

CT포화에 의한 345kV 지중선로 보호계전기 오동작 사례

전명렬*, 오세일*, **김정운***, 김기일**

*한전 전력연구원 전력계통시험센터, **한전 중앙교육원

Protective Relay Malfunction Of 345kV Underground Transmission Line Due to CT Saturation

Myeong-Ryeol Jeon*, Se-Il Lee*, Jung-Woon Kim*, Ki-Il Kim**
Korea Electric Power Research Institute*, Central Education Institute**

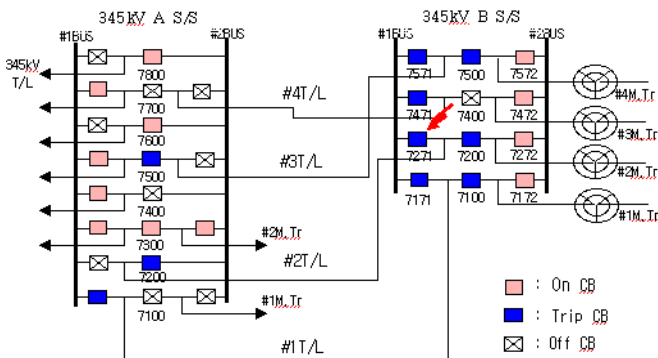
Abstract - A, B 변전소간에 345kV 지중선로 4회선으로 Loop 운전 중 1개의 지중선로에 절연과피 고장이 발생하였으며, 이때 4개의 지중송 전선로가 모두 운전정지 되는 고장이 발생하였다. 고장이 발생한 선로는 정상적으로 보호계전기가 동작하였으나, 그 외 다른 선로의 보호계전기가 오동작하여 원인규명시험을 한 결과 외부고장시 CT 포화로 인해 보호계전기가 차단고장으로 인식하여 동작된 것으로 분석되었다. 본 논문에서는 CT 포화와 관련하여 DC성분, Surge, 2차부담 등 여러가지 조건에 대하여 고찰함으로써 향후 전력계통의 다양한 고장에 대비하는데 도움이 되기를 기대한다.

1. 고 장 개 요

1.1 고장설비

- 345kV 지중선로(#4T/L) B상 지중케이블 절연과피 고장
- 지중선로 #1~#4 T/L 보호계전기 동작

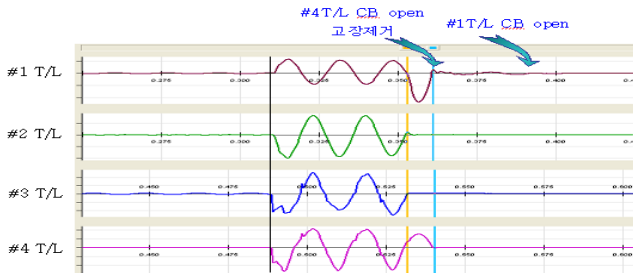
1.2 관련 계통도



1.3 차단기 동작시간 차트

#2T/L (7200,7271)	#3T/L (7571,7500)	#4T/L (7471)	#1T/L (7100,7171)
11:58:50:130	11:58:50:136	11:58:50:146	11:58:50:173
#2T/L(7200)	#3T/L(7500)		#1T/L(7171)

1.4 #1,2,3,4 T/L 고장전류



<그림 : 선로별 고장전류 파형>

2. 보호계전기 동작사항 분석

2.1 #1T/L 동작사항 분석

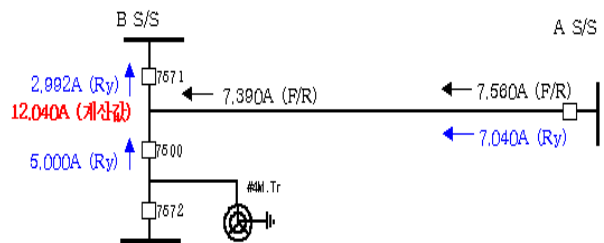
- 보호계전기 동작사항 : 87B(1st&2nd)
- 분석결과 : 외부 고장시 오동작(D2L7E, 1996)
- F/R 데이터
 - A S/S #1T/L 고장전류 : 7,360A(Ib), 2.5cycle 후 12,840A
 - 계전기 데이터 : 없음(구형)
- 분석 결과
 - #1T/L은 #2,3T/L이 Trip후 0.5Cycle 동안 고장전류가 집중되었을 때 보호계전기 동작

