Evolutia Sistemelor de Masura si Control din Instalatiile Nucleare: De la Instrumentatia Clasica si Metode Conventionale la Controlul Bazat pe Inteligenta Artificiala

Cosmin Ivan, Alexandru Florea, Ion Pirvu
RATEN ICN, Mioveni, Str. Campului nr.1
cosmin.ivan@nuclear.ro

1.	Reactor physics and nuclear safety	☐
2.	Physics and engineering of nuclear materials	☐
3.	Applied Chemistry of Nuclear Systems	☐
4.	Nuclear Facility Engineering	☐
5.	Robotics and automation in nuclear facilities	☐
6.	Radioactivity: applications, dosimetry, radiation protection, radioactive waste management	☐
7.	Vocational training and education for the nuclear field	☐
8.	Advanced reactors, SMRs and emerging technologies	☐
9.	Artificial Intelligence and Digital Twin in Nuclear	☒
10.	Nuclear Photonics	☐
11.	Nuclear fusion	☐

Evolutia Sistemelor de Masura si Control din Instalatiile Nucleare: De la Instrumentatia Clasica si Metode Conventionale la Controlul Bazat pe Inteligenta Artificiala

Cosmin Ivan, Alexandru Florea, Ion Pirvu
RATEN ICN, Mioveni, Str. Campului nr.1
cosmin.ivan@nuclear.ro

ABSTRACT

Modernizarea Instrumentatiei de masura si Control (I&C) presupune tranzitia sistemelor de achizitie, masura si control analogice, la versiuni digitale bazate pe dispozitive PLCs (Programmable Logic Controllers), cu functii de autodiagnoza si software specific de verificare si validare “on-line”.

Utilizarea tehnicilor si conceptelor avansate, a noilor tehnologii privind prelucrarea inteligenta si transferul informatiei permit realizarea de sisteme integrate pentru prelucrarea si prezentarea informatiilor.

Dezvoltarea interfetelor om-masina (HMI) adaptate programelor software de actualitate, in paralel cu dezvoltarea metodelor de prelucrare a informatiei de proces bazate pe inteligenta artificiala (IA), si utilizarea algoritmilor de invatare automata contribuie la controlul, monitorizarea si analiza datelor, previn supraincarcarea operatorilor cu un flux ridicat de semnale, alarme sau atentionari, contribuind astfel la operarea sigura si eficienta a reactorilor clasici dar si a reactorilor avansati.

Evolutia sistemelor de control din instalatiile nucleare reflecta tranzitia de la metodele conventionale de automatizare la strategii avansate, capabile sa gestioneze dinamici complexe, neliniaritati si interactiuni intre variabilele procesului. In acest context, integrarea inteligentei artificiale in sistemele de control predictiv reprezinta o directie de cercetare cu potential de imbunatatire a performantei si eficientei operationale.

Lucrarea analizeaza aceasta evolutie tehnologica, cu accent pe utilizarea modelelor neuronale artificiale in cadrul strategiei MPC (Model Predictive Control), aplicata controlului proceselor tehnologice din instalatiile nucleare.

Ca studiu de caz, este prezentat generatorul de abur al centralelor nucleare de tip CANDU, un sistem caracterizat prin comportament dinamic neliniar in stransa legatura cu variabile precum nivelul apei, presiunea aburului si debitele de proces.

Sunt evidentiate limitarile metodelor conventionale de control, inclusiv ale regulatoarelor PID (proportional - integrator - derivativ), precum si avantajele potentiale ale combinarii capacitatii predictive a algoritmilor MPC cu abilitatea rețelelor neuronale de a modela procese dinamice complexe.

Abordarea propusa urmareste dezvoltarea si integrarea unui model neuronal in structura MPC, cu evaluarea performantelor prin simulari in bucla inchisa, in regimuri nominale si perturbate. Evaluarea va viza stabilitatea procesului, reducerea oscilatiilor nivelului apei, comportamentul tranzitoriu si robustetea, prin comparatie cu strategiile conventionale de control.

In lucrare sunt evidentiate oportunitatile si provocarile asociate utilizarii inteligentei artificiale in controlul proceselor nucleare, cu accent pe incertitudinea modelelor, stabilitate si cerinte de siguranta, delimitand totodata perspectivele validarii in simulare ale procesului si ale unei eventuale aplicari industriale.