

L-C공진회로를 이용한 대용량 간이 합성시험 설비 구축

권규진^o 김덕수 송원표 권기영 정준모 박경엽[†]
 (주)효성 중공업연구소 한국전기연구소

Construction of Simple Synthetic Testing Facility Using LC Resonance Circuit

G.J.Kwon^o D.S.Kim W.P.Song G.Y.Kwon J.M.Chung K.Y.Park[†]
 HYOSUNG CORPORATION KERI

Abstract - This paper proposes the circuit of the simple synthetic testing facility using LC resonance circuit. EMTP has been used to analyze the circuit. The obtained results indicate that the simple synthetic testing facility using LC resonance circuit can be easily designed and used very usefully for the research and development for the switchgears.

1. 서 론

최근, 당사에서는 새로운 개폐장치의 개발과 그 개폐장치의 차단현상 및 차단성능 향상에 관한 연구, 개발에 많은 노력을 기울이고 있다. 이러한 개폐장치 개발, 연구 과정에서는 여러 차례의 차단성능 검증을 위한 시험이 반복적으로 실시되어야 하는데, 현재 당사를 포함한 국내의 개폐장치산업체는 이러한 목적의 시험설비가 충분하지 못하여 실시하지 못하고 있는 실정이다.

또한, 개발시험전에 제품의 성능 및 신뢰성 검증을 위한 참고시험으로 한국전기연구소가 보유하고 있는 전기에너지 소비가 과다한 고가의 단락시험설비를 이용할 경우, 개발기간의 장기화와 고가의 시험료를 부담해야 하는 단점이 있어, 제품의 제조원가 상승 및 개폐장치에 대한 연구, 개발 활성화 부진의 주 요인이 되고 있다.

이에 당사에서는 에너지자원기술개발지원센터 지원으로 한국전기연구소가 주관하여 수행중인 "간이 차단성능 평가기술 및 시스템 개발" 과제에 참여하여, 단락발전기를 이용한 시험설비에 비해 설치비 및 유지보수비 측면에서 경제적인, L-C 공진회로를 이용한 간이 합성 시험 설비를 구축하여, 개폐장치의 개발과정에서 개발기간 단축 및 차단성능 검증을 보다 저렴한 비용으로 실시하며, 제품 개발 및 차단현상, 성능향상에 대한 연구, 개발 활성화등의 효과를 얻고자 한다.

본 논문에서는 국내에서 전력기기 생산업체로서는 최초로 당사에서 구축중인 간이 합성시험 설비의 동작원리에 대해 설명하고, 시험설비에 대한 개요로 시험회로, 주요 구성 기기들의 사양을 일본 NISSIN社의 설비와 비교하여 소개하고자 한다.

2. 본 론

2.1 L-C 공진회로를 이용한 간이 합성시험 설비

차단기의 차단성능 검증 방법은 크게 직접시험법과 합성시험법[1-3]의 2가지로 나눌 수 있는데, 직접시험법은 단락전류 및 과도회복전압, 회복전압을 하나의 전원인 단락발전기에서 피시험체에 공급하는 방법이고, 합성시험은 단락발전기에서 단락전류를 공급하고, 과도회복전압 및 회복전압은 별도의 콘덴서 뱅크에서 공급하여 시험하는 방법이다. 간이 합성시험 설비는 위와 같은 합성 시험법에서 단락발전기에서 공급하는 단락전류를 또 다

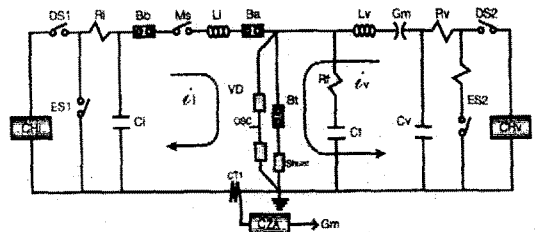
른 콘덴서 뱅크에서 공급하는 설비이다. 즉, 콘덴서와 리액터의 공진회로를 전류원으로 이용하여 보다 경제적인 합성시험을 실시할 수 있는 설비이다.

