

EMTDC를 이용한 고온초전도 저항형 한류기 모델링

이재득*, 박민원**, 유인근*
 창원대학교*, 차세대초전도응용기술개발사업단**

Modeling of HTS Resistive Superconducting Fault Current Limiter Using EMTDC

Jae-Deuk Lee*, Minwon Park**, In-Keun Yu*
 *Changwon National University, **CAST

Abstract - This study is the modeling of resistive type SFCLs. There was numerical modeling and simulation using EMTDC in the conventional modeling of SFCL. The numerical modeling was presented an analysis of numerical characteristic of SFCL. And the modeling using EMTDC was made up of the study for setting method of specific parameters of a SFCL. This paper proposes the model of resistive type superconducting fault current limiter using EMTDC(Electromagnetic transients for DC analysis program). The simulation schemes that can be applied to the utility network readily and cheaply under various conditions considering the sort of fault, the capacity of systems as well are strongly expected and emphasized among researchers.

1. 서 론

경제의 지속적인 발달과 인구의 증가로 인하여 전기에너지를 소비의 증가와 함께 전력시스템은 대용량화 되어가고 있다. 지속적인 전력설비의 증가에 따라 전력계통의 고장용량은 계속 증가하고 있는 추세이며, 고장용량의 증대에 따라 차단설비 또한 추가로 설치하여야 한다. 그러나 차단기 교체는 현실적으로 많은 문제를 가지고 있고, 고장전류를 억제하기 위한 연계선로나 모선분리방식은 전력계통의 신뢰성을 저하시키고 전력계통 운영상에 유연성을 저하시켜 전력품질 유지에도 나쁜 영향을 미친다. 이와 같이 많은 단점을 지니고 있는 차단설비들에 대한 대안으로 초전도한류기가 대두되고 있다. [1] 초전도한류기는 저항형, 유도형으로 나눌 수 있는데, 저항형 한류기의 경우 구조와 원리가 간단하기 때문에 전세계적으로 많은 연구 개발이 진행중에 있다. 고온초전도 저항형 한류기의 경우 초전도체에 전류가 임계전류이상 흐름 때 발생하는 퀘치현상을 이용함으로써 제어장치 없이 자동적으로 사고전류의 제한이 가능하며, 정상운전시 임피던스에 의한 전압강하가 없다. 또한 사고후 2~3 msec 이내에 사고전류를 제한하며, 신속한 재투입이 가능하고 수명이 반영구적이어서 전력시스템의 안정도, 신뢰성, 운용의 유연성, 전력품질 개선등에 많은 장점을 지니고 있다. [2]

그러나 고온초전도저항형 한류기 개발과 함께 계통연계 실험에는 막대한 양의 시간과 비용이 들게된다. 그러므로, 한류기 모델링을 통한 시뮬레이션으로 한류기의 계통내 동작특성을 확인함으로써 인적, 물적 비용을 절약할 수 있다.

따라서, 본 논문에서는 전기적 과도현상 해석 프로그램인 PSCAD/EMTDC를 이용한 고온초전도 한류기 시뮬레이션을 위한 컴포넌트 모델링방법을 설명하고 그에 대한 간단한 결과값을 제시한다.

2 고온초전도 저항형한류기

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

그림 1은 저항형 고온초전도 한류기의 기본 개념을 나타낸 것이다.

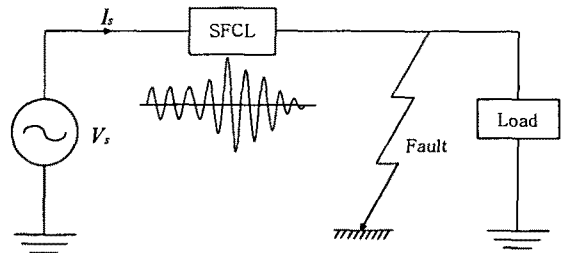


그림 1 고온초전도한류기 개념도

Vs는 전원전압이고 Is는 전류전류이다. 고온초전도저항형한류기는 고장발생전 정상운전중이고 고장발생시 한류소자가 퀘치되어, 고장전류를 한류시킴으로써 전체 시스템을 고장전류로부터 보호한다.

