

**MARINHA DO BRASIL
CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO PARA OFICIAIS DE MÁQUINAS**

SISTEMA SUPERVISÓRIO



MAURICIO PAULA DA SILVA

RIO DE JANEIRO, 2013

MAURICIO PAULA DA SILVA

SISTEMA SUPERVISÓRIO

Monografia apresentada como exigência para obtenção do título de Especialização do Curso de Aperfeiçoamento para Oficiais de Máquinas da Marinha Mercante do Brasil, ministrado pelo Centro de Instrução Almirante Graça Aranha.

Orientador: Prof Msc HENRIQUE IGLESIAS
PAZ

RIO DE JANEIRO, 2013

POR: MAURICIO PAULA DA SILVA

BANCA EXAMINADORA

Orientador: **:Professor Mestre** Henrique Iglesias Paz

Nota: _____

1º Examinador: _____

2º Examinador: _____

Rio de Janeiro, 11 de Setembro de 2013

Dedicatória

Dedico este trabalho à minha família, Daniele dos S. Freire da Silva e meu filho Nathan Freire da Silva, que completam minha vida e acrescentam motivo especial ao meu caminhar.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus, por meio de quem alcanço todas as vitórias na minha jornada profissional e social, também à minha família que pacientemente esteve comigo até a conclusão deste curso e, aos amigos de profissão, seja a bordo ou em sala de aula, que sempre contribuíram para o enlevo da minha caminhada profissional.

EPÍGRAFE

*“Quem relaxa em seu trabalho é irmão do que
destrói.”
Pv 18.9 Bíblia Sagrada, NVI.*

RESUMO

O Sistema de Gerenciamento de processos industriais, conhecido como Sistema Supervisório, permite que sejam monitoradas e rastreadas informações de um processo produtivo ou instalação física. Tais informações são coletadas através de equipamentos de aquisição de dados e em seguida, manipulados, analisados, armazenados e, posteriormente, apresentado ao usuário tudo em tempo real. A bordo de unidades offshore, esses sistemas monitoram processos ou operações, num espaço físico que compreende toda sua extensão, cuja complexidade pode variar de um simples monitoramento de nível com alarme até mesmo, interferir num processo a fim de manter o valor desejado, sob as mais diversas condições de mar. O supervisório faz uso do sistema SDCD para controlar e monitorar as diversas plantas produtivas, por sua vez, com seus componentes físicos como: sensores e atuadores, PLC's (Programmable logic Controllers), RTU's (Remote Terminal Units), rede de comunicação, estações remotas e monitoração central, impressora de alarmes e eventos e com componentes lógicos como: núcleo de processamento, histórico e banco de dados, gerenciamento de alarmes, interface gráfica e relatórios permite centralizar as inúmeras informações para a Sala de Controle de Máquinas. O presente trabalho explora ainda informações de FMEA (Failure Mode and Effects Analysis), ou seja, Modo de Falha e Análise de Causas documento bem procedimentado para testes simulado do sistema supervisório, a fim de atender os requerimentos da IMO (International Maritime Organization) nas unidades SeaDrill 08 e 09 executado em 2007, quando da entrega da embarcação pelo estaleiro.

Palavras-chave: Sistema Supervisório, automação, SDCD e gerenciamento de potência.

ABSTRACT

The Management System for industrial processes, known as Supervisory System, allows information to be monitored and tracked productive process or a physical installation. Such information is collected using data acquisition equipment and then manipulated, analyzed, stored and later presented to the user all in real time. On board of offshore units, these systems monitor processes or operations in a physical space that comprises its entire length, the complexity of which can vary from a simple level monitoring with alarm even interfere in a process in order to maintain the desired value under different conditions in the sea. The supervisory makes use of the DCS (Distributed Control System) to control and monitor the various production plants, in turn, with their physical components such as sensors and actuators, PLCs (Programmable logic Controller), RTU's (Remote Terminal Units), network communication, remote stations and central monitoring, alarm and event printer and logical components such as processor core, and historical database, alarm management, graphical interface and allows you to centralize the numerous reports information to the Engine Control Room. This paper explores further information of an FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) and document for testing simulated supervisory system in order to meet the requirements of the IMO (International Maritime Organization) in the units of SeaDrill 08 and 09 carried out in 2007, upon delivery of the vessel by the yard.

Keywords: Supervisory System, automation, DCS and power management.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1-Exemplo de sistema supervisorio para planta de refrigeração	12
Figura 2-Tela principal do PMS	16
Figura 3-Tela de processo típica para grupo moto gerador	18
Figura 4-Menu suspenso de controle de operação de gerador	20
Figura 5-Tela de fluxo de informações	25
Figura 6-Tela de gráficos	26
Figura 7-Típica configuração do sistema PMS.....	27

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 SISTEMAS SUPERVISÓRIOS.....	9
3 POWER MANAGEMENT SYSTEM	12
4 COMPONENTES FÍSICOS DO SISTEMA.....	25
5 CONCEITO DE REDUNDÂNCIA	31
6 CONTROLE DE FUNÇÕES DO SISTEMA.....	32
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	37
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	408

1. INTRODUÇÃO

Pautado na automação crescente dos navios, o presente trabalho está voltado para o uso essencial dos sistemas supervisórios que gerenciam, dentre outros, a geração de energia a bordo e sua distribuição; o sistema de propulsão, os subsistemas e permitem seu monitoramento e alarmes. Conhecer a planta de automação deste sistema vital é urgente, por isso os princípios básicos e os componentes da malha são abordados dentro de uma visão geral.

O sistema apresentado é o objeto de estudo, devido a imperativa necessidade de se conhecê-lo e também por ser ferramenta de trabalho diária do Oficial de Máquinas para manter operações seguras de Praça de Máquinas das unidades *offshore*. Não se abando, o crescente nível de automação, este é um sistema dedicado e de operação contínua que faz uso de itens de alta tecnologia para também auxiliar na solução de falhas de determinados equipamentos. Por estas razões mencionadas, torna-se urgente que o operador se debruce sobre o assunto abordado.

O Oficial de Máquinas da Marinha Mercante a bordo de uma unidade *offshore* de perfuração ou FPSO (Float Platform Storage and Offloading), certamente irá se deparar com um sistema supervisório de variada abrangência tanto maior for a necessidade de se gerenciar operações ou processos e tanto maior for a tecnologia empregada na embarcação, maior dever de se analisar e compreender esse sistema, sob pena de não se alcançar a segurança necessária para operá-lo.

Com a exposição, de caráter descritivo desse objeto de estudo, pretende-se compreender o princípio de funcionamento deste sistema, apontar seus pontos mais importantes e apresentar sua aplicabilidade em geral para unidades *offshore* comumente empregada na prospecção e extração de petróleo na “Amazônia Azul”, na costa marítima brasileira, seja unidade de perfuração ou FPSO.

A temática é abordada de maneira técnica, objetiva e de abrangência geral a fim de dar uma visão holística desta ferramenta tão essencial de trabalho. A começar pela definição do que é o sistema, passando pelo funcionamento até a aplicação prática a bordo.

2. SISTEMAS SUPERVISÓRIOS

SISTEMAS SUPERVISÓRIOS

Os Sistemas Supervisórios podem ser vistos como sistemas que supervisionam ou monitoram processos executados em uma planta industrial, através da visualização de variáveis da planta que está sendo automatizada, bem como das ações tomadas pelo sistema de automação. São usualmente empregados com a finalidade de tornar possível o reconhecimento de prováveis falhas em componentes da planta antes que essas falhas ocorram efetivamente.

Com o preço dos equipamentos de informática em queda, a indústria tem optado pela automação de processos via computador. Essa automação normalmente é feita por equipamento específico chamado CLP (Controlador Lógico Programável).

Hoje já é possível a implementação de supervisórios em todos os segmentos do comércio e da indústria, desde sistemas de alarmes, escolas, hospitais, lojas de departamento, climatização de escritórios e laboratórios, pequenas fábricas e em muitos processos industriais.

