

Streszczenie

W niniejszej pracy doktorskiej opisano wyniki związane z opracowaniem systemu zarządzania ciepłem w układach elektronicznych małych satelitów. W ostatnich latach w przemyśle kosmicznym obserwuje się trend związany ze zwiększaniem mocy elektrycznej urządzeń w przeliczeniu na ich jednostkę masy. Rolą systemów zarządzania ciepłem jest zapewnienie odpowiednich warunków pracy urządzeń elektronicznych zgodnie z ich specyfikacjami technicznymi, dedykowanymi im wymaganiami misji kosmicznej oraz ograniczenie ich przedwczesnego zużycia. W celu wytypowania właściwej technologii mogącej być częścią takiego systemu dla jednostek obliczeniowych (z ang. data processing units) opartych o układy FPGA wykonano rozległe studium literatury. Skutkiem tej analizy było wytypowanie materiałów zmiennofazowych jako kandydata do ograniczenia amplitud temperatury pracy jednostki obliczeniowej podczas jej cyklicznej pracy w ruchu orbitalnym. W tym celu wykorzystano wysoką wartość ciepła przemiany fazowej (ciepło utajone) materiału organicznego n-ecosane, który podczas przemiany fazowej absorbuje dużą ilość energii, a przy studzeniu oddaje ją w postaci ciepła, stabilizując w ten sposób temperaturę układów elektronicznych. Aby jednak doprowadzić do przemysłowego wdrożenia tak zaproponowanego rozwiązania przedsięwzięto działania mające na celu budowę komputerowego modelu numerycznego jednostki obliczeniowej wraz z wykorzystaniem analizy wrażliwości i kwantyfikacji niepewności. Takie podejście przyczyniło się do wykazania które ze zmiennych wraz z ich niepewnościami biorącymi udział w symulacjach mają największy wpływ na wyniki oraz w jaki sposób. Wiedza ta została następnie wykorzystana do budowy prostego układu eksperymentalnego służącego do walidacji sposobu opisu parametrów cieplnych wytypowanego materiału PCM. Przeprowadzona walidacja wykazała dużą zgodność parametrów symulacji z wynikami eksperymentalnymi co umożliwiło budowę docelowego urządzenia. Ostatnim etapem była budowa systemu zarządzania ciepłem dla opracowanej w KP Labs Sp. z o.o. jednostki obliczeniowej zgodnej ze standardem SpaceVPX. Standard ten narzucał główne wymagania mechaniczne i cieplne dla urządzenia, a zaproponowany układ oparty o PCM musiał się w nie wpasować co zgodnie z wykonanym przeglądem rozwiązań w branży nosi znamiona nowości rynkowej. Ostateczne eksperymenty wykonane z wykorzystaniem wysokiej klasy aparatury badawczej jaką była komora termiczno-próżniowa, a także symulacje numeryczne bazujące na nich wykazały przydatność zaproponowanego rozwiązania poprzez redukuje amplitudy temperatur pracy urządzenia. Takie wyniki prowadzą do korzyści związanych ze zmniejszeniem poziomu awaryjności urządzeń oraz umożliwiając pracę z wydajnością obliczeniową wyższą niż bazowa co przyczynia się do budowy przewagi konkurencyjnej produktów firmy KP Labs Sp. z o.o.

Słowa kluczowe: System zarządzania ciepłem, PCM, materiał zmiennofazowy, FPGA, DPU, satelita