

ANEXO I DO EDITAL IEN-CNEN Nº 008/2024

PROJETO DE BOLSA DE CAPACITAÇÃO INSTITUCIONAL DE DESENVOLVIMENTO (BCI-DD) NO IEN/CNEN

Título

Desenvolvimento de Sistemas Avançados para Medição de Parâmetros Operacionais em Reatores de Pesquisa

Supervisor: Marcos Santana Farias

1. Introdução

Os parâmetros operacionais em reatores de pesquisa são variáveis que precisam ser monitoradas e controladas para garantir a operação segura e eficiente do reator. Estes parâmetros fornecem informações críticas sobre o estado e o desempenho do reator e são fundamentais para a realização de experimentos científicos e para a manutenção da segurança. Alguns dos principais parâmetros operacionais incluem temperatura, pressão, fluxo de nêutrons, nível de potência, vazão do refrigerante, níveis de radiação e posição das barras de controle.

Para medir esses parâmetros, é necessário o uso de módulos de instrumentação especializados. Esses módulos incluem medidores de taxa de contagem de pulsos, contadores/temporizadores, medidores para baixas correntes em várias escalas (canal linear e logarítmico), fontes de alta e baixa tensão, além de medidores para temperatura, vazão, pressão, condutividade e PH. Cada um desses dispositivos desempenha um papel crucial na coleta de dados precisos e na garantia de que o reator opere de maneira segura e eficiente.

O setor de instrumentação do IEN tem uma longa tradição de pesquisa e desenvolvimento na área de instrumentação para reatores de pesquisa [1][2][3]. Temos trabalhado continuamente para criar e melhorar esses módulos de medição, garantindo que sejam capazes de fornecer dados precisos e confiáveis. Este projeto visa conduzir a continuidade dessas pesquisas e desenvolver novos módulos de instrumentação que atualizarão os reatores de pesquisa que atendemos (Argonauta, IPEN-MB/01 e CDTN-Triga) com tecnologia atualizada, proporcionando melhorias significativas em informações aos operadores, maior eficiência e capacidade de experimentação.

As tecnologias bases a serem utilizadas incluem microcontroladores de alto desempenho, novos protocolos de comunicação sem fio e FPGA (Field-Programmable Gate Array). A tecnologia FPGA permite a criação de hardware digital mais confiável e com maior desempenho, além de possibilitar a reconfiguração rápida e eficiente do hardware [4]. Isso oferece flexibilidade para adaptar os sistemas a novos requisitos ou para otimização contínua, resultando em uma maior longevidade dos equipamentos e redução de custos com manutenção e atualização.

2. Objetivos

2.1. Objetivos Gerais

- Garantir a operação segura e eficiente de reatores de pesquisa: através do desenvolvimento e implementação de sistemas avançados de monitoramento e controle dos principais parâmetros operacionais, assegurar que os reatores funcionem dentro das condições ideais, minimizando riscos e maximizando a eficiência.
- Aprimorar a capacidade de experimentação científica: prover ferramentas e tecnologias que permitem a realização de experimentos mais precisos e complexos, contribuindo para o avanço da pesquisa nuclear e a inovação científica.

2.1. Objetivos Específicos

1. Desenvolver novos módulos de instrumentação para medição de parâmetros operacionais utilizando tecnologia no estado da arte, como a de hardware reconfigurável (FPGA):
 - Criar medidores de taxa de contagem de pulsos para monitoramento preciso do fluxo de nêutrons.
 - Desenvolver contadores/temporizadores para medição exata de eventos nucleares em períodos determinados.
 - Implementar medidores para baixas correntes em várias escalas, incluindo canais lineares e logarítmicos, para monitoramento de correntes mínimas associadas a reações nucleares.
 - Desenvolver e integrar fontes de alta e baixa tensão necessárias para alimentar os diversos sistemas de medição e controle.
 - Usar tecnologia FPGA (Field-Programmable Gate Array) para permitir a reconfiguração dinâmica do hardware, oferecendo flexibilidade e capacidade de atualização contínua sem a necessidade de substituição física dos componentes.
2. Atualizar sistemas de medição de temperatura, vazão e pressão:
 - Implementar novos sensores de temperatura que garantam precisão e resposta rápida.
 - Integrar medidores de vazão que forneçam dados contínuos e precisos sobre o fluxo de refrigerante.
 - Desenvolver sistemas de medição de pressão capazes de operar em ambientes extremos e fornecer leituras confiáveis.
3. Melhorar os sistemas de monitoramento de radiação:

- Concluir pesquisas e desenvolver dosímetros de radiação avançados, com sistemas de leitura e armazenamento dos dados, para monitoramento personalizado e preciso da exposição à radiação.
 - Integrar esses dosímetros com os sistemas de monitoração existentes para uma visão holística dos níveis de radiação no reator e nas áreas adjacentes.
4. Desenvolver e implementar interfaces de usuário avançadas:
- Criar interfaces intuitivas para operadores, facilitando o monitoramento e controle dos parâmetros operacionais em tempo real.
 - Assegurar que as interfaces sejam capazes de fornecer alertas imediatos e detalhados em caso de anomalias.
5. Capacitar operadores e técnicos:
- Realizar treinamentos especializados para garantir que os operadores e técnicos estejam plenamente capacitados a utilizar os novos sistemas de instrumentação e controle.
 - Desenvolver manuais e guias detalhados para o uso e manutenção dos novos módulos de instrumentação.
6. Validar e testar os novos sistemas em ambientes reais:
- Realizar testes extensivos dos novos módulos de instrumentação nas instalações do reator.
 - Documentar os resultados e realizar ajustes necessários para otimizar o desempenho e a confiabilidade dos sistemas.

Ao atingir esses objetivos, o projeto não só proporcionará uma atualização significativa nos reatores de pesquisa que atendemos, mas também contribuirá para a manutenção da segurança, eficiência e capacidade de experimentação na pesquisa nuclear.

3. Justificativa

Nosso grupo de pesquisa tem uma longa tradição de desenvolvimento e inovação na área de instrumentação para reatores de pesquisa. Ao longo dos anos, temos trabalhado de forma contínua e rigorosa na criação de módulos de medição e controle que são essenciais para a operação segura e eficiente dos reatores nucleares. Esse histórico robusto de pesquisa fornece uma base sólida para a continuidade e o sucesso do projeto aqui descrito.

A necessidade de monitoramento preciso de parâmetros operacionais, como temperatura, pressão, fluxo de nêutrons, nível de potência, vazão do refrigerante, níveis de radiação e posição das barras de controle, é crítica para a segurança e a eficiência dos reatores de pesquisa. A implementação de módulos de instrumentação especializados, incluindo medidores de taxa de contagem de pulsos, contadores/temporizadores, medidores para baixas correntes, fontes de alta e baixa tensão, e sensores para temperatura, vazão, pressão, condutividade e PH, busca a garantia de que essas medições sejam realizadas de maneira precisa e confiável.

Com o avanço da tecnologia eletrônica, especialmente no campo do hardware reconfigurável (FPGA), temos a oportunidade de desenvolver módulos de instrumentação que são não apenas mais precisos e confiáveis, mas também flexíveis e adaptáveis a novas necessidades e condições operacionais. A utilização de FPGAs permitirá a criação de hardware digital com desempenho superior e a capacidade de reconfiguração dinâmica, prolongando a vida útil dos equipamentos e reduzindo custos com atualizações e manutenção [5].

Dada a complexidade e a amplitude das frentes de desenvolvimento que este projeto abrange, é essencial contar com recursos humanos qualificados e dedicados. Os desafios técnicos apresentados, combinados com as excelentes perspectivas de inovação e aprimoramento, justificam plenamente a contratação de dois profissionais com bolsas de pesquisa. Esses profissionais serão fundamentais para impulsionar as diversas frentes de desenvolvimento do projeto, assegurando que todos os objetivos sejam atingidos de maneira eficiente e dentro dos prazos estipulados.

Em suma, o projeto não só se apoia em uma base sólida de pesquisas anteriores, mas também representa uma oportunidade significativa de avanço tecnológico e científico. A contratação de profissionais dedicados ao projeto permitirá a continuidade e maior rapidez na conclusão dos módulos, assegurando que nossas capacidades de monitoramento e controle de reatores de pesquisa estejam na vanguarda da inovação tecnológica.

4. Metodologia

A metodologia do projeto inclui a análise de requisitos, desenvolvimento, testes, implementação e treinamento. A abordagem será iterativa e colaborativa, com revisões periódicas para garantir que todas as metas sejam cumpridas com sucesso.

Fase 1: Análise de Requisitos e Planejamento

Objetivo: Identificar e documentar os requisitos técnicos e funcionais dos módulos de instrumentação e dos sistemas de monitoramento.

1. Revisão de Literatura e Estado da Arte:

- Revisar estudos e tecnologias existentes na área de instrumentação para reatores de pesquisa.
- Identificar lacunas e oportunidades de melhoria.

2. Definição de Requisitos:

- Consultar operadores de reatores para coletar requisitos detalhados.
- Definir especificações técnicas para cada módulo de instrumentação (medidores de taxa de contagem de pulsos, contadores/temporizadores, medidores para baixas correntes, fontes de alta e baixa tensão, sensores de temperatura, vazão e pressão) com base nos módulos já existentes e em melhorias identificadas nas pesquisas.

3. Planejamento do Projeto:

- Desenvolver um cronograma detalhado com marcos e entregáveis.
- Alocar recursos humanos e materiais necessários.

Fase 2: Desenvolvimento de Hardware e Software

Objetivo: Criar e testar protótipos dos novos módulos de instrumentação utilizando tecnologia atualizada e FPGA.

1. Design de Hardware:

- Especificar e adquirir componentes eletrônicos necessários.
- Desenvolver esquemáticos e layouts de placas de circuito impresso (PCBs).

2. Programação e Configuração FPGA:

- Desenvolver códigos VHDL para FPGAs, permitindo reconfiguração dinâmica do hardware.
- Implementar algoritmos de medição e controle.