O *software*, conhecido como supervisório, permite a operação e visualização através de telas gráficas elaboradas para qualquer processo industrial ou comercial, independente do tamanho de sua planta. As figuras a seguir mostram exemplos de telas de sistemas de supervisão utilizados na indústria:

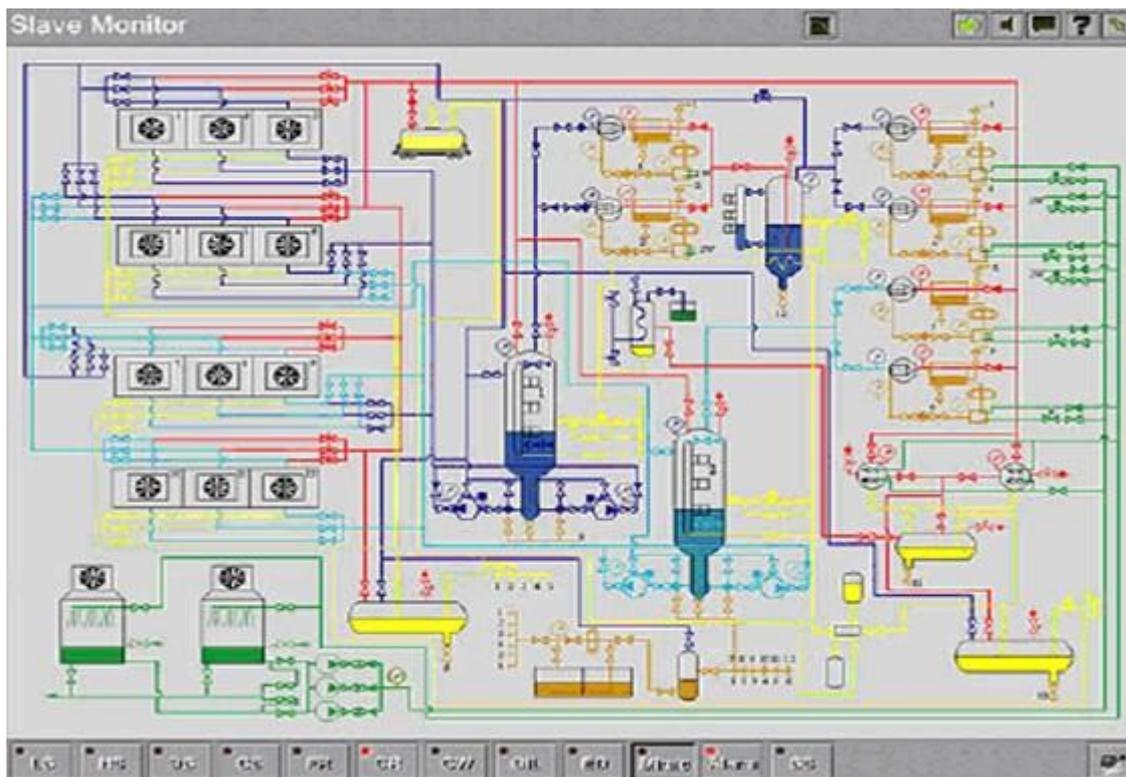


Figura1: Exemplo de sistema supervisório para planta de refrigeração de um navio.
 Fonte: Automação. Marinha do Brasil-DPC. Ensino profissional Marítimo.

Existe hoje, no mercado, uma enorme gama de programas supervisórios desenvolvidos por inúmeras empresas de tecnologia, muitos totalmente nacionais, com protocolos de comunicação e *drivers* de aquisição de dados desenvolvidos, especialmente para CLP de fabricação nacional. Além disso, juntamente com os supervisórios nacionais, foram também desenvolvidos interfaces de comunicação para equipamentos internacionais, já que a aplicação de tais equipamentos é ampla em todo o mundo, como no caso de CLP da Siemens e Bosch (empresas alemãs) e Allen Bradley (empresa americana), que integram a maior parte das automações industriais de nosso país. Porém a bordo dos navios, rebocadores e unidades *offshore* ainda se tem grande percentual desse material importado especificamente nessa área de gerenciamento de processos ficando apenas a representação brasileira a cargo da instrumentação de controle.

Os sistemas supervisórios vêm, ao longo dos últimos anos, ganhando espaço em praticamente todos os segmentos de controle e monitoração, onde até então seu uso era inviável, seja pelo preço dos sistemas (que eram totalmente importados), seja pela falta de profissionais habilitados em projetá-los e implementá-los. Por isso as aplicações de supervisórios eram restritas às grandes plantas industriais, aos

pólos petroquímicos, à geração de energia e ao controle de tráfego (como nos metrô). A sua implementação era dispendiosa e sua manutenção dependia de profissionais treinados no exterior.

3. POWER MANAGEMENT SYSTEM

Power Management System (PMS)

O sistema é mais conhecido com o próprio nome no original inglês, mas pode ser traduzido como Sistema de Gerenciamento de Potência. Este sistema, que também é um supervisor aplicado a bordo, porém de maior complexidade, fornece monitoramento, controle e funções de segurança para os sistemas de geração de energia. A imagem do processo de gerenciamento de energia visualiza toda a planta de geração de energia, geradores e consumidores. A partir desta imagem que se pode monitorar a rede de energia e operar os geradores, quadros e disjuntores. Grandes consumidores de energia Também são mostrados na representação gráfica da rede de energia.

Parte do equipamento pode ser visto com mais detalhe selecionando-se uma segunda imagem do Processo (um nível inferior). Os conteúdos destes segundo (inferior) nível de processamento de imagens dependerá do equipamento instalado a bordo do navio. A aplicação de gerenciamento de energia compreende as seguintes funções principais:

- Controle Gerador (mesmo para diesel-geradores, turbo-geradores)
- Indicações dos principais quadros e status dos disjuntores principais, isto é, alta voltagem e de baixa voltagem
- Sincronização automática dos principais barramentos, *bustie* disjuntores.
- Controlar o sistema de frequência (Hz) no estado estacionário de energia a um nível pré-definido pelo operador
- Controlar o sistema de tensão (KV) a um nível pré-definido operador
- Divisão assimétrica de carga ativa (KW) entre o gerador em operação
- Envia alarmes e monitoração.
- Detectar falha divisão de carga
- Divisão simétrica de carga reativa (KVA_r) entre os gerador em operação
- Iniciar a partida e parada de geradores através do IHM pelo operador
- Iniciar a partida e parada de geradores automaticamente pelo PMS dependendo da demanda de carga. (Equipamento de sincronização automática e lógica barramento morto é parte da função central)

- Iniciar a sincronização automática de geradores sob controle do PMS
- Fornecer lógica de sequência de transferência de disjuntor de gerador para transferência automática de barramentos saudáveis
 - Fornecimento de lógica para os principais quadros, no caso de uma condição de desligamento (*Blackout*)
 - Em caso de desligamento do 2º estágio de *shutdown* (parada por segurança do motor) condição a ser detectada em um gerador a diesel em operação, o gerador será desligado.
 - Iniciado SCR *phaseback* a fim de evitar um apagão do sistema de energia se o sistema detectar barramentos sob frequência
 - Iniciado SCR *phaseback* a fim de evitar um apagão do sistema de energia se o sistema detectar uma sobrecarga gradual
 - Fornecer carga disponível para cada barramento principal para permitir que outros (por exemplo, unidades de propulsão / controladores passo propulsão etc) possam ser alimentados na barra e, ou seja, limitar a carga e evitar apagão
 - Controle do IHM de grandes consumidores (como por exemplo, motores de propulsão) .
 - Inibição de partida os grandes consumidores, até que a capacidade de geração seja suficiente, com reserva disponível
 - Restaurar o poder de barramento principal e barramento de baixa voltagem, no caso de um apagão do sistema.
 - Reconecta bombas e cargas essenciais na restauração do fornecimento após um *Blackout*.
 - Monitoramento do motor Diesel (serviços essenciais, como por exemplo, pressão de óleo lubrificante) com a geração de alarmes.
 - Monitoramento de temperatura dos gases de exaustão do motor e verifica desvio
 - Monitoramento de transformadores e suas temperaturas de enrolamento etc

Interface do Usuário

A comunicação entre o operador e o sistema de segurança é feito através das estações de operação (OS), na qual se tem a interface de usuário. A interface de usuário é uma tela de monitor colorido, um Painel do operador e um teclado

alfanumérico. A tela exibe imagens e o painel do operador é usado para interagir com as imagens. O teclado alfanumérico é utilizado para fins de configuração. O que abrange todos os elementos da interface. Ela descreve o uso de painel do operador, como acessar e selecionar o teclado alfanumérico para operação, e dá uma visão geral das diferentes imagens disponíveis.

