

# 하이브리드 에너지하베스팅 블록의 성능개선 및 발전성능 평가

## The Performance Improvement of Hybrid Energy Harvesting Block and the Evaluation on Power Generation Performance

김효진<sup>1</sup> · 박지영<sup>2</sup> · 진규남<sup>3</sup>

Hyo-Jin Kim<sup>1</sup>, Ji-Young Park<sup>2</sup> and Kyu-Nam Jin<sup>3</sup>

(Received July 19, 2016 / Revised August 1, 2016 / Accepted August 1, 2016)

### 요 약

이 연구에서는 선행 연구에서 개발된 진동과 압력을 병합한 하이브리드 에너지하베스팅 블록의 성능을 개선하였다. 이와 같이 개선된 에너지블록의 발전 성능을 측정하고 앞서 개발된 제품들과의 에너지성능을 비교 분석하였다. 이전 모델에서는 중앙부에 압전체, 그리고 양측면에 진동인가형 전자기유도부를 배치하였다. 개선모델은 하나의 블록에 세 개의 단위모듈을 연속으로 배치하였다. 하나의 단위모듈의 상부에는 압전체를, 하부에는 세 개의 전자기유도를 두는 방식으로 설계 변경하였다. 이와 같이 개선된 에너지블록에 대한 실험실 조건에서의 발전성능 평가결과, 1회 연속 가진 시에는 1.066W로 선행 대비 235%, 5회 연속 가진 시에는 1.830W로 선행대비 177%의 성능개선 효과를 얻을 수 있었다. 하이브리드 에너지블록의 개발목적은 주차장 출입부에 설치하여 차량이 에너지블록을 통과할 때 압력과 진동에 의해 전기를 생산하고자 하는 것이다. 이때 생산되는 전기는 주차장 출입구에 경광등과 LED 안내전광판 가동용으로 활용하고자 하는 것이다. 따라서 향후 실제 주차장에 설치를 통한 실험실조건과 실제조건에서의 발전성능을 검증할 필요가 있을 것으로 사료된다.

**주제어** : 하이브리드 에너지하베스팅, 발전, 전자기유도, 에너지블록

### ABSTRACT

The aim of this study was to improve the performance of hybrid energy harvesting block merge the vibrations and the pressure developed in the previous study. The power generation performance of the energy block improved in this manner was measured and compared with the energy performance of the products previously developed. In previous models, the center has placed a piezoelectric, the two sides had arranged a vibration applying electromagnetic inducing type. Improved model was disposed three in a row of three unit modules for one block. We change the design in the following way. That is, a unit module has been placed the upper piezoelectric body, the lower portion were arranged three electron donation. In laboratory conditions, the power generation performance evaluation results of the improved energy block is as follows. Once when the vibration, power generation was determined to 1.066W. When compared with previous studies, and power generation performance is improved up to 235%. When the vibration in a row 5, power generation was determined to 1.830W. When compared with previous studies, the performance is improved to 177%. The purpose of developing a hybrid energy block is intended to produce electricity by the pressure and vibration when a vehicle passes through the energy block installed in the car park the mouth portion. Electricity produced will try to take advantage of for the purpose of operating a guiding beacon and LED signage in the parking lot entrance. Therefore, it is determined that there is a need in the experiment to compare the performance of the power generation in the field.

**Key words** : Hybrid Energy Harvesting, Generate, Electromagnetic Induction, Energy Block

## 1. 서론

에너지하베스팅(energy harvesting)은 다양한 미활용 에너지

를 수확하여 전기에너지로 변환시켜 활용하는 기술이다. 즉, 스 위치를 누를 때의 기계적인 변위, 자동차의 타이어나 모터의 진동, 산업플랜트 배관의 열, 휴대전화 기지국이나 방송국에서 방

1) 한국토지주택공사 토지주택연구원 연구위원(주저자 : hyojin@lh.or.kr)  
2) 한국토지주택공사 토지주택연구원 수석연구원(교신저자 : parkjy@lh.or.kr)  
3) 한국토지주택공사 토지주택연구원 연구위원