3. Desenvolvimento de Software de Controle:

- Criar software de interface para monitoramento e controle dos parâmetros operacionais.
- Integrar sistemas de aquisição de dados e armazenamento de dados.

Fase 3: Testes e Validação

Objetivo: Garantir que os módulos de instrumentação funcionem corretamente e atendam aos requisitos especificados.

1. Testes de Unidade:

- Realizar testes individuais em cada módulo de instrumentação para verificar sua funcionalidade.
- Ajustar e calibrar os sensores e medidores.

2. Testes de Integração:

- Integrar todos os módulos no sistema de controle e monitoração do Reator.
- Realizar testes de integração para verificar a interoperabilidade dos componentes.

3. Validação em Ambiente Controlado:

- Realizar testes em ambientes simulados para verificar o desempenho sob condições operacionais.

Fase 4: Implementação nos Reatores (Argonauta e IPEN-MB/01)

Objetivo: Instalar e validar os novos sistemas de instrumentação no Reator Argonauta.

1. Instalação e Configuração:

- Instalar os novos módulos de instrumentação no Reator Argonauta.
- Configurar os sistemas de controle e monitoramento.

2. Testes de Campo:

- Realizar testes operacionais no reator para verificar o desempenho e a confiabilidade dos sistemas.
- Ajustar e otimizar os sistemas conforme necessário.

Fase 5: Treinamento e Documentação

Objetivo: Capacitar operadores e técnicos para o uso dos novos sistemas e documentar todo o processo.

1. Desenvolvimento de Materiais de Treinamento:

- Criar manuais de usuário e guias de manutenção detalhados.
- Desenvolver materiais de treinamento e planos de aula.

2. Treinamento de Pessoal:

- Realizar sessões de treinamento prático para operadores e técnicos.
- Garantir que todos os usuários estejam proficientes no uso dos novos sistemas.

3. Documentação do Projeto:

- Documentar todas as etapas do projeto, desde a análise de requisitos até a implementação final.
- Produzir relatórios detalhados sobre os resultados dos testes e validação.

Fase 6: Monitoramento e Avaliação Contínua

Objetivo: Assegurar a continuidade e a melhoria dos sistemas implementados.

1. Monitoramento Contínuo:

- Estabelecer um sistema de monitoramento contínuo para avaliar o desempenho dos novos módulos.
- Coletar e analisar dados para identificar possíveis melhorias.

2. Avaliações Periódicas:

- Realizar avaliações periódicas com a equipe de projeto e os operadores do reator.
- Ajustar e atualizar os sistemas conforme necessário para manter a eficiência e a segurança.

Essa metodologia visa garantir um desenvolvimento estruturado e eficiente do projeto, desde a concepção até a implementação, assegurando que todos os objetivos sejam atingidos com sucesso e que os novos sistemas de instrumentação proporcionem melhorias significativas na operação dos reatores de pesquisa.

5. Cronograma de atividades

Atividade	Trimestres												
	Ano 1				Ano 2				Ano 3				
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Análise de Requisitos e Planejamento	X	X	X										
Desenvolvimento de Hardware e Software		X	X	X	X	X	X	X					
Testes e Validação			X	X	X	X	X	X	X	X	X		
Implementação nos Reatores (Argonauta e IPEN-MB/01)				X	X	X	X	X	X	X	X		
Treinamento e Documentação						X	X	X	X	X	X	X	X
Monitoramento e Avaliação Contínua								X	X	X	X	X	X

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Farias, Marcos Santana; OLIVEIRA, M. V. Development of an 'In-mast' Fuel Monitoring System for Nuclear Power Plants. In: International Nuclear Atlantic Conference, 2024, Rio de Janeiro. International Nuclear Atlantic Conference. Rio de Janeiro: ABEN - Associação Brasileira de Energia Nuclear, 2024.
- [2] LACERDA, F.; Farias, Marcos Santana. Modernization of High-Voltage Power Supplies for Ionization Chambers of Argonauta Research Reactor. In: International Nuclear Atlantic Conference, 2024, Rio de Janeiro. International Nuclear Atlantic Conference 2024. Rio de Janeiro: ABEN - Associação Brasileira de Energia Nuclear, 2024.
- [3] Farias, Marcos Santana; Nedjah, Nadia ; Mourelle, Luiza De Macedo ; DE CARVALHO, PAULO VICTOR RODRIGUES . Desenvolvimento de um equipamento portátil para identificação de radionuclídeos. Brazilian Journal of Radiation Sciences, v. 4, p. 1-14, 2016.
- [4] Santana Farias, Marcos; MARTINS, R. H. S.; TEIXEIRA, P. I. N. ; CARVALHO, P. V. R. . FPGA-Based I&C Systems in Nuclear Plants. CHEMICAL ENGINEERING TRANSACTIONS, v. 53, p. 283-288, 2016.
- [5] Farias, Marcos Santana; Nedjah, Nadia; CARVALHO, PAULO VICTOR R. DE. Active redundant hardware architecture for increased reliability in FPGA-based nuclear reactors critical systems. MICROPROCESSORS AND MICROSYSTEMS, v. x, p. 104495, 2022.