

단락 연구 시험 회로

류형기, 김맹현, 박종화, 강영식
(한국전기연구소 전력기기연구부)

1. 서 언

산업화 시대에 살고있는 우리사회는 Energy 원으로써 주 로 전기 Energy를 근간으로 생산활동이 이루어 지고있다.

이 전기 Energy를 공급하기 위한 전력계통은

- 1) 전압 측면에서 볼때, 발전소에서 수용가 까지 수백 V ~ 수백 kV로 여러 종류의 전압으로 구성되어 있고,
- 2) 전류 측면 역시 무부하 전류 수십 A에서 단락전류 수 십 kA에 이르고 있다.

따라서, 전력계통은 무수히 많은 종류와 특성이 다른 여 러 전력기기 들로 구성되어 있으며, 이러한 전력계통의 요 구에 부응하기 위해 전력기기의 연구 개발은 끊임없는 노 력과 투자를 필요로 한다.

현재 우리나라를 포함하여 개발도상국의 전력기기 생산 업체는 R & D 사업을 꾸준히 추진하여 왔으나, 기술력 부 족과 연구 개발 과정에서 필요로 하는 연구시험설비의 부 족으로 자체 기술개발은 거의 불가능 하였다.

그 결과 선진 기술을 도입하여 모방하는 수준에 머무르 고 있었으며, 진정한 의미의 연구개발은 현실적으로 어려운 실정이다.

이러한 현실를 극복하고 자체기술로 기기개발을 유도하 여 경쟁력 우위를 꾸준히 확보하기 위해서는 끊임없는 연 구노력이 필요하며 이를 뒷받침 할 연구시험회로 건설은 필연적이라 하겠다.

우리나라 유수의 전력기기 제조업체에서도

- 1) 자체기술로 고유 모델기기를 개발하여 경쟁력 우위를 지속적으로 확보 하고,
- 2) 개발 완료 단계의 제품으로 타 기관, 타 회사의 시험 설비를 이용한 종합적인 성능평가보다, 개발과정에서 기기특성을 정확히 파악하여 인적 물적 손실을 최소 화하고,
- 3) 기 개발된 제품의 품질개선, 원가절감을 꾸준히 이룩 하기 위하여 건설 되어야 할 단락 연구시험회로에 대 하여 살펴 보기로 한다.

2. 단락 연구시험 회로의 특징

단락 연구시험 회로로 사용할 수 있는 회로는 많이 알려 져 있지만 그 특징으로는

첫째, 기기 특성을 파악하기 위하여 최적의 시험전압, 전 류 등을 최소 용량으로 최대 효과를 얻을수 있는 경제적인 회로를 구성하여야 한다. 지금까지 이 분야에서 10여년간 종사해 오면서 때로는 시험회로의 용량이 부족하여 어려움 을 겪기도 하였지만, 대체로 소용량 기기의 성능평가를 위 해 수십 ~ 수백 배의 대용량 시험회로를 사용하는 경우가 대부분이었다. 물론, 각 시험소에 주어진 여건 및 특성에 따라 최대 시험용량이 선정 되겠지만 연구시험 회로는 소 용량으로 대용량의 효과를 즉, 용량 극대화를 꾀해야 한다.

둘째, 기동성이 뛰어나야 한다. 연구개발에 실질적인 도 움을 주고 연구 활동을 원활히 수행하기 위해서는 기동성 이 뛰어나야 하며, 설비 기동 및 정지, 유지보수 등에 소요 되는 인력과 시간을 최소화 하여야 한다.

셋째, 설비운전 및 유지비용이 저렴한 회로를 선정하여 야 하며, 부득이한 경우를 제외 하고는 자사에서 생산되는 여러 기기들로 시험회로를 구성하여 설비 운전 및 유지보 수가 용이 하도록 하고 선진국의 기술 예측으로 부터 탈피 하기 위해 설비 국산화를 이룩해야 한다.

네째, 기기 성능검증에 부합되는 가장 적절한 회로를 선 정해야 한다.

전력계통 또는 수용가에서 발생하는 전기적, 기계적 스 트레스의 유형과 특성에 따라 시험회로의 종류와 스트레스 발생 방법도 다양 각색일 수 있으나, 이상 열거한 조건을 만족하고 전기기기의 특성파악에 요구되는 각종 스트레스 를 발생 시키기 위하여 아래 7가지 시험회로를 소개한다.

- 1) 전자기계력 스트레스 발생을 위한 단시간 전류시험 회로.
- 2) 저압 차단기류의 차단현상 모의를 위한 단락시 회로.
- 3) 고압(배전급) 차단기류의 차단현상 모의를 위한 단락 시험회로.

