

ANÁLISE DE RISCO DE UM SISTEMA EMERGENCIAL ELETRO-HIDRÁULICO DE REGULAÇÃO DE VELOCIDADE DE TURBINAS DE CENTRAIS HIDROELÉTRICAS

Rafael R. S. Bravo¹

Instituto Federal de Santa Catarina, Campus Criciúma/ Departamento de Eletroeletrônica/ Mecatrônica.

¹rafael.bravo@ifsc.edu.br

Palavras-chave: *Análise De Risco, FTA, Regulador de Velocidade.*

INTRODUÇÃO

O Brasil é uma potência mundial em geração de energia elétrica com o emprego de usinas hidroelétricas em razão de possuir a maior bacia hidrográfica do mundo. Segundo o balanço energético nacional realizado pelo Ministério de Minas e Energia no ano de 2008, 73,1% da produção nacional de energia elétrica é obtida através de centrais hidroelétricas.

Em uma central hidroelétrica, a energia potencial hidráulica é convertida em energia mecânica, que, por sua vez, é convertida em energia elétrica.

Atualmente a energia elétrica consumida é de corrente alternada. A qualidade da energia elétrica gerada depende do controle das grandezas tensão e corrente associadas a uma frequência específica. Diferenças entre as frequências nominal e real devem ser mínimas. Para obtenção de uma frequência constante, faz-se necessário que as máquinas envolvidas na produção de energia elétrica mantenham a rotação constante e sejam capazes de corrigir rápida e precisamente variações de frequência. O regulador de velocidade é o servomecanismo responsável pela manutenção da rotação constante na turbina da central hidroelétrica.

O regulador de velocidade (RV) tem a função de controlar a potência hidráulica-água que se converte em potência mecânica a fim de compatibilizar a geração de energia elétrica com a sua demanda e evitar a perda de sincronismo. O regulador de velocidade é constituído pela integração entre sistemas mecânico, hidráulico, elétrico e eletrônico.

Falhas no regulador de velocidade fatalmente resultam na perda de continuidade de operação da turbina hidráulica, o que traz, por consequência, a interrupção ou redução da capacidade de geração de energia elétrica e as penalidades e multas impostas pela legislação vigente.

Em caso de falha, o regulador de velocidade interrompe a vazão de água (ponto de operação sem carga) através do reposicionamento das pás do distribuidor, as quais controlam a abertura da turbina e, conseqüentemente, a vazão que chega ao rotor e a geração de energia.

Nesse cenário, o presente trabalho tem por objetivo diagnosticar os elementos críticos do sistema eletro-hidráulico do regulador de velocidade de uma turbina Francis, cuja falha resulte na impossibilidade de reposicionamento das pás do distribuidor. Falhas desta natureza caracterizam condições de risco, o que força o fechamento do canal de adução e parada completa do sistema.

METODOLOGIA

Para a identificação dos componentes críticos, serão empregadas duas técnicas de análise e de síntese de risco e confiabilidade, a saber:

1. Análise funcional: técnica que permite o desdobramento do processo geral em subsistemas. O desdobramento da função global permite acompanhar os fluxos de energia, material e sinal, e assim verificar o

relacionamento entre os componentes e subsistemas que comporão a função global.

2. Análise da árvore de falhas (FTA): esta técnica principia com a análise de um evento inicial, chamado de evento topo, a partir do qual se identificam os eventos intermediários resultantes da associação lógica das causas básicas ou raízes que geram o evento topo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para identificação dos componentes cuja falha resulte na inoperabilidade do sistema técnico, faz-se necessário representá-lo por meio de um modelo que também permita associar as interfaces e inter-relações existentes entre diferentes subsistemas. A Figura 3 mostra o desdobramento da função global: sistema regulador de velocidade em três subsistemas: o sistema de controle, o sistema eletro-hidráulico e o sistema mecânico, ou seja, o distribuidor, localizado adjacente ao rotor da turbina. A representação do sistema eletro-hidráulico, objeto de estudo do presente trabalho, está mostrada na Figura 4, por meio de um diagrama elaborado conforme norma ISO 1219-2.