간이 합성시험 설비는 선진국의 차단기 및 개폐장치 제작업체에서는 단락발전기를 이용하는 직접시험 대신 제품개발단계에서 많이 이용하는 설비이고, 연구기관 및 대학에서는 개폐장치의 물리적 현상규명을 위한 실험과 개폐장치의 부품개발에 많이 이용하고 있는 설비이다. 그러나 본 설비는 국내 차단기 및 개폐장치 제작업체가 소유하고 있지 않은 관계로 인하여 한국전기연구소가 보유한 단락시험설비에 비하여 설치비나 운용비 전기에너지의 소비면에서 매우 경제적인 간이 합성시험설비를 보유함으로써 차단기 개발기간 및 개발비를 대폭 절감할 수 있고, 원가 및 기술면에서 국제시장 경쟁력을 강화할 수 있으며, 단락시험설비에 비해 전기에너지의 사용량을 현격히 줄일 수 있다.

단락발전기를 사용하는 직접 및 합성 차단성능 평가 기술은 1982년 한국전기연구소의 대전력단락설비가 준공된 이후 전기연구소만이 개발하여 보유하고 있으며, 소용량 간이 차단성능 평가기술은 한국전기연구소에서 전기에너지의 절약 및 개폐장치에 대한 연구를 위해 부분적으로 개발되어 있다. 국내 개폐장치관련 산업체는 1980년대까지는 외국기업과 기술 제휴로 제작도면을 들여와 국내에서 가공, 조립하여 생산하였기 때문에 이런 시험설비가 필요없었으나, 1990년대에는 외국기업의 기술 이전 기피는 물론 국내시장에 직접 진출이 강화되어 우리나라의 독자적인 제품/기술 확보를 위해 간이 합성시험 설비를 갖추게 되었다.

외국은 일본에서는 1980년대 초에, 독일, 프랑스, 스위스, 영국 등 유럽에서는 1970년대에 간이 차단시험설비를 갖추어 개폐장치의 개발, 아크기초연구 등에 활용하고 있고 현재는 개폐장치 산업체뿐만 아니라 연구소, 대학 등에도 간이 차단성능 평가기술을 개발하여 각종 아크연구 및 개폐장치의 부품개발에 이용하고 있다.

2.2 시험회로 및 동작원리



- CHI: 전류원측정장치
- CHV: 전압원측정장치
- ES1, ES2: Earthing Switch
- DS1, DS2: Disconnecting Switch
- Ri, Rv: 송발전용 저항
- Bb: 후비보조차단기
- Li: 전류원용 리액터
- Lv: 전압원용 리액터
- Ci: 전류원용 콘덴서
- Cv: 전압원용 콘덴서
- Rt: TRV 조절용 저항
- CT: TRV 조절용 콘덴서
- Ma: 무입스위치
- Ba: 보조차단기
- Gm: 트립기전
- VD: Voltage Divider
- CT: Current Transformer
- CZA: Current zero anticipator

그림 1. 간이합성시험설비 회로도

그림1에 현재 당사에서 구축중인 간이 합성시험 설비의 회로도와 각 구성요소를 나타내었다.

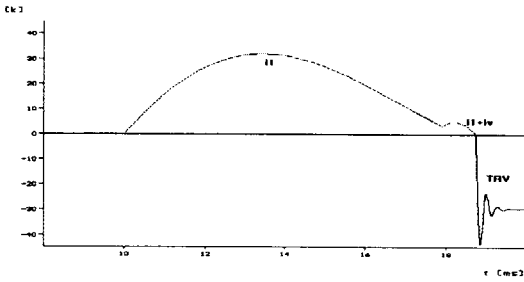


그림 2. 합성전류 및 과도회복전압 파형

차단성능 검증 시험시 동작원리는, 전류원 충전장치 CHi를 이용하여 전류원콘덴서 Ci 를 충전하고, 전압원 충전장치 CHv를 이용하여 전압원콘덴서 Cv를 충전한 후 개방상태에서 투입스위치 Ms를 투입시키면 그림 2와 같이 전류원 전류 i이 Ci, Ms, Li, Bt를 통하여 흐르게 된다. 이 때 전류원 전류의 영점을 예측하여 설정된 시간에 방전갭 Gm을 동작시키면 전압원전류 iv가 Cv, Gm, Lv, Bt를 통하여 흐른다. 그리고 전압원콘덴서에 의한 주입전류 iv 가 시험 차단기 Bt에 의해 차단이 되면 Bt의 양단에는 전압원회로 Rf, Cf, Lv, Cv에 의해 결정되는 과도회복 전압이 피시품 차단기에 인가된다.

