

REVISTA **BRAZIL AUTOMATION**

www.brazilautomation.com.br - Ed. 159 - Março/Abril - 2015

Controle Total

Tecnologias permitem que indústrias tenham um domínio completo de seus processos produtivos para aumentarem a eficiência e a rentabilidade de suas operações

Diretor de Inovação da Intel fala sobre os desafios da computação no ambiente industrial

Artigos técnicos sobre Monitoramento Online de Motores, Medição de Pressão e Desempenho de Rede

Latin American Utility Week

13^a
edição

metering
energy | gas | water

smart grids
transmission & distribution

energy
generation

smart homes
end-user engagement

23-25 Setembro de 2015
Transamerica Expo Center | São Paulo | Brasil



O evento mais completo de energia, água e gás da América Latina

Reserve seu espaço! Contate nosso time comercial:
David Reyes | +55 11 3893-1309 | david.reyes@clarionevents.com

Patrocínio Ouro



way2

Apoio Institucional

Patrocínio Prata



Patrocínio Bronze

M2M
TELEMETRIA



Apoio de Mídia

Empresa Anfitriã

AES Eletropaulo
Uma Empresa AES Brasil

Organização



www.latin-american-utility-week.com

Índice



14 Capa
Controle Industrial
Veja como softwares e soluções
ajudam diversos setores da indústria
a obterem mais eficiência em seus
processos produtivos.



06 Notícias
**Informações sobre empresas, lançamentos de
produtos e tendências do setor de automação**



08 Seção ISA
Veja as atuações das seções da ISA pelo Brasil

10 Entrevista
Max Leite
Diretor de inovação da Intel para o Brasil

22 Seção Brazil Automation
Conheça as novidades da feira Brazil Automation 2015



24 Artigos
**Artigos técnicos: Medição de pressão,
monitoramento de motores industriais e análise
de desempenho de rede autônoma**

Calendário de eventos

Maio

19 – Aplicações em Segurança de Máquinas e a Norma NR12

Sorocaba (SP)

www.isacampinas.org.br

28 – 3º Encontro Técnico 2015

Porto Alegre (RS)

www.isars.org.br

Junho

25 – 4º Encontro Técnico 2015

Porto Alegre (RS)

www.isars.org.br

Julho

21 – Novas Tecnologias em Analisadores de Gases

Paulínia (SP)

www.isacampinas.org.br

28 a 31 – 14º Seminário e Exposição de Instrumentação, Sistemas, Elétrica e Automação ISA SHOW ES e 8º Feira da Metalmecânica, Energia e Automação – MEC SHOW

Serra (ES)

www.isa-es.org.br

30 – 5º Encontro Técnico 2015

Porto Alegre (RS)

www.isars.org.br

Agosto

27 – 6º Encontro Técnico 2015

Porto Alegre (RS)

www.isars.org.br

Setembro

15 – 8º Seminário e Exposição de Tecnologias em Automação Industrial – ISA Expo

Campinas (SP)

www.isacampinas.org.br

23 a 25 – Latin America Utility Week 2015

São Paulo (SP)

www.latin-american-utility-week.com



24 – 7º Encontro Técnico 2015

Porto Alegre (RS)

www.isars.org.br

Outubro

27 – Cybersecurity e a Segurança dos Dados na Automação

Paulínia (SP)

www.isacampinas.org.br

29 – 8º Encontro Técnico 2015 – Gerenciamento & Monitoramento On-line / Manutenção Preditiva em Válvulas On-Off

Porto Alegre (RS)

www.isars.org.br

Novembro

10 a 12 – Brazil Automation 2015 – 19º Congresso Internacional e Exposição de Automação, Sistemas e Instrumentação

São Paulo (SP)

www.brazilