

초전도 전력 시스템의 안정적 전압·전류 제어를 위한 고찰

김동준, 이양주, 이창열, 이승제,
(주)프리콤 시스템

The Investigation for the stable control of voltage and current in a superconductor power systems

Dong-joon Kim
Freecom System Co, LTD

eastnent@hanmail.net

Abstrac - In superconductor power systems, a quench detector can misrecognize oscillation about currnet or voltage control as a quench. So, for the correct detection of a quench, it seems need to guarantee a smooth control of current or voltage. In this paper, we have studied a control function and control parameter for smooth control of current or voltage.

나타낼 수 있다. 이 회로도에서 인덕터는 초전도 마그넷을 나타내고 전압원은 가변 직류 전압이다. 이 시스템에서는 가변전압을 조절하여 전류를 제어하는 것으로 가정하였다. 이 모델을 바탕으로 이상적인 전압·전류 제어는 그림 2와 같은 시그모이드[2] 형태의 곡선으로 나타내어질 수 있다. 여기서 최고 전압치는 15V, 목표로 하는 최고 전류는 300A, 저항은 50mΩ, 인덕턴스는 1H로 가정하였다.

1. 서 론

초전도를 이용한 전력 시스템에서는 켄치[1]를 감지하기 위하여 전류나 전압의 급격한 변화를 살피게 된다. 그러나 전류·전압을 제어하는 과정에서 발생하게 되는 오실레이션은 켄치보호 시스템에서 볼 때 켄치에 의한 것으로 오인되기 쉽다. 따라서 급격한 변화가 일어나지 않는 안정적인 전류·전압 제어가 이루어지기 위해서는 전류·전압 변환곡선의 전구간에서의 부드러움이 보장되어야 한다. 본 논문에서는 이러한 안정적 전류·전압 제어를 위한 제어함수 및 제어 파라미터에 대해 고찰한다.

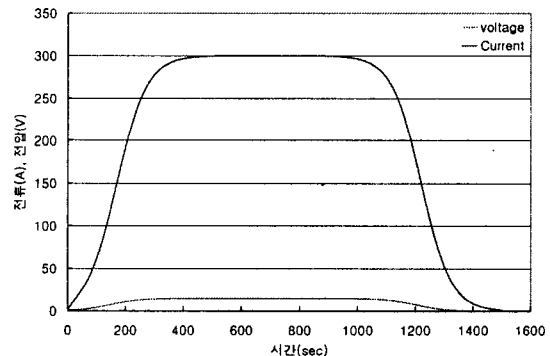


Fig. 2. The Ideal Curve for stable control

2. 본 론

위의 모델에서 전압과 전류의 관계식은 다음과 같다.

2.1 초전도 시스템의 전류·전압 모델

$$V = Ri + L \frac{di}{dt} \quad (\text{식 1})$$

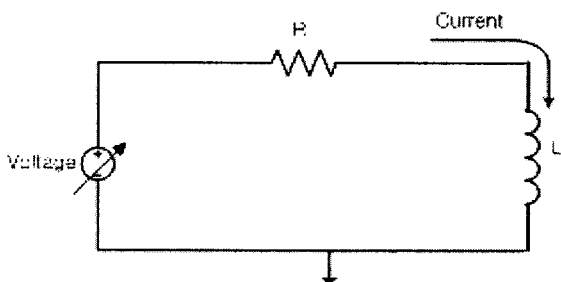


Fig. 1. The model for superconductor system

2.2 시그모이드 함수의 분석

그림 2에서 안정적 전류 제어를 위한 입력 전압의 형태는 다음과 같은 시그모이드 함수의 합으로 나타낼 수 있다.

$$V(t) = \frac{A}{1 + \lambda_1 \text{EXP}(-\alpha(t - a1))} + \frac{A}{1 + \lambda_2 \text{EXP}(-\beta(t - a2))} \quad (\text{식 2})$$

초전도 전력 시스템은 그림 1과 같이 간략하게

시그모이드 함수의 형태를 결정하는 파라미터 들은 A , λ , α , β , a 등이다.

