

송변전급(up to class 5) Impulse current test system의 설계 및 특성

김석수, 최익순, 강영식, 박병락, 박태곤*
한국전기연구원, 창원대학교 전기공학과*

Design & characteristics of impulse current test system for station class(up to class 5)

Seok-Sou Kim, Ike-Sun Choi, Young-Sik Kang, byung-Rak Park, Tae-Gon Park*
KERI, ChangWon Uni.**

Abstract

A new developed impulse current test system(100kV, 250kJ)is presented, which can carry out all impulse current and performance tests on surge arrester sections with rated voltage up to 12kV according to IEC 60099-4(2001). The maximum achievable peak value is 200kA for the impulse current 4/10 μ s and 60kA for the 30/80 μ s and 8/20 μ s. The long duration current impulse is realized from class 1 to class 5. The digital transient recorder(4 channels 60MS/S 10bit) is used for measuring AC voltage, impulse current, reference voltage and leakage current. The complex control, measuring, evaluation and data storage system is controlled by one industrial PC system.

Key Words : longduration, line discharge, transient, conditioning, impulse current

1. 서 론

전력계통의 대용량화와 송전전압 격상과 환경변화에 따른 뇌서어지 빈도가 많아짐에 따라 전력기기 및 계통보호용으로 설치 사용되고 있는 surge arrester의 중요성이 크게 인식되고 있으며, 그 적용범위가 확대되고 있다. 그동안 국내에서는 배전급 5kA급 피뢰기를 성능평가할 수 있는 설비는 보유하고 있으나, 송전급(10kA, 20kA) 피뢰기의 수요 확대와 피뢰기의 핵심 구성요소인 ZnO 바리스터의 연구·개발이 활발히 이루어짐에 따라 송변전급 피뢰기를 성능평가할 수 있는 충격전류시스템에 대한 필요성과 요구가 증가되어 왔다.

따라서 본 논문에서는 IEC 60099-4에 적합하며 12kV까지의 Arrester section에 대해, class1에서 class5까지의 모든 선로방전시험과 동작책무시험, 상용주파전압시간특성시험 등의 복잡한 시험을 하나의 surge generator 만으로 수행 할 수 있도록 개발된 impulse current test system의 설계와 특성에 대해 살펴보았다.

2. 기본설계

2.1 시험장의 설계

본 충격전류시스템에서 요구되는 최대충격전류는 4/10 μ s, 200kA로 시험장의 접지저항이 1 Ω 이하로 요구되어 접지 설계는 \varnothing 50 \times 10m의 동 파이프를 지하 수십층까지 2개소 타설하고, 바닥 하부 10cm 깊이에 cooper foil(150mm \times 0.8t)을 1m \times 1m 간격으로 foil간 접속부분은 용접으로 처리하여 시험장 바닥 전체에 사진1과 같이 포설하였으며, 바닥 표면은 \pm 1mm의 평탄도를 가지도록 Epoxy 수지 코팅으로 마감하였다.

시공 후 시험장의 접지저항을 측정한 결과 0.49 Ω 으로 양호하였으며, 시험장의 shield 설계는 건물의 철근골조의 모든 이음매 부분을 용접으로 처리하고 control room 전면부는 금속판으로 시공하여 시험장 구조물이 하나의 통으로 된 완벽한 shield 구조가 되도록 하였다.

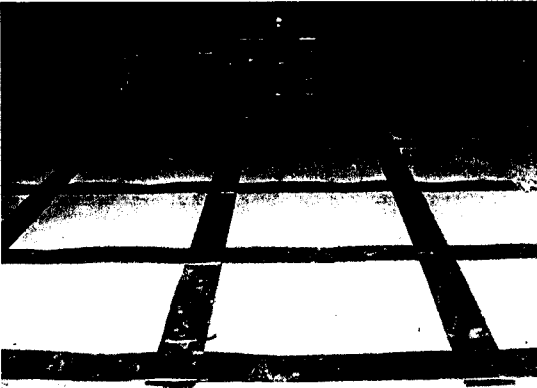


사진 1. Cooper foil 포설 장면

2.2 충격전류시스템의 설계

시스템의 설계는 기본적으로 arrester section 전압이 3kV-12kV, 공칭방전전류 10kA, 20kA, 선로방전계급이 class 1-class 5까지의 surge arrester를 국제규격인 IEC60099-4에 적합하도록 설계하였으며, 수행가능한 주요 시험항목으로 제한전압(급준파, 개폐, 뇌충격)시험, 선로방전시험, 동작책무시험, 상용주파전압-시간특성시험, 열안정도시험 등이 있다.

