

Utilizando um OTS *full scope* para testar procedimentos de operação e inserir falhas

Qual é o procedimento mais delicado em uma usina termelétrica de ciclo combinado?

Pode não haver uma resposta consensual para esta pergunta, mas alguns sistemas e procedimentos específicos definitivamente fazem parte da lista. Muitos deles pertencem ao ciclo de vapor da usina, que trabalha de forma mais complexa, com pressões e temperaturas elevadas. Dois sistemas que estão na base da geração de vapor são os sistemas de **condensado** e de **alimentação** das caldeiras.

O sistema de condensado e o sistema de alimentação das caldeiras são dois sistemas consecutivos em uma usina termelétrica com ciclo a vapor. Os dois são responsáveis pelo fornecimento de água para o processo térmico de geração de vapor realizado na caldeira de recuperação de calor, de modo que são essenciais para o funcionamento correto de todos os sistemas e processos subsequentes a eles.

A parte principal do sistema de condensado consiste de um grupo de bombas que retira água condensada do fim do ciclo a vapor e a reinsere no processo, distribuindo-a aos diversos locais da planta. A boa prática prega que para cada caldeira em operação existente no ciclo, uma bomba é necessária. Devido à importância deste sistema, a redundância é geralmente adotada e uma bomba sobressalente é alocada como *backup* para o caso única e exclusivamente de falha ou indisponibilidade de uma das outras. A Figura 1 apresenta o HMI (Interface Homem-Máquina) de um esquema genérico de um sistema de condensado de uma planta termelétrica com 3 caldeiras de recuperação de calor, em um ciclo combinado 3-3-1.

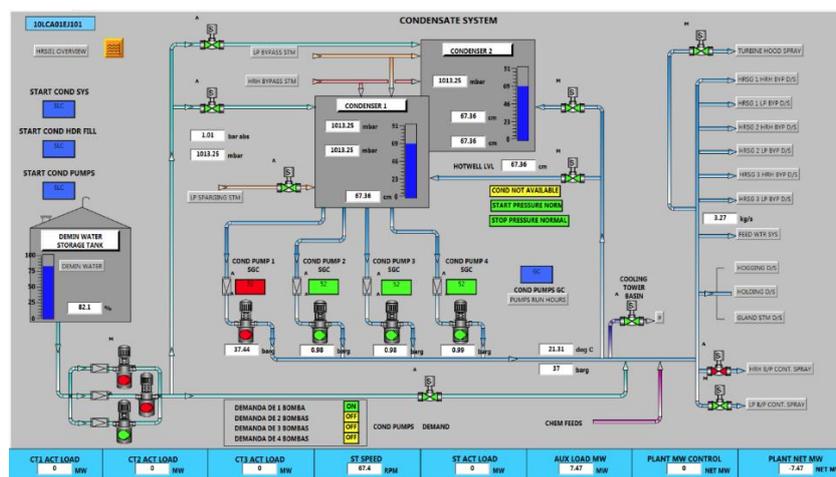


Figura 1 - Esquema típico do HMI de um sistema de condensado de um ciclo combinado 3-3-1, com 4 bombas de condensado.

A operação deste sistema exibe algumas complexidades. De início, as bombas podem ser operadas pelo automatismo das malhas de controle ou por comandos manuais do operador. Quando operadas pelo automatismo, uma série de critérios definem a quantidade necessária de bombas em operação que sustentará o funcionamento do ciclo. Com algumas exceções (como falhas, por exemplo), todos esses critérios convergem para um único: a pressão do coletor comum das bombas, mostrada em destaque na Figura 2.

