

열전발전시스템의 발전특성에 관한 연구

문채주*, **정의현***, 장영학*, 소순열*, 박상진*, 정남영**
 목포대학교 전기공학과*
 한국산업대학교**

A study on Characteristics of electric generation for ThermoElectric Generation System(TEGS)

Chae-joo Moon*, Eui-Heang Cheang*, Young-hak Chang*, Soon-Youl So*,
 Sang-jin Park*, Nam-young J. D. Ing
 *Dept. of Electrical Engineering, Mokpo National University
 **Seoul National University of Technology

Abstract - 본 연구에서는 열전발전소자(TEM)의 수량에 따른 발전특성에 대해서 논하고자한다. 열전발전소자 1개를 이용한 열전발전시스템의 발생전력량은 2.4[W]이고, 열전발전소자 4개를 이용한 열전발전시스템의 발생전력량은 6.5[W]이다. 또한 Heating system과 Cooling system의 구조적 연구를 통하여 열전발전량에 영향을 미치는 요인을 분석하고자 한다.

본 연구의 TEGS에서 사용된 Cooling System은 알루미늄 재질의 칩셋형 방열판과 Fan을 사용하였다.

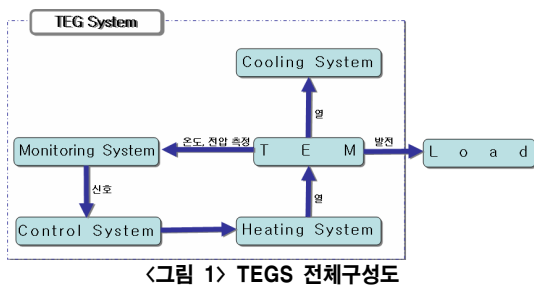
1. 서 론

유가 불안정, 지구환경문제 및 기후 협약에 의하여 신·재생에너지의 개발이 시급한 현재 많은 분야에서 신재생에너지의 관심이 높아지고, 연구가 진행되고 있다.[1] 본 논문은 P-N Type 반도체의 열에 대한 서로 다른 전기적 특성을 이용한 열전발전시스템(Thermoelectric Generation System : TEGS))에 대한 연구이다.

본 연구는 복수의 열전발전소자(Thermoelectric module : TEM)에 따른 발전량을 알아보고, Heating System 및 Cooling System의 구조에 따른 발전특성을 비교한 것이다. 또한 복수 TEM을 적절로 배열할 경우의 TEM 개당 발전량이 독립 TEM장치와 유사한 발전량을 얻을 수 있는 시스템을 제안하고자 한다.

2. 본 론

본 논문에서 사용된 열전발전시스템(TEGS)는 그림 1과 같이 열에너지를 공급하는 Heating System과 Cooling System, 온도와 발전전력을 측정하는 Monitoring System 마지막으로 열에너지 공급을 컨트롤 하기 위한 Control System으로 구분할 수 있다.



〈그림 1〉 TEGS 전체구성도

2.1 Heating System(HS)

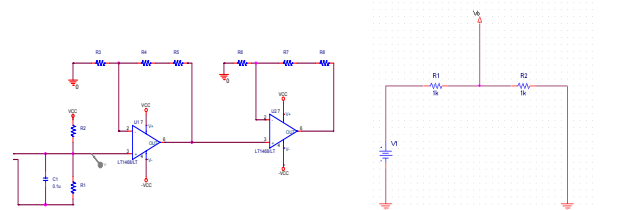
본 연구의 Heating System(HS)은 Heat source, Heat transfer, 단열재의 3가지 요소로 구분 할 수 있다. 첫 번째로, Heat source는 물질의 열팽창계수에 의해서 TEM에 가해지는 압력이 균일하게 하기 위하여 Heater 단면의 온도편차를 기준으로 결정하였다.

두 번째로, 단열재는 Heat source에서 Cooling system으로 열전달을 최소화 하여 TEM의 Hot side와 Cool side의 온도차를 최대화 할 수 있도록 하며, 마지막으로 Heat transfer는 Heat source와 TEM사이에서 급격하게 변하는 열에너지로부터 TEM을 보호하고, 단열재의 두께 및 형상을 조절하여도 TEM에 직접적으로 열에너지가 전달될 수 있도록 구성하였다.

