

## 변류기 이차발화가 발전소 화재안전성에 미치는 영향 평가

박준현, 임현태\*, 오승준\*

한국전력공사 전력연구원, (주)케이엠이엔티\*

### Assessment of Secondary Ignition of Current Transformer to Safe Shutdown Operation

Jun-Hyun Park, Hyuntae Yim\*, Seung-Jun Oh\*

Korea Electric Power Research Institute

Knowledge Management Engineering and Technology, Inc.(KMENT)\*

#### 1. 서 론

변류기(Current Transformer)는 배전 계통의 전류를 감시하기 위하여 사용하는 설비로 2차측이 개방되는 경우에 철심이 포화되어 과열로 인한 화재 발생 위험이 있다. 원자력발전소 화재 안전정지분석에서는 이러한 변류기 2차 발화가 발전소 안전정지 운전에 영향을 미치는 지를 평가하도록 명문화되어 있다. 본 논문에서는 원자력발전소 주제어실에서 화재가 발생하는 경우에 변류기 이차발화 가능성 및 이차발화가 발전소 화재 안전성에 미치는 영향을 평가하는 방법에 대해 정리하였다. 그리고 이 방법을 발전소에 적용하여 시범적으로 평가한 결과를 나타내었으며 변류기 2차 발화가 발전소 안전정지에 영향을 미치는 경우에는 그 해결방안도 모색하여 보았다.

#### 2. 변류기 이차발화 영향 평가 절차

변류기는 전기패널 모선에 설치되어 이차 코일을 통해 모선에 흐르는 전류와 비례하는 신호를 제공한다. 변류기는 일차 고압전류를 이차 저압전류로 변환시킬 수 있도록 설계되어 있다. 이론적으로 이차 전압은 일-이차간 전류비를 일정하게 유지하는데 필요한 값을 갖는다. 이차 회로가 열리게 되면 전류비를 유지하기 위해 이차 회로에 위험 최고 전압(Hazardous Crest Voltage)이 걸리게 되며 이것은 변류기가 발화되는 원인이 된다. 변류기 회로의 발화에 의한 화재의 예가 그림 1에 나타나 있다. 주제어실에서 발생한 화재로 변류기의 이차 회로가 개방(Open Circuit)되고 그 결과로 안전정지 모선 A, B에 있는 변류기에 동시에 이차발화를 일으킨다. 이때 다중 모선이 동시에 손상되어 발전소 안전정지 기

능을 수행하는 다중 안전기기 사용이 곤란하게 된다.

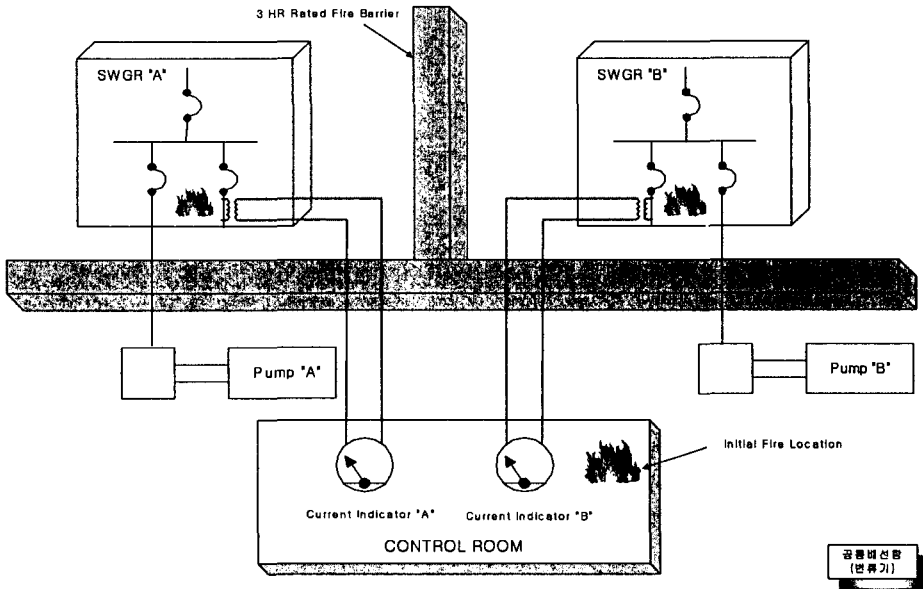


그림 1. 변류기 이차발화의 예

변류기 문제를 검토하는 절차는 다음과 같다.

- 스위치기어를 비롯한 전원계통 중에서 변류기를 포함하고 있는 전원을 파악한다.
- 다음과 같은 특성을 갖는 변류기를 선별 제외한다.
  - a. 변류기 이차회로가 변류기가 설치된 기기의 방화지역을 벗어나지 않는 경우
  - b. 변류기 이차회로가 변환기(Transducer)에 의해 전기적으로 격리되고 변환기가 일차 회로와 동일한 방화지역에 위치하는 경우
  - c. 변류기 이차회로가 단선되면 일차회로의 전원차단기가 차단되는 경우
  - d. 변류기가 안전정지와 관련이 없는 전원(비 IE 전원)에 설치된 경우
  - e. 변류기의 형태나 구조로 보아 잠재적 연소성이 없는 경우
- 선정결과 이차회로 개방에 의한 이차발화로 안전정지에 문제가 유발될 가능성이 있는 변류기에 대해서 해결방안을 수립한다.

변류기 이차 회로 개방에 의한 문제로 인해 안전정지 성공경로 확보가 곤란한 경우에 이를 해결하는 방법으로는 다음과 같은 것이 있다.

- 변환기(Transducer)를 사용하여 이차 회로를 격리
- 불연성 재질의 변류기를 사용하여 발화 자체를 원천적으로 제거
- 변류기 이차발화에 대비한 내용을 화재 비상절차서를 반영하여 사용

### 3. 평가 결과

분석 대상 발전소에서 변류기가 설치된 지역은 13.8 kV 스위치기어, 4.16 kV 스위치기어, 480 V 부하센터의 모선과 주발전기, 주변압기, 보조변압기, 기동변압기 등이다. 이들 변류기를 검토한 결과를 정리하면 표 1과 같다.

표 1. 변류기 화재영향 평가

변류기 설치기기	변류기명	선별결과
480 V 부하센터	• 전류기 및 보호계전기용 변류기	a
4.16 kV 스위치기어	• 전류기와 과전류보호계전기용 변류기	b
	• 기동변압기, 보조변압기의 차동계전기용 변류기	c
	• 비상디젤발전기 모선(Feeder)의 변류기	a
13.8 kV 스위치기어	• 전류기와 과전류보호계전기용 변류기	b
	• 차동계전기 회로	c
주발전기	• 전류기 및 전력계용 변류기	d
	• 주발전기차동계전기	c
	• 주발전기 321,332M 변류기	d
보조변압기, 주변압기, 기동변압기	• 전류기 및 전력계용 변류기	d, e
	• 변압기 보호계전기용 변류기	c
	• 변압기 과전류보호계전기용 변류기	d, e

- 480 V 부하센터
  - 480 V 부하센터의 전류기 및 보호계전기는 부하센터 내부에 위치함
- 4.16 kV 스위치기어
  - 전류기와 과전류보호계전기용 변류기 회로는 스위치기어 내부에 변환기를 사용하여 연결됨
  - 기동변압기 및 보조변압기의 차동계전기용 변류기 회로는 제어건물 서편(B측) 비안전 제어캐비닛실(ZJH-02B)의 ZJ-P088 패널의 기동변압기차동계전기와 ZJ-P080 패널의 보조변압기차동계전기에 연결됨. 차동계전기는 변류기 이차회로 개방에 따른 고장전류 발생시 동작하여 일차측 전원을 차단함
  - 비상디젤발전기 모선(Feeder)의 변류기 이차회로는 스위치기어 내부의 전류기, 전력계 및 보호계전기에 연결됨
- 13.8 kV 스위치기어
  - 전류기와 과전류보호계전기용 변류기 회로는 스위치기어 내부에 변환기를 사용하여 연결됨
  - 차동계전기 회로는 제어건물 서편(B측) 비안전 제어캐비닛실(ZJH-02B)의 ZJ-P080 패널의 보조변압기차동계전기에 연결됨. 차동계전기는 변류기 이차회로 개방에 따른 고장전류 발생시 동작하여 일차측 전원을 차단함

○ 주발전기(그림 2, 3 참조)

- 전류기 및 전력계용 변류기 회로는 제어건물 서편(B측) 비안전 제어캐비닛실(ZJH-02B)의 ZJ-P080 패널의 변환기를 거쳐 주제어실 ZJ-P003/P009, ZJ-P011 패널의 전류기 및 전력계에 연결됨. ZJH-02B 지역 화재시 전류기 및 전력계용 변류기는 이차회로 개방에 따른 이차발화가 가능하나 주발전기는 안전정지와 관련 없는 기기임
- 주발전기차동계전기 회로는 제어건물 서편(B측) 비안전 제어캐비닛실(ZJH-02B)의 ZJ-P080 패널의 주발전기 보호계전기에 연결됨. 주발전기차동계전기는 변류기 이차회로 개방에 따른 고장전류 발생시 동작하여 일차측 전원을 차단함
- 주발전기 321, 332M 변류기회로는 제어건물 서편(B측) 비안전 제어캐비닛실(ZJH-02B)의 ZJ-P080 패널의 주발전기 보호계전기에 연결됨. 주발전기 321,332M 변류기 이차회로 개방에 따른 이차발화가 가능하나 안전정지에 영향을 미치지 않음