출되는 전자파와 같은 에너지원을 전기에너지로 변환하는 것이다). 이와 같은 버려지는 에너지를 수확하여 활용하는 기술발굴과 적용 필요성 증대하고 있다. 이러한 필요성에 기반하여 현재 전 세계적으로 생활, 가전, 산업, 건설, 우주항공 등 전 분야에서 특정장치를 이용하여 에너지원을 수확하는 기술의 개발노력이 확대되고 있다. 국내의 경우에는 아직까지 연구개발단계에 머물러 실생활에 적용하기 위한 노력은 부족한 편이다. 따라서 선진 기술 현황과 상용제품 적용방안을 조사 분석하여 적용처에 적합한 맞춤형 기술개발 및 적용성을 확보하기 위한 방안마련이 필요하다.

본 연구는 상기와 같은 필요성에 기반하여 소자위주의 개발이 아닌 실생활에 적용할 수 있는 에너지블록을 개발하여 그 적용성을 확보하고자 하는 것이다. 따라서 선행연구에서 개발된 압전 및 전자기유도 복합 방식의 에너지블록의 성능을 최적화하도록 개선하고자 한다. 이는 현재의 기술수준에서 최적의 전기에너지 생산 가능량을 기증하여 그 적용처를 모색하고자 하는 것이다. 그 적용처는 우선적으로 공동주택단지 등의 주차장을 출입하는 차량의 주행시의 에너지를 수확하여 주차장 입구 경광등과 LED 전광판을 가동하는 전력으로 이용하고자 하는 목표를 설정하였다. 이를 위하여 적용 에너지블록의 시스템 구성방안 구상하였다, 이러한 구상에 따라서 주차장 시설에 적합한 에너지블록 개선모듈의 설계를 개선하고 시제품을 개발하였다. 이러한 개발과정을 요약하면 다음과 같다.

첫 번째, 선행연구에서 두차례 개발된 에너지하베스팅 블록의 구조를 개선하고 개선방식에 맞도록 설계를 실시하였다.

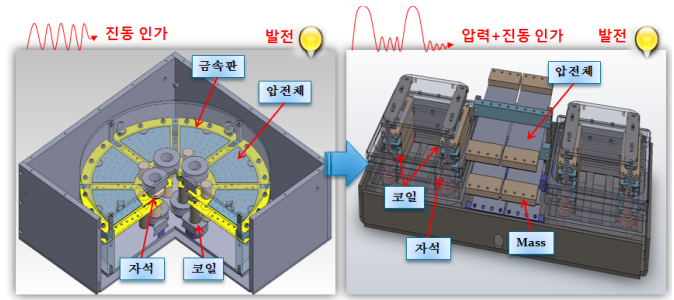
두 번째, 개선 설계에 따른 맞춤형 에너지블록 개발하고 주차장 시설물 작동을 위한 전용 에너지블록을 제작하였다.

세 번째, 개선된 단위 에너지블록의 에너지성능을 실험실 조건에서 선행연구와 같은 가력방법으로 평가하고 그 개선효과를 검증하였다.

## 2. 에너지블록의 성능개선 고찰

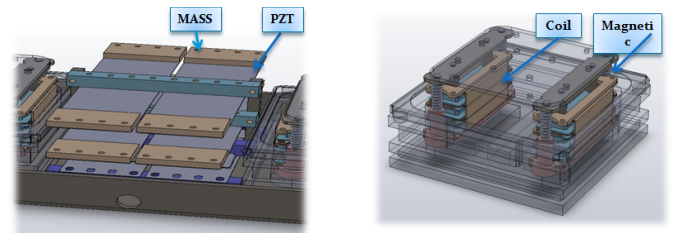
선행 연구에서 개발된 에너지블록은 최초로 개발된 진동형 에너지블록 모듈을 개선한 것이다. 즉, 압력과 진동을 동시에 이용하는 하이브리드 방식이었다([그림 1] 참조). 하이브리드 모듈에서의 압전부의 특성은 중앙부를 고정시킨 상태에서 양단을 자유단으로 하는 켄틸레버 구조이다([그림 2] (a) 참조). 이때, 켄틸레버의 양 끝단에 중량(mass)을 주어 진동이 유발되어 압전체가 전기를 생산하도록 하는 구조이다. 전자기부는 코일속에 자석을 배치하여 차량이 지날 때 충격과 압력으로 자석이 상하진동하여 전기를 생산하도록 하는 구조이다([그림 2] (b) 참조). 전체적인 하이브리드 블록의 구성은 압전부를 블록의 중앙

