

## 電力設備制御 및 保護技術

李龍海\*, 全光日\*\*

(正 會 員)

韓國電力公社 中央電子通信所長\*, 電子應用部長\*\*

### I. 개 요

最近의 大停電 事故를 들자면 금년 여름의 (87년 7월 23일 13시) 日本 東京地區 사고와 1977년 7월의 뉴욕 정전사고를 꼽을 수 있다. 물론 위 두가지 경우 성격은 다르지만 電力系統 運用에 적용되는 制御와 保護技術上的 문제점에서 볼 때는 비슷한 관점에서 출발하여야 할 것이다. 우선 東京의 경우는 36℃의 한증막 같은 酷暑로 인한 冷房需要의 急增으로 過負荷를 감당치 못하고 고장을 일으키어 東京 西南端 地域에 7分~3時間 동안 정전되어 840만KW의 供給支障電力이 발생하였고 New York의 경우는 낙뢰로 초고압 송전선로가 파괴되어 응급조치에도 불구하고 900萬 시민전체가 25시간 暗黒속에 갖히게 되었다. 支障電力 580萬KW, 電力會社의 거듭되는 努力에도 불구하고 이렇게 대형정전사고가 계속하여 발생하는 것은 불가항력이라고는 하지만 電力設備制御와 保護技術에 있어서 더욱 많은 研究가 必要하다는 신조이기도 하다. 만약 위의 技術이 더 완벽했다면 정전사고의 규모를 훨씬 줄이고 시간도 단축시킬 수 있다는 것이 공통된 事後分析 結論이었다.

電力設備制御와 保護는 궁극적으로 電力을 供給하는 과정에서 電氣品質(定周波數 定電壓, 無停電)을 向上시키기 위하여 必要한 重要한 分野로 볼 수 있다.

電力設備制御 및 保護는 電力系統 運用을 效率의으로 實現하기 위한 수단으로서 그 기본목표는 電氣energy의 理想的 配分에 있으며 時時刻刻 變化하는 需要에 대하여 良質의 電力을 경제적으로 信賴度 높게 供給하는데 있다고 말할 수 있고 통상 전력계통 운용기술이라고도 부른다.

이러한 電力會社의 기본 목표와도 동일한 목적을 위하여는 發電, 送變電, 配電 등의 모든 설비에 대하여 綜合的인 判斷을 갖고 安全하게 全系統을 運用할 필요가 있으며 이러한 電力系統 運用은 需給運用과 設備運

용의 두 분야로 나누어 진다. 전자는 전력생산과 소비의 균형유지에, 후자는 계통설비를 합리적으로 운용하는데 주안점을 두고 있다. 전력설비제어와 보호는 위에서 언급한 電力系統 運用을 위하여 등장한 기술로서 電氣通信技術의 발달추세에 병행하여 새로운 方式이 적용되어 왔으며, 오늘날에는 computer와 digital이 응용된 에너지관리시스템과 보호계전장치가 주역을 맡고 있는 것이다.

8.15 해방 당시 南韓의 발전설비 용량 199MW, 需要 115MW에서 19,017MW와 10,200MW(87년 8월 현재)로 성장한 것을 보면 우리나라의 電力産業이 얼마나 눈부신 발전을 했는지 알 수 있는데 이에 수반한 전력계통 운용 목표도 供給力 確保에 主力하여 發送變電設備의 最大稼動이 당면문제였었다.

그러나 1970년대末 이후부터는 大容量 原子力 및 有煙炭 發電機 稼動으로 充分한 예비력을 확보할 수 있게 되어 목표자체도 경제적, 안정운용으로 되었으며 발전기의 最適起動/停止(optimum start/stop), 臺數制御 등이 중요한 과제로 등장하였다.

또 系統運用技術도 10年前까지는 電話와 周波數計에만 의존하여 監視制御하였고 判斷은 운용자의 경험과 숙련에 전적으로 매달려 처리되는 원시단계였다. 그러나 오늘날은 computer의 막강한 利用技術과 高速의 digital data 통신이 복합적으로 적용되는 頭腦給電時代에 도달하여 電力系統 運用에도 경제성과 안전성을 마음껏 驅使하게 되었다. 표1에 참고로 電氣品質을 나타내는 定格周波數, 定格電壓, 停電時間 등에 대하여 우리의 수준과 선진국 수준을 비교할 수 있도록 나타냈고 표2에는 계통운용기술로 電氣品質을 向上시키기 위한 목표를 나타내었다.

아직도 우리나라는 선진국 수준에서 뒤지고 있으며 특히 정전시간에서 큰 격차를 보이고 있는 것을 보아

표 1. 전기품질 수준 비교

○ 定格周波數

\* 기준 60Hz

구 분	한 국	외 국			비 고
		미 국	일 본	대 만	
유지범위	±0.2%	±0.01~0.05%	±0.1	±0.1	
유지율	'85. 99.17% (87.08%)	-	-	'84 89.61%	( ) 내는 0.1%의 경우

○ 定格電壓

구 분	한 국	외 국			비 고
		미 국	일 본	대 만	
유지범위	±6%	±3.3~6.5%	±6%	±5%	
유지율	'85 95.9%	-	'82 99.8%	'84 92.8%	

○ 停電時間

구 분	한 국	외 국			비 고
		일 본	대 만	프랑스	
분/호/년	'85 523	'84 128	'83 363	'79 499	

표 2. 전기품질향상 계획

구 분	유지범위	'85실적	'87	'91	2001
주파수유지율	60±0.1Hz	87.08	90.59	91.68	92.05
전압	계통전압 160KV±5%	99.36	99.56	99.69	99.71
유지	공급전압 222V±6%	95.9	96.30	99.1	99.9
정전시간 (분/호/년)	-	523	410	320	150

도 전력설비의 신뢰도, 계통운용기술, 설비투자 등에 많은 노력을 하여야 할 것이다.