- 4) 초고압 차단기류의 차단현상모의를 위한 단락시험 회로.
- 5) 충전전류 개폐현상 모의를 위한 진상소전류 개폐 합성 시험 회로.
- 6) 변압기 무부하 전류 개폐현상 모의를 위한 지상 소전류 개폐시험 회로.
- 7) 콘덴서 균 투입 등을 모의하기 위한 돌입전류 발생회로 등이 있다.

이상 열거한 여러 단락 연구시험 회로에 대하여 제3장에서는 각 회로의 특성을 간략히 기술하고 그 응용예를 보이며, 각 시험소의 여건에 따라 활용도가 높은 회로를 선정 해야할 것이다.

3. 연구시험 회로의 예

3.1 단시간 전류시험 회로

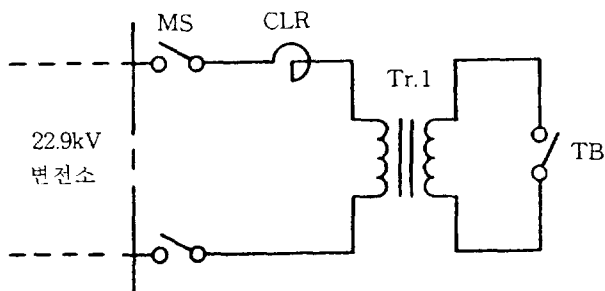
이 시험회로는 계통 또는 수용가의 단락사고시 모션 및 각종 전력 기기의 단락전류 통전능력을 평가하기 위한 회로로 주로 전자 기계력을 검증하는 회로이며 그림 1과 같다.

이 회로의 구성은 전력계통으로부터 전원을 공급받고 St-epdown 변압기를 사용하여 대전류를 발생 시키는 회로로서 변압기 권선비를 조정하여 소용량으로 대전류를 얻는 방법을 택하고 있다.

3.2 저압 차단기류 단락시험 회로

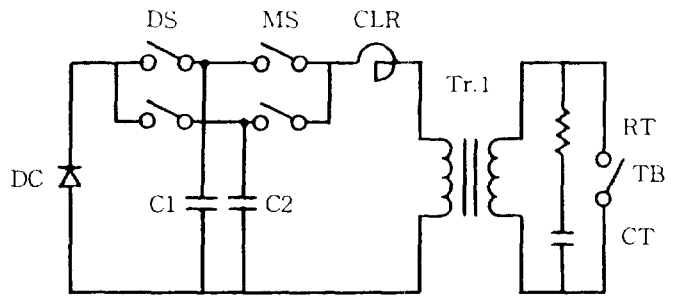
이 회로는 660V 이하의 저압차단기, NFB, 한류 Fuse등의 차단 성능을 검증하는 회로로서 투입-차단은 물론 $O_1 - CO_2$, $C_1O_1 - C_2O_2$ 등의 고속도 재폐로 차단 능력까지 검증할 수 있는 회로이며 그림 2와 같다.

이 회로의 특징은 콘덴서 뱅크 C1, C2에 직류 고전압을 충전시킨 후 변압기 1차 권선과 공진시켜 60Hz의 교류 전력을 발생하여 TB에 전기적 스트레스를 인가하는 방법을 택하고 있다. 직류 고전압으로 충전된 C1의 에너지는 O_1 또는 C_1O_1 시험을 위해 사용하고, C2 에너지는 CO_2 또는 C_2O_2 의 시험을 위해 사용한다.



MS : Making switch.
CLR : 한류 리액터.
Tr.1 : 단시간 변압기.
TB : 피시품.

그림. 1 단시간전류 시험 회로.



DC:직류 충전장치. C1:에너지 원 콘덴서 뱅크 1.
DS:단로기. C2:에너지 원 콘덴서 뱅크 2.
MS:Making switch. CLR : 한류 리액터.
TB: 피시품. Tr.1 : 단시간 변압기.
RT, CT : 과도회복전압 조정회로.

그림 2. 저압 차단기류 단락시험 회로.

변압기 1차 회로에 흐르는 전류는 고전압이므로 수백 A ~ 수kA에 불과하고 이로 인해 시험설비 개발 및 회로 설계가 대단히 용이하며 이 회로를 위한 수전전력은 거의 필요치 않다.

