

# 국제규격의 개정동향과 시험설비의 건설계획

한국전기연구원  
선임기술원 김맹현

## I. 서론

새로운 세계무역 질서 속에서 자국의 산업을 효과적으로 보호하고 수출을 확대시키는 방안으로 선진국을 중심으로 전세계의 모든 국가들이 국제규격을 적극적으로 활용하고 있다. 때문에 규격에 대한 인식이 과거와는 달리 크게 변화하고 있으며 공격적인 방법으로 규격사업을 주도하고 있다. 본 보고서에서는 이처럼 국제규격에 대한 인식이 크게 변화하고 있는 시점에서 국제규격의 개정방향과 내용을 면밀하게 분석하고 변화를 미리 예측하여 국내산업(중전기기 관련산업)의 국제 경쟁력제고에 능동적으로 대처하기 위한 기반을 제공하고자 고압교류차단기의 적용규격인 IEC60056 중심으로 개정이 진행중인 IEC 60056 Ed. 5-17A/589/FDIS에 대한 규격의 변경사항의 분석과 시험소의 시험능력과 설비의 건설내용을 기술하였다.

### 가. 국제규격의 개정동향

#### (1) 규격의 단일화

규격은 국제표준, 국가표준 및 단체표준으로 분리되어 국가, 지역 및 단체별로 각각의 기준을 지

금까지는 사용하였지만 WTO가 발족되면서 국제간의 혼란을 해소하기 위해 국제규격의 단일화의 필요성이 대두되어 ITU, ISO 및 IEC(1906년에 설립)규격이 제정되었다.

#### (2) 규격의 내용변화

해석기술과 장비의 발달로 실 상태와의 괴리가 축소되고 개정의 주기도 급속하게 빨라지고 있으며 과거에는 미처 고려하지 못한 내용도 계속해서 규격작업이 완료되고 있다.

#### (3) 규격의 활동주체의 변화

종전에는 공식적인 조직과 기술이 규격의 제·개정에 있어 주도적인 역할을 수행하였지만 지금은 다양한 조직 및 사용자도 규격의 제정과 내용의 수정에 상당한 영향을 행사하고 있다.

나. IEC 60056 Ed. 5-17A/FDIS  
(2000년 10월 27일)

#### (1) 규격의 개정작업

IEC 60056은 규격의 개정작업이 거의 완료되어

2000년 11월에 FDIS(Final Draft International Standard) 문서가 회원에 투표를 위해 회람되고 있어 오는 2001년 3~4월이면 정식으로 발효될 것으로 예상되고 있고 초고압차단기의 합성시험규격인 IEC 60427은 2000년 4월에 개정된 규격이 정식으로 발효되었다.

## (2) 규격의 내용분석

IEC 60056은 규격의 거의 모든 부분에서 개정이 이루어지고 있다. 그것을 시험항목별로 구체적으로 열거하면 다음과 같다.

지상소전류차단시험은 IEC 60056에서 분리되어 IEC 61233-Technical Report Type2로 새로운 규격으로 제정되어 발표되었으며, 진상소전류차단시험은 동작책무의 변경과 시험전후 확인시험을 보다 엄격하게 규정하여 종전에는 본 시험항목에서의 실패비율이 20% 미만이었으나 개정된 규격을 적용하는 경우 70~80% 정도의 실패비율이 높아지게 될 것으로 보고되고 있다.

근거리고장전류차단시험은 동작책무 L60%의 신설과 ITRV의 측정방법 등이 수정되었으며, 탈조단락투입차단시험은 동작시퀀스를 0-C0를 0-0-C0로 수정하고 차단기의 차단가능 최대아크시 간범위의 확인을 부가하여 규정하였다. 단락투입차단시험에 대해서는 제어전압, 시험전후 확인시험, 과도회복전압(TRV) 및 동작책무의 시험진행에 대한 소폭의 수정이 이루어졌고, 초고압차단기의 투입시험시의 시험전압을 모든 차단기에 대해 정격 전압으로 시험할 것을 강제 조항으로 규정함으로써 초고압차단기의 단락시험은 합성투입 및 차단 시험을 수행해야만 한다.

다. 한국전기연구소의 시험설비건설계획

앞 절에서 언급한 바와 같이 변화하는 국제규격에 능동적으로 대처하기 위하여 한국전기연구소는 오래 전부터 준비작업을 거쳐 시험설비의 건설 및 증설사업을 2000년 6월부터 수행하고 있으며 오는 2003년이면 완성될 것으로 예상하고 있으며 사업의 최종목표는 다음과 같다.

- 550kV 63kV Full-pole 합성투입시험설비구축
- 550kV 63kV Full-pole 합성차단시험설비구축
- 550kV 63kV Full-pole 합성진상소전류개폐시험설비구축

## II. 국제규격의 개정내용 분석 (IEC 60056을 중심으로)

### 1. 지상소전류차단시험

#### 가. 기본개념

지상소전류차단시험에서는 Inductance 특성에 따른 잔류전류가 중요한 역할을 한다. 즉 무부하변압기 등을 차단기가 개폐할 때는 변압기 여자전류에 상당하는 아주 작은 전류를 차단하게 되므로 Arc Suppression에 의한 전류재단(Current Chopping) 현상이 발생하게 된다. 이렇게 전류영점이 아닌 지점에서 전류가 차단되므로 Inductance에 의한 잔류전류가 남게 되고 이 잔류전류는 Stray Capacitance와 충, 방전을 하게 되는데 이때 Stray Capacitance가 작은 값일 경우에는 아주 높은 주파수의 전압이 차단기에 인가된다. 이러한 일련의 상황을 분석하여 차단기의 상태를 정확하게 평가하기 위한 방법으로 지금까지 적용하고 있는 일본규격(JEC 2300-1985)과 새로이 제정된 IEC 규격(IEC 61233-1995)을 비교하여 기술하였다.

