2002년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집 2002.7.10-12

다이오드를 이용한 마그네트 보호회로의 제작과 실험

최석진, 심기덕*, 김형진, 진홍범*, 배준한, 권영길, 이봉근
주)덕성, 전기연구원*

The fabrication and experiment of magnet protection circuit using diode

S.J. Choi, K.D. Sim*, H.J. Kim, H.B. Jin*, J.H. Bae, Y.K. Kwon, B.K. Lee
Duksung Co. Ltd, Korea ElectroTechnology Research Institute*.

Abstract - 마그네트 보호회로는 초전도 마그네트 제작에 반드시 필요한 부분이다. 초전도 마그네트에 퀜치가 발생하였을 때, 보호회로는 빠른 사고전류의 소비를 유도하여 마그네트를 보호할 뿐 아니라, HTC current lead를 보호하는 역할을 하게 된다. 여러 가지 타입의 보호회로 중 다이오드를 이용한 보호회로를 제작하기 위하여, 다이오드에 대한 예비실험을 수행하였다. 실험값을 근거로 결정된 다이오드를 이용하여 보호회로를 제작하고 이를 마그네트에 부착하여 실험하였으며, 만족할만한 결과를 얻게 되었다.

1. 서 론

시대가 지남에 따라 여러 분야에서 고자장 마그네트의 필요성이 커지게 되었다. 상전도 마그네트로 유도할 수 있는 자장에 한계가 드러남에 따라 초전도 마그네트를 이용한 많은 응용이 이루어지게 되었다. 그러나, 초전도 마그네트의 특성 때문에, 냉각기술 보완 등의 여러 가지 해결해야 할 부분이 남아 있다. 그 중에서 마그네트 보호회로는 초전도 마그네트에 필수적으로 필요한 부분이다. 초전도 상태에서 상전도 상태로 되었을 때 나타나는 퀜치 현상이 초전도 마그네트에 나타났을 때, 보호회로는 좀 더 빠르게 사고전류가 소비되도록 함으로써 마그네트에 손상을 주지 않게 된다. 여러 보호회로 중 본 논문에서는 일반적으로 가장 많이 쓰이는 다이오드를 이용한 보호회로를 제작하고 실험하였다. 또한, 여기에서 사용되는 다이오드는 극저온에서 동작하기 때문에, 극저온에서의 예비실험을 통하여 다이오드의 사용가능 여부와 다이오드 사양을 결정하였다.

2. 본 론

2.1 다이오드 저온 특성

2.1.1 다이오드의 사양

마그네트 보호회로에 사용되는 다이오드에 흐르는 전류와 전압을 고려하여 다음과 같은 다섯 종류의 전력 다이오드를 결정하였다.

표 1 전력 다이오드의 사양

	모델명	사양
1	300U40	1000V/300A
2	D61X-300	1200V/300A
3	SW12PHP400	1000V/300A
4	ZP300A12	1200V/300A
5	D00-450R	1500V/500A

2.1.2 다이오드의 저온 실험

표 1의 다섯 가지 다이오드를 가지고 실험을 통하여 저온에서의 동작여부를 판단하였다. 실험은 상온과 질소온도(77K) 그리고 헬륨온도(4K)에서 하였다.

