

이천 변전소 초전도 케이블 보호를 위한 보호협조 방안에 관한 연구

이한상*, 서재완*, 정창호**, 양병모***, 장길수*

*고려대학교, **PTS ***한국전력공사 전력연구원

Protection Coordination to Protect the Superconducting Cable in Icheon Substation

Hansang Lee*, Jaewan Suh*, Changho Jung**, Byungmo Yang***, Gilsoo Jang*

*Korea University, **PTS, ***Korea Electric Power Research Institute

Abstract - Based on the several advantages of high-temperature superconducting cable, there are many researches about HTS cable. In the aspect of power system engineering, since it has very low impedance, approximately zero, it is profitable for large capacity distribution line into the large scale load. In the step of its verifications, the HTS cable had been installed in Icheon substation and operated. In this paper, the protection coordination for Icheon substation had been designed and verified using PSCAD/EMTDC.

1. 서 론

산업의 발달과 생산 시설의 확충, 대규모 신도시 구성에 따른 부하 밀집지역이 증가됨에 따라 기존 배전선로 설치 방식에 기반하여 설비를 확충하는 데에 있어 여러 가지 제약이 발생하는 경우가 있다. 또한, 전기설비의 에너지 효율 개선에 관한 여러 권고 사항이 제시됨에 따라 보다 송전손실이 낮고 효율적인 케이블의 필요성이 높아지고 있다 [1].

보다 적은 설치비로 송전 효율을 높일 수 있는 기술 중 하나로 초전도케이블에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있고, 이에 초전도케이블 운전에 관한 실증 단계로 경기도 이천변전소에 500m 길이의 초전도케이블이 설치되어 운영 중에 있다. 초전도케이블은 임피던스가 거의 0에 가까운 값을 가지기 때문에, 기존 배전선로에 대한 보호시스템과는 차별적으로 설계가 되어야 한다. 또한 과전류에 의하여 케이블의 온도가 상승하게 되면, 케이블이 초전도성을 잃게 되고, 이 과정에서 케이블 내부 손상으로 이어질 수 있기 때문에, 케이블 자체에 대한 보호시스템 설계도 매우 중요하다. 본 논문에서는 배전시스템의 보호시스템을 구성하고, 케이블 보호를 위한 보호기기를 추가함으로써 초전도케이블이 포함된 계통에 대한 보호시스템을 설계하고, PSCAD/EMTDC를 이용하여 이를 검증하였다.

2. 초전도케이블 보호협조 시스템

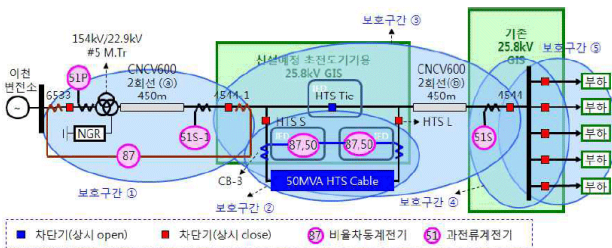
이천변전소의 #5 MTR 이하단에 대한 보호시스템 개략도는 그림 1과 같다. 변압기 보호를 위하여 차동계전기를 구성하고, 변압기 1, 2차측, 케이블 2차측에 각각 OCR과 OCGR을 포함하였다. 또한, 케이블 보호 요소로 케이블 차동계전기와 후비보호 요소로 OCR, OCGR을 설치하였다. 각 구성요소에 대한 계전기 설정치는 표 1, 2와 같다.

〈표 2〉 케이블 보호 요소 설정치

구분	비율차동정정요소				순시차동
	Pick-up	Slope1	Slope2	Knee P.	
케이블 87	1.0A	40%	40%	100A	45.5A
케이블	Ry명	한시		순시 TAP	
	OCR	제거		9.08	
	OCGR	제거		7.75	

