

초전도한류기의 국내계통 과도안정도 향상효과 검토

황인태, 이승렬, 윤재영
한국전기연구원

The transient stability improvement effect of SFCL in Korean Power System

In-Tae Hwang, Seung-Ryul Lee, Jae-Yong Yoon
Korea Electrotechnology Research Institute*

Abstract - 본 논문에서는 국내계통 발전단지에 초전도한류기를 적용하였을 때 과도안정도 향상효과를 검토하는 연구이다. 일반적으로 초전도한류기는 사고시 고장전류를 감소시키는 역할을 하지만, 발전단지 근처에 초전도한류기를 적용하였을 경우 사고시 안정도 측면에서도 효과적일 것으로 예상된다.

1. 서 론

초전도 전력기기는 저손실, 친환경, 대용량의 장점을 지니고 있다. 현재 전세계적으로 초전도 전력기기에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있으며, 국내에서는 DAPAS(Development of Applied Power system by Applied Superconductivity technologies)사업을 기반으로 GENI(Green superconducting Electric power Network at Icheon substation)프로젝트를 통해 이천변전소에 22kV급 초전도케이블과 초전도한류기를 시범적용연구가 진행 중이다.[1][2] 초전도전력기 중 초전도한류기는 고장전류를 감소시켜 계통의 신뢰성을 높이고 있다. 본 논문에서는 사고시 고장전류를 감소시키는 초전도한류기의 원래의 기능뿐만 아니라 송전계통에서의 큰 사고시 초전도한류기를 통한 과도안정도 향상 효과를 검토하고자 한다.

2. 본 론

2.1 한류기 고장전류 제어 및 안정도 향상

일반적으로 초전도한류기는 사고시 고장전류를 감감시켜 계통이 안정하게 운전할 수 있도록 한다. 하지만 초전도한류기의 적용위치를 변경하여, 발전단 가까이 설치하여 사고시 고장전류를 제한하는 역할뿐만 아니라 안정도 측면에서도 효과가 있을 것으로 예상된다. 이러한 이유는 사고시 발전기의 탈조를 막기 위해 보상장치가 사용되고 있는데 이를 대신 할 수 있을 것으로 예상된다.[3]

2.2 국내 계통의 안정도 및 대상

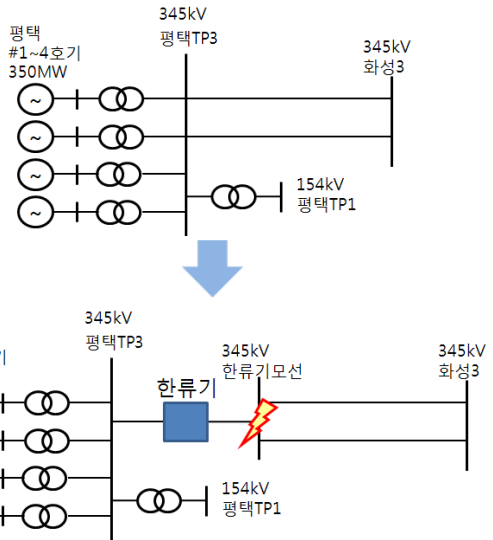
과도안정도는 전력계통의 운영상 매우 중요한 요소이다. 계통에서 단순한 사고가 대형사고로 확대될 수 있기 때문이다. 이러한 관계로 국내에서는 발전단지 고장파급방지장치 운영방안(СПS)를 시행하고 있다. СПS(Special Protection System)란 계통분리, 발전기 탈락, 송전선로의 연쇄차단 등 광범위한 파급고장을 방지하기 위해 컴퓨터, 통신전송설비, 보호장치 등 일련의 장치들의 조합된 보호시스템을 말한다. 본 논문에서는 СПS가 시행되고 있는 우리나라 계통에 초전도한류기를 적용하여 과도안정도를 검토해 본다.

본 논문에서는 평택화력에 대한 과도안정도를 검토하였다. 평택화력에 대한 고장파급방지 장치 운영방안은 <표 1>와 같다.

<표 1> 평택화력 СПS 운영방안

적용개소	운전조건 및 고장선로	차단대수
평택화력	○ 345kV 평택TP-화성#1,2T/L 고장	2대
	- TP 4대 운전	1대
	- TP 3대 운전	1대

345kV 평택TP-화성 송전선로에 사고가 발생하였을 경우 평택화력의 운전 중인 발전기가 4대였을 경우 2대를 차단하였을 때 계통이 안정화되는 것을 볼 수 있다. 본 논문에서는 <그림 1> 과 같은 계통에서 한류기를 적용하였을 때 과도안정도가 효과적으로 향상되었는지 검토하였다.



