



Universidade de Pernambuco (UPE)
Escola Politécnica de Pernambuco (POLI)
Instituto de Ciências Biológicas (ICB)

Coordenação de Pós-Graduação em Engenharia de Sistemas

Proposta de Dissertação de Mestrado

Área: Cibernética
Linha de Pesquisa: Sistemas Energéticos
Título Provisório: Maximização da Arbitragem em Tempo Real de Plantas Híbridas com BESS Utilizando Reinforcement Learning
Orientador: Prof. Dr. Roberto Feliciano Dias Filho
Co-orientador: Prof. Dr. Eduardo Sodré

Descrição:

O presente projeto propõe uma metodologia para maximizar a receita operacional de uma Usina Híbrida (UH), composta por fontes eólicas e fotovoltaicas acopladas a um sistema de armazenamento de energia (BESS), utilizando técnicas de Reinforcement Learning (RL). Essa abordagem busca resolver os desafios associados à operação em mercados de energia dinâmica, como a intermitência das fontes renováveis e os riscos do Mercado de Curto Prazo (MCP). Métodos como Epsilon-Greedy, Q-Learning, Deep Q-Networks (DQN) e Proximal Policy Optimization (PPO) serão explorados para otimizar decisões operacionais.

O BESS desempenha papel central neste contexto, armazenando energia nos momentos de baixa demanda e preços reduzidos e disponibilizando-a em horários de maior consumo e valor elevado de mercado. A função objetivo será maximizar a receita da UH, incorporando a métrica de Conditional Value at Risk (CVaR) para minimizar riscos financeiros. Adicionalmente, a degradação do BESS será considerada por meio da curva Depth of Discharge (DoD), garantindo um planejamento operacional sustentável.

As fontes híbridas são fundamentais para o futuro do setor elétrico, pois permitem maior integração de renováveis ao sistema, reduzindo o *curtailment* e aumentando a confiabilidade do Sistema Interligado Nacional (SIN). Este projeto contribuirá significativamente para a exploração de RL no setor energético, representando uma alternativa às abordagens tradicionais, como a Programação Dinâmica Dual Estocástica (PDDE). Para validação dos métodos, serão usados dados de geração eólica, solar e preços de mercado obtidos de instituições como ONS e CCEE.



Universidade de Pernambuco (UPE)
Escola Politécnica de Pernambuco (POLI)
Instituto de Ciências Biológicas (ICB)

Além do impacto técnico, os resultados poderão orientar empreendedores e operadores na aplicação de tecnologias emergentes para otimização energética. Espera-se apresentar os achados em congressos de prestígio e em publicações acadêmicas, promovendo o avanço do conhecimento na área.

Do Candidato: Formação de graduação em Engenharia Elétrica com ênfase em Eletrotécnica

Referências Bibliográficas: Não foram encontrados nenhum artigo científico em revistas científicas relevantes tratando do tema. As referências abaixo relacionadas são correlatas ao tema:

- [1] P. Winder, *Reinforcement Learning: Industrial Applications of Intelligent Agents*, 1st ed. Massachusetts: O'Reilly, 2020.
- [2] N. G. Rocha, J. M. D. Vilela, G. M. B. Moraes, and J. D. Garcia, "Metodologia para Operação em Tempo Real de Plantas Híbridas com Sistemas de Armazenamento Baseada em Programação Dinâmica Dual Estocástica," presented at XXVII SNPTEE, Brasília, DF, Nov. 2023.
- [3] D. Karunathilake et al., "Degradation-Conscious Multiobjective Optimal Control of Reconfigurable Li-Ion Battery Energy Storage Systems," *Batteries*, vol. 9, no. 217, 2023.
- [4] C. Nge, I. Ranaweera, O. Midtgård, and L. Norum, "A Real-Time Energy Management System for Smart Grid Integrated Photovoltaic Generation with Battery Storage," *Renewable Energy*, vol. 130, pp. 774–785, 2019.
- [5] C. Yagi and K. Takeuchi, "Electricity Storage or Transmission? Comparing Social Welfare Between Electricity Arbitrages," *Energy Economics*, vol. 140, no. 107969, pp. 1–11, 2024.
- [6] K. Abdulla et al., "Optimal Operation of Energy Storage Systems Considering Forecasts and Battery Degradation," *IEEE Transactions on Smart Grid*, vol. 9, pp. 2086–2096, 2018.
- [7] S. S. K. Madahi, B. Claessens, and C. Develder, "Distributional Reinforcement Learning-Based Energy Arbitrage Strategies in Imbalance Settlement Mechanism," *Journal of Energy Storage*, vol. 104, no. 114377, pp. 1–14, 2024.