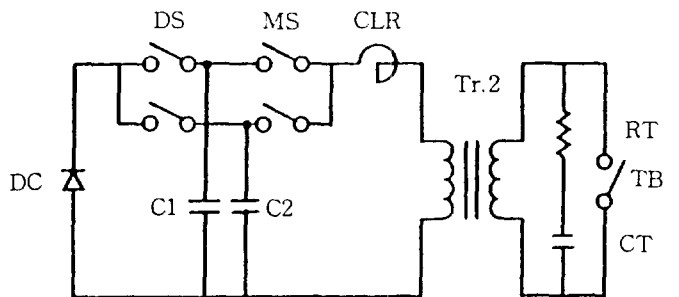
3.3 고압 차단기류 단락시험 회로

이 시험회로는 배전급 차단기류, MV-GIS, COS, Power fuse, 개폐기류 등의 차단 및 개폐 성능을 검증하는 회로로서 그림 3과 같다.

이 회로의 특징은 저압차단기류 단락시험 회로와 같으며 과도회복전압 조정이 용이하지 못할 때는 3.4항의 초고압 차단기류 합성시험회로의 전압원 회로를 추가하면 원만히 해결 된다.

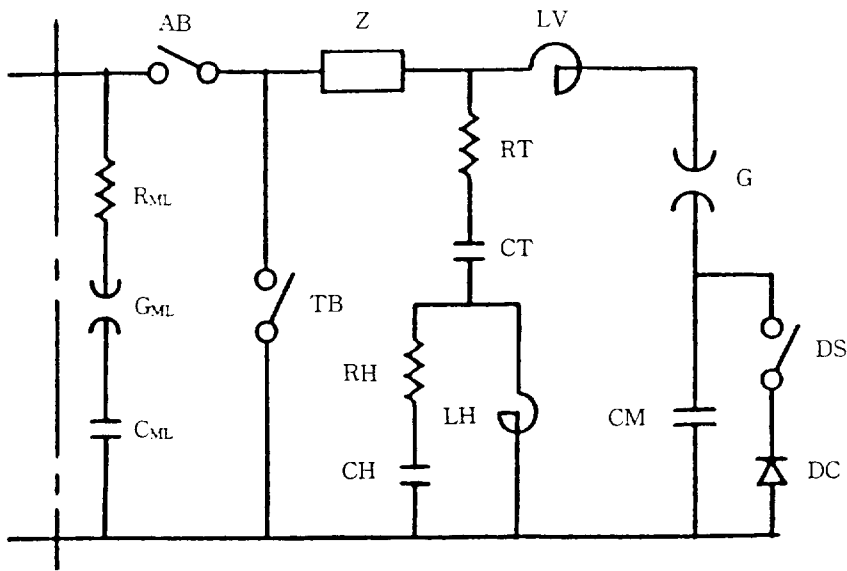
3.4 초고압 차단기류 합성시험 회로

이 시험회로는 배전급 차단기에서 부터 800kV급 차단기



DC:직류 충전장치. C1:에너지 원 콘덴서 뱅크 1.
DS:단로기. C2:에너지 원 콘덴서 뱅크 2.
MS:Making switch. CLR : 한류 리액터.
TB : 피시품. Tr.2 : 단락변압기.
RT,CT : 과도회복전압 조정회로.

그림 3. 고압 차단기류 단락시험 회로



DC: 직류 충전장치. R_{ML}, G_{ML}, C_{ML} : 아크연장회로.
 DS: 단로기. LV: 한류 리액터.
 AB: 보조차단기. G: Spark-gap.
 TB: 피시품. CM: 전압원 콘덴서 뱅크.
 Z: Artificial line.
 RH, CH, LH: 고주파 과도회복전압 조정회로.
 RT, CT: 저주파 과도회복전압 조정회로.

그림 4. 초고압 차단기류 합성시험 회로

까지 전압 계급에 관계없이 사용할 수 있는 회로로서 주로 초고압 차단기의 여러가지 단락 현상을 모의할 수 있는 회로로서 탈조, 근거리선로고장, 이상지락, 일선지락 등 거의 모든 유형의 단락 사고를 모의 할수 있는 회로이며 그림 4와 같다.

이 회로의 특징은 전류원 회로와 전압원 회로로 구분 할 수 있으며 전류원 회로의 단락전류 발생은 고압 차단기류 단락시험 회로와 동일하며 전압원 회로의 과도회복 전압 발생은 International Electrotechnical Commission (IEC) - 427의 합성시험 방법과 같으므로 구체적인 기술은 생략한다.

Artificial line을 모의하기 위한 회로 Z는 1점절 차단기 시험을 위해 450Ω , 2점절 차단기 시험을 위해 225Ω 로 회로 구성이 가능하고, 정격차단시험시 초기 고유 과도회복 전압 발생을 위한 회로구성도 가능하다.

한편, 콘덴서 뱅크의 충전전압이 높은 전압을 필요로 할 때 충전장치의 정격전압이 높아지므로 이를 개선하기 위해 충전 회로는 Marx 회로를 사용 하는 것이 바람직 하다.

