

CENTRO DE INSTRUÇÃO
ALMIRANTE GRAÇA ARANHA - CIAGA
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO PARA
OFICIAL DE MÁQUINAS – APMA 1 / 2012

SISTEMA SUPERVISÓRIO DE PRAÇA DE MÁQUINAS
DESGUARNECIDA

Por: Fábio de Oliveira Borges

Orientador
Prof. Iglesias
Rio de Janeiro
2012

CENTRO DE INSTRUÇÃO
ALMIRANTE GRAÇA ARANHA - CIAGA
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO PARA
OFICIAL DE MÁQUINAS – APMA 1 / 2012

SISTEMA SUPERVISÓRIO DE PRAÇA DE MÁQUINAS
DESGUARNECIDA

Apresentação de monografia ao Centro de Instrução Almirante Graça Aranha como item obrigatório para o Curso de aperfeiçoamento para oficial de máquinas – APMA do ensino profissional marítimo da diretoria de portos e costas da Marinha do Brasil.

Por: Fábio de Oliveira Borges.

CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA -
CIAGA

CURSO DE APERFEIÇOAMENTO PARA
OFICIAL DE MÁQUINAS – APMA 1 / 2012

AVALIAÇÃO

PROFESSOR ORIENTADOR (trabalho escrito): _____

NOTA - _____

BANCA EXAMINADORA (apresentação oral):

Prof. (nome e titulação)

Prof. (nome e titulação)

Prof. (nome e titulação)

NOTA: _____

DATA: _____

NOTA FINAL: _____

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me dá forças e sabedoria para realizar esse curso.

Agradeço à minha Esposa, pois ela é meu estímulo a buscar novos conhecimentos para, conseqüentemente, conseguir melhores resultados na minha formação.

Agradeço aos meus pais, por sempre me incentivar a seguir com meus estudos e sempre torceram para que eu tivesse sucesso em minha jornada.

DEDICATÓRIA

Dedico esta monografia à meus filhos,
porque é por eles que eu sempre procuro
crescer como pessoa e profissionalmente

RESUMO

O trabalho apresentado trata no primeiro capítulo dos conceitos de automação, tais como sua definição, criação e avanço. Alguns termos para a compreensão dos outros textos também são apresentados.

Nos capítulos seguintes são tratadas as disciplinas coerentes a automação dos dias atuais e as do futuro. Apresentando-as de maneira técnica de forma a passar ao leitor todo o conjunto complexo de conceitos que são reunidos para formar um único sistema automático.

Após os capítulos de introdução a automação como um todo, são passados os seus elementos componentes. O sistema supervisor é explicado, assim como os conceitos de CLP, sensores e atuadores que são o corpo de um sistema automatizado. O sistema supervisor representando a mente e os outros atuando como o cérebro, os olhos, as mãos ou outra qualquer necessária para o objetivo final ser alcançado.

A praça de máquinas é apresentada ao final. Seus sistemas principais e essenciais são apresentados e é colocada em questão o fato da não existência de uma praça de máquinas desguarnecida, já que em algum momento todo sistema dito automatizado necessita da atuação do homem.

O trabalho explica toda a importância das máquinas para o homem para deixar claro ao final que por mais que as máquinas tenham evoluído ultimamente, elas ainda estão muito longe de poderem se guiar por si próprias sem a mínima supervisão. E é aí que entra o oficial de máquinas junto com sua equipe para manter todo o sistema operando.

ABSTRACT

The presented work treats in the first chapter of the automation concepts, such as its definition, creation and advance. Some terms for the understanding of the other texts also are presented.

In the following chapters are treated discipline they coherent the automation of the current days and of the future. Presenting them in way technique to pass to the reader the complex set of concepts that are congregated to form an only automatic system.

After the chapters of introduction to the automation as a whole, are passed its component elements. The supervisory system is explained, as well as the concepts of CLP, sensors and actuators that are the body of an automatized system. The supervisory system represents the mind and the others act as the brain, the eyes, the hands or any necessary one to reach the final objective.

The engine room is presented to the end. Its main and essential systems are presented and are placed in question the fact of not the existence of an unmanned engine room, since at some moment all automatized system needs the performance of the man.

The work explains all the importance of the machines for the man to tell clearly that no matter how hard the machines have evolved lately, they still are very far from being able to guide itself for itself proper without the minimum supervision. Because of that there is the engineering together with his/her team to keep all system operating.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	10
CAPÍTULO I - Automação Industrial	
1 - Definição	11
2 - Criação e Avanço	12
3 - Protocolo HART	12
4 - Controle Digital	13
5 - Software	13
6 - Controle	14
6.1 - Sistemas de Controle	14
7 - Arquitetura	14
8 - Sistemas Pneumáticos e Hidráulicos de Controle	15
CAPÍTULO II - Mecatrônica	
1 - Definição	17
2 - Eletromecânica	17
2.1 - Eletricidade	17
2.1.1 - Engenharia Elétrica	18
2.1.1.1 - Eletrônica de Potência	18
2.1.1.2 - Eletrônica Digital	18
2.1.1.3 - Eletrotécnica	18
3 - Mecânica	19
3.1 - Engenharia Elétrica	19
4 - Tecnologia da Informação	19
CAPÍTULO III - Nanotecnologia	
1 - Definição	21
2 - Nanoeletrônica	21
3 - Áreas envolvidas	22
4 - Aplicabilidade	22
CAPÍTULO IV - Controladores Lógicos Programáveis	
1 - Definição	23
2 - Aplicações Gerais	23
3 - O Desenvolvimento	24

4 - As variáveis aplicáveis _____	25
4.1 - Variáveis de entrada _____	26
4.2 - Variáveis de saída _____	26
5 - O funcionamento _____	26
5.1 - A linguagem LADDER _____	27
CAPÍTULO V - Transdutores, Sensores e Atuadores	
1 - Definição _____	28
2 - Transdutores _____	29
3 - Quantização _____	30
4 - Sensores _____	30
4.1 - Necessidade _____	31
4.2 - Propriedades _____	31
4.3 - Tipos de sensores _____	32
5 - Servomecanismos _____	33
5.1 - Atuadores _____	34
CAPÍTULO VI - Sistemas Supervisórios	
1 - Definição _____	35
2 - SDCD _____	36
3 - SCADA _____	36
CAPÍTULO VII - A Praça de Máquinas Desguarnecida	
1 - Automação a bordo _____	38
2 - A praça de máquinas _____	39
3 - Sistemas _____	40
CONSIDERAÇÕES FINAIS _____	42
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS _____	43

INTRODUÇÃO

A criação e o avanço das técnicas industriais sempre foram motivos de orgulho para os homens. Sempre melhorando o trabalho do seu criador.

A automação foi um grande passo alcançado por esse criador para uma evolução até então não vista. Seu trabalho agora além de otimizado também não mais necessitava de sua total dedicação, as tarefas eram completadas sem a onipresença do homem em todo o processo.

O sistema supervisorio de um sistema automatizado é nada mais do que a representação do ser humano no ambiente em que está aplicado. E se o ser humano evolui a cada dia, é lógico que esses sistemas também não pararam no tempo.

A aplicabilidade dessa automação a bordo dos navios mercantes, mais precisamente na praça de máquinas, é o tema principal desse trabalho, que para chegar ao ponto em questão primeiramente faz uma visão geral da automação, seus componentes e o próprio sistema supervisorio em questão.