2.3 시험회로 비교

표 1. 일본 NISSIN社 시험설비의 기기 사양

설비	사양
전류원 충전장치	DC 40kV 4A 연속, 극성 절제 부착
전류원 콘덴서	DC 24kV 40μF, 180대 (합계 7,200μF) DC 10kV 400μF, 200대 (합계 80,000μF)
전류원 액터	전식 공심리액터, AC30kV 177~1,596μH
아연장 장치	충격전류 투입방식 DC 35kV 70kJ 8kA
전압원 충전장치	DC ±110kV 50mA 연속
전압원 콘덴서	DC 125kV 2μF, 16대 (합계 32μF) DC 103kV 4μF, 6대 (합계 24μF)
전압원 액터	전식 공심 리액터 AC 33kV(단자간), AC 110kV(대지간), 11mH 7kA, 4대
TRV 조정용 콘덴서	DC 140kV 0.5μF, 8대 (합계 4μF)
방전 GAP	트리거용 다단 구배 사용전압±250kV, 방전전류 7kA
근거리로도의 회로	직렬형 3단

당사에 구축중인 시험설비의 회로구성과 주요 기기들의 사양을 타 설비와 비교, 검토하기 위하여, 다음과 같이 일본의 NISSIN社가 보유하고 있는 설비의 회로와 주요 기기 사양(4)을 그림 3과 표 1에 각각 나타내었다.

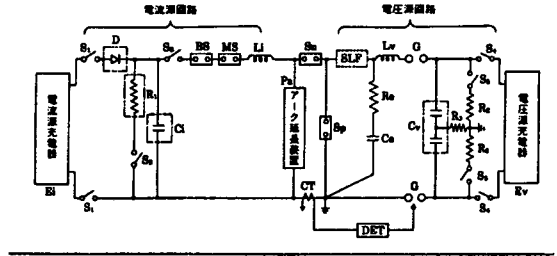


그림 3. 일본 NISSIN社 간이합성시험설비 회로도

그림 3에 보이는 일본 NISSIN社의 간이 합성시험 설비는 당사와 마찬가지로 L-C회로에 의한 단락시험 설비로서, 대용량 콘덴서 뱅크와 리액터를 가지고 있고, 단락차단시험이 가능한 정격은 다음과 같다.

- 168kV 50kA 50/60Hz 단락시험(BTF), 근거리선로고장차단시험(SLF), 이상지락(異相地絡)차단시험.
- 300kV 50kA 50/60Hz 근거리선로고장차단시험(SLF).

당사 설비와 비교하여 시험용량이나 특징적인 내용을 살펴보면, 공급할 수 있는 시험전류가 50kA로 같다.

2.4 구성기기 및 설비정격

표 2는 당사 설비의 주요기에 대한 사양을 나타낸다.

표 2. (주)효성 시험설비의 주요기기 사양

설비	사양
전류원 충전장치	DC 15kV 5A 연속
전류원 콘덴서	DC 11kV 150μF 200대
전류원 액터	전식 공심리액터, AC11kV 240μH
전압원 충전장치	DC 300kV 0.25A 연속
전압원 콘덴서	DC 40kV 11μF 64EA
전압원 액터	전식 공심 리액터(다단TAP) AC 300kV(단자간), AC 400kV(대지간), 9.28mH 10kA(0.01초)
TRV 조정용 콘덴서	40kV 0.1, 0.2, 0.5, 1μF 70kV 0.005, 0.01, 0.02, 0.05μF
방전 GAP	10kA 300kV
보조 차단기	362kV 63kA GCB
후비보호 차단기	38kV 40kA VCB

그림 1의 시험회로는 Weil & Dobke의 전류주입법에 의한 합성시험회로이며 전압의 인가가 전류영점 이전인지 이후인지에 따라 전류중첩법과 전압중첩법으로 분류된다. 전압중첩법의 경우는 설비의 능력상 구성이 용이하지 않고 등가성이 저하되는 단점이 있고 전류중첩법의 경우는 실 계통과 유사하게 모의할 수 있기 때문에 당사에서는 전류주입법을 사용한 시험설비를 구축하였다. 그림 1에서 Bt를 중심으로 왼쪽은 전류원회로 오른쪽은 2-parameter TRV를 발생시킬 수 있는 전압원회로이다. 전류주입법에 대한 일반적인 원리는 다음과 같

이 설명할 수 있다.

