

154kV 상대단 변전소 전력설비간 인터록 설치방안 연구

이규철*, 민병욱*, 신명식*, 최준혁*
한국전력공사*

Study on the configuration method of the interlock equipment between the substation linked with transmission line.

Kyu-Chul Lee*, Byeong-wook Min*, Myoung-sik Shin*, Joon-Hyuk Choi*
Korea Electric Power Corporation*

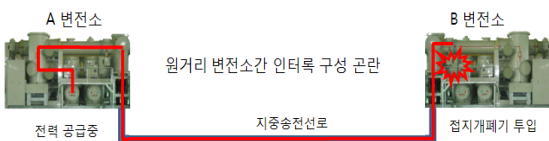
Abstract - 모든 설비에는 안전과 설비보호를 목적으로 전기적, 기계적으로 조건이 만족되지 않으면 이후 동작을 금지시키는 장치를 구비하는데 이를 “인터록 장치”라 한다. 일부 인터록장치가 미 구비된 선로에서 근무자의 착오로 사활여부를 판단하지 못하여 활선선로에 접지를 시행하여 대형사고로 이어졌으며 이를 방지하기 위하여 인터록 장치의 설치 중요하게 대두 되었다.

그러나 송전선로로 연결된 원거리에 있는 설비간의 인터록 구성은 매우 어려운 상황이다 특히 선로의 사활여부를 판단하는 요소는 직접적인 전압을 측정하는 방법이 일반적으로 사용되고 있으나 용도에 비하여 설비구축을 위한 투자비가 과다함에 따라 간편하고 신뢰성이 우수한 인터록 장치를 개발, 적용하였다. 기존의 직접 또는 간접 전압측정 방법에서 상대단 변전소의 단로기 및 접지개폐기 접점상태에 대하여 통신회선을 이용 상호 확인하고 인터록을 구성한 연구이다

1. 서 론

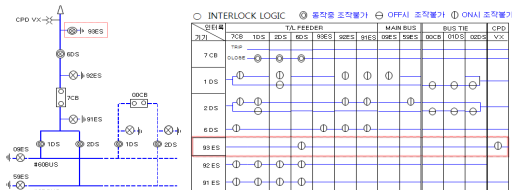
인터록 장치는 전기설비 뿐만 아니라 우리생활 전반에 안전장치로 구성되어 있으며 불량 또는 고장시에는 인적, 물적 손실이 야기되고 있다. 예를 들면 지난 2008년 7월 영등포의 한 버스정류장에서 승객이 내리기도 전에 문을 연채 출발, 인명사고가 발생한 예가 있다. 이는 버스가 문이 열린 상태에서는 출발하지 못하도록 제어하는 장치(인터록장치)를 구비하지 못했거나 이 장치가 고장난 경우로 추정된다. 이처럼 생활 전반에 존재하는 것이 인터록 장치인 것이다.

전기설비에서는 더욱 많은 곳에 인터록 장치를 구비하고 있는 실정이다. 특히 변전소에서는 차단기, 단로기, 접지개폐기 간에는 조작자의 안전과 기기보호를 목적으로 전기적, 기계적인 인터록 장치를 구비하고 있다. 이는 근무자의 착오로 조작이 될 수 있는 부분은 인위적으로 휴면에러 방지를 목적으로 인터록 장치를 구비하도록 전기설비 기술기준에도 명기되어 있다. 아래의 경우는 실제 전력설비에서 인터록 미 구성으로 발생한 고장사례이다.



〈그림 1〉 원거리 변전소간 인터록 미구성으로 고장발생 사례

즉 B 변전소 기기점검을 위하여 설비를 정지시켰으나 A 변전소에서는 계속 전력을 공급하고 있는 과정에서 B 변전소 근무자가 작업안전을 위하여 전력이 공급되고 있는 설비의 접지개폐기를 미리 투입하여 대형고장이 발생하였고 이로 인하여 전력케이블(약 1.3 km) 및 GIS 접지개폐기를 교체하는 등 약 20억원의 피해액이 발생하였다. 이처럼 인터록장치는 매우 중요하며 미 구성 또는 불량시에는 엄청난 사회적 문제가 야기되며 피해규모도 상당히 발생하고 있는 실정이다. 통상 자체 변전소내의 전력설비간에는 설비 접점상태를 이용한 Interlock을 구성, 운영하고 있다.

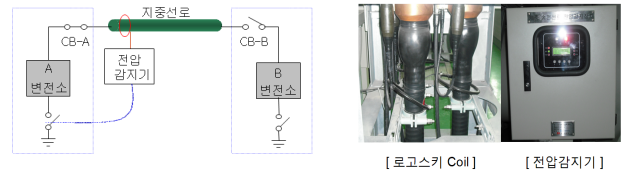


〈그림 2〉 변전소 전력설비간 Interlock Logic 도면

2. 본 론

2.1 원거리 변전소간 인터록 구성방안

자체 변전소내의 설비간에는 근거리에 위치하여 제어케이블을 이용하여 접점신호를 상호 주고 받으므로 인터록 구성이 용이하지만 원거리에 위치한 변전소 간의 인터록 구성은 곤란하여 2008년 이전에는 전압을 감지하는 PT(전압변성기)를 설치하여 전기의 사활선 여부를 판단하고 이를 별도 접점신호로 만들어 인터록 회로를 구성하여 운전하였으나 인터록 구성비용이 6천만원 정도 소요됨에 따라 2003년부터 연구개발을 시행하여 약 500만원 정도인 저가형 전압감지장치를 개발하여 2008년 이후 적용하여 왔다. 이 전압감지장치는 지중선로에 로고스키 코일을 그림과 같이 연결하여 선로의 전압을 감지하여 접지개폐기의 조작을 방지도록 인터록 회로를 구성하여 운전하였다.



〈그림 3〉 로고스키 코일을 활용한 인터록 구성방안

2.2 전압감지기의 오동작 발생

2008년 이후 설치된 전압감지기가 설치완료후 준공시험 및 운전과정에서 일부 오동작 사례가 발생하여 점검, 보수 하였으나 근본적인 문제를 제거하지 못하여 상대단 변전소의 기기상태에 따라 사활여부 판정에 오류가 발생하여 현재 운전중인 변전소를 선정하여 불량요인 분석을 위하여 전압감지기 동작상태를 측정하였다. 2010년 4월에서 5월까지 전압감지기가 설치된 2개변전소 대하여 선로를 휴전하여 아래의 측정조건별로 양단 전압감지기의 전압, 전류, 사활선 랩프상태 등을 파악한 결과 4개선로 8개조건 즉 전체 32번 측정DATA중 6번의 오동작이 발생하였으며 특히 측정조건 2인 양단 변전소중 편단만 투입된 활선상태를 사선으로 판단, 오동작이 발생함에 따라 원인분석을 시행하였다.

〈표 1〉 전압감지기 사활선 조건별 측정 DATA

조건1 - 양단투입		조건2 - 편단투입		조건3 - 양단개방	
송전선로 활선상태	송전선로 활선상태	송전선로 활선상태	송전선로 활선상태	송전선로 사선상태	송전선로 사선상태

변전소	측정구분	선로	전압(V)	전류(A)	사활선
A	ON	1	110.2	0	R
		2	110.2	0	R
		3	110.2	0	R
	OFF	1	0	0	G
		2	0	0	G
		3	0	0	G

변전소	측정구분	선로	전압(V)	전류(A)	사활선
A	ON	1	110.2	0	R
		2	110.2	0	R
		3	110.2	0	R
	OFF	1	0	0	G
		2	0	0	G
		3	0	0	G

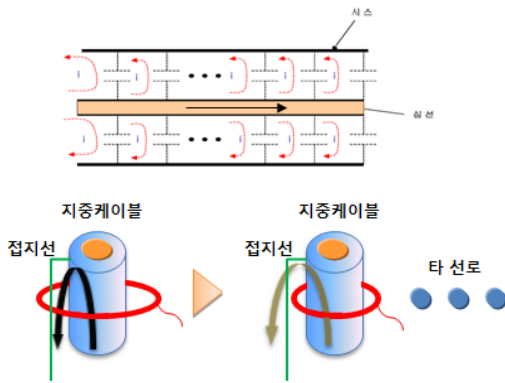
변전소	측정구분	선로	전압(V)	전류(A)	사활선
A	ON	1	110.2	0	R
		2	110.2	0	R
		3	110.2	0	R
	OFF	1	0	0	G
		2	0	0	G
		3	0	0	G

2.3 전압감지기 오동작 원인분석

전압감지기의 동작원리는 두가지로 구분하여 동작한다. 1차로 측정전류의 크기로 사, 활선 여부를 우선 판단하다 즉, 측정값이 50A 이상이면 활선(活線)으로 판단하고 200mA 이하이면 사선(死線)으로 판단한다. 그리고 둘 사이의 측정값이 나오면 2차로 측정된 위상각을 가지고 판단한다. 위상각 차이가 30도 이내이면 활선으로 30도 초과이면 사선으로 판단한다.