CAPÍTULO I

Automação Industrial

“Automação significa a transferência da inteligência humana para uma máquina.” Ohno, 1997

1 - Definição

Automação industrial é o uso de qualquer dispositivo mecânico ou eletro-eletrônico para controlar máquinas e processos. Entre os dispositivos eletro-eletrônicos pode-se utilizar computadores ou outros dispositivos lógicos (como controladores lógicos programáveis), substituindo, muitas vezes, tarefas humanas ou realizando outras que o ser humano não consegue realizar. É um passo além da mecanização, onde operadores humanos são providos de maquinaria para auxiliá-los em seus trabalhos.

Ela visa, principalmente, a produtividade, qualidade e segurança em um processo. Em um sistema típico toda a informação dos sensores é concentrada em um controlador programável o qual de acordo com o programa em memória define o estado dos atuadores. Atualmente, com o advento de instrumentação de campo inteligente, funções executadas no controlador programável tem uma tendência de serem migradas para estes instrumentos de campo.

A automação industrial possui vários barramentos de campo específicos para a área industrial (em tese estes barramentos se assemelham a barramentos comerciais tipo ethernet, intranet, etc.), mas controlando equipamentos de campo como válvulas, atuadores eletromecânicos, indicadores, e enviando estes sinais a uma central de controle conforme descritos acima.

2 - Criação e avanço

A história da automação industrial começa com a criação das linhas de montagens automobilísticas com Henry Ford, na década de 20. Desde essa década o avanço tecnológico nas mais diversas áreas da automação industrial tem sido cada vez maior, proporcionando um aumento na qualidade e quantidade de produção e reduzindo custos.

O avanço da automação está ligado, em grande parte, ao avanço da microeletrônica que se deu nos últimos anos. Os CLPs (Controladores Lógico Programáveis) surgiram na década de 60 e substituíram os painéis de controle com relés e bobinas. Diminuindo assim, o alto consumo de energia, a difícil manutenção e modificação de comandos e as perigosas alterações na fiação.

Nos anos 90 os programas de computador foram criados com a tentativa de obter maior produtividade, qualidade e competitividade. Dentro desta visão de integração entre o chão de fábrica e o ambiente corporativo, decisões dentro do sistema organizacional de produção, passa a ser tomada dentro do mais alto grau do conceito de qualidade, baseado em dados concretos e atuais que se originam nas mais diferentes unidades de controle.

Os fabricantes de CLP também compreenderam a equação básica: software mais hardware e passaram a produzir sistemas SCADA e outros pacotes mais especializados. Passaram a concorrer para a solução completa: SCADA mais CLP. Na área de instrumentação a revolução se deu mais dolorosamente. Era necessário dotar os instrumentos de mais inteligência e fazê-los se comunicar em rede. O antigo padrão 4-20mA para a transmissão de sinais analógicos tinha que ceder lugar à transmissão digital. A princípio foi desenvolvido um protocolo que aproveitava a transmissão já existente, fazendo transitar sinais digitais sobre sinais analógicos 4-20mA.

3 - Protocolo HART

O protocolo HART permite a sobreposição do sinal de comunicação digital aos sinais analógicos de 4-20mA, sem interferência, na mesma fiação. O HART proporciona alguns dos

benefícios apontados pelo fieldbus(sistema de rede de comunicação industrial para controle em tempo real), mantendo ainda a compatibilidade com a instrumentação analógica e aproveitando o conhecimento já dominado sobre os sistemas 4-20mA existentes. Para Transmitir o sinal digital juntamente com o analógico, utiliza-se a técnica de FSK (frequency shift key) no qual um sinal senoidal de corrente pico-a-pico de 1mA na frequência de 1200KHz significa "1" e 2400KHz significa "0".

Este protocolo não foi mais do que um paliativo, embora permaneça até hoje em sua interinidade. De certa forma, representa também uma reação ao avanço das novas tecnologias. Depois surgiu uma grande quantidade de padrões e protocolos que pretendiam ser o único e melhor barramento de campo.

4 - Controle digital

Um computador digital usado como controlador em um sistema de controle com realimentação apresenta vantagens sobre o controlador analógico porque variações na lei de controle de um controlador analógico requerem variações físicas (de hardware), enquanto variações na lei de um controlador digital podem ser frequentemente obtidas por mudanças no programa de computador (software).

5 - Software

Software ou programa de computador é uma sequência de instruções a serem seguidas e/ou executadas, na manipulação, redirecionamento ou modificação de um dado/informação ou acontecimento.

Um programa de computador é composto por uma sequência de instruções, que é interpretada e executada por um processador ou por uma máquina virtual. Em um programa correto e funcional, essa sequência segue padrões específicos que resultam em um comportamento desejado.

6 - Controle

Controle é uma das funções que compõem um processo administrativo. A função controlar consiste em averiguar se as atividades efetivas estão de acordo com as atividades que foram planejadas.

Controle de processos é a técnica de manter variáveis de um processo em valores pré-determinados, conhecidos como set-point's a partir de um algoritmo geralmente proporcional a uma ou mais variáveis que são medidas em tempo real por um equipamento de controle geralmente baseado em microprocessador.

6.1 - Sistemas de controle

Sistemas de controle são aqueles que unem o resultado da leitura dos elementos sensores com a ação dos elementos atuadores. Eles recebem as informações lidas dos sensores para saber o atual estado do processo, executa cálculos e lógicas pré-definidas (também chamadas de lei de controle) e envia o resultado para os atuadores, de modo que a situação atual do processo seja modificada para que se atinja um ponto de operação próximo do desejado.

7 - Arquitetura

Uma solução de automação tem por objetivos básicos o desempenho, a modularidade e a expansibilidade. Para que estes sejam alcançados, temos que conceber prioritariamente um desempenho da arquitetura do sistema e, desta forma, organizar seus elementos: coletores de dados remotos, CLPs, instrumentos e sistemas de supervisão, e outros. As arquiteturas mais utilizadas são as que definem duas hierarquias de redes: as de informação e as de controle.

A primeira é o nível mais alto dentro de uma arquitetura, é representado pela rede de informação e é responsável pela interligação das redes de controle. Designa o esquema de ligações centrais de um sistema mais amplo.

As redes de controle interligam os sistemas industriais ou sistemas SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) aos sistemas representados por CLPs e coletores de dados remotos.

A arquitetura de duas camadas permite que as redes de controle façam a comunicação das estações clientes com os servidores e as de informação, dos servidores com os CLPs.

Atualmente, ainda se utiliza a arquitetura de rede única, que consiste em uma modalidade onde ocorre o compartilhamento das redes de comunicação e controle.

Uma outra arquitetura utilizada é a SDCDs, que caracteriza-se por um elevado nível de redundância: redundância de servidores, de rede de comunicação de dados, etc. Possui também sofisticados algoritmos de diagnóstico, que permitem localizar a unidade defeituosa a partir do centro de controle.

O sistema híbrido é atualmente o mais usado, pois alia a versatilidade e performance de um SDCD com o baixo custo do SCADA mais CLP.

8 - Sistemas pneumáticos e hidráulicos de controle

A principal fonte de energia para acionar um sistema automatizado é a eletricidade. Porém o processo de automação necessita também de fontes adicionais de energia.

Por sua natureza, os sistemas hidráulicos e pneumáticos constituem-se em uma forma concreta de aplicação dos princípios da mecânica dos fluidos compressíveis e incompressíveis a qual embasa o desenvolvimento de componentes e circuitos.

