

21 marzec 2023

prof. dr hab. inż.
Stanisław Gumuła
32-020 Wieliczka
ul. Krzyszkowicka 10 c

Recenzja pracy doktorskiej. Autor pracy mgr inż. Mirosław Cezary Neska.

Temat pracy: Badanie efektywności dwusekcyjnego, cieczowego wymiennika ciepła, będącego elementem układu konwersji niskotemperaturowego ciepła na energię elektryczną.

Problematyka pracy.

Problematykę pracy można określić jako stanowisko symulujące niskotemperaturowe źródła ciepła, umożliwiające realizację testów cieczowego, sekcyjnego wymiennika ciepła „gorącej” strony modułu z termogeneratorami, dające możliwość oceny jego funkcjonowania i wpływu na parametry generowanej energii elektrycznej. Sprawdzono technicznie płaski, dwusekcyjny, cieczowy wymiennik ciepła. Rozważano możliwość zastosowania adsorpcyjnego układu chłodniczego w procesie konwersji energii wykorzystując prototypowe rozwiązanie układu chłodniczego, zasilanego również niskotemperaturową energią cieplną.

Zestawienie wymienionych układów, wskazuje na łączenie w pracy wielu związków technicznych. Obejmuje to konwersję ciepła na energię elektryczną poprzez zastosowanie termogeneratorów oraz wykorzystanie chłodziarki adsorpcyjnej, zasilanej ciepłem niskotemperaturowym do jej wspomagania. Prezentowane są główne i szczegółowe cele dysertacji.

W pracy przedstawiono próbę użycia ciepła o niskiej temperaturze do jego konwersji na energię elektryczną prądu stałego z wykorzystaniem baterii termogeneratorów oraz wody jako nośnika energii cieplnej. W tym celu opracowano prototyp dwusekcyjnego, cieczowego wymiennika ciepła „gorącej” strony modułu z generatorami termoelektrycznymi oraz pozostałe elementy układu MTEG. Zaprojektowano i zbudowano stanowisko badawcze, umożliwiające prowadzenie kontrolowanych procesów wymiany ciepła o parametrach niskotemperaturowych oraz realizację testów cieczowych, sekcyjnego wymiennika ciepła. Zweryfikowano możliwość zastosowania opracowanego adsorpcyjnego układu chłodniczego do wspomagania procesu przejmowania ciepła z modułu MTEG. Wykorzystanie przedstawionego przypadku wskazuje na możliwości kształtowania procesu przejmowania ciepła.

Przyjęty jest model procesu ustalonej wymiany ciepła w module z generatorami termoelektrycznymi. Do charakterystyki przypadku przyjęto: opis modelu, model wymiany ciepła dla wymiennika „gorącej” strony modułu MTEG, postać numeryczną modelu oraz podano przykładowe wyniki symulacji. Jako warunek przyjęto tutaj model ustalonej wymiany ciepła w module z termogeneratorami. Omówiono pojedynczy element termoelektryczny. Opisano proces przejmowania ciepła zachodzący w charakteryzowanym wymienniku ciepła „gorącej” strony układu MTEG. Określono dokładnie charakteryzowane obiekty i zjawiska. Stanowią to pojęcia: mechanizmy zjawisk termoelektrycznych, generatory termoelektryczne, wymienniki ciepła modułów z termogeneratorami, adsorpcyjny układ chłodniczy. Określając je, można wyznaczyć procesy zachodzące w ogniwach układów termoelektrycznych. Można w ten sposób określić budowę termogeneratorów i ich cechy charakterystyczne.

Kolejna część pracy zawiera analizę aspektów ekonomicznych termoelektrycznej generacji energii elektrycznej i adsorpcyjnej technologii chłodniczej. Scharakteryzowano tutaj problemy związane z technologią termoelektrycznego wytwarzania energii elektrycznej oraz adsorpcyjną technologią chłodniczą. Dla rozważenia tego problemu wykonano analizę ekonomiczną kosztów procesu wytwarzania energii elektrycznej przez termogeneratory oraz stosowania adsorpcyjnej technologii chłodniczej. W analizie przyjęto, że niskotemperaturowe źródło ciepła jest eksploatowane w sposób ciągły, założono poziom wytwarzanej mocy elektrycznej prądu przemiennego, a także malejącą cenę pojedynczego termogeneratora oraz rosnące koszty energii elektrycznej. Wyznaczono prognozowane zależności kosztów zwrotu inwestycji w ogniwa termoelektryczne. Tak rozważony problem, wskazuje na szczegółowe i szerokie podejście Autora rozprawy w analizie zagadnienia generacji energii elektrycznej w tym układzie oraz konwersji niskotemperaturowego ciepła na „chłód”.

Ważna i ciekawa informacja to metodyka badań płaskiego cieczowego wymiennika ciepła „gorącej” strony modułu MTEG. Określenie charakterystyki wymiennika opiera się głównie na celach i założeniach stosowanej metodyki badawczej oraz modelu systemu badawczego. Wyznaczony algorytm metody umożliwia porównanie wpływu konfiguracji kierunku przepływu gorącego płynu na rozkład temperatury i efektywność wykorzystania ciepła. Można tu także prowadzić szeroką analizę wyników eksperymentu. Wykorzystanie wyników umożliwia symulowanie niskotemperaturowych wymuszeń cieplnych przy różnych wartościach temperatury gorącej cieczy, regulowanym natężeniu przepływu płynu w HSHE o różnych kształtach oraz stałej ich konfiguracji dla przepływu ziemnej cieczy w elemencie CSHE. Określa to główne cele i założenia metodyki, opisując sposób prowadzenia badań eksperymentalnych płaskiego, cieczowego wymiennika ciepła „gorącej” strony modułu MTEG.