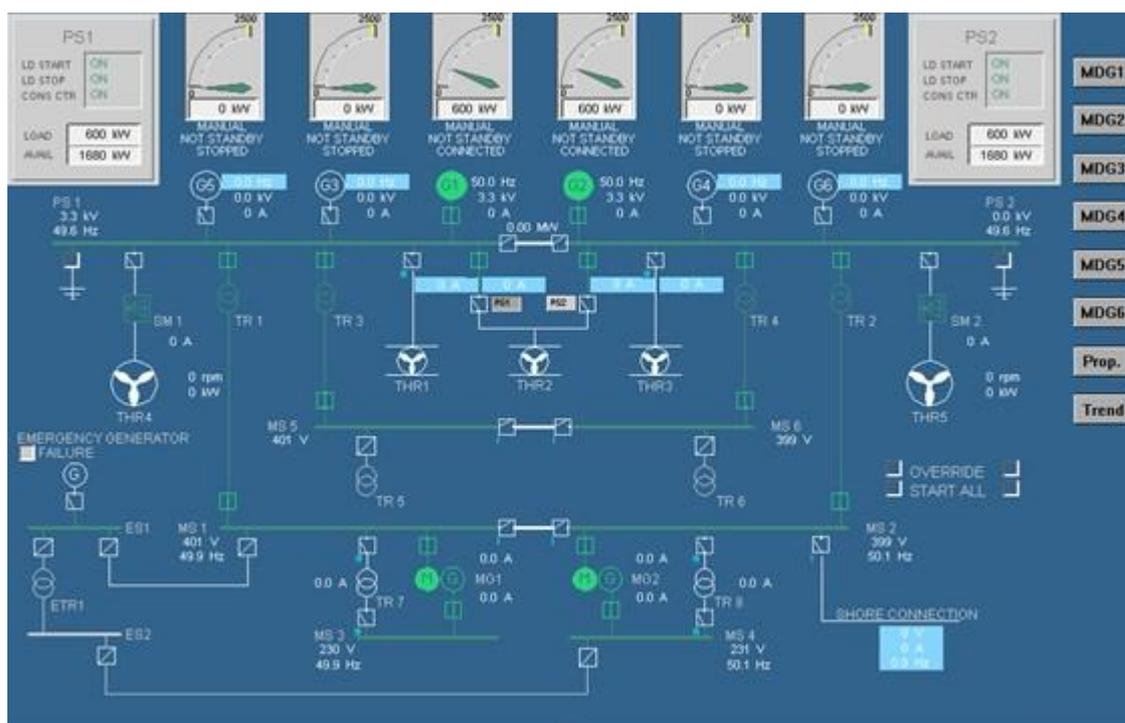


Figura 2: Tela principal do PMS.
Fonte: Kongsberg Functional Design Document

A interface de usuário do aplicativo do Gerenciamento de Potência é baseado em uma primeira imagem de processo, o nível de gerenciamento de energia, em que mostra a geração de energia elétrica e distribuição completa do sistema. Nesta imagem de processo, a condição principal de cada Grupo Gerador (motor principal e gerador elétrico) será apresentado juntamente com o status de todos os quadros de distribuição, disjuntores e conexões. Também irá indicar a tensão de alimentação de corrente estado e carregamento de energia.

A imagem do processo de gerenciamento de energia terá outras telas subsequentes do nível de processamento que podem ser agrupados da seguinte forma:

- A imagem de processo em separado para cada Motor do Gerador e cada Gerador Elétrico,

- Alternativamente, uma imagem de processo em separado, para cada grupo gerador,
- A imagem de processo em separado para cada painel de comando se não estiver incluído na tela do Gerenciamento de Potência,
- Processo opcional de imagens para mostrar informações detalhadas sobre o sistema de distribuição de baixa tensão e / ou de sistema de segurança se não houver espaço suficiente no primeiro tela da tela do Gerenciamento de Potência ou de outra subsequente tela de processamento.

Toda a operação necessária do sistema de gerenciamento de energia pode ser realizado a partir das imagens de Gerenciamento de Potência. Se uma imagem separada de um processo de motor gerador é usado, ele vai fornecer informações mais detalhadas sobre o status e a condição de um motor gerador, em conjunto com informações sobre temperaturas dos gases de exaustão (se aplicável) e sistemas auxiliares relacionado com o motor. A quantidade de dados fornecida depende do tipo de motor e instalação.

Se uma imagem separada de processo de gerador elétrico é usado, ele conterá medições e alarmes relacionados com a geração elétrica.

Uma imagem de Processo de Grupo Gerador serão normalmente utilizadas, desde que não haja espaço suficiente, para apresentar o motor do gerador e status do gerador elétrico, condição, medição e informações de alarmes para um grupo gerador em conjunto numa única tela.

Se um tela de processo do barramento é usado, ele irá conter o modo selecionado se *Load Dependente Start* ou *Load Dependent Stop* e *Consumer Control* juntamente com quaisquer outras medições elétricas relevantes.

Nas telas ou imagens subsequentes daquele nível de processamento são exibidos usando o seguinte método: Um ponto mais importante numa imagem Processo do Gerenciamento de Potência ou, onde aplicável, uma tela subsequente de imagens.

Tela do Grupo Gerador

Uma imagem típica do Processo Grupo Gerador é mostrado na figura abaixo. Uma imagem semelhante é mostrada para cada Grupo Gerador que se tem na instalação disponibilizando informações essenciais para tomada de decisão e para

operação segura dos motores geradores

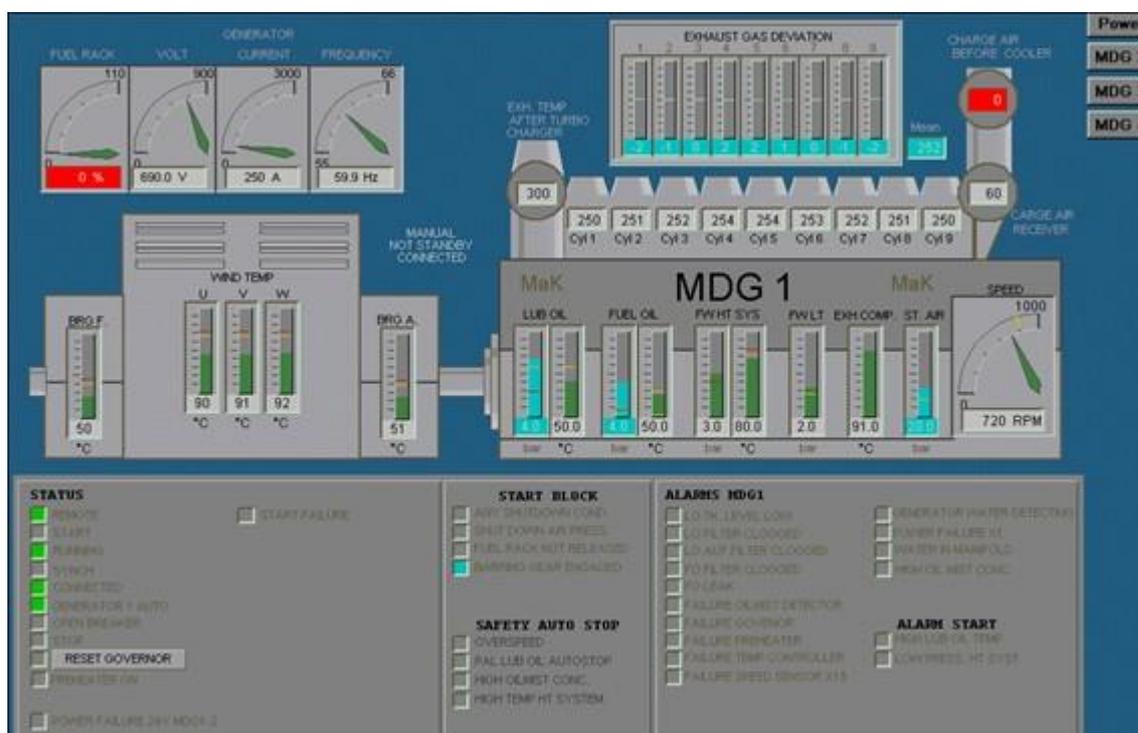


Figura 3: Tela típica de processo para grupo moto-gerador
Fonte: Kongsberg Functional Design Document

Esta imagem do processo é dividida em várias áreas que descreve os diferentes subsistemas do grupo gerador. Uma exata configuração vai depender do tipo de motor e gerador.