- 전압원에 의한 전류가 상호작용기간 이전에 피시험차단기의 전류에 중첩이 된다.
- 보조차단기가 상호작용기간 이전에 전류원회로 전류를 차단한다.
- 상호작용기간 중에 피시험차단기는 전압원회로의 전압에 노출된다.

그리고 전류주입법에 의한 합성시험시험시 주입전류(iv)의 주파수는 500Hz 정도가 좋으며 주입전류(iv)의 주입시점은 주입전류(iv)만에 의해 피시험차단기에 통전되는 시간이 주입전류(iv) 주파수의 1/4 사이클 이하여야 하며 500 μ s 이하[5]여야 한다. 그러나 이 기간이 200 μ s 이하이면 피시험차단기에 과도한 스트레스를 줄 수 있으므로 주의해야 한다.

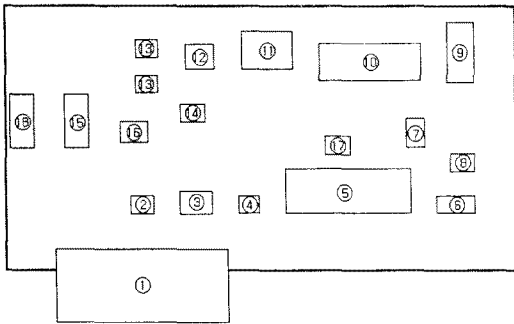


그림 4. 간이합성시험설비 배치도

그림 4는 시험설비의 배치도를 나타내며, 전체 시험장에서 아래쪽은 전류원회로, 위쪽은 전압원회로로 구성하였고 모든 기기들을 볼 수 있는 위치에 Control Room을 설치했다.



그림 5. Control Room

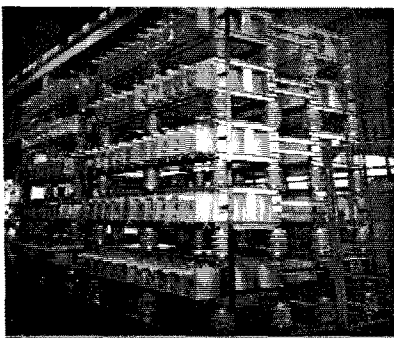


그림 6. 전류원콘덴서 बैं크

그림 5는 당사 시험장의 Control Room을 나타내었으며, 시험전류, 과도회복전압, Puffer 실린더의 압력 등을 측정하고 측정된 자료를 분석하는 각종 장비를 갖추고 있다. 그림 6은 시험전류를 공급하게 되는 전류원콘덴서 बैं크의 조립 완료된 모습으로 11kVdc 150 μ F의 콘덴서 200EA를 병렬조립하여 30000 μ F의 정전용량을 가지고 있다.



그림 7. 전류원리액터

그림 7은 전류원 리액터로서 케이블의 직경이나 길이에 따라 그림 8에서 처럼 인가전류파형의 감쇄율에 영향을 미치기 때문에 제작시 전선의 직경과 길이는 충분히 고려되어야 한다.

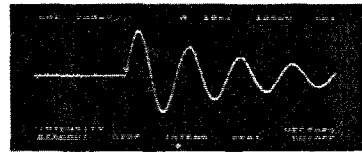


그림 8. 전류원리액터 양단 전류인가파형

3. 결 론

LC 공진회로를 이용한 간이 합성시험 설비는 단락 발전기를 전류원으로 이용하는 경우에 비해 설치비용이 훨씬 저렴하고 유지보수가 간편하다. 따라서 당사에서는 차단기 관련 생산제품의 연구개발 및 설계, 제작에 본 시험설비를 사용함으로써 개발비용을 최소화하고 개발기간의 단축에 크게 기여할 수 있을 것으로 생각하고 있다.

(참 고 문 헌)

- [1] 이정희, 박경엽, 장기찬, 신영준, "간이 합성시험 설비의 구성 및 회로 특성", 대한전기학회 하계학술대회, 논문집 C, n246-p248, 1995.
- [2] 박종화, 신영준, 박경엽, 류형기, 김맹현, "LC 공진회로를 이용한 간이 합성시험설비", 대한전기학회 하계학술대회, 논문집B, pl57-pl61, 1993.
- [3] "LC 공진회로를 이용한 단락시험의 등가성에 관한 연구", 한국전기연구소 스위치기어팀.
- [4] N.Konma, T.Asakura, K.Tanaka, "最近の開閉装置の試験設備について", 日新電機技報, Vol.34, No.2, 1989.4
- [5] IEC 427