

O symulatorze reaktora jądrowego MARIA

(opracowano w Warszawie, 10.2008)

CC Otwarte Systemy Komputerowe Sp. z o.o.

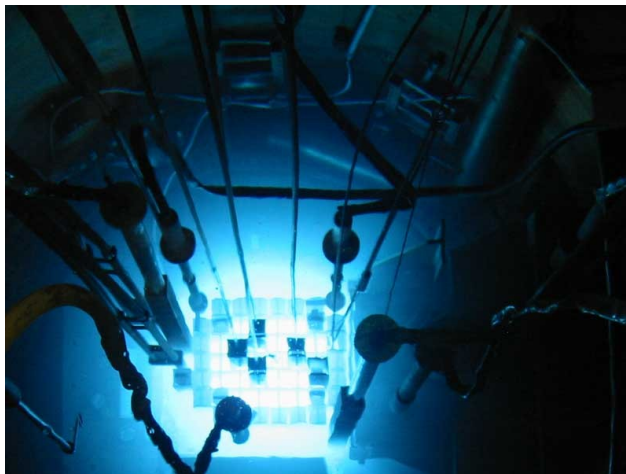
Firma "CC Otwarte Systemy Komputerowe" wykonała dla Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej komputerowy symulator reaktora jądrowego MARIA. Beneficjentem projektu jest Instytut Energii Atomowej w Świerku pod Warszawą. Projekt budowy symulatora został zrealizowany w okresie lipiec-październik 2008 i był finansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach programu "Transition Facility 2005/017-488.03.06 Bezpieczeństwo jądrowe i ochrona radiologiczna". Głównym przeznaczeniem opracowanego symulatora będzie obsługa szkoleń organizowanych przez IEA i CLOR. W związku z realną perspektywą reaktywacji programu energetyki jądrowej w Polsce, szczególnego znaczenia nabiera program szkolenia kadr, którego istotnym elementem jest opracowany przez naszą firmę symulator.

O reaktorze Jądrowym MARIA

MARIA to reaktor badawczy o mocy 20-30 MW, skonstruowany jako reaktor wielozadaniowy o wysokim strumieniu neutronów. Budowę rozpoczęto w 1970 r., reaktor oddano do eksploatacji w 1975 r. W okresie 1986-1992 przechodził gruntowną modernizację. W chwili obecnej jest prowadzona normalna eksploatacja. Wg wstępnych technicznych analiz reaktor MARIA może być eksploatowany do 2020 roku, a po modernizacji do 2050 - 2060 roku. MARIA jest reaktorem wodno-berylowym. Paliwem jądrowym są zestawy paliwowe zawierające uran wzbogacony do 36% (w 2009 r. planowane jest przejście na paliwo o niższym stopniu wzbogacenia). Każdy element paliwowy jest umieszczony w kanale technologicznym indywidualnie połączonym z pierwotnym obiegiem chłodzenia paliwa. Jako elementy regulacyjne, kompensacyjne i bezpieczeństwa stosowane są pręty z węglikiem boru koszulkowanego w aluminium.

Obecnie reaktor MARIA jest wykorzystywany m.in. do:

- neutronowych badań fizycznych,
- radiografii neutronowej,
- produkcji radioizotopów,
- neutronowej modyfikacji materiałów (domieszkowanie krzemu, barwienie minerałów),
- szkolenia kadr



Fotografia rdzenia reaktora MARIA – źródło IEA.