As máquinas e processos desses sistemas são projetados e construídos para cumprir objetivos variados. Estes objetivos são alcançados principalmente por meio de ações mecânicas que produzem movimentos lineares ou rotativos.

Os atuadores hidráulicos e pneumáticos são comandados por meio de válvulas que podem ser eletro-hidráulicas ou eletropneumáticas, possibilitando, portanto, o interfaceamento com sinais elétricos vindos de botões ou mesmo CLPs.

CAPÍTULO II

Mecatrônica

1 - Definição

A Engenharia Mecatrônica é uma disciplina integrada que utiliza as tecnologias de mecânica, eletricidade e a tecnologia da informação para fornecer produtos, sistemas e processos melhorados. Sendo uma das áreas mais novas da engenharia em todo o mundo.

A mecatrônica, enquanto disciplina independente, enfatiza o gerenciamento e o controle da complexidade dos processos de indústrias modernas que exigem ferramentas sofisticadas para gerir em tempo real seus diversos processos integrados.

A mecatrônica funciona como uma espécie de “futuro das engenharias”. As áreas de atuação dessa engenharia vão desde cálculo, física, mecânica e elétrica básica, até circuitos lógicos, controle de sistemas mecânicos e automação industrial, o que pode traduzi-la como sendo a engenharia que atualmente é usada como base para os processos de controle e supervisão de sistemas.

2 - Eletromecânica

Disciplina associada a um processo industrial de forma completa, atuando tanto na parte elétrica como na parte mecânica, associando os conhecimentos de eletrotécnica, eletrônica, mecânica e automação industrial.

2.1 - Eletricidade

Junto com as energias mecânica, química e térmica, a eletricidade compõe o conjunto de modalidades energéticas de uso habitual. De fato, como consequência de sua capacidade de ser transformada de forma direta em qualquer outra energia, sua facilidade de transporte e grande alcance através das linhas de alta tensão, a energia elétrica se converteu na fonte energética mais utilizada no século XX.

2.1.1 - Engenharia elétrica

A Engenharia elétrica é o ramo da engenharia que lida com o estudo e a aplicação da energia elétrica e do eletromagnetismo.

Essa engenharia se divide em muitos ramos específicos, porém os que são plenamente utilizados num sistema de controle de máquinas na área naval são a eletrônica de potência, a eletrotécnica.

2.1.1.1 - Eletrônica de potência

Eletrônica de Potência é a área da eletrônica que se ocupa do acionamento de máquinas elétricas e cargas de grande potência, em corrente contínua ou alternada, através do uso de tiristores e transistores de alta capacidade. Além disso, a Eletrônica de Potência lida com o condicionamento da energia elétrica por meio de circuitos eletrônicos que permitem converter a energia elétrica de corrente alternada para corrente contínua e vice-versa. As principais aplicações da eletrônica de potência são as fontes chaveadas, os conversores de frequência e dispositivos de partida suave utilizados para controlar o funcionamento de motores elétricos.

2.1.1.2 - Eletrônica digital

Eletrônica digital é o ramo da ciência que estuda o uso de circuitos formados por componentes elétricos e eletrônicos, com o objetivo principal de representar, armazenar, transmitir ou processar informações além do controle de processos e mecanismos. Sob esta ótica, também se pode afirmar que os circuitos internos dos computadores (que armazenam e processam informações), os sistemas de telecomunicações (que transmitem informações), os diversos tipos de sensores e transdutores (que representam grandezas físicas - informações - sob forma de sinais elétricos) estão, todos, dentro da área de interesse da eletrônica digital.

2.1.1.3 - Eletrotécnica

A ênfase em eletrotécnica estuda o sistema de potência elétrica. O sistema de potência elétrica compreende a geração, transmissão, distribuição e utilização de energia elétrica; máquinas e equipamentos elétricos, instalações elétricas prediais e industriais; acionamentos

industriais; fontes alternativas de energia; motores elétricos; efficientização energética; sistemas de medição e controle elétrico e serviços.

3 - Mecânica

Mecânica é a parte da física que estuda o movimento e o repouso dos corpos. Desde a antiguidade o homem preocupa-se em explicar os fenômenos que a natureza coloca diante dele. O movimento dos corpos foi o alvo das primeiras atenções. Assim, a mecânica é a mais antiga das partes da física, não há idéia de quando iniciou seu desenvolvimento.

3.1 - Engenharia mecânica

A Engenharia Mecânica é a aplicação de matemática e ciências básicas, principalmente física, na concepção, construção, análise, manutenção e operação de sistemas mecânicos. Sistemas mecânicos são constituídos por elementos físicos, construídos pelo homem ou presentes na natureza.

4 - Tecnologia da informação

A Tecnologia da Informação pode ser definida como um conjunto de todas as atividades e soluções providas por recursos de computação. Na verdade, as aplicações para ela são tantas - estão ligadas às mais diversas áreas - que existem várias definições e nenhuma consegue determiná-la por completo.

Também é comumente utilizado para designar o conjunto de recursos não humanos dedicados ao armazenamento, processamento e comunicação da informação, bem como o modo de como esses recursos estão organizados num sistema capaz de executar um conjunto de tarefas.

Abrange todas as atividades desenvolvidas na sociedade pelos recursos da informática. É a difusão social da informação em larga escala de transmissão, a partir destes sistemas

tecnológicos inteligentes. Seu acesso pode ser de domínio público ou privado, na prestação de serviços das mais variadas formas.

CAPÍTULO III

Nanotecnologia

1 - Definição

Se a mecatrônica é a ciência atual implementada na automação industrial, a nanotecnologia é a ciência do amanhã para esta mesma área. Com seus dispositivos menores, porém muito mais precisos, com o seu desenvolvimento e descobertas por vias mais econômicas, visto que o custo ainda não compensa sua implementação em sistemas robustos, em não muitos anos os micro componentes do sistema supervisorio das praças de máquinas desguarnecidas se tornarão nano sistemas integrados de controle.

O prefixo “nano” indica extrema pequenez. Tão pequeno de fato, que uma estrutura nanodimensionada tem de ser ampliada mais de 10 milhões de vezes para podermos visualizá-la. A nanotecnologia refere-se a tecnologias em que a matéria é manipulada à escala atômica e molecular para criar novos materiais e processos com características funcionais diferentes dos materiais comuns. Não é apenas o estudo do muito pequeno, é a aplicação prática desse conhecimento.

Por conta da nanotecnologia (com a manipulação dos átomos numa escala 80 mil vezes mais fina que um fio de cabelo) estão sendo produzidos chips menores e mais potentes. Hoje um MP3 guarda mais dados que um PC há 10 anos.

2 - Nanoeletrônica

Tem por objetivo prosseguir o desenvolvimento em microeletrônica de ultra-alta compactação e miniaturização, especialmente para as tecnologias de informação e computação, mas a escalas significativamente menores, permitindo a manipulação de quantidades de informação extremamente grandes associadas a rápidas velocidades de processamento.

3 - Áreas envolvidas

A nanotecnologia é uma ciência multidisciplinar. Os cientistas de materiais, os engenheiros eletrônicos e mecânicos e os investigadores médicos trabalham em conjunto com biólogos, físicos e químicos. A união da investigação à nanoescala deve-se a necessidade de partilhar o conhecimento sobre ferramentas técnicas, assim como sobre conhecimentos periciais em matéria de interações atômicas e moleculares.