나. 내용요약

IEC 규격에서는 기술적인 문제로 정식규격은 아직까지 완성되지 않았고, 다만 1995년에 발행된 기술보고서(Technical report type-2)만이 발행되어 사용되고 있다. 따라서 본 보고서에서는 일본 규격인 JEC 2300-1985의 규격과 IEC 61233-1995의 규격을 비교 분석하였으며 내용은 표 1과 같다.

다. IEC 61233의 정리

(1) 시험의 종류

- Transformer magnetizing currents switching test
- High-voltage motor switching test
- Shunt reactor current switching test

(2) 시험의 적용

- (가) Transformer magnetizing currents switching test
- 시험소에서는 모의 시험이 불가능

- 정격전압이 100kV이상인 차단기에서는 시험이 불필요
- 정격전압이 100KV미만인 차단기에서는 시험이 필수항목은 아님. 단지 사용 계통에서 차단기 개폐시 과전압 발생 우려가 있는 경우

(나) High-voltage motor switching test

- 정격전압이 1~17.5kV인 차단기나 개폐기

(다) Shunt reactor current switching test

(3) 시험진행(Shunt reactor current switching test를 중심으로)

(가) 일반 사항

- 시험회로의 미소한 차이가 차단기에 미치는 영향은 아주 크기 때문에 시험회로의 적용에 상당한 주의가 필요하며,
- 실험실에서 행하는 시험에서는 다소 가혹한 TRV 조건의 시험회로를 사용함으로써 대부분의 사용 조건에 대응할 수 있다.

〈표 1〉 규격 내용 요약(Shunt reactor current switching test를 중심으로)

	전 류 (A)	전 압 (kV)		주파수 (Hz)	동 작 책 무
		RV	TRV		
JEC 2300-1985	20	KT= 1~1.5	KA=1.2 Fq= 100~500Hz	정격±20%	Td1 : 0~10(3φ), 12회(φ) Td2 : 0~10(3φ), 12회(φ) 30도씩(1φ), Random(3φ)
IEC 1233-1995	변압기 : 20 전동기 : 400 분로 : 500~600	KT= 1~1.5	KA=1.9 t= 800~2600pF	정격±10%	Td1 : 0~20회(1, 3φ) Td2 : 0~20회(1, 3φ) Td3 : 0~18회(1φ)
비 고	지상소전류의 종류를 다음의 3가지 종류로 분류하고 내용은 다음과 같음. 1) Transformat magnetizing currents switching test, 2) High-voltage motor switching test, 3) Shunt reactor current switching test				

(나) 시험 진행 시퀀스

동작책무 1과 동작책무 2는 전기각 18° 변화시켜 20회 시험

동작책무 3은 다음과 같이 진행(1상 시험인 경우에만 적용)

- 동작책무2에서 재점호의 발생이 있는 경우
  - 최대 절연 파괴 지점에서 6회
  - 최대 절연 파괴 지점에서 전기각 9° 전진해서 6회
  - 최대 절연 파괴 지점에서 전기각 9° 후진해서 6회
- 동작책무 2에서 재점호 발생이 없는 경우
  - 최소 아크 지점에서 6회
  - 최소 아크 지점에서 전기각 9° 전진해서 6회
  - 최소 아크 지점에서 전기각 9° 후진해서 6회

(4) 시험 회로

시험회로는 단상 및 3상시험회로를 사용할 수 있다.

- 1상 : 정격전압이 72.5kV를 초과하는 차단기에 적용한다(시험의 편의를 위해).
- 3상 : 정격전압이 72.5kV 이하인 차단기에 적용한다.

(5) 전원 회로

- 전원 회로 임피던스  $L_s \leq L_{load} \times 0.1$
- 전원 회로 Capacitance  $C_s \leq C_{load} \times 10$
- 시험 주파수 : 정격주파수  $\pm 10\%$  (50Hz ↔ 60Hz)
- 전원 회로 TRV : 무시 가능

(6) 접속 LEAD 회로

- 임피던스의 분포는 전원측 회로와 부하측 회로에 동일하게 분포시키고 그 값은 가능

한 작게 그러나 규정치는 없음.

(7) 부하 회로

- 부하 회로의 임피던스  $L_{load} = V_n / \sqrt{3} / I_t / W_0$ 이고 회로의 구성은 공심리액터, 철심리액터 또는 리액터 부하를 사용하는 변압기를 사용할 수 있다. 그러나 이때 변압기의 특성은 규격에서 규정한 TRV와 동일해야 하고, 누설인덕턴스는 전부하의 10% 미만일 것.