3. 특성

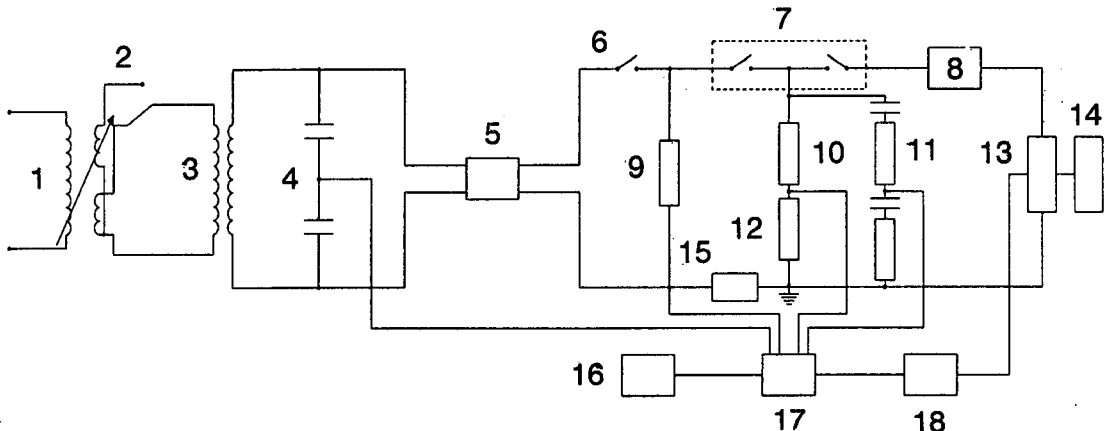
본 시스템의 주요 구성은 크게 콘덴서 बैं크, 상용주파전원, 측정 및 control 회로로 이루어져 있으며, 그 기본구성회로는 그림1과 같다.

- | | |
|-----------------------|---------------------------|
| 2. LV Change Switch | 11. Voltage Divider |
| 3. HV Transformer | 12. Shunt |
| 4. AC Voltage Divider | 13. Current Generator |
| 5. Low Pass Filter | 14. Charging/Control Unit |
| 6. Manual Switch | 15. Measuring Resistor |
| 7. Change Switch | 16. Program Control |
| 8. Protection Unit | 17. Measuring System |
| 9. Potential Resistor | 18. Operator Device |

그림 1. 충격전류시스템의 구성도

콘덴서 बैं크회로는 20개의 capacitors($2.5\mu\text{F}$ 12.5kJ/개당)로 전체회로의 stray inductance를 가능한 낮게 하기위해 병렬 2단씩 star 배열을 하였으며, 전체 capacitance는 $50\mu\text{F}$ 이고 충전전압은 100kV로 최대 250kJ의 에너지를 가지고 있다. 특히 사용된 capacitor는 0-20%의 역전압에서 2×10^6 회, 50%의 역전압에서는 2×10^5 회, 사용할 수 있으며, 시스템 설계시 국제규격치의 150%로 하여, 통상 capacitor 충전전압을 정격전압의 60-70%정도가 되게 하고 방전시에도 역전압이 최대 10% 이내가 되도록 하여 capacitor의 수명을 2×10^7 회로 반영구적인 수명을 가진다. 그림2는 역전압에 따른 life time factor를 나타내고 있다.

제한전압 측정시 충격전류에 의해 자기장이 발생한다. 충격전류 상승시간에 대한 충격전류의 변화(di/dt)는 측정루프를 통해 자속의 변화($d\Phi/dt$)를 가져오고 $U=d\Phi/dt$ 만큼 측정하려는 제한전압값에 중첩하게 되고 이는 측정 error를 일으킨다.



