

DSP를 이용한 위상제어기

오봉환¹⁾, 이사영, 홍일선, 김홍철, 김원철, 전지용*
 명지전문대학, *대전대학

Phase Controller Using Digital Signal Processor

B.H.Oh, S.Y.Lee, I.S.Hong, H.C.Kim, W.C.Kim, J.Y.Chun*
 MyongJi College, *DaeCheon College

Abstract - Phase controller is made and tested to estimate the characteristics of superconductor. Phase controller using the DSP2104 can determine the closing phase angle and period of transport current increased by shorting by-passed circuit. In this paper, the experimental results are described.

1. 서 론

현재의 전력계통은 증가하는 전력수용에 대응하기 위해 확충/보강을 함으로 인해 규모가 커지고 복잡하게 운용되고 있다. 전력계통의 운용은 신뢰성 향상의 관점에서 규모가 커지는 것이 좋으나, 이와 함께 단락전류가 커지게 되는 문제점을 갖고 있다. 이러한 단락사고에 대비해서 차단기를 이용하고 있으나, 현재의 단락전류는 차단기의 한계용량에 접근하고 있거나 이미 초과하고 있는 실정이다. 또한 차단기는 사고전류를 차단하는 데는 최소 4주기 이상의 시간이 필요하며, 이 기간동안 계통의 기기에서는 사고전류를 감당할 수 있어야 한다. 한편, 사고전류를 차단한 후부터 사고의 복귀까지 계통은 정전과 같은 또 다른 사고를 야기시킨다. 현재와 같은 정보화 시대에 있어서 정전과 같은 사고는 한순간 개개인의 생활뿐만 아니라 한 지역의 사회 전반에 걸친 마비와 같은 중대한 문제를 초래하게 될 위험성이 있다. 이로인해 사고시 과전류를 제한할 수 있는 전류제한기의 개발이 요구되고 있다.

전류제한기에 요구되는 특성은 정상시에는 임피던스가 작아야하며, 계통의 사고시에는 확실하며 빠르게 동작하여야 한다. 이러한 특성을 만족하는 장치로 초전도 전류제한기를 들 수 있다. 초전도 전류제한기는, 초전도상태에서는 초전도체에 전류가 흐르고 있다 하더라도 저항이 영이지만 어느 일정 전류(임계전류)를 넘어서면 초전도상태에서 상전도상태로 천이(퀵치)하여 큰 저항값을 갖아 사고전류를 제한하고, 사고 제거후에는 다시 초전도상태로 복귀하여 정상적으로 동작하는 초전도체의 특성을 이용하는 것이다. 이 초전도 전류제한기는 기존의 차단기나 사고전류제한기에 비해 반응속도가 매우 빨라 사고 발생후 한주기 이내에 사고전류를 억제할 수 있으며, 정전과 같은 사고도 일으키지 않는 등의 큰 장점을 갖고 있다. 이러한 이유로 로인해 1983년 프랑스의 Alsthom에서 저손실의 교류용 초전도선재의 개발과 1986년 고온 초전도체의 발견이후, 초전도 전류제한기에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다⁽¹⁾⁻⁽⁴⁾.

그러나 초전도체를 전류제한기에 응용할 경우 대두되는 문제로 퀵치후에 발생한 큰 저항에 의한 과도한 발열로 인해 초전도체가 소손될 위험성이 있다는 것이다⁽⁵⁾. 이 소손을 방지하기 위해서는 초전도체의 전류 및 열에 대한 특성을 정확히 파악할 필요가 있다. 즉 임계전류 이상의 일정 크기의 과전류가 일정 주기 동안 흘러도 초전도체가 소손하지 않고, 사고 제거후에는 초전도상태로 복귀하여 정상적으로 동작하는지를 평가하여야 한다. 또

한 단락전류는 사고시의 전압 위상에 따라서도 크기가 다를 수 있다. 그러므로 초전도체의 평가시에는 과전류가 흐르기 시작하는 위상에 대해서도 고려하여야 한다.

본 논문에서는 초전도체의 과전류에 대한 특성을 평가를 하기 위한 위상제어기에 대하여 기술한다. 위상제어기는 DSP를 이용하여 투입 위상을 0° ~ 360° 까지 1° 간격으로 어느 각도에서도 자유로이 설정할 수 있도록 하였으며, 과전류의 통전기간을 최소 1/2주기에서 최대 499주기까지 지속할 수 있도록 하였다.

2. DSP를 이용한 위상제어기

과전류가 흐르기 시작하는 위상 및 기간을 자유로이 설정할 수 있는 위상제어기의 제어기 블록도를 그림 1에 표시한다.