2.2 고온초전도 저항형한류기 컴포넌트

그림 2는 PSCAD/EMTDC를 이용하여 모델링한 고온초전도 저항형한류기 컴포넌트이다. 그림 4에서와 같이 고온초전도 저항형 한류기의 경우 한류소자가 임계전류이상의 과도한 전류가 흐를 때 생기는 열점으로 인하여 초전도체의 온도가 상승하여 열점이 점점 증가함으로써 고임피던스가 발생되어 초전도 상태에서 상전도 상태로 전이되는 퀘치현상을 이용한다. 퀘치는 전류와 온도에 의한 영향이 크기 때문에 한류기의 특성 방정식은 한류저항 R에 대한 온도 T와 전류 I의 방정식을 세움으로써 한류기 특성을 충분히 나타낼 수 있다. 고온초전도저항형 한류기의 외부입력파라미터로 온도 T와 전류 I이며, 저항 R이 출력이다.

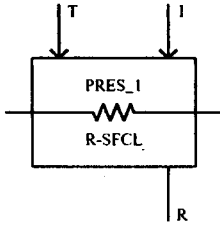


그림 2 모델링한 고온초전도저항형 한류기

3. 고온초전도 저항형한류기 시뮬레이션

표 1. Simulation Condition

Source Voltage	22.9 kV
Fault Start Time	0.15 sec
Fault Duration	0.2 sec
Fault Resistance	10 Ω
Sampling Time	5 μs
Simulation Period	0.5 s

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

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

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

그림 3 고온초전도한류기의 입력파라미터

그림 3은 고온초전도 저항형 한류기 모델의 입력파라미터이다. 파라미터는 임계전류(CC)와 임계온도(CT) 그리고 정격전류(RC)와 정격온도(RT), 그리고 켄치 후 상전도 상태일 때의 최대 저항치(QR)와 켄치시의 저항변화 기울기(G)로 나타내었다.

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

그림 4는 고온초전도 한류기의 동작특성곡선으로써 전류와 온도로서 나타내었다. 한류소자가 켄치 될 때 온도가 상승하면 저항이 높아지고 전류가 줄어들게 된다.

