

전력계통의 보호계전방식

신대승 한국전기연구소

목 차

1. 보호계전기의 역할
2. 사고제거용 Relay
3. 사고파급방지용 Relay
4. Relay의 발전 전망
5. 맺는말

1. 보호계전기(Protective Relay)의 역할

전력계통은 다수의 발전소, 변전소 및 이를 연결하는 송전선과 부하로 구성되어 있다.

수용가는 전력을 사용하고 싶으면 언제든지 마음대로 전기를 쓰고 끊고 할수 있으며, 전력회사는 항상 이에 응해서 전력을 생산, 공급해야 한다. 그런데 전기는 저장할 수 없으므로, 전력의 생산과 소비는 항상 바란스되어야 한다.

수요전력이 급격히 증가했을때 발전력이 그대로 있으면, 계통주파수는 저하되므로 주파수를 규정치로 유지하려면 이에 맞춰 발전력을 증가시켜야 한다. 또 수요증가는 전압변동도 가져오게 되므로 전압도 제어하여야 규정전압이 유지된다. 이렇게 수요전력은 수용가의 형편에 따라 달라지므로 전력회사가 예측하기란 쉽지 않으며 또 주파수와 전압을 규정치로 유지하기 위한 제어도 아주 어려운 문제라고 할 수 있다.

주파수와 전압이 규정치에서 많이 벗어나면 수용가의 전동기회전수나 전열의 온도, 전등의 조도 등이 변동되므로, 전기를 이용해서 생산하는 제품은 고르게 나올수 없고 품질이 떨어져 수출할 경우에 크래임이 걸릴수도 있다. 따라서 전력회사는 전기의 전압, 주파수의 공급기준치를 아래와 같이 정하여 기준치내로 유지하도록 노력하고 있다.

(그림 1) 순시전압강하의 영향

기 기	적 용 장 소 예	영향이 있는 영역(평균)	◎ 제조업에서의 영향 • 대부분업종에서 컴퓨터, 모터의 정지로 생산 Line이 정지하고 제품 불량발생 • 재가동에 장시간소요(1~12시간) ◎ 기타 업종에서의 영향 • 컴퓨터, 모터는 광범위하게 이용되고 있어서 기기정지의 영향을 받음 • 재가동시간은 비교적 짧음(수분~1시간)
컴퓨터 (OA, FA 기기포함)	• 공장 Process 제어 Robot • 사무실 컴퓨터, 팩시밀리 • 의료기기 • HA	<p>주파수 0.5Hz이하</p>	
Magnet Switch를 쓴 모터	• 공장 모터의 대부분		
SCR을 쓴 가변속 모터	• 일반산업용 모터 • 엘리베이터 • 정수장, 하수처리장의 펌프모터		
고 압 방 전 펌 프	• 점포·혼의 조명 • 스포츠시설·도로·터널의 조명		

• 전압은 표준전압이 100V때 $101 \pm 6V$, 200V일 때는 $202 \pm 20V$.

• 주파수는 표준주파수(60Hz)이내.

근래에 우리 사회는 고도정보화사회를 향해 발전하고 있는데, 이 고도정보화사회란 FA, OA, HA 등을 바탕으로 하고 있으며 이는 컴퓨터가 기본요소가 되는 사회를 말할 수 있는데, 컴퓨터는 순간적인 전압강하나 주파수저하에도 약해서 정지, 誤制御 등을 일으킨다(그림 1참조).

이와같이 앞으로는 전기의 질적향상에 대한 요구도는 더욱 커질 것이다.

전력계통은 항시 수급의 평형을 유지하고 수요변동에 따라 전압, 전류를 조정하고 있는데, 전력설비에 고장이 발생하면 이 평형은 순식간에 깨어져서 전력동요가 일어난다.

전력계통에서 일어나는 고장은 단락(短絡)고장, 지락(地絡)고장 및 단선(斷線)고장으로 크게 나눌 수 있다. 단락고장시에는 큰 단락전류가 흐르는데 고장점 뿐 아니라 그 부근의 설비까지 이 과대전류로 손상을 입을 우려가 있다. 또 단락점의 전압은 거의 0이 되고 부근의 보선전압도 0에 가까워져 지므로 근방의 발전기 출력도 0에 가까워진다. 발전기 출력은 급격히 0이 되는데 발전기의 기계적 입력은 바로 0이 될 수 없으므로 발전기는 가속되어 계통발전기간에 위상차가 벌어지게 되며, 이로 인해 脫調하여 대정전의 방아쇠가 될 수 있다.

