

## Streszczenie

Ponad 80% obecnie wykorzystywanej energii pochodzi ze źródeł kopalnych. Szacuje się, że przy obecnym tempie rozwoju, zasobów tych może starczyć jedynie na kilkadziesiąt lat. W związku z tym nie ustają poszukiwania nowych źródeł energii, przy czym jednym z eksplorowanych kierunków jest proces fuzji termojądrowej. W tym celu przeprowadza się zaawansowane technologicznie eksperymenty z wykorzystaniem gorącej plazmy tokamakowej. Pozyskanie energii z procesu syntezy wymaga bowiem utrzymania plazmy w temperaturze 100 mln stopni. Jest to bardzo trudny, nieprzewidywalny i niepowtarzalny proces. Dlatego w celu monitorowania i analizy stanu plazmy, tokamaki obudowuje się systemami diagnostycznymi. Obecnie konstruowane wielokanałowe systemy diagnostyczne muszą zapewniać pomiar parametrów plazmy w czasie rzeczywistym oraz ich kontrolę w trybie pracy niskolatencyjnego sprzężenia zwrotnego. Te wymagania powodują, że w takich systemach krytyczny staje się etap agregacji, koncentracji i porządkowania wieloźródłowych danych.

W pracy zostały przedstawione współcześnie wykorzystywane systemy diagnostyczne gorącej plazmy tokamakowej ze szczególnym zwróceniem uwagi na systemy służące do diagnostyki transportu domieszek plazmy. Wykazano potrzebę umiejscowienia w torze pomiarowym systemów diagnostycznych modułów koncentrujących wielokanałowe dane charakteryzujących się wysoką przepustowością oraz niską stratnością, których brak może znacznie osłabić możliwości pomiarowe systemów diagnostycznych oraz utrudnić rejestrację wiarygodnych rezultatów. Omówiono istniejące moduły koncentratorów danych w systemach diagnostycznych przeznaczonych do eksperymentów plazmy tokamakowej oraz eksperymentów wysokich energii. Przeprowadzona analiza literatury wykazała brak modelowych rozwiązań w zakresie koncentracji i porządkowania wielokanałowych danych w niskolatencyjnych systemach diagnostycznych czasu rzeczywistego dedykowanych do monitorowania gorącej plazmy tokamakowej.

W pracy zaproponowano uniwersalny, wysokoprzepustowy model koncentratora wielokanałowych danych pomiarowych o dużej intensywności, dedykowany do układów FPGA. Model jest przeznaczony do niskolatencyjnych systemów diagnostycznych czasu rzeczywistego pracujących w trybie sprzężenia zwrotnego wykorzystywanych w eksperymentach gorącej plazmy tokamakowej. Koncentrator jest konfigurowalny w szerokim zakresie z uwzględnieniem dostępnych zasobów w układzie FPGA. Zaproponowany model porządkuje dane w dwóch wymiarach, co znacznie upraszcza operacje numeryczne na dalszych etapach przetwarzania danych w systemie. Dodatkowo, poza omówieniem modelu, został przedstawiony jego symulator, stworzony w środowisku Octave. Pozwala on dobrać i ocenić konfigurację koncentratora pod kątem charakteru danych pomiarowych.

Prezentowany model został opracowany w języku VHDL oraz przetestowany za pomocą zaawansowanego i zautomatyzowanego środowiska testowego - tzw. *testbench'a*. W celu praktycznego potwierdzenia prawidłowości postawionej tezy oraz weryfikacji poprawności opracowanego koncentratora wykorzystano system diagnostyki transportu domieszek plazmy dedykowany do tokamaka WEST. System składa się z wielokanałowego detektora GEM, elektronicznego systemu pomiarowego oraz komputera wbudowanego. Elektroniczny system pomiarowy zawiera m.in z układu FPGA, w którym zaimplementowano przedstawiony model. Na potrzeby prawidłowej konfiguracji koncentratora, uwzględniającej dostępne zasoby w układzie, wykorzystano zaprojektowany symulator. Przeprowadzono również serię testów laboratoryjnych koncentratora z programowo generowanymi pulsami oraz z rzeczywistymi, zewnętrznymi źródłami promieniowania w postaci lampy rentgenowskiej oraz izotopu żelaza  $^{55}\text{Fe}$ . Rezultaty zostały opracowane i omówione.