II. 電力系統 運用技術 現況

1. 制御 기술

電力社에 利用되는 制御技術은 발전기, 변압기 등의 설비성능이 완전하게 발휘하도록 local control하는 設備制御와 電力系統을 制御하는 분야가 있으나 통상적

으로 後者가 대부분이므로 給電運用技術이라고 부르는 系統運用制御에 대하여 언급하기로 한다.

전력계통이 단순한 1960년대의 우리나라 급전기술로서는 發電所出力制御, 開閉器 ON/OFF制御, 電壓制御, 周波數制御 등의 기본적인 것만을 中央給電指令所에서 電話指令에 의거 시행하여 왔다. 1966년 화천수력을 대상으로 AFC(automatic frequency control) 장치를 설치하고 analog 전송으로 셀신모타를 작동시켜 발전소 조속기를 制御하였다. 그러나 화천발전소 용량이 너무 적은 탓으로 전계통주파제어에 미치지 못하여 곧 철거되었다.

1975년에 국산장비로 대구, 울산 등 5개소의 송전선 조류를 본사에서 원격측정하는 digital 방식의 telemetering 장치를 설치운용 하였으나 만족스럽지 못하여 여전히 전화로 계통운용을 전달하였다.

電力設備制御에 computer와 digital 통신장치가 활용된 것은 1979년으로서, 미국 Leeds & Northrup 사의 LN5400 dual system이 도입되면서 電力系統 運用에도 본격적인 computer 시대의 장을 열었다.

AGC/SCADA(自動給電)라고 불리는 LN5400 시스템은 遠方監視制御를 기본으로 自動發電制御와 경제급전 기능을 주로 하여 지금까지 10여년간 계통안정과 경제 운용에 큰 기여를 하여 왔으나 電力系統의 확대로 더욱 발전된 시스템이 必要하여 현재 EMS(energy management system)로 교체 공사중에 있으며 1988년 중에 가동될 예정으로 있다.

한편 地域給電을 위하여는 중앙급전의 AGC/SCADA에 이어 1981년에 서울지역에 미국 Harris사의 M7500 시스템을 설치하여 관내 변전소를 원방감시제어 함으로써 자동화하기에 이르렀고 계속하여 地方 大都市에 설치하고 있는 중이다. 참고로 표 3에 전력계통 운용의 階層構造(hierarchical structure)와 각 제어소의 임무와 機能을 나타냈고 표 4에는 EMS 및 SCADA의 발전소 수용현황을 나타냈다.

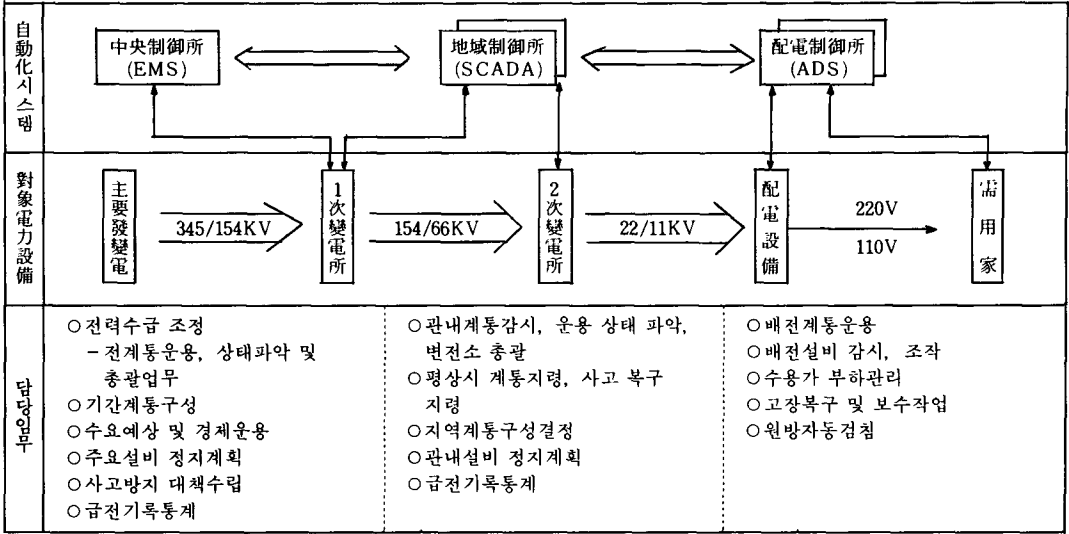
또 ADS는 우리나라에서는 아직 實用化단계가 아니고 實證試驗中에 있으므로 다음장에서 원리만을 소개하기로 한다.

2. 保護技術

電力系統 運用상의 보호기술은 대체로 변압기 차단기 등의 설비를 보호하기 위한 것과 송전선, 배전선, 모선등 전력계통을 보호하기 위한 것이 있는데 전력계통이 복잡한 만큼 保護方式도 다양하게 구성되어 있다.

