전력전자학술대회 논문집 1997. 7. 17-19

전력회생형 부하시험장치에 관한 연구

김현수° 김한종 허재영 최창식 이제필 장철호 정종태
LG산전(주) 빌딩시스템 연구소

Study on the equivalent test equipment for AC Motor

H.S. Kim° H.J. Kim J.Y. Hur C.S. Choi J.P.Lee C.H. Jang J.T. Jeong
BUILDING SYSTEM R&D LAB. LG Industrial Systems Co.,Ltd

Abstract - In large power system, design margin makes relatively price higher. So, optimal design through exact analysis of thermal behavior is needed. In this paper, we propose the equivalent load test facility using two inverter & converter system and inductors. Applying actual electrical profiles for motor drive, thermal characteristics of power converter fed AC motor drive are obtained, and the results are compared with simulation results.

1. 서 론

전력 반도체 소자로 구성되는 인버터, 컨버터 시스템의 설계에 있어, 열적 안정성의 확보는 매우 중요한 부분이다. 그리고 시스템이 대형화 될수록 제품 설계에 열적여유를 정확하게 판단하는 것이 중요하게 되며, 실 부하에 대한 시스템 열 특성 시험을 통한 제품의 신뢰성 검증은 필수적이다. 그러나 시스템 개발 시에는 (특히 엘리베이터 시스템의 경우) 전력 변환장치의 개발과 그 부하인 전동기 및 주변장치의 개발이 동시에 시작되지만, 개발완료시점이 각기 다르므로 각각의 구성요소들은 독자적인 방법에 의해 제 특성을 만족하는지 시험할 수 있어야 한다. 특히 전력반도체 소자는 등가의 부하를 통한 전력 시스템만의 독자적인 특성 시험이 필요하게 된다.

또한 엘리베이터 시스템이 대용량화 되므로써, 건물이 완성되어 실부하시험을 하기 전에 정격, Overload, Profile 운전에 대한 전력변환장치의 열적 안정성을 확인할 수 있는 장치가 필요하다.

기존의 인덕터를 부하로 사용한 부하 시험 장치의 경우, 전압과 주파수는 가변시킬 수 있으나 부하 역율의 가변이 어렵고 유효전력이 적어 컨버터와 인버터의 정격시험이 불가능하다.

2대의 전동기를 이용한 부하시험의 경우는 앞서 언급한 개발 일정 문제 및 시험 설비의 대형화가 불가피한 단점이 있다.

본 논문에서는 2대의 인버터, 컨버터 시스템과 인덕터를 이용해 부하 시험 장치를 구성하였다. 이를 통해 엘리베이터 시스템의 실제 부하에 근접한 부하시험을 행하였으며, 그 결과를 기 개발된 열 해석 시뮬레이션의 결과와 비교하여 보다 정확하고 시행착오를 줄일 수 있는 전력변환장치의 설계 방법을 제시한다.

2. 구동 원리 및 제어 방법

2대의 전동기와 2대의 전력변환장치를 필요로하는 기존의 부하시험장치는 그림 1과 같다. 모터측 인버터에서는 모터의 속도를 제어하고, 발전기측 인버터에서는 토크를 제어하고 컨버터를 통해 전원단으로 전력을 회생시킨다.

그림 1 기존의 부하시험장치도

이 시스템에서 회전계의 토크방정식은 식(1)과 같다.

$$T = J\frac{d\omega}{dt} + T_L \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \text{식(1)}$$

식(1)에 대응하는 전기계의 전압방정식은 식(2)와 같다.

$$V = L\frac{di}{dt} + V_L \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \text{식(2)}$$

식(1)과 식(2)에서 속도는 전류, 토크는 전압으로, 관성은 인덕턴스로 대응되므로 모터와 발전기 없이 인덕터로 대치한 부하시험장치는 그림 2와 같이 구성할 수

있다. 모터와 발전기 사이의 전기적 절연은 변압기로 대신하였다.

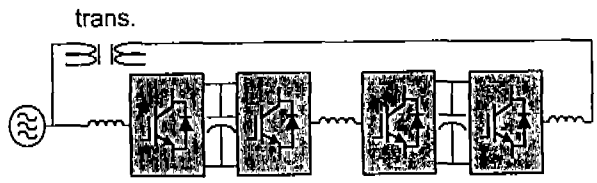


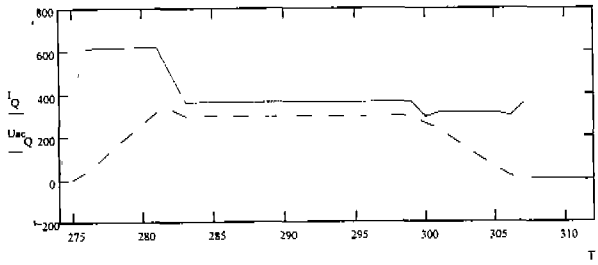
그림 2 제안한 부하시험 장치도

모터를 부하로 했을 때와 동일한 조건의 전력변환장치시험을 위해서 각각의 시스템을 다음과 같이 제어한다.