Reaktor MARIA jest obecnie jednym z najlepszych reaktorów tej klasy w Europie. Wysoki strumień neutronów w rdzeniu, możliwość dostosowania konfiguracji rdzenia do wymogów użytkowników, stosunkowo "młody wiek" urządzenia oraz lokalizacja z dala od dużych aglomeracji ludzkich - są argumentami przemawiającymi za efektywną i co najmniej dwudziestoletnią dalszą eksploatacją tego reaktora. (wg. IEA)

O symulatorze

Opracowany symulator obejmuje: zjawiska neutronowe zachodzące w reaktorze, automatykę sterowania oraz procesy średnio-trwałe takie jak zatrucie jodowo-ksenonowe. Symulator wiernie oddaje wygląd sterowni reaktora w zakresie symulowanych zjawisk. Zobrazowany jest panel sterujący oraz wizualizacja rdzenia - tak jak w sterowni reaktora. Symulacja obejmuje takie fazy pracy jak: rozruch, pracę w stanie stabilnym, zatrzymanie oraz zatrucie. Symulacja realizowana jest poprzez numeryczne rozwiązywanie w czasie rzeczywistym zestawu równań różniczkowych opisujących głównie bilans neutronowy reaktora. Model matematyczny reaktora opracowany został przy współudziale pracowników IEA w Świerku.

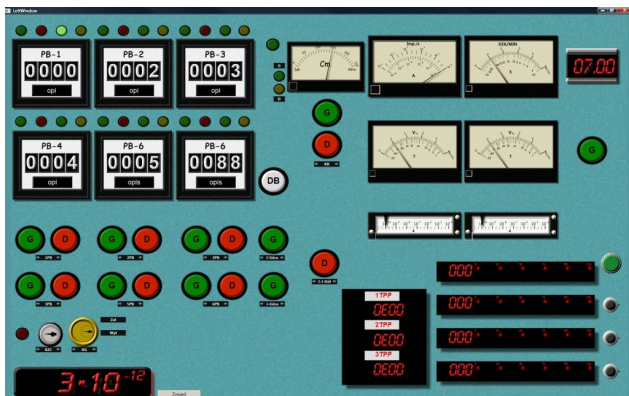
Program symulatora napisano z wykorzystaniem technologii Microsoft .Net Framework 3.5. Interfejs użytkownika aplikacji zaprojektowany i wykonany z wykorzystaniem Windows Presentation Foundation. Komunikacja między modułami systemu zrealizowana w oparciu o Windows Communication Foundation, umożliwia elastyczną konfigurację protokołu oraz zabezpieczeń transmisji, bez konieczności modyfikacji elementów rozwiązania.

W oprogramowaniu symulatora zastosowano model klient-serwer. Do serwera obliczeniowego, na którym wykonywane jest numeryczna symulacja reaktora może być podłączonych wiele stanowisk klienckich.

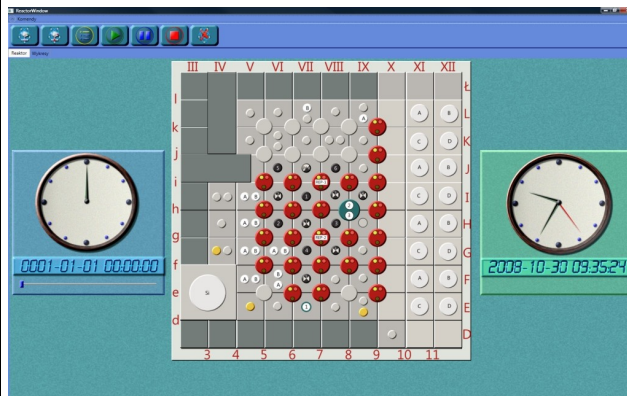
Serwer obliczeniowy posiada funkcjonalność uruchomienia wielu instancji wątków obliczeniowych reaktora, każda instancja symuluje odrębny cykl uruchomienia. Konfiguracja serwera obliczeniowego umożliwia w elastyczny sposób zmianę modelu matematycznego i dostosowanie symulacji do rzeczywistych parametrów reaktora (zmiana reaktywności poszczególnych elementów, zmiana prędkości poruszania prętów, progi bezpieczeństwa, układ elementów na mapie reaktora, modyfikacja współczynników modelu matematycznego, itd.).