현재 우리나라에는 대부분 電磁機械形 보호계전장치

표 3. 전력계통 운용의 계층구조 형태



\*EMS : Energy management system (에너지관리시스템)  
 SCADA : Supervisory control & data acquisition (원방감시 제어시스템)  
 ADS : Automatic distribution system (배전자동화시스템)

표 4. 발변전소의 제어소 수용현황

구분	발 전 소			변 전 소			합계	비고
	수력	화력	원자력	345KV	154KV	66KV		
EMS	본사	11	15	3	18		47	
SCADA	서울			1	23	21	45	
	남서울			3	35	-	38	
	부산			4	32	2	38	
	대전			3	26	1	30	
소계		11	15	3	29	116	33	207

가 적용되고 있으며 靜止形은 345KV 및 154KV 일부 계통에 사용하고 있다. 최근 외국에서 사용하고 있는 靜止形 digital 계전기는 아직 국내에서 사용되지 않고 있지만 곧 적용이 될 추세에 있다.

계통보호기술은 무엇보다도 송전선 보호 방식이 가장 중요한 부분을 차지하고 있는데 345KV 초고압 송전선 보호 1계열에 全靜止形이 채택되었다. 또 154KV 송전선보호방식은 1968년 中性點 接地方式를 直接 接地方式로 전환하여 지금까지 사용하고 있다. 표5에 各保護方式의 적용현황을 表示하였다.

표5-1. 모선보호방식 적용현황

전압	보호방식	제작회사
345KV 모선	• 전압차동 계전방식 (高 Impedance) • 1½ 모선방식	GEC
154KV 모선	전압차동 계전방식 또는 위상비교 계전방식	GEC GE Mitsubishi Toshiba

표5-2. 송전선 보호방식 적용 현황

電壓別 方式	적용 보호방식
345KV	1st 주 보호 : 전력선반송 방향비교 저지방식 후비보호 : 3단계 한시 거리 계전방식 2nd 주 보호 : 전력선 반송 제어 언더리치 전송 차단방식 후비보호 : 3단계 한시거리 계전방식
154KV	주 보호 : 전력선반송방향비교 저지방식 근거리에는 表示線 斷電方式 후비보호 : 3단계 한시거리 계전방식 또는 방향지락 과전류계전방식
66KV	방향 과전류계전방식과 지락과전압 선택 차단방식 (Sequential Trip 방식) ※ 단, 제주지역은 154KV와 동일

표5-3. 기타 주요보호방식 적용 현황

구 분	적 용 보 호 방 식
전력용 변압기	345KV (주보호) 비율차동계전방식 (후 비) 2단계 거리 계전방식과 방향과전류 계전방식, 과전류 계전방식 (OCR)
	154KV 66KV (주보호) 비율차동계전방식 (후 비) 과전류계전방식
차 단 기	차단기 실패 보호방식
전 체 계 통	저주파수 계전방식
배 전	22.9KV 6.6KV 과전류계전방식과 지락과전류계전방식 과전류계전방식과 방향선택계전방식

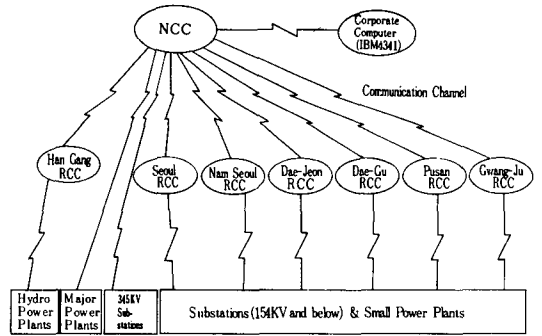


그림 1. 계층구조 제어시스템

의 EMS를, RCC(regional control center)는 지역제어소의 SCADA를 의미한다.

Ⅲ. 制御시스템 구성과 기능

1. 제어시스템의 계층구조

본래 간단한 전력설비운용에서는 제어소에서 수개의 발변전소를 감시제어 하는 방법으로서 電話가 제일 적합하였다. 그러나 발변전소 수가 많아지고 계통이 복잡하게 되면 전화에 의한 의사전달의 부정확성과 처리 지연이 문제가 되어 他分野와 같이 computer가 제어소의 주인이 되게 되었다.

따라서 制御시스템은 center에 位置하는 ① computer system과 주변장치, ② computer와 발변전소를 연결하는 通信回線, ③ 발전소에 설치되는 단말장치(remote terminal unit), ④ 단말장치와 발변전 설비를 연결하는 sensor, transducer 등의 hardware 부분과 制御所 level과 기능에 적합한 software로 大別할 수가 있다.

현재 電力會社에서 使用하는 制御用 通信回線은 micro-wave, 電力線搬送, OPGW(光纖維複合架空地線 : composite overhead ground wire with optical fiber) 등이며 OPGW가 점점 증가하는 추세에 있다. 따라서 통신회선과 RTU설비에 대하여는 대동소이하므로 여기서는 computer 시스템의 구성에 대하여만 언급키로 한다. 표 3에서와 같이 EMS, SCADA, ADS의 各 任務수행을 위하여 master 설비의 구성이 상이하며 特히 電力系統의 연계성 때문에 계층구조가 필수적이므로 CPU to CPU link가 要求되어 BSC, OSI, X.25 프로토콜 적용이 부분적으로 이루어져 가고 있다.

그림 1에 장차의 계층구조 형태를 나타냈다. 여기에서 NCC(national control center)는 中央給電指令所

2. EMS(energy management system)

電力會社의 전계통을 관장하는 두뇌에 해당하는 것으로 전국의 발전소와 345KV 초고압 변전소가 감시제어 대상이 되며 point 要素를 보면

- 遠方監視 (supervision)
  - 발전기 운전모드 (local/auto)
  - 차단기 개폐상태 (on/off)
  - 발전출력의 상하한 설정점 초과
- 遠隔測定 (telemetry)
  - 母線電壓 (345KV, 154KV)
  - 發電機出力 (MW), 무효전력 (MVAR)
  - 發電量 (KWH)
  - 댐 수위 (상부, 하부저수지)
  - 송전선조류 (과부하감시)
  - 변압기부하 (과부하감시)
- 遠方制御 (tele control)
  - 발전출력제어 (정격주파수 유지)
  - 차단기 개폐제어

등이 있다.

