



765kV계통 보호시스템 특징

김 신 철
한국전력공사 전력계통건설처장

최 준 식
한국전력공사 계통건설처 변전부과장



I. 머리말

우리 나라는 지하자원이나 천연자원이 부족하지만 인적자원은 풍부하여 공산품을 제조, 수출하는 전형적인 산업국가라 할 수 있는데, 산업의 발달에 따라 전력수요의 증가는 필연적이다.

이러한 전력수요 증가에 대처하기 위해서는 대용량전원이 필요하고, 대용량 전력을 수송할 수 있는 송변전설비 역시 필연적으로 필요하다.

345kV 계통으로 대용량 전력수송 설비를 계속 확장, 구성할 경우 다회선 송전선로 구성에 따른 입지 확보문제, 고장전류 증가에 따른 차단기 차단용량증대 등 경제적, 기술적제약이 있어 울진원자력과 충청 서해안지역의 발전전력을 수요 요구지역으로 수송하기 위해 울진-신태백, 당진-신서산-신안성 계통에 2회선으로 765kV계통을 구성하였다.

765kV계통은 수송능력이 약 800만kW로 대용량으로 고장이 발생할 경우 계통에 미치는 충격은 매우 클 것으로 예상되며, 변전소에 설치된 주변압기도 운송중량을 감안하여 상별로 2탱크형식을 사용하였다.

따라서, 종래의 345kV 보호계전방식보다 고속도, 고감도, 고신뢰도로 응동하는 보호계전시스템을 구비하여야 하며 송전선로의 루트단절고장(2회선이 동시에 전력 공급이 중단되는 고장)에 의한 대전원의 탈락은 계통안정도 유지에 심각한 문제를 야기시킬 가능성이 있으므로 이러한 사고를 감소시키기 위한 대책도 고려하여 재폐로 기능을 보강할 필요가 있다.

또한, 765kV 송전선은 장거리선로로 정전용량이 매우 커서 고장난 상을 차단해도 인접한 건전선로로부터 유도되는 정전유도전류(이를 2차 아크전류라 함)가 사고점으로 흐르므로 소호시간이 길어진다.

따라서, 2차 아크전류의 소호시간을 단축하여 재폐로 시간을 확보함으로써 계통고장의 복구시간을 단축할 필요가 있고, 보호계전시스템도 이러한 부분을 고려하여 선정되었다. 본 내용에는 주로 345kV 보호시스템에 비해 특이한 사항을 위주로 기술하였으며, 345kV 계통에 적용된 항목도 포함된 부분이 있다.

II. 765kV 보호계전방식

1. 765kV 보호방식의 기본 특징

- ① Digital Relay 시스템으로 구성하였으며, 자동감시 기능을 구비하였다.
- ② 보호방식을 2계열화하였으며, 각 계열마다 주보호와 후비보호를 구비하여 신뢰성을 높였다.
- ③ 차단기 차단실패에 대비한 Breaker Failure 기능을 구비하였다.
- ④ 보호계전시스템 신뢰도 향상을 위해 Trip coil 2계열화, 제어용 전원회로 2계열화, 신호전송로의 2루트화를 하였다.
- ⑤ 송전선 재폐로는 2회선이 동시에 차단되어 전력공급이 중단되는 Route 단절 고장을 방지하기 위해 다상 재폐로방식을 채택하였으며, 2차 아크전류의 이온 소호시간을 단축하기 위해 고속도접지개폐기(HSGS : High Speed Ground Switch)를 채용하였다.
- ⑥ 보호장치의 신뢰도를 높이고 고장시 분석을 용이하

게 하기 위해 보호계전기 원격감시시스템을 구비하였다.

- ⑦ 765kV용 보호계전기용 변류기(CT) 2차정격은 기존 345kV계통 이하에 적용하는 5[A]가 아닌 1[A]용을 적용하여 보호계전기에 미치는 부담을 경감하였다.

2. 설비별 보호방식

가. 송전선로 보호

765kV 송전선로 보호방식은 제1계열 및 제2계열 모두에 주보호로 PCM(Pulse Code Modulation)전송 전류차동방식을 채용하고, 후비보호로 3단계 한시거리계전방식을 사용한다.