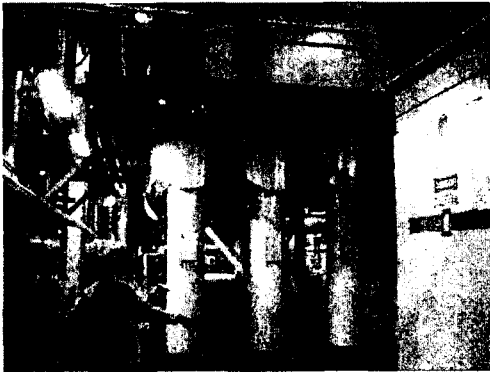


그림 2. 주발전기 부스(내부에 변류기 설치)

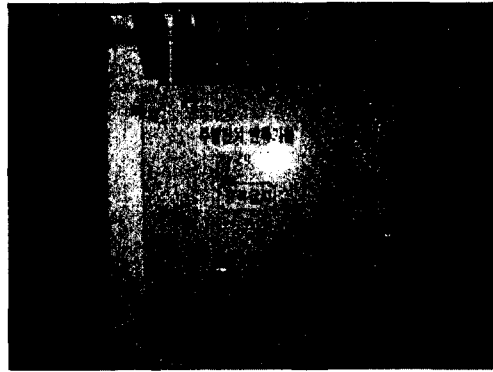


그림 3. 주발전기 변류기함

○ 주변압기(그림 4 참조)

- 전류기 회로는 제어건물 서편(B측) 비안전 제어캐비닛실(ZJH-02B)의 ZJ-P080 패널의 변환기를 거쳐 주제어실 ZJ-P003 패널의 전류기에 연결됨. ZJH-02B 화재시 전류기용 변류기는 이차회로 개방에 따른 이차발화가 가능하나 변류기가 변류기함에 내장되어 있어 변류기함 내부의 소규모 화재로 국한될 가능성이 높고 만일 화재가 변압기 본체로 확산된다 하더라도 주압기는 안전정지와 관련 없는 기기임
- 주변압기 차동계전기 회로는 제어건물 서편(B측) 비안전 제어캐비닛실(ZJH-02B)의 ZJ-P080 패널의 주변압기 보호계전기에 연결됨. 주변압기차동계전기는 변류기 이차회로 개방에 따른 고장전류 발생시 동작하여 일차측 전원을 차단함
- 주변압기 과전류보호계전기 회로는 제어건물 서편(B측) 비안전 제어캐비닛실(ZJH-02B)의 ZJ-P080 패널의 주변압기 보호계전기에 연결됨. ZJH-02B 화재시 과전류보호계전기용 변류기는 이차회로 개방에 따른 이차발화가 가능하나 변류기가 변류기함에 내장되어 있어 변류기함 내부의 소규모 화재로 국한될 가능성이 높고

만일 화재가 변압기 본체로 확산된다 하더라도 주압기는 안전정지와 관련 없는 기기임



그림 4. 주변압기 변류기함(부싱 하부)

#### 4. 결 론

분석 대상 발전소에서 변류기가 설치된 지역은 13.8 kV 스위치기어, 4.16 kV 스위치기어, 480 V 부하센터의 모선과 주발전기, 주변압기, 보조변압기, 기동변압기 등이다. 이들 변류기 연계회로에 대해 전문가의 논리적 판단을 근거로 변류기 이차발화가 발전소 화재 안전성에 미치는 영향을 평가하였다. 평가 결과, 주제어실에서 화재가 발생하는 경우에 이차회로 개방에 의한 변류기 이차발화의 가능성은 있으나 이러한 변류기 이차발화가 발전소 안전정지에는 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

#### 참고문헌

1. 고리3,4호기 화재위험도분석, 한국수력원자력, 2005.10
2. Regulatory Guide 1.189, "Fire Protection for Operating Nuclear Power Plants", USNRC, Apr. 2001
3. IE Information Notice No. 99-17, "Problem Associated with Post-Fire Safe-Shutdown Circuit Analyses", USNRC, Jun. 1999
4. "Guidance for Post-Fire Safe Shutdown Circuit Analysis", NEI00-01, Rev. 1, Nuclear Energy Institute, Jan. 2005
5. "Risk-Informed Approach for Post-Fire Safe-Shutdown Associated Circuit Inspections", Regulatory Issue Summery 2004-03, USNRC, Mar. 2004
6. "Appendix R Design Description", Kewaunee Nuclear Power Plant