지락고장인 경우에도 직접접지계이면 단락고장때와 비슷한 영향을 미칠수 있으며 고장을 그대로 방치해두고는 계통이 안정운전을 계속할 수 없다.

따라서 전력설비에 고장이 생긴 경우에 이를 신속, 확실하게 제거해 주는 사고제거용 Relay를 설치해야 한다.

그런데 설비고장이 제거되더라도, 고장제거시간이 너무 길었다든지, 송전선의 양회선사고로 2회선이 모두 차단되어 Route단 사고가 되든지 하면 발전기의 안정도 저하나 지역수급의 불평형이 발생하여 전력계통의 탈조, 주파수저하, 또는 설비과부하가 생길수 있어서 2차적인 사고과급으로 대정전으로 확대될 가능성이 있다. 이러한 대정전사고의 예로는 1965년, 1977년의 뉴욕대정전사고와 1978년의 프랑스대정전사고를 들 수 있다. 따라서 사고과급 방지용 Relay의 설치도 필요하다.

위에서 살펴본 바와같이 계통보호 Relay에는 사고제거용 Relay와 사고과급방지용 Relay의 2종이 있는 것을 알았는데 어느 것이나 보호 Relay로서 기본적으로 구비해야할 성능은 아래와 같다.

- ① 사고 또는 그 영향을 정확히 검출하여 신속·확실하게 차단 또는 제어할 수 있어야 한다(性能)
- ② 위의 성능을 틀림없이 유지할 수 있어야 한다(動作信賴度)
- ③ 계통의 변화에 따른 관련제어기기를 정상으로 동작시킬수 있어야 한다(保守運用管理)

2. 사고제거용 Relay

사고제거용 Relay는 사고제거의 1차적 책임을 지는 주보호 Relay와 주보호 Relay에 의한 사고제거가 실패하는 경우에 대비한 後備保護(Back up) Relay로 구성된다.

전력계통은 <그림 2>와 같이 발전기, 변압기, 모선과 송전선 등으로 구성되며 이들은 차단기(CB)로 연결된다.

각 설비의 보호범위는 그림의 점선 표시와 같이 양측차단기 사이가 된다. 발전기, 변압기, 모선, 송전선 등 각 설비마다 주보호 Relay와 후비보호 Relay가 전용으로 설치되어 있어서 주보호 Relay는 각 보호범위내의 사고를 신속하고 확실하게 제거하게 되며 만일 주보호 Relay가 사고제거에 실패하면 후비보호 Relay가 동작하여 고장을 제거한다.

주보호 Relay에 의한 사고제거가 안되는 경우가 있는데 그 원인은 주보호 Relay 및 그관련 회로의 불량과, 차단기 불량 2가지를 생각할 수 있다. 후

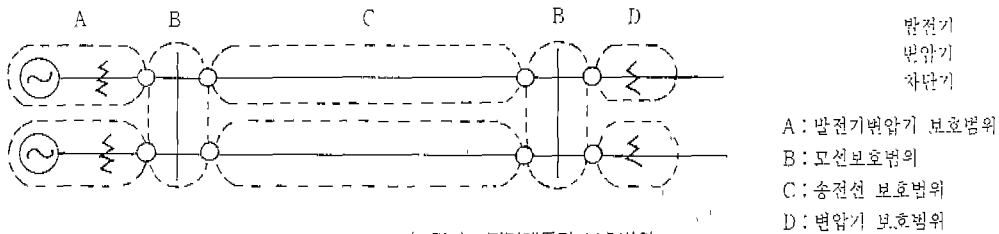
비보호 Relay에는 주보호 Relay 불량에 대비한 Relay Back up Relay와 CB 불량에 대비한 Local Back up Relay의 2종류가 있다.

Relay Back up Relay는 송전선 보호 Relay, 발전기보호 Relay, 변압기보호 Relay 등에서 주보호 Relay와 함께 설치하는 것이 보통이며 주보호 Relay와 시한차를 갖게 하여 지연동작시키는 방식이 쓰인다.