A FTA mostrada na Figura 1 ilustra as funções básicas que podem acarretar no erro de posicionamento do anel distribuidor, o que por sua vez ocasionará variação de vazão através da turbina, na rotação e frequência gerada. Observa-se, no entanto, que em termos de probabilidade, desta lista de funções, alguns itens podem ser excluídos em vista dos sistemas de redundância como, por exemplo, a UPCH e o controlador eletrônico de emergência, e ainda, em função da alta confiabilidade de componentes, como o pressostato 0Z2 e válvulas de comando do acumulador 1Z2. De fato, somente as funções A, B, C, D, E e G exercem influência crítica sobre o posicionamento do anel distribuidor.

Em caso de falha de uma destas funções, são previstos componentes de emergência, cujo objetivo é permitir o fechamento do distribuidor, o que é realizado por meio do deslocamento dos atuadores 1A1 e 1A2 (Figura 4). O fechamento do distribuidor possibilita a manutenção do componente danificado sem a necessidade do fechamento do canal de adução.

Na condição de falha, a energia hidráulica é provida pela unidade de armazenamento 1Z2. A desenergização da válvula de emergência 1V2 induz à depressurização da linha de pilotagem PA, o que possibilita o deslocamento dos cilindros no sentido de fechamento do distribuidor. A Figura 2 apresenta uma FTA para os elementos eletro-hidráulicos de emergência, os quais são usados na condição de falha dos componentes que afetam diretamente a continuidade de operação do regulador de velocidade.

Figura 1 – Árvore de falhas para identificação de falhas do sistema de posicionamento do anel distribuidor.

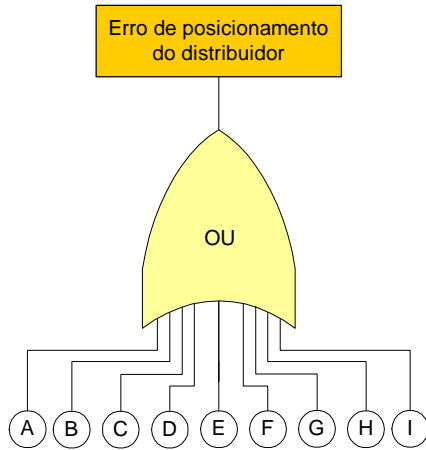
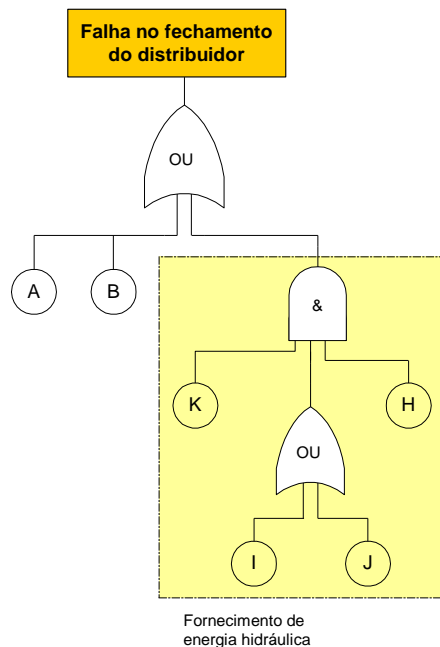


Figura 2 – Árvore de falhas para identificação de falhas do sistema emergencial eletro-hidráulico.