<그림 1> 검토 대상 계통도

2.3 시뮬레이션 방법

2.3.1 사례별 시뮬레이션 검토

평택화력 발전단지는 350MW 1~4기가 운전 중이다. 본 논문에서는 평택화력의 최대출력시 345kV 평택TP-화성 송전선로에 사고가 발생하였을 때의 안정도를 검토하였다. 초전도한류기의 과도안정도 향상효과를 보기위하여 4가지 검토를 하였다. 첫번째로 СПS 운영방안인 TP 4대 운전 중 사고시 2대의 발전기를 차단하는 것이다. 이 사례는 다음의 검토 내용에 기준으로 삼고자 한다. 두번째는 TP 4대 운전 중 2대의 발전기를 차단하였을 때 초전도한류기를 적용하였다. 첫 번째 사례에 초전도한류기를 적용하였을 때, 과도안정도 향상효과를 보기위한 사례이다. 세 번째로 TP 4대 운전 중 1대의 발전기만 차단하였다. 네 번째로 TP 4대 운전 중 1대 발전기를 차단하고 초전도한류기를 적용하였다. 사례별로 정리해보면 아래 <표 2>와 같이 나타낼 수 있다. 이 검토의 한류저항은 저항형 30Ω으로 선정하였다. 또, 한류저항 크기에 따라 안정도도 검토하였다. 사례 2와 사례 4에 한류저항의 크기를 10Ω, 30Ω, 50Ω으로 변화하며 과도안정도의 향상효과를 검토하였다.[4]

<표 2> 사례별 설명

구분	발전기 차단 대수 및 설명	한류기 적용 여부
사례 1	기준이 되는 사례, 발전기 차단 2대	미적용
사례 2	발전기 차단 2대	적용
사례 3	발전기 차단 1대	미적용
사례 4	발전기 차단 1대	적용

2.3.1 시뮬레이션 순서

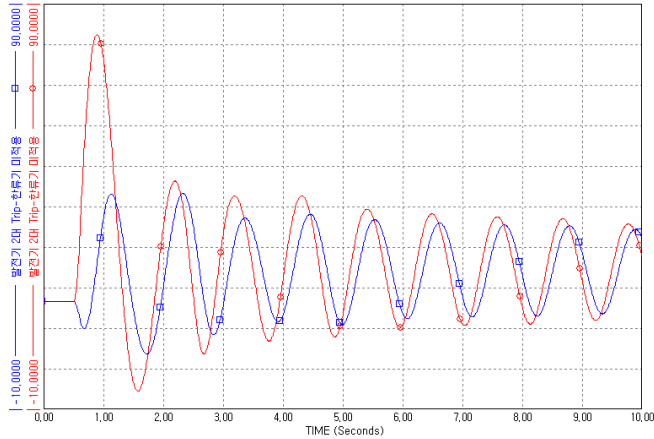
본 논문에서는 PSS/E Dynamic을 이용하여 시뮬레이션 해석을 하였으며, 시뮬레이션의 극대화를 위하여 여름철 최대부하일 때는 대상으로 하였다. 시뮬레이션(PSS/E Dynamic) 순서는 <표 3>와 같다. 현재 개발된 초전도한류기는 하이브리드 초전도한류기로 동작시간은 고장발생 후 1/2 Cycle 이지만 과도안정도의 효과적인 향상을 보기위하여 고장발생 시각에 바로 한류기가 투입되도록 시뮬레이션 하였다.

〈표 3〉 시뮬레이션 순서

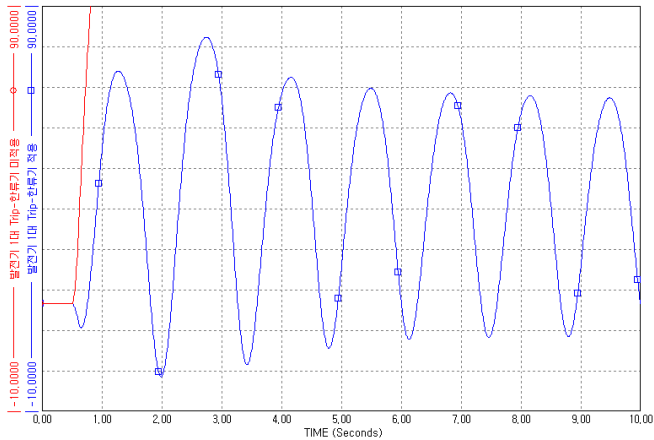
Time	0.0s	0.5s	0.6s	0.7s->10s
Event	Run(시작)	Bus fault 한류기 동작	Clear fault Trip- Branch Gen Trip	한류기 회복 후 10s까지 Run