2.2 Cooling System(CS)

2.3 Monitoring System

TEM의 Heat transfer와 접촉한 면(Hot side)과 방열판과 접촉한 면(Cool side)의 온도를 K-Type온도센서를 이용하여 그림 2 (a)와 같이 온도측정 회로를 꾸며서 측정하였고, TEM에서 발생된 전압은 그림 2 (b)와 같이 분압회로를 이용하여 측정한 뒤, 마이크로 컨트롤러를 통하여 LCD에 표시하고 PC로 전송하여 데이터를 저장하였다.



(a) 온도측정을 위한 신호증폭회로 (b) 전압측정을 위한 분압회로

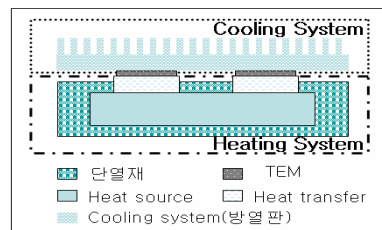
〈그림 2〉 측정회로

이때의 온도측정은 'HIOKI'사의 'MEMORY HIVIEWER9760'레코더를 기준으로 하여 25°C~250°C까지의 오차범위를 최대 ±5°C내로 설정하였다.

3. 실험 및 결과 고찰

3.1 장치 구성

그림 3은 본 논문에서 사용된 TEGS로써 HS의 TEM과 접촉, 압력, 기울어짐이 발전량에 미치는 영향에 대해서 알아보고, Cooling System의 구조적 변화에 따른 TEM의 발전특성 및 TEM간의 간격에 따른 간섭에 대해서 다음절에서 논하고자 한다.



〈그림 3〉 복수 TEGS의 구성도

3.2 실험결과 및 고찰

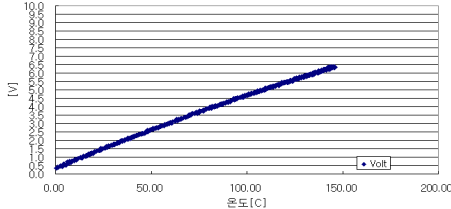
실험에 앞서 본 연구에서 사용된 TEM1개를 단독으로 장치하여 발전할 경우를 표1과 그림 4에 나타내었다. [1]

그림 4-(a)는 Hot side와 Cool side의 온도차에 따른 독립 TEGS의 Open voltage 발전특성을 나타낸 것이고, 그림 4-(b)는 Hot side와 Cool

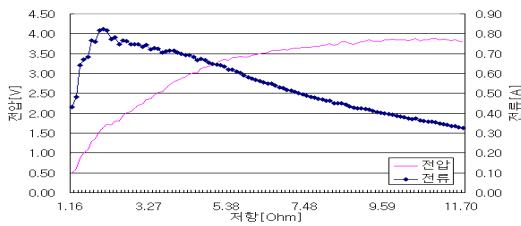
side온도를 일정하게 유지한 상태에서 저항의 변화에 따른 발전특성을 나타낸 그래프이다.

<표 1> 단일 TEGS의 발전특성

Seebeck 계수	Heat source	Heat Sink	ΔT	voltage[V]
0.049327	26.87~171.1	27~25.75	0.5~146.2	0.7~6.25



(a) Hot side와 Cool side 온도차에 의한 발전량



(b)저항에 따른 전압과 전류 특성

<그림 4> 독립 TEGS(TEM 1개)의 발전특성

3.3 복수 TEGS에서 HS와 CS가 발전량에 미치는 영향

표2는 HS의 TEM과 접촉, 압력, 기울어짐에 따른 TEGS의 발전량을 나타낸 것이다.

<표 2> 복수 TEGS에서 HS가 TEGS의 발전량에 영향을 주는 요인

	(a)	(b)	(c)	(d)
TEM과 접촉	O	×	O	×
압력	O	O	×	×
기울어짐	×	O	O	×
온도차[°C]	100	100	120	130
전압[V]	20	18	16	17

표2와 같이 HS와 TEM의 접촉여부는 발전지연시간만 영향을 줄 뿐, 발전량과는 아무런 연관성이 없고, TEM과 방열판의 압력과 기울어짐 현상은 발전량에 상당히 기여한다. 표3은 CS의 구조적 변화에 따른 TEGS의 발전량을 나타낸 것이다. 여기서 방열판과 FAN의 분리형이냐 함은 TEM 1개에 다른 방열판과 FAN을 결합시킨 형태로 즉 방열판과 FAN을 4개를 TEM 각각에 설치한 것이고, 일체형은 1개의 방열판에 TEM 4개를 모두 접촉한 형태이다.