3. 사례연구

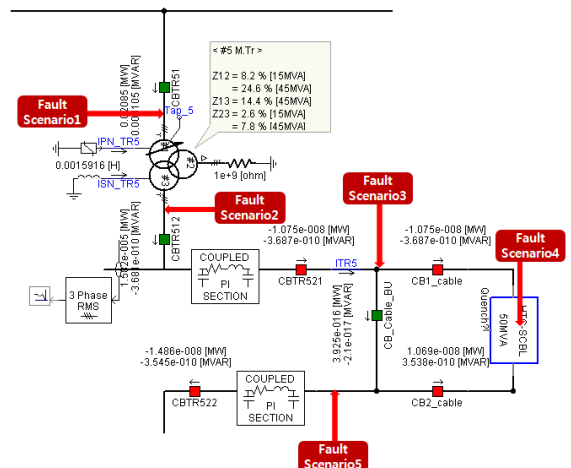
앞에서 구성한 보호시스템의 검증을 위하여 PSCAD/EMTDC로 이천 변전소 계통을 모델링하여 모의함으로써, 다양한 고장 위치에 대하여 계전기의 사고 픽업과 차단기 동작이 적절하게 협조되고 있는지 검증하였다. 고장 위치는 이천변전소 #5 MTR 이하단에 그림 2와 같이 고장 위치를 선정하여 고장 시나리오를 구성하였다. 고장 임피던스는 0.001Ω, 고장 종류는 3상 단락과 1선 지락사고를 모의하였다.



〈그림 1〉 이천변전소 초전도케이블 보호시스템

〈표 1〉 변압기 보호 및 배전선로 보호 요소 설정치

구분	비율차동정정요소				순시차동
	Pick-up	Slope1	Slope2	Knee P.	
변압기 87	1.13A	80%	80%	100A	135A
구분	Ry명	한시		순시	
		TAP	LEV	TAP	
1차측	51P	4.2	1.7	35	
	51PN	2.0	10.0	제거	
2차측	51S-1	5.65	0.14	제거	
	51SN-1	1.15	0.8	제거	
	51S	5.6	1.1	제거	
	51SN	2.2	6.8	제거	



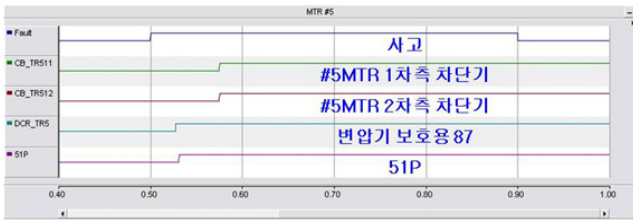
〈그림 2〉 계통 모델링 및 고장 시나리오 별 고장 위치

〈표 1〉 고장 시나리오

분류	고장위치	비고
Scenario 1	변압기 1차측	고장 종류 - 3상 단락
Scenario 2	변압기 2차측	
Scenario 3	초전도케이블 1차측	- 1선 지락
Scenario 4	초전도케이블 내부	고장 임피던스 - 0.001 Ω
Scenario 5	초전도케이블 2차측	

3.1 Scenario 1

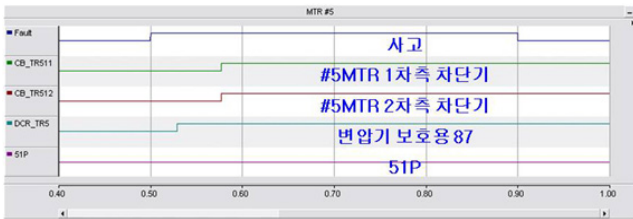
CBTR51은 변압기 1차측 OCR과 OCGR, 그리고 변압기 DCR에 의해 트립 신호를 받는 차단기이다. 3상 단락 사고에 대하여 그림 3과 같은 모의 결과를 확인할 수 있다. 해당 사고는 변압기 내부 사고로 판별하여 OC(G)R보다 DCR에 의해 차단 신호를 받기 때문에, CBTR51과 CBTR512 모두 동작하여 변압기를 보호하게 된다.



〈그림 3〉 Scenario 1 : 계전기 및 차단기 동작

3.2 Scenario 2

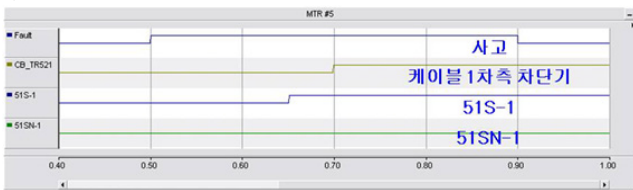
Scenario 2의 고장에 대하여 Scenario 1과 같이 내부 고장으로 판단하여 사고에 대하여 그림 4와 같은 모의 결과를 확인할 수 있다.