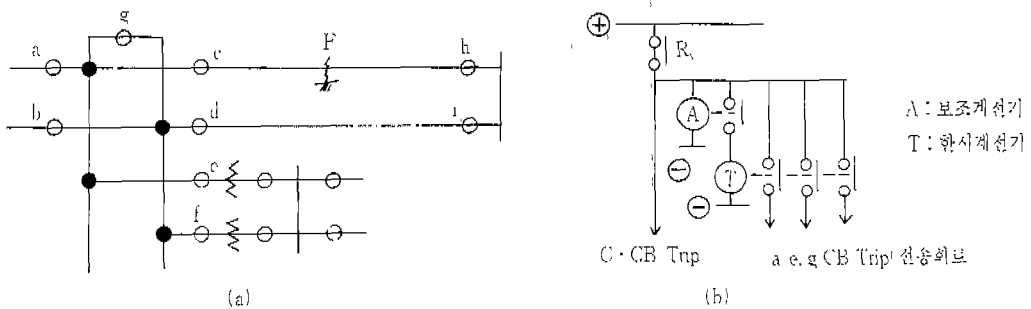
Local Back up Relay는 Relay Back up Relay보다 다소 시한차를 작게 할 수 있기 때문에 안정도향상면에서 초변압계통에 적용되고 있는데 다음과 같은 원리의 것이다(그림 3).

그림(a)에서 송전선 F점사고시, 양단 송전선의 주보호 Relay가 모두 동작했는데 CB h는 차단되고 CB c는 불량하여 차단되지 않았다고 한 경우를 생각해 본다.

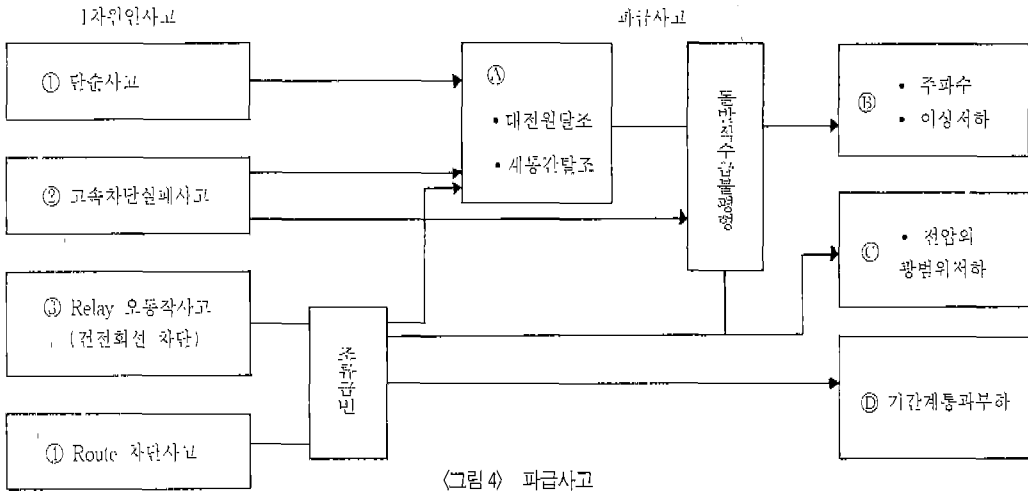
CB c가 차단되지 않았으므로 고장전류는 계속 흐를 것인데 CB a, e, g가 차단되어야 고장은 제거된다. 따라서 <그림(b)>와 같은 시퀀스를 쓰면 CB a,



(그림 2) 전력계통과 보호범위



(그림 3) Local Back Up Relay의 원리



(그림 4) 파급사고

e, g는 차단되어 고장이 제거된다. 이것이 Local Back up Relay의 기본원리이다.

각 설비에 적용하는 고장제거용 Relay는 고장이 났을때의 설비에 미치는 영향과 고장전류·전압의 크기와 위상각 등을 고려하여 가장 적합한 보호계전방식을 적용해야 한다. 따라서 Relay Engineer는 피보호 설비의 특성, 적용할 Relay의 특성, CT, PT, CB의 특성 및 고장전류해석기술 등을 기본적으로 갖추는 것이 중요하다.

전력회사에서 적용하고 있는 고장제거용 Relay 방식의 주요 표준은 아래와 같다.

