

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЭГ И ТЭП ДЛЯ РЕКУПЕРАЦИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Леонов С. В.¹, Маснавиев Р.Р.²

¹Томский политехнический университет. Инженерная школа информационных технологий и робототехники, 8Е02, e-mail: evm55@tpu.ru

²Томский политехнический университет. Инженерная школа информационных технологий и робототехники, доцент, e-mail: leonov@tpu.ru

Введение

Тема экономного использования ресурсов и энергии, или бережливого производства, пришедшая к нам из Японии, становится всё более важной для нашей жизни. Секонд-хенды, перепродажа бывших в употреблении вещей и стремление ограничить консьюмеризм становятся неизменными спутниками нашей жизни.

Примером наиболее экологичных источников энергии могут служить: приливные электростанции, АЭС, геотермальные станции, системы биомассы.

Солнечные и ветровые электростанции, как и ТЭЦ с ГЭС, не являются экологичными. ГЭС уничтожают огромную площадь, что можно считать большим углеродным загрязнением.

Основная часть

Термоэлектрические преобразователи и термоэлектрические генераторы относятся к более экологичным источникам энергии. Эти элементы работают на основе термоэлектрического эффекта и обратного ему эффекта Пелетье, то есть как термопара. За счёт разности температур двух сторон спаев различных металлов в их замкнутой цепи возникает термо-ЭДС. Они способны работать достаточно продолжительное время практически без снижения КПД, выдерживая большие диапазоны температур и их резкие перепады. На данный момент КПД преобразования энергии таких элементов (ТЭГ) находится на уровне 20%, однако есть разработки, позволяющие добиться 30-40%. Также такие элементы не требуют обслуживания, что позволяет использовать их в труднодоступных или вовсе недоступных для обслуживания местах. Их экологичность заключается в том, что они позволяют рекуперировать часть уже затраченной на нагревание помещения энергии при его избыточности или охладить помещение, получая энергию «из воздуха». Таким образом в зимние периоды можно компенсировать часть расходов на обогрев и летом создавать электроэнергию при отсутствии высокотехнологичных процессов при их создании и отсутствии труднодобываемых или дорогих материалов. Также системы на основе комбинации таких элементов могут использоваться для автоматизации HVAC (ОВКВ, или Отопление, вентиляция и кондиционирование) обеспечивая большую эффективность таких систем, равно как и повышая персональный комфорт сотрудников, что, в том числе отразится на их уровне производительности.

Описание эксперимента

Одной из целей моего исследования было изучение научной литературы по этой теме. Оно состояло в анализе нескольких статей и патента. На основе этого был сделан вывод, что на данный момент КПД наиболее передовых элементов составляет от 13 до 20-25%.

Моё практическое исследование заключалось в определении зависимости разности температуры в течение времени при постоянной силе тока. Измерения проводились при вертикальном положении элемента, на горячую сторону был установлен радиатор для более эффективного рассеивания тепла. Съём температурных показателей осуществлялся бесконтактным термометром с расстояния порядка 2-3 см примерно в центральной части элемента, с горячей стороны термометр направлялся на непосредственно прилегающую к термоэлектрическому элементу часть радиатора. Измерения осуществлялись с периодичностью 13-18 секунд в течение 5 минут для каждой силы тока. Сила тока устанавливалась от 0,5 до 1,1 А с шагом в 0,1 А.

Результаты исследований

Для наглядности были выбраны показатели на временных отрезках с разностью в 30 секунд. На основе проведённых испытаний было рассчитано энергопотребление элементов с использованием формулы $P=I \cdot I \cdot R$, где R при 25 градусах - 1,98 Ом, при 50 - 2,3 Ом, изменение считалось линейным. Со-

противление вычислялось на основании взятия температуры горячей стороны как температуры элемента. Так как ТЭГ значительно превосходят ТЭП по КПД и разница температур была небольшой, КПД в 7%, взятое за нижний порог КПД ТЭГ, будет взято наивысшим для ТЭП, а также оставшийся КПД будет поделен надвое, так как разница температур между горячей стороной и температурой комнаты (как и температурой холодной стороны) была вдвое, при этом составляя меньше половины от максимальной. По примерным расчёта, КПД будет составлять 1-2 процента.

Таблица 1

Показатели потребляемой мощности на основании проведённых расчётов

Время (с)	15	45	75	105	135	165	195	225	255	285
Мощность при 0,5 А	0,2	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7
Мощность при 0,6 А	0,5	0,8	1,0	1,0	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2	1,3
Мощность при 0,7 А	0,6	1,0	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	1,9
Мощность при 0,8 А	0,7	1,7	2,1	2,3	2,7	2,9	3,1	3,2	3,3	3,4
Мощность при 0,9 А	1,2	2,5	3,2	3,6	3,9	4,3	4,5	4,7	4,9	5,2
Мощность при 1 А	1,3	2,8	3,8	4,2	4,7	5,0	5,3	5,6	5,9	6,2
Мощность при 1,1 А	1,3	3,1	4,0	4,7	5,2	5,7	6,0	6,5	6,7	7,0