(8) 시험 전압

- 회복전압 :  $KT \times V_n / \sqrt{3}$  (1상), 정격전압 (3상)

• TRV(부하측회로)

TRV파형은 1-COS파형

$KT = 1.0 \leftarrow 245kV$ 이상인 차단기

$1.5 \leftarrow 245kV$ 미만인 차단기

$KA = 1.9$

$U_c = KT \times KA \times \sqrt{(2/3)} \times V_n$

$t_3 = CL = 800pF \leftarrow 36kV$ 이하

$CL = 1750pF \leftarrow 36kV$ 초과  $245kV$ 미만

$CL = 2600pF \leftarrow 245kV$ 이상

여기서  $KT = \text{First pole to clear factor}$   
(1.3 or 1.5)

$KA = \text{Amplitude factor}$

$U_n = \text{차단기 정격전압}$

(9) 시험 전류

- 부하 회로-1

정격전압 (kV)	시험전류 (A)
12~36	1600
52~72.5	630
100이상	315

· 부하 회로-2

정격전압 (kV)	시험전류 (A)
12~36	500
52~72.5	200
100이상	100

주: 실 전류가 부하 회로-2 보다 작으면 실제의 전류로 시험할 것.

시험전류의 오차범위는  $\pm 20\%$

(10) 시험 회로의 접지

항 목	245kV미만인 차단기	245kV이상인 차단기
전원회로	접지	접지
부하회로	비접지	접지

(11) 시험 동작 책무

동작책무	시험 횟 수		시험 전 류
	3상	단상	
1	20	20	부하회로 No. 1
2	20	20	부하회로 No. 2
3	-	18	부하회로 No. 2

2. 진상소전류개폐시험

가. 기본개념

진상소전류개폐시험은 차단기의 전, 후에 용량성 부하( $1/WC \gg WL$ )로 구성되어 있어 시험전류가 시험전압보다 전기각으로 90도 앞선다. 그러므로 차단시험에서 진상소전류를 차단하게 되면 부하측에는 시험전압의 파고치( $\sqrt{2} \times$ 시험전압)로 충전

된 상태로 남게되고, 전원측전압은 다시 계통전압으로 복귀하게 되는데 이 과정에서 일시적으로 과도전압이 발생하게 된다. 이때 발생하는 과도전압의 크기와 주파수는 계통에 존재하는 회로파라미터에 의해 결정되고 부하측전압은 페란티 효과(Feranti effect)로 인해 전원측전압보다 다소 상승하게 되고 이러한 과도기간이 지나 반 사이클 후 차단기 극간에는 시험전압의 2배나 높은 전압이 극간에 발생한다. 이처럼 피시험차단기가 충분히 절연을 회복하지 못한 상태에서 시험전압의 2배나 높은 전압에 대한 차단기의 차단능력을 검증함이 그 목적이다.

나. 내용요약

진상소전류충전전류시험에 관해 내용을 요약하면 표 2와 같다.

다. IEC 60056-2000/FDIS의 정리

(1) 시험전류

정격전압에 따라 결정되는데 케이블충전전류시험은 10~500A, 선로충전전류시험은 10~900A, 콘덴서군시험은 400A이다.

(2) 시험전압

(가) 인가 및 회복전압

· 3상시험은 정격전압

· 1상시험은 정격전압  $\times K_v / \sqrt{3}$

(나) 과도회복전압

동작책무	과도회복전압		파 고 시 간		
	$t_{pu} = U_n \sqrt{(2/3)}$		$t_1$	$t_2$ (ms)	
	$u_c$	$u_1$		50Hz	60Hz
1	1.98	0.02	T30 TRV의 $t_1$ or $t_3$	8.7	7.3
2	1.95	0.05	T100 TRV의 $t_1$ or $t_3$	8.7	7.3

〈표 2〉

진상소전류충전전류시험에 관한 요약(IEC TC/SC17A/589/FDIS)

		전 류 (A)	전 압 (kV)		주파수 (Hz)	동 작 책 무
			RV	TRV		
IEC 60056 -1987	선로, 케이블	시험전압에 따름	정격(30Φ) 1~1.9(1Φ)	시험전압에 따름	시험전압에 따름	Td1 : 0-10(3Φ), 12(1Φ) Td2 : 0-10(3Φ), 12(1Φ) Td3 : 0-10(3Φ), 12(1Φ) Td4 : 0-10(3Φ), 12(1Φ) 30도씩(1Φ), Random(3Φ)
	콘덴서군	rms : 계산후 R-10계열 peak : 계산에 의함	정격(30Φ) 1~1.9(1Φ)	시험전압에 따름	시험전압에 따름	Td1 : 0-10(3Φ), 12(1Φ) Td2 : C0-10(3Φ), 12(1Φ) Td3 : 0-10(3Φ), 12(1Φ) Td4 : C0-10(3Φ), 12(1Φ) 30도씩(1Φ), Random(3Φ)
IEC 60056 -2000 (FDIS)	선로, 케이블	시험전압에 따름	정격(30Φ) 1~1.9(1Φ)	시험전압에 따름	시험전압에 따름	Td1 : 0-36(1Φ), 20회(3Φ) Td2 : 0-36(1Φ), 20회(3Φ) 부가시험 : 48(1Φ), 24(3Φ) Td2의 1/2회수는 C0로 실시 15도, 최소아크시간에서
	콘덴서군	rms : 400A peak : 20kAP freq : 4250Hz	정격(30Φ) 1~1.9(1Φ)	시험전압에 따름	시험전압에 따름	Td1 : 0-36(1Φ), 20회(3Φ) Td2 : C0-108(1Φ), 72회(3Φ) 부가시험 : 40/120-1Φ, 24/80-3Φ 15도, 최소아크시간에서
비 고		1) Precondition시험을 추가하고, 2) 재발호의 여부에 따라 차단기의 등급을 정함, 3) 전원인가부를 시험동작책무별로 변경하여야 하고, 4) 전원충전압변동율을 2~5%로 축소하였으며, 5) 시험회수 및 진행방법도 전면적인 개정이 이루어짐				

