

금구류 히트사이클 시험용 자동 저항측정 시스템 개발

박 성균, 손 화영, 류 재남, 김 경환, 박 병락, 박 충열, °김 언석

한국전기연구소 전력시험부

Development of Automatic Resistance Measuring System for Aluminum Connector

SUNG-KYUN PARK, HWA-YOUNG SON, JAE-NAM RYU, KYUNG-HWAN KIM, BYUNG-RAK PARK, CHOONG-YEOL PARK, °OUN-SEOK KIM

KERI Power Testing Division

Abstract -Heatcycle testing for aluminum connector is very important. But because of connecting or disconnecting the test circuit, measuring resistance is difficult. Also the previous measuring resistance instrument is analog type. So measuring method is difficult. And four measuring points for one test circuit cause difficulty in automation. In this paper we developed the automatic system for measuring resistance. Automation will allow more information to be gathered, which will lead to the connector aging process being better understood and controlled.

1. 서 론

송배전 계통에서 전선을 접속하거나 지지하는 금구류에 대한 장기 신뢰성은 매우 중요하다. 금구류의 신뢰성을 확인하기 위한 시험 중에서 히트 사이클 시험이 있다. 시험기간은 접속장치의 등급에 따라 다르지만 국내에서는 500사이클을 실시하고 있다. 시료 4개는 직렬로 연결하여 루프를 구성한다. 시료는 교류전류를 흘려서 가열시킨다. 접속부위의 온도 상승치는 전류인가 마지막 시점에서 100℃에서 105℃ 사이이어야 한다. 그런 다음 전류를 오프하여 시료를 식힌다. 시험중 측정 파라미터는 도체저항과 온도가 있다. 이중 특히 도체저항은 시료의 루프를 개방하고 직류전원을 사용해야 측정이 번거롭다. 도체저항은 전류 오프 시점의 마지막 시점에서 주위온도로 낮아졌을 때 측정한다. 시험기준은 25사이클 때의 측정치에 대하여 500사이클 측정치는 ±5% 범위이어야 한다. 이러한 측정을 실시하기 위해서 각 측정 시점까지 대기한 후 루프를 개방하고 도체저항은 직류 전원을 이용하여 측정해야 하는 어려움이 있다. 시험완료 후에는 결선을 다시 연결하여 교류 전류가 흐를 수 있도록 루프를 형성해 주어야 한다. 이러한 측정을 500 사이클의 경우에는 11번을 주기적으로 실시하여야 한다[1][2]. 현재 국내 금구류 제조업체 또는 시험기관에서는 브리지형인 Double Bridge를 이용하여 도체저항을 측정하고 있다. 그러나 기존의 측정방법은 사용기법이 어려워 훈련된 전문가만이 사용 할 수 있고, 배터리 및 전류조정용 저항등이 별도로 있어 유지보수가 어려운 단점이 있다. 또한 측정 데이터를 따로 기록하여 보관하여야 하는 어려움이 있다. 또한 시료가 4개인 관계로 측정 리드선을 옮기 다니면서 측정하여야 하는데, 매번 측정 포인트를 정확히 길정하기 힘들어 측정오차가 발생할 확률이

큰 단점이 있다.

본 논문에서는 이러한 단점들을 보완하고자 컴퓨터를 이용한 도체저항 자동측정 시스템을 개발하였다. 우선 루프를 쉽게 개방하고 다시 연결할 수 있는 전자접촉기를 도입하여 개방 및 투입을 컴퓨터로 할 수 있도록 하였다. 도체저항은 디지털형 측정장치를 도입하여 컴퓨터로 측정한다. 도체저항 측정 점은 4개소이므로 기존 디지털 도체저항 측정장치로는 자동화하기가 힘들다. 그래서 스캐너를 도입하여 자동으로 4개소를 측정할 수 있는 시스템을 개발하였다. 측정된 데이터들은 파일로 기록되어 추후 분석이 가능하도록 하였다. 특히 개발된 측정기법 및 시스템은 기존의 디지털 계측기를 컴퓨터로 제어하여 계측하는 것이므로 정밀도는 검교정을 받으면 쉽게 해결할 수 있다. 또한 시스템의 고장 시에는 동일기종의 다른 기기로 쉽게 교체가 가능하므로 유지보수도 간단하다.

본 논문에서 개발한 측정 시스템의 정밀도를 검토하기 위하여 기존의 브리지형 계측기와 디지털형 계측기에 대한 비교실험을 실시하였다. 또한 스캐너 도입에 따른 영향을 검토하기 위하여 스캐너 사용 전, 후에 대한 비교실험을 실시하였다. 스캐너 접점의 측정에 대한 재현성도 실험하여 보았다. 실험결과 매우 양호한 결과를 얻어 실 적용에 문제가 없음을 입증하였다.

2. 자동화 도입시 문제점

금구류 히트사이클 시험에서 도체저항 시험의 자동화가 어려운 이유를 간단히 정리하면 다음과 같다.

- (1) 측정장치가 아날로그형이다.
금구류 4개입체 및 시험기관인 당소 전력시험부에서도 지금 까지 아날로그형인 Double Bridge를 사용하였다. 이 측정기기는 측정하기도 힘들고, 직류전원을 공급할 장치 및 전류조정용 저항등이 있어 유지보수가 힘들다. 또한 측정기법상 자동화는 거의 불가능하다.
- (2) 2종의 전류원이 필요하다.
평소 가열시험에는 수백 암페어 이상의 교류전류가 필요하고, 도체저항 측정시에는 수 암페어의 직류전류가 필요하다. 교류전류 인가시는 루프를 구성하여야 하고, 저항을 측정하기 위해서는 회로를 개방해야 한다. 그러므로 측정자동화는 매우 힘들다.
- (3) 도체저항 측정장치는 측정채널이 1개뿐이다.

디지털형 도체저항 측정장치를 사용한다 할지라도 현재까지는 1개의 측정 회로만을 가진 계측기만 생산되고 있다. 히트 사이클 시험은 1 루프에 대하여 4개의 시료로 구성되어 있으므로 4개의 저항을 측정하여야 한다. 이러한 점이 자동화를 어렵게 한다.

그러므로 히트사이클의 도체저항을 자동으로 측정하기 위해서는 위의 사항들이 해결하여야 한다. 본 논문에서는 이러한 어려운 점을 해결하였다.

3. 자동 측정장치 개발

3.1 하드웨어 구성

개발한 자동 저항측정 시스템의 블록도는 그림 1과 같다.

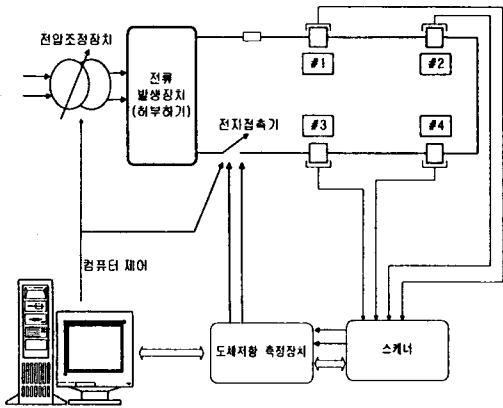


그림 1. 측정 시스템 블록도

- (1) 피스널 컴퓨터(PC) : IBM 호환기종으로 486 컴퓨터이다. PC는 전자접촉기의 개방 및 투입을 제어하며, 도체저항 측정장치 및 스캐너를 제어하고 계측한다. 디지털 기기와의 통신은 IEEE 488 프로토콜을 이용한다.
- (2) 도체저항 측정장치 : 디지털형 도체저항 측정장치로 수 $\mu\Omega$ 에서부터 20 k Ω 까지 측정 가능하다. 측정전류는 0.1mA부터 10A까지 가능하다. GPIB카드를 내장하고 있으며, PC를 통하여 제어하고 계측한다.
- (3) 스캐너 : 도체저항 측정용 릴레이로 최대 50 채널까지 가능하다.
- (4) 전류발생장치 : 시료를 가열시키기 위한 교류전류 발생장치로 입력 측의 유도전압조정장치를 조정하여 2차측에 흐르는 전류를 조정한다.
- (5) 전자접촉기 : 루프를 연결하거나 해제하기 위한 기기로 3상을 일괄하여 단상으로 사용하여 전류용량을 3배로 증가시켰다.