Для наглядности были выбраны показатели на временных отрезках с разностью в 30 секунд. На основе проведённых испытаний было рассчитано энергопотребление элементов с использованием формулы $P=I^2 \cdot R$, где R при 25 градусах - 1,98 Ом, при 50 - 2,3 Ом, изменение считалось линейным. Сопротивление вычислялось на основании взятия температуры горячей стороны как температуры элемента. Так как ТЭГ значительно превосходят ТЭП по КПД и разница температур была небольшой, КПД в 7%, взятое за нижний порог КПД ТЭГ, будет взято наивысшим для ТЭП, а также оставшийся КПД будет поделен надвое, так как разница температур между горячей стороной и температурой комнаты (как и температурой холодной стороны) была вдвое, при этом составляя меньше половины от максимальной. По примерным расчёта, КПД будет составлять 1-2 процента.

Таким образом, максимальная мощность составляет около 0,1 Вт. Таким прибором можно обеспечить питанием маломощные датчики температуры, к примеру термодатчику, также можно обеспечить питание датчика освещённости PIR-1M. При допущении КПД ТЭГ на порядок выше больше можно было бы использовать один элемент для заряда электронных устройств и освещения маломощными лампами. Гипотетически несколько таких элементов, встроенных в зимнюю верхнюю одежду, могли бы давать достаточно электроэнергии для заряда телефона за несколько часов, что можно было бы использовать для экстремального туризма и спортивного ориентирования, также для обеспечения безопасности на удалённых объектах, к примеру мониторинга температуры вокруг буровой установки и отправки данных раз в несколько часов через маломощные модули связи.

Заключение

В данной работе были рассмотрены ТЭГ и ТЭП, проведён анализ литературы на тему использования данных элементов для генерации электроэнергии, а также опытным путём определены нагревательные и охлаждающие показатели ТЭП при постоянной подаче тока.

Список использованных источников

1. Перспективы энергосберегающих систем охлаждения на основе термоэлектрических генераторов // Cyberleninka: сайт. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-energoberegayuschih-sistem-ohlazhdeniya-na-osnove-termoelektricheskikh-generatorov> (дата обращения: 5.11.2022).
2. Патент Methods of synthesizing thermoelectric materials: № US Patent 9,306,145: заявл. 09.02.2012: опубл. 2016 / Ган Чен, Чжифэн Рен, Шуо Чен, Вэй-Шу Лю, Хэнжи Ван, Хуэй Ван, Бо Юй – 26 с.

3. Design and experimental study of an outdoor portable thermoelectric air-conditioning system // ResearchGate: сайт. – URL: https://www.researchgate.net/publication/365248675_Design_and_experimental_study_of_an_outdoor_portable_thermoelectric_air-conditioning_system (дата обращения: 10.11.2022).
4. Exploration of Thermoelectric Power Generation Possibility from Waste Heat Source using Advanced Thermoelectric Power Generation Simulator // ResearchGate: сайт. – URL: https://www.researchgate.net/publication/352131837_Exploration_of_Thermoelectric_Power_Generation_Possibility_from_Waste_Heat_Source_using_Advanced_Thermoelectric_Power_Generation_Simulator (дата обращения: 8.12.2022).
5. Next-generation HVAC: Prospects for and limitations of desiccant and membrane-based dehumidification and cooling / О Лаббан, Т. Чен, А.Ф. Гоньем [и др.] // Applied Energy. – 2017. – Т. 1, № 200. – С. 330-346.
6. Performance improvement of Solar PV Module through Hybrid Cooling System with Thermoelectric Coolers and Phase Change Material // ResearchGate: сайт. – URL: https://www.researchgate.net/publication/361701788_Performance_improvement_of_solar_PV_module_through_hybrid_cooling_system_with_thermoelectric_coolers_and_phase_change_material (дата обращения: 12.11.2022).
7. Power output and efficiency of a thermoelectric generator under temperature control / Вэй-Син Чена, По-Хуа Вуа, Сяо-Дун Ванб, Ю-Ли Линц // Energy Conversion and Management. – 2016. – Т. 1, № 127. – С. 404-415.
8. Powering Space Exploration: U.S. Space Nuclear Power, Public Perceptions, and Outer Planetary Probes // Academia: сайт. – URL: https://www.academia.edu/54662673/Powering_Space_Exploration_U_S_Space_Nuclear_Power_Public_Perceptions_and_Outer_Planetary_Probes (дата обращения: 5.11.2022).
9. Thermoelectric Generators (TEGs) and Thermoelectric Coolers (TECs) Modeling and Optimal Operation Points Investigation // ResearchGate: сайт. – URL: https://www.researchgate.net/publication/358580397_Thermoelectric_Generators_TEGs_and_Thermoelectric_Coolers_TECs_Modeling_and_Optimal_Operation_Points_Investigation (дата обращения: 6.12.2022).
10. Thermoelectric performance of a metastable thin-film Heusler alloy // ResearchGate: сайт. – URL: https://www.researchgate.net/publication/337231791_Thermoelectric_performance_of_a_metastable_thin-film_Heusler_alloy (дата обращения: 24.12.2022).