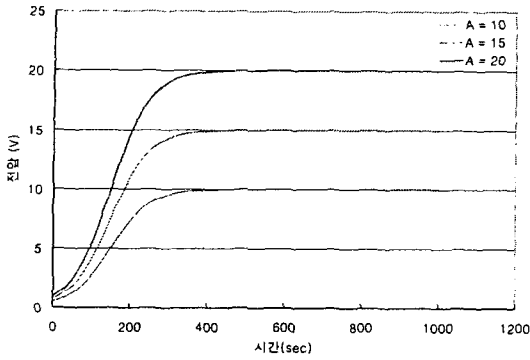


Fig. 3. The curves of voltage when the parameter A is changed

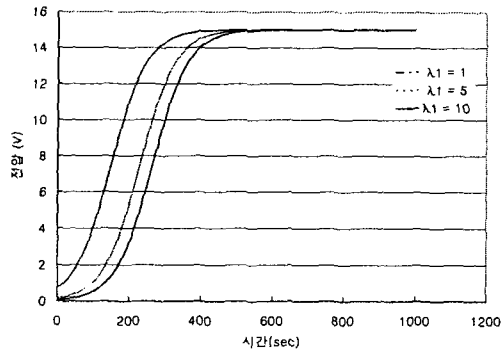


Fig. 4. The curves of voltage when the parameter λ is changed

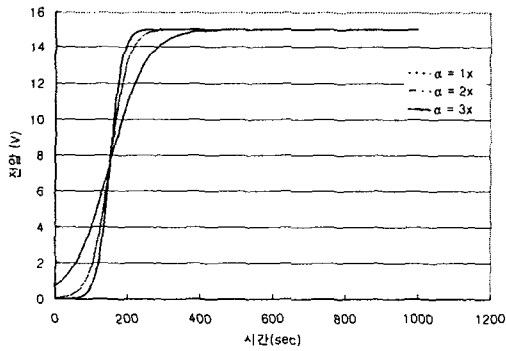


Fig. 5. The curves of voltage when the parameter α is changed

그림 3, 4, 5, 6, 7, 8은 식 2의 전반부 시그모이드 함수만 고려했을 때, 각 파라미터들의 함수에 미치는 영향을 나타낸 것이다.

그림 3에서 보는 것처럼 시그모이드 함수의 A 값은 제어전압의 최대치를 결정한다. 결국 이것은 목표로 하는 전류의 최대치에 직접적인 영향을 미친다.(그림 6) 그림 4에서는 λ 가 시간지연에 관련된 파라미터라는 것을 알 수 있다. 마지막으로 그림 5에서는 α 가 곡선구간에서의 변환 속도,

즉 기울기에 직접적인 영향을 미친다는 것을 알 수 있다.

이러한 파라미터들의 특성을 이용하여 원하는 형태의 전류곡선을 얻을 수 있는 입력 전압을 찾을 수 있다.