2.4. 시뮬레이션 결과

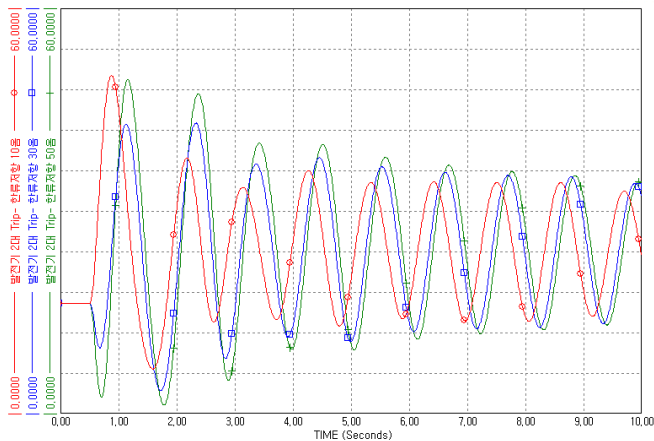
PSS/E Dynamic을 이용하여 <그림 2~5>까지의 시뮬레이션 결과를 도출하였다. 그래프의 과형은 평택발전 #1호기의 Angle을 나타낸 것이다. 다음을 분석하여 보면 발전기 4대 운전 중 사고시 2대의 발전기 탈락의 사례 1과 사례 2는 초전도한류기를 적용하였을 경우 더 빠른 시간내에 안정화 되는 것을 볼 수 있다.<그림 2>



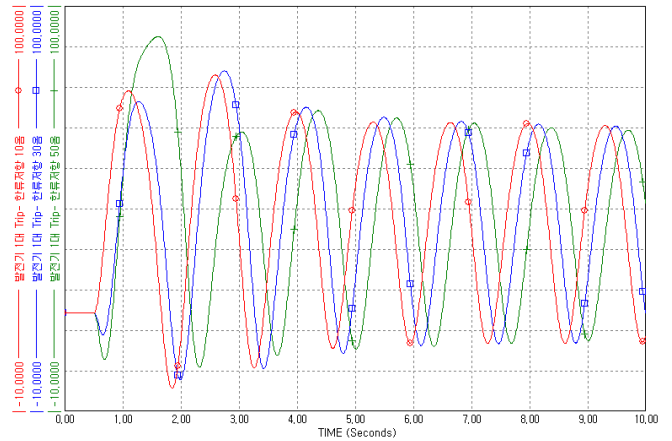
〈그림 2〉 사례 1 과 사례 2 비교



〈그림 3〉 사례 3 과 사례 4 비교



〈그림 4〉 한류저항크기 변화에 따른 사례 2



〈그림 5〉 한류저항크기 변화에 따른 사례 4

발전기 4대 운전 중 사고시 1대의 발전기 탈락의 사례 3과 사례 4의 경우 사례 3은 SPS 운영방안에 못 미쳐 계통이 붕괴되는 것을 볼 수 있지만, 사례 4의 경우 발전기의 탈조는 나타나지 않는 것을 볼 수 있다. <그림 3>. 하지만 사례 4의 경우 Angle의 폭이 줄어들지 않아 완전하게 안정화 되었다고는 볼 수 없다. 하지만, <그림 4~5>에서도 볼 수 있듯이 한류저항의 크기에 따른 안정도 향상효과는 많음을 볼 수 있다.

3. 결 론

본 논문에서는 국내 계통에서의 초전도한류기의 과도안정도 향상효과를 검토하는 연구로써 초전도한류기에 따른 과도안정도 향상효과를 확인하였다. 하지만 실제 계통에 적용하기 위해서는 송전급 초전도한류기의 개발이 필요하며, 초전도한류기의 적용위치 및 한류저항의 Type&크기를 고려하여야 할 것이다. 계통의 모든 상황을 고려하여 초전도한류기를 계통에 적용하였을 경우 송전선로 사고시 2대가 아닌 1대의 발전기 차단만으로 대형사고를 방지할 수 있을 것이며, 막대한 경제적 지출을 줄일 수 있을 것이다. 그렇게 되기 위해서는 초전도전력기의 개발 및 지속적인 연구가 필요할 것이다.

감사의 글

본 연구는 2011년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지 기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.

[참 고 문 헌]

[1] B. Yang, Y. Won, J. Kim, C. Jung, S. Lee, and J. Yoon, "The first demonstration project for the application of HTS cable and SFCK to real grid in South Korea", ASC2010 3LP3G-06, 2010
 [2] DAPAS 프로젝트 3단계 연구보고서, 한국전기연구원, 2011년
 [3] 이승제, 이찬주, 고태국, "고온 초전도 한류기가 설치된 전력 시스템의 안정도 해석", 전기학회논문지, 제48B, 5호 227-232, 1999
 [4] L. Chen, "Influence of a voltage compensation type active superconducting fault current limiter on the transient stability of power system", Physica C, 469, 1760-1764, 2009