에, 전자기부는 블록의 양쪽에 배치한 구조이다([그림 1] (b) 참조).



(a) 1차 개발 진동형 모듈 (b) 2차 개발 하이브리드 모듈

그림 1. 선행연구개발 에너지블록의 특징



(a) 압전구성부

(b) 전자기구성부

그림 2. 2차 개발 하이브리드 모듈 구성부의 특징

이러한 2차 개발 선행 모듈의 발전성능은 1회 가진 시에는 0.453w, 그리고 5회 연속 가진 시에는 1.032w이었다. 이것은 1차 개발한 진동형의 프로토타입 모듈에 비해서는 1회 가진 시에는 약 12.7배, 그리고 5회 연속 가진 시에 28.9배로 발전효율을 대폭 증대시킨 것이다. 그러나 이러한 출력은 공동주택단지 주차장 출입부의 전기를 이용한 가동시설물을 구동시키기에는 미미한 것으로 판단하였다. 따라서 개선제품에 대한 성능을 추가로 개선하여 최적의 발전성능을 구현할 수 있는 방안을 고안하였다. 이를 통하여 주차장 출입부의 차단개폐기 또는 안내표지판과 경광등 등을 수확전력만으로 자체 구동할 수 있도록 하는 목표를 설정하였다. 즉, 주차장 시설물이라는 특정 목적에 맞는 에너지블록 모듈개발을 목표로 설정하였다. 이러한 3차 에너지블록 보완모듈의 개선방향은 다음과 같다.

첫 번째, 개선모듈은 차량의 하중을 견딜 수 있어야 한다. 따라서 자체강성을 발휘하면서 중장기적인 내구성을 갖는 고강도 케이스 구조로 개발한다. 이를 위하여 차량의 바퀴 폭에 맞도록 케이스의 형상을 결정하고 편심제어를 위하여 6개 지점에 완충지지부를 구성한다.

두 번째, 단지내 도로나 주차장 출입부라는 외부환경에서 우수와 강설에 적합한 수밀구조로 개선한다. 즉, 모듈의 내외부에 배수홀과 배수통로를 도입하여 상시 침수되는 것을 방지하는 구조로 한다.

세 번째, 압전 세라믹부의 성능향상을 위하여 내부구조를 2차

1) 김효진·박지영·진규남·노명현, “하이브리드 에너지하베스팅 블록 개발 및 발전 성능 평가”, Journal (2014) 5(2):99

하이브리드 구조와는 다른 유형으로 집적화 한다. 이는 압전부의 성능향상을 목표로 압전체의 배치를 최적화 및 집적화할 필요에 따른 것이다. 또한 집적화를 통하여 내구성을 향상시키기 위한 목적도 있다.

네 번째, 전자기 유도부의 성능향상을 위하여 구조를 개선한다. 이는 전자기부를 증가시켜서 발전전력의 밀도를 최적으로 증폭시키기 위한 것이다.

이러한 개선방향에 따른 개선 에너지블록 모듈의 성능개선을 위한 세부적인 설계개선 방안은 다음과 같다.

첫 번째, 2차 시제품의 압전부 편심작용 구조를 개선한다. 이는 고강도 케이싱 구조를 구성하기 위한 것이다. 설계목표는 5ton의 차량이 시속 50km의 속도로 주행할 때 견딜 수 있도록 하는 것이다. 또한 차량이 지날 때 케이싱이 상하로 유동할 수 있도록 하되, 케이싱의 상하 유동간격이 크면 차량의 주행성능과 에너지블록의 내구성에 영향을 미칠 수 있으므로 완충 지지부의 기구설계 및 해석으로 안정성을 확보한다.

