

변전소 25.8kV GIS내 보조계전기 수명 고찰

장병태, 이남호, 이민수, 윤석민, 송인준, 심응보, 박동수
한국전력공사 전력연구원

The study of auxiliary relay life of 25.8kV GIS in substations

Byung-Tae Jang, Nam-Ho Lee, Min-Su Lee, Suk-Min Youn, Song-In Jun, Eung-Bo Shim, Dong-Su Park
KEPCO

Abstract - 변전소내 주 전력설비에는 변압기, 170kV 및 25.8kV GIS(Gas Insulated Switchgear), 보호제어장치, 집중감시제어반, SCADA(Supervisory Control and Data Acquisition) 등으로 구성되어 있다. 이들 기기들을 제어하고 조작하기 위한 조작회로 보조장치에는 접자접촉기인 보조계전기가 사용되어진다. 1개 배전반내에 보조계전기는 보통 20개 이상 설치되어 있고 변전소내 타 고가 전력기에 비해 저가이고 수량이 상대적으로 매우 많다. 본 논문에서는 25.8kV GIS내에 널리 사용되는 일반 제품인 보조계전기의 특성을 고찰하므로써 변전소 운전환경에 적합한 운영방안을 제시하고자 한다.

1. 서 론

보조계전기는 전기회로를 개폐하는 제어시스템을 갖춘 산업체에서는 널리 사용하는 일반적인 제품이다. 보조계전기가 현장에 설치되어 운영되는 실질적인 주변조건은 사용자 환경마다 천차만별이며 온도, 설치된 구조밀폐 정도, 습도 등의 차이에 따라 보조계전기 특성에 크게 영향을 주기 때문에 사용되는 장소의 조건을 사용자가 자기 환경에 맞게 환경의 일반화 정보를 구축 할 때 유지 보수의 최적화를 위한 보조계전기의 수명 수립이 가능하리라 생각한다. 따라서 본 논문에서는 변전소내 25.8kV GIS에 국한하여 보조계전기의 설치환경을 분석하므로써 수명 수립에 고려되어야 할 사항과 최적 운영을 위한 기술가이드를 제시하고자 한다

2. 본 론

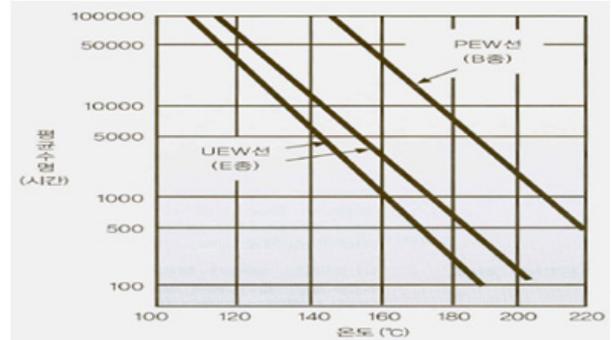
2.1 보조계전기 구성 및 동작원리

보조계전기는 전기회로를 개폐하는 접점과 접점의 개폐동작을 행하게 하는 조작코일 및 철심으로부터 완성되는 전자석 그리고 전자석의 움직임을 접점으로 전하는 연결기구로 구성되어 있다. 코일에 규정 전압을 인가하면 여자전류가 흐르고 이 전류에 의해 고정 철심내에 자속이 발생하고 고정철심은 자석이 되어 가동철심은 고정철심쪽으로 당겨진다. 이 가동철심에 핀으로 연결되어 있는 홀더에서는 가동접점이 연결되어 있어 가동철심의 움직임에 의해 같이 움직이고 프레임에 고정된 고정접점과 접촉해 전기회로를 연결시킨다. 코일에 인가되어 있는 전압을 차단하면 철심의 여자가 풀리고 가동철심은 복귀 스프링에 의해 가동접점이 고정접점으로부터 벗어나 전기회로를 차단시킨다.

