Parametrização de Dispositivos de Proteção em Plataformas de Petróleo (13,8 kV)

**📊 Escopo do Documento**

Este documento apresenta as recomendações técnicas para parametrização de dispositivos de proteção em sistemas elétricos de potência de 13,8 kV, com aplicação direta em **plataformas de petróleo offshore**. Inclui referências normativas nacionais e internacionais, com foco em **seletividade, sensibilidade e integração com sistemas inteligentes**.

**📄 Normas Técnicas Relevantes**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Norma / Guia | Aplicabilidade | Observação |
| ABNT NBR 14039 | Instalações elétricas em média tensão | Norma base para sistemas de 1 kV a 36,2 kV |
| API RP 14F | Sistemas elétricos em plataformas offshore | Específica para o setor de petróleo |
| IEEE Std 242 | Proteção e coordenação industrial | Buff Book - referência internacional |
| IEC 60255-151 | Curvas IDMT de relés de sobrecorrente | Aplicação em relés 51 |
| IEC 60909 | Cálculo de curto-circuito | Necessário para ajustes de pickup |
| NORSOK E-001 | Instalações offshore (Noruega) | Complementar para sistemas direcionalizados |

**🔹 Relé 87T – Proteção Diferencial de Transformador**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Parâmetro | Faixa Recomendada | Norma de Referência |
| Zona de proteção | Somente o transformador | ABNT NBR 14039 § 6.5 / IEEE 242 § 5.4 |
| Corrente diferencial (Id) | 0.2 a 0.5 x In | IEC 60255-8 / API RP 14F |
| Fator de restrição (K) | 0.2 a 0.6 | IEEE C37.91 |
| Tempo de atuação | Instantâneo (< 30 ms) | IEEE 242 |
| Supervisão inrush | 2ª harmônica (bloqueio) | IEC 60255-121 |
| Recomend. adicionais | CTs classe 5P20 ou superior | API RP 14F |

**🔹 Relé 50 – Sobrecorrente Instantânea**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Parâmetro | Faixa Recomendada | Norma de Referência |
| Pickup | 4 a 8 x In | IEEE C37.112 / IEC 60255-151 |
| Tempo de atuação | Instantâneo (< 20 ms) | IEEE 242 § 7.3 |
| Aplicação recomendada | Curtos próximos | API RP 14F |
| Comentário | Sempre acima da corrente de partida de motores |  |

**🔹 Relé 51 – Sobrecorrente Temporizado (IDMT)**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Parâmetro | Faixa Recomendada | Norma de Referência |
| Pickup | 1.1 a 1.5 x In | IEC 60255-151 / IEEE 242 § 8.2 |
| Curva | NI / VI / EI | IEC 60255-151 |
| TMS | 0.1 a 0.4 | Ajustado conforme seletividade local |
| Coord. entre zonas | ∆t ≥ 0.3 s | IEEE 242 / API RP 14F |
| Função de backup | Coordena com 87T ou relé de barra | ABNT NBR 14039 / IEEE 242 |

**🔹 Relé 67 – Sobrecorrente Direcional**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Parâmetro | Faixa Recomendada | Norma de Referência |
| Pickup | 1.2 a 1.5 x In | IEEE C37.112 / IEC 60255-151 |
| Direcionalidade | Ângulo de 30º a 90º | NORSOK E-001 |
| Aplicação | Sistemas em anel / reversíveis | Plataformas com redundância energizada |

**🔹 Fusíveis Simulados**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Parâmetro | Faixa Recomendada | Norma de Referência |
| Corrente nominal | 1.5 a 2 x In | IEEE 242 § 6.3 / API RP 14F |
| Tempo de atuação | 0.2 a 0.8 s | Curvas tipo K / T |
| Comentário | Deve atuar após relé 51 | Atua como backup passivo / redundante |

**🔹 Disjuntores Temporizados**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Parâmetro | Faixa Recomendada | Norma de Referência |
| Tempo de disparo | 50 a 100 ms após relé | IEEE C37.04 / API RP 14F |
| Capacidade de interrupção | ≥ 25 kA @ 13,8 kV | ABNT NBR 14039 / IEC 62271 |
| Coordenação com relés | Margem de tempo do relé | IEEE 242 |

**🔢 Considerações Finais**

* O sistema deve garantir **seletividade**, **sensibilidade** e **redundância**.
* A atuação dos dispositivos deve estar **coordenada com a lógica do RL** (Aprendizado por Reforço).
* Recomenda-se registrar todos os **parâmetros de atuação** em arquivos .json para controle do RL.
* A interface frontend deve permitir ajuste em tempo real, dentro dos limites normativos.

**🔹 Tabela de Eventos e Lógicas para o Agente RL**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Evento Detectado | Ação do Agente RL | Recompensa / Penalidade |
| Falha interna em trafo | Validar atuação 87T | Recompensa alta (seletividade local) |
| Falha com 87T inoperante | Disparar 51 da barra correspondente | Recompensa média (backup) |
| 51 atuou fora do tempo | Ajustar TMS e pickup | Penalidade leve |
| Falha com blackout | Penalidade máxima e reconfigurar zonas | Penalidade altíssima |
| Desligamento de carga crítica | Redirecionar carga, ajustar relés | Penalidade alta |
| Recuperação sem sobrecarga | Ajuste dos limiares de sobrecorrente | Recompensa moderada |

**🧠 Manual de Integração Proteção + IA (RL)**

1. **Entradas do Agente**
   * Estado das zonas (Z1, Z2)
   * Correntes medidas (CTs)
   * Estado dos relés (ligado, atuado, bloqueado)
   * Estado dos disjuntores (aberto, fechado)
2. **Ações Possíveis**
   * Ajustar pickup / TMS dos relés 51
   * Alterar curva (NI, VI, EI)
   * Reprogramar tempo dos disjuntores
   * Reconfigurar conexão zona-carga
3. **Função de Recompensa**
   * +10: Atuação seletiva correta (87T ou 51 conforme falha)
   * +5: Backup atuando após falha de primário
   * -20: Carga crítica desligada indevidamente
   * -50: Blackout geral na rede
4. **Formato de Integração**
   * Todos os parâmetros em .json
   * APIs de leitura/escrita com FastAPI
   * Interface frontend com botões de inspeção e ajuste manual

**Autor:** Angelo C. Colombini / Projeto ProtecAI\_Mini

**Revisão:** Jul/2025

**Base normativa:** ABNT, IEEE, API, IEC, NORSOK