As mudanças efetuadas nas propriedades à escala molecular de um material à nanoescala podem influenciar fortemente as suas propriedades físicas e químicas a grande escala.

O próximo desafio consiste em aumentar proporcionalmente os métodos da fabricação nanotecnológica para eventual produção em massa pela indústria.

4 - Aplicabilidade

Algumas das inovações propostas pela nanotecnologia que a princípio teriam aplicabilidade direta a automação industrial aplicada à praça de máquinas e até mesmo a outros setores de um navio mercante seriam:

- Integração a área atômica de circuitos integrados inteligentes e multifuncionais;
- Integração de sistemas tradicionais com sistemas biológicos;
- Dispositivos e sistemas a escala molecular;
- Dispositivos quânticos e de eletrônica singular;
- Mostradores;
- Novos revestimentos resistentes à corrosão;
- Ecomateriais.

CAPÍTULO IV

Controladores Lógicos Programáveis

1 - Definição

O cérebro dos sistemas supervisórios típicos são chamados de CLP (controladores lógicos programáveis), que são definidos segundo a ABNT como sendo equipamentos eletrônicos digitais com hardware e software compatíveis com aplicações industriais. Uma explicação um pouco mais aprofundada seria a de um dispositivo em estado sólido com capacidade de armazenamento de instruções para implementação de funções de controle (seqüência lógica, temporização e contagem, por exemplo), além da possibilidade de realização de operações lógicas e aritméticas, manipulação de dados e comunicação em rede, sendo utilizado no controle de sistemas automatizados.

Eles são responsáveis pelo controle das informações pertinentes a todo o sistema real da praça de máquinas, porém operando de maneira virtual, ou seja, as informações que o controlador recebe para análise muitas vezes precisam ser modificadas a fim de que o mesmo possa entender aquilo que lhe é passado.

2 - Aplicações gerais

Atualmente encontramos CLPs utilizados na implementação de painéis seqüenciais de intertravamento, controle de malhas, sistemas de controle estatístico de processo, sistemas de controle de estações, sistema de controle de células de manufatura e outros. Os CLPs são encontrados em processos de: empacotamento, engarrafamento, enlatamento, transporte e manuseio de materiais, usinagem, geração de energia; em sistemas de controle predial de ar condicionado, sistemas de segurança, montagem automatizada, linhas de pintura e sistemas de tratamento de água, existentes em indústrias de alimentos, bebidas, automotiva, química, têxtil, plásticos, papel e celulose, farmacêutica, siderúrgica e metalúrgica.

3 - O desenvolvimento

Esse equipamento surgiu da evolução dos antigos painéis eletrônicos, cuja lógica fixa tornava limitada qualquer mudança extra na planta original. Sua tecnologia só foi possível com o advento dos chamados circuitos integrados e da evolução da lógica digital.

O CLP nasceu praticamente dentro da indústria automobilística, especificamente na Hydramatic Division da General Motors, em 1968. Sobre o comando do Engenheiro Richard Morley e seguindo uma especificação que refletia as necessidades de muitas indústrias manufatureiras, entre elas:

- Preço competitivo com os sistemas de relés;
- Dispositivos de entrada e saída facilmente substituíveis;
- Funcionamento em ambiente industrial (vibração, calor, poeira, ruídos);
- Facilidade de programação e manutenção por técnicos e engenheiros;
- Repetibilidade de operação de uso.

Na década de 70, com as inovações tecnológicas dos microprocessadores, maior flexibilidade e um grau também maior de inteligência, os CLPs incorporaram:

1972 - Funções de temporização e contagem

1973 - Operações aritméticas, manipulação de dados e comunicação com computadores

1974 - Comunicação com interfaces homem-máquina

1975 - Maior capacidade de memória, controles analógicos e controle PID

1979/80 - Módulos de entrada e saída remotos, módulos inteligentes e controle de posicionamento.

Nos anos 80, aperfeiçoamentos foram atingidos, fazendo o CLP um dos equipamentos mais atraentes na automação industrial. A possibilidade de comunicação em rede (1981) é hoje uma característica indispensável na indústria. Além dessa evolução tecnológica, foi atingido um alto grau de integração, tanto no número de pontos como no tamanho físico, que possibilitou o fornecimento de minis e micros CLPs a partir de 1982.

As características atuais dos CLPs são:

- Módulos de entrada e saída de alta densidade (grande número de pontos por módulo);
- Módulos remotos controlados por uma mesma CPU;

- Módulos inteligentes (coprocessadores que permitem a realização de tarefas complexas: controle PID, posicionamento de eixos, transmissão via rádio ou modem, leitura de código de barras);
- Softwares de programação em ambiente Windows (facilidade de programação);
- Integração de aplicativos Windows (Access, Excel, Visual Basic) para comunicação com CLPs;
- Recursos de monitoramento da execução do programa, diagnósticos e detecção de falhas;
- Instruções avançadas que permitem operações complexas (ponto flutuante, funções trigonométricas);
- Scan Time (tempo de varredura) reduzido (maior velocidade de processamento) devido à utilização de processadores dedicados;
- Processamento paralelo (sistema de redundância), proporcionando confiabilidade na utilização em áreas de segurança;
- Pequenos e micros CLPs que fornecem recursos de hardware e de software iguais aos dos CLPs maiores;
- Conexão de CLPs em rede (via Rede Ethernet).

4 - As variáveis aplicáveis

As variáveis que podem ser trabalhadas no CLP são as discretas e as analógicas, já que a linguagem utilizada no equipamento permite esse recurso. As variáveis analógicas são aquelas que variam continuamente com o tempo. São normalmente presentes em eventos de natureza química ou física. As variáveis discretas, ou digitais, possuem somente dois estados em todo o tempo.

As variáveis controladas podem ser divididas em entrada, quando são advindas dos sensores e saída, nessa caso ligadas aos atuadores.

4.1 - Variáveis de entrada

As variáveis de entrada discretas são aquelas que fornecem apenas um pulso ao controlador. São variáveis que trabalham na lógica booleana, ou seja, utilizando os estados ligado ou desligado, nível alto ou nível baixo.

As entradas analógicas, como se pode supor pelo nome, representam grandezas de forma analógica. Para este tipo de entrada é necessária a existência de um conversor analógico-digital.

4.2 - Variáveis de saída

As variáveis de saída discreta são aquelas que exigem apenas um pulso para controlar o seu estado final, como o acionamento ou desacionamento de um componente do sistema.

As de saída analógica não diferem das variáveis de entrada do mesmo tipo. O controlador precisa de um conversor para atuar nessas saídas.

5 - O funcionamento

O CLP funciona de forma seqüencial, fazendo um ciclo de varredura em algumas etapas. É importante observar que quando uma etapa do ciclo está sendo executada, as outras ficam inativas.

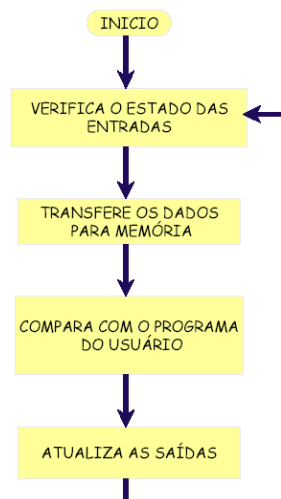


Figura 1.1 – Princípio de funcionamento de um CLP

5.1 - A linguagem Ladder

A linguagem de programação de controladores lógicos programáveis é denominada diagrama de contatos, ou Ladder, que utiliza a lógica booleana. “Escada” seria a tradução para o português dessa palavra originária da língua inglesa, nome apropriado devido a similaridade que possui com esse objeto. O programa é carregado na memória do CLP através da porta de comunicação serial RS-232.