또한, 보호계전기가 설치된 양측 변전소간 신호를 전송

〈표 1〉 765kV 송전선로 보호방식

계열	주보호	후비보호	전송로
제1계열	<ul style="list-style-type: none"> • PCM 전송전류 차동방식 -각상 전류차동 요소 -영상 전류차동 요소 -고장 검출요소 -동기탈조 검출요소 -접지선 미제거보호(SOFT) 요소 -맹점보호 요소(STUB) 	<ul style="list-style-type: none"> • 3단계 한시거리 계전방식(단, 지락) -Zone1,2,3요소 -고장 검출요소 -동기 탈조검출요소 -STUB, SOFT 기능 -P.T 전압상실검출 요소 	OPGW 회선 사용
제2계열	<ul style="list-style-type: none"> • PCM 전송전류 차동방식 -각상 전류차동 요소 -영상 전류차동 요소 -고장 검출요소 -동기탈조 검출요소 -접지선 미제거보호(SOFT) 요소 -맹점보호 요소(STUB) 	<ul style="list-style-type: none"> • 3단계 한시거리 계전방식(단, 지락) -Zone1,2,3요소 -고장 검출요소 -동기 탈조검출요소 -STUB, SOFT 기능 -P.T 전압상실검출 요소 	별도 OPGW 전송루트 사용

〈표 2〉 345kV 송전선로 보호방식

계열	주보호	후비보호	전송로
제1계열	<ul style="list-style-type: none"> • 방향비교방식 (단, 지락) - Trip 저지방식 - 동기탈조 Trip 요소 	<ul style="list-style-type: none"> • 3단계 한시거리 계전방식(단, 지락) - Zone1,2,3요소 - 고장 검출요소 - 동기 탈조검출요소 - STUB, SOFT 기능 - P.T 전압상실검출 요소 	OPGW 회선 사용
제2계열	<ul style="list-style-type: none"> • PCM 전송전류 차동방식 - 각상 전류차동 요소 - 영상 전류차동 요소 - 고장 검출요소 - STUB - 전송 차단 기능 		OPGW 회선 사용

하는 전송로는 광통신을 이용하는데, 광통신 이용수단으로는 가공지선 내부에 광 코어(core)를 구비한 OPGW (광복합가공지선:Optical Fiber Composite Overhead Ground Wire)를 이용하며, 345kV계통과 달리 주(Main) 통신용 OPGW 이상시에는 다른 루트의 OPGW를 이용할 수 있도록 2개 루트의 전송로가 구성되어 있다.

표 1~2는 765kV와 345kV의 보호방식을 비교하였다.

나. 주변압기 보호방식

765kV 변전소에 적용하는 변압기는 345kV 변전소에 적용하는 변압기와 동일한 단권변압기이나 용량이 4배 큰 2000MVA 대용량로 변압기로 수송증량을 감안하여 A, B, C 각 상마다 2개의 탱크로 권선이 분할되어 있어 보호방식이 345kV 이하 변압기보다 상당히 복잡하다

또한, 단권변압기의 병렬권선이 증가하고 %임피던스가 커서 고장검출감도가 저하 하므로 검출 감도가 높은 계전기를 사용하여야 하며, 변압기 가압시 여자돌입전류에 오동작 하지 않도록 제2고조파 검출요소를 구비하였

으며, 계통전압 상승에 따른 과여자시 나타나는 고조파전류(주로 제5고파)에 오동작 않도록 구비되었다.

345kV 변압기의 주보호는 1, 2, 3차 권선 고장시 전류비율차동계전기이다. 후비보호는 단락은 2단계 한시거리 계전방식이며, 지락은 지락방향성 과전류 계전 방식이고 3차 즉 Δ권선의 지락 보호는 지락과전압(64) 보호계전기를 적용한다.