2.2 #2T/L 동작사항 분석

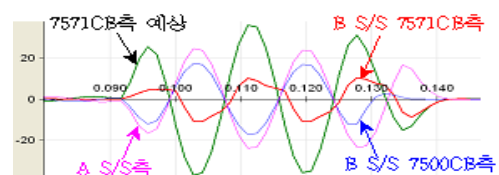
- 보호계전기 동작사항 : 87B(1st & 2nd)
- 분석결과 : 외부 고장시 오동작(D2L7E, 1996)
- 계전기 데이터 : 없음(구형)
- 분석 결과
 - 보호계전기 및 고장기록계 저장과형이 없으므로 정확한 고장 분석은 어려우나 #3T/L과 유사하였을 것으로 판단됨.

2.3 #3T/L 동작사항 분석

- 보호계전기 동작사항 : 87B(1st), CT Ratio 2000/5
- 분석결과 : 외부 고장시 오동작(MCD-H, 2002)
- ※ 2000/5A CT비를 사용한 보호계전기(1'st main 87)는 오동작하고 4000/5A CT비를 사용한 보호계전기(2'nd main 87)는 정부동작 하였음
- 계전기 데이터
 - A S/S 고장전류 : 7,040A(Ib), 3cycle
 - B S/S 7500CB측 고장전류 : 5,000A(Ib), 3cycle
 - B S/S 7571CB측 고장전류 : 2,992A(Ib), 3cycle
 - 7571CB측 계산 고장전류 12,040A의 24.9%
- 분석 결과
 - 아래 그림에서 Ry에 저장된 고장전류를 분석해보면 7571CB의 계산 고장전류는 12,040A 인데 실제로는 2,992A가 흐른 것으로 기록되었음. 결국 아래그림과 같이 B S/S 7571CB측 전류 왜곡에 의한 차전류 발생으로 계전기가 동작된 것으로 판단.



<그림 : 345kV #3T/L 고장전류 Data>



<그림 : 고장전류 파형분석>

2.4 #4T/L 동작사항 분석

- A S/S : 차단기 Off 운전으로 정부동작
- B S/S : Zone1 구간으로 정동작 (거리계전기21B, N, Z1)

보호계전기 동작사항 분석결과

- 서로 다른 2개의 제작사 제품 5개 보호계전기가 오동작한 것으로 보아 보호계전기 불량 가능성 없음.
- CT포화로 인한 전류왜곡으로 차전류가 발생되어 보호계전기가 동작된 것으로 판단

3. 보호계전기 동작원인 조사

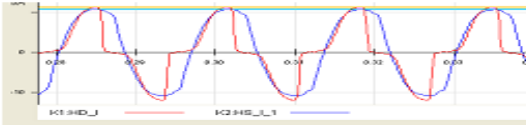
3.1 보호계전기 및 CT 회로 점검

CT회로 결선, 단자조임, 실부하위상측정 등 점검결과 양호

3.2 보호계전기 CT 정밀시험

3.2.1 CT 포화특성 시험

CT 포화특성 시험결과 knee point전압이 Y사는 H사의 절반 정도로서 양단 변전소의 CT 제작사가 상이하어 특성차에 의한 차전류 발생가능성 있음

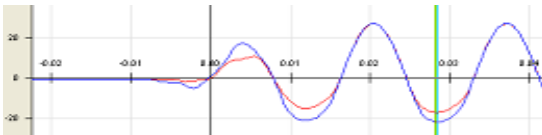


<그림: CT 포화특성시험 파형>

- H사 CT(4000/5 Tap) Knee Point 전압 : 1,492[V]
- Y사 CT(4000/5 Tap) Knee Point 전압 : 693[V]
- CT 단자전압 상승에 의한 포화는 정·부극성에서 모두 파형 왜곡

