

고온초전도 선의 전력 응용을 위한 실시간 시뮬레이션 기법 개발

김재호, 박대진, 강진주, 조전욱*, 심기덕*, 박민원, 유인근
 창원대학교, 한국전기연구원*

Development of a real-time simulation method for the power application of the HTS tape

Jae-Ho Kim, Dae-Jin Park, Jin Ju Kang, Jeonwook Cho*, Ki-Deok Sim*, Minwon Park, In-Keun Yu
 Changwon National Univ, KERI*

Abstract : In this paper, the authors propose the RTDS (Real Time Digital Simulator) simulation method which puts a real HTS (High Temperature Superconducting) tape into the simulated voltage feedback system of HTS tape. To perform the RTDS based simulation, the voltage feedback system of HTS tape with hardware is designed and connected to the RTDS. This simulation method is the world first in order to obtain much better for installation of HTS power cable into a utility network.

Key Words : Bi-2223 Wire, HTS, Real Time Digital Simulator, RTDS

1. 서론

Kamerlingh Onnes에 의해 초전도현상이 발견된 이후 초전도의 응용을 위한 많은 연구가 이루어져 왔으며, 특히 손실이 없는 전력수송에 관한 관심과 함께 1961년 R. McFee에 의해 초전도케이블이 처음 제안 되었다. R. McFee의 제안 이후 1980년대 초까지 미국, 일본 등의 세계 각국에서 초전도 케이블에 대한 많은 연구개발이 진행 되었다[1][2].

초전도 전력케이블은 기존 케이블의 구리 도체 대신 고온 초전도체를 사용하며, 매우 낮은 온도에서 전기저항이 없어지는 초전도현상을 이용하여 저손실, 대용량 전력수송이 가능한 전력케이블로서 대도시의 전력공급 문제를 해결할 수 있는 환경 친화적 신 개념의 전력케이블이다. 또한 기존 전력케이블에 비해 초전도 전력케이블은 765kV, 345kV의 초 고압이 아닌 154kV 또는 22.9kV급 전압으로 대용량 송전이 가능하기 때문에 종래 변전소의 고압 송전을 위한 주변기기를 간략화 할 수 있으며, 송전 손실이 극히 작고 Compact한 케이블에 의해 부지 문제를 해결할 수 있다. 또한, 이러한 장점을 가지는 HTS 케이블은 대용량 부하가 밀집된 도심지 전력계통의 신규 설비에 적용시 경제적인 대체 수단이 될 수 있다[3].

최근 임계전류가 높고 기계적 특성이 크게 개선된 고온 초전도체가 개발됨에 따라 전력 응용을 위한 연구가 더욱 활발히 진행되고 있으며, 이와 함께 초전도 전력기기의 실 계통 투입을 위한 준비도 함께 선행되어야 한다.

고온초전도 전력기기는 정상 운전시 임계전류 이하로 전류가 흐르게 되지만, 계통사고 시에는 초전도 전력 케이블의 경우 정격전류의 수십배까지, 초전도 변압기의 경우 10배이상 매우 큰 과전류가 3~5 Cycle 동안 과도적으로 흐르게 된다[4]. 그러므로 실 계통 투입 전 정상상태와 사고 상태에서 전력계통 및 초전도 전력기기에 발생하는 현상을 정확히 예측 할 수 있어야 한다.

본 연구에서는 실시간 전력계통 해석 Simulator인 RTDS (Real-Time Digital Simulator)를 이용하여 실제 고온초전도선과 연계운전을 위한 실시간 시뮬레이션 알고리즘을 개발 하였다.