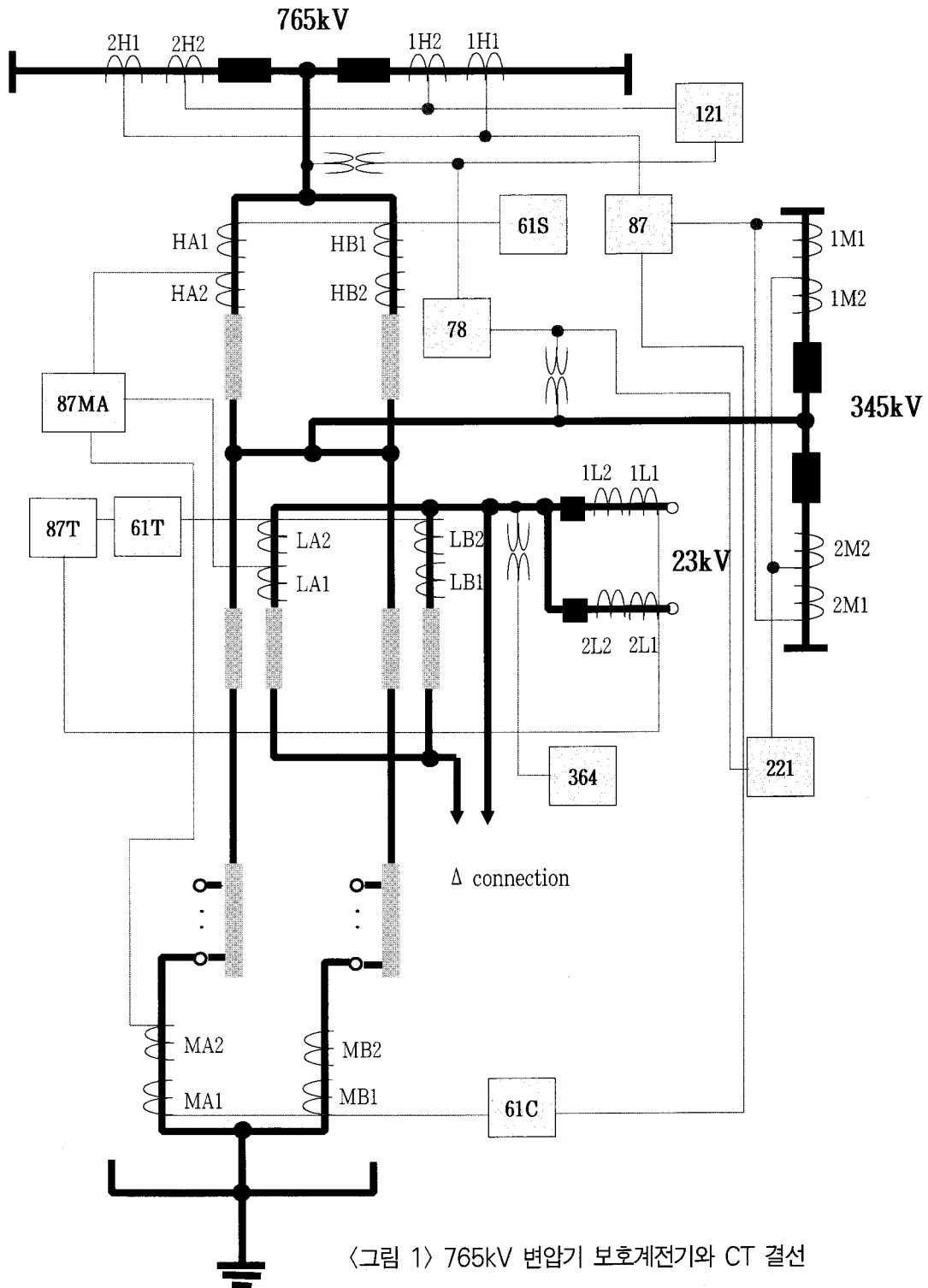
765kV, 변압기는 앞에서 언급한 사유로 345kV 변압기에 비해 보호방식이 복잡하며, 전기적 보호장치의 주요한 보호기능을 살펴보면 다음과 같다.

- ① 1, 2차 권선간 단락 및 지락고장시 보호용으로 차동계전기(87)를 사용하며, 변압기 각 상(Phase)의 좌 탱크와 우탱크 구분없이 모두 보호함
- ② 1, 2, 3차 권선 층간단락 고장시 보호용으로 차동계전기(87M)를 사용하며 각 상(Phase)의 좌,우 탱크에 각각 기능을 구비하여 보호함
- ③ 변압기 좌탱크와 우탱크 권선간 전류를 비교하여 차전류 발생할 경우 전류평형 계전기인 61C를 적용하여 보호
- ④ 3차 권선 단락시 차동계전기(87T), 지락시 지락과전압(64) 보호계전기 사용
- ⑤ 765kV계통과 345kV계통 동기탈조시 구비한 동기탈조계전기(78)는 임피던스 궤적을 따라 탈조여부를 판별한 기존방법과 달리 전압위상을 비교하여 동기탈조 여부를 판별하는 방식을 765kV 신서산과 신안성변전소에 적용하였다.