두 번째, 수밀구조를 확보한다. 이를 위하여 강성이 큰 케이싱과 수밀밴드를 조합하여 이중 방수구조로 제작한다. 그러나 에너지블록의 구조적 특성상 완전방수를 실현할 수 없다. 따라서 상시침수를 방지하기 위하여 모듈 내부에 배수 홀과 통로를 확보한다.

세 번째, 압전부에는 다양한 길이의 기판 및 단부 중량(Tip Mass)을 활용하여 압전성능을 개선한다. 또한 복합재 코팅기판의 적용 가능성을 검토하며, 전자기부 내부에 압전부를 설치하는 방안을 검토한다. 이는 압전성능이 전자기부 대비 약 20% 정도의 발전성능을 보이는데 따른 것이다.

네 번째, 전자기부의 설치 개수를 선행개발한 에너지블록에서는 2개이던 것을 3개로 증가시켜 발전성능을 향상시킨다. 또한 차량하중에 의하여 전자기부 내부의 자속밀도를 증진할 수 있도록 한다. 개선방안의 개요도는 [그림 3]과 같다.

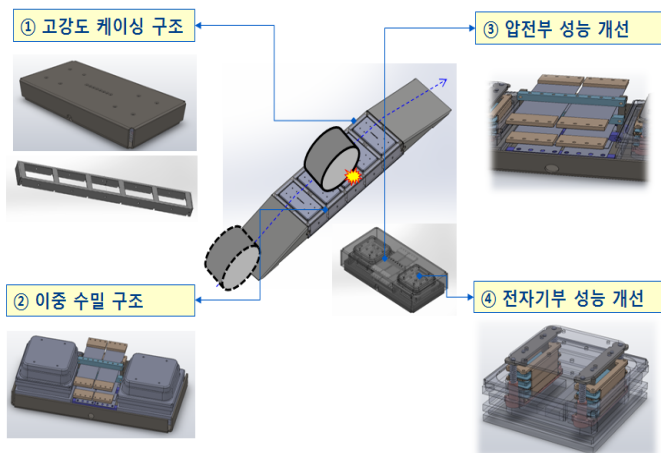
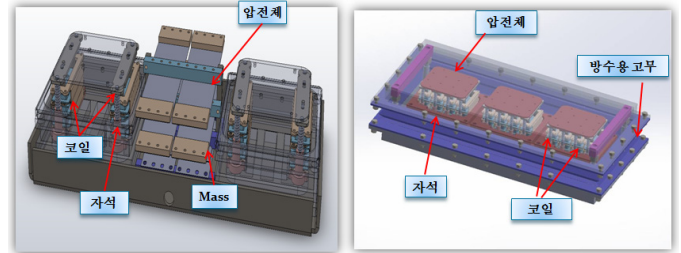


그림 3. 3차 개발 하이브리드 에너지블록의 개선방안 개요

### 3. 시설물 맞춤형 에너지블록 개선모듈 제작 및 성능평가

#### 3.1 선행 모듈과 개선 모듈의 특성비교

개선 모듈의 특성은 선행 모듈에서는 한 개의 세트 모듈에 압전부와 전자기부를 분리하여 배치하였던 것을 압전부와 전자기부를 하나의 단위 모듈하고, 세 개의 단위모듈을 연속배치하여 한 개의 세트(Set) 모듈을 구성했다는 것이다([그림 4] 참조). 선행 모듈과 개선 모듈의 세부적인 특성을 비교하면 다음과 같다.



(a) 선행 모듈 (b) 개선 모듈  
그림 4. 선행개발 세트모듈과 개선 세트모듈의 구조적 특성 비교

첫 번째, 선행 모듈과 개선 모듈은 모두 충격력에 의한 압전과 진동에 의한 전자기유도 방식을 병행하는 하이브리드 방식을 적용한다는 점에서는 동일하다.