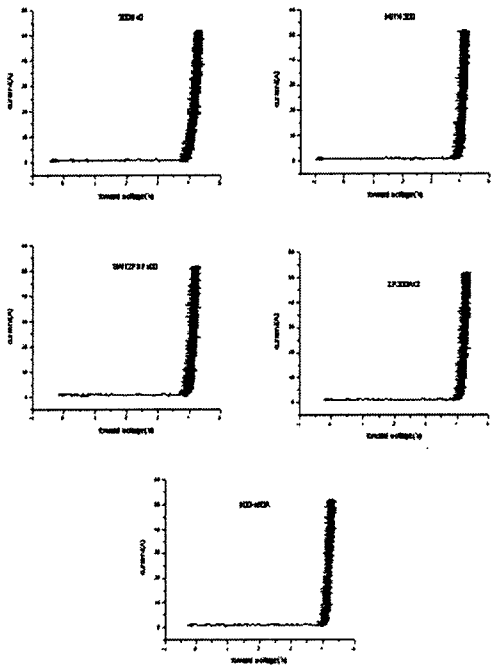

그림 1 77K에서의 다이오드 순방향 전압

사용한 다이오드는 상온용 전력 다이오드이지만 극저온에서도 동작하는 것을 실험결과를 통하여 볼 수 있다. 상온에서 모든 다이오드는 0.7V의 순방향전압을 가지고 있었으나, 77K의 온도에서는 모든 다이오드의 순방향 전압이 4V~5V를 나타내었다. 그림 1은 77K에서의 다이오드 순방향 전압이다. 그리고 4K의 온도에서는 7V~22V의 순방향 전압을 나타내었다. 저온으로 내려갈수록 다이오드의 순방향 전압이 높아짐을 알 수 있다. 그림 2는 4K에서의 다이오드 순방향 전압이다. 마그네트 보호회로는 마그네트와 같이 저온용기에 들어간다. 즉, 마그네트 보호회로는 4K의 환경에서 동작하게 된다. 실험에 사용된 모든 다이오드가 저온에서의 동작에 문제가 없었고, 실험 결과를 토대로 마그네트 보호회로에 적합한 다이오드를 결정하였다.

2.2 마그네트 보호회로

2.2.1 마그네트 보호회로의 동작원리

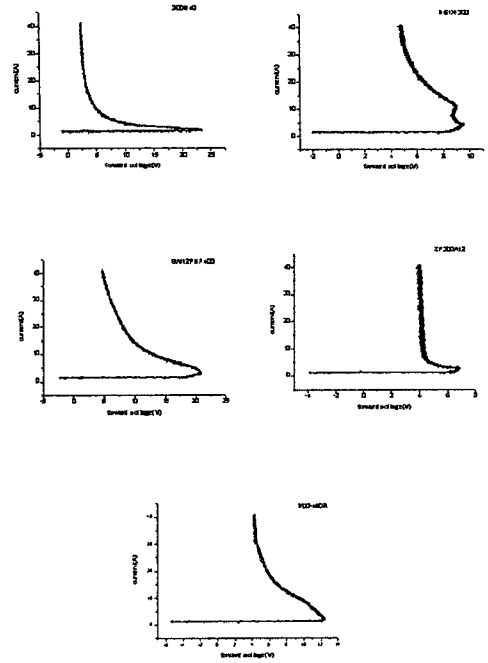

그림 2 4K에서의 다이오드 순방향 전압

마그네트 보호회로는 그림 3과 같이 연결된다. 정상상태에서는 역방향으로 전압이 걸리기 때문에 다이오드에는 전류가 흐르지 않는다. 그러나 퀜치가 발생하게 되면 초전도 마그네트에 전압이 생기게 된다. 마그네트에 발생하는 전압이 다이오드 순방향 전압보다 낮으면 다이오

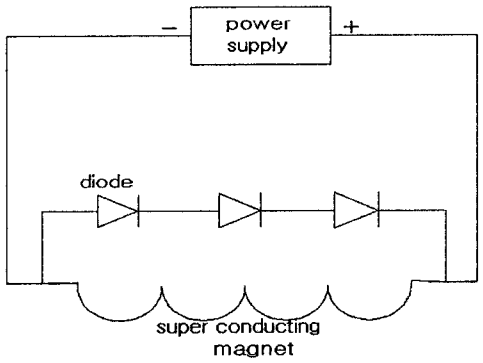

그림 3 마그네트 보호회로

드에 전류가 흐르지 않지만, 마그네트에 발생하는 전압이 다이오드 순방향 전압보다 높게 되면 전류는 다이오드에 흐르게 된다. 다이오드는 사고 전류의 빠른 감소를 일으킨다.
여러 가지 마그네트 보호회로 중 다이오드를 사용한 이 마그네트 보호회로의 장점은 순간적인 사고 전류 감소이다. 그러나 마그네트에서 발생하는 전압이 낮은 경우에는 마그네트 보호회로가 소용없게 되는 단점이 있다. 순방향 전압이 낮은 다이오드를 사용하면 이런 단점을 해결할 수 있지만, 여자시 발생하는 전압 때문에 다이오드가 도통될 수도 있으므로 가장 적합한 다이오드를 선정해야 한다.