다. 고속도 다상 재폐로 방식

765kV계통 이전까지 사용되었던 재폐로(차단기 자동재투입) 방식을 살펴보면 다음과 같다.

-154kV 계통에서는 송전단(가압단)과 수신단을 결정



<그림 1> 765kV 변압기 보호계전기와 CT 결선

하여 3상 일괄재폐로(1선 고장이든 2선 이상 고장이 든 무조건 3상 차단 후 3상 재투입하는 방식)하는 방식을 채용하였으며

-345kV계통에서는 송·수전단을 결정하고 계통사정에 따라 단상재폐로(1선지락 고장시 고장상만 차단 후 재투입하는 방식)와 3상재폐로(2상 이상 단락, 지락고장시 3상차단후 3상재투입하는 방식)를 병행하여 재폐로 하는 방식으로 운용되고 있다.

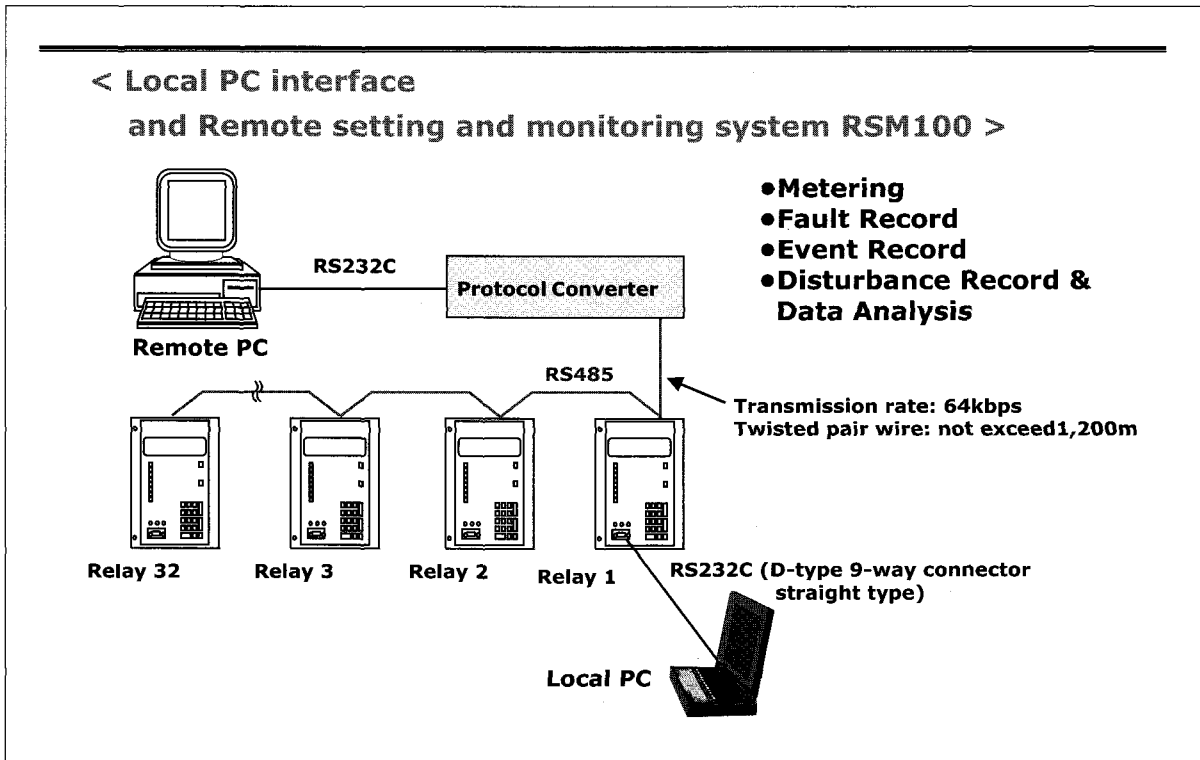
그러나, 765kV계통은 루트단절고장시 계통안정도에 심각한 영향을 주고 광범위한 정정사고로 진전될 수 있기 때문에 재폐로방식을 선정하는데 더욱 신중할 필요가 있었다.

일본 275kV계통 송전선로 고장분석을 보면 전사고의 약 84%가 1선지락 고장이며, 2회선에 걸친 고장이 약 15%를 차지하고 있어 3상재폐로방식이나 단상재폐로 방식 적용시 루트단절 고장이 될 가능성이 크다.

