

PSCAD/EMTDC를 이용한 고온초전도 저항형한류기 시뮬레이션

이재득*, 박민원**, 유인근*

*창원대학교, **차세대초전도응용기술개발사업단

Simulation of HTS Resistive Type Superconducting Fault Current Limiter using PSCAD/EMTDC

Jae-Deuk Lee*, Minwon Park**, In-keun Yu*

*Chang-won National University, **CAST

Abstract - In the case of HTS Resistive type Superconducting Fault Current Limiter(SFCL), its possibility has been discussed due to its theory and a simple structure. The Resistive type SFCL can be useful for the protection of the power delivery systems from fault current. Effective simulation scheme that can be applied to the utility network readily and cheaply under various conditions considering the sort of faults, the capacity of systems as well as are strongly expected and emphasized among researchers. This paper proposes a simulation skill of resistive type SFCL using PSCAD/EMTDC.

1. 서 론

전력수요는 국가 경제의 발전과 국민 생활여건 향상에 따라 지속적으로 증가되고 있으며 전력수요 증가에 대응하도록 전원설비가 증대되고 여기서 발전된 전력을 수요 지점까지 보내는 송·변전 설비가 이에 부응하여 계속 확충되고 있다. 전력계통에서 전력수요 증가로 전원설비가 증가되고 전력계통이 확충되면 계통 임피던스가 낮아져 고장전류가 증가하게 된다. 따라서 증대되는 고장전류를 안전하게 개폐하기 위해서는 차단기 차단내력을 크게 하거나 또는 고장전류를 기존의 차단기 차단내력 이하로 억제해야 한다. 또한 오늘날 사회문제로 심각하게 받아들여지고 있는 공해 및 환경 오염의 우려로 인하여 발전소 입지 선정이 점점 어렵게 되어 현재 운전중에 있는 발전소 부지나 또는 이미 확보되어 있는 발전소 입지에 대단위 전원단지가 형성될 전망이다. 이와 같이 전원이 주어진 한정된 지역에 밀집됨에 따라 전원 지역에서 수요 지역까지 또는 지역간 대전력을 수송하기 위하여 송·변전설비를 확충하게 된다. 이로써 전원 밀집지역과 여기에 인접한 계통 변전소 등가임피던스가 작아져 고장전류 증대가 심화되고 있는 실정이다.[1]

이와 같은 고장전류의 문제를 해결하기 위한 기존의 대책으로는 차단기의 교체, 직렬리액터의 설치, 고속차단기의 개발등이 있다. 그러나 차단기의 교체의 경우 차단기가 고가이거나 교체시 장시간이 요망되는 단점을 가지며, 직렬 리액터 또한 정상 운전시 전압강하가 발생하는 단점을 가진다.

이와 같은 단점을 가진 기존의 대책에 대한 대안으로 고온초전도 한류기가 있다. 고온초전도 한류기의 경우 제어장치 없이 자동적으로 사고전류를 제한하며, 정상시 임피던스에 의한 전압강하가 없으며, 사고후 2~3 msec 이내에 사고전류를 제한하며, 신속한 재투입이 가능하고, 수명이 반영구적이므로 전력시스템의 안정도, 신뢰성, 운용의 유연성, 전력품질 개선등에 많은 장점을 지니고 있다.[2]

그러나 고온초전도 저항형한류기 개발과 함께 계통연계 실험에는 막대한 양의 시간과 비용이 들게된다. 그러므로, 한류기 모델링을 통한 시뮬레이션으로 한류기의 제

통내 동작특성을 확인함으로써 인적, 물적 비용을 절약할 수 있다.

따라서, 본 논문에서는 전기적 과도현상 해석 프로그램인 PSCAD/EMTDC를 이용한 고온초전도 저항형한류기 시뮬레이션을 위한 컴포넌트 모델링방법을 제안하고 그에 대한 간단한 결과값을 제시하며, 3상 계통에서의 고온초전도 저항형한류기 동작 특성을 시뮬레이션 하고자 한다.