A linguagem Ladder foi a primeira que surgiu na programação dos controladores. Sua arquitetura procurava se assemelhar aos antigos diagramas elétricos, evitando uma quebra de paradigmas muito grande.

No exemplo abaixo o diagrama elétrico representado pela figura 1.2 pode ser substituído pelo CLP da figura 1.3 que, utilizando a linguagem Ladder, executa as mesmas tarefas, porém com todas as vantagens do controlador.

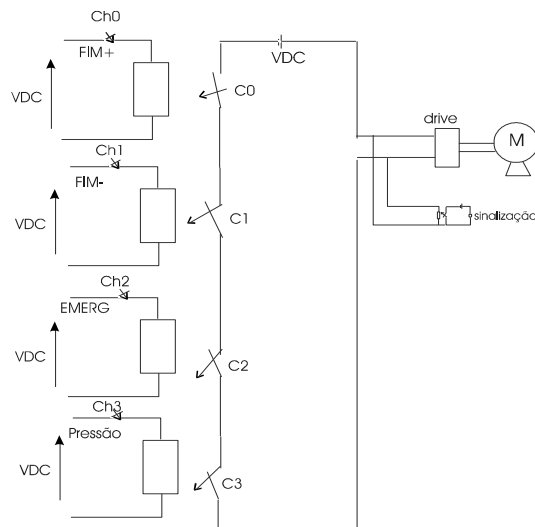


Figura 1.2 – Diagrama elétrico utilizando relés de controle

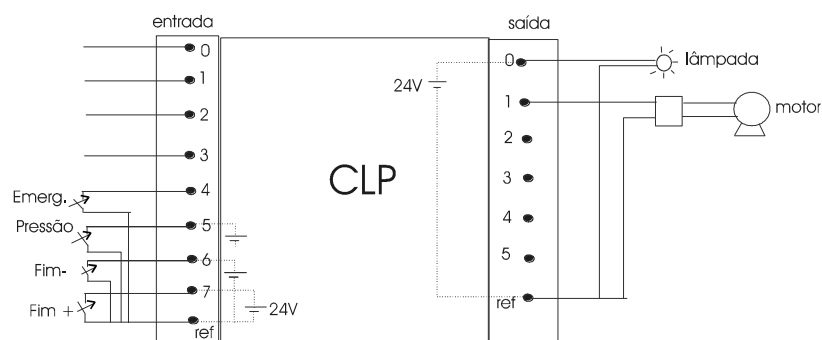


Figura 1.3 – CLP aplicando a linguagem Ladder

CAPÍTULO V

Transdutores, Sensores e Atuadores

1 - Definição

A tecnologia de sensores diz respeito a duas atividades que retroage à civilização dos antigos egípcios: medição e processamento de informação. No antigo Egito só foi possível organizar a agricultura e a necessária irrigação das terras, quando as pessoas desenvolveram a habilidade de medir áreas das terras e o volume das águas. Mais tarde os egípcios desenvolveram a habilidade de processar os números produzidos pela medição, isto é, a matemática que trouxe a tona novas dimensões para a forma de explorar os números.

Transdutores ou sensores representam a componente sensorial dos sistemas de medição, que pertencem a um campo tecnológico mais amplo chamado instrumentação. A medição é o processo de associar números a entidades e eventos no mundo real. A tarefa de selecionar e usar instrumentos é geralmente referida como Engenharia de Medição. O processo de sensorial é chamado transdução. A instrumentação desempenha um papel vital no nosso mundo tecnológico atual. Em nossa tecnologia em expansão mais e mais tarefas de natureza experimental desafiam cientistas quando estes, enfrentando ambientes excepcionais, buscam atingir altos níveis de energia e operações automáticas mais seguras, mais rápidas, mais silenciosas, confiáveis e eficientes.

O vôo do Space Shuttle, que foi visto por milhões de pessoas à distância, constitui um exemplo de um projeto experimental envolvendo multiplicidade de instrumentos e computadores. A instrumentação desempenha um papel importante na criação, construção e operação de carros modernos eficientes em termos de combustíveis. A redução das dimensões das estruturas, a melhora da milhagem e a redução dos níveis de poluição envolve muitos testes com instrumentos. Carros modernos são agora no mínimo parcialmente montados com a utilização de robôs comandados por computadores, envolvendo instrumentados sistemas de controle com realimentação (feedback control systems). Quando tais carros estão funcionando computadores e sensores de bordo ajustam automaticamente os controles para um

desempenho ótimo e economia de combustível. Para manter o suprimento de combustível de tais carros a exploração de instrumentação baseada nos carros e o refinamento de processos envolve muitos sensores.

2 - Transdutores

Segundo Seippel “um transdutor é um dispositivo que converte uma forma de energia ou quantidade física em outra”. Não há completa concordância em relação a esta definição. Embora autoridades no assunto insistam que o termo transdutor deva ser aplicado apenas para o dispositivo que transforma um tipo de energia ou quantidade física em outra, existem outras definições de uso corrente. Observem a definição de Brignell e White: “Os transdutores dividem-se em duas subconjuntos, sensores fornecem informações de entradas em nosso sistema a partir do mundo externo e atuadores que executam ações de saída para o mundo externo”. Por esta definição sensores são transdutores cuja ação é dar entradas do mundo externo para o sistema. Surge ainda o termo atuador responsável pelas ações de saída do sistema para o mundo externo. Esta definição é bastante apropriada para sistemas de controle.

Para Brignell e White detectores são definidos como sensores binários. Ogata apresenta uma definição em termos de sinais de entrada e saída de um sistema, ou seja, um transdutor é um dispositivo que converte um sinal de entrada em um sinal de saída de outra forma. Note que esta definição lembra transformação de energia ou de quantidade física, como dada por Seippel mas também lembra a definição apresentada por Brignell e White no sentido de que os transdutores estão associados à entrada e saída de sistemas de controle. Ogata estende um pouco mais a discussão sobre os transdutores, classificando-os como:

- **Transdutores analógicos:** são transdutores nos quais os sinais de entrada e saída são funções contínuas do tempo. As amplitudes dos sinais podem assumir quaisquer valores dentro das limitações físicas do sistema.
- **Transdutores a dados amostrados:** são transdutores nos quais os sinais e saída ocorrem apenas em instantes discretos de tempo, normalmente periódicos. As amplitudes do sinal são não-quantizáveis.
- **Transdutores digitais:** são aqueles nos quais os sinais de entrada e saída são discretos e a amplitude dos mesmos são quantificáveis, ou seja, podem assumir apenas certos valores discretos.

- **Transdutores analógico-digital:** são transdutores nos quais o sinal de entrada é uma função contínua do tempo e o sinal de saída é um sinal quantizável que pode assumir apenas certos valores discretos.
- **Transdutores digital-analógico:** são aqueles nos quais o sinal de entrada é um sinal quantizado e o sinal de saída é uma função contínua do tempo.