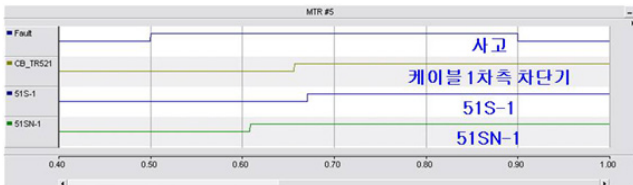
〈그림 4〉 Scenario 2 : 계전기 및 차단기 동작

3.3 Scenario 3

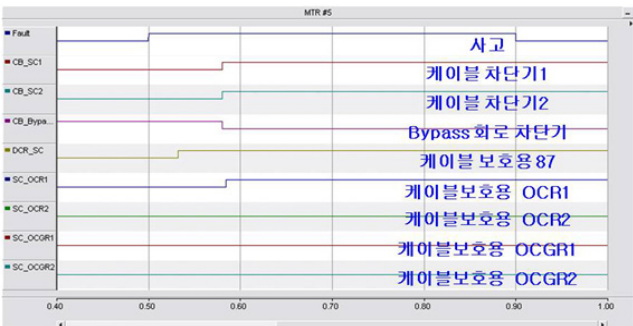
Scenario 3의 고장에 대하여 CBTR521은 OCR과 OCGR의 한시 동작에 의하여 고장을 제거하게 됨을 그림 5와 6의 모의 결과에서 볼 수 있다.



〈그림 5〉 Scenario 3(3상 단락) : 계전기 및 차단기 동작



〈그림 6〉 Scenario 3(1선 지락) : 계전기 및 차단기 동작



〈그림 7〉 Scenario 4(3상 단락) : 계전기 및 차단기 동작

3.4 Scenario 4

초전도 케이블 내부 고장에 대하여, 케이블 보호를 위해 한시 과전류 계전기보다 전류차동계전기를 이용하여 케이블 양단의 차단기를 동작시키게 된다. 3상 단락과 1선 지락사고에 대하여 모두 전류차동계전기에 의하여 케이블 양단의 차단기를 동작시키게 된다. 케이블 양단의 전류차동계전기의 후비보호 개념으로 케이블 보호용 OCR과 OCGR을 설치하여, 차동계전기에 의해 사고가 제거되지 못하였을 때 케이블을 차단할

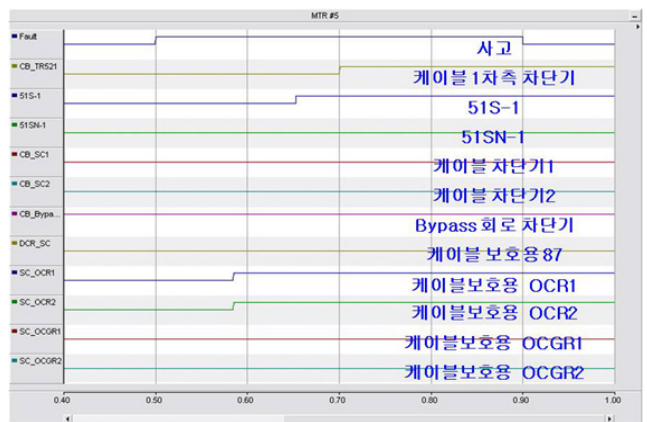
수 있도록 하였다. 그림 7과 8에서 차단기 동작 직후 OCR 또는 OCGR이 트립 신호를 발생시키는 것을 확인할 수 있다.



〈그림 8〉 Scenario 4(1선 지락) : 계전기 및 차단기 동작

3.5 Scenario 5

케이블 2차측 사고에 대하여, 케이블 1차측에 위치한 계전기에서 사고를 감지하고 차단기를 동작시킴을 그림 9, 10을 통하여 확인할 수 있다.



〈그림 9〉 Scenario 5(3상 단락) : 계전기 및 차단기 동작



〈그림 10〉 Scenario 4(1선 지락) : 계전기 및 차단기 동작

4. 결 론

PSCAD/EMTDC를 이용하여 초전도케이블이 설치된 이천변전소 계통을 모델링하고 보호시스템을 설계, 검증하였다. 기기 보호 요소로 변압기 차동계전기와 초전도케이블 차동계전기를 설정하고, OC(G)R을 이용하여 보호협조 시스템을 구축하고, 다양한 위치의 사고에 대한 계전기 및 차단기의 동작을 검증하였다.

[참고 문헌]

[1] S.H. Sohn, J.H. Lim, S.W. Yim, O.B. Hyun, H.R. Kim, K. Yatsuka, S. Isojima, T. Masuda, M. Watanabe, H.S. Ryoo, H.S. Yang, D.L. Kim, S.D. Hwang, The Results of Installation and Preliminary Test of 22.9kV, 50 MVA, 100 m class THS Power Cable System at Kepco, IEEE Trans. Applied Superconductivity, Vol. 17, Issue 2, pp. 2043-2046, 2007