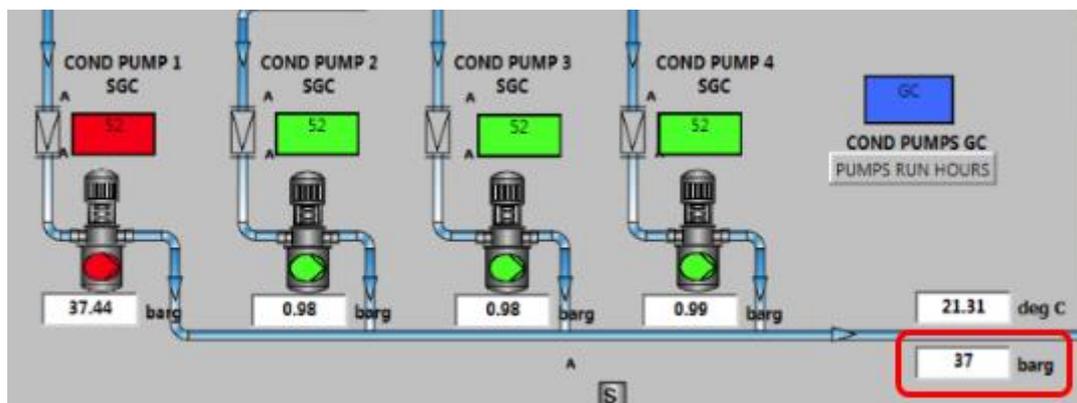


Figura 2 - Pressão do coletor comum das bombas de condensado.

A pressão do coletor comum das bombas é calibrada de forma a se manter em um valor constante durante toda a operação, desde a partida até a parada. Quando essa pressão se eleva, o sistema entende que a quantidade de bombas ligadas é maior que a demandada e a malha de controle gera um comando de desligamento de uma delas. O mesmo ocorre quando a pressão cai: neste caso, a malha de controle gera um comando para ligar uma bomba adicional. O operador também pode, a seu julgamento, ligar e desligar as bombas em modo manual. Neste ponto, podem haver **vícios de operação**: baseados em experiências anteriores algumas vezes não documentadas, os operadores monitoram condições que não são de fato monitoradas pelas malhas de controle, e decidem ligar ou desligar bombas com base nessas experiências. A necessidade real deste monitoramento pode ser **questionada e testada** usando um **simulador de treinamento de operadores**, aqui chamado de OTS (*Operator Training Simulator*), eliminando ineficiências do processo.

O sistema de alimentação das caldeiras

Com o sistema de condensado em operação, parte da água bombeada é direcionada ao sistema de alimentação das caldeiras, cujo HMI típico é apresentado na Figura 3. Esse sistema opera de forma muito semelhante ao primeiro, com uma bomba para cada caldeira em operação e uma sobressalente para caso de falhas ou indisponibilidade. As bombas de alimentação são as de maior porte encontradas em uma planta termelétrica e alimentam os tubulões das diferentes seções de pressão das caldeiras.

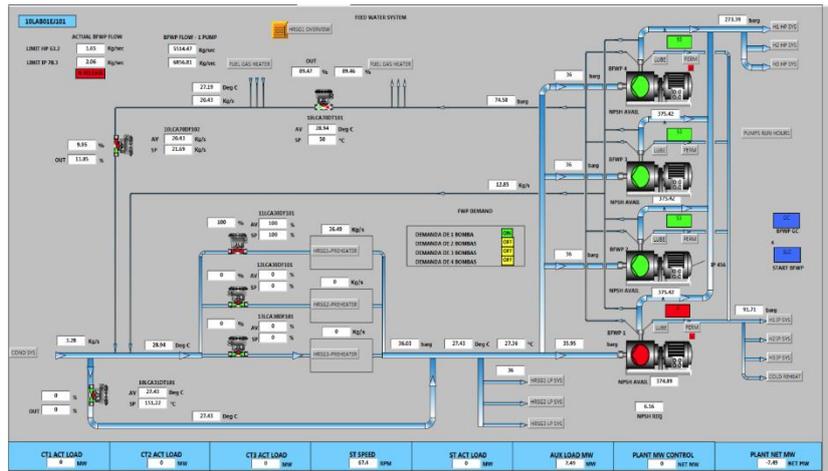


Figura 3 - HMI típico de um sistema de água de alimentação de caldeiras.