<표 3> 복수 TEGS에서 CS가 TEGS의 발전량에 영향을 주는 요인

	(a)	(b)	(C)	(d)
방열판	일체형	일체형	분리형	분리형
FAN	일체형	분리형	일체형	분리형
압력	O	O	×	×
온도차[°C]	107	92	101	111
전압[V]	19.1	17.5	18.5	19.4

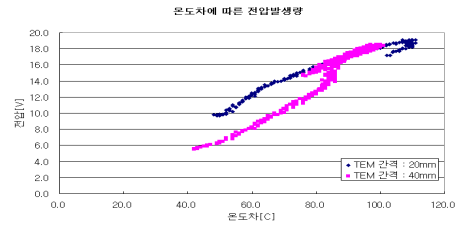
표3과 같이 방열판의 분리 할 경우 더 높은 온도차가 발생하고, 압력을 가해줌으로 인하여 발전전압이 높게 측정되었다.

3.4 복수 TEGS에서 TEM간격에 따른 간섭

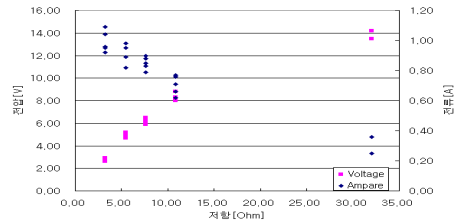
그림 5은 복수 TEGS의 TEM간격에 따른 발전량을 측정된 결과이다. 그림5와 같이 TEM간의 간격이 20mm인 TEGS에 동일한 열량을 공급 하였을 때, 평균적으로 온도차가 10°C가량 높고, 전압은 0.5V가량 높게 나왔다.

그림 6은 TEM 20mm간격의 저항의 변화에 따른 전압전류 그래프이다. 그래프와 같이 약 10[Ohm]에서 최대의 전력인 6.5[W]를 생산한다. 이는 TEM과 접촉하는 방열판의 방열면적이 상대적으로 적어서 온도차

가 독립 TEGS보다 30[°C]이상 낮기 때문에 발전 전압 및 전력이 상대적으로 줄어들었다.



<그림 5> TEM 간격에 따른 Open voltage



<그림 6> 저항에 따른 전압전류 특성

4. 결 론

- (1) TEM 1개만을 이용하여 발전할 경우 open Voltage는 최대 6.2[V]이고, 최대전력은 2.4W의 전력을 생산하였다. 또한 TEM 4개를 직렬 연결할 경우 최대 Open Voltage는 20[V]이고, 최대전력은 6.5W를 생산하였다..
- (2) TEGS의 발전량은 Cooling system과 TEM의 밀착 정도에 의해서 변화함을 알 수 있었다.
- (3) Heating system이 기울어져있을 경우 일부의 TEM에만 압력이 가해지므로 전체 TEGS의 발전량은 줄어들게 된다. 때문에 Heating System을 평평하게 유지 하여야 한다.
- (4) 방열판을 분리할 경우 단일체에서 방열판으로 이동되는 열에너지가 보다 적은면적을 통해서 전달되므로 더 많은 온도차를 보이게 된다.
- (5) 압력과 고온으로 인한 접촉 불량 문제를 해결하기위해서 방열구리스를 다량으로 도포하였다.
- (6) 실험결과 독립TEGS에 비하여 4개의 TEGS의 방열면적이 상대적으로 줄어들게 되므로 동일한 비율이 Cooling System의 고안을 통한 비교분석이 요구되어진다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부와 한국산업기술재단의 지역혁신인력 양성사업으로 수행된 연구결과임

[참 고 문 헌]

[1] 문채주의 5명, “열전발전량에 영향을 미치는 요인과 최적의 열전발전시스템에 관한연구”, 태양에너지학회

[2] 조일식 외 3명, 열전 발전장치의 실험적 연구, 공기조화냉동공학회98 pp1494~1497

[3] 우병철 외 2명, 온수를 이용한 열전발전기에서 유량변화에 따른 발전 특성, 대한기계학회논문집 B권, 제 26권 제 10호, pp1222~1230 2002년

[4] 이영재 외2명, 열전발전 전용을 위한 가솔린 차량의 전력 및 배기열 에너지 분석연구, 한국자동차공학회 논문집 제10권 제 1호 pp99~105

[5] 심재동 외 4명, Thermoelectric device의 개발 및 응용에 관한 연구, 한국 과학기술연구원