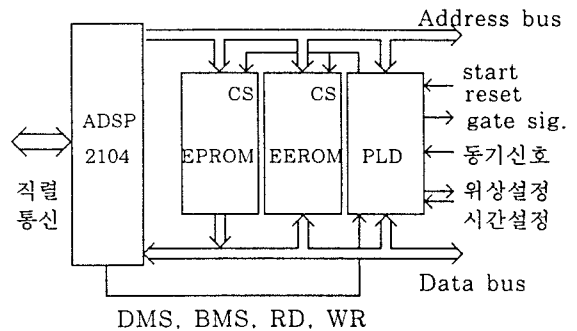


그림 1. 제어기의 블록도

위상제어기의 제어기로는 ADSP2104를 사용하였다. 프로세서의 하드웨어는 그림 1과 같은 메모리와 I/O를 갖게하고 프로세서의 부트기능을 사용하여 하드웨어를 간략화하며 퍼스널컴퓨터와 직렬통신을 하도록 하였다. 이 통신을 이용하여 개발한 프로그램을 EEROM에 저장하여 프로그램의 개발과 수정이 용이하도록 하였다. EPROM에는 퍼스널컴퓨터와의 통신프로그램을 저장하고, 이의 기능으로 개발한 또는 수정한 프로그램을 EEROM으로 다운로드딩 시킨다. 다운로드딩 또는 통신을 하지 않을 경우에는 EEROM에 있는 프로그램을 재부팅하도록 하여 제어기를 구동하도록 하였다. 또한 제어기는 동기신호와 게이트 출력 및 스위치 입력을 위한 디지털 I/O를 갖고 있으며, 이들 입출력을 위한 인터페이스를 고려하여 PLD를 사용하였다. 하드웨어의 어드레스 배분은 PLD의 논리를 사용하여 메모리 및 주변장치를 배치하였다.

하드웨어에 위상제어기로의 기능을 갖도록 하기 위해서는 교류전원의 동기신호에 관한 정보를 프로세서가 알도록 연결하여야 한다. 이를 위해 교류전원의 전압파형을 정형(zero crossing)하여 동기신호를 발생하도록 하

었다. 또한 다이리스터에 가해주어야 할 게이트펄스는 측정이 용이하여야 하며, 측정기의 사용시에 감전 및 소손 등에 주의하여야 한다.

3. 위상제어 실험

초전도체를 전류제한기에 응용할 경우, 켄치 후에 발생한 큰 저항에 의한 과다한 발열로 인해 초전도체가 소손될 위험성이 있다는 것이다⁽⁵⁾. 이 소손을 방지하기 위해서는 초전도체의 전류 및 열에 대한 특성을 정확히 파악할 필요가 있다. 즉 임계전류 이상의 일정 크기의 과전류가 일정 주기 동안 흘러도 초전도체가 소손하지 않고, 사고 제거후에는 초전도상태로 복귀하여 정상적으로 동작하는지를 평가하여야 한다. 또한 단락전류는 사고시의 전압 위상에 따라서도 크기가 다를 수 있다. 그러므로 초전도체의 평가시에는 과전류가 흐르기 시작하는 위상에 대해서도 고려하여야 한다. 이와 같은 상황을 모의하기 위한 위상제어 실험도를 그림 2에 표시한다.

위상제어기의 다이리스터는 200A_{peak}의 용량을 갖는 것을 이용하였다.

