

# 비틀림 진동 기반 압전 에너지 수확 Piezoelectric Energy Harvesting Based on Torsional Vibration

김기우†, 신순철\*  
Gi-Woo Kim, Soon-Cheol Shin

## 1. 서 론

자동차의 주 동력원으로 현재까지 광범위하게 사용하는 내연 기관 (internal-combustion engine)은 흡입, 압축, 팽창 및 배기 행정 과정에서 발생하는 혼합 가스 압력, 피스톤 왕복운동의 불균형 등에 의해 Fig. 1 에 나타낸 바와 같이 엔진 토크의 진동 (torsional vibration, or fluctuation, ripple)이 필연적으로 발생한다. 이러한 엔진 토크 진동은 일반적으로 동력전달 계 (powertrain system)로 전달되어 불필요한 NVH (noise, vibration, and harshness) 문제를 발생시키며 자동차 감성 품질을 악화시켜 주요 소비자 불만 요인이 되고 있지만 본 연구에서는 이러한 비틀림 진동을 압전 변환기 (piezoelectric transducer)를 이용하여 전기 에너지로 변환하는 에너지원으로 수확하는 기술의 가능성을 제시하였다

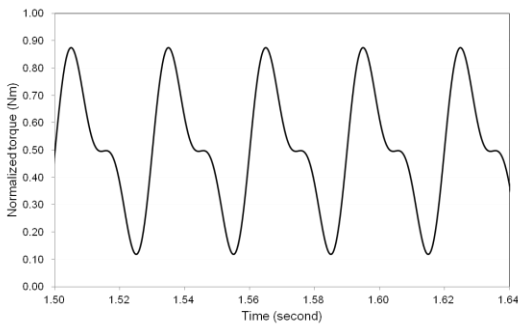


Fig. 1 Example of torsional vibration in an internal-combustion (IC) engine

† 교신저자; 정희원, 경북대학교 자동차공학부

E-mail : gwkim2@knu.ac.kr

\* 한국파워트레인㈜

Tel : 054-530-1407, Fax : 054-530-1409

이러한 압전 진동 에너지 수확 기술에 대한 연구는 기계, 전기, 전자 산업 전반에 걸쳐 광범위하게 이루어 졌지만 자동차에 적용한 예는 현가 시스템 (suspension system)의 충격 흡수기 (shock absorber) 에 적용된 사례 외에는 전무한 실정이다. 특히 압전 수확 시스템에 작용하는 대부분의 진동원 (vibration source)을 병진(translational) 운동을 기반으로 한 연구가 대부분이었기 때문에 비틀림 진동을 활용한 연구가 반드시 필요하다.

## 2. Piezoelectric Energy Harvesting

본 연구에서는 Mide Technology 사의 상용 제품 (Vulture™ V22B 0.025(L)×0.006(W)×0.00078(t)mm) 을 압전 수확기로 사용하였다. 이 제품은 외팔보 형태의 플라스틱 구조물에 압전 재료를 삽입한 형태로 회전체에 쉽게 부착하여 압전 에너지 수확기로 사용 가능하다. 엔진의 비틀림 진동을 이용한 압전 에너지 수확기의 타당성을 확인하기 위해 Fig. 2 에 나타낸 저관성 다이내모 시험기 (lower inertia dynamometer)를 사용하였다. 저관성 및 고성능 비접촉 토크 변환기를 이용한 정밀 토크 제어 덕분에 엔진 토크 진동을 고주파수(200 Hz) 영역에서도 재현할 수 있다. 정류 회로 (rectifying circuit) 를 거친 직류 전압을 측정하여 분석하기 위해 ZigBee 무선 모듈을 이용한 무선 송수신 (wireless transceiver) 장치를 사용하였다. 시작품의 압전 에너지 수확 성능을 확인하기 위해 정류된 직류 전압 응답 특성을 Fig. 3 에 나타내었다. 이때 캐패시터 (capacitor)를 사용하지 않았기 때문에 필터링 되지 않은 결과를 나타내었지만 약 30 Nm 의 토크 진동 시 평균 직류 전압이 약 4 Volt 로 측정되었다.

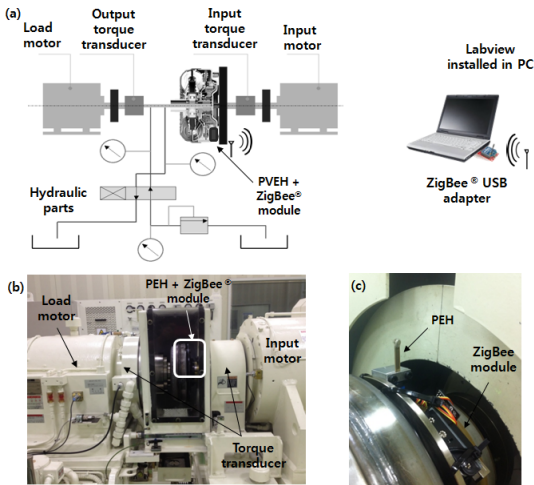


Fig. 2 Low inertia dynamo-meter for experiment

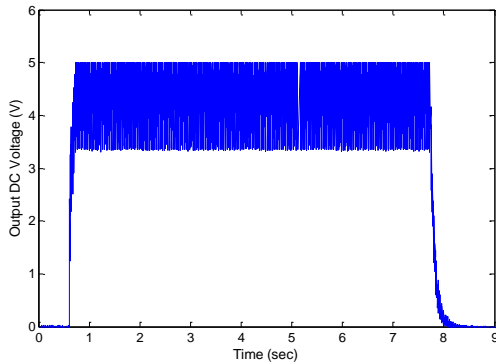


Fig. 3 Example of output DC voltage response to torque excitation ( $\Omega=52.4$  rad/s,  $f=94$  Hz)

### 3. 결론

본 연구에서는 자동차 내연 기관 엔진에 필연적으로 나타나는 비틀림 진동 에너지를 압전 변환기를 사용하여 전기 에너지로 전환할 수 있는 기술을 제시하였다. 향후 회전시 발생할 수 있는 압전 구조물의 모달 특성 변화에 대한 추가 연구를 통해 문제점을 보완하면 회전축에 설치되는 저전력 토크 변환기의 전력 공급원 등으로 충분히 활용이 가능할 것으로 판단된다.