- 22.9kV 배전선보호에는 과전류계전방식을 적용한다.
- 154kV 송전선보호에는 전력선반송방향거리계전방식을 적용한다. 단, 15km 미만인 단거리 송전선보호에는 Pilot Wire 계전방식을 적용한다.
- 345kV 송전선 보호에는 1차 주보호로 전력선 반송방향거리계전방식을 2차주보호로 전력선 반송 진송차단방식을 적용한다.
- 모선보호에는 전압차동계전방식을 적용한다. (일부 전류위상비교방식도 적용)
- 변압기보호에는 용량 10,000kVA 이상은 전류

비율차동계전방식을, 이하의 것에는 과전류계전방식을 적용한다.

3. 사고파급방지용 Relay

1차 사고가 생겨 사고계거를 한 경우에도 사고가 파급되어 주파수 저하, 탈조, 기간계통의 과부하나 전압의 광범위한 저하 등이 생길수 있다(그림 4).

이 파급사고는 그대로 방치하면 대규모정전으로 발전할 수 있으므로 부하차단, 전원차단, 계통분리, 발전기출력증가 등의 조치가 필요하며 이런 목적으로 사용되는 것이 사고파급방지용 Relay이다.

(1) 주파수이상저하 보호방식

사고로 대전원탈락 등이 일어나면 돌발적 수급불평형이 생겨 주파수가 저하하는데 계통주파수가 57.5Hz 이하로 되면 화력발전기의 운전한계를 초과하므로 2~3초 내에 회복시켜주어야 한다. 계통안정화장치나 계통UFR(저파수계전기)로 주파수 저하량에 따라 단계적으로 적정한 양의 부하차단이나 양수발전기의 차단으로 주파수를 회복시킨다.

(2) 탈조보호방식

중요계통의 단락사고 등에 의해 탈조가 예상될 경우에 탈조되기전에 이를 검출하여 전원제한이나

적정지점의 분리 등으로 탈조미연방지를 행하는 방식이 있고 그래도 회복할 수 없는 탈조까지 진전될 때는 탈조중심점을 분리하고 분리된 계통내의 수급 불균형을 부하제한, 전원제한 등으로 안정화시키는 방식을 쓰고 있다.

(3) 과부하 보호방식

전력계통의 기간송전선의 일부가 사고로 차단되면 타송전선은 과부하되어 송전선용단등 큰 사고로 될 수 있는데 그렇다고 과부하된 송전선을 그냥 차단하면, 계통분리나 탈조로 확대될 수 있다. 이 경우 (그림 5)처럼 부하억제, 전원억제 등 과부하보호를 해야 한다.

4. Relay 발전전망

보호 Relay는 당초에는 전자식을 이용한 기계식 Relay로 시작되어 최근까지 내려왔는데 전자응용기술을 도입하여 1970년경부터 Analog 정지형 Relay로 진전되었으며, 그후 1980년부터 Digital 정지형 Relay로 발전되고 있다.

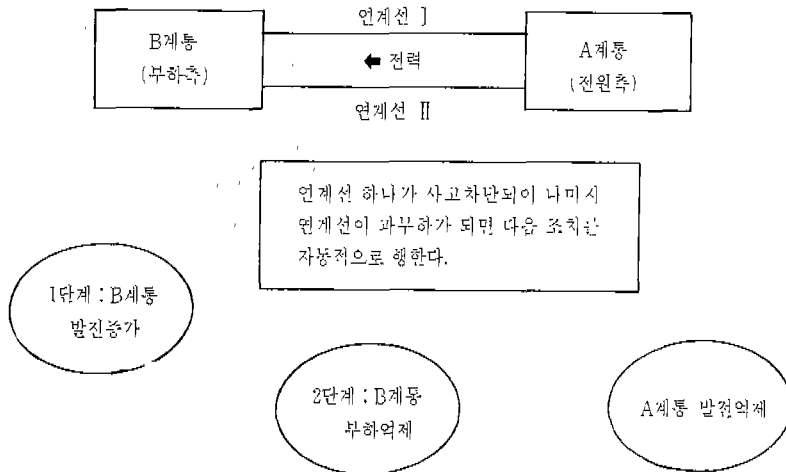
電磁式 Relay는 입력신호에 대응하는 전자력에 의해 동작시키는 것이며, 아나로그정지형 Relay는

입력신호를 트랜지스터나 IC를 써서 직접적으로 Level 검출하여 판정하는 방식으로서 可動部를 없애고 응답속도를 빠르게 하고 소형화할 수 있는 장점이 있으나, 그 구성부품의 經年劣化에 따른 특성변화등 보수관리에 어려움이 있다.