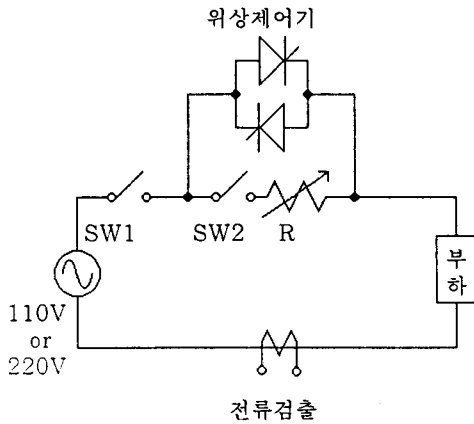


그림 2. 위상제어 실험도

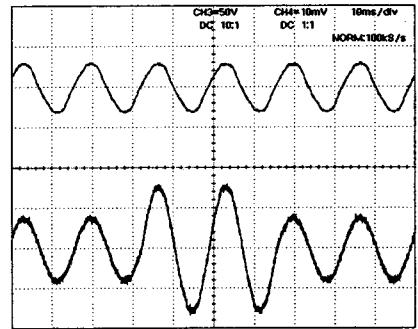
그림 2에서 부하는 초전도체를 모의한 것으로, 초전도체에 2가지 방법으로 전류를 흘릴 수 있다. 하나는 위상제어기가 OFF 상태에서, 스위치 SW1 및 SW2를 모두 ON으로 한 후 가변저항 R를 조절하여 초전도체에 임계전류 이하의 전류가 흐르게 한다. 이 상태에서 위상제어기를 ON하여 가변저항 R를 단락시키면, 초전도체에는 설정한 위상에서 일정한 시간만큼 과전류가 흐르게 되어 초전도체에 켄치가 발생한다. 과전류가 흐르고 나면 위상제어기는 OFF 상태로 되며, 다시 가변저항 R에 의한 전류가 흐르게 된다. 이러한 방법으로 초전도체에 과전류가 흐르게 하면, 초전도체의 켄치 전후에 있어서의 특성을 평가할 수 있다. 즉 켄치전에 흐르는 전류(예를 들어: 부하전류)의 크기가 초전도체의 켄치 전류치에 미치는 영향, 과전류가 흐르기 시작하는 위상이 켄치 전류치에 미치는 영향, 켄치 후에 과전류가 흐르는 시간에 의한 초전도체의 열적 영향 및 과전류의 크기에 의한 켄치 후에 초전도상태로 복귀하는 시간 등을 평가할 수 있다.

다음의 한가지 방법은, SW1은 ON, SW2는 OFF 상태에서, 즉 위상제어기와 초전도체가 직렬로 연결된 상태에서, 위상제어기를 ON하면 설정한 위상에서 일정한 시간만큼 과전류가 흐르고 회로는 개방된다. 이러한 방법으로 초전도체에 과전류가 흐르게 하면, 켄치 전에 흐르는 전류가 없는 상태에서, 과전류가 흐르기 시작하는 위상, 크기 및 시간 등에 대한 초전도체의 특성을 파악할 수 있다.

이상과 같은 방법으로 초전도체(부하)에 전류를 흘렸을 때의 실험파형을 그림 3 ~ 그림 10까지 표시한다.

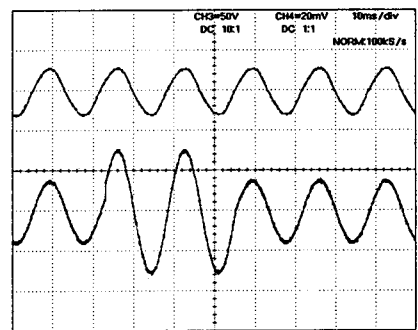
그림 3 ~ 그림 6까지는 그림 2의 실험회로에서 SW1 및 SW2를 모두 ON으로 한 후 가변저항 R를 조절하여 초전도체(부하)에 임계전류 이하의 전류가 흐르고 있는 상태에서 위상제어기를 ON하여 임계전류 이상의 과전류를 흘려 초전도체가 상전도 상태에서 초전도상태로 천이하는 과정을 모의하기 위한 실험파형이다. 위상 투입각은 0°, 30°, 60°, 90° 이고, 과전류가 흐르는 기간은 2주기 일 때이다.

그림 7 ~ 그림 10까지는 그림 2의 실험회로에서 SW1만 ON으로 하고, SW2는 OFF 즉 위상제어기를 초전도체에 직렬로 접속하여, 처음부터 임계전류 이상의 전류를 흘리는 방법이다. 위상 투입각은 0°, 30°, 60°, 90° 이고, 과전류가 흐르는 기간은 2주기 일 때이다.



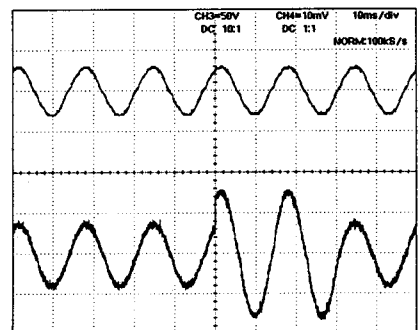
상 : 전압(50V/div) 하 : 전류(2A/div)

그림 3. 위상 투입각 0° 일때의 전압-전류 파형



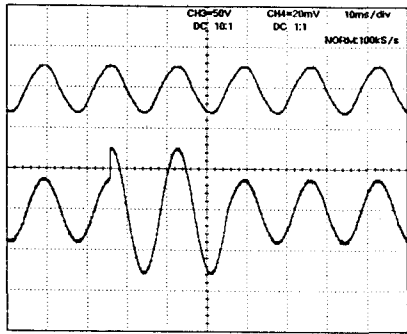
상 : 전압(50V/div) 하 : 전류(2A/div)