3.5 진상소전류 개폐 합성시험 회로

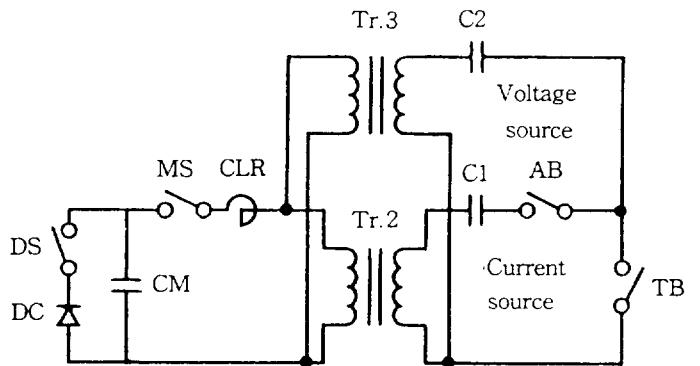
이 시험 회로는 무부하 송전선로의 충전 전류와 역률 보 상용 콘덴서 군의 진상 소전류 개폐 현상을 모의 하기 위

한 회로로써 그림 5와 같다.

이 회로의 특징은 단락변압기 Tr. 2로 부터 시험전류를 공급하고, 고전압 소용량 변압기 Tr. 3로 부터 시험 전압을 공급하는 변압기 합성시험 회로를 채택하고 있으며 배전급 차단기의 진상소전류 개폐 시험에 적용할 때는 고전압 소용량 변압기 Tr. 3는 불필요 하다.

그리고 초고압 차단기 단락 시험을 필요로 하는 시험소에서는 고전압소용량 변압기 Tr. 3의 활용도는 대단히 높으며 그 활용 예는:

- 가. 2점절 차단기 차단시험시 대기간 절연검증을 위한 회복전압 발생
- 나. 투입시험시 Pre-arc 발생을 유도하기 위한 고전압 발생
- 다. 3상 시험시 상간 회복전압 발생 등에 활용할 수 있다.

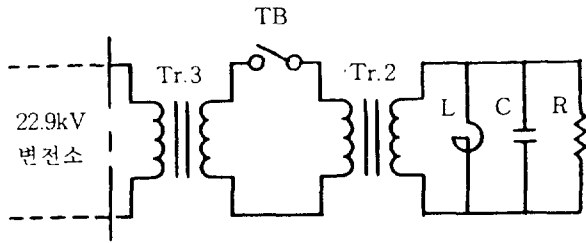


DC: 직류 충전장치. CM: 에너지 원 콘덴서 뱅크.
 DS: 단로기. C1: 대전류 부하콘덴서 뱅크.
 MS: Making switch. C2: 고전압부하콘덴서 뱅크.
 AB: 보조차단기. CLR: 한류 리액터.
 TB: 피시품. Tr. 2: 단락 변압기.
 Tr. 3: 고전압 소용량 변압기.

그림 5. 진상소전류 개폐 합성시험 회로

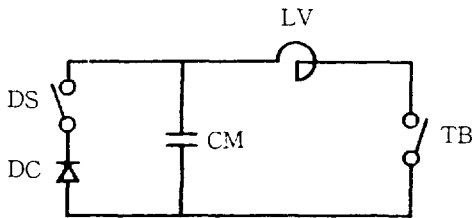
3.6 지상소전류 개폐시험 회로

이 시험회로는 무부하 변압기의 여자전류 개폐 현상을 모의 하기 위한 회로로써 그림 6과 같다.



Tr.2:부하용 변압기. L:부하용 리액터.
Tr.3:고전압소용량 변압기. C:부하용 콘덴서.
TB:피시품. R:부하용 저항.

그림 6. 지상소전류 개폐시험 회로.



DS : 단로기. CM:에너지원 콘덴서뱅크.
DC : 직류충전장치. LV : 한류 리액터.
TB : 피시품.

그림 7. 고주파 전류 발생 회로.

이 회로의 특징은 단시간 전류 시험 회로와 같이 전력계통으로 부터 전원을 공급 받아 고전압 소용량 변압기 Tr. 3로 부터 시험전압, 전류를 발생 시키고 단락변압기 Tr. 2와 L, C, R 병렬회로를 부하로 사용하여 시험전류와 회로 개폐시 발생하는 과전압을 조정한다.

3.7 고주파 전류 발생 회로

이 시험 회로는 L-C 공진 회로를 사용하여 임의의 고주파 전류를 발생시키는 회로로써 그림 7과 같다.