- | | |
|--------------------|-----------------|
| 1. Regulating Unit | 10. Test Object |
|--------------------|-----------------|

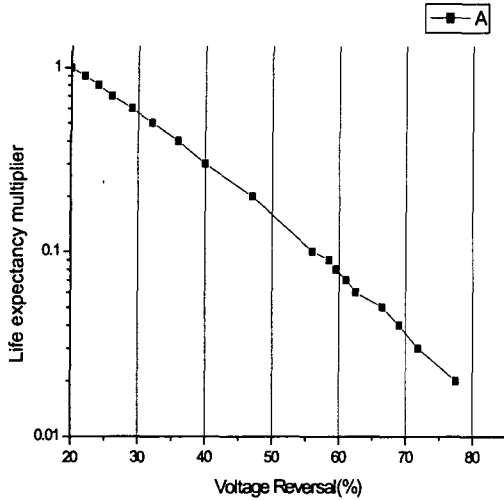


그림 2. 역전압에 따른 capacitor의 수명 factor

이러한 error는 충격전류의 상승시간이 길면 무시될 수 있으나 상승시간이 짧을수록 그 영향이 커지므로 본 시스템에서는 보상코일을 설치하여 개선시켰으며, 그림3은 4/10 μ s 103kA의 high current를 측정 한 것이다.

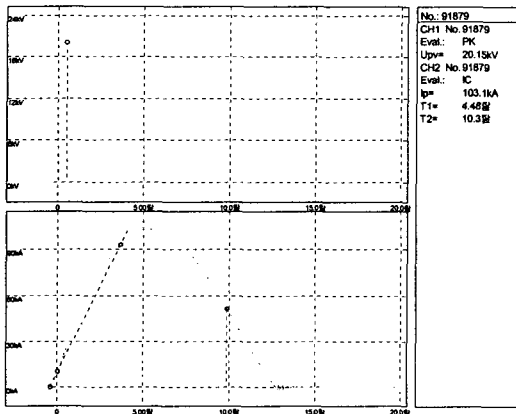


그림 3. High current(4/10 μ s, 103kA) 측정

충격전류의 파형은 병렬로 연결된 capacitor의 개수와 capacitor와 직렬로 연결된 인덕턴스와 저항값에 의해 조정되고 충격전류의 크기는 capacitor 충전전압의 증감에 따라 결정된다. 표1은 본 충격전류시스템의 규정된 시험항목의 파형별 최대 시험전류를 나타내었다.

표 1. 전류파형별 최대 시험전류

전류파형	최대 시험전류
1/ < 20 μ s	30 kA
4/10 μ s	200 kA
8/20 μ s	60 kA
30/80 μ s	60 kA
2000, 2400, 2800, 3200 μ s	100 - 5000 A
30...1000/60...200 μ s	3000 A

표 1의 모든 시험은 반자동 및 완전 자동모드로 운전이 가능하며 시험의 성격상 크게 두가지로 분류할 수 있다. 한가지는 오로지 충격전류만의 시험이고 다른 하나는 상용주파전압과 충격전류를 중첩시키는 시험이다. 그림4는 대전류동작책무시험의 마지막 부분으로 대전류충격 인가후 100mS 이내에 상용주파전압 Ur이 10초동안 투입되고 Uc가 30분간 인가되는 동안 피뢰기의 열적 안정성을 나타내고 있다.

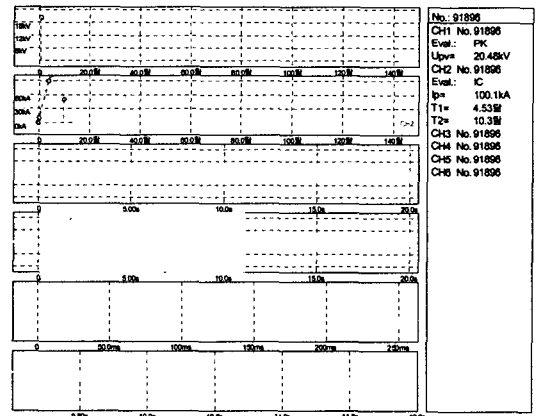


그림 4. 대전류동작책무(4/10 μ s, 100kA)시험

제어 및 측정시스템은 사진2의 좌측 보드는 WBG-4로 상용주파전압과 시간 등을 설정 제어하고, 우측 보드는 SBG-4로 capacitor의 충전전압의 set, 방전 gap의 간격 조정 및 시험횟수 등을 설정 제어한다. 측정시스템은 중앙의 화면과 하단의 60MS, 10bit, 4channel의 TR-AS 시스템으로 측정하며, 시스템의 모든 control은 광통신으로 이루어지고 충격전류, 전압을 측정하기 위해서는 이중차

폐 케이블을 사용하여 전자계 간섭을 없앴다.