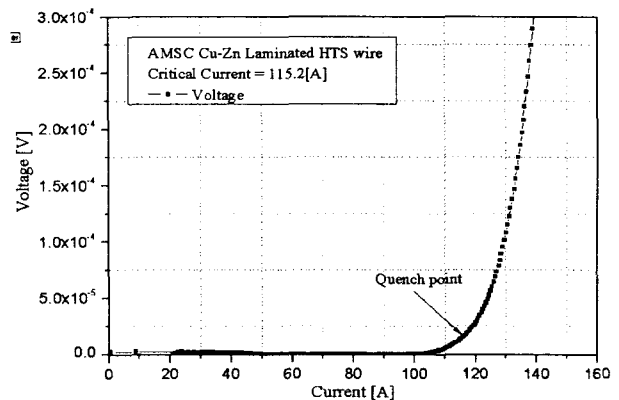


그림 1. HTS Tape의 임계전류 특성

2. 시뮬레이션

2.1 RTDS와 초전도 선의 연계

RTDS는 전력시스템의 전자기적 과도 현상을 모의하기 위한 실시간 Digital Simulator이다. RTDS를 사용하여 시스템의 제어 알고리즘이나 보호 장비 등의 페루프 시험을 실시할 수 있으며, 시스템 장비들의 동작 특성 등을 분석할 수 있다. RTDS는 실시간 계산이 가능한 고속의 프로세서들이 들어있는 하드웨어와 시뮬레이션을 모의하고 동작시키는 소프트웨어가 결합된 형태이다. RTDS가 다른 시뮬레이터와 다른 점은 실시간으로 계속해서 시뮬레이션을 수행할 수 있다는 점이다. 이것은 RTDS가 실제 계통에서의 조건을 더 사실적으로 나타낼 수 있게 해줄 수 있음을 의미하며, 여러 논문[5]을 통해서 응용기술이 개발되고 있다.

HTS tape는 그림 1에서와 같이 임계전류 이하에서 저항은 "0" 이다. 하지만, 임계전류 이상에서는 비선형적으로 증가하는 저항 특성을 나타낸다. 본 논문에서는 RTDS와 HTS tape의 연계 시뮬레이션을 위하여 같이 HTS tape의 특성방정식을 RTDS 내부에 구현 하였으며, PSCAD를 이용하여 계통을 구성한 후 HTS tape의 전압을 피드백 받아 RTDS에 입력하였다.

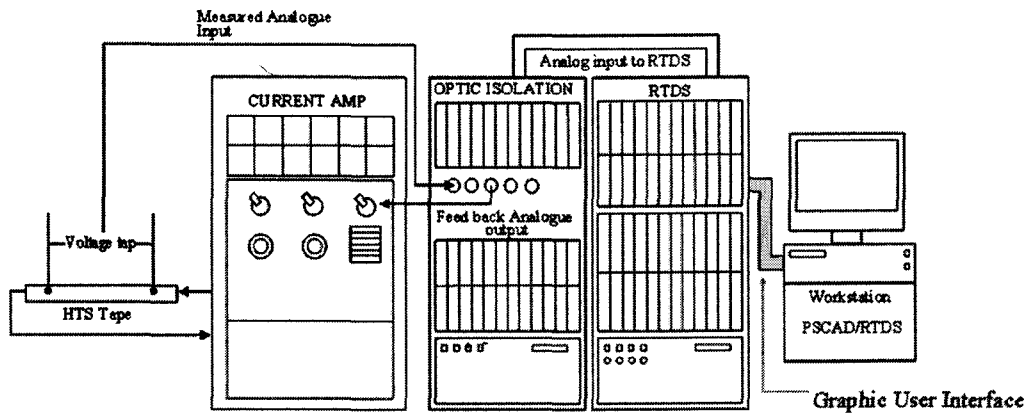


그림 2. 시뮬레이션 시스템의 구성

2.2 시스템 구성

그림 2는 시뮬레이션 시스템의 구성을 나타내고 있다. RTDS와 Current Amp, HTS tape의 연계운전 알고리즘 구현을 위해 PSCAD 상에서 HTS tape의 전압을 피드백 받아 Current Amp의 출력을 제어하는 선로 및 회로를 구성한 후 워크스테이션을 통해 RTDS와 연결되고 RTDS의 프로세서를 통해 실시간 시뮬레이션이 이루어지게 된다.