주요한 기능을 보면

- (1) 자료취득 및 원방제어 기능
  - Status 정보 : 2 초 주기
  - Analog정보 : 발전소 MW는 2초, 변전소 10초
  - 누산전력량 : 1 시간
  - 발전기 증감발제어 : 4 초
- (2) 자동기록기능
  - Event logging (프린터, CRT로)
  - Demand logging (프린터, CRT로)
  - Periodic logging (프린터, CRT로)

- (3) 전력계동반 표시기능
  - 발전전소 차단기 on/off(모자이크보드상)
  - 송전선조류, 발전기출력(모자이크보드상)
- (4) 자동발전제어 및 경제급전
  - 2 초 간격으로 주파수 편차 계산
  - 4 초 간격으로 발전출력제어
- (5) 운용계획 및 예측기능
  - 계통부하예측(1주일의 毎시간별)
  - 母線負荷豫測(毎시간별)
  - 발전기 起動/停止 계획(주간별)
- (6) 系統解釋기능(毎 30分마다 수행)
  - 계통구성 (topology)
  - 狀態推定 (state estimate)
  - 想定事故선택 및 해석
  - 最適潮流計算 (전력손실, 발전연료 최소화)
  - 安全制約 經濟給電
  - 電壓制御 (변압기 tap, 조상설비로)

그림 2 에는 EMS의 시스템 블록다이어그램을 나타냈다.

3. SCADA(集中遠方監視制御) 시스템

지역급전 역할을 하므로 RCC라고도 부르는 이 시스템은 大都市 中心으로 設置하며 현재 5個所의 지역

center와, 한강수계의 수력발전소 제어소 1 개소에서 운용하고 있다.

시스템 구성은 EMS보다 소규모인 점이 다르고 기능도 단순하여 발전소의 설비운전상태 감시와 제어정도에 그치고 있다. Software가 지역중심의 電力需給에 국한하므로 EMS의 전국계통에 필요한 기능이 제외된 기본기능을 구비하고 있다.

그림 3 에는 최근에 도입설치되어 운용중인 미국 Harris사의 MICROPLEX 9000 시스템의 구성도를 나타냈다.

한강 RCC는 수계자원의 효율적 이용으로 발전력을 증대하고 전력설비의 신뢰도 향상, 인력감축 등의 목적과 지역 평균 강우량 집계, 수위측정을 통한 수자원의 종합분석을 목적으로 북한강계 6 개 수력발전소를 대상으로 시설한 것이다.

4. ADS(배전자동화) 시스템

Ripple control이 ADS의 대명사처럼 알려져 왔으나 현재는 開發이 기피되고 있는데 音聲周波數의 電壓信號를 6.6KV 母線에 주입하여 배전선 60Hz에 중첩하는 通信方式을 이용하므로 配電線 雜音 영향이나 非加壓配電線은 利用이 곤란한 점 때문이다.