Typowo konfigurowane są dwa stanowiska - ucznia oraz trenera. Trener posiada wgląd w interfejs użytkowy ucznia, a dodatkowo może m. in. zadawać określone scenariusze zachowania reaktora - np. sytuacje awaryjne. Trener uzyskuje też dodatkowe informacje, które nie są dostępne w rzeczywistej sterowni - np. wykresy czasowe określonych parametrów pracy. Symulator pracuje w czasie rzeczywistym jednak do symulacji zjawisk średnio-terminowych takich jak zatrucie rdzenia (którego przebieg zamyka się w okresie kilku - kilkudziesięciu godzin czasu rzeczywistego) możliwe jest przyspieszenie czasu symulacji, dla każdej z instancji oddzielnie.

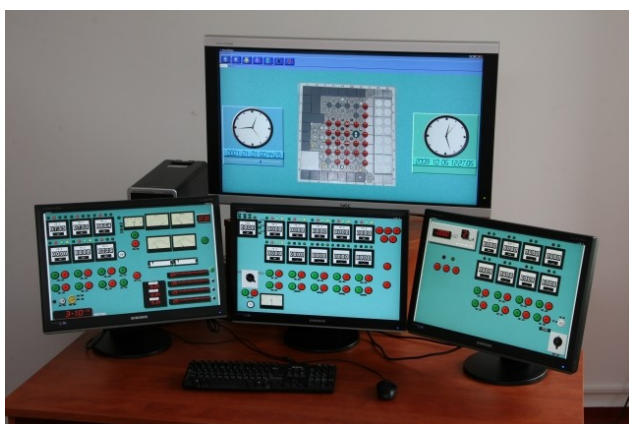
Obecna konfiguracja symulatora obejmuje dwa komputery: serwer obliczeniowy będący jednocześnie jednym z terminali klienckich i drugą stacją kliencką. Obrazowanie sterowni odbywa się na 3 monitorach 23" i jednym monitorze 40".



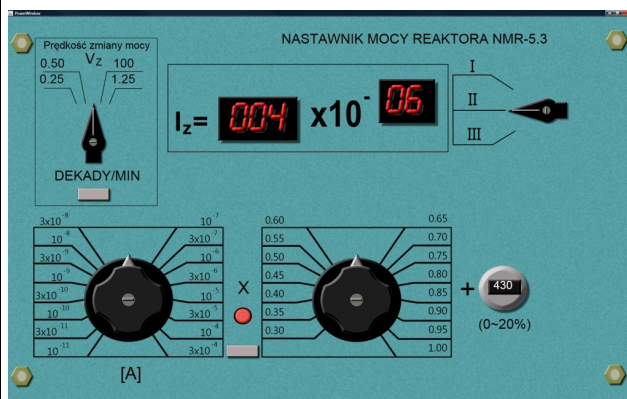
Panel sterowania reaktora – zrzut z ekranu symulatora (fragment)



Wizualizacja rdzenia reaktora – zrzut z ekranu symulatora



Symulator w konfiguracji testowej (zdjęcie)



Nastawnik mocy reaktora – zrzut z ekranu symulatora

Wykorzystany sprzęt i oprogramowanie systemowe

Wykorzystywane są komputery firmy Dell: Serwer obliczeniowy - Precision T3400 w konfiguracji z 4 GB RAM. Stosowane jest obrazowanie na 4 monitorach 23 i 40", które odbywa się za pośrednictwem dwu kart nVidia NVS 290; komputer operatora - Dell OptiPlex™ 330 Desktop. Jako system operacyjny wykorzystany może być Microsoft XP Pro lub Vista. Komputery połączone są siecią Gigabit Ethernet.

Dodatkowe Materiały:

Strona WWW Instytutu Energii Atomowej w Świerku: <http://www.cyf.gov.pl/>

Strona WWW Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej : <http://www.clor.waw.pl/>

Więcej informacji o reaktorze Maria:

- http://pl.wikipedia.org/wiki/Reaktor_Maria
- http://www.cyf.gov.pl/historia_ang.html
- <http://www.paa.gov.pl/?frame=4.1.1>