저온 등의 내환경 시험 설비
- ③ 각종 특성평가 설비

향 후 본 실증시험시스템을 적용한 개폐기류의 실증성능평가 기술 향상에 따라 제품의 성능향상은 물론, 전기의 안정적 공급에 크게 이바지하리라 사료된다.

[참 고 문 헌]

- [1] IEC 62271-100, " High-voltage switchgear and controlgear Part 100 : High-voltage alternating-current circuit-breaker ", 2001
- [2] IEC 60265-1, " Switches for rated voltage above 1 kV and less than 52 kV ", 1998
- [3] IEC 60694, " Common specification for high-voltage switchgear and controlgear standards ", 1996
- [4] JEC 2310, " 교류 단로기 ", 1990
- [5] "가스 차단기의 성능평가 기술", 전기학회 기술보고 제702호, 1998
- [6] "Electrical Endurance and Reliability of Circuit-Breakers",
1 EEE Power Delivery, vol,8 No.1, 1993

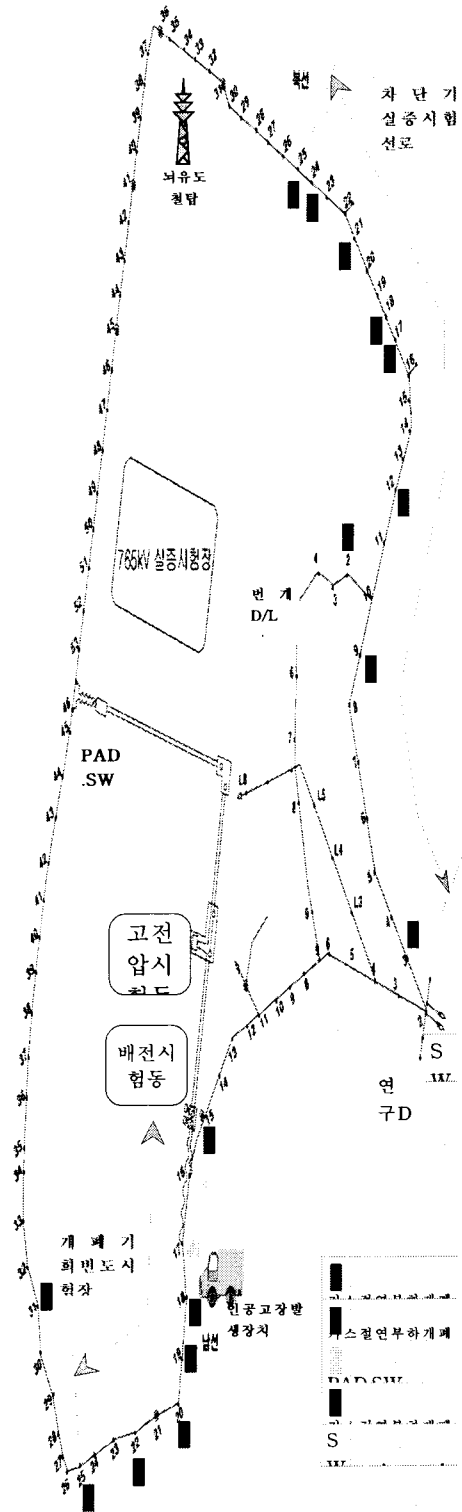


그림 3 배전 실증시험장 선로 구성의 개략도