A potência do gerador elétrico juntamente com a temperatura do ar, do rolamento e medições de temperatura dos embobinamentos podem ser mostradas.

A temperatura dos gases de exaustão do motor e alarme de desvio de média juntamente com temperaturas de camisa e mancais e pressão interna de cárter podem ser mostradas.

Além disso, as medições de temperatura e de pressão para o óleo combustível, óleo lubrificante, água de refrigeração, ar de lavagem e ar de partida também podem ser mostrado.

Uma série de indicadores de status pode aparecer na imagem para indicar as condições operacionais e de falha. Se não houver suficiente espaço, estes serão colocados sobre o Processo de Segurança do gerador em imagem separada.

O acesso a telas subsequentes para monitoração é facilitado por teclas de atalhos, nas quais podemos ter acesso a monitoração do motor diesel, de gases de

exaustão e do gerador elétrico com as seguintes funções:

- Monitoramento do Diesel Gerador:

Indicação da rotação do motor,

Indicação das horas de funcionamento totais,

Indicação e alarmes da temperatura do *Turbocharger*,

Indicação e alarme a pressão de ar,

Indicação e alarme da pressão de óleo combustível,

Indicação e alarme da pressão de óleo lubrificante do sistema,

Indicação e alarme a pressão de água de resfriamento,

Indicação e alarmes de pressão de água salgada e água doce de resf.

- Monitoramento de gases de exaustão:

Gases de exaustão: Indicação de temperatura individual de cilindros,

Gases de exaustão: Indicação de média de temperatura dos cilindros,

Gases de exaustão: Indicação de alarme de alta temperatura individual dos cilindros,

Gases de exaustão: Representação em gráfico de barras da temperatura de desvio, para cada cilindro, a partir da média de temperaturas de cada cilindro,

Gases de exaustão: Limites de desvio e desvio baixa temperatura que podem ser inibidos e definidos pelo operador,

- Monitoramento do gerador elétrico:

Cargas individuais em KW e KVAr,

Temperatura de embobinamento do estator,

Temperatura de ambos os rolamentos do gerador,

Alarme de vazamento de água de resfriamento,

Frequência,

Voltagem.

Módulo de Controle do Gerador

Geradores têm uma representação gráfica específica na tela Processo do Gerenciamento de Potência, que é controlado por um módulo controlador. Este módulo é usado para mostrar o estado de funcionamento de um gerador e controlar

o seu funcionamento.

Os comandos do menu de operação de um módulo de controle do Gerador é mostrado no menu de operação de controle Gerador.



Figura 4: Menu suspenso de controle de operação do Gerador
Fonte: Kongsberg Functional Design Document

Os botões de comando permitem:

- PARAR ou PARTIR o módulo de controle do gerador, que por sua vez pode ser ativada tanto manualmente (pelo operador) ou automaticamente (pela lógica do sistema). Quando ativado manualmente, os comandos são principalmente para uso com geradores *Not Stand-by*. Quando parado, o gerador em *Not Stand-by* em questão deve primeiro ser desligado manualmente a partir do painel de comando antes do comando poder ser usado. Quando já dado a partida, o gerador em *Not Stand-by* deve ser primeiro ligado ao barramento antes que o comando possa ser usado. Quando ativado automaticamente, os comandos são principalmente para uso com geradores de *Stand-by*. Quando parado, o gerador *stand-by* é automaticamente desligado do barramento e parado. Quando iniciado, o gerador de *stand-by* é automaticamente sincronizado e conectado ao barramento.
- DESCONECTAR ou CONECTAR o módulo de controle do gerador, que novamente pode ser ativado tanto manualmente (pelo operador) ou automaticamente (com a lógica do sistema). Se o comando de desconexão é

acionado num gerador de *Not Stand-by*, o gerador não será desconectado do barramento não parará. No entanto, se o comando for usado em um gerador *Stand-by*, o gerador irá ser desconectado do barramento e parado. Ambos os tipos de desconexão só será possível se a geração de energia disponível está suficiente pelos outros geradores ligado ao barramento. Se o comando de conexão é acionado num gerador em *Not Stand-by*, o gerador deve ser partido manualmente antes do comando poder ser usados. No entanto, se o comando for usado em um gerador *Stand-by*, o gerador em questão será automaticamente partido, de forma sincronizada e ligado ao barramento.

- CONFIGURAR o módulo de controle do gerador em modo *Stand-by*, que define a ordem para as operações de controle automático, como PARTIR, PARAR, CONECTAR e DESCONECTAR, ou no modo *Stand-by* ou em modo *Not Stand-by*, não que diz respeito a um único gerador e só pode ser ativada manualmente. Os comandos são ajustados através da caixa de diálogo.

- RESETAR uma operação bloqueada, sempre que um gerador for desligado.

- SELECIONAR modo Manual, que é um dos quatro modos disponíveis para controlar a distribuição da carga para um único gerador. Os outros são os controles de distribuição de carga automática de três modos fixo de carga, simétricas e assimétricas. Para deixar este, modo de carga Fixa, Manual, Simétricas ou Assimétricas deve ser selecionada.

- SELECIONAR modo Carga Fixa, que só está disponível para os geradores que são ligados ao barramento principal do Gerenciador de Potência. É um dos três modos automático para controlar a distribuição da carga para um único gerador. Os outros dois modos são simétricos e assimétricos. Não se pode parar um gerador, quando se está em funcionamento no modo de Carga Fixa: um dos modos Manual, Simétrico ou Assimétrico deve ser selecionado.

- SELECIONAR modo Simétrico, que é um dos três modos automáticos para controlar a distribuição de carga para um único gerador.

- SELECIONAR modo Assimétrico, que é um dos três modos automáticos para controlar a distribuição da carga de um único gerador. No modo Assimétrico, a divisão de carga é distribuída na seguinte ordem de prioridade:

Um gerador no modo Assimétrico funciona como o principal gerador. A quantidade de carga dividida para o gerador principal correlaciona-se com a carga ideal para esse gerador. O valor dessa carga ideal é normalmente definido entre 70

e 80% dos da carga nominal.

Os outros geradores dividem a carga restante em igual proporção da sua carga nominal. A carga dividida pelos outros geradores é a carga total no barramento principal, excluindo cargas fixas, cargas manuais e principalmente cargas assimétricas.

- SELECIONAR modos aumentar ou diminuir, que são apenas disponíveis quando o gerador está funcionando no Manual ou modo de Carga Fixa. Selecionando-se esse comando no modo Manual, altera-se a carga sobre o gerador conectado.

Tela das OS

As telas das áreas de processo são mostradas no monitor colorido de um sistema operacional. Estes pontos de vista, ou imagens, mostram todo ou parte de um processo utilizando símbolos padronizados para representar o equipamento de processo (por exemplo, válvulas e motores). A dinâmica do processo será ser mostrado usando cores para representar o que está acontecendo atualmente. Eventos (alarmes e mensagens) também são mostrados na opinião geral, bem como ter os seus próprios acessos específicos.