ADS는 監視制御할 對象機器가 수용가나 배전선상에

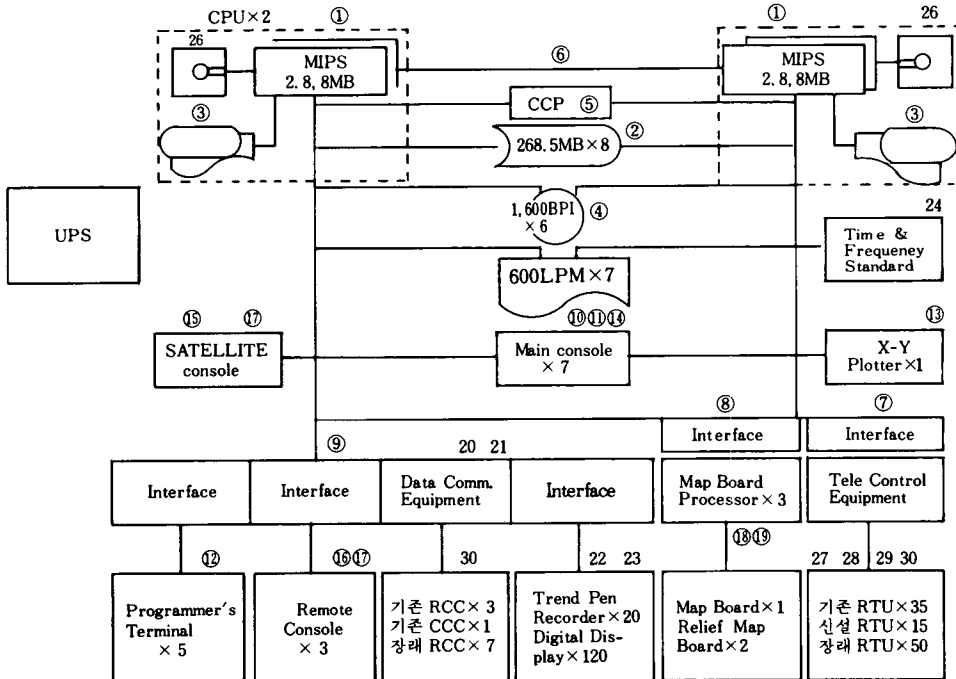


그림 2. EMS block diagram

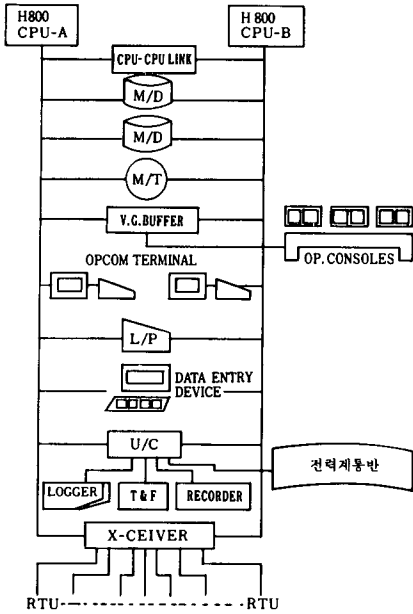


그림 3. Microplex 9000 구성도

個別的으로 산재하여 있으므로 通信回線 확보의 경제성이 문제가 된다. 따라서 전용선보다는 配電線搬送方式을 利用하는데 주력하고 있다.

우리나라에서는 최초로 동수원-서수원 간의 3개 22.9KVY 가공배전선에 대하여 ADS 實證試驗을 進行하고 있는데 美國 WH사의 EMETCON 시스템(VAX II 이용)을 채택하고 있다.

ADS의 기능을 간략히 소개하면

- (1) 배전선 개폐장치 감시제어기능(feeder automation)
  - 선로개폐기 on/off 감시, 제어
  - 사고시 구분절체
  - 작업정전시 절체
  - 부하절체
- (2) 부하집중제어(load control)
  - 수용가의 온수기 가로동 on/off
  - 에어콘, 공장부하 일부 제어
- (3) 자동검침(automatic meter reading)
  - WHM의 자동검침
  - 負荷分析
  - 季節別 料金 WHM 切替
- (4) 配電線 管理情報의 수집 분석
  - 전압, 전류계측
  - 사고점 검출
  - 사고예지 정보수집

등이다. 위의 네가지 항목 가운데 우리나라는 feeder automation에 주력하고 있으나 선진국은 load control과 AMR에 상당한 성과를 올리고 있는 실정이다.

ADS는 우리나라에서는 시험단계에 머물러 있으나 尙後 급속도로 발전될 전망이며 특히 자동검침이 많은 흥미를 끌고 있다.

#### IV. 계통보호

계통 보호장치로는 보호계전기(protective relay)가 그 주종을 이루고 있다. 보호계전기는 소위 “무언의 초병(silent sentinels)”으로서 전력계통의 구성요소를 항상 감시하여 고장이나 비정상상태를 검출하여 이를 건전계통으로부터 분리시켜 고장기나 시설의 손상을 최소한으로 억제하고 건전한 다른 계통에의 파급을 최대한 억제하는 역할을 담당하고 있다.

보호계전기의 기능은 크게 검출과 차단으로 구분할 수 있으며 사고검출에 필요한 CT, PT 등의 변성기 및 고장을 차단하기 위한 차단장치와의 조합이 필요하게 된다.

초기의 전력계통은 소용량의 발전기, 저전압, 단일 송전선으로 구성되었으나 현재는 대용량 발전기, 초고압, 전계통 loop화 구성에 따라 계통보호 방식도 고장을 확실하고 신속하게 차단하는 방향으로 새로운 기술이 개발되고 있다.

보호계전기는 구조, 기능, 적용대상에 따라 표 6과 같이 여러가지 방식으로 구분할 수 있는데 역사적으로 보면 電磁機械型(magnetro-mechanical type)에서 靜止型(static type)으로 발전하고 있으며 최근에는 마이크로프로세서를 응용한 디지털 보호계전기가 실용화되고 있어 장래에는 디지털 보호계전기가 주로 사용될 것이 예상된다.

##### 1. 보호계전기의 구비조건

전력계통을 보호하는데 사용되는 보호계전기는 그 임무를 효과적으로 수행하기 위하여 아래와 같은 구비조건을 만족해야 한다.

- 동작 신뢰성의 확보
- 확실한 선택성의 구비
- 후비보호 기능의 수행
- 운전 및 보수의 용이

위와 같은 요구사항을 만족시킬 수 있는 보호방식 선정을 위해 검토되어야 할 사항은 다음과 같다.

##### (1) 고장검출속도

계통안정도는 사고제거시간의 2승에 비례하여 저하

표 6. 보호계전기의 종류 및 동작원리

		종 류		동 작 원 리	
기	전자기계형	가동철심형	프란자형 힌지형 바란스빔형 유극형	고정철심의 자체에 의하여 가동철심의 동작력 발생	가동부분이 프란자 점점
					가동철심이 고정철심의 한쪽에 고정된 형태
					가동철심이 중간점을 중심으로 가동됨
					영구자석 자체내에 가동철심을 두고 가동철심에 흐르는 전류에 의해 동작
구	유도형	유도원관형 유도원통형 유도원환형	이동자계와 이동자계로 발생하 는 와류와의 상호작용으로 도체가 회전하는 원리	가동부분이 원관형	
				" 컵모양의 원통형	
				" 원환형	
별	정지형	트랜지스터형 전자관형 자기증폭기형 홀 효과형	전자회로로 구성  홀 효과를 이용		
기	전류계전기	과전류계전기	과전류에 동작		
		과전압계전기	과전압에 동작		
		저전압계전기	저전압에 동작		
	비율차동계전기		전류와 전압 벡터차를 이용하여 동작		
능	거리계전기	Ohm형	전압과 전류의 상호관계를 이 용 보호설비의 특성 임피던스 에 동작	무방향성이며 보호설비의 임피던스에 대해 동작	
		Reactance형		" " 리액턴스에 대해 동작	
		Mho형		자기보호구간내 방향의 임피던스에 대해 동작	
		Off set mho형		자기보호구간과 보호구간 외부의 일부 임피던스에 대해 동작	
		절선특성형		계전기 특성이 절선특성(사각형등)의 임피던스로 동작	
	방향계전기		전압을 기준으로 전류의 방향에 따라 동작		

하므로 일정범위 내에서는 고장검출속도가 빠를 수록 효과적이다. 그러나 고장검출속도가 빠르면 외부사고에 대한 안전성이 감소하므로 상호 보완되는 적절한 방식선택이 요구된다.