3- Quantização

É conveniente introduzir aqui o conceito de quantização para tornarem mais clara as definições acima sobre transdutores bem como as definições de sinais a serem apresentadas. A inclusão de um computador digital em um sistema analógico produz sinais de forma digital (normalmente como números binários). O sistema então toma a forma de uma combinação digital-analógica. A conversão de um sinal analógico para um sinal digital é uma aproximação porque o sinal analógico pode assumir um número infinito de valores ao passo que a variedade de diferentes números que podem resultar de um conjunto finito de dígitos é limitada. Este processo de aproximação é denominado quantização

4 - Sensores

Segundo Seippel “são dispositivos usados para detectar (nesse caso recebem o nome de detectores), medir ou gravar fenômenos físicos tais como calor, radiação e outros, e que responde transmitindo informação, iniciando mudanças ou operando controles”. Considerem agora outra definição de sensores: “São dispositivos que mudam seu comportamento sob a ação de uma grandeza física, podendo fornecer diretamente ou indiretamente um sinal que indica esta grandeza”. Quando operam diretamente, convertendo uma forma de energia em outra, são chamados transdutores. Os de operação indireta alteram suas propriedades, como a resistência, a capacitância ou a indutância, sob ação de uma grandeza, de forma mais ou menos proporcional. O sinal de um sensor pode ser usado para detectar e corrigir desvios em sistemas de controle, e nos instrumentos de medição, que freqüentemente estão associados aos sistemas de controle de malha aberta (não automáticos), orientando o usuário.

4.1 - Necessidade

Os sensores tornaram-se vitais na indústria e os fabricantes estão mostrando uma tendência de integração de equipamentos controlados por computador. No passado, os operadores eram os cérebros de um equipamento e fonte de toda informação sobre a operação de um processo. O operador sabia se as peças estavam disponíveis, que peças estavam prontas, se eram boas ou más, se o trabalho feito com ferramentas estava aceitável, se o dispositivo elétrico estava ligado ou não, e assim por diante. O operador podia detectar problemas na operação vendo, ouvindo, sentindo (vibração, etc.), e cheirando problemas.

Estudos foram realizados para avaliar quão eficazes os seres humanos são em tarefas repetitivas como busca por erros, inspeção. Um estudo examinou pessoas que inspecionavam bolas de tênis de mesa. Uma correia transportadora trazia as bolas de tênis para um trabalhador. As bolas brancas eram consideradas boas, e as bolas pretas eram consideradas sucata. O estudo descobriu que as pessoas eram eficazes aproximadamente 70 por cento, para encontrar as bolas defeituosas.

Certamente, os trabalhadores podiam descobrir todas as bolas pretas, mas ao executar tarefas simples, tediosas e repetitivas cometiam muitos erros. Um sensor simples poderia, entretanto, executar tarefas simples como esta quase sem cometer falhas.

4.2 - Propriedades

Linearidade: É o grau de proporcionalidade entre o sinal gerado e a grandeza física. Quanto maior, mais fiel é a resposta do sensor ao estímulo. Os sensores mais usados são os mais lineares, conferindo mais precisão ao sistema de controle. Os sensores não lineares são usados em faixas limitadas, em que os desvios são aceitáveis, ou com adaptadores especiais, que corrigem o sinal.

Faixa de atuação: É o intervalo de valores da grandeza em que pode ser usado o sensor, sem destruição ou imprecisão.

4.3 - Tipos de sensores

Com contato X Sem contato

Se o dispositivo precisa entrar em contato com um elemento para a detectar, o dispositivo é um sensor do contato. Os sensores sem-contato podem detectar um elemento sem tocar nele fisicamente, o que evita o retardo ou a interferência no processo.

Os dispositivos eletrônicos (sem contato) são também muito mais rápidos do que dispositivos mecânicos (com contato), assim, dispositivos sem-contato podem trabalhar em taxas muito elevadas de produção.

Digitais X Analógicos

Uma outra maneira classificar sensores é: digitais ou analógicos. As aplicações industriais necessitam tanto de sensores digitais quanto de analógicos. Um sensor digital tem dois estados: ligado ou desligado. A maioria das aplicações envolve monitorar a presença/ausência de peças e procedimentos de contagem, o que um sensor digital faz de maneira perfeita e barata. Os sensores digitais são mais simples e mais fáceis de usar do que os analógicos, o que é um fator para seu largo uso.

Os sensores com saídas digitais podem estar ligados ou desligados. Geralmente possuem saídas transistorizadas. Se o sensor detectar um objeto, o transistor é ligado e permite a passagem de uma corrente elétrica. A saída do sensor é conectada geralmente a um módulo de entrada do CLP.

Sensores estão disponíveis com contatos de saída normalmente fechados ou normalmente abertos. Os sensores com contatos normalmente abertos permanecem desligados até que detectem um objeto e então são ligados. Os sensores com contatos normalmente fechados permanecem ligados até que detectem um objeto, quando então se desligam. Quando se trata de fotosensores, os termos liga-na-luz e liga-no-escuro são usados frequentemente. Liga-no-escuro significa que a saída do sensor fica ligada enquanto nenhuma luz chega ao sensor, o que é similar a uma circunstância de normalmente fechado. Sensores tipo liga-na-luz apresentam a saída ligada enquanto a luz incidir sobre o receptor, similar a um sensor normalmente aberto.

O valor limite para a corrente elétrica de saída da maioria dos sensores é bastante baixo. Geralmente a corrente de saída deve ser limitada a menos de 100 miliampères.

Sensores analógicos, também chamados de sensores de saída linear, são mais complexos do que os digitais, mas podem fornecer muito mais informação sobre um processo.

Por exemplo, um sensor usado para medir temperatura. Uma temperatura é uma informação analógica. Um sensor analógico detecta a temperatura e emite uma corrente ao CLP. Quanto mais elevada a temperatura, mais elevada a saída do sensor. O sensor pode, por exemplo, apresentar na saída entre 4 e 20 miliampères dependendo da temperatura real, embora haja um ilimitado número de temperaturas (e de correntes elétricas). A saída de um sensor digital está ou ligada ou desligada. Por outro lado, a saída de um sensor analógico pode ser qualquer valor dentro da escala. Assim, o CLP pode monitorar a temperatura muito precisamente e controlar o processo.

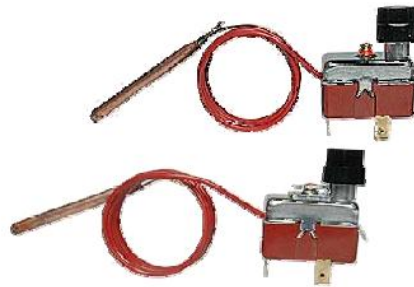


Figura 5.1 – Termopar, um sensor analógico de temperatura

Sensores de pressão também estão disponíveis como dispositivos analógicos. Fornecem uma escala da tensão de saída (ou de corrente), dependendo da pressão a que estão submetidos.

5 - Servomecanismos

São sistemas de controle com realimentação nos quais as saídas são posições mecânicas, velocidades ou acelerações. Portanto servomecanismo e sistema de controle de posição (velocidade ou aceleração) são sinônimos.

5.1 - Atuadores

Atuador é um elemento que produz movimento, atendendo a comandos que podem ser manuais ou automáticos. Como exemplo, pode-se citar atuadores de movimento induzido por cilindros pneumáticos ou cilindros hidráulicos e motores (dispositivos rotativos com acionamento de diversas naturezas).

Tal como o nome sugere, um servomecanismo deve obedecer a comandos. Sendo geralmente acoplados a um sistema conhecido como malha fechada, eles informam ao sistema de comando se a tarefa solicitada foi executada. Uma das formas de fazer isso é por meio de transdutores de posição como potenciômetros e encoders.

Exemplos de atuadores são: as contadoras, os motores elétricos e as válvulas eletropneumáticas.

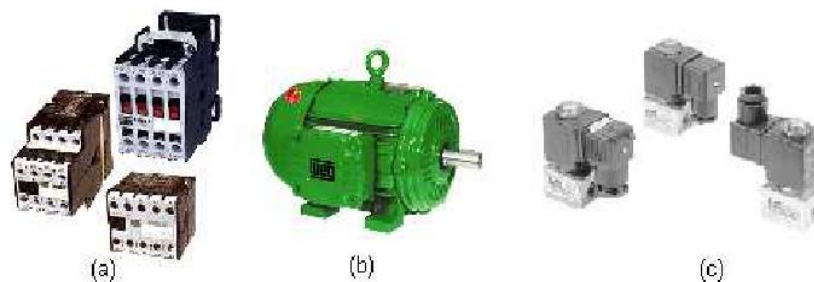


Figura 5.2 – (a) contadoras, (b) motor elétrico e (c) válvulas eletropneumáticas

CAPÍTULO VI

Sistemas Supervisórios

1 - Definição

Sistemas Supervisórios são programas instalados em um computador conectado a uma rede de comunicação de um ou mais CLPs (controlador lógico programável), que controlam um equipamento, uma máquina ou até mesmo um processo completo. O programa de computador busca as informações no CLP e as exibe de forma animada na tela do computador, na forma de sinóticos, gráficos, displays de mensagens ou numéricos, objetos em movimento como motores ou mudança de cores para identificar presença de produto em tanques e tubos. Também possibilita a atuação sobre o processo, acionando elementos, modificando valores ou até mesmo interrompendo o processo.

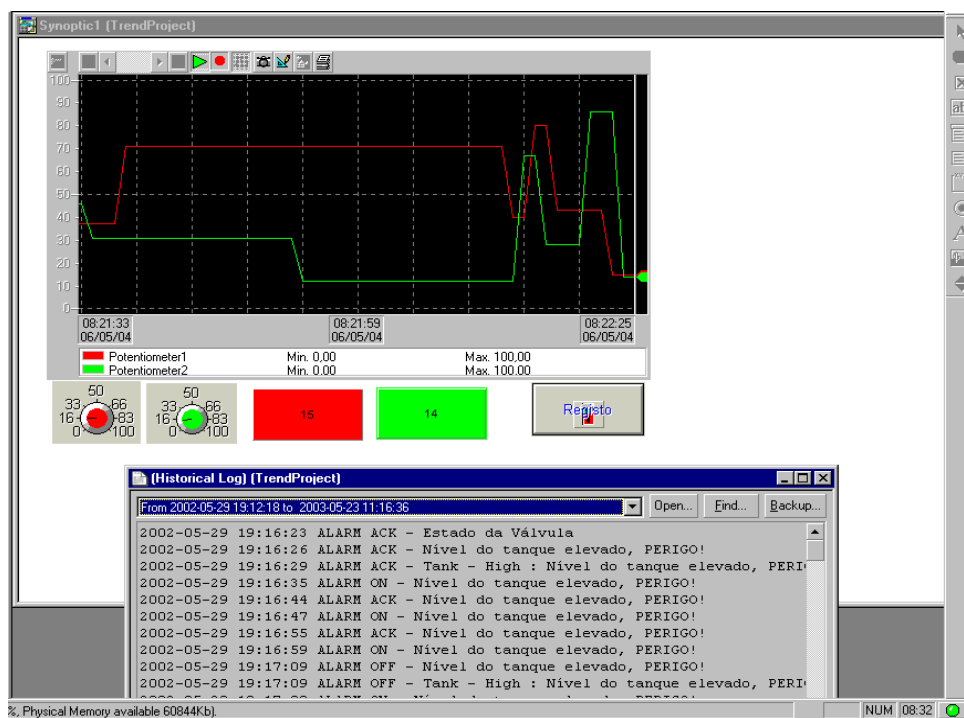


Figura 6.1 – Exemplo de sinótico gerado por sistema supervisorio

2 - SDCD

O Sistema Digital de Controle Distribuído ou SDCD é uma arquitetura de automação industrial composta basicamente por um conjunto integrado de dispositivos que se completam no cumprimento das suas diversas funções - o sistema controla e supervisiona o processo de atuação da unidade. Utilizam-se técnicas de processamento digitais (discreto) em oposição ao analógico (contínuo), com o objetivo de proporcionar uma manutenção no comportamento de um referido processo, dentro de parâmetros já estabelecidos.

O sistema é dotado de processadores e redes redundantes e permite uma descentralização do processamento de dados e decisões, através do uso de unidades remotas na planta. Além disso, o sistema oferece uma interface homem-máquina (IHM) que permite o interfaceamento com controladores lógicos programáveis (CLP), controladores PID (identificador de processos), equipamentos de comunicação digital e sistemas em rede.

3 - SCADA

Sistemas de Controle e Aquisição de Dados, ou abreviadamente SCADA (proveniente do seu nome em inglês Supervisory Control and Data Acquisition) são sistemas que utilizam software para monitorar e supervisionar as variáveis e os dispositivos de sistemas de controle conectados. Estes sistemas podem assumir topologia mono-posto, cliente-servidor ou múltiplos servidores-clientes.

Os sensores e atuadores são dispositivos conectados aos equipamentos controlados e monitorados pelos sistemas SCADA, eles convertem parâmetros físicos, tais como velocidade, níveis de água e temperatura, para sinais analógicos e digitais legíveis pela estação remota. Já os atuadores são usados para atuar sobre o sistema, ligando e desligando determinados equipamentos.

O processo de controle e aquisição de dados inicia-se nas estações remotas, CLPs e unidades remotas, com a leitura dos valores atuais dos dispositivos que lhes estão associado e

o respectivo controle. São através destes que as estações centrais de monitoramento comunicam-se com os dispositivos existentes na planta.



Figura 6.2 – Sala de controle e monitorização de uma praça de máquinas, exemplo de SCADA

CAPÍTULO VII

A Praça de Máquinas Desguarnecida

1 - Automação a bordo

Nenhuma tecnologia opera totalmente sem a intervenção humana. Em alguma medida todas necessitam de intervenção humana em alguma parte do processo.

Todos os elementos citados até então são possibilidades dentro de uma praça de máquinas. Visto que cada praça de máquinas pode ser comparada a um organismo vivo quando em funcionamento, cada organismo possui suas particularidades, mas as suas composições partem sempre dos mesmos princípios.

A automação empregada no serviço de bordo fixou-se como um conceito geral sob o qual se submetem todas as instalações que, pela centralização, desenvolvimento automático de funções parciais, comandos à distância, indicação de alarmes etc., tornam mais simplificados os serviços na praça de máquinas, passadiço e convés (carga) que a tripulação encarregada não precisa intervir ou só precisa intervir em pequena escala.

Ao se citar a automação a bordo dos navios, três são os alvos principais:

- Minimizar o esforço e empreendimento humano
- Obter elevados padrões de qualidade com custos reduzidos
- Providenciar mais segurança as vidas humanas

Devido à contribuição dos estaleiros e armadores, novas tecnologias foram testadas nos navios em operação, desenvolvendo a automação a bordo e possibilitando o surgimento dos três níveis básicos:

- Automação parcial, com a tripulação na praça de máquinas e de mais setores de bordo;
- Automação parcial, com um único homem;
- Automação total, sem tripulação monitorando a praça de máquinas por um largo período de tempo (em geral 16 horas por dia).

Os navios modernos possuem na pior das hipóteses o emprego de uma automação parcial, em concordância com os requisitos das sociedades classificadoras.

2 - A praça de máquinas

A segurança de operação de uma praça de máquinas desguarnecida envolve muitos subsistemas, entre os quais:

- Motor de propulsão: um sistema de controle remoto do diesel ou do hélice de passo variável; para navios de turbinas, o sistema de controle remoto da mesma, No caso de turbina a vapor, também o controle dos queimadores e controle da caldeira.
- Geração de energia: um sistema compreendendo os controles automáticos de parada/partida para os diesel geradores auxiliares e automação do gerador para sincronização, paralelismo e divisão de carga.



Figura 7.1 – Exemplo de MCAs utilizados para geração de energia a bordo

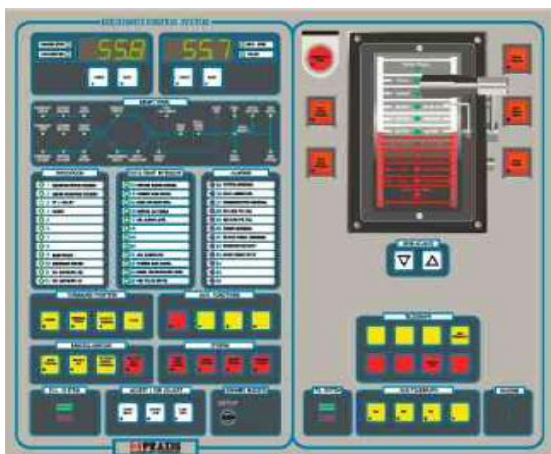
- Maquinaria auxiliar: um sistema de controle automático de bombas e compressores, circuitos de controle de temperatura para meios de operação como água de refrigeração, óleo lubrificante, etc.
- Supervisão e proteção das instalações: um sistema de monitoração alarme e impressão que, de acordo com a complexidade da instalação podem obter um impressor de alarme, um data logger ou um impressor de manobra e um transmissor.

3 - Sistemas

Alguns sistemas são de essencial presença numa praça de máquinas dita desguarnecida, visto que ações antes supervisionadas pelo oficial de serviço, agora devem ser executadas e analisadas por um sistema supervisorio.

Durante o período de “desguarnecimento”, o sistema supervisorio deve ser capaz de sozinho executar todas as tarefas e corrigir todos os erros provenientes de uma situação inesperada ou não do sistema. Solicitação humana deve ser acionada somente em casos extremos, onde uma variável fuja do controle de todas as possibilidades de atuação que o sistema supervisorio foi programado ou em caso de falha de algum componente de alguma importância ao seu trabalho.

Sistema de gestão dos motores



- Automatiza por completo o comando dos motores de propulsão;
- Leitura e comando preciso da velocidade dos motores;
- Comando automático dos motores, sistemas de ignição, arranque e paragem dos motores, mecanismos de inversão de marcha dos motores.

Sistema de controle e monitorização de tanques



- Automatiza o carregamento e descarregamento de produtos dos tanques da praça de máquinas;
- Utiliza sistemas de radar altamente precisos para medir os níveis de produto nos tanques (precisões de +/- 1mm).

Sistema de geração de energia e potência



- Controla os geradores de eletricidade e as cargas do navio;
- Ligado ao sistema centralizado de alarmes;
- Modo mar/porto;
- Controle automático dos níveis de tensão e frequência;
- Salvaguarda automática de energia para as funções vitais e de segurança do navio e da tripulação;
- Controle da temperatura e níveis de óleo dos motores para evitar danos no motor – Safe Engine Shutdown.

Nada impede de um navio possuir um conjunto maior de sistemas integrados ou até mesmo sistemas mais precisos com maior funcionalidade. Esses sistemas apresentados são somente os essenciais para um correto funcionamento dos equipamentos durante um período de horas sem a presença humana.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme apresentado neste trabalho, fica claro que o conceito de praça de máquinas desguarnecida é meramente uma utopia. O termo correto é praça de máquinas temporariamente desguarnecida.

O homem ainda é, sem dúvidas, um elemento de vital importância para o gerenciamento das atividades que ocorrem dentro de uma praça de máquinas temporariamente desguarnecida ou não.

A função básica dos equipamentos de controle e/ou atuadores presentes em uma praça de máquinas é executar tarefas que ele mesmo poderia fazer utilizando ferramentas ou mesmo manualmente de maneira mais rápida e precisa.

Um sistema supervisorio utiliza algoritmos especializados para resolver qualquer variação nas variáveis sob seu controle, possui sensores e atuadores tão precisos quanto qualquer homem poderia ser, resolve equações complexas em velocidade inimaginável para um cérebro humano.

Tudo estaria perfeito e os oficiais e a guarnição de máquinas estariam dispensados do serviço se não fosse por alguns motivos. O principal: quem vai consertar ou ajustar esse sistema quando ocorrer alguma falha?

A mente humana com toda a sua capacidade de pensar em soluções ditas absurdas e ineficientes, sua imaginação, sua capacidade de criar novos meios de resolver um problema até então sem solução, e por que não sua engenhosidade para criar sistemas supervisorios quase tão perfeitos quanto ela própria, são elementos que fazem dela algo insubstituível.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 - NATALE, Ferdinando, 2000, AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL, 2ª edição, Editora Érica, São Paulo.
- 2 - <http://www.praxis-automation.nl/>
- 3 - LINSINGEN, Irlan von. FUNDAMENTOS DE SISTEMAS HIDRÁULICOS. Florianópolis: Edufsc, 2001.
- 4 - SIEMENS A.G.; INSTRUMENTAÇÃO INDUSTRIAL (tradução German Steppat; revisão técnica Geraldo Kempenich, Walfredo Schmidt – São Paulo: EPU: Siemens S.A., 1976, reimpressão 1979.
- 5 - <http://www.impac.com.br/>
- 6 - Curso de Automação Industrial – <http://www.cpdee.ufmg.br/~seixas>
- 7 - SCADA Supervisory Control And Data Acquisition, Stuart A. Boyer, ISBN 1-55617-660-0, ISA 1999.
- 8 - ABRAMO, L. W. A SUBJETIVIDADE DO TRABALHADOR FRENTE À AUTOMAÇÃO. In: Automação e movimento sindical no Brasil. São Paulo: Hucitec, 1988.
- 9 - CHAN, K. C. World-class manufacturing. INDUSTRIAL MANAGEMENT. v. 93, n. 2, p. 5-12., 1993.
- 10 - SILVA, Onildo M. da; AMÊNDOLA, Ettore. Controles Automáticos e Instrumentação – (CAU-1 e CAU-2)
- 11 - SIGHIERI, Luciano; NISHIMARI, Akiyoshi. CONTROLE AUTOMÁTICO DE PROCESSOS INDUSTRIAIS E INSTRUMENTAÇÃO.
- 12 - <http://pt.wikipedia.org>