Várias informações podem ser acessadas em vistas específicas pelo monitor:

- Módulo de Parâmetros, que mostra todos os parâmetros ajustáveis do módulo de função.
- Módulo de Terminais, que mostra a ligação dos terminais do software módulo de função, juntamente com o seu valor de sinal.
- Amostra de conexão, que mostra as conexões de software para e a partir dos terminais dos módulos de função.
- Configuração de Alarmes, que mostra os limites de alarme estabelecidos para o módulo de função.
- Imagem *PROFIBUS I/O* que mostra as configurações de unidades de I/O, Estado e dos terminais de ligação do módulo de função.
- Módulo de Estado, que mostra a configuração operacional do módulo de função.

Station Explorer, que fornece física informação de status de equipamentos físicos do sistema para todos os *FS* que são compreendida na configuração.

Como Processos são Mostrados e Disponibilizados

O número de imagens num sistema depende da quantidade de equipamento sob controle do supervisor. O sistema está concebido para permitir que você selecione as imagens que dão a diferentes níveis de detalhes sobre um processo. Quando você seleciona uma imagem que mostra um processo global (por exemplo, um Power Management, que é gerenciamento de potência, ou seja, geração e distribuição de energia feita pelos diesel geradores de bordo), é possível que não haja espaço suficiente para exibir todos os detalhes em uma única imagem. O Sistema terá, portanto, uma série de imagens, que estão ligados à imagem principal via *hot-spots* ou visualizar o painel botões, que mostram este nível de detalhes. Normalmente, não mais do que um máximo de dois níveis de imagem será utilizado, embora possa ser mais utilizado, se necessário. Eventualmente se atingirá a um ponto em que não há mais detalhes (ou seja, no nível de um único módulo de função). Os conceitos por trás imagens são fundamentais para a compreensão de como o sistema funciona.

O sistema ainda disponibiliza uma série de imagens como: processos, gráficos, lista de alarmes, lista de eventos e estado do sistema. Que fazem parte na verdade da poderosa interface desse tipo de sistema.

Tipos de imagens

Os vários tipos de imagens são os seguintes:

- Processos
- Telas de fluxo de informações
- Listas
- Gráficos
- Lista de eventos
- Status do sistema

Imagens dos Processos

As imagens do Processo oferece melhor apresentação gráfica de um processo. O

operador interage com elementos gráficos usando menus de operação dos vários elementos. Os elementos gráficos representam componentes do processo, tais como bombas, motores, válvulas, ou disjuntores de alta voltagem. Valores de processo e alarmes são exibidos juntamente como elemento que eles representam.

Um elemento gráfico representa a informação detalhada relativa a um módulo de função de software que representa um componente do processo tal como um instrumento, um motor elétrico, uma válvula ou uma bomba.

Tela de Fluxo de Informações

Imagens da tela de fluxo layout de imagem padrão e, assim como imagens de processo, são representações gráficas de partes físicas dos processo de bordo.

A principal diferença entre uma imagem e uma tela de fluxo de informações e imagem de processo são as técnicas que são utilizadas para criá-las e a forma em que a informação de processo da embarcação é apresentada na área da imagem.

Além disso, a imagem da tela de fluxo de informações suporta zoom e funções de visualização de nível que não são encontrados em imagens de processo. Há também barras de rolagem na área de imagem para se movimentar o mapa de processo de telas de fluxo.

A posição e o tamanho das caixas de rolagem na horizontal e barras de rolagem verticais indicam a localização e o tamanho da parte do processo exibida dentro do mapa de processo tela de fluxo.

As Imagens tela de fluxo de informação não são usadas como uma interface de usuário durante a operação do sistema, porque eles são apenas para configuração do aplicativo do software.

Exemplo de uma imagem de uma tela de fluxo de informação, nesse caso para aplicação do Gerenciamento de Potência.

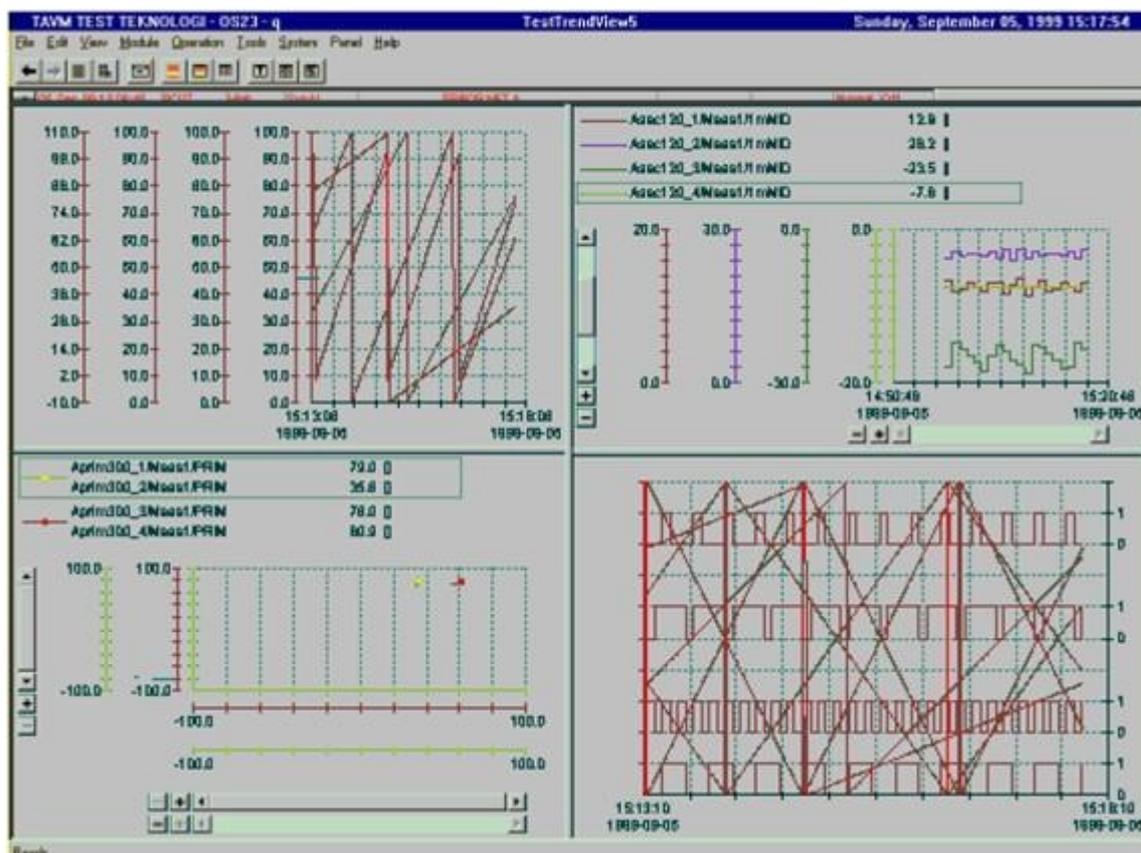


Figura 6: Exemplo de tela de gráficos.
Fonte: Kongsberg Functional Design Document

Lista de Eventos

Um evento é uma notificação para o operador de alguma condição no sistema ou processo controlado que pode precisar de atenção. Que eventos devem ser notificados ao operador, depende de qual lista é exibido e que filtro seleccionado.

Telas de Status do Sistema

As imagens de status do sistema mostram informações sobre o estado operacional sobre as Estações de Processo (*PS*), as Estações de Histórico (*HS*) e as Estações de operação (*OS*) no sistema de automação. Eles também mostram informações sobre a comunicação com outros equipamentos conectados na rede de comunicação e conectados, através de linhas em série.

4. COMPONENTES FÍSICOS DO SISTEMA

Componentes Físicos do Sistema de Supervisão

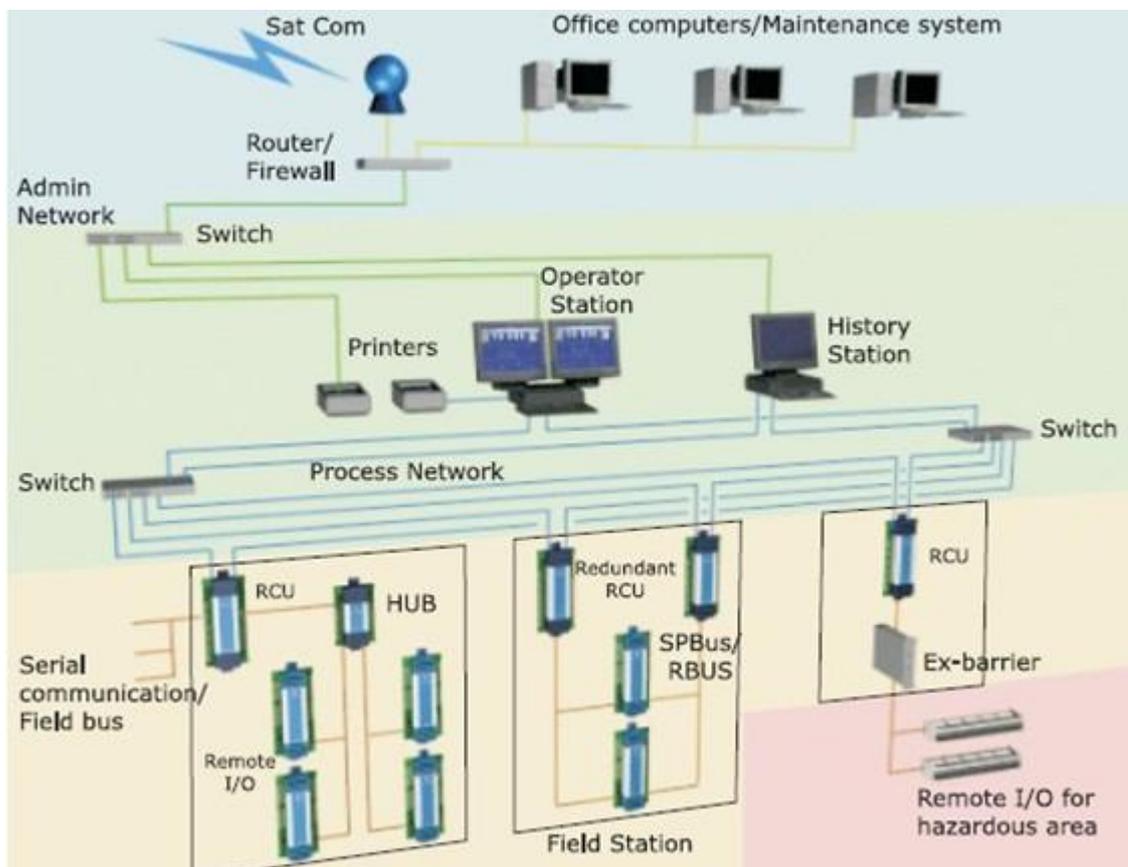


Figura 7: Típica configuração do sistema PMS.
Fonte: Kongsberg Functional Design Document

Descreve-se cada um dos componentes logo abaixo:

OS (Operator Station) Estação de Operação

As Estações de Operação são as principais interfaces entre o operador e os processos que estão sob o controle do operador, geralmente um Oficial de Máquinas.

Uma Estação de Operação tem três partes principais:

1. Um monitor colorido;
2. Um painel de botões com *TrackBall*;
3. Computador (com *software* supervisorio).

Essa Estação pode ser instalada de diferentes maneiras. Porém a bordo normalmente é instalado duas OS na (CCM) Central de Controle de Máquinas, uma estação no Passadiço ou Sala de Posicionamento Dinâmico (*DP Room*) e ainda na Sala de Controle de Carga num Navio-Tanque ou FPSO.

FS (Field Station)

O *FS* são quadros, localizado no campo, elétricos, de interface combinada e unidade de processamento. São relacionados a equipamentos e providenciam interface entre sistema e equipamento físico. A estação ainda contém o software com parametrização do equipamento ao qual está ligado. Normalmente localizado tão próximo quanto possível do equipamento sob seu controle e monitoração. Exemplos disso, são quadros no qual está o controlador digital Woodward DSLC 2301 que faz interface com o Governor Woodward UGB 13B que é o atuador do sistema de controle de rotação de cada motor gerador da Unidade de Perfuração Noble Roger Eason.

Em alguns modelos de mesmo fabricante ou com fabricantes diferentes esses quadros se denominam PCU (Process Control Unit)

RCU (Remote Controller Unit)

A RCU roda o programa de aplicação de um processo do sistema e faz a interface com diferentes barramentos. Contém também interfaces de rede para configuração de redundância.

Processo Distribuído

SCADA é o acrônimo de Supervisory Control And Data Acquisition – Controle Supervisório e Aquisição de Dados. SCADA é um sistema de controle tipicamente usado para monitorar e controlar processos que tenham muitas operações de liga e desliga e poucas malhas de controle analógico PID (Proporcional Integral e Derivativo). O sistema SCADA não é usado tradicionalmente para o controle de processos complexos, mas principalmente para partir e parar unidades remotas Exemplos de processos complexos, que requerem muito controle analógico PID:

refinaria de petróleo, planta química ou petroquímica. Nestes processos, a tecnologia empregada é o Sistema Digital de Controle Distribuído, mais complexo, caro e poderoso que um sistema SCADA.

O Sistema Supervisório é um sistema de processo distribuído devido ao fato de as funções de controle de processo estarem definidas localmente nas FS, e não de maneira central nas OS.

Isso caracteriza o tipo de controle de processo utilizado pelos sistemas supervisórios das embarcações *offshore* (como navios-sonda, plataforma Semi-submersível, FPSO) e apoio *offshore* (como rebocadores de suprimento, manuseio de âncora, etc), denominado como SDCCD (Sistema Digital de Controle Distribuído) que é um Sistema digital de instrumentação que executa funções de controle estabelecidas e permite a transmissão dos sinais de controle e de medição capaz de diferentes funções como: interface com o campo, interface com operador, unidades de controle e gerenciamento do controle distribuídas geograficamente e interligadas por uma rede de comunicação, além de possuir poderosa e amigável interface Homem-Máquina.perfeitamente aplicável para controle de processos contínuos complexos.

Ao contrário do controle SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) que é Controle Supervisório e Aquisição de Dados, um sistema de controle tipicamente usado para monitorar e controlar processos que tenham muitas operações de liga e desliga e poucas malhas de controle analógico PID e não é usado tradicionalmente para o controle de processos complexos.

Considerando o fato de as OS serem independentes, elas podem ser localizadas em qualquer lugar num navio ou plataforma. Também significa que cada OS é capaz de controlar qualquer processo, providenciado o suficiente acesso para o operador está logado no sistema e a OS tem controle de cada grupo. Cada OS tem um disco rígido contendo os arquivos do *software* supervisório para a unidade na qual está instalada. Variáveis de processo e valores de parâmetros para ser mostrado pela OS são gerados nas FS e transferido para OS requerida. Isso significa que, o que se vê no monitor da OS está montado diretamente em todas FS.

Impressora de Alarmes e eventos

Esta impressora de alarmes e eventos é instalada na OS a fim de registrar cada

alarme ou evento instantaneamente, permitindo assim rastrear alarmes em caso de uma investigação de falha de um dado equipamento ou processo, ainda registra a lógica de eventos do sistema permitindo estudar como o sistema supervisor se comporta durante uma determinada ocorrência de falha. Muito embora tantos os alarmes quanto os eventos possam ser visualizados na Estação Registros de Históricos (*History Station*) do sistema, na prática se torna muito usual a possibilidade de impressão durante testes anuais exigidos pelo contratante ou em situação reais em que uma centena de sucessivos alarmes são acionados dentro de alguns minutos. Além de permitir investigações, estes registros podem ser guardados durante anos inclusive com seus gráficos como anexos de documentos oficiais exigidos pela Autoridade Marítima, como o Diário Máquinas.

UPS (Uninterrupted Power Supply)

Um *nobreak* (conhecido como UPS – *Uninterrupted Power Supply*) associado a um banco de baterias (24V) é utilizado para estabilizar a energia fornecida aos componentes eletrônicos do sistema (nas FS e OS), eliminando flutuações e interrupções momentâneas e garantindo o funcionamento durante 30 minutos quando da ocorrência de interrupção prolongada (*black-out*) que é o pior cenário para este sistema.