2. 고온초전도 저항형한류기

1911년 Heike Kamerlingh onnes에 의해 초전도 현상이 처음 발견된 이후 많은 발전을 이루었으며 현재는 고온초전도체를 이용한 상용화급 전력기기들의 개발이 진행되고 있다. 그중 특히 고온초전도 저항형한류기의 경우 구조와 원리가 간단하기 때문에 이전부터 많은 연구가 이루어져 왔다.[3]

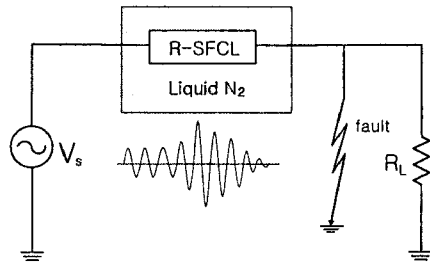


그림 1 고온초전도 저항형한류기 개념도

그림 1은 고온초전도 저항형한류기의 기본 개념을 나타낸 것이다. Vs는 전원이고 RL은 부하이다. 한류소자가 액화질소가 들어 있는 Cryostat 내에 있으며 고장전류 발생시 한류소자가 켜치되어 고임피던스가 발생하여 고장전류를 한류시켜 전력시스템을 보호하게 된다.

3. 고온초전도 저항형한류기 컴포넌트

그림 2는 PSCAD/EMTDC를 이용하여 모델링한 고온초전도 저항형한류기 컴포넌트이다. 그림 3에서와 같이 고온초전도 저항형한류기의 경우 한류소자가 임계전류이상의 과도한 전류가 흐를 때 생기는 열점(Hot spot)으로 인하여 초전도체의 온도가 상승하게되고, 열점이 점점 증가함으로써 고임피던스가 발생되어 초전도 상태에서 상전도 상태로 전이되는 켜치현상을 이용한다. 켜치는 전류와 온도에 의한 영향이 크기 때문에 한류기의 특성 방정식은 한류저항 R에 대한 온도 T와 전류 I의 방정식을 세움으로써 한류기 특성을 충분히 나타낼

수 있다. 이러한 특성을 이용하여 모델링한 고온초전도 저항형한류기 컴포넌트에서 외부입력파라미터는 온도 T와 전류 I이며, 저항 R이 출력이다.

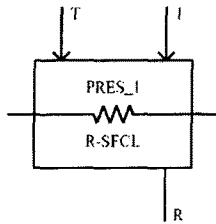


그림 2 고온초전도 저항형한류기 컴포넌트

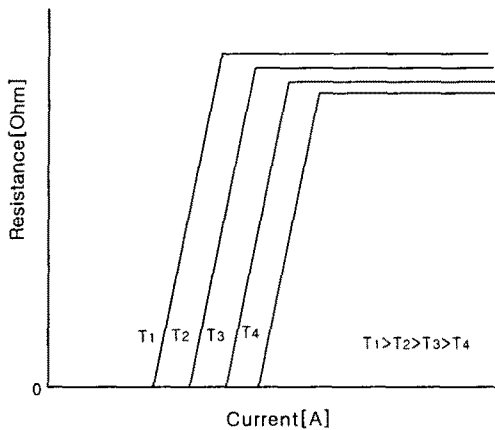


그림 3 고온초전도 저항형한류기의 동작특성곡선

CC	Critical Current	90	A
RT	Rated Temperature	100	K
?	PROCEED	CANCEL	

CT	Critical Temperature	90	K
RC	Rated Current	80	A
?	PROCEED	CANCEL	

QR	Quenched Resistance	100	Ohm
G	Gradient	10	Ohm/A
?	PROCEED	CANCEL	

그림 4 고온초전도 저항형한류기의 입력파라미터

그림 4는 고온초전도 저항형한류기의 입력파라미터 창이다. 파라미터는 임계전류(CC)와 임계온도(CT) 그리고 정격전류(RC)와 정격온도(RT), 그리고 퀘칭 후 상전도 상태일 때의 최대 저항치(QR)와 퀘칭시의 저항변화 기울기(G)로 나타내었다.

이와 같이 시뮬레이션을 하고자 하는 사용자의 입장에서 원하는 파라미터의 입력을 통해 다양하게 시뮬레이션이 가능하게 된다.

4. 고온초전도 저항형한류기 시뮬레이션

표 1. Simulation Condition

Source Voltage	22.9 kV
Fault Start Time	0.05 sec
Fault Duration	0.1 sec
Fault Resistance	10 Ω
Sampling Time	5 μs
Simulation Period	0.15 sec

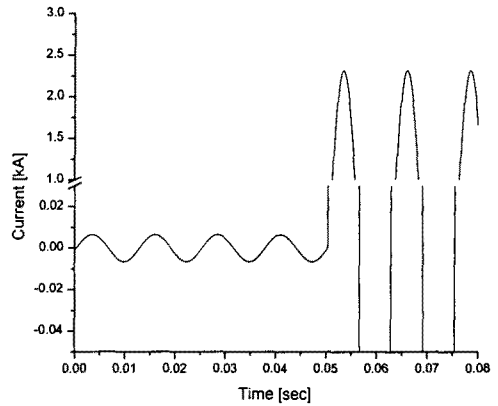


그림 5 고온초전도 저항형한류기가 없을 때의 전류파형

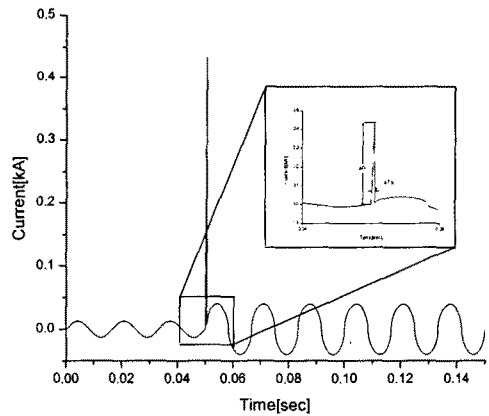


그림 6 고온초전도 저항형한류기가 있을 때 전류파형

표 1은 모델링한 고온초전도 저항형한류기를 테스트하기 위한 시뮬레이션에 이용한 입력 파라미터이다. 시뮬레이션 기간은 0.15(sec)이며 고장 발생 시간은 시뮬레이션 시작 후 0.05(sec)로 하였으며 고장지속 기간은 고장발생 후 0.1(sec)로 두었다.

그림 5는 고온초전도 저항형한류기가 없을 경우를 시뮬레이션한 결과이다. 시뮬레이션 시간은 0.15(sec)이며 고장발생시간은 0.05(sec)로 고장 발생이후 높은 고장전류가 흐르는 것을 볼 수 있다.

그림 6은 고온초전도 저항형한류기가 있을 때의 시뮬레이션 결과이다. 시뮬레이션 시간은 0.15(sec)이고 고장발생시간은 0.05(sec)로 고장발생이후 고장전류가 퀘칭되어 고장전류가 한류됨을 볼 수 있다.

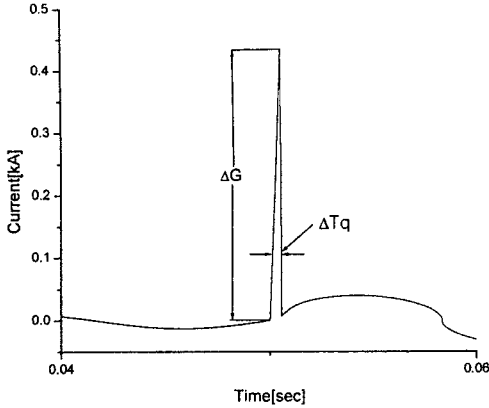


그림 7 확대한 켄치파형

그림 7은 그림 6에서 켄치된 부분을 확대한 파형으로써 켄치 시간(ΔTq) 및 저항의 기울기(ΔG)를 자유롭게 조절함으로써 고온초전도 저항형한류기의 켄치 특성을 다양하게 바꿀 수 있어 사용자가 원하는 켄치 시간 및 저항의 기울기로 시뮬레이션이 가능하다.