(3) 전원회로의 특성

- 전압변동율 : Td-1 : 2%이하,  
Td-2 : 5%이하

- 전원회로의 단락 임피던스는 정격단락류  
를 초과하지 말 것

(4) 제어전압 및 압력

동작책무	조작전압	조작압력	시험전류	동작책무
CC1, LC1, BC1	최대	최소	10~40%	0
CC2, LC2, BC2	최대	정격(OCB : 최소)	≥100%	0, C0

(5) 시험진행

(가) 시험진행

- 케이블, 선로충전전류시험(추천)
  - ① Precondition시험(단락투입차단시험 Td-3)
  - ② 진상전류개폐시험 CC1, LC1
  - ③ 진상전류개폐시험 CC2, LC2
- 콘덴서군 개폐시험(의무사항)
  - ① Precondition시험(단락투입차단시험 Td-3)
  - ② 진상전류개폐시험 BC2
  - ③ 진상전류개폐시험 BC1

(나) 시험횟수

- 케이블, 선로충전전류시험(3상)
  - ① Td-1 : 0-4회(15도 간격),  
0-6회(최소아크시간) : (+)극  
0-4회(15도 간격),  
0-6회(최소아크시간) : (-)극
  - ② Td-2 : C0-4회(15도 간격),  
C0-6회(최소아크시간) : (+)극  
C0-4회(15도 간격),  
C0-6회(최소아크시간) : (-)극
  - ③ 부가시험 : C0-24회(15도 간격으로)
- 케이블, 선로충전전류시험(1상)
  - ① Td-1 : 0-12회(15도 간격),  
0-6회(최소아크시간) : (+)극  
0-12회(15도 간격),  
0-6회(최소아크시간) : (-)극
  - ② Td-2 : 0-6, C0-6회(30도 간격),  
0-3, C0-3회(최소아크시간) :  
(+)극  
0-6, C0-6회(30도 간격),  
0-3, C0-3회(최소아크시간) :

(-)극

③ 부가시험 : 0-24, C0-24회(30도 간격으로)

- 콘덴서군 충전전류시험(3상)
  - ① Td-1 : 0-4회(15도 간격),  
0-6회(최소아크시간) : (+)극  
0-4회(15도 간격),  
0-6회(최소아크시간) : (-)극
  - ② Td-2 : C0-4회(15도 간격),  
C0-32회(최소아크시간) : (+)극  
C0-4회(15도 간격),  
C0-32회(최소아크시간) : (-)극
  - ③ 부가시험 : 0-24(Td-1), C0-80회  
(Td-2, 15도 간격으로)

- 콘덴서군 충전전류시험(1상)
  - ① Td-1 : 0-12회(15도 간격),  
0-6회(최소아크시간) : (+)극  
0-12회(15도 간격),  
0-6회(최소아크시간) : (-)극
  - ② Td-2 : C0-12회(30도 간격),  
C0-42회(최소아크시간) : (+)극  
C0-12회(30도 간격),  
C0-42회(최소아크시간) : (-)극
  - ③ 부가시험 : 0-40(Td-1), C0-120회(15도 간격으로)

3. 단락투입차단시험

가. 기본개념

(1) 투입시험

개폐장치는 고장전류를 투입할 수 있어야 하는데 이때 개폐장치는 다음과 같은 문제가 발생하게 된다.

(가) 개폐장치가 투입을 하게 되면 인가전압에 의해 접점이 기계적으로 접촉하기 전에 절연과 파괴가 발생하여 아크(pre-arc)가 발생하게 된다. 이것은 심한 열을 동반함으로 접점을 용착시키거나 아니면 차단부의 내부에 온도를 상승시켜 다음 동작책무인 차단을 수행할 수 없게 되고 이러한 아크가 개폐장치의 아크접점이 아닌 주접점으로 통전하게 되면 주접점의 대전류 통전능력을 현저하게 감소시키게 된다.

(나) 접점이 기계적으로 접촉하기 전에 대전류가 통전함으로 매우 큰 작용력이 접점간에 발생됨으로 개폐장치의 접촉부를 심하게 손상시키게 된다.

(다) 때문에 규격에서는 이러한 현상을 정확하게 모의하기 위하여 최대 아크시간과 최대 파고전류를 확인하도록 규정하고 있다.

## (2) 차단시험

(가) 개폐장치의 차단과정에서 가장 중요한 과정은 전류영점 근방에서의 전류, 전압 및 차단기의 상태이다. 이때 차단기의 극간에는 아크로 여전히 대전류가 통전하고 있기 때문에 대단히 높은 열이 발생하게 됨으로 다음과 같은 두 영역의 임계상황이 발생.