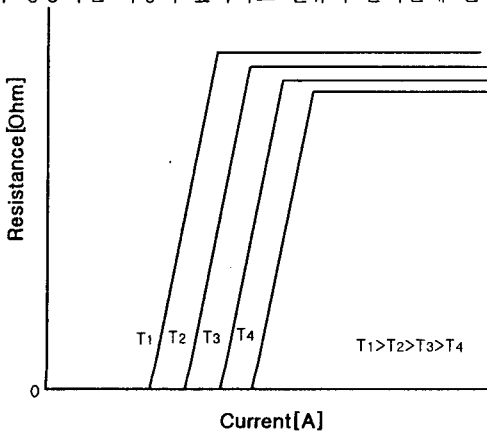


그림 4 고온초전도 한류기의 동작특성곡선

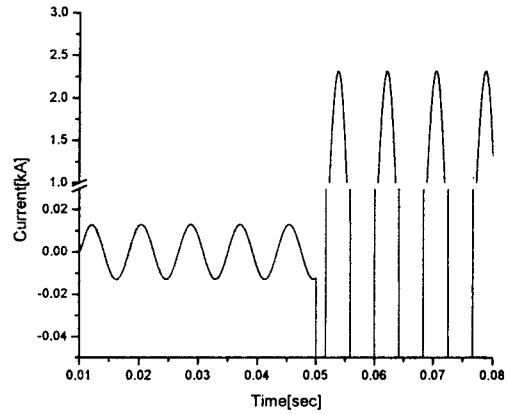


그림 5 고온초전도한류기가 없을 때의 전류파형

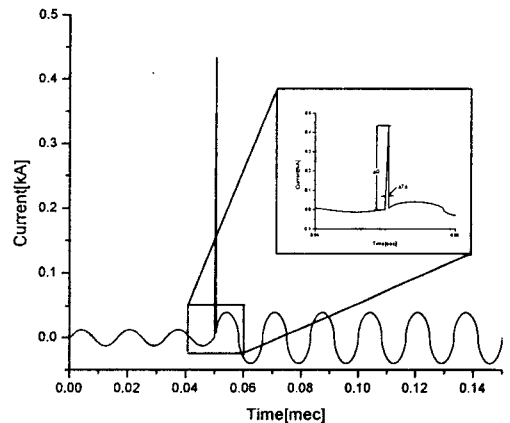


그림 6 고온초전도저항형한류기가 있을 때 전류파형

표 1은 고온초전도 저항형 한류기 시뮬레이션에 이용한 시뮬레이션 입력 파라미터이다. 시뮬레이션 기간은 0.5[sec]이며 고장 발생 시간은 시뮬레이션 시작후 0.15(sec)로 하였으며 고장지속 기간은 고장발생후 0.2 [sec]로 두었다.

그림 5는 고온초전도저항형한류기가 없을 경우를 시뮬레이션한 결과이다. 시뮬레이션 시간은 0.15(sec)이며 고장발생시간은 0.08(sec)로 고장 발생이후 높은 고장 전류가 흐르는 것을 볼 수 있다.

그림 6은 고온초전도저항형한류기가 있을 때의 시뮬레이션 결과이다. 시뮬레이션 시간은 0.15(sec)이고 고장 발생시간은 0.05(sec)로 고장발생이후 고장전류가 켄치 되어 고장전류가 한류됨을 볼 수 있다.

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

[참고문헌]

- [1] 이강완, "전력계통고장문제와 초전도한류기", 초전도와 저온공학, 3권 1호, 2001년 1월, p8~12.
- [2] 고태국, "고온초전도 한류기의 기술 개발 및 현황", 초전도와 저온공학, 2권 1호, 2000년 1월, p 36~40
- [3] 김혜림, "크기가 다른 박막형 초전도 한류소자에서의 저항 분포", 한국초전도저온공학회논문지, 2002년 2월, p281~284
- [4] P.Tixador, "Superconducting Current Limiters-Some Comparisons and Influential Parameters", IEEE Transactions on applied superconductivity, VOL.4, No.4, December 1994, p190~198
- [5] P. Tixador, "Current Limitation at 1080 A under 1100V with Bulk Bi-2223", IEEE Transactions on Applied Superconductivity, VOL.9, NO.2, June 1999, p664~667.

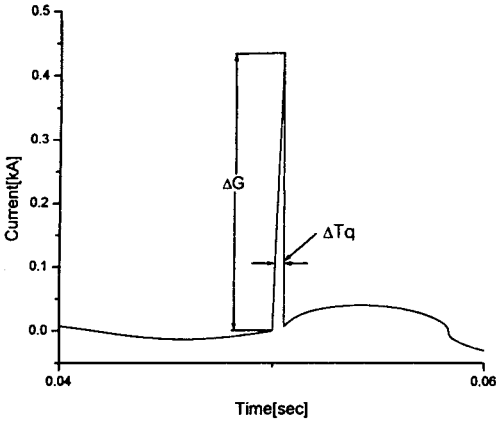


그림 7 확대한 켄치파형

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

3. 결 론

본 논문에서는 지금까지 고온초전도 저항형 한류기를 PSCAD/EMTDC를 이용하여 모델링 하였으며 한류기의 켄치특성과 전류제한 특성을 시뮬레이션을 통하여 확인 하였다. 고온초전도 한류기의 특성을 이용하여 직접 시뮬레이션을 행하여 결과를 눈으로 확인하였으며, 초전도한류기의 전력계통응용에 필요한 연구에 있어 본 시뮬레이션 법을 통해 시간과 비용절감에 많은 도움이 될 것으로 기대된다.

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