

ANALIZA PRZEBIEGU NAGRZEWANIA REZYSTANCYJNEGO SPIRALI Z WYKORZYSTANIEM TECHNIK FILMOWYCH

Ewa Piotrowska

Katedra Podstaw Inżynierii, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Streszczenie. Przeprowadzono badania w celu określenia zachowania pola cieplnego w stanach dynamicznych. Wykorzystano metodę wizualizacji za pomocą smugoskopu. Rejestrowano przebieg nagrzewania rezystancyjnego spirali wykonanej z miedzi. Badania prowadzono również z dodatkowym prętem w bliskim otoczeniu spirali oraz przy zastosowaniu osłony. Analiza otrzymanych obrazów wskazuje na zjawiska, które wydają się sugerować istnienie parametrów różnych od oporu cieplnego i pojemności cieplnej, mających wpływ na przebieg dynamiki pola cieplnego.

Słowa kluczowe: termodynamika, elektrotechnika, indukcyjność, wizualizacja

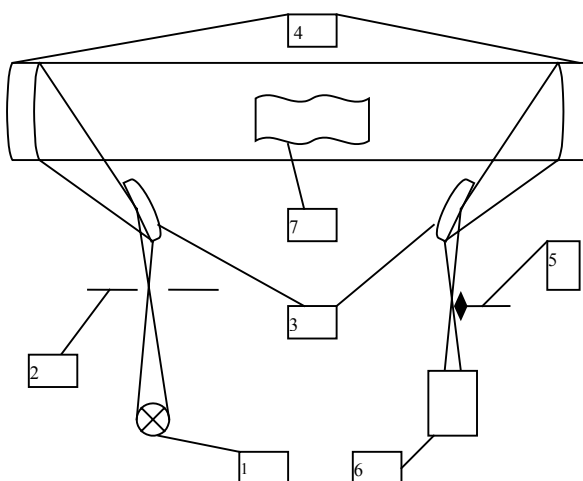
Wstęp

Urządzenia wykorzystujące zasoby energii odnawialnej, a więc słońce, wiatr, energię geotermalną, biomasę, są zazwyczaj wykorzystywane niezależnie od siebie. Jeśli są łączone w system hybrydowy, to pojawia się zasadnicza trudność w opisie takiego systemu, związana ze zróżnicowaniem przekształcanej, a zwłaszcza otrzymywanej energii. Jest to energia mechaniczna, elektryczna, cieplna. Aby zatem jej opis ująć w spójny system, umożliwiający prowadzenie symulacji i prawidłowy dobór oraz wykorzystanie wszystkich elementów (a także opracowanie sterowania pracą takiego systemu), celowym wydaje się umowne sprowadzenie wszystkich rodzajów energii do pewnej uniwersalnej jej formy, na przykład energii elektrycznej. Dla tego rodzaju energii możliwy jest dokładny jej opis i zastosowanie zaawansowanych narzędzi do budowania modeli matematycznych, a co za tym idzie, do analizy i badań symulacyjnych systemu. Metoda opisująca wszystkie składniki takiego systemu w sposób analogiczny do obwodów elektrycznych nazywana jest metodą zastępczej sieci cieplnej [Chochowski 1991; Chochowski 2001; Wójcicka-Migasiuk 2001].

Do tworzenia takiej sieci używana jest analogia termoelektryczna, wykorzystująca podobieństwa (zwłaszcza na poziomie równań opisujących procesy) zjawisk elektrycznych i cieplnych. Jest to analogia między wieloma parametrami mającymi swoje odpowiedniki w termokinetyce i w elektrotechnice [Hering 1980].

Cele i metodyka badań

W związku z opisanymi już podobieństwami istniejącymi na różnych poziomach procesów elektrycznych i cieplnych celowym wydało się zbadanie prawidłowości zachodzących w stanach dynamicznych. Analiza dynamicznych stanów cieplnych wydaje się sugerować istnienie zjawisk odpowiadających swoim charakterem indukcyjności w obwodach elektrycznych. Analogia termoelektryczna wykorzystuje podobieństwa w obrębie dużej grupy parametrów. Napięciu odpowiada różnica temperatur, prądowi elektrycznemu strumień cieplny, oporowi elektrycznemu opór cieplny. Podobnie jak pojemności elektrycznej odpowiada pojemność cieplna, tak wydaje się możliwe przypuszczenie, że indukcyjności elektrycznej odpowiada wielkość, którą można określić jako indukcyjność cieplna, czyli parametr określający zdolność do magazynowania energii w polu temperatur wokół przewodnika. Sugeruje to magazynowanie i wzajemne przekształcenie energii kinetycznej i potencjalnej. Podobnie jak energia potencjalna jest gromadzona w pojemności cieplnej, tak analogicznie energia kinetyczna powinna być związana z indukcyjnością. Celem przedstawionych badań była analiza zachowania pola cieplnego przy zmiennym strumieniu cieplnym i obserwacja zjawiska przejmowania energii cieplnej.



Rys. 1. Uproszczony schemat stanowiska pomiarowego: 1 – źródło światła, 2 – szczelina, 3 – zwierciadła płaskie, 4 – zwierciadła sferyczne, 5 – nóż optyczny, 6 – kamera, 7 – badany przedmiot (spirała)

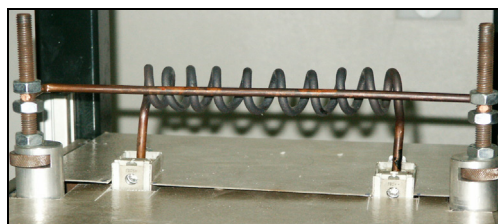
Fig. 1. Simplified diagram of measurement setup 1 – light source, 2 – gap, 3 – plane mirrors, 4 – spherical mirrors, 5 – optical knife, 6 – camera, 7 – examined object (spiral)

W badaniach zastosowano metodę wizualizacji, której podstawą jest wykorzystanie zjawiska zmian kąta załamania światła podczas przechodzenia przez ośrodek o różnej gęstości. Ta zmienność kąta załamania powoduje rozpraszanie wiązki promieni w jednym

Analiza przebiegu nagrzewania...

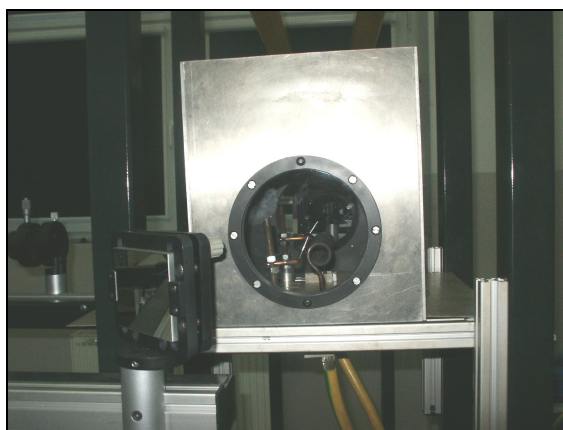
obszarach, a zagęszczanie w innych, dzięki czemu pewne fragmenty obrazu stają się jaśniejsze, a inne ciemniejsze. Zarejestrowanie wiązki światła po przejściu przez badany obszar daje obraz zmienności gęstości. W opisywanym przypadku tej zmienności gęstości odpowiadała zmienność pól temperatury w otoczeniu badanego obiektu. Wyższej temperaturze obszaru odpowiadała mniejsza gęstość powietrza i jaśniejszy obraz.

Przeprowadzono badania nagrzewania rezystancyjnego spirali wykonanej z miedzianego drutu o długości 1000 mm i średnicy 6 mm (po zwinięciu długość spirali wynosiła około 20 cm.). Spirala została włączona w obwód elektryczny, opisany szczegółowo w pracy [Chochowski, Piotrowska 2005]. Do wizualizacji procesu wykorzystano smugoskop, schemat stanowiska pomiarowego jest przedstawiony na rysunku 1. Widok ogólny stanowiska pomiarowego oraz obraz spirali wraz z towarzyszącym jej w części doświadczeń poziomym prętem miedzianym znajduje się na rysunku 2.



Rys. 2. Widok ogólny stanowiska pomiarowego z wykorzystaniem smugoskoku oraz ustawienie spirali z prętem

Fig. 2. General view of measurement setup with a streakscope and position of the spiral with rod



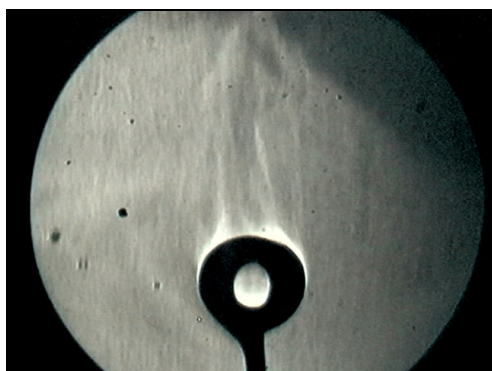
Rys. 3. Widok osłony na spiralę od strony zwierciadła sferycznego

Fig. 3. View of spiral guard from spherical mirror side

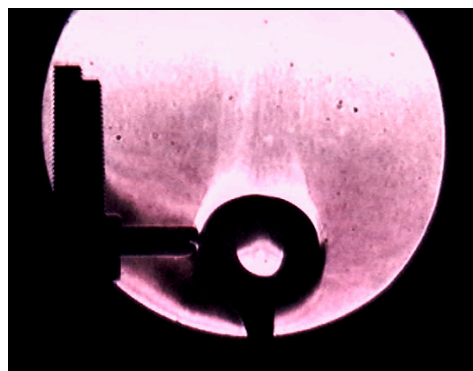
Doświadczenia przeprowadzono początkowo z samą tylko spiralą, następnie w bardzo bliskiej odległości od niej zamocowano pręt, którego obecność miała na celu umożliwić dokładniejszą obserwację zmian pola temperatury. W części doświadczeń zamocowano również prostopadłościenną osłonę, wewnątrz której została umieszczona spirala. Jej widok został zaprezentowany na rysunku 3. Osłona została wykonana z aluminium, pomalowana wewnątrz na czarno w celu uniknięcia dodatkowych odbić promieni. Zostały w niej wycięte otwory na drodze wiązki światła i zasłoniętymi płytkami ze szkła kwarcowego (nie zniekształcającego przebiegu strumienia światła). Osłona miała na celu wyeliminowanie wpływu otoczenia na przebieg zjawiska, w szczególności zminimalizowanie falowania pochodzącego od ruchów powietrza.