3.2 소프트웨어 구성

소프트웨어는 크게 사용자 인터페이스 부분과 제어 및 계측부분으로 나눌 수 있다. 사용자 인터페이스부는 POP-UP/PULL-DOWN

방식을 사용하였으며, 한글화하여 사용자 편의를 도모하였다. 제어부분은 전자접촉기의 개폐를 제어하며 이는 컴퓨터 슬롯에 삽입된 D/O 카드를 사용하였다. 또한 GPIB Card를 통하여 스캐너의 접점 위치를 변경한다. 계측 부분은 도체저항 측정장치로부터 측정치를 컴퓨터로 읽어 들인다. 계측부분 소프트웨어의 흐름도는 그림 2와 같다.

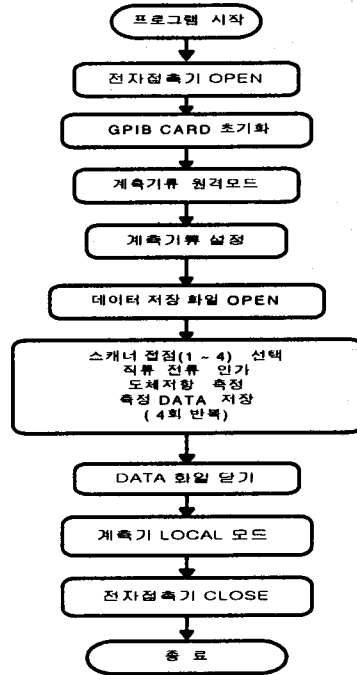


그림 2. 계측부분 소프트웨어 흐름도

3.3 실험 방법

실험의 목적은 제안한 측정기법 및 측정장치의 정밀도를 검증하기 위한 것이다. 비교대상 저항은 1000 $\mu\Omega$ 의 표준저항 및 약 100 $\mu\Omega$ 의 알류미늄 시료를 사용하였다. 이러한 크기는 대체적인 도체저항 측정치가 수십에서 수백 $\mu\Omega$ 단위이기 때문이다. 디지털형 도체저항 측정장치의 정밀도가 기존 브리지형 도체저항 측정장치와 어느 정도 차이가 있는지를 비교하기 위하여 브리지형 2대 및 디지털형 1대를 비교하였다. 측정장치의 검교정 시기에 따른 오차는 고려하지 않았다. 또한 시료 선택용 스캐너 장치가 측정에 영향을 미치는지를 검토하기 위하여 디지털형 계측기 1대에 대하여 표준저항을 대상으로 4개 접점에 대하여 측정하여 보았다. 또한 접점의 재현성을 비교하기 위해서 10번씩 측정하여 보았다.

비교실험에 사용된 기기들의 모델명은 다음과 같다.

- 브리지형 도체저항 측정장치 A, B : YOKOGAWA TYPE 2752
- 디지털형 도체저항 측정장치 C : VALHALLA 4300B
- 표준저항기 : YOKOGAWA 2792
- 알류미늄 : 히트사이클 시험용 시료
- 스캐너 : YOKOGAWA 7501

3.4 실험 결과

기존의 브리지형 계측기와 새로 도입하고자 하는 디지털형 도체저항 측정장치에 대하여 서로 비교실험을 실시하였다. 표준저항과 알루미늄 시료에 대한 비교실험 결과는 각각 표1과 2에 수록하였다. 실험목적에 비교실험이고 거의 동일 온도인 관계로 온도보정은 실시하지 않았다. 또한 측정전류에 따른 영향도 고려하지 않았다. 표1과 2에서 보는바와 같이 디지털형 도체저항 측정장치는 브리지형과 매우 비슷함을 알 수 있다. 결론적으로 사용이 간편하고 유지보수가 쉬운 디지털형 도체저항 측정장치의 도입이 타당함을 알 수 있다.