### · 상호작용구간

- Thermal interruption interval : 전류 차단후 SF6 차단기인 경우에는 0~10 $\mu$ s, Air blast인 경우는 0~200 $\mu$ s

- Thermal reignition : 고온의 가스를 충분히 냉각시키지 못하면 작은 전류(post arc-current) 개폐장치의 극간에 흐르게 되어 열적인 절연과 파괴 현상을 발생시킨다.

· 절연회복구간 : 상호작용구간이 지나고 과도 회복전압 및 회복전압이 개폐장치의 극간에

인가된다.

## 나. 내용요약

단락투입차단시험에 관해 규격의 내용을 요약하면 표 3과 같다.

## 다. IEC 60056-2000/FDIS의 정리

### (1) 기본 단락책무

· 기본 단락시험은 시험책무 T10, T30, T60, T100s 및 T100a로 구성됨.

· 차단전류는 시험책무 T10, T20은 규정치의 20%, T60은 10%, T100s 및 T100a는 단락전류 파고치는 차단기 정격 투입전류의 110%를 초과해서는 안됨.

· 시험책무 T10, T30, T60은 시험의 편의상 투입동작을 생략할 수 있지만 정격 동작 시퀀스의 시간간격으로 수행해야 함.

· T100s는 투입시험인 T100s(a)와 차단시험인 T100s(b)로 분리하여 시험.

### (가) 시험책무 T10

시험책무 T10의 시험전류는 정격 차단전류의 10%에서 직류분이 20%이하

### (나) 시험책무 T30

시험책무 T30의 시험전류는 정격 차단전류의 30%에서 직류분이 20%이하

### (다) 시험책무 T60

시험책무 T60의 시험전류는 정격 차단전류의 60%에서 직류분이 20%이하

### (라) 시험책무 T100s

표준 동작책무에서 투입 및 차단시험을 수행하여야 하며, 차단시험에서의 시험전류는 정격이고 차단점에서의 직류분은 20%이하, 시험전압은 정격 TRV 및 RV를 인가.



<표 3>

단락투입차단시험에 관한 요약(IEC TC/SC17A/589/FDIS)

	전 류	전 압		주파수 (Hz)	동 작 책 무	
		RV	TRV			
IEC60056 -1987	Td-1	8-12%	≥95,90%	$U_c = KT \times U_n \times \sqrt{(2/3)} \times 0.9$	정격±10%	0-3m-C0, 0-0, 3s-C0-3m-0
	Td-2	24-36%	≥95%	$U_c = KT \times U_n \times \sqrt{(2/3)}$		0-3m-C0, 0-0, 3s-C0-3m-0
	Td-3	54-66%	≥95%	$U_c = KT \times U_n \times \sqrt{(2/3)}$		0-3m-C0, 0-0, 3s-C0-3m-0
	Td-4	≥100%	≥95%	$U_c = KT \times U_n \times \sqrt{(2/3)}$		4a : C0-3m-C0, 0-0, 3s-C0-3m-C0
	Td-5					4b : 0-3m-0, 0-3m-0-3m-0
					0-3m-0-3m-0	
IEC60056 -2000 (FDIS)	T10	8-12%	≥95,90%	$U_c = KT \times U_n \times \sqrt{(2/3)} \times 0.9$	정격±10%	0-3m-C0, 0-0, 3s-C0-3m-0
	T30	24-36%	≥95%	$U_c = KT \times U_n \times \sqrt{(2/3)}$		0-3m-C0, 0-0, 3s-C0-3m-0
	T60	54-66%	≥95%	$U_c = KT \times U_n \times \sqrt{(2/3)}$		0-3m-C0, 0-0, 3s-C0-3m-0
	T100s	≥100%	≥95%	$U_c = KT \times U_n \times \sqrt{(2/3)}$		T100s(a) : C-3m-C, C-3m-C
	T100a					T100s(b) : 0-3m-C0, 0-3m-C0-3m-C0
					0-3m-0-3m-0	
비 고	1) NSDD현상의 판정기준을 삽입하고, 2) 단상단락에 2상 지락고장시험 항목을 추가하고 아크시간을 규정하였음, 3) 중간아크시간에서 차단실패할 경우의 시험진행방법을 부가하여 설명하였으며 시험주파수의 오차범위를 10%에서 8%로 축소하여 50Hz와 60Hz가 중복되지 않게 하였음, 4) T100s의 시험방법을 완전히 수정하여 0-동작책무를 C-동작책무와 분리하지 못하게 함으로써 투입과고전류와 차단전류를 동시에 만족하도록 규정하고 있으며, 5) 투입시 차단기의 아크 상태에 관계없이 정격전압과 전류를 사용하여 시험할 것을 규정					

투입시험은 정격투입전류, 정격전압에서 규정된 동작책무를 실시하고 시험설비의 한계로 어려운 경우 투입시험과 차단시험 분리하여 수행할 수 있다.

(2) NSDD(자소성 자가방전현상)

차단후 회복전압구간에서 순간적으로 발생하는 절연파괴 방전현상으로 차단 메카니즘이 동작하지 않아도 스스로 절연을 회복하는 방전현상이다. 따

라서 만약 전류를 차단한 후 NSDD가 상용주파의 1/4주기 이내에서 발생한다면 이것은 아크소호의 한 형태로 간주한다. 그리고 NSDD는 3상시험에 비해 단상시험에서 발생확률이 높으며 만약 시험 중에 NSDD가 발생하면 판정은 다음과 같다.