두 번째, 선행 모듈과 개선 모듈은 모두 발전 전력원을 자동차의 하중에 의한 직접 충격력과 진동에 의한 전자기유도 방식으로 전기생산이 가능한 구조로 설계하였다.

세 번째, 선행 모듈은 압전부를 중앙에 배치하고 그 양쪽에 전자기부를 배치하였다. 2개의 전자기부와 1개의 압전부로 구성된다. 이에 비해 개선 모듈은 전자기부 3개를 나란히 배치하고, 전자기부 하나당 그 상부에 2개 층으로 집적된 압전부를 설치하였다. 이것은 압전에 비해 발전성능이 좋은 전자기부의 개수를 늘리고 더불어 압전부도 늘린 것이다. 이것은 선행 모듈과 동일한 공간 구조에서 집적화를 통해 모듈의 전체적인 발전성능을 증가시키기 위한 것이다.

네 번째, 선행 모듈에 비해 내구성이 큰 외부 케이싱으로 설계하였다. 이를 위하여 외부 케이싱을 내구성이 좋은 스테인레스 재질로 대체하였다.

다섯 번째, 하이브리드 발전모듈이 외부에 설치되는 점을 고려하여 선행 모듈에서는 고려하지 않았던 2중 방수구조와 침투된 물을 배수하기 위하여 배수성능을 강화하였다.

여섯 번째, 선행 모듈에서 문제시되었던 차량 중량에 대한 내구성 확보가 가능한 구조로 설계하였다.

#### 3.2 개발 모듈의 세부구성 및 제작

앞 절에서 선행 모듈 대비 개선 모듈의 특성을 비교하였으며, 세부 구성항목별 설계개선 특성은 다음과 같다.

첫 번째, 개발 모듈은 증폭 및 공간효율화 구조로 개선하였다. 전체적으로 전자기부 3개, 그리고 전자기부 1개소당 상부에 압전부(PZT) 2개씩을 배치하였다. 따라서 세트모듈은 총 6개의 압전부를 설치하였다. 이는 기존 세트모듈에 비해 전자기부 1개, 압전부 5개를 증가시킨 것이다([그림 5] 참조).



(a) 압전부 (b) 전자기부  
그림 5. 개선된 단위모듈의 압전부 및 전자기부 형상

두 번째, 개선 모듈은 방수 및 배수성을 부여하였다. 이를 위하여 단위모듈에 대한 방수케이스 도포, 세트모듈 전체에 대한 방수케이스 설치, 세트모듈 내부에 배수홀과 방수재를 설치하는 구조로 설계하였다([그림 6] 참조).

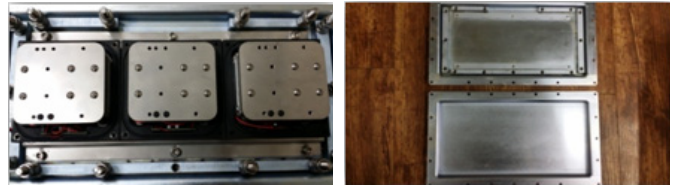


(a) 단위모듈 하부 방수용 케이스 (b) 단위모듈 상부 방수용 케이스



(c) 세트모듈의 방수용 케이스  
그림 6. 개선 에너지블록 모듈의 방수시스템

세 번째, 단위모듈 3개로 구성되는 세트모듈의 내구성을 증진하기 위하여 차량 통과 시 일정깊이 이하로 처짐이 발생하지 않도록 세트모듈의 외부 프레임에 스토퍼(stopper)를 설치하였다. 스토퍼에 의한 최대 처짐깊이는 8mm로 설계하였다. 또한 내구성 증진을 위하여 외부 케이싱은 스테인리스 재질의 2중 구조로 설계하였다([그림 7] 참조).