Wyniki badań i ich dyskusja

Przykładowe obrazy (będące klatkami otrzymanych filmów) dla spirali ustawionej wzdłuż przebiegu strumienia świetlnego przedstawiono na rysunku 4 i rysunku 5.



Rys. 4. Widok nagrzewanej spirali w smugoskopie
Fig. 4. View of heated spiral in the streak-scope



Rys. 5. Widok spirali ze zbliżonym prętem przy zastosowaniu osłony
Fig. 5. View of the spiral with rod brought closer and with installed guard

Doświadczenie pokazane na rysunku 4 było prowadzone przy spirali zamocowanej z pozostawieniem wokół niej swobodnej przestrzeni, natomiast zdjęcie prezentowane na rysunku 5 było wykonane dla spirali zamocowanej w osłonie. Dodatkowym elementem był w części doświadczeń poziomy pręt miedziany, ustawiony równoległe do osi spirali, pokazany na rysunku 2. Na rysunkach 4 i 5 można zaobserwować największe wartości temperatur nad spiralą, co jest oczekiwane, bo tam sumuje się działanie konwekcji i promieniowania. Ciekawy jest rozkład pola temperatur wewnątrz spirali, charakteryzujący się pewnym dławieniem. Wartości tam obserwowane są niższe od tych nad spiralą, a przede wszystkim ich pewien wzrost występuje jedynie w bardzo bliskim otoczeniu pręta, tuż nad jego powierzchnią. Z pewnością wewnątrz spirali utrudnione jest zjawisko konwekcji, a więc ma ono decydujący wpływ (większy od promieniowania) na przebieg zjawisk cieplnych związanych z ogrzewaniem rezystancyjnym.

Dodatkowy element (pręt) wprowadzony w bliskie otoczenie nagrzewanej spirali wskazuje na zmianę zachowania pola cieplnego, jego pewne zagęszczanie i jakby zakrzywianie w stronę pręta (rysunek 5). Pręt miedziany ma znacznie wyższą wartość przewodności cieplnej w porównaniu z otaczającym spiralę powietrzem, a zatem ma większą zdolność szybkiego przejmowania energii kinetycznej pola cieplnego i to może tłumaczyć zagęszczenie pola w otoczeniu pręta. Zjawisko to może sugerować przypuszczenie o istnieniu jeszcze innego czynnika, różnego od dotychczas rozpatrywanych oporów i pojemności cieplnych, mającego wpływ na rozkład pola temperatur. Czynnikiem ten związany jest z energią kinetyczną pola cieplnego i jego rola jest podobna do roli indukcyjności w obwodach prądu zmiennego.

Bibliografia

- Chochoński A.** 1991. Analiza stanów termicznych płaskiego kolektora słonecznego. Wydawnictwo SGGW. Warszawa. ISBN 83-00-02700-9.
- Chochoński A.** 2001. Metoda analizy zintegrowanych systemów zasilania energią ze źródeł odnawialnych. Prace naukowe Politechniki Warszawskiej. Elektryka Z.116. s. 93-102.
- Chochoński A., Piotrowska E.** 2005. Technika pomiarów temperatury procesów szybkozmiennych. Inżynieria Rolnicza. Nr 10(70). s. 41-47.
- Hering M.** 1980. Termokinetyka dla elektryków. WNT. Warszawa. s. 148-159.
- Wójcicka-Migasiuk D.** 2001. Zastosowanie metody potencjałów węzłowych do analizy i projektowania instalacji słonecznych ciepłej wody. Acta Agrophysica Nr 39. Lublin. ISBN 83-87385-50-6.

ANALYSIS OF RESISTANCE HEATING PROGRESS FOR A SPIRAL USING FILM-MAKING TECHNIQUES

Abstract. The research was carried out in order to determine thermal field behaviour in dynamic states. A streakscope visualisation method has been employed. The researchers were registering resistance heating progress for a copper spiral. The tests were also performed with an additional rod placed in vicinity of the spiral and using the guard. The analysis of obtained images indicates phenomena that seem to suggest existence of other parameters than thermal resistance and thermal capacity, which affect the progress of thermal field dynamics.

Key words: thermodynamics, electrical engineering, inductance, visualisation

Adres do korespondencji:

Piotrowska Ewa; e-mail: ewa_piotrowska@sggw.pl
Katedra Podstaw Inżynierii
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego
ul. Nowoursynowska 164
02-787 Warszawa