Legenda:

- A. Cilindros hidráulicos
- B. Válvula de emergência
- C. Válvula proporcional piloto
- D. Válvula distribuidora
- E. Sistema de resfriamento
- F. Suprimento de energia elétrica
- G. Sistema de controle eletrônico
- H. UPCH 1 (unidade de potência e condicionamento hidráulico)
- I. UPCH 2 (unidade de emergência)

- J. Pressostato de controle de queda de pressão
- K. Unidade de armazenamento de energia

Em síntese, conforme Figura 2, se houver falha nos atuadores (A), na válvula de emergência (B) ou no suprimento de energia hidráulica haverá parada da turbina com a necessidade emergencial de fechamento do canal de adução e, conseqüentemente, interrupção de fornecimento de energia elétrica. Estes itens devem ser tratados como prioritários pela organização no sentido de criar condições de evitar ou mitigar as conseqüências de falha nestes componentes.

Como soluções para os problemas diagnosticados, pode-se acrescentar uma segunda válvula de emergência como elemento de redundância e melhorar o monitoramento e o programa de manutenção dos cilindros e do fluido hidráulico. Em relação ao suprimento de energia hidráulica, o sistema já opera com redundância da UPCH e, estatisticamente, as eventuais falhas geradas no acumulador são de baixa probabilidade [1].

CONCLUSÃO

A aplicação das técnicas de análise funcional de árvore de falhas permitiu um rápido direcionamento na identificação das funções que exercem influência direta na continuidade de funcionamento do regulador de velocidade, bem como das funções que são acionadas no caso de falha de um desses elementos. A análise funcional possibilitou uma visualização intuitiva da interação entre subsistemas e, no caso de necessidade de aprofundamento do conhecimento de um sistema técnico em particular, o mesmo pode ser desdobrado e analisado. Com a identificação dos componentes e funções críticas, foram sugeridas ações que resultem na eliminação ou mitigação das conseqüências geradas por uma falha dos componentes emergenciais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Erick Miguel Portugal Hidalgo. **Modelo para diagnose de falhas em regulador de velocidade de turbinas hidráulicas**, 2010. Dissertação de mestrado. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- [2] Acires Dias, Luís Fernando Peres Calil, Emerson Rigoni, André Ogliari, Eduardo Yuji Sakurada, Heitor Azuma Kagueiama. **Metodologia para análise de risco. Mitigação de perda de SF6 em disjuntores**. Ed. Studios, Florianópolis, 2011.
- [3] Kumamoto, Hiromitsu; Henley, Ernest, J. Probabilistic Risk Assessment and Management for Engineers and Scientists. **IEEE Press**, New York, USA. Second Edition. 1996.

Figura 3 – Análise funcional do sistema regulador de velocidade.