(2) 고장검출감도

고저항 지락사고 등의 경우에는 고장전류가 상당히 미소한 경우도 있다. 미소한 고장전류가 전력계통에 심각한 영향을 미치는 것은 아닐지라도 지속될 경우 커다란 사고로 파급되며 특히 인축사고나 수목접촉사고 등은 고저항을 수반한 arc 사고가 대부분이므로 확실히 검출차단 하여야 한다.

보호계전기의 고장검출감도는 arc저항을 검출하는 정도에 따라 정해지는데 실험을 통하여 얻은 일반적인 arc 저항계산식은 다음과 같다.

$$R = \frac{8750L}{I^{1.4}} \text{ (Ohm)}$$

여기서 I : Arc 전류

L : Arc 길이

$$L = 3V_c + L_0$$

V : 풍속 (mile/hour)

t : Arc 지속시간

L<sub>0</sub> : 초기 Arc의 길이

이 arc 저항에 기인된 영향으로서는 거리계전기의 부동작, 거리계전기의 오차증가 등이 있다.

(3) 부하전류의 영향

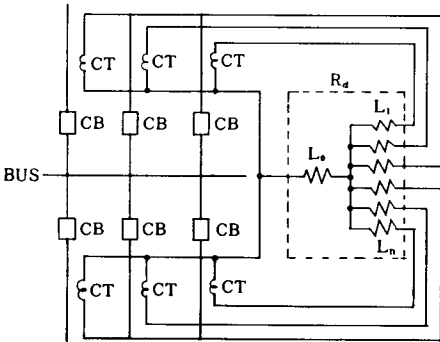
역월에 따라 차이는 있으나 부하전류의 영향으로 거리계전기는 오동작이나 오차증가의 요인이 되며 위상 비교계전기는 사고구간을 잘못 판단할 수 있다.

2. 보호계전기의 동작원리

보호계전기의 원리는 방식에 따라 많은 차이가 있고 방식 또한 보호대상에 따라 많은 종류가 있다. 여기에서는 가장 광범위하게 많이 적용되고 있는 차동계전방식, 방향거리 계전방식 및 반송계전방식에 대한 기본동작 원리에 대하여 기술하고자 한다.

(1) 차동계전방식

차동계전방식의 기본개념은 정상적인 경우에는 계통에 유입되는 전류와 유출하는 전류가 같다는 것이다. 이러한 조건이 아닐 경우는 즉 유입하는 전류와 유출하는 전류의 vector 和가 영(0)이 아닐 때 이 계통은 고장으로 판단된다. 그러나 전류의 측정이 CT를 통한 간접측정이므로 CT의 오차나 CT의 포화로 인하여 차동계전기가 오동작하는 경우가 있다. 이것을 방지하기 위하여 계전기의 동작을 회선전류로 억제하는 방법을 쓴다. 이러한 형식의 차동계전기를 포화비율 차동계전기라 한다. 그림 4는 포화비율 차동계전기의 결선방법을 간략화 한 것이다.



CT: 변류기, CB: 차단기, Rd: 차동계전기, L<sub>0</sub>: 동작코일, L<sub>1</sub>~L<sub>n</sub>:억제코일

그림 4. 포화비율차동 계전기의 결선방법

(2) 방향거리계전방식

방향거리계전방식은 단락보호 및 직접접지계의 지락 보호에 적용된다. 이것은 고장점까지의 전기적 거리 즉 임피던스와 방향을 판별하여 보호하는 계전방식이다.

거리계전기는 여러가지 오차원인을 가지고 있으므로 100% 정확한 거리측정은 불가능하여 단독으로는 구간 내외의 고장을 완전히 선택차단 할 수 없으나 각 구간의 거리계전기 상호간에 적당한 시간차를 두어서 협조시키면 그림 5와 같이 상당히 고속도이고 선택성이 좋은 보호계전방식을 구성할 수 있다.

제 1 단(zone 1)은 보호구간의 85%를 포함하며 동작

시간은 1~3 cycle 정도의 고속동작이다. 제2단(zone 2)은 다음 보호구간의 50%를 포함하고 동작시간은 20 cycle 정도 지연시킨다. 이 제 1, 2단만으로도 보호가 가능하지만 후비보호를 위하여 제 3 단(zone 3)을 구비하고 보호구간의 225%까지 포함시키고 동작시간은 80~120 cycle로 지연동작시킨다.