Em caso de perda de alimentação de 220/127V AC resultará em uma cambagem automática para uma UPS que nesse caso pode ser uma alimentação de emergência de 220/127V AC e um alarme será ativado.

Rede de Comunicação de Dados (*Communication Network*)

A Rede de Comunicação de Dados é uma LAN (*Local Area Network*) de dupla redundância que interconecta o operador, o HS e a FS. Toda comunicação entre o operador e o equipamento que está sendo controlado ocorre através dessa rede. A LAN inclui unidades de distribuição, que são gabinetes que contém o *switch* de intertravamento. Cada unidade de distribuição se compõe de um ou mais unidades. A OS e HS também podem fazer parte da rede externa que ainda podem incluir outros sistemas e impressoras.

Tem-se ainda uma arquitetura diferente, como é o exemplo do Navio-sonda

Roger Eason que se consiste da seguinte forma:

- Rede redundante de Ethernet
- Dois Controladores de Automação (uma localizado à vante e uma à ré)
- Múltiplas estações (OS) externas, cada uma contendo um PLC e um I / O. as estações estão estrategicamente localizados para coletar dados I / O
- Servidor PC de dupla redundância de *OPC* com dados enviado para ambos, e com plantas sempre alimentadas eletricamente. Estes também funcionam como clientes de IHM (1 localizado na sala de DP, 1 localizado na Sala de Controle)
- 1 IHM adicional localizado também na Sala de Controle de Máquinas.

O sistema de controle automático irá comunicar através de uma rede redundante de Ethernet que opera a 100 Mb / s. Esta rede usa 10 conexões de cobre de base T de dois pares de *switches Ethernet* industriais. Por causa da limitação de distância de 10 de base-T, um link de fibra óptica vai ser usado entre interruptores de vante e popa. Os *switches Ethernet* fornecem pontos de conexão entre os dispositivos e também o tráfego no segmento eliminando assim as colisões Ethernet, permitindo uma operação mais precisa. Uma rede redundante é feito de duas redes completamente independentes (A e B). Todos os aspectos da rede são duplicados a partir do cabeamento e *Switches Ethernet* até às portas *Ethernet* nos controladores e computadores.

O *software Ethernet* duplicado verifica constantemente as duas redes (A & B) entre todos os nós da rede. A decisão de qual a rede utilizar entre qualquer par em particular de nós é feita de forma automática para cada par de nós de modo que numa configuração típica do sistema poderia ser usar ambas as redes A & B. Com esta estratégia, múltiplos defeitos de rede podem ser toleradas e as redes continuará a operar. A comunicação entre dois nós só será perdida de existir uma falha entre os dois nós em ambas as redes.

Os controladores de Ethernet redundante e *firmware* do sistema incorporam muitos recursos avançados para garantir a integridade do sistema em todas as condições operacionais.

Esses controladores verifica a integridade de ambas as redes regularmente (a cada 150ms). Se três verificações consecutivas falhar, então a rede alternativa é usado. Isto dá um tempo de passagem efetivo em resposta a uma falha de cerca de 0,5 segundo.

Os controladores Ethernet redundante geram informações de diagnóstico

extensivo para auxiliar no comissionamento e manutenção. Resumo de informações de estado da rede é disponibilizado para os servidores OPC para exibição no sistema IHM, enquanto o detalhe completo está acessível via páginas da web construídas sobre os controladores que podem ser acessados a partir de ambos os PC do Suporte Engenharia e IHM, ou seja, das Estações do Operador.

Todos os componentes utilizados são do tipo testados.

Estação de Registro de Históricos (*History Station - HS*)

O Registro de Histórico é um computador específico conectado à rede e contém históricos de dados de base que armazena uma série de variáveis de medida do processo. Esse histórico cronológico é principalmente usado internamente pelo sistema para relatórios do sistema e para gráficos gerados a partir desses dados. Além disso, pode também em alguns casos serem acessado pelo operador para investigação de alarmes, eventos sequenciais do sistema e gráficos dos processos; podendo-se nos modelos mais modernos transferir tais dados através de dispositivos com conexão USB. Tal fato torna-se essencial devido à limitação da capacidade de sua memória para armazenamento.

5. CONCEITO DE REDUNDÂNCIA

O conceito de acordo com a *IMO DP* classe 3 exige que, na medida do razoavelmente possível o sistema de DP, sistema de energia e todos os auxiliares deverá ter redundância suficiente para continuar a manter estação e manter a posição por uma falha no pior caso, incluindo incêndio ou inundação de um compartimento. Isto significa que a certificação A-60 e divisões (e compartimentos estanques são exigidas áreas abaixo da linha d'água de dano) entre os compartimentos que contêm o equipamento chave para o conceito de redundância.

A sonda foi projetada com um alto nível de redundância em toda a potência, propulsão e suporte de sistemas e atender plenamente os requisitos para DP classe 2. O equipamento deve ser instalado com um backup de combate a incêndio do sistema DP, duas praça de máquinas e duas salas de painel de comando, que serão todos certificada A60 segregada, e, portanto, praticamente atender classe 3.

A concepção de redundância também se aplica a sistemas supervisórios cuja arquitetura consiste em dois elementos ligados em paralelo ou elemento alternativo substituto com intuito de aumentar a confiabilidade do sistema: Ambas *RCU* lêem o mesmo cartão de entrada, eles contêm o mesmo software e executam as mesmas ações

- Ambos *RCU* são capazes de executar um desligamento independentemente de uns dos outros, considerados
- Apenas um *RCU* está exibindo informações sobre o *VDU*, Display Ativa (DA), o outro é *RCU* exibição passiva (DP). O DA *RCU* será sempre aquele com menos de sistema e processo alarme
- Se os dois *RCU* tem alarme diferente ou estado do módulo, uma redundância de alarmes desvio será ativado
- Se um dos dois elementos falhar (remoto ou de cartão *IO*), o elemento é isolado, e o outro elemento de controle irá manter
- Se ambos os elementos falhar (*RCU* ou cartão de *IO*), então a saída será Ir para o Estado à prova de falhas

6 CONTROLE DE FUNÇÕES DO SISTEMA

Controle de Funções do Sistema

O sistema de controle de *PMS* é composto de um número de funções e módulos que são brevemente descritos abaixo:

Sinal de Processamento de Entrada

Esta seção descreve resumidamente o tratamento efetuado em sinais de entrada (analógico e digital) e é independente das funções de controle. Falhas de transdutor, contatos defeituosos, cabeamento de circuito aberto, etc são detectados sempre que possível. Ação feita depende do tipo de sinais disponíveis mas geralmente inclui falha de transdutor e de alarme de I/O, a supressão de funções dependentes ou a substituição de valores predefinidos.

Processamento de Sinal Analógico

Processamento de sinal de entrada analógico é inibido por 30 segundos após o arranque diesel gerador. Isto dá tempo a valores analógicos para estabilizar antes de serem utilizados para o controle.

- **Checagem de Entrada analógica**

As entradas analógicas são verificados para estar dentro de um intervalo pré-definido (por exemplo, 4-20 mA). Se o sinal bruto persiste fora dos limites especificados ficar além do tempo de delay transdutor é dito ser "baixo nível de confiança» e um alarme é disparado. Cada sinal de entrada analógica é colocado numa escala de unidades de engenharia, utilizando uma conversão linear.

- **Referência Cruzada de Entrada Analógica do Sistema de Potência.**

Medições de MW e MVar apenas estão disponíveis, nenhuma verificação pode ser feita para um único gerador, mas para dois ou mais geradores no mesmo

barramento são feitas verificações. O MW individual e sinais MVAr de cada gerador são comparados e se eles não estão dentro dos limites especificados um alarme de referência cruzada para o gerador é disparado.

O fator de potência (*PF*), MVA e a corrente são calculados a partir das medidas de MW e MVAr.