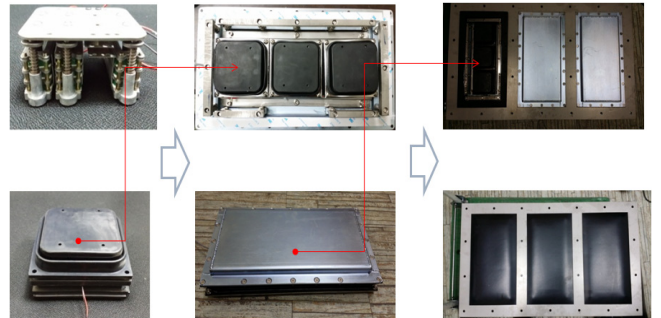
(a) 스토퍼(stopper) (b) 스테인리스 케이싱

그림 7. 스토퍼 및 고강도 케이싱

네 번째, 기본적으로 차바퀴가 지나가는 부분의 에너지블록의 형태는 단위모듈 3개가 횡방향 배치된 세트모듈로 한다.

다섯 번째, 세트모듈은 배치형태에 따라 종방향과 횡방향 배열에 따라 다르지만 세트모듈을 2개 이상 연결한 경우를 프레임 모듈이라 한다. 본 연구에서는 프레임 모듈은 종방향 배열로 설정하였다. 즉, 개발된 에너지블록의 최소 단위는 단위모듈이며, 케이싱에 의한 기본 제품은 단위모듈 3개가 결합된 세트 모듈, 그리고 세트모듈을 두 개 이상을 배열한 것을 프레임모듈이라 한다.

이와 같이 개선 모듈의 전체적인 구성 및 그 세부적인 사양을 정리하면 [표 1]과 같다.



(a) 단위모듈 (b) 세트모듈 (c) 프레임모듈

그림 8. 개발 에너지블록 모듈의 구성 방식 및 형태

표 1. 개선 에너지블록 1개 세트 모듈의 구성 사양

구 분		사양 및 규격	단위	수량
발전부	압전발전부	다층 플레이트 모듈 (Multi-plate Moudle)	셋	6
	전자기유도 발전부	전자기 및 코일 유도전력 모듈	셋	9
방수부	방수용 고무케이스-1	이중 수밀부	셋	6
	방수용 고무케이스-2	이중 수밀부	셋	1
	방수용 고무케이스-1	차바퀴 구조	셋	1
회로부	정류회로	정류회로 구성	식	3
	에너지하베스팅부	하베스팅 회로구성	식	1
기구부	상하케이싱	2중 및 고강도 케이싱 구조	식	2
	스토퍼(stopper)	내구성 향상	식	3
	프레임	2.5ton, 30km/h 운하중에 저항	식	3
	프레임 커버	2.5ton, 30km/h 운하중에 저항	식	3

### 3.3 개선 에너지블록 모듈의 발전성능 평가

1, 2단계 개발 모듈과 같이 실험실 조건에서 개선 모듈에 대한 발전성능을 평가하였다. 성능평가를 위한 모듈의 규모는 [그림 8]의 (b)와 같은 세트모듈로 하였다. 발전성능 평가는 선행 연구의 1, 2단계와 같은 방법으로 실시하였다. 발전성능 평가는 1회에 1.2sec로 1회 가진 시와 5회 연속 가진 시의 평균 출력을 측정하여 이론적인 충전량과 프로토타입 대비 효율을 분석하였다. 가진 압력에 대한 전기에너지의 생산효율은 오실로스코프)로 측정하였다([그림 9] 참조). 측정결과는 [그림 10]과 같이 시간대별 출력으로 정리하였다.