그림 4. 위상 투입각 30° 일때의 전압-전류 파형



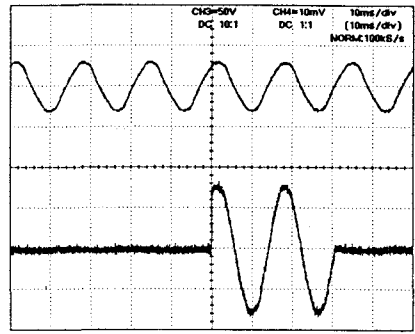
상 : 전압(50V/div) 하 : 전류(2A/div)

그림 5. 위상 투입각 60° 일때의 전압-전류 파형



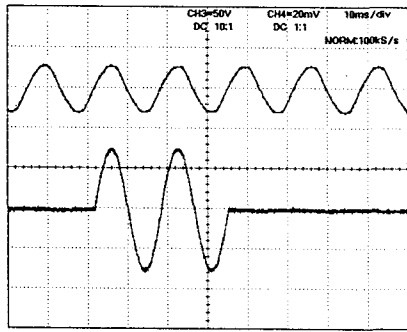
상 : 전압(50V/div) 하 : 전류(2A/div)

그림 6. 위상 투입각 90° 일때의 전압-전류 파형



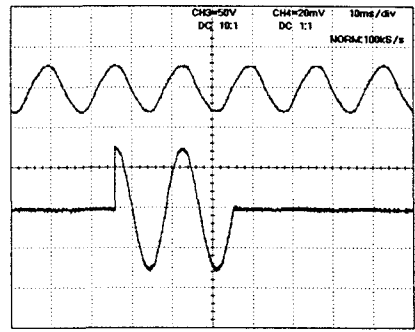
상 : 전압(50V/div) 하 : 전류(2A/div)

그림 9. 위상 투입각 60° 일때의 전압-전류 파형



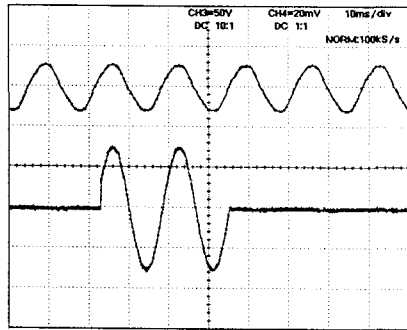
상 : 전압(50V/div) 하 : 전류(2A/div)

그림 7. 위상 투입각 0° 일때의 전압-전류 파형



상 : 전압(50V/div) 하 : 전류(2A/div)

그림 10. 위상 투입각 90° 일때의 전압-전류 파형



상 : 전압(50V/div) 하 : 전류(2A/div)

그림 8. 위상 투입각 30° 일때의 전압-전류 파형

[참 고 문 헌]

- [1] P. Dubots, A. Fevrier, J.C. Renard & J.P. Taverbrier : "NbTi Wires with Ultra-fine Filaments for 50-60Hz Use : Influence of the Filament Diameter upon Losses", IEEE Trans., MAG-21, pp.177-180, 1985
- [2] Y. Tang, Y. Yokomizu, N. Hayakawa, T. Matsumura, H. Okubo & Y. Kito : "Current limiting level-time characteristic of a superconducting fault current limiter", Cryogenics, Vol.35, No.7, pp.441-446, 1995
- [3] 松村年郎, 内井敏之, 横水康伸 : "高温超伝導體を用いた磁束拘束型限流器の提案", 일본전기학회논문지 B, Vol.117, No.6, pp.851-856, 1997
- [4] 주민석, 임도현, 추 용, 고태국 : "자기 결합형 고온 초전도 한류기의 제작 및 특성실험", 대한전기학회 논문지, Vol.44, No.12, pp.1580-1584, 1995
- [5] 吳鳳煥, 石川和明, 早川直樹, 大久保仁, 鬼頭幸生, 山本雅教 : "超電導變壓器卷線のクエンチ後の加熱による金屬組成變質", 일본전기학회논문지 B, Vol.112, No.3, pp.252-258, 1992

4. 결 론

초전도체의 과전류에 대한 특성을 평가하기 위한 위상 제어기를 제작하여, 위상제어 실험을 행한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

- (1) 위상은 0° ~ 360° 까지 1° 간격으로 설정 값대로 투입이 되었다.
- (2) 과전류의 지속기간도 1/2주기에서부터 499주기까지 설정 값대로 지속됨을 확인하였다.