5. 고온초전도 저항형한류기 3상 계통 시뮬레이션

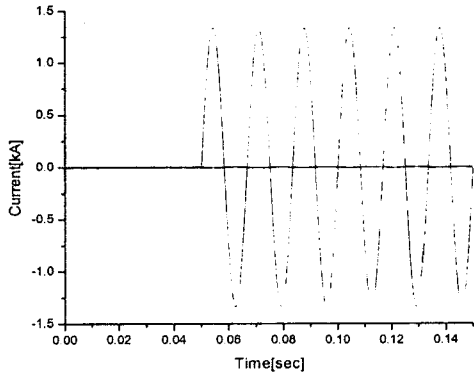


그림 8 한류기가 없을 때 3상계통 1선지락사고 전류파형

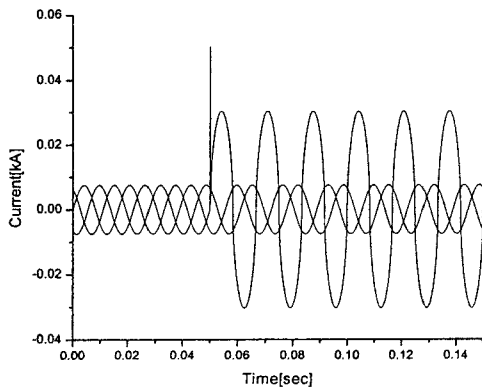


그림 9 한류기가 있을 때 3상계통 1선지락사고 전류파형

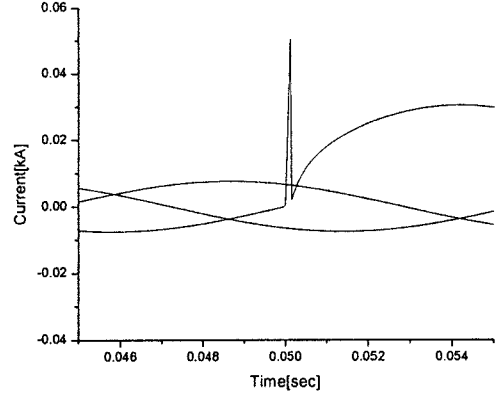


그림 10 3상계통 1선지락사고시 확대한 전류파형

그림 8과 그림 9는 고온초전도 저항형한류기의 3상계통의 1선지락사고시 시뮬레이션 결과이다. 그림 8은 고온초전도 저항형한류기가 없을 경우 3상계통에서의 1선지락사고 전류의 파형을 보여주고 있으며, 그림 9는 고온초전도 저항형한류기가 있을 경우 3상계통상에서의 1선지락사고 전류파형을 보여주고 있다. 그림 10은 그림 9에서 고온초전도 저항형한류기가 켄치된 부분을 확대한 그림으로 0.05[sec]에 1선지락사고 이후 0.001[sec] 이내에 한류됨을 시뮬레이션을 통하여 확인하였다.

6. 결 론

본 논문에서는 고온초전도 저항형한류기를 PSCAD/EMTDC를 이용하여 모델링 하였으며 한류기의 켄치특성과 전류제한 특성을 시뮬레이션을 통하여 확인하였다. 또한 모델링한 고온초전도 저항형한류기를 이용한 3상계통 시뮬레이션을 통하여 결과를 확인함으로써, 초전도한류기의 전력계통응용에 필요한 연구에 있어 본 시뮬레이션법을 통해 시간과 비용절감에 많은 도움이 될 것으로 기대된다.

향후 고온초전도 저항형한류기 컴포넌트의 특성방정식에 대한 보완이 필요할 것이며, 보다 실제 한류소자의 특성에 가까운 모델을 개발하고 있다.

본 연구는 과학기술부·한국과학재단 지정 창원대학교 공작기계기술연구센터의 일부지원에 의한 것입니다.

[참 고 문 헌]

- (1) 이강완, "전력계통 고장전류 문제와 초전도 한류기", 초전도와 저온공학, 3권 1호, p8~12, 2001년 1월.
- (2) 고태국, "초전도한류기관련기술", '96 서울국제종합전기기전, 제2회 전기신기술발표회, p75~105, 1996년 5월
- (3) 김해림, "크기가 다른 박막형 초전도 한류소자에서의 저항분포", 한국초전도저온공학회논문지, 2002년 2월, p281~284
- (4) "PSCAD/EMTDC Power System Simulation Software Manual", Manitoba HVDC Research Centre, 1996