

플라이휠 에너지 저장장치의 이상결함에 따른 진동특성 분석

Vibration Characteristic Analysis of Flywheel Energy Storage System due to Defects

이옥륜[†] · 배용채* · 김희수* · 이두영* · 김봉수*

Wook-Ryun Lee, Yong-Chae Bae, Hee-Soo Kim, Doo-Young Lee, Bong-Soo Kim

1. 서 론

오늘날 그린에너지 개발 및 적용에 세계 시장이 노력하고 있는 실정이다. 본 연구는 세계적인 에너지정책에 부합하는 초전도 플라이휠 에너지 저장시스템에 관한 연구를 진행하면서 회전체 진동특성 시험 중에 발생하는 문제에 관한 특징적인 면을 기술하고자 한다.

플라이휠 에너지 저장장치는 양수발전, 압축공기 저장방식과 함께 기계적인 에너지 저장방식으로 화학전지에 비해 저장효율이 매우 높으며, 순시 충방전이 가능하고 장수명을 가지고 있다. 특히, 최근 종래의 재료보다 강도가 높은 복합재료 개발로 인해 100,000 rpm 이상 고속회전이 가능하여 작은 크기의 대용량 저장이 가능하게 되었다.

따라서 본 연구는 플라이휠 에너지 저장장치가 고속화, 대용량화, 소형화되면서 운전 중에서 발생하는 진동제어 및 저감이 필요하고, 시스템 동작을 위한 전반적인 진동특성 검토가 필요하여 진행하게 되었다.

2. 본 론

2.1 플라이휠 에너지 저장장치 개요

플라이휠 에너지 저장장치는 전기에너지가 모터를 통해 원판형태의 회전체를 돌려 회전운동에너지 상태로 저장했다가 필요시 회전체로부터 발전기를 작동시켜 전기에너지로 사용할 수 있게 되어 있는 에너지 저장장치이다. 그림 1은 플라이휠 에너지 저장장치의 단면도로 각 구성요소를 나타내는데, 회전 및 제어를 담당하는 전자석베어링과 에너지를 저장할 수 있는 로터, 전기에너지를 회전운동에너지로, 회전운동에너지를 전기에너지로 변환할 수 있는 전동/발전기의 세 부분으로 되어 있다.

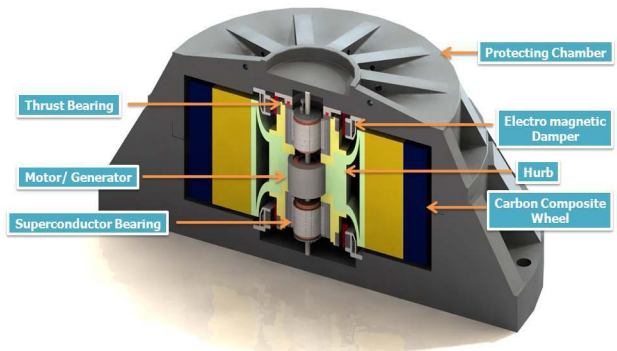


그림 1. 플라이휠 에너지 저장장치 구성 개념도

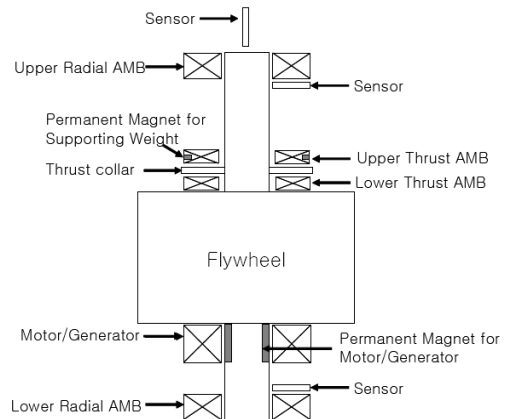


그림 2. 플라이휠 에너지 저장장치 회전계 개략도

2.2 회전계 진동특성 시험

(1) 회전시험 前 진동특성 시험

그림 3과 같이 플라이휠 에너지 저장장치가 제작되어, 회전계의 진동특성을 도출하고자, 중심축과 평행한 방향으로 7개소 및 반지름 방향으로 복합재 휠의 층별로 2개소에 관한 충격시험을 실시하였다.

그 결과 그림 4와 같이 상부에서 하부로 갈수록 고유진동수의 지배주파수가 460 Hz에서 604Hz로 이동함을 알 수 있었고, 수직방향인 복합재 휠도 같은 특성이 나타났다.