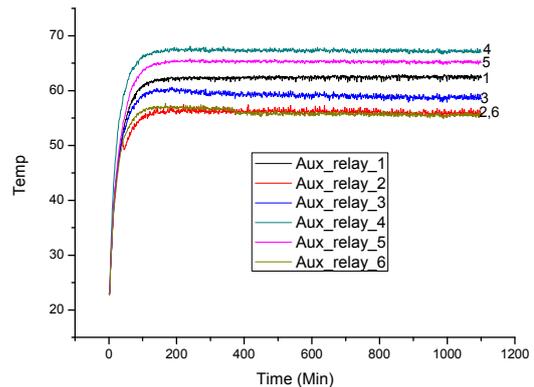
이러한 구조를 갖춘 보조계전기를 두가지 측면에서 살펴보고자 한다. 첫째는 여자전류를 발생시키는 코일 부분이며 현장에 상시여자형으로 운영하는 보조계전기의 경우 온도와와의 관계성을 분석하고자 한다. 둘째 접점의 경우 제작회사에서는 일반적으로 전기적 수명계수로 정격사용전류에서 개폐빈도와의 관련성을 제시한다. 예를들면 전기적 수명으로 100만회 이상에서도 전기적 수명을 보장하며 기계적 수명은 1,000만회 이상으로 전기적 수명보다 더욱 강인하다고 보여주고 있다. 사용자의 운영 조건에 따라 접점의 경우 1년에 수회 이하로 동작하며 10년이 지나도 수십회에 머무르며 극소 개폐빈도에 접점의 개방상태나 폐로상태 중 한 상태를 장기간 지속적으로 운영하는 사용장소가 있다. 이러한 경우 접점에 대해 분석하고자 한다.

2.2 상호이격간 온도시뮬

보조계전기가 설치되어 운영되는 현장이 높은 주위 온도로 사용되는 경우에는 코일의 절연수명(연속 통전 수명)과 제품의 외형 변화를 고려하여 제품을 선택하여야 한다. 코일의 온도 상승은 규격으로 주위 온도도 포함해 A종 절연부터 E종 절연, UEW(Polyurethane Enameled Wire)으로 구분되어 코일 재료에 따라 온도 열화가 달라진다. 그림 1은 코일 Wire 내열 수명 곡선의 예시이다. 온도와 수명과의 상관관계 곡선을 살펴보면 코일이 예를들어 UEW 재료를 사용한 경우 사용자의 주위 온도 환경에 따라 동일 제품이라도 수명이 달라짐을 보여주고 있다.