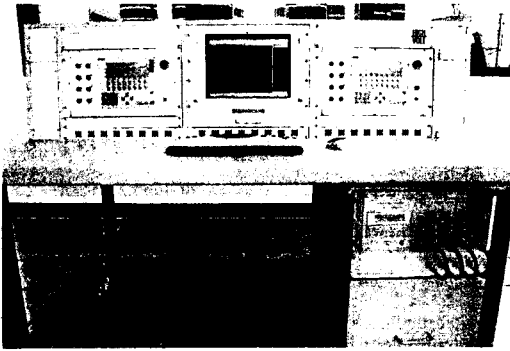


사진 2. Control 및 측정시스템

충격전류, 전압의 측정은 크고 빠른 충격전류이기 때문에 특별한 주의가 요구되고, 비주기적인 충격전류를 측정하기위해 감도가 5V/kA이고 상승시간이 250ns인 pulse CT와 장시간충격전류의 측정은 300ns 50Ω인 shunt로 제한전압과 상용주파전압의 측정에는 universal voltage divider를 사용하였다. 사진3은 방전 Gap, 보상코일, CT 및 divider로 구성된 측정부이다.

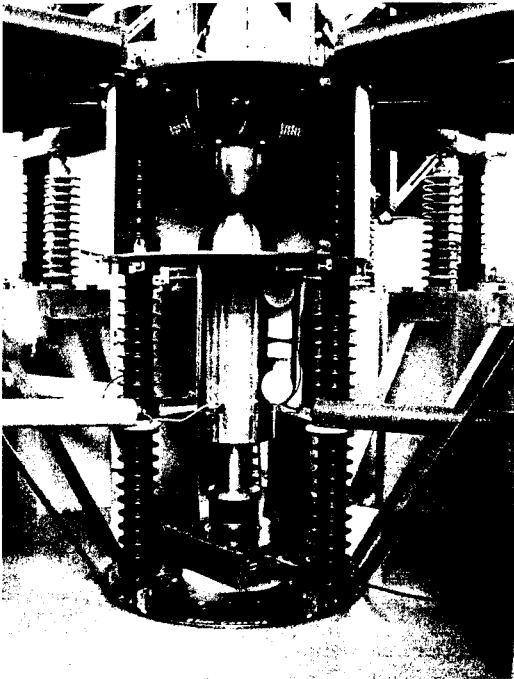


사진 3. 측정부의 구성

4. 결론

새로이 설계 제작된 송변전급 충격전류시스템 (100kV, 250kJ)은 12kV의 arrester section 까지 IEC 60099-4(2001)에 규정된 모든 충격전류의 성능시험을 수행할 수 있다. 시스템의 최대전류는 4/10 μ s 에서 200kA이고 8/20 μ s와 30/80 μ s에서는 60kA이다. 장시간충격전류시험은 class 1에서 class 5까지의 모든 선로방전등급을 만족시킨다. 개폐서지동작책무시험은 충격전류 인가 후 상용주파전압이 100ms 이내에 투입되고 피뢰기의 열안정성을 평가할 수 있다. Conditioning 시험에서는 상용주파전압에 충격전류가 규정의 전기각에 중첩되었다. 측정은 4 channel 60MS 10bit의 디지털 transient recorder로 상용주파전압, 충격전류, 제한전압, reference voltage 및 leakage current를 측정할 수 있다. 이와 같이 복잡 다양한 시험 sequence와 제어, 측정, 평가 및 데이터 저장 등을 하나의 PC로 제어하는 충격전류시스템을 완성하였다.

참고 문헌

- [1] Metal-oxide surge arresters without gaps for a.c. systems, IEC 60099-4, 2001. 12.
- [2] 한국산업규격, "갭리스형 금속산화물 피뢰기," KS C 4616, 1997
- [3] 한국전력공사, "전력용피뢰기," ES-153-261~283, 1998.
- [4] 김석수, 조한구, 박태곤, 박춘현, 정세영, 김병규, "배전급 피뢰기용 ZnO 바리스터 소자의 미세구조 및 서지 특성에 관한 연구," 전기전자재료학회논문지, 15권, 2호, p. 190, 2002.