이 시험 회로의 활용은 한류 Fuse 차단시험시 차단전류, 콘덴서 균 투입시 돌입전류 발생 등에 이용 가치가 높은 회로로써 경제성과 기동력이 대단히 우수하다.

위와 같이 각종 연구시험 회로에 대하여 그 특징과 활용 예를 간략히 기술 하였으며, 본 원고에서는 특히 경제성, 회로 운전의 기동성, 유지보수의 용이함 등을 고려하여 단락 연구시험 회로를 소개 하였다.

선진국의 제조 업체에서도 이와 같은 패턴으로 단락 연구시험 회로를 건설하여 사용하는 예는 얼마든지 있으며, 550kV급 단락 연구시험 회로를 갖춘다면 1,100kV 급 전력

기기의 특성과약을 가능하게 할 것이다.

4. 맺는 말

전력기기의 꾸준한 연구개발과 품질개선을 위해서는 실질적인 연구개발과 이의 결과물인 부품 및 제품의 성능평가를 위한 시험기술이 상호 보완적 관계로 함께 발전해야 하며, 단락 연구시험 회로 건설이 수반 될 때 연구개발 능력과 제품의 평가 기술은 진일보 할 것이다.

또한 무한경쟁 시대에 살고 있는 우리의 현실은 자체 기술로 고주파시험기기의 개발을 강요받고 있으며, 이 무한경쟁에서 생존하기 위한 수단으로 품질개선, 원가절감 등은 더욱 강요 받고 있다.

따라서 단락연구시험 회로는 연구개발, 품질개선, 원가 절감등 지속적인 기술개발을 위해 필요 하며, 본 원고에서 기술한 단락 연구시험 회로의 특징은

- 1) 회전기(발전기)를 배제하고 정지기 만으로 구성하여 기동성과 경제성이 대단히 우수하고 유지 보수가 용이하다.
- 2) 콘덴서에 충전된 에너지를 시험 전력으로 사용하므로 회로의 운전 비용이 저렴하다.
- 3) 시험소의 여건에 따라 시험회로의 용량을 적절히 조절할 수 있으며 작게는 배전급에서 부터 크게는 550(=1,100*1/2)kV급 까지 설계가 가능하다.

이상으로 단락연구시험 회로의 필요성, 특징, 회로의 예등에 관해 약술 하였으며, 이 회로가 연구개발에 실질적인 도움을 주어 국가와 전력 산업계에 보탬이 되기를 기대한다.

참고 문헌

- [1] High-Voltage alternating-current circuit breakers, (IEC 56, 1987)
- [2] Synthetic testing of high-voltage alternating current circuit breakers, (IEC 427, 1989)
- [3] Low-voltage switchgear and controlgear, Part. 2 : Circuit breaker (IEC 947-2, 1989)
- [4] High Voltage switches, Part. 1 : High Voltage switches for rated voltage above 1kV and less than 52kV, (IEC 265-1, 1983)
- [5] IEEE standard for three-phases, manually operated subsurface load interrupting switches for alternating current systems, (ANSI/IEEE C37.71, 1984)
- [6] IEEE standard Design Tests for High-Voltage Fuses, Distribution enclosed single-pole Air-switches, Fuse Disconnecting switches, and accessories, (IEEE C37.41, 1988)
- [7] 고압전류 제한 퓨즈, (KS C 4612, 1990)

저 자 소 개



류형기(柳炯基)

1955년 10월 13일생. 1982년 2월 영남대 공대 전기공학과 졸업. 1983년 8월 한국전기연구소 입소. 1984년 영남대 대학원 졸업(석사). 현재 한국전기연구소 전력기기연구부.



김맹현(金孟顯)

1961년 6월 14일생. 1989년 2월 경남대 공대 전기공학과 졸업. 1989년 한국전기연구소 입소. 현재 한국전기연구소 전력기기연구부 및 경남대 대학원 석사과정.



박종화(朴鍾華)

1953년 2월 27일생. 1978년 2월 서울대 공대 전기공학과 졸업. 1978년 5월 한국전기연구소 입소. 현재 대전력시험실장, 산업표준심의회 IEC TC17(차단기) 간사, CIGRE SC13 (개폐장치) member.



강영식(姜英植)

1945년 5월 29일생. 1968년 2월 서울대 공대 전기공학과 졸업. 1968년 1월-1978년 8월 인천전기공업(주) 정지기부 차장. 1978년 11월-1979년 10월 대한전선(주) 중전사업부 기획과장. 1979년 11월-1981년 5월 쌍용중전기(주) 생산 2부장. 1981년 6월-현재 한국전기연구소 전력기기연구부장