1. 시스템 1과 4는 컨버터로써 DC LINK 전압을 제어함으로써 전력소비 혹은 전력회생모드로 동작한다.
2. 시스템 2는 모터에 인가할 전압과 주파수를 발생한다.
3. 시스템 3는 시스템 2와 시스템 3 사이의 전류와 역율을 제어한다.

3. 시뮬레이션

실부하에 적용되는 전압과 전류의 시간적 변화는 그림 3과 같으며, 이 조건들을 적용 시, 스위칭 및 도통손실로 인해 발생하는 IGBT, 다이오드, 방열판의 온도를 시뮬레이션한 결과는 그림 4과 같다.

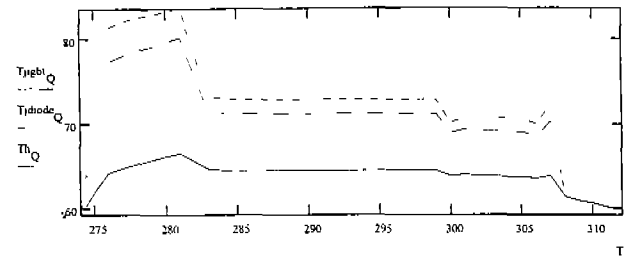


— : 시스템 2,3사이의 전류지령
- - : 시스템 2의 전압지령

그림 3. 시스템 2의 인가조건들

시뮬레이션 결과 각 부의 최대온도는 다음과 같다.

$$T_{diode(max)} = 83.7\ ^{\circ}C$$
$$T_{igbt(max)} = 80.1\ ^{\circ}C$$
$$T_{heatsink(max)} = 66.4\ ^{\circ}C$$
$$\triangle T_{j\text{-}h(max)} = 83.7\text{-}66.4 = 17.3\ ^{\circ}C$$



- - : 다이오드의 온도
—- : IGBT의 온도
— : 방열판의 온도

그림 4. 시스템 2의 온도 파형들

다이오드의 온도가 가장 높은 이유는 낮은 역율로 다이오드 통전시간이 증가되어 도통손실이 커졌기 때문이다. 다이오드와 방열판의 사이에 발생한 최대 온도차는 17.3 °C이다.

4. 실 험

그림 3의 조건을 실제 시스템에 적용해 실험한 결과는 다음과 같다.

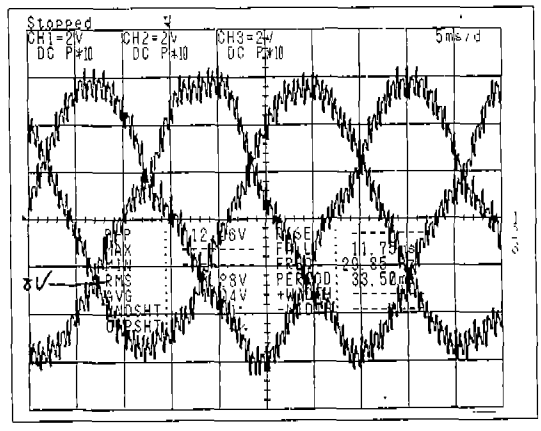


그림 5 시스템 2와 3 사이의 전류파형

그림 5는 앞서 언급한 바와 같이 변압기가 없는 경우의 시스템 2와 3 사이에 흐르는 불평형 전류를 실측한 것이다.

그림 6은 시스템 2와 3 사이에 흐르는 3상 전류이다. 한 쪽 DC Link의 전위를 플로팅시킴으로써 DC Link의 전위차로 인해 발생했던 전류 불평형이 제거되었다.

그림 7은 시스템 2에 실제 모터 구동시 적용될 전압, 전류 및 역율과 이를 인가하였을 때 시스템 1에 흐르는 전류를 측정한 것이다. 이 전류로부터 시스템 2에 의해 소비되는 유효전력분을 알 수 있다.

그림 8은 그림 6의 조건 인가 시 시스템 1과 시스템 2에 흐르는 전류파형이다.