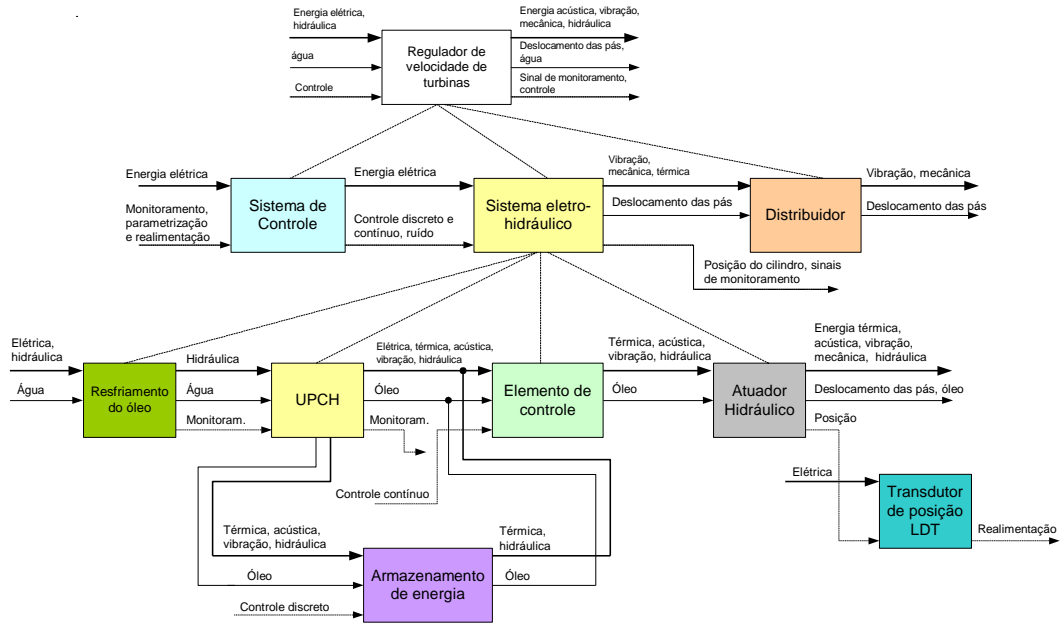
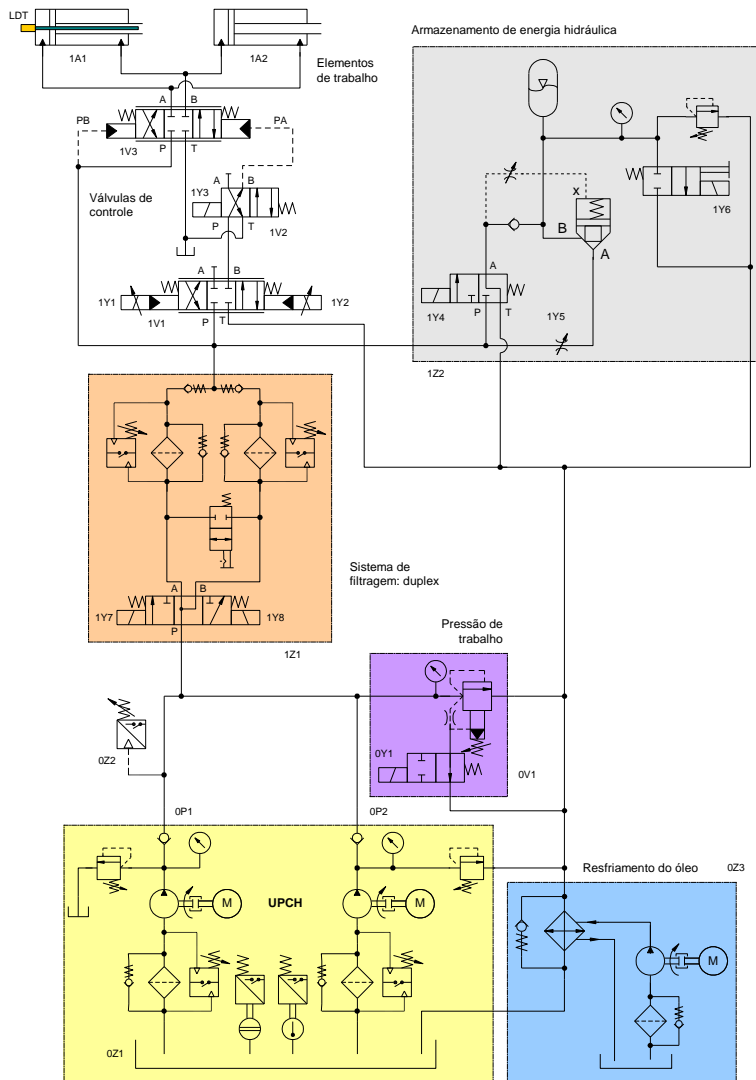


Figura 4 – Sistema eletro-hidráulico regulador de velocidade.



Identificação dos componentes da Figura 4:

- 1A1, 1A2: servomotor ou atuadores lineares
- 1V1: Válvula proporcional piloto
- 1V2: Válvula de emergência
- 1V3: Válvula distribuidora
- 1Z1: Unidade de filtragem
- 1Z2: Unidade de armazenamento de energia hidráulica
- 0V1: Válvula de alívio
- 0Z1: Reservatório e sensores de monitoramento da UPCH
- 0Z2: Pressostato de ativação da UPCH de emergência
- 0Z3: Sistema de resfriamento do óleo
- 0P1: UPCH principal
- 0P2: UPCH de emergência