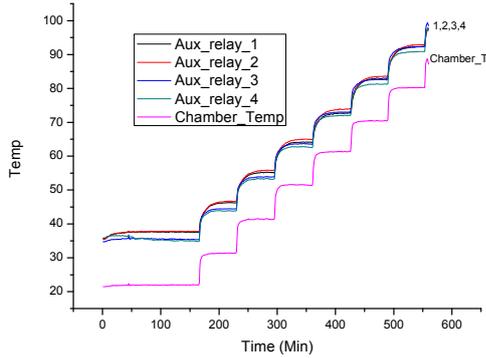


<그림 1> 코일 Wire 내열 수명 곡선

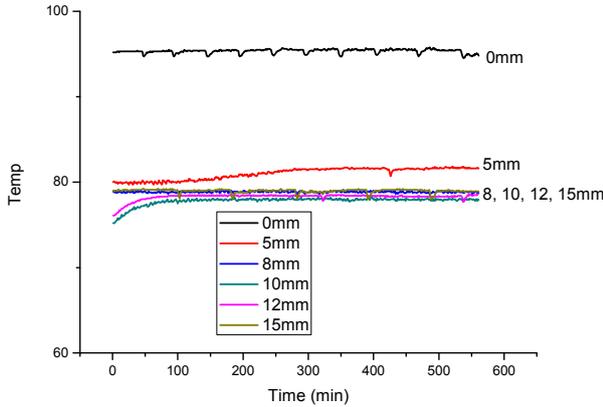


<그림 2> 정격전압 인가시 코일 온도 측정 그래프

그림 2는 보조계전기 동일제품 6개 시료를 선택하여 코일 절연재료 표면에 Thermo-couple를 설치하고 정격전압을 인가하여 항온항습실 23°C, 60%에서 장시간 데이터 수집장치에 온도값을 기록한 측정값이다. 보조계전기의 일반적인 특성으로 실험결과와 같이 1시간 정도 시간이 지나가면 온도가 더 이상 상승하지 않고 일정한 온도를 유지하는 특성을 지닌다. 동일제품이라도 코일의 온도 특성은 개별 코일 저장값의 산포에 의해 일정 온도 유지점이 동일하지 않음을 보여주고 있다. 그림 3은 항온항습장치내 보조계전기 시료 4개를 설치하여 정격전압을 인가하고 챔버내 온도를 1시간 간격으로 10°C씩 상승시킬 때 코일의 온도 상승 값을 그래프로 나타내었다. 챔버온도를 주위온도라고 가정할 때 코일온도는 주변온도로부터 영향을 받는 것을 알 수 있다. 현장에서 측정되는 코일 온도는 주위온도와 코일 자체내의 절대온도를 합한 것이라 볼 수 있다. 25.8kV GIS 전장부의 길이는 표준화되어 있어 제어스위치류, 다수 보조계전기 및 제어케이블을 구성하기에는 매우 협소한 공간이다. 이런 협소한 공간에 설치된 상시여자형 보조계전기의 온도는 설치형태에 따라 동일배전반, 동일제품, 동일 제조일자라도 다르게 측정된다. 차이 온도는 10°C에서 20°C까지 차이가 나기도 한다. 상시여자형 보조계전기는 항상 코일 온도가 고온을 지속하고 있으므로 조작시에만 동작하는 보조계전기와 인접하지 않고 상시여자형 동종끼리 인접해 다수 배치하였을때는 상호간의 고온의 시너지 효과에 의해서 더욱 코일 온도가 상승될 수 있다. 일반적으로 사용 환경의 온도가 10°C 오르면 수명은 반으로 줄어드는 것을 적용한다면 배치조건에 따라 수명이 더욱 짧아질 수도 있음을 알 수 있다.



〈그림 3〉 주위온도 상승시 코일 온도 측정 그래프



〈그림 4〉 상호이격시 코일 온도 측정 그래프

그림 4는 보조계전기 6개의 시료를 가지고 모두 정격전압을 인가하여 상시여자형으로 만든 상태에서 보조계전기 6개의 간격을 완전히 밀착시키는 0mm부터 15mm까지 간격을 이격하여 항온항습실에서 장시간 운전실험하였다. 간격이 떨어질수록 코일온도 측정값이 전체적으로 나이지는 것을 알 수 있다. 상시여자형 보조계전기를 동일배진반내에 여러대 설치하여야 할 경우 비록 공간이 협소하다 할지라도 조작시동작형에 비해 최소 8mm 정도는 상호간에 이격하여야 상호간의 온도 상승작용에 둔감한 것으로 실험결과 나타났다.

코일의 온도를 상대적으로 저감시키는 추가 방안은 고정철심 재료로 영구자석을 활용하는 것이다. 국내에서는 이러한 보조계전기가 아직 생산되고 있지 않지만 국외에서는 판매되고 있다. 국내에서도 지금까지의 우수한 제조기술을 바탕으로 영구자석 기반의 신제품 개발이 필요하다. 영구자석의 경우 보조계전기에 여자전류가 상대적으로 적어 코일에 스트레스를 동일 규격 대비 적게 가해 온도 상승을 억제할 수 있는 방법이다. 국내 일반 고정철심 제품과 국외 영구자석 제품의 동작성인 인가시 코일에 흐르는 전류 측정 결과값을 표1에 나타내었다.

〈표 1〉 일반 고정철심과 영구자석 사용시 코일전류 측정결과값

구분	인가전압	코일전류 [A]
국내제품 1	DC 110V	0.054 A
	DC 125V	0.061 A
국내제품 2	DC 110V	0.052 A
	DC 125V	0.059 A
국외제품 3	DC 110V	0.036 A
	DC 125V	0.040 A