2.2.2 마그네트 보호회로 제작과 실험

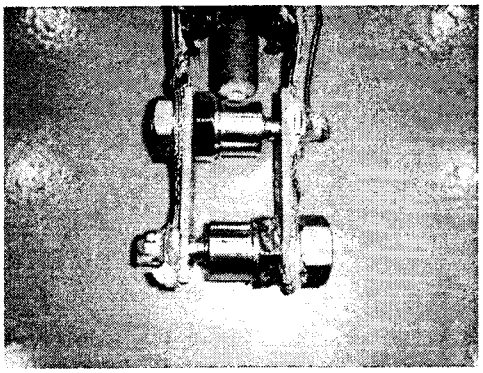

그림 4 다이오드(ZP300A12)

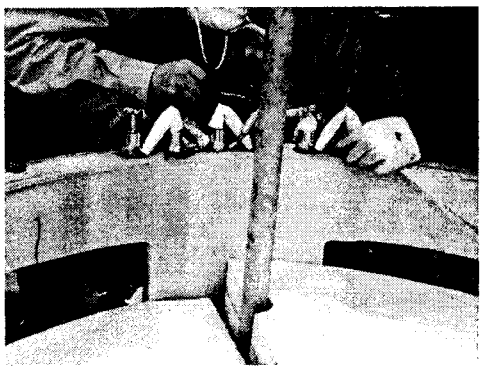

그림 5 마그네트에 부착된 다이오드

마그네트 보호회로를 제작하여 마그네트에 설치하고 실험하였다. 마그네트의 인덕턴스는 10H이며, 여자시 펌핑은 0.3 A/s, 운전전류는 220A로 하였다. 여자시 발생하는 전압은 Ldt/di로 볼 때 3V이고, 25V가 넘어가면 마그네트에 퀜치가 발생했다고 판단하였다. 여러번의 실험을 통하여 검증되었지만, 극저온(4K)에서 순방향 전압이 낮게 나타날 때를 대비하기 위하여 다이오드 3개를 연결하였다. 다이오드 3개를 마그네트에 병렬로 연

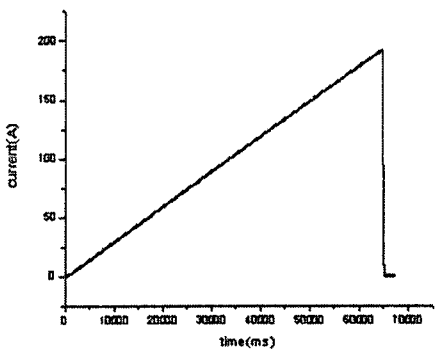

그림 6 마그네트 실험결과

결할 때 퀜치 판정 전압을 25V로 하였으므로, 다이오드 각각의 순방향 전압은 1V~8.3V에서 결정하여야 한다. 그림 1의 실험결과를 토대로 다이오드 순방향 전압이 1V~8.3V인 다이오드 중에서 순방향 전압이 7V인 ZP300A12를 결정하였다. 그림 4는 이렇게 결정된 다이오드 ZP300A12이다. 결정된 다이오드 3개를 직렬로 연결하고, 그렇게 연결된 다이오드를 마그네트에 병렬로 연결하여 그림 2와 같은 마그네트 보호회로를 구성하였다. 그림 5는 마그네트에 부착된 마그네트 보호회로의 모습이다.
전체 시스템을 구성한 후 실험을 하였다. 실험결과는 그림 6과 같다.
처음 여자시에는 전류가 일정하게 올라가다가 퀜치가 발생한 후 사고전류가 빠르게 감소하는 것을 볼 수 있다. 마그네트에 퀜치가 발생하였을 때, 사고전류는 마그네트 보호회로로 흐르면서 빠른 감소가 일어나고 마그네트의 손상을 막게 된다.

3. 결 론

다이오드의 저온에서의 동작특성을 알아보기 위하여 극저온에서 실험을 하였다. 저온으로 갈수록 순방향 전압이 높아지지만, 다이오드의 동작에는 문제가 없었다. 저온으로 내려갈수록 다이오드의 순방향전압은 높아졌고, 4K에서 각 다이오드는 7V~22V의 매우 높은 순방향 전압이 나타났다. 다이오드 실험을 통해 마그네트에 적합한 다이오드를 정하였으며, 이렇게 정해진 다이오드를 이용하여 마그네트 보호회로를 제작하고 실험하였다. 마그네트 보호회로를 부착함으로써 사고전류가 빠르게 감소하는 것을 볼 수 있었으며, 실험을 통하여 마그네트 보호회로의 검증을 할 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부의 부품소재기술개발사업에서 지원하였습니다. 이에 감사드립니다.

[참 고 문 헌]

[1] Yukikazu Iwasa "Case Studies in Superconducting Magnets", Plenum press, 1994
[2] Martin N. Wilson "Superconducing Magnets", Clarendon press, 1994