Najobszerniejsza część pracy dotyczy stanowiska do badania wymiennika ciepła „gorącej” strony modułu z termogeneratorami. Ta część pracy stanowi bardzo ważny zbiór informacji pochodzących z wartościowych rozważań, analiz i badań. W tej części pracy zawarto: teorię procesów, układy techniczne, badania urządzeń technicznych, miernictwo i procesy stosowane w pracach technicznych.

Ważne elementy, które są scharakteryzowane w pracy: struktura i opis modelu stanowiska, moduł przygotowania cieczy „gorącej” strony elementu MTEG, moduł przygotowania cieczy „zimnej” strony elementu MTEG, moduł badania termogeneratorów, moduł adsorpcyjnego układu chłodniczego, system sterowania. Plan badań i przeprowadzenie badań na stanowisku umożliwia charakteryzowanie wymienników ciepła, w tym wymiennika „gorącej” strony modułu z termogeneratorami. Opracowano i zastosowano schemat funkcjonalny, określający etapy procesu projektowania i walidacji stanowiska do badania modułów.

W tej części pracy omówiono cel badań i główne założenia konstrukcyjne układów przeznaczonych do prowadzenia długotrwałych procesów weryfikacji właściwości cieplnych i elektrycznych modułów z termogeneratorami oraz ich komponentów. Przyjęto układ, w którym stanowisko badawcze składa się z trzech głównych modułów, niezbędnych do prowadzenia procesów weryfikacji testowanego obiektu. Równocześnie zawiera on dodatkowy moduł, adsorpcyjny układ chłodniczy, wspomagający proces przejmowania ciepła z badanego obiektu i jego konwersję. Omówiono przygotowanie cieczy „gorącej” i „zimnej” strony elementu MTEG oraz przeprowadzono badania baterii termogeneratorów. Budowa prototypu stanowiska badawczego poprzedzona była wytworzeniem wirtualnych modeli poszczególnych jego elementów. Po testach sprawdzających

wszystkie bloki przeprowadzona została weryfikacja funkcjonalności całego układu. Przedstawiono również szeroki opis z weryfikacji dodatkowego modułu chłodniczego oraz systemu sterowania wszystkimi blokami stanowiska badawczego. Ta zamykająca część pracy zawiera najważniejsze, szeroko podjęte i opracowane problemy przez Autora.

Końcowa problematyka występuje jako badania weryfikacyjne. Obejmuje ona badania efektywności wymiennika ciepła „gorącej” strony, badania procesu generowania mocy elektrycznej z MTEG, badania sprawności modułu z termogeneratorami, badania adsorpcyjnego układu chłodniczego. W pracy zawarte są wyniki badań opracowanego dwusekcyjnego, cieczowego wymiennika ciepła, będącego elementem układu konwersji niskotemperaturowego ciepła na energię elektryczną. Opracowano i wyznaczono efektywność wymiennika ciepła „gorącej” strony HSHE, moc elektryczną wytwarzaną przez baterię termogeneratorów oraz sprawność konwersji energii na jej postać elektryczną w module z termogeneratorami.

W tym etapie, sprecyzowano warunki, przy których badany obiekt osiąga najwyższą efektywność, najlepszą geometrię kanałów przepływowych w sekcjach wymiennika HSHE, najkorzystniejszą temperaturę gorącej cieczy w przekroju wymiennika oraz natężenie przepływu gorącego płynu. Podano wyniki badań przeprowadzonych z zastosowaniem dodatkowego modułu, adsorpcyjnego układu chłodniczego, w stanowisku badawczym układów MTEG. Zawierają one potwierdzenie możliwości długookresowego przejmowania ciepła z wymiennika CSHE modułu z termogeneratorami. Zrealizowano i potwierdzono przyjęte cele i założenia.

Jako podsumowanie dysertacji należy podkreślić jej szerokie powiązania z teorią i praktyką.

Tutaj następuje zakończenie informacji na temat pracy Pana mgr inżyniera Mirosława Neski w związku z ubieganiem się o stopień naukowy doktora nauk technicznych.

Ocena pracy

Dysertacja zawiera szczegółowy opis wykonanej pracy i podjętych problemów z zakresu inżynierii: teoretycznych i technicznych. Problematyka obejmuje kilka szerokich zagadnień. Rozprawa Autora stanowi zwarte i klarowne opracowanie. Wśród najważniejszych aspektów pracy można wymienić: aktualność podjętej problematyki, szerokie sprecyzowanie obszaru badań, obejmujących zbiór ważnych i ciekawych informacji, możliwych do wykorzystania w teorii i praktyce.

Spośród informacji o dysertacji Autora warto wymienić:

- sposób ukształtowania obiektów do realizacji badań,
- korzystanie z opracowań naukowych do rozwijania podejmowanej problematyki,
- prezentacja elementów eksperymentów pracy układu,
- analiza wyników badań zbioru elementów układu,
- korzyści psychologiczne i finansowe z budowanych i stosowanych układów.

Koncepcja wykonania pracy, wybór teorii, przygotowanie badań, wykonanie badań, opis wykonanego programu badań i sposób przedstawienia rezultatów, te wzorcowo przeprowadzone działania Autora pracy są w pełni wystarczające do uzyskania tytułu doktora nauk technicznych. Recenzowana praca doktorska Pana mgr inż. Mirosława Neski spełnia wszystkie ustawowe (art. 187 ust. z dnia 20 lipca 2018r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce – Dz.U.2022 poz.574 z późn. zm.) i zwyczajowe wymagania stawiane rozprawom doktorskim. Moja ocena pracy jest pozytywna i wnoszę dopuszczenie rozprawy Pana mgr inż. Mirosława Neski do publicznej obrony.

Stanisław Chmielecki