본 논문에서 초기 출력전류는 RTDS 내부 선로 임피던스 값에 의해 HTS tape에 통전되는 Current Amp의 출력전류가 결정되며, 켄치 현상이 발생하면 HTS tape의 전압을 피드백 받게 되고 선로의 임피던스 변화에 의해 출력 전류가 제어된다. Optic Isolation은 외부의 전기적 신호로부터 RTDS를 보호해 주는 역할을 하며, SCXI에서 입·출력되는 전기적인 신호를 모니터링 하였다.

3. 시뮬레이션 결과

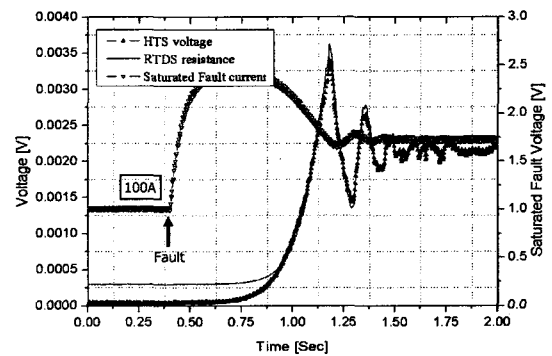
그림 3의 (a)는 정상상태에서 100A의 전류가 HTS tape에 통전되고 있으며, 선로에 사고가 발생하면 250A 까지 증가하게 되고, HTS tape에 켄치 발생으로 RTDS로 피드백되는 전압이 증가하게 된다. 또한, HTS tape의 특성 방정식에 의해 구현된 RTDS 내부 저항도 HTS tape의 특성과 같은 것을 확인 하였다. 그림 4의 (b)는 사고 발생시 RTDS 내부 선로의 전압 및 전류의 변화 그래프이다. 선로의 임피던스 변화에 의해 전류는 증가하고 전압은 감소하는 것을 확인 하였다.

4. 결론

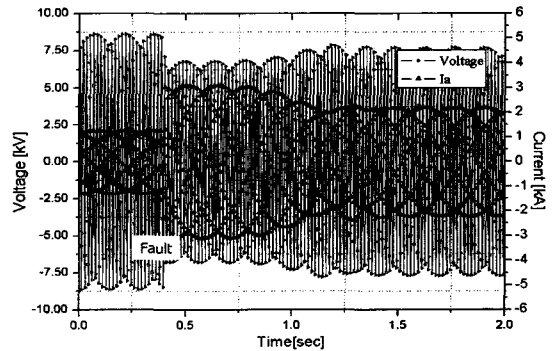
본 연구를 통해 RTDS 시뮬레이터와 HTS tape의 실시간 시뮬레이션 기법을 개발하였으며, 초전도 전력기기와 연계한 실 계통 적용을 위한 시뮬레이션이 가능하게 되었다.

감사의 글

본 연구는 21세기 프론티어 연구개발사업인 차세대 초전도응용기술개발 사업단의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.



(a)



(b)

그림 3. (a) Feedback voltage의 변화 (b) 사고 발생시 RTDS 내부 선로 전압 및 전류 변화

참고 문헌

- [1] Forsyth. E. B and Williams. J. A. "The Technical and : A Case study", Trans. on IEEE PAS-94, pp.161-1975
- [2] Forsyth. E. B. "The 60Hz performance of superconducting " Trans. on IEEE PAS-103, NO. 8. pp182-185, 1984
- [3] S. Honjo and Y. Takahashi, "Outline of Verification Tests", Cryogenic Eng. In Japan 36, pp242, 2001
- [4] 차귀수외, "고온 초전도 변압기 개발", 고온초전도 변압기 개발에 관한 최종 보고서, P167-185, 2001
- [5] Minwon. Park, "A Nover Real-Time Simulation Technique of photovoltaic Generation System Using RTDS", IEEE Trans. on Energy Conversion. VOL 19, No. 1, March 2004