- 전 항목의 차단시험을 통해 최대 3회까지만 허용하고,
- NSDD로 인해 발생된 재점호전류가 상용주

파로 전이된 경우는 차단실패로 간주,

- 발생한 NSDD와 시험동작책무를 성적서에 기록유지

(3) 중간의 아크시간에서 차단실패가 발생한 경우의 시험진행방법

중간아크시간에서 의도된 전류영점에서 차단되지 않고 다음 전류영점에서 차단되는 차단기를 중간 아크시간을 갖는 차단기라 한다. 이 경우 직접시험에서는 새로운 최대아크시간이 되고, 합성시험에서는 새로운 최소아크시간이 되어 2회의 추가 시험이 필요하고 시험진행방법은 다음과 같다.

- 직접시험 :  
18°를 전진해서 1회(최소아크시간), 18°를 후진해서 1회(최소아크시간확인)

- 합성시험 :

$$T \frac{150^\circ - da}{360^\circ} (KT = 1.5),$$

$$T \frac{180^\circ - da}{360^\circ} (KT = 1.3) \text{를 전진해}$$

서 1회(최대아크시간), 18°를 전진해서 1회(최소아크시간).

(4) 단상단락과 2선지락시험

(가) 적용

3상 일괄형 차단기나 공통 트립 제어가 부착된 3상 분리형 차단기에 적용하는 시험으로 차단기의

동작이 불균형 힘에 해로운 영향을 받지 않는다는 것을 증명하는 부가시험으로 접지계통에는 단상지락, 비접지계통에는 2상지락시험을 기본 단락시험책무 T100s에 추가하여 실시.

(나) 시험 전류와 회복전압

차단전류는 정격차단전류로 직류분은 20% 이하가 되도록 하여 차단기의 한극에만 전류가 인가하고 과도회복전압은 T100s의 전압을 KT계수로 나누어야 한다.

(다) 시험책무

시험책무는 1회의 차단시험만 수행하는데 시험 전류의 인가는 3상 일괄형 차단기는 외곽상에 인가하고 아크시간은 식(1)과 같다.

$$T_a = T_{100sa} + 0.7 \times T/2 \quad (1)$$

여기서  $T_a$  : 아크시간,

$T_{100sa}$  : T100s 시험시 최소아크시간

(5) 각상의 차단계수를 고려한 단상시험

단상시험이 3상시험에 비해 가혹함으로 단상시험을 수행할 때 차단기가 고장전류를 차단할 때 발생하는 전류 및 전압과 같게 하기 위해 각상의 차단시험을 분리해서 시험을 실시할 수 있으며 그 방법은 표 4와 같다.

<표 4>

각상의 차단계수를 고려한 단상시험

K T	1st-pole 차단	2nd-pole 차단	3rd-pole 차단
1.5	0~60°	90~150°	90~150°
1.3	0~60°	77~137°	120~180°
비 고	시험전류는 정격, 시험전압은 KT 계수를 고려하여 시험함		

### Ⅲ. 시험설비의 건설계획

험설비를 구축함.

#### 1. 사업의 개요

계통 단락용량 증가에 따른 대응량 차단기의 개발과 국제규격인 IEC 60056 및 IEC 60427의 개정에 따라 한국전기연구소의 대전력시험설비를 보완 및 증설하여 550kV 63kA Full-pole 차단기의 성능평가시험을 개정된 규격에 만족하는 시

#### 2. 사업의 목표

- 550kV 63kA Full-pole 합성투입시험설비구축(신설)
- 550kV 63kA Full-pole 합성차단시험설비구축
- 550Kv 63KA Full-pole 합성진상소전류개폐시험설비구축

#### 3. 사업의 소요예산

(단위 : 백만원)

설비명	총예산	2000	2001	2002	2003
투입합성시험설비	8,500 (-550)	3,600 (-250)	1,900 (-100)	1,950 (-100)	1,050 (-100)
대용량차단시험설비	6,080 (-200)	-	2,100 (-100)	2,550 (-100)	1,430
설계 및 감리비	750	250	200	200	100
합계	14,000	3,600	4,000	4,500	

#### 4. 사업의 상세내용

##### 4.1 투입합성시험설비

가. 투입 합성 설비의 인가 전압은 국내에서 생산되는 초고압 차단기의 차단부 단위전압을 표준으로 검토하되 수출용으로 제조되는 차단기의 시험도 가능토록 설비 사양을 결정함.

- 단상 :  $550/\sqrt{3}$ kV,  $420/\sqrt{3}$ kV (800kV 1/2 pole),  $362/\sqrt{3}$ kV, 289/ $\sqrt{3}$ kV (550kV 1/2 pole), 245/ $\sqrt{3}$ kV
- 3상 : 145kV, 170kV, 245kV(시험회로의 검토만 수행)

나. 전압 인가용 변압기는 단상변압기 3대로, 245kV 이상의 단상시험은 변압기를 Cascade 결선하여 시험하고, 3상 시험은 단락 변압기를 Y로 결선하여 중성점을 접지하여 사용하며(향후증설에 대비하여 회로의 변경이 용이한 구조로 설계 제작함). 1, 2단 변압기는 Cascade 가능토록 3권선 변압기로 제작함.

