

Streszczenie

Niniejsza rozprawa dotyczy rozszerzenia metod Probabilistycznych Analiz Bezpieczeństwa (PSA) na zastosowania w wysokotemperaturowych reaktorach jądrowych chłodzonych gazem (HTGR). Metodyka PSA to powszechnie stosowane podejście do oceny bezpieczeństwa i niezawodności elektrowni jądrowych. Odgrywa ona kluczową rolę w procesie licencjonowania, zapewniając ilościową ocenę potencjalnych sekwencji awarii i związanych z nimi ryzyk, które można wykorzystać do identyfikacji i uporządkowania potencjalnych scenariuszy awarii oraz do udoskonalenia projektu reaktora. Celem niniejszej pracy było ulepszenie standardowego podejścia do analiz PSA poprzez zastosowanie symulacji niezawodności i dostępności w ciągu całego cyklu życia reaktora, jako alternatywy dla klasycznych obliczeń, bazujących na statycznych modelach drzew zdarzeń i uszkodzeń. Praca koncentruje się na uwzględnieniu ograniczeń metodologii PSA w kontekście jej zastosowania do reaktorów wysokotemperaturowych oraz dostosowania jej do unikalnych warunków eksploatacji i cech bezpieczeństwa HTGR. W tym celu, opracowane zostały standardowe modele PSA, obejmujące drzewa zdarzeń i drzewa uszkodzeń dla reprezentatywnego zdarzenia inicjującego w HTGR, tj. utraty wymuszonego przepływu chłodziwa (LOFC). Następnie, zaproponowane zostało nowe podejście, w którym drzewa uszkodzeń zastąpiono przez kompleksowe symulacje cyklu życia reaktora, umożliwiające m.in. dokładniejszą ocenę niezawodności i dostępności systemów w ramach modeli PSA. Zaproponowana metoda została zastosowana dla reaktora HTTR (High-Temperature engineering Test Reactor), jako referencyjnego HTGR, ze szczególnym uwzględnieniem wariantu utraty wymuszonego przepływu chłodziwa ze stratą ciśnienia (DLOFC). Analiza częstości LOFC i związanego z tym ryzyka pokazuje, że ta metoda zapewnia bardziej kompleksową ocenę potencjalnej awarii w HTGR. Ponadto, ulepszona metodyka PSA okazuje się elastycznym i skutecznym podejściem w ocenie ryzyka związanego z szeregiem potencjalnych awarii HTGR. Wyniki tej pracy wskazują, że ulepszona metodologia PSA jest użytecznym narzędziem do projektowania i oceny bezpieczeństwa HTGR. Nowa metoda odzwierciedla unikalne cechy i warunki pracy HTGR, zapewniając w ten sposób bardziej realistyczną ocenę potencjalnych zagrożeń i kluczowe wnioski dla niezawodnej i bezpiecznej eksploatacji.