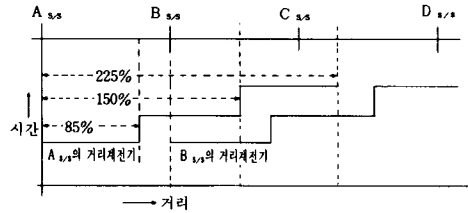


그림 5. 거리계전기의 동작 특성

(3) 반송계전방식

거리계전방식에서도 구간내 고장을 100% 차단하지 못하므로 반송보호계전방식을 사용한다. 이 방식은 양단에서 검출한 고장상황(계전기 동작상태)을 상호 연락하여 차단여부를 결정하며 이 상호연락 수단으로 반송파를 이용하는 방식이다. 반송계전방식도 여러가지 방식이 있으나 방향비교방식에 대하여 설명하면 다음과 같다. (그림 6 참조)

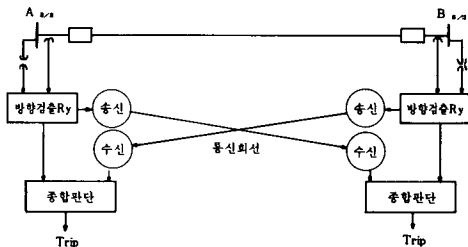


그림 6. 방향 비교 방식

보호구간의 각단에 설치된 방향계전기는 고장구간이 내부방향인가 외부방향인가만 판단하여 외부방향 고장일 경우에만 반송파 신호를 송출한다. 먼저 A 변전소에서 방향검출계전기가 내부방향으로 감지하면 B 변전소로 반송파를 송출하지 않고 trip 준비를 완료하고 B 변전소의 반송파신호를 대기한다. B 변전소에서도 내부방향계전기가 동작하면 A trip 준비를 완료하고 A 변전소로 반송파를 송출하지 못하게 하며 trip 준비를 완료하고 A 변전소에서 보내올 반송파를 기다린다. A, B 변전소 사이에서 고장이 발생했을 경우 A, B 변전소에서



모두 내부방향 계전기가 동작하므로 반송파의 송수신은 없다. 그러면 A, B변전소에서는 일정시간 대기후 반송파 신호가 없으므로 trip시킨다.

3. 한전의 적용실태

한전에서는 설비나 계통의 건설시기, 보호계전방식의 발달, 계통의 중요도에 따라 여러가지 방식의 보호계전설비가 시설 운용되고 있다. 설비별 보호방식은 다음과 같다. (표7 참조)

(1) 설비별 보호방식

1) 발전설비

주로 비율차동계전방식이 사용되나 과전류계전방식이 후비보호 등으로 사용되며 지락사고에 대한 검출을 위하여 직류중첩식 지락검출계전방식이 이용된다.

2) 변전설비 보호

변압기에 대한 보호는 주로 비율차동계전방식이 이용되나 변압기 1, 2차의 전류위상이 다를 수 있고 (Y-△ 결선) 변압기 tap 조정이 가능한 점 등 비율차동계전방식 적용상 발생하는 문제점에 대해 고려하여야 한다. 후비보호로서는 과전류 계전방식이 이용된다.

3) 모선보호

모선은 발, 변전소에서 인입되는 여러 개의 송전선이나 설비들이 접속되는 부분이므로 고장전류가 많은 것이 특징이다. 이로 인하여 변류기의 포화현상이 문제가 된다. 특정 변류기만 포화되어 차동회로에 오차전류가 발생하여 오동작의 요인이 있으므로 전류비율차동계전방식, 전압차동방식, 위상비교방식, 차폐모선방식 등이 많이 쓰이고 있다.

4) 송전선 보호

송전선은 기기나 모선에 비하여 넓은 지역에 설치되어 있어 뇌나 풍우 등 자연조건의 영향을 받기 쉽기 때문에 가장 동작빈도가 높고 전력계통 보호중 중심적인 존재이므로 높은 신뢰도와 확실한 동작이 요구된다. 따라서 설비의 형태, 중요도, 경제성 등을 고려하여 많은 종류의 보호방식이 사용된다. 평상시 부하전류보다 고장전류가 큰 전력계통에는 과전류계전방식이 사용되나 배후전원이 있을 경우 오동작하므로 후비보호로 주로 사용되며 과전류 계전기에 방향성을 구비한 방향과전류 계전방식, 방향거리 계전방식, 표시선 계전방식, 반송계전방식 등이 사용되나 주로 반송계전방식이 사용되며 반송계전방식을 사용할 수 없는 경우 다른 방법이 강구된다. 반송계전방식 중에서도 154KV 계통에서는 방향비교방식이 사용되며, 345KV 계통에는 방향비교방식과 전송차단방식 2중으로 계통보호를 하여 보호에 완벽을 기하고 있다. 이 반송보호방식을 주보호로 하고 있으나 후비보호로서 방향거리 계전기를 구비하여 주보호 불능시에 대비하고 있다.

4. 신기술 보호계전방식

최근 전력수요의 증대에 따라 전력계통이 복잡, 대용량화 되고 다단차화 됨에 따라 보호설비의 규모와 기능도 확대되고 있다. 이에 따라 microprocessor를 이용한 digital 보호방식이 연구 개발되어 일부 실용단계에 있다.

(1) Digital 보호계전기의 특징

1) 신기능, 신타성의 실현

계통구성, 조류상태, 전력계통의 변화 등에 순간적으로 응동하여 사고의 검출, 연산, 판정을 할 수가 있

표7. 한전에서 사용중인 보호배전반 종류 및 점유비율

형 식	제 작 사	제작국	점유비율(%)	형 식	제 작 사	제작국	점유비율(%)
K-DAR	W.H.	미 국	11.5%	XCG (P/W)	GEC	영 국	9.8%
K-DAR (P/W)	"	"	9.0	M 3 T	"	"	3.3
CEY	GE	"	1.6	MM 3 T	"	"	4.9
GCX	"	"	14.0	FUJI	FUJI	일 본	2.5
GCX (P/W)	"	"	6.5	UHX	Hitach	"	1.6
MZS (A형)	Mitsubishi	일 본	7.4	CXS	Toshiba	"	0.8
MZS (B형)	"	"	4.9	AEG		독 일	0.8
MZS (C형)	"	"	10.6	SIEMENSE	SIEMENSE	"	0.8
M 3 V	GEC	영 국	0.8	RXAP		프랑스	0.8
RRV 3	"	"	8.2				

어 새로운 기능과 특성의 실현이 가능하다.

2) 신뢰도의 향상

계통보호 업무 실행 중에도 computer는 보호계전 설비 자신에 대한 자동감시가 가능하여 종래 정기점검에 해당하는 업무를 자동수행하므로 신뢰도가 향상된다.

3) 보호계전 방식 변경에 대한 유연성

보호계전방식이 변경되거나 계통의 증설, 철거시에도 software의 변경만으로 대처할 수 있어 적용에 유연성이 증대된다.

4) 장치의 표준화

종래의 전자형(電磁型) 보호계전기는 보호특성 및 정격에 따라 많은 종류가 필요하지만 digital 보호계전기는 software 변경만으로 다양한 특성을 얻을 수 있으므로 설비의 표준화가 가능하다.

5) 소형화

Microcomputer 및 LSI 기술진보로 소형, 경량, 저 소비전력화가 가능하므로 장치의 크기 및 전력부담을 현저하게 줄일 수가 있다.

(2) Digital 보호계전기의 구성

Digital 보호계전기의 구성은 그림 7 과 같다.

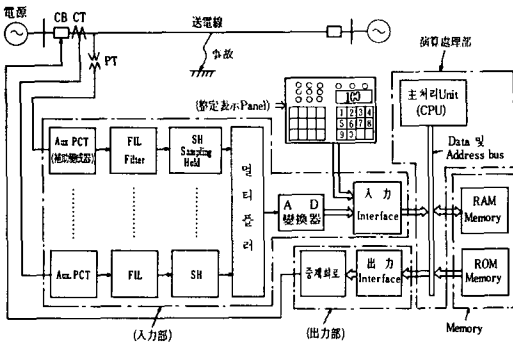


그림 7. Digital 보호계전기의 구성

1) 보조변성기

CT나 PT에서 오는 전류나 전압을 digital 부호계전에 사용하기 적당한 크기로 변환시킨다.

2) Filter

CT나 PT에서 인입되는 신호중 고장판정 및 거리계산 등에 불필요한 고조파 성분을 제거한다.

3) Sampling and hold

입력신호를 일정한 주기로 표본화한다. 이 주기는 원래의 신호로 재현 가능한 표본화 주기가 신호주파수의 2 배 이상이면 가능하다.

4) A/D 변환

표본화된 신호를 digital 화하여 microcomputer에 의한 연산이 가능한 신호로 변환한다. 이 A/D 변환은 몇 bit로 변환하느냐에 따라 정밀도가 결정된다. 8 bit로 변환했을 경우 1 bit를 극성 bit로 사용하면 신호를 128 단계로 변환할 수 있다. 이것은 신호를 0.78% 오차내로 변환할 수 있음을 의미한다. 그러나 압신기를 사용하여 실제 8 bit A/D 변환을 하더라도 10bit에 상당하는 변환 효과를 갖게 할 수 있다. 이것은 오차 0.1%에 해당된다.

5) 주 처리장치

A/D 변환된 신호는 memory에 저장되고 program에 의해 각종 보호계전기가 수행하던 단락, 지락, 고장거리 전류의 방향 등을 계산, 판단하고 필요한 제어를 하게 된다.

(3) 적용에 따른 문제점

전력설비의 사고시에는 막대한 고장전류, surge, 전 자유도 등과 같은 반도체 회로에 치명적인 악영향을 끼치는 요인이 있다. 이러한 악조건 하에서도 완벽하게 동작될 수 있도록 설비의 보안적인 측면이 보장되어야 할 것이며 각종 정보를 송수신 할 수 있는 고품위의 전송로가 확보되어야 할 것이다.

V. 결 론

전력설비제어 및 보호기술은 양질의 전력공급을 위한 대전제이다. 따라서 이러한 기술은 전력사업의 확충과 더불어 꾸준히 발전되어 왔다. 초기의 제어 및 보호설비는 그 구조가 간단하고 기능이 단순한 電磁機械型이었으나 최근에는 電子 및 컴퓨터 기술의 발전에 힘입어 제어와 보호설비에도 이러한 기술을 채용하기에 이르렀다.

제어분야에서는 1979년 EMS 도입이래 SCADA 시스템이 점차적으로 확대 시설중에 있으며 ADS와 함께 2001년까지 완전 계층제어 시스템 구성을 목표로 하고 있으며 여기에는 EMS(경영정보시스템)과의 연계도 포함된다.

한편 보호분야에 있어서는 아직도 재래식 電磁型 계전기가 많이 채용되고 있으나 2001년까지 종합보호계전시스템 적용을 목표로 단계별 추진계획을 실행중에 있다. 이 계획에 따라 보호계전기는 hybrid식(電磁式/靜止型), 靜止型 analog식, digital식으로 개선되어 나아가게 될 것이다.

또한 새로운 기술 경향으로써 외국에서는 변전소의 모든 전력설비의 감시, 제어 및 보호를 하나의 통합시스템에 수용하기 위한 연구 및 현장시험이 실시중에 있어 그 귀추가 주목된다. \*