- 1 $\phi$ -2,250kVA - 15/10kV/150kV/10kV -1대-
- 1 $\phi$ -1,500kVA - 15/10kV/150kV/10kV -1대-
- 1 $\phi$ -750kVA - 15/10kV/150kV -1대-

다. 투입전류 용량은 국내외의 개발 추이를 감안하여 550kV-63kA까지 가능한 투입 스위치를 설치하고, 3상 시험은 현재의 시험기술로는 불가능함으로 경제성을 고려하여 2상에만 정격전압을 인가 및 투입 스위치를 설치하고 향후 3상 시험에 대한 새로운 기술이 개발되면 신속하게 개조가 가능한 구조로 구성함.

- 고속 투입 스위치 : 120kV-63kA -3대-
- 보조 투입 스위치 : 420kV-63kA -1대-

#### 4.2 투입전류 조정장치

가. 개정된 IEC 60056(17A/589/FDIS)에는 모든 동작책무의 차단시험을 정격전류 및 전압을 동시에 만족하게 수행하도록 규정하고 있어 차단점에서 직류분을 20% 이하로 유지하고 차단전류를 맞추기 위해서는 약 8cycle 지점에서의 차단이 불가피함으로 투입전류가 규격 최대치인 110%를 상회하여 130%까지 예상됨. 따라서 이러한 문제점을 해결하는 방안으로 아래와 같은 두 가지의 설비 개선방안을 검토 중에 있음.

- 초고압 차단기(합성시험)
  - 단상 : 550kV-40kA, 50kA, 63kA
  - 3상 : 245kV-40kA, 50kA
- 특고압 차단기(직접시험, SC TR)
  - 단상 : 25.8kV-31.5kA, 40kA
  - 3상 : 24kV-25kA, 31.5kA, 40kA, 25.8kV-25kA
- 고압 차단기(직접시험, IPB)

- 3상 : 7.2kV-25, 31.5, 40kA

나. Super excitation system 기능을 활용하는 방안을 강구함.

다. 투입전류의 조정은 투입 순간에는 Reactor를 삽입하고 투입전류가 감쇄한 후에 투입 스위치로 Reactor를 단락하는 방법으로 합성시험 및 직접시험 공용으로 사용키 위해서는 변압기 전단, 즉 CLR 전후에 설치함.

라. 삽입되는 Reactor의 크기는 총 Impedance의 31.5kA 이상의 차단기는 20%, 25kA 이하는 15%로 하고, 3상의 경우 3상에 삽입하여 투입전류를 조정하며, 투입 스위치의 투입용량은 80kA로 선정.

- Reactor : 25-75mΩ 연속 조정, 100/260kA, 0.08sec -3대
- 투입 스위치 : 24kV-80kA -3대

#### 4.3 초대용량 차단시험설비

가. 전류원회로의 용량 증설방안

(1) 현재 국내에서 개발되는 초고압 차단기류의 차단시험을 목표로 설비를 검토하여 향후 차단용량 증가를 대비하여 개발 가능한 최대차단용량으로 건설할 계획임.

- 단상 : 63kA(550kV-63kA GIS)
- 3상 : 50kA(362kV-50kA GIS)

(2) 초고압 차단기의 합성시험시 전류원 전원의 설비 최대용량은 3cycle 기준으로 50kA까지 시험이 가능하나, 8cycle 기준으로는 50kA에 다소 미달함.

<표 5>

SC TR 회로의 최대 단락용량

3상 회로				단상 회로			
변압기 결선	최대전압 [kV]	최대전류 [kA]		변압기 결선	최대전압 [kV]	최대전류 [kA]	
		3 cycle	8 cycle			3 cycle	8 cycle
18 - 24 (△ - △)	24	50.3	45.7	18 - 24	24	52.5	49.2

(3) SC TR의 1, 2차 역결선하는 방안

- 전류원 증강사업은 시험설비의 효율적인 사용과 예산을 고려하여 단락변압기의 인입 및 인출단에 각각 단로기를 설치하여 인입과 인출을 서로 바꾸어 결선함으로써 시험전류를 50kA에서 65kA까지 증강할 수 있을 것으로 예상.

- 변압기 1차측(18kV)에 단로기를 설치하고 변압기 전원을 인출하여 합성시험 Test cell까지 최단거리로 공급(△, 병렬 결선)
- 변압기 2차측(24kV)에 단로기를 설치하고 IPB를 이용하여 발전기 전압을 변압기에 인입(△, 병렬 결선)

<표 6>

변압기 역결선시 최대 시험용량

3상 회로					단상 회로			
	변압기 결선	최대전압 [kV]	최대전류 [kA]		변압기 결선	최대전압 [kV]	최대전류 [kA]	
			3 cycle	8 cycle			3 cycle	8 cycle
계산치	(YF24D/ 18D)	13.5	63.8	59.6	(YF24P/ 18P3)	13.5	68.8	65.5
실측치		4.91	23.58	22.25		4.91	26.13	25.14
		13.5	64.85	61.18		13.5	71.85	69.14