따라서, 765kV 송전선로는 계통 루트단절을 줄이기 위한 방식으로 다상재폐로를 적용하는 것이 가장 바람직하여 다상재폐로 방식을 선정하여 설치, 운영중에 있다.

(1) 고속도 다상 재폐로 기본 방식

고장상을 차단한 후 병행2회선에서 옆회선을 포함하여 건전상의 상수가 2상 또는 3상이 남아 있으면 재폐로 하는 방식이다.



〈그림 2〉 보호계전기 원격감시시스템 구성도

(2) 다상 재폐로 원리

765kV 송전선로에 다상 재폐로 방식을 적용하기 위해서는 송전선로 고장시 차단기 차단후 계통에서 분리된 고장상의 2차 아크전류(건전상에서 유도되는 아크 전류)를 신속하게 제거하여야 하며, 재폐로 시간을 1초 이내로 하기 위하여 가장 확실한 2차 아크 소호수단으로 알려진 고속 자동접지스위치(High Speed Ground Switch : HSGS)방식을 적용하였다.

따라서, 재폐로 과정은

고장발생 ⇒ 고장상 차단 ⇒ 차단기 차단확인 ⇒ HSGS 투입(2차 아크전류 소호) ⇒ HSGS 차단 ⇒ 재폐로 조건 확인 ⇒ 차단기 고장상 투입의 과정을 거쳐 재폐로 하게 된다.

765kV 송전선로 재폐로시간은 1초로 규정하였으며, 1초 이내에 위 재폐로 과정이 이루어진다.

라. 보호계전기 원격감시시스템 (Protection Monitoring System)

765kV 변전소에는 보호계전기 원격감시시스템이 구비되어 있다.

이 시스템은 보호계전기가 설치되어 있는 현장동(local House)에 변전소 운전원이 직접 가지 않고도 원격인 중앙제어동에서 계전기의 운전상태와 설비 고장시 계전기 동작상태를 감시할 수 있도록 통신망(LAN, 전화선 또는 광케이블)을 이용하여 데이터를 전송하여 보호계전기가 저장하고 있는 데이터를 확인하고 분석하는 시스템이며 그 구성도 예시는 그림 2와 같다.

보호계전기 원격감시 시스템은

- ① 디지털 보호계전기의 내장기능 활용
- ② 고장발생시 원거리에 설치된 보호계전기 동작내용

〈표 3〉 감시용 컴퓨터의 기본기능

기 능	내 용
고장분석 (Fault Analysis)	저장 데이터에 의한 고장해석
설정 (Setting)	점점치 확인 및 변경
고장점 표정 (Fault Location)	고장점 위치 표시
고장상황 표시 (Fault Overview)	사고일시, 사고지속시간, 계전기 동작상황 사고시 아날로그 및 디지털 출력
보호계전기 진단정보 표시(Diagnosis)	계전기 상시감시 및 자동점검 상태 정보

확인시간 단축

- ③ 원격감시기능 강화로 보호계전기 관련 정보 집중, 운전업무 효율 도모를 목적으로 설치되었다.

그리고, 원격인 중앙제어동에 설치된 감시용 컴퓨터에는 기본적으로 표 3과 같은 기능을 구비하였다.

마. 모선보호 보호계전기

765kV 모선보호에 적용하는 계전기는 전압차동방식과 위상비교비율차동방식중 보호계전기 제작사에서 제시한 형식을 검토하여 사용토록 하였으며, 765kV 신안성, 신서산변전소에는 전압차동방식을 신가평, 신대백변전소에는 비율차동방식을 적용하였다. 저전압계전기를 고장검출요소(Supervising 요소)로 사용한 것은 345kV 모선보호와 동일하다.

이상은 345kV 보호시스템과 비교하여 765kV 보호시스템에서 적용하고 있는 일반적인 특징을 기술하였다. 보다 상세한 내용을 기술하기에는 내용이 방대하고 지면관계상 개념과 중요사항만을 기술하였음을 양지하여 주기 바란다. ❏

〈참고문헌〉

- 765kV 초고압 보호계전방식에 관한 연구(한전전력연구원 94.12)
- 765kV 변전기술(한전 중앙교육원교재)
- 제작소 보호계전기 Manual