3.2.2 CT에 DC분 포함시 특성시험

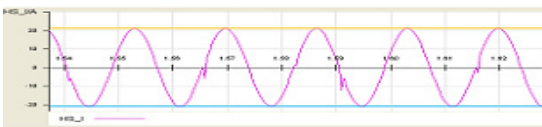
DC성분 또는 잔류자속의 영향은 한쪽 극성에만 영향을 줌



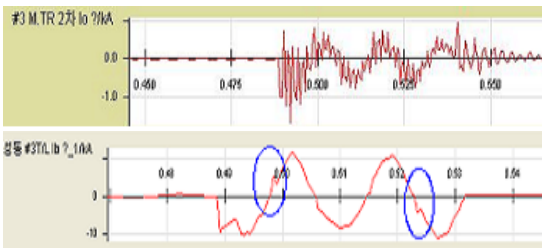
<그림: CT에 DC분 포함시 시험파형>

3.2.3 SWC(Surge Withstand Capability) 시험 파형

CT 단자에 Surge 파형 강제주입 시 고장당시 F/R의 일부 파형과 유사한 현상 재현됨



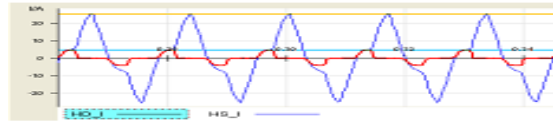
<그림: 써지주입 시험파형>



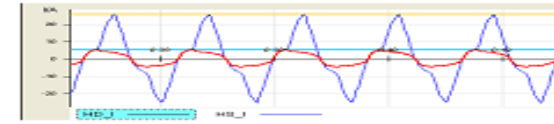
<그림: 고장시 실제파형>

3.2.4 CT 2차 회로 소자시험

단자전압 상승에 의해 포화 될 경우 전류는 바로 Zero점으로 떨어지며, CT회로에 포화특성이 있는 소자가 있을 경우는 그 소자의 포화특성에 따라 전류가 Zero 로 떨어지지 않고 특성소자의 영향을 받을 수 있음



<그림: CT 포화시험 파형>



<그림: CT 2차에 Z 인가 후 시험파형>

4. 원인분석 결과 종합

4.1 보호계전기 오동작 원인

CT 포화에 의해 차전류 발생으로 보호계전기가 동작된 것으로 판단
 ○ CT비 2000/5는 오동작 하였으며 4000/5는 오동작 하지 않았음
 ○ A S/S(Y사)와 B S/S(H사)의 CT 포화특성차 과다
 ○ #2,3T/L은 계전기용 CT 회로가 외부 Surge 또는 고조파의 영향에 의해 단자전압이 상승한 것으로 추정되며, 그 결과 CT가 포화되어 실제보다 적은전류 유입으로 차전류가 발생된 것으로 판단됨

☞ 관련논문

[1] Electromagnetic Interference in Control Cable of Substation Caused by Short Circuit Fault [III절 EMI Coupling through CT]

: 고장발생시 고주파 과도전류가 모선과 CT에 흐르며 CT와 모선 사이에 캐패시턴스 작용에 의해 제어케이블에 고전압이 유기 될 수 있음

[2] IEEE Guide for Protective Relay Applications to Transmission Lines (IEEE Std C37.113-1999, 4.8.2항 Shunt capacitors)

: 송전선로 배후에 대용량 캐패시턴스가 있을 경우 캐패시턴스에서 선로 근단 고장점으로 큰 고주파 전류가 흐르고 이로 인해 CT 2차 케이블에 고전압이 유기 될 수 있음

4.2 향후 대책

- 수도권 및 발전단에 적용되는 보호계전기용 CT는 계통보호상 문제가 없을 경우 최대 CT Ratio를 선정
- 제작사별 변류기의 특성을 통일화 시키는 방안 검토
- Surge 또는 고조파에 의한 CT 2차회로 전압상승에 대한 연구 필요

[참 고 문 헌]

- [1] Electromagnetic Interference in Control Cable of Substation Caused by Short Circuit Fault [Yu Gang외 6인]
- [2] IEEE Guide for Protective Relay Applications to Transmission Lines (IEEE Std C37.113-1999, 4.8.2 Shunt capacitors)
- [3] Induced Transients in Substation Cables : Measurements and Models [D.E. Thomas외 4인. 1994. IEEE Transactions on Power Delivery]
- [4] Countermeasures for Substation Equipment Against Various Special Phenomena in Japan's Longest(54km) 66kV AC Cable Transmission System [F.Anan외 6인]