나. 전압원회로의 용량증설

- (1) 콘덴서 용량을 증가시켜 550kV - 63kA 까지 전류 주입법으로 가능한 합성시험 설비로 개조함(탈조단락차단시험은 설비의 투자효율과 경제성을 고려 HYBRID 합성법으로 시험함).
- 콘덴서 증설 : 3.5MJ(Reverse Factor : 98%, Life time : 100,000회, 잔류 전하량 : 0.5%)

- Reactor 증설 : 5.0H, 10kA
  - 충전장치 보완 : 500kVdc, 300mA, 3대
  - 보조 차단기 : 550kV, 80kA, 3150A// 170kV, 63kA, 4000A//420kV, 63kA, 2000A
  - 구조물 개조 : Reactor 및 저항설치용 구조물을 FRP에서 Steel 구조물로 개조
- (2) 초고압 차단기의 진상·지상소전류(부하설비만 증설) 개폐시험용 부하설비 및 DS·

ES의 소 전류 개폐시험용 부하설비, 확보.

- 콘덴서 보충 : 1.0MJ(Reverse Factor : 100%, Life time : 20,000회)
- Reactor : 500mH, 1000A, 6Set

#### 다. 측정장치

(1) Data Acquisition System의 상용화에 따라 현재까지 사용하고 있는 전류측정용 CT의 사용에 문제점 발생(2차 변환기의 검교정 및 주파수 특성)하여, 전류 측정 소자를 shunt로 개조하고, DAS의 보호 및 측정시 노이즈 제거를 위하여 모든 측정선은 Test cell부터 Fiber Optic Cable로 설치하고, 측정설비를 2개 회로로 분리하여 시험효율을 증가시키고, 유사시를 대비한 DAS의 Back-up system 설치.

#### (2) 설비내역

##### (가) DAS 및 광 변환장치

- ① System Mainframe(BE256-XE) : 2SET
- ② 10Ms/s, 4Mb, 14bit Fiber-Optic Isolated Digitize(BE256-696iB) : 30SET
- ③ 10Ms/s, 4Mb, 12bit differential input(BE256-636CB) : 25SET

##### (나) Network System Controller

- ① File Server System : 1SET
- ② Network Terminal : 2SET
- ③ LCD Monitor(17") : 5SET

##### (다) 운영 및 분석 SOFTWARE

- ① TeamPro Control, Analysis & Report Software : 3ea

② Team-API TeamPro Application Programmable Interface : 1ea

③ 단락시험(단상, 3상) 분석 Software : 2SET

④ 단시간전류시험(단상, 3상) 분석 Software : 2SET

⑤ 진상소전류시험(단상, 3상) 분석 Software : 2SET

⑥ 지상소전류시험(단상, 3상) 분석 Software : 2SET

⑦ 합성단락시험(단상, 3상) 분석 Software : 1SET

⑧ 변압기단락강도시험(단상, 3상) 분석 Software : 2SET

⑨ Fuse의 단락시험(단상) 분석 Software : 2SET

⑩ 부하개폐시험(단상, 3상) 분석 Software : 2SET

## IV. 결 론

본 보고서에서는 국제규격의 개정동향을 신속하게 분석, 대응함으로써 국내 산업의 국제경쟁력을 제고하는데 기여하고자 노력하였지만 시간과 자료의 부족으로 많은 내용을 수록하지 못했다. 본 보고서에서는 규격의 동향 분석은 한국전기연구소가 간사기관으로 있는 IEC TC/SC17을 기준으로 하여 규격을 분석하였고 시험설비의 증설계획도 전력용 개폐장치에 국한하여 기술하였다. 그리고 시간의 부족으로 근거리고장전류차단시험, 탈조단락 투입차단시험, 임계전류시험 및 고전압시험에 관해서는 생략하였다.

## 참고문헌

1. "High voltage alternating current circuit breaker", IEC 60056, 1987
2. "High voltage alternating current circuit breaker", IEC 60056, TC/SC17A/5589/FDIS, 2000
3. "Synthetic testing of high-voltage alternating current circuit-breakers", IEC 60427, 2000
4. "High voltage alternating current circuit breakers-Guide for short-circuit and switching test procedures for metal-enclosed and dead tank circuit-breakers", IEC 61633, 1995
5. R. Rallada, E. Brasca, S. Rovelli, V. Villa : "Contribution to testing technique of high voltage circuit-breaker the development of synthetic methods", IEEE conference record of international symposium on high power testing volume I, July 1971, P.111~119.
6. Anderson, J.G.P et al Proc. : "Synthetic testing of AC circuit-breaker-Part I. methods of testing and relative severity", IEEE, vol. 113, No. 4, 1966, P.611~621.
7. R.F. Wang : "Analysis of 2-parameter TRV and calculation of components in high power testing circuit", high voltage apparatus, No. 3 1983 P.10~20.
8. St. Jean G. : "A composite analysis of the Weil circuit" IEEE conference, development in design and performance of EHV switching equipment, Publication No. 182, 1979, P.103~106.
9. Mutukomi T., W. M., Woodson, H.H. : "A new synthetic test installation for testing vacuum interrupters" IEEE paper F76, 1976, P.176~171
10. St. Jean G. : "Analyse de circuit 차단기 applique aux essais synthetiques 녁 disjoncteurs"
11. St. Jean G., V. Zajic : "A two-frequency circuit for producing a two-parameter transient recovery voltage"