Como a malha de controle define qual bomba partir ou parar?

Existe uma hierarquia funcional nos elementos de controle associados à operação deste sistema. Cada equipamento (neste caso, as bombas) é operado por uma função de controle chamada controlador de subgrupo. Um subgrupo pode ser um único equipamento ou um conjunto de equipamentos associados. Essa função é utilizada para partir e parar o subgrupo por ela controlado. Diversos subgrupos podem se unir em um grupo, tendo nesse caso uma função *master* chamada de controlador de grupo. Essa função possui um papel gerencial, isto é, ela monitora o estado do sistema baseado em critérios específicos e envia ordens aos subgrupos. A ilustração da hierarquia pode ser vista na Figura 4.

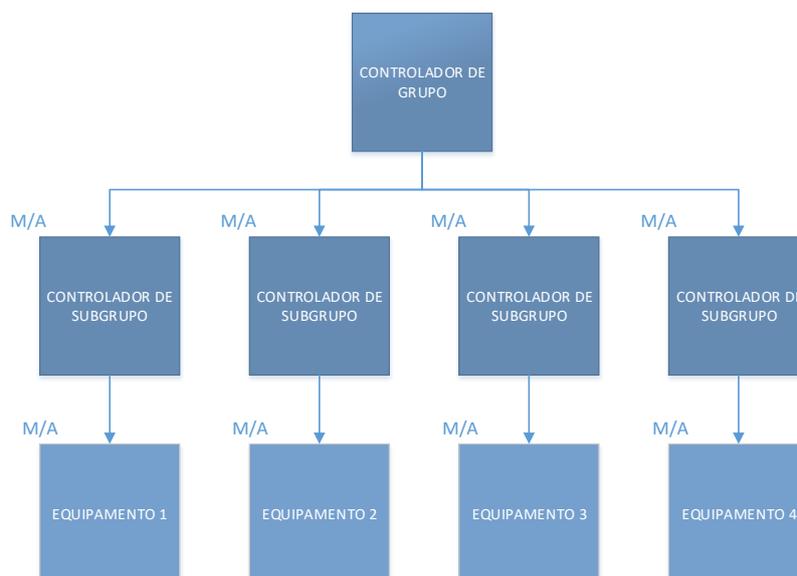


Figura 4 - Hierarquia funcional de um sistema operado por controlador de grupo.

Uma das interfaces do controlador de grupo é com o operador, através do HMI. O operador pode, por meio dessa função, definir uma bomba específica de preferência. Essa preferência é considerada pela malha de controle no momento de escolha da bomba a ser partida ou parada. Funciona da seguinte maneira:

1. No caso específico desta planta simulada, são 4 bombas: 1, 2, 3 e 4. O operador escolhe a bomba **i** como a de preferência;
2. A primeira bomba a ser partida pelo sistema de controle é a própria bomba **i**, seguida pela de índice **(i+1)** e assim sucessivamente até a última bomba; caso **(i+1)** não exista, retorna-se à bomba de menor índice da sequência. Exemplo: caso o operador escolha a bomba 3 de preferência, ela será a primeira a ser partida e colocada em operação. A seguinte, caso haja demanda, será a bomba 4, seguida pela bomba 1 e pela bomba 2.
3. A primeira bomba a ser parada é a bomba de índice **(i-1)**. Caso ela não esteja ligada, segue-se sucessivamente até a bomba **i**; caso ela não exista, retorna-se à bomba de maior índice da sequência. Exemplo: caso o operador escolha a bomba 3 como de preferência, a bomba 2 será a primeira a ser parada, seguida pela bomba 1 e pela bomba 4, sendo a 3 a última da sequência.