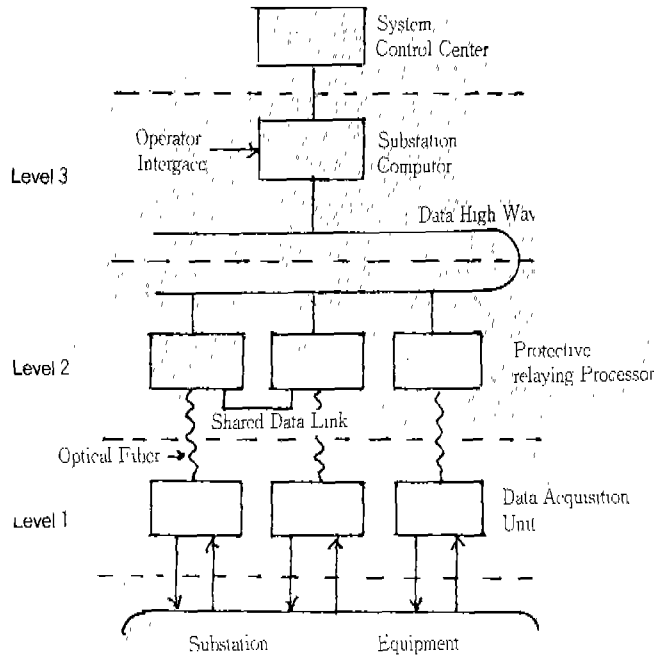
이에 비해 디지털 정지형 Relay는 전압, 전류등 입력신호를 일정시간 간격으로 2진수의 디지털量으로 Sampling Data를 가지고 마이크로 프로세서의 연산처리부에서 수치계산하여 사고를 검출하는 방식이다.

디지털 Relay는 복수의 Relay 요소와 Trip Sequence의 이론판정기능 등을 프래그래밍화 하여 장치에 미리 짜 넣으므로서 여러가지 보호기능을 실현할 수 있고 또 Relay 장치의 자동점검 기능도 소프트웨어로 대처할 수 있어 보수관리도 용이한 장점이 있다.

다양한 보호기능의 실현, 고속응동성, 자동점검에 의한 동작신뢰성의 확보 및 경제성 등의 이점 때문에 앞으로 보호 Relay는 디지털 정지형으로 발전되리라하는 것은 쉽게 전망할 수 있으며, 他端子間의 정보전송을 위한 전송로로는 광파이버도입이 활발해질 것으로 생각된다.



(그림 5) 과부하 보호방식



(그림 6) 변전소 종합자동화 구상의 예

디지털 Relay 실용화와 함께 급전자동화 시스템, 변전소의 디지털감시제어시스템등 각종 디지털시스템의 도입이 세계적으로 진행되고 있는데 이들 각종 기능을 유기적으로 통합한 「변전소 종합자동화 시스템(Integrated Control & Protection System in Substation)」에 관한 개발이 활발히 진행되고 있다.

이것은 변전소의 전압, 전류값을 디지털화하여 각 보호, 계측제어장치간에서 Data를 공용(共用)하고 유기적으로 결합하여 종합디지털화한 시스템이며 경제성향상, 고성능화 고기능화를 겨냥하여 연구개발이 진행되고 있다(그림 6).

아래의 분제들에 대한 개선과 개발이 각국에서 진행되고 있다.

- ① 보호와 제어의 분야
- ② 집중, 분산시스템의 선택
- ③ 데이터 전송시스템

④ 각기기, 장치간의 Interface 등

5. 맺는말

우리사회도 고도정보화사회를 지향하고 있어서 전력의 품질향상에 대한 요구는 점점 가혹해지고 있는 반면, 전원의 집중화, 대용량화와 전력수요의 지역편재등은 계통체질을 점차 취약하게 하는 요인이 되고 있는바, 적절한 계통보호 Relay System의 적용이 중요시되고 있는 실정이다.

우리 전력계통에도 광범위정전을 방지하기 위한 사고파급방지용 Relay의 적용이 검토되어야 하며 보다 우수한 성능의 정지형 디지털 Relay와 변전소 종합자동화시스템으로 전환하기 위한 연구개발이 시급한 과제라 할 수 있겠다. ㉔