- **Verificações dos Transdutores de Frequência e Voltagem.**

O *PMS* pode estar configurado para usar transdutores de frequência ou de tensão de geradores individuais ou transdutores de frequência ou de tensão das seções de barramentos. Se um gerador não tem sinal disponível (isto é, falha do transdutor), então o sinal da seção de barramento é usado em vez disso. Caso contrário, o sinal é totalmente excluído do cálculo da média. Enquanto pelo menos um sinal está disponível para uma seção em seguida é utilizado. Sinais disponíveis em cada seção são utilizados para os cálculos da divisão de carga. Em modo de divisão de carga *DROOP*, se um sinal de frequência não está disponível para a seção, os geradores naquela seção são excluídos da divisão de carga. Do mesmo modo, se um sinal de tensão não está disponível para a seção, os geradores naquela seção são excluídos da divisão de carga.

Processamento de Sinal Digital

Verificação de sinal digital: As entradas digitais podem ser definidas utilizando a função de controle de alarme digital, que requer o sinal digital ser definido por um período configurável antes de uma condição de alarme ser indicada.

Função de Controle do Disjuntor

A função do disjuntor de circuito permite a configuração de todos os disjuntores (com a exceção de *bustie* disjuntores) a serem monitorizadas e / ou controladas por o *PMS*. Os disjuntores podem ser de geradores ou alimentadores de dispositivo e pode ser configurado para ter diferentes configurações relacionadas com a sistema I / O. Os disjuntores são controlados a partir do IHM, clicando no símbolo CB na tela do *PMS*. Isso abre uma janela de controle que contém os botões de operação para a

função do CB. O símbolo CB muda de cor e aparência, dependendo do modo de operação.

Função de Controle do Gerador

A função do gerador é configurar todos os geradores monitorados e / ou controlados pelos PMS. Os geradores são controladas a partir do IHM, clicando no símbolo do gerador em uma tela. Isso abre uma janela de controle que contém os botões de operação para a função de gerador. Um operador com o login correto pode controlar o gerador a partir desta janela. O símbolo gerador muda de cor e aparência, dependendo do modo de operação.

- **Prioridade para Partida / Parada:**

A função PMS é capaz de realizar partida e parada automática dos motores / geradores usando prioridades correspondentes definidas nas seguintes janelas de configuração. A matriz de prioridade de partida pode ser diferente da matriz de prioridade de parada.

A margem de início indica o spinning reserve (MW ou MVar), abaixo do qual o sistema irá iniciar o próximo prioridade de gerador.

A margem de parada indica o spinning reserve (MW ou MVar) acima do qual o sistema irá parar na próxima prioridade gerador.

Partida / Parada de Gerador

Esta função permite que os diesel geradores possa ser partido pela seguinte lógica:

- comando direto do operador através da IHM
- Partida automática dependente de carga
- Partida automática do primeiro gerador em "Stand-by" pelo PMS devido um outro gerador entrar em shutdown.
- Partida do diesel gerador pelo PMS devido ao número de geradores de operação ser inferior ao definido pelo operador como "número mínimo de geradores"

- Partida do diesel gerador pelo PMS devido a lógica de detecção de Blackout
- Partida do diesel gerador pelo PMS devido a margem de segurança utilizada pelo sistema de propulsão, reduzindo a mesma até ao nível de partida.

Esta função também permite que os geradores possa ser parado pelo seguinte:

- Comando direto do operador através da IHM
- Parada dependente da carga
- Primeiro nível de Shutdown
- Segundo nível de Shutdown

Número Mínimo de Geradores

Esta facilidade permite que o operador selecione o número mínimo de geradores em funcionamento, a qualquer tempo. Esta função efetivamente substitui o recurso de Parada Dependente da Carga, e permite ao operador manter uma grande Spinning Reserve para os requisitos de carga previstos.

Estágios de *Shutdown*

- **1º Estágio de *Shutdown*:**

Para esta função, o PMS monitora as temperaturas, pressões, etc associado com o gerador e seu motor principal. Se uma condição de alarme de primeiro estágio de *shutdown* é ativado e um gerador de *standby* estiver disponível, o *PMS* irá:

Partir o gerador de “*Stand-by*” e iniciar a sincronização com o sistema

Estabilizar a carga sobre o gerador, ou seja, iniciar a divisão de carga

Reduzir a carga sobre o gerador que deve ser desligado para cerca de 5% da carga nominal e abrir o disjuntor

Dar comando de parada para o gerador, depois de observar qualquer necessidade de fazer o período de resfriamento do motor

Uma vez que a sequência do primeiro estágio de *Shutdown* começou, ele continuará até a conclusão

As seguintes condições são para ser utilizado para iniciar um desligamento de primeiro estágio:

DESCRIÇÃO DA CONDIÇÃO ESTADO DO SINAL

Baixa pressão de óleo lubrificante alto

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS:

O objetivo desta monografia foi de apresentar o sistema supervisorio sobre a ótica das unidades *offshore* utilizadas na exploração de petróleo tendo em vista que se tem grande emprego deste tipo de sistema. O supervisorio estudado, Sistema de Gerenciamento de Potência, é de extrema importância para a otimização das operações alcançando-se segurança, confiança operacional, beneficia a supervisão que é feita pelo Oficial nos diversos processos da Praça de Máquinas; justifica-se portanto o crescente uso deste tipo de sistema supervisorio a bordo dos rebocadores de apoio *offshore*, navios e plataformas.

Portanto, ao debruçar-se sobre o assunto teve-se como objetivo explorar seu princípio de funcionamento, apontar os componentes do sistema, demonstrar sua funcionalidade e, por fim, compreender sua importância.

Destarte, conclui-se que o Sistema Supervisorio é fruto do desenvolvimento tecnológico que embarcou pelo ramo da automação trazendo grandes benefícios, podendo ter uma abrangência ainda maior nas instalações de bordo.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A.S., K. M. **FMEA of DP System**. Newbuild Semi-submersible Drilling Rig **FMEA of DP System**, Londres, v.0, n.45173070748832, p.93, 2007.

FILHO, C. S.; LUCENA, P. B. **Arquiteturas de Sistemas de Automação-Uma Introdução**. 2002. 48f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Eletrônica) - Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2002. Disponível em: <http://www.dca.ufrn.br/~affonso/FTP/DCA447/trabalho1/trabalho1_14.pdf> Acesso em: 18 ago. 2013

LTD., Alstom. T. **Functional Design Document**. **Functional Design Document**, Rio de Janeiro, v.1, n.809, p.1-32, 2005.

MARITIME, K. **Kongsberg Function Design Document**. **Kongsberg Function Design Document**, Londres, v.A, n.1023332, p.1-110, 2007.

R.PEREIRA., P. S.; JURIZATO, L. A. **Sistemas Supervisórios**. **Sistemas Supervisórios**, Rio de Janeiro, v.1, n.16777778, p.105-113, 2003. Disponível em: <<http://www.centralmat.com.br/artigos/mais/sistemassupervisorios.pdf>> Acesso em: 18 ago. 2013

RIBEIRO, M. A. **Automação Industrial**. 4ª. ed. Tek Treinamento & Consultoria LTDA.: Tek Treinamento & Consultoria LTDA., 1999. 498p.

RIBEIRO, M. A. **Instrumentação**. 9ª. ed. Salvador: Tek Treinamento & Consultoria LTDA., 2003. 348p.

ROCHA, G. C. **Estudo da Confiabilidade Funcional dos Sistemas de Potência Elétrica, de Automação e de Lastro para manutenção do Equilíbrio de uma Plataforma de Petróleo**. 2008. 135f. Dissertação (Mestrado em Automação Industrial) - Universidade Federal do Rio de Janeiro. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <<http://www.oceanica.ufrj.br/intranet/teses/2008>>> Acesso em: 18 ago. 2013

SALVADOR, M.; SILVA, A. P. G. **O que São Sistemas Supervisórios**. O que são sistemas supervisório, Rio de Janeiro, v.1, n.2504, p.1-5, 2004. Disponível em: <<http://www.centralmat.com.br/artigos/mais/oquesaosistemassupervisorios.pdf>> Acesso em: 18 ago. 2013

VIDAL, C. R. S. **Automação**. 1ª. ed. Belém-PA: Marinha do Brasil-Ensino Profissional Marítimo, 2009. 330p.