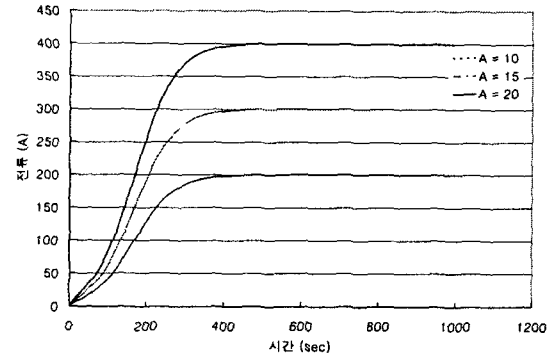


Fig. 6. The curves of current when the parameter A is changed

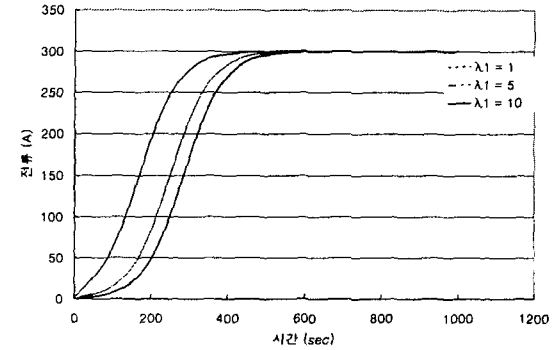


Fig. 7. The curves of current when the parameter λ is changed

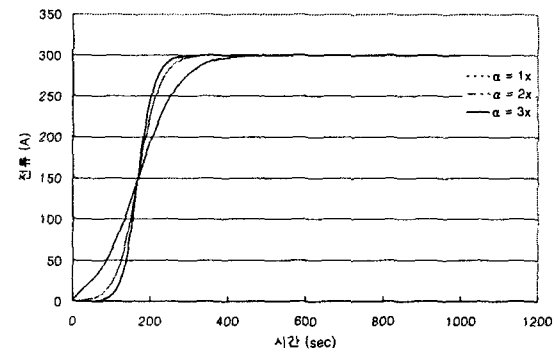


Fig. 8. The curves of current when the parameter α is changed

2.3 시스템에서의 제어 파라미터

2.2절에서 살펴본 바와 같이 시그모이드 함수를 사용하면 초전도 전력 시스템에서 안정적인 전류·전압 특성을 얻을 수 있었다. 그러나 실제 시스템에서는 그림 1의 R과 L값의 측정 오차, 즉 시스템 내부의 측정오차에 의해서 그 결과값이

달라질 수 있다. 본 논문에서는 전압에 의한 전류의 제어를 가정하고 있으므로, 입력 전압은 모든 경우 동일하다고 가정했을 때, 측정오차에 의한 출력 전류가 각각 다르게 나타나고 있음을 그림 9, 10에서 보여주고 있다.

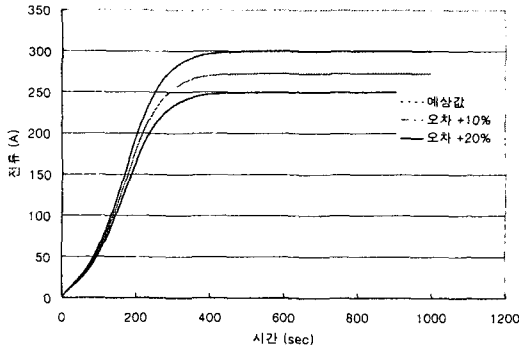


Fig. 9. The effects of the measurement error of R(resistor)

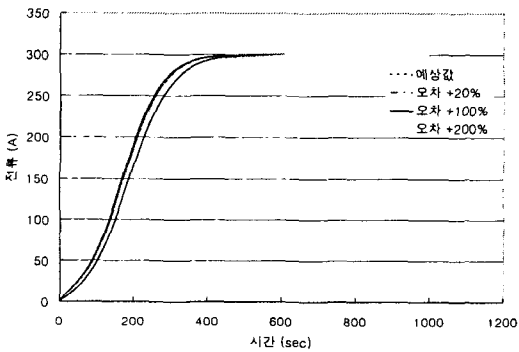


Fig. 10. The effects of the measurement error of L(inductor)

그림 9와 10에서 볼 수 있듯이 저항값의 오차가 결과에 미치는 영향이 인덕턴스의 오차가 미치는 영향이 훨씬 크다.

3. 결 론

초전도 전력 시스템에서 원하는 전류·전압 특성을 얻기 위한 제어 과정이 open loop으로 이루어질 수 있다면 시그모이드 형태의 함수를 사용한 안정적 제어를 생각할 수 있다. 하지만, 실제로 초전도 전력 시스템 내부에 있는 저항값이나 인덕턴스는 측정오차가 존재하고, 이로 인해 실제 목표로 하는 결과를 얻지 못하게 될 수 있다. 따라서 초전도 전력 시스템에서 좀 더 정확한 결과를 얻어내기 위해서는 입력신호가 계속 부드러운 시그모이드 함수의 형태를 유지하도록 하면서, 동시에 원래의 저항값과 인덕턴스 값을 추정하여 시스템에 적용시키는 기술이 필요하다. 하지만, 실제값의 추정은 확률·통계적 방법보다는 칼만필터와 같은 적응형 알고리즘이 적용되어야 할 것이다. 어떤 결과값을 가지고 추정하는 것이 아니라, 제어 과정 속에서 값을 찾아가야 하기 때문이다.

앞으로의 연구를 통해 그림 1과 같은 초전도 시스템에서 각 요소의 실제값을 실시간으로 추정하여 제어과정에 적용시킬 수 있는 방법에 대해서 생각해 보고자 한다.

[참 고 문 헌]

- [1] 고락길, "MRI용 초전도 마그네트의 퀘치보호 회로에 대한 연구", 한국초전도 저온공학회 학술대회 논문집, 2001
- [2] 김상윤 편저, "페턴인식 입문", 홍릉과학 출판사