다. 즉 A상의 위상각이 0도 인데 31로 측정되면 사선으로 판단하게 되는 원리이면 즉 위상각의 찌그러짐을 판단하여 사, 활선을 판단하는 원리인 것이다.

우선 측정전류에 의한 오동작원인을 분석한 결과 양단 변전소의 차단기가 투입된 경우는 부하전류가 측정되어 활선으로 확실한 판단을 하였으며 양단 변전소의 차단기가 모두 차단된 경우에도 부하전류나 충전전류는 흐르지 않지만 접지선을 통해 유입된 일부 작은 전류가 측정되지만 위상각이 30도 이상 찌그러짐이 발생하여 확실히 사선으로 판단하였다 다만 양단 변전소중 한쪽에만 차단기가 투입된 편단투입 경우는 충전 전류값이 200mA를 초과하고 있어 활선으로 판단이 가능하지만 위상각이 일부 찌그러짐이 발생하여 활선인데도 불구하고 사선으로 판단하는 경우 발생하였다. 이는 아래 그림과 같이 케이블에는 심선에 흐르는 전류에 의하여 시스에 유입된 유기전류가 접지선을 통하여 흐르게 된다. 이전류는 케이블 시스 끝에 연결된 접지선 인근에서 로고스코일로 전류를 측정할 때 양단투입시 부하전류가 흐를 경우는 문제가 없으나 편단 투입시는 충전전류 및 시스순환전류가 존재하며 접지선 처리에 따라 상쇄되어 일부 전류측정이 불가능한 경우가 있었다. 이를 방지하기 위하여



〈그림 4〉 케이블의 시스전류에 의한 위상각 왜곡문제

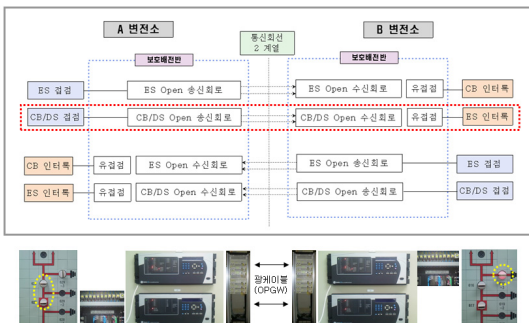
접지선을 코일 외부로 노출시켜서 순수 케이블 충전전류만 측정, 가능도록 하였으나 양단개방 또는 편단투입시는 접지선을 통하여 타 선로의 순환전류가 유입되어 위상이 왜곡되어 사, 활 선검출에 실패하는 원인으로 작용하고 있었다.

따라서 전류 및 위상으로 사, 활선을 판단하는 방법은 차단기 상태에 따라 전류기준값 설정이 곤란, 편단 투입시 해결할 수 없는 위상각 왜곡으로 현행 전압감지기는 오동작 발생 가능성이 지속적으로 상존함에 따라 사, 활선 판정방법 재검토 및 새로운 TYPE의 인터록장치 개발이 필요하게 되었다.

2.4 인터록 장치의 재개발

지금까지의 지중선용 접지개폐기 인터록 장치는 지중선로의 사활선 여부를 판단하는 것이 핵심요소로써 초기에는 Line PT를 이용하는 직접 전압감지 방식을 사용하였으나 기능과 역할에 비하여 가격이 비싸고 케이블의 흐르는 전류를 로고스키 코일을 이용하여 전압을 감지하는 간접 전압감지 방식으로 변경하였으나 이 또한 시스순환전류의 왜곡으로 전류 및 위상각 검출의 실패로 오동작 요인이 상존하여 적용이 곤란함에 따라 지중선로에 전기를 공급할 때 단로기와 차단기의 투입을 통하여 이루어지는 것에 착안, 상대단 변전소의 관련 기기의 접점신호를 상호 교환하는 방식을 채택하여 구체적인 방법을 검토하였다.