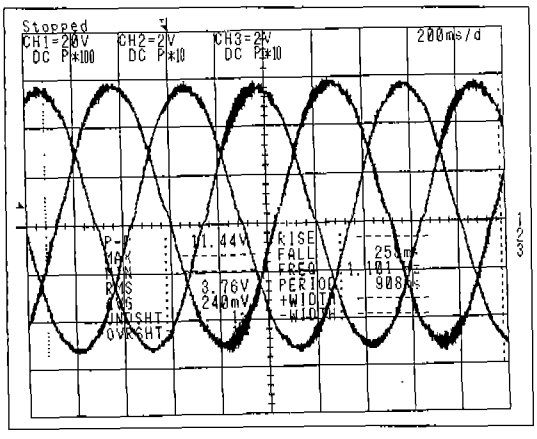
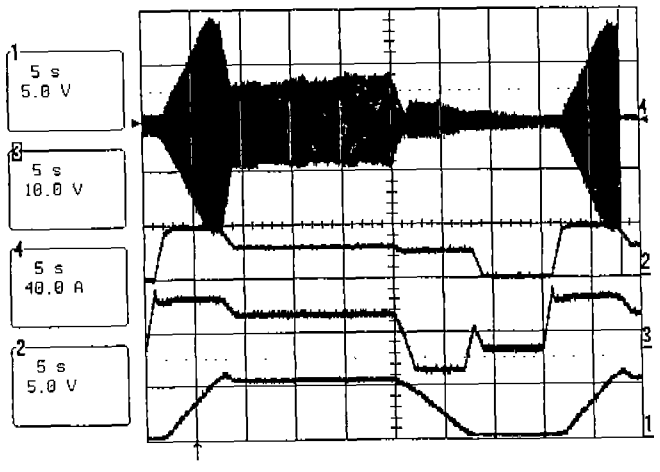
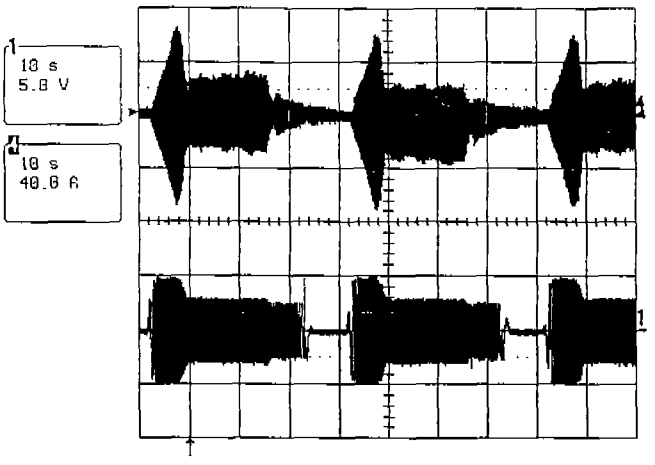


그림 6 시스템 2와 3 사이의 3상 전류



1:전압지령 2:전류지령 3:역율지령 4:시스템1측정전류

그림 7 지령치 프로파일 및 시스템 1의 전류



1 : 시스템 1 전류 4 : 시스템 2 전류

그림 8 시스템 1 및 시스템 2에 흐르는 전류

그림 9는 시스템 2의 방열판의 온도변화를 실측한 것이다.

$$T_{heatsink(max)} = 66.6\ ^{\circ}C$$

이 결과는 그림 4의 열해석 결과와 무시할 정도의 오차를 가진다. 따라서 방열판 온도의 실측치와 시뮬레이션을 통해 얻어진 $\triangle T_{j-h}(max)$를 이용하여 실제 소자에서 발생하는 최대온도를 예상할 수 있다.

$$T_{diode(max)} = T_{heatsink(max)} + \triangle T_{j-h(max)}$$

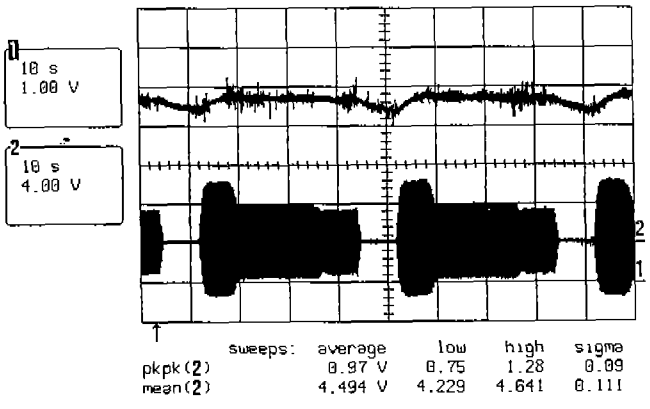


그림 9 방열판 온도변화

5. 결 론

본 논문에서는 2대의 인버터, 컨버터 시스템과 인덕터를 이용해 부하 시험 장치를 구성, 실제 부하에 근접한 부하시험을 행하였다. 엘리베이터 시스템의 운전 시 발생하는 가감속 패턴에 상응하는 전압, 전류, 역율, 주파수 등을 시스템에 인가 함으로서 실 부하에 근접한 열특성 실험을 행하였으며, 설계된 제품의 열적 안정성을 확인하였다.

[참 고 문 헌]

[1] 김운수, 정영주, 정종태, "인버터용 전력반도체의 열적 안정성 해석", 대한전기학회 부산·경남 추계학술대회, 127~131, 1996.

[2] SEMIKRON, Calculation of the Maximum Virtual Junction Temperature Reached Under Short-Time or Intermitent Duty, 1994.

[3] Mitsubishi, Power Module Application Note, 1993.

[4] International Rectifier, Accurate Junction Temperature Calculation for IGBT Selection with Maximum Performance and Reliability, 1992