표 1. 브리지형과 디지털형 측정장치의 비교[표준저항기]

| 계측기 종류 | 측정결과($\mu\Omega$) | 측정온도($^{\circ}\text{C}$) | 측정전류(A) |
|--------|---------------------|----------------------------|---------|
| 브리지형 A | 999.8 | 21.6 | 1.5 |
| 브리지형 B | 1001.7 | 21.8 | 1.5 |
| 디지털형 C | 1003.2 | 21.6 | 10.0 |

표 2. 브리지형과 디지털형 측정장치의 비교[알루미늄]

| 계측기 종류 | 측정결과($\mu\Omega$) | 측정온도($^{\circ}\text{C}$) | 측정전류(A) |
|--------|---------------------|----------------------------|---------|
| 브리지형 A | 105.04 | 22.5 | 5.4 |
| 브리지형 B | 104.26 | 22.5 | 5.4 |
| 디지털형 C | 104.50 | 22.5 | 10.0 |

표 3은 시료 선택용 스캐너 사용에 따른 사용전, 후 측정결과이다. 측정 자동화에 필수적인 스캐너가 측정결과에 거의 영향을 주지 않음을 알 수 있다.

표 3. 스캐너 사용 전, 후 측정치 비교

| 계측기 | 사용전 측정치($\mu\Omega$) | 사용후 측정치($\mu\Omega$) | |
|--------------|--------------------------------------|------------------------|----------------------------------|
| | | 접점1 | 1003.1(20.2 $^{\circ}\text{C}$) |
| 디지털 계측기 C | 1003.2 (20.2 $^{\circ}\text{C}$) | 접점2 | 1003.2(20.2 $^{\circ}\text{C}$) |
| | | 접점3 | 1003.0(20.2 $^{\circ}\text{C}$) |
| | | 접점4 | 1003.0(20.2 $^{\circ}\text{C}$) |

표 4는 스캐너를 사용할 때 도체저항 측정에 대한 재현성을 실험한 결과이다. 10회를 반복 실험한 결과 재현성이 매우 뛰어나음을 알 수 있다. 히트사이클 시험에서 도체저항 시험은 초기치에 대한 마지막 측정치의 변화경향을 보는 것이므로 표에서 보는바와 같이 재현성이 뛰어나므로 정밀도면에서 충분하다고 할 수 있다. 이는 2개월에 걸친 장기 실험에서 자동화를 쉽게 구현 할 수 있음을 보여주는 것이다.

표 4. 스캐너 접점의 재현성 결과

| 계측기 | 접점 | 10회 측정결과($\mu\Omega$)/20.5 $^{\circ}\text{C}$ | 평균치 |
|--------------|----|--|---------|
| 디지털 계측기 C | 1 | 1002.9, 1003.0, 1003.1 1003.0, 1003.0, 1003.0 1003.2, 1003.1, 1003.1 1003.1 | 1003.05 |
| | 2 | 1003.0, 1003.1, 1003.1 1003.0, 1003.1, 1003.2 1003.2, 1003.1, 1003.2 1003.2 | 1003.12 |
| | 3 | 1002.9, 1002.9, 1002.9 1003.0, 1003.0, 1002.9 1003.0, 1003.0, 1003.0 1003.0 | 1002.96 |
| | 4 | 1002.9, 1003.0, 1003.0 1003.0, 1003.0, 1003.0 1003.0, 1003.0, 1003.1 1003.0 | 1003.00 |

4. 결론

본 논문에서는 히트사이클 시험중 도체저항 측정에 대한 새로운 기법을 제안하고, 시스템을 구성하였으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 급구류의 히트사이클 도체저항 측정에 있어서 기존의 사용 불변한 브리지형 도체저항 측정장치는 비교실험 결과 디지털형 도체저항 측정장치로 충분히 대체 할 수 있음을 알았다.
- (2) 1개 루프 4개소의 도체저항 측정을 자동화하기 위한 스캐너의 사용은 측정 정밀도상 거의 문제가 없음을 알았다.
- (3) 전자접촉기를 사용하여 루프의 개방 및 투입의 자동화를 구현 하였다.

또한 개발된 시스템은 컴퓨터를 이용한 자동계측이 가능하여 많은 양의 데이터를 취득 할 수 있으므로, 알루미늄 접속장치의 히트사이클 시험에 대한 많은 이해와 분석이 가능할 것으로 기대 된다.

참 고 문 헌

- [1] ES 114, "알루미늄 접속급구류의 Heatcycle 시험방법", 1985.
- [2] ANSI C 119.4-1991, "American National Standard for Connectors for use Between Aluminum or Aluminum-Copper Overhead conductors."