우선 기존 설치된 보호배전반 및 통신회선을 이용한 인터록 구성방안을 마련하여 보호배전반 제작사의 협조로 로직회로를 검토하였으며



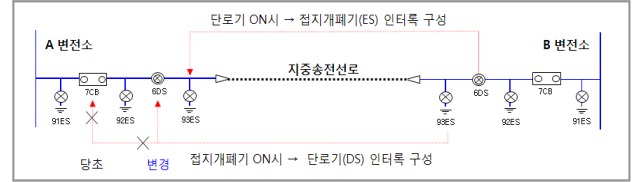
〈그림 5〉 보호배전반 및 통신회선을 이용한 인터록장치 설계도

접점 송, 수신용 통신회선은 신뢰도확보를 위하여 2중화를 하는 등 그림5와 같이 설계(안)을 마련하였다.

2.5 개발된 인터록 장치의 검증

보호배전반 내부 송, 수신 LOGIC 회로 및 유접점 변환 신호처리회로 등 인터록 회로 구성방안을 최종적으로 마련하여 실제 건설중인 변전소에 적용하였다.

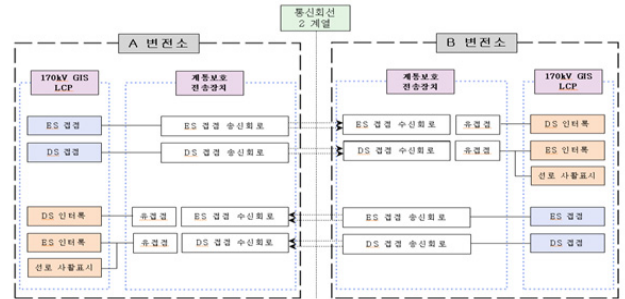
실제 적용후 전압감지기와 같은 방법으로 양단 변전소에서 차단기, 단로기 접지개폐기의 접점신호 검출여부 및 보호배전반 Logic 회로의 신호처리 여부, 통신회로의 신호 송, 수신 상태 등을 점검하였으며 인터록 유접점 회로 동작상태를 최종 점검한 결과 모두 양호 하였으며 실제 각종 기기의 동작을 통한 오동작물을 측정한 결과 오동작이 전혀 없었으나 당시 준공시험을 위한 차단기 연동시험 중이었는데 선로작업으로 상대단 접지개폐기 투입시 차단기 동작시험이 불가능한 것을 발견하여 차단기 인터록을 변경하여 그림 6과 같이 상대단 인출 단로기와 접지개폐기간의 인터록으로 구성 하였다.



〈그림 6〉 단로기와 접지개폐기간의 인터록으로 변경도면

2.6 최종 인터록 구성방안 마련

보호배전반을 이용한 Logic 회로를 구성하였으나 일부 보호배전반 제작사의 경우 외부접점을 구성하는 기능을 갖지 못하기 때문에 전체적으로 보호배전반을 이용한 접점구성 및 Logic 회로가 곤란하여 계통보호 현송장치내에 기능을 추가하는 방안으로 최종 결정하여 시행하였다.



3. 결 론

전기설비의 인터록 기능은 매우 중요하므로 타 설비의 조작에 따라 사활선 구분을 정확히 판단하고 조작을 금지토록 기계적, 전기적 인터록을 구성하여 인적실수를 예방하고 설비사고를 미연방지함으로써 설비로부터의 안전과 물질 손실을 막을 수 있다. 이번 연구를 통하여 기존설비를 활용하여 원거리에 위치한 설비간에도 인터록 구성이 가능해 졌다. 앞으로 통신기술의 발전으로 전에는 어려웠던 원거리에 위치한 설비간에도 인터록 구성이 더욱 쉬워졌다. 이제 무선통신의 시대가 열렸으며 디지털 변전소의 인터록 구성방안도 내부적으로 설비에 IP 주소를 부여하여 IEC 61850 통신체계인 Goose 체계로 구성되는 추세이므로 향후 추가적인 연구를 통하여 무선통신을 통하여 관련설비가 동작되면 별도 신호를 송출하여 인터록 대상설비에서 신호를 수신하여 접점을 동작시키는 방안을 마련한다면 간편한 구성이 가능할 것으로 판단된다. 다만 인터록장치에서 가장 중요한 요소는 신뢰성이다 인터록은 문제발생시 동작을 하지 못하도록 구성하는 것이 우선적이며 이중화를 통한 신뢰성을 확보하여야 할 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] 한국전력공사, “지중선 전압감지장치 REPORT”, 2009년도
- [2] 한국전력공사 “지중선로 사활선 검출 분석보고서”, 2009년도
- [3] 한국전력공사 “접지개폐기 인터록 구성을 위한 전압감지기 연구 보고서”, 2003년