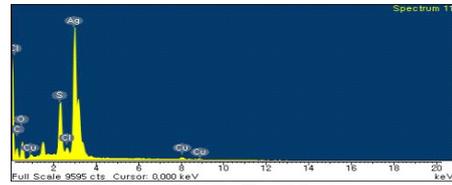
2.3 염수분무 및 고온다습 시험

보조계전기의 전기적 수명 언급시 개폐빈도 100만회 이상시에도 성능을 보장하는 수명을 제시하지만 사용자의 운영조건에 따라서 수년간이 지나도 현장에 설치된 보조계전기가 수회 이내로 동작하는 보조계전기의 경우가 발생할 수 있다. 이런 경우 접점이 개로상태로 오랜 시간동안 한 상태로 머물러 있으며 대기중의 산화성분이나 이물질에 의해 접점표면 상태변화로 통전상태가 불량하여 보조계전기 부동작을 유발할 수 있

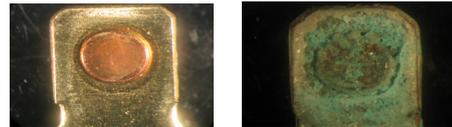
다. 이에 염분을 포함하는 대기에 견딜 수 있도록 설계된 제품의 내열화성 분석을 위하여 염수분무 시험을 수행하였다. 시험에 사용하는 소금은 양질의 염화나트륨(NaCl)으로 하고 염용액은 무게비로 증류수 95에 대하여 소금 5의 비율로 용해하여 만들었다. 시험에 사용된 시험 프로파일은 그림 5와 같으며 전체 시험조건은 온도 100℃, 습도 100%까지 조절할 수 있는 항온항습부식시험장치를 사용하였다. 수동 분무장치로 2시간 시료 염수분무 후 습도 93%, 온도 40℃에서 내열화성 시험을 수행하였다. 또한 고온고습시험으로 20℃에서 60℃까지 온도 변화와 습도 95%에서 90%까지 변화를 20시간 간격으로 3회 반복시험을 동일 장치내에서 시험하였다.



〈그림 5〉 염수분무 시험 프로파일



〈그림 6〉 현장시료 금속표면 성분분석



〈그림 7〉 염수분무 결과 시료 시험 전후 모습

그림 6은 현장에서 확보해 온 보조계전기 시료를 주사전자현미경(SEM-Scanning Electron Microscope) 및 EDS(Energy Dispersive X-ray Spectroscopy) 장비를 활용하여 시료의 접점 표면의 원소 구성 분석과 상대적 원소의 정량분석을 시행하였다. 분석결과 S(황)의 성분이 상대적으로 많이 검출 되었으며 이는 보조계전기가 산화를 일으킬 수 있는 환경에 접해 있다고 할 수 있다. 그림 7은 염수분무 시험결과 시료 모습이 염분과 산화로 인하여 접점 표면에 이물질이 매우 많이 고착된 상태여서 기능시험을 위하여 정격전압 인가한 결과 접점의 통전이 되지 않았다. 고온다습 시험결과 시료의 접점 기능시험에는 이상이 없었다. 고온다습 상태에서 산화성분이 존재하게 되면 접점 표면의 산화가 발생할 수 있으므로 습도 관리를 통하여 보조계전기 수명 신뢰성 제고가 필요하다.

3. 결 론

본 논문에서는 25.8kV GIS내 일반적으로 사용되는 보조계전기의 일반적인 특성과 변전소내 운전중인 환경하에서 특성을 분석하였다. 보조계전기 제작사가 특정 사용자를 위한 제품을 제공하기 전에는 사용자가 일반 제품의 특성을 잘 이해하고 사용자 환경의 현황을 잘 분석하므로써 제품의 신뢰성 보장과 수명 수립에 보다 효율적으로 활용이 가능하리라 생각한다.

[참 고 문 헌]

- [1] 류행수, 박상용, 한규환, 권영일, 윤남식, “제품 신뢰성 확보를 위한 배전계통에 사용되는 전자개폐기 가속스트레스시험에 관한 연구”, 대한전기학회 하계학술대회, 2005.07
- [2] 기술표준원 고시, “전기전자 염수분무 사이클 시험방법”, KSC 0224, 2005
- [3] 기술표준원 고시, “전기전자 고온고습 정상 시험방법”, KSC 0222, 2005
- [4] 류행수, 한규환, 권영일, “배전선로에 사용되는 전자개폐기의 가속수명시험에 관한 연구”, 대한전기학회 하계학술대회, 2002.07