No entanto, para o processo funcionar, todos os dispositivos envolvidos (equipamentos, controladores de subgrupo e controlador de grupo) precisam estar em modo automático e sem alarmes ativos. O **OTS pode ser muito convenientemente utilizado como instrumento de treinamento de operadores iniciantes neste sistema**, uma vez que é de simples manuseio e não se pode partir, parar ou alterar o estado do sistema real durante a operação da planta.

O vídeo deste procedimento realizado em nosso OTS *full scope* está disponível online neste [link](#).

Qual o benefício de utilizar um OTS para realizar esses testes?

Nem todos os treinamentos podem ser realizados na própria planta. A operação de bombas de condensado e de alimentação das caldeiras é delicada, uma vez que um erro que ocasione a perda de uma delas pode fazer com que a alimentação da caldeira seja prejudicada, gerando instabilidades na produção de vapor e fazendo com que a planta inicie um processo de desligamento forçado, gerando prejuízos financeiros de grande volume.

O primeiro efeito imediato de uma parada de uma caldeira é a redução da quantidade de vapor encaminhada à turbina à vapor, diminuindo a potência gerada. Em um ciclo combinado, sob uma situação de falha a conexão entre a turbina a gás e a caldeira também pode ser desfeita, fechando o *diverter damper*, dispositivo mecânico que direciona o gás da turbina a gás para a atmosfera ou para a caldeira, dependendo de sua posição. Em muitos casos, o *diverter damper* não consegue ser aberto com a turbina a gás em operação, sendo necessário iniciar o seu processo de parada para que, então, o dispositivo seja reaberto de modo a partir novamente o ciclo combinado. Perde-se, em

resumo, algumas horas de geração que, somado a possíveis multas de órgãos reguladores e contratos estabelecidos, pode resultar em cifras milionárias.

Em um OTS, operadores iniciantes podem **ganhar proficiência** na operação desses sistemas em **poucos dias**, simulando todas as operações possíveis:

- Partida do sistema de condensado seguida do sistema de alimentação;
- Troca manual de bombas em ambos os sistemas;
- Parada do sistema de alimentação seguida do sistema de condensado;
- Inserção de falhas nas bombas, simulando eventos atípicos;

Operadores experientes, por outro lado, podem eliminar vícios de operação que se acumulam tipicamente em sistemas delicados como esses. Como a consequência de um erro pode ser fatal para a usina, a experimentação é muito limitada e o procedimento de operação corrente pode não ser o mais eficiente possível.

Simulando a falha de uma bomba

A falha de uma bomba pode ser facilmente simulada pelo instrutor de operação no OTS ao longo de um procedimento. O objetivo da inserção de falhas e comportamentos anômalos é fazer o aluno experimentar a sensação da ocorrência de eventos atípicos e avaliar a decisão tomada por cada um.

As falhas nas bombas de condensado e de alimentação das caldeiras consistem em simular a perda de uma das bombas. Sugere-se que o instrutor peça ao aluno para realizar operações típicas manuais de troca de bombas antes de inserir as falhas, de modo que se os procedimentos forem mal realizados, as falhas inseridas não serão contornadas pela malha de controle e efeitos adversos poderão ocorrer. O vídeo deste procedimento realizado em nosso OTS *full scope* está disponível online neste [link](#).

Curso de treinamento de operação em um OTS *Full Scope*

Além de desenvolvimento de OTS *full scope* ajustados a uma planta específica, a GT2 Tecnologia também oferece treinamento de operação em seu próprio OTS. Neste curso, os alunos têm a oportunidade de realizar os principais procedimentos de operação, incluindo a partida, parada e operação dos sistemas de condensado e alimentação das caldeiras tratados aqui, assim como também são introduzidos aos detalhes dos dispositivos lógicos associados a este tipo de configuração, como os controladores de grupo e de subgrupo, que são utilizados em diversos outros sistemas da usina para realizar partidas e paradas, como as turbinas a gás, caldeiras e turbina a vapor. Para realizar a sua inscrição ou obter mais informações sobre o curso, entre em contato conosco pelo e-mail: treinamento@gt2.com.br.