† 교신저자; 한전전력연구원
E-mail : maerong@kepri.re.kr
Tel : (042) 865-5622, Fax : (042) 865-5627

* 한전전력연구원

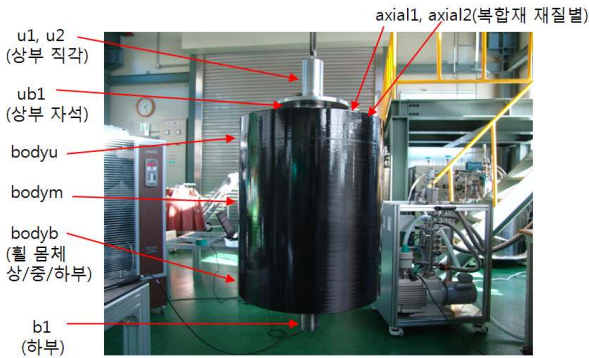


그림 3. 회전계 시스템의 진동측정 위치

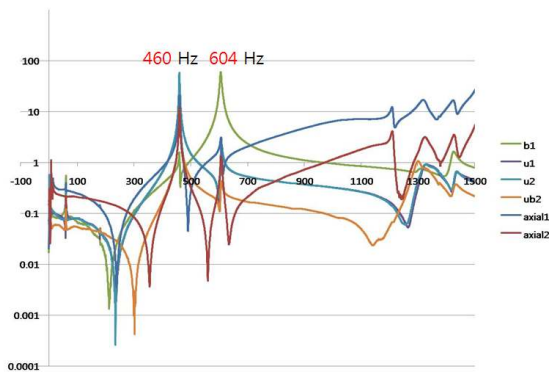


그림 4. 회전계 고유진동수 측정 결과

(2) 플라이휠 에너지 저장장치 운전 성능 시험
 제작된 플라이휠 에너지 저장장치의 성능 검토를 위해 회전속도 시험을 실시하였다. 본 실험장치는 목표속도가 15,000 rpm으로 5 kWh를 저장할 수 있는 성능을 가졌다. 이 때 운전속도 상승은 계획된 프로그램 및 단계별 진동상태 검증을 거치면서 진행하였다.

그러나 속도 상승 중 9,840 rpm 인근에서 갑작스런 진동 상승으로 진동 제어가 불안정하여 정지하였다. 이에 진동상승 원인을 찾던 중 복합재 휠 표면에 미세한 균열을 발견하고, 균열부 확대 사진 검토 및 비파괴검사(PT검사)를 실시한 결과, 균열이 복합재 휠 내부에도 일정량 진행된 것으로 판단하였다. 이것이 갑작스런 진동상승의 주요 원인 중에 하나일 것으로 판단하였다.

(3) 회전시험 後 진동특성 시험

복합재 휠의 균열의 정도를 절단하지 않고 정확히 측정하기 힘든 상황이며, 제작기간 및 제작비용 등의 문제로 외형적인 검토만으로 정확한 진동 원인과 계속 사용여부의 판단이 힘들었다. 이에 따라 회전계의 진동특성 변화를 검토하였으며 그 결과는 그림 6과 같다.



그림 5. 복합재 휠 균열 확대사진(좌) 및 PT검사 결과(우)

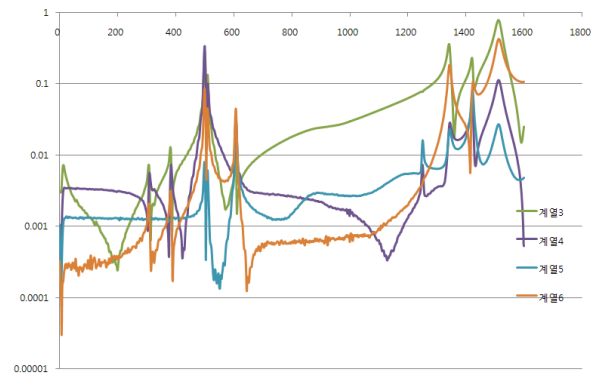


그림 6. 회전실험 후 고유진동수 측정 결과

그림 6과 같이 회전실험 후 복합재 휠 균열상태에서의 회전계 고유진동수 측정결과 전체적으로 진동특성이 변하였으며, 새로운 고유진동수가 생기고 주파수도 많이 이동하였다. 즉, 복합재 휠 균열이 회전계의 특성을 변화시켰으며 균열상태는 내부적으로 많이 진행된 것으로 판단된다.

3. 결 론

플라이휠 에너지 저장장치는 전기에너지를 저장하여 필요한 시기에 공급할 수 있는 최적의 기계식 에너지 저장시스템이다. 제작에 따른 제품의 성능시험에서 발생하는 고진동 원인을 분석하는 과정에서 운전 전후의 시스템 진동특성을 비교 분석함으로써 외형적 이상에 대한 운전 영향 및 사용 여부 판단에 기여하였다. 나아가 고속회전에 대한 재료특성변화의 검증도 함께 검토되었다.

4. 후속 진행 사항

추가 검증으로 제어시스템의 건전성 검토와 복합재 휠 생산 및 축계와의 결합방법에 대한 추가 연구가 필요하다. 또한 현재의 중공축이 가지고 있는 한계인 에너지 저장용량 증대 문제를 해결하기 위해 중공축으로 설계 검증하는 방법이 후속 연구를 통해 실시되고 있다.