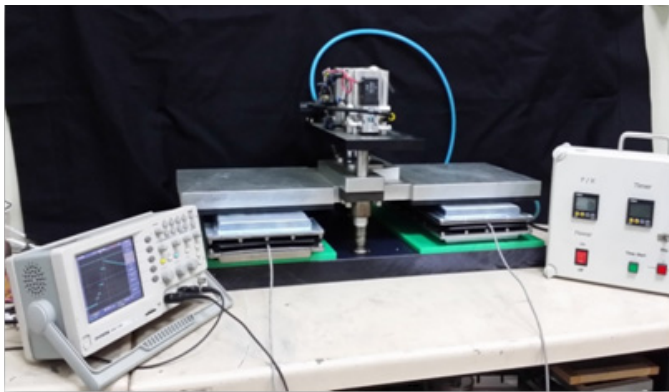
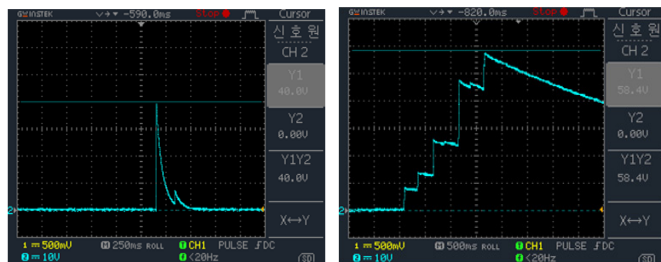


그림 9. 에너지블록 가진 시 발생전력 측정 장치



(a) 1회 가진 시 (b) 5회 연속 가진 시  
그림 10. 개선 에너지블록의 실험실의 발전성능 측정 그래프

측정결과, 1회 가진 시에 개선모듈에서 발생하는 순간 최대전력은 1.066W이었다. 따라서 이론적으로 충전할 수 있는 시간당 전력은 639.9W이다.

다음으로 5회 연속 가진 시의 개선모듈에서 발생하는 순간 최대전력은 1.830W이었다. 따라서 이론적으로 충전할 수 있는 시간당 전력은 1,098.3W이다.

1차 프로토타입 모듈과 2차 개발 하이브리드 모듈, 그리고

2) 오실로스코프(oscilloscope) : 특정 시간 간격(대역)의 전압 변화를 볼 수 있는 장치. 주로 주기적으로 반복되는 전자신호를 표시하는데 사용함. 이 기기를 활용하면 시간에 따라 변화하는 신호를 주기적이고 반복적인 하나의 전압 형태로 파악할 수 있음.

본 연구에서 개발한 개선 하이브리드 모듈의 최대 전력과 이론적 충전량에 대한 실험결과를 종합적으로 정리하면 [표 2]와 같다.

표 2. 개발 에너지블록의 개발 단계별 발전성능 평가결과(1개 세트모듈 기준)

구분	최대 전력 (W)	이론적 충전량 (W/h)	선행모듈 대비 효율 (%)		
			①대비	②대비	
① 1차개발	4Hz 가진평가	0.036	21.45	-	-
② 2차개발	1회 가진	0.453	271.80	1,258	-
	5회연속가진	1.032	618.20	2,867	-
③ 3차개발 (급회)	1회 가진	1.066	639.90	2,961	235
	5회연속가진	1.830	1,098.30	5,083	177

평가결과, 1회 가진 시에는 1차 개발된 프로토타입 대비 29.6배, 2차 개발된 하이브리드 모듈 대비 2.35배의 발전효율이 증가하는 것으로 분석되었다. 또한 5회 연속 가진 시에는 1차 개발된 프로토타입 대비 50.8배, 그리고 2차 개발된 하이브리드 모듈 대비 1.77배의 발전효율이 증가하는 것으로 분석되었다.

### 4. 결론

본 연구에서는 선행연구에서 개발된 프로토타입 에너지하베스팅 블록과 그 성능을 개선한 하이브리드 에너지블록의 성능을 더욱 개선한 3차 에너지블록을 개발하였다. 이를 통하여 개선된 에너지블록 시제품에 대한 발전성능을 측정하고 1, 2차 시제품과의 성능을 비교 분석하였다. 그 결과는 다음과 같다.

- 가. 본 연구에서 개발된 3차 개선 에너지블록의 성능은 1차 및 2차 개발 모듈에 비하여 성능이 향상된 것으로 나타났다. 다만, 1차 개발된 압전방식 프로토타입에 비해서는 최대 약 50.8배의 성능 개선이 이루어진 반면에 동일 하이브리드 방식인 2차 시제품에 대비해서는 5회연속 가진시 최대 전력이 약 1.8배 정도 증가하여 그 효율 향상 비율은 1차 개선에 비하여 다소 낮은 것으로 나타났다. 그러나 동일 방식의 개선제품에서 성능향상이 이루어진 그 자체로 의미가 있는 것으로 사료된다. 또한 이러한 결과는 향후 추가적인 성능개선을 통해서 발전성능을 향상시킬 수 있다는 것을 의미하므로 그 자체로 시사하는 바가 큰 것으로 사료된다.
- 나. 개선된 3차 에너지블록의 발전성능 평가결과, 1회 연속 가진 시에는 1.066W, 5회 연속 가진 시에는 1.830 W의 전기를 생산할 수 있었다. 이는 진동 및 압력 인가형 하이브리드 하베스터의 경우 연속가진이 유리하다는 결과를 유추할 수 있다.
- 다. 본 연구에서 개선된 에너지 블록은 5회연속 가진시 최대

1.83W의 전기를 생산하는 것으로 나타났다. 에너지블록 프레임모듈을 5개의 세트모듈로 구성하고 세트모듈 1개 당 평균 1.83W의 전기를 생산하는 경우, 프레임모듈 1개 당 9.15W의 발전효과가 있을 것이다. 이를 자동차 바퀴 2개축에 각각 1개씩 2개의 프레임모듈(10개의 세트 모듈)을 설치하는 경우에는 1회 차량 진입으로 약 18.3W의 발전이 가능할 것으로 사료된다.

- 라. 시험용으로 개발하여 성능을 검증한 개선 에너지블록의 성능 대비 발전효율은 아직까지 낮은 것으로 사료된다. 이러한 이유 때문에 전기소모가 적은 시설물의 경우라도 수확에너지만의 자가동력으로의 활용은 어려울 것으로 사료된다. 따라서 도로용으로 활용하고자 하는 경우에는 수확에너지의 축전을 통한 수확전기를 활용하는 방법을 강구하거나 또는 그 발전성능을 월등히 개선할 필요가 있을 것으로 사료된다.
- 마. 본 연구에서의 발전성능 측정은 시험실의 정온한 조건에서 차량하중을 가정하여 실시한 것이다. 즉, 실제 주차장 주행 조건에서의 에너지수확성능을 측정하여 시험실 조건에서와 실제차량이 주행하는 현장의 결과와 비교할 필요가 있을 것으로 사료된다.
- 바. 이와 같은 성능개선에도 불구하고 본 연구에서 개발된 에너지블록의 한계점은 에너지하베스팅에 의해 생산되는 전기량이 아주 미소하다는 것이다. 따라서 아직까지 에너지블록의 제작비용에 비하여 경제성을 갖추기는 어렵다. 따

라서 에너지블록의 성능향상과 함께 다른 경제성이 떨어지는 신재생에너지에 관한 정부의 지원정책과 같은 지원 제도를 건의하여 기술개발과 발전을 유도할 필요가 있는 것으로 사료된다.

### 감사의 글

본 논문은 토지주택연구원에서 연구과제로 수행 완료한 “에너지하베스팅 기술의 주택·도시 적용을 위한 기초 및 실용화 방안 연구(2)”의 연구결과의 일부를 정리한 내용입니다.

### 참고문헌

1. 김효진, 노명현, 이종성, 박지영, 조영봉(2013), 「에너지하베스팅 기술의 주택·도시 적용을 위한 기초 및 실용화 방안 연구(1)」, 토지주택연구원·포항산업과학연구원.
2. 김효진, 진규남, 박지영, 강문식, 노명현(2014), 「에너지하베스팅 기술의 주택·도시 적용을 위한 기초 및 실용화 방안 연구(2)」, 토지주택연구원·포항산업과학연구원.
3. 김효진, 박지영, 진규남, 노명현(2014), “하이브리드 에너지하베스팅 블록 개발 및 발전성능 평가”, 「LHI Journal」, 5(2): 187~193.
4. 노명현, 김효진, 박지영, 이상열, 조영봉(2012), “도시·주택 적용 미관용 에너지 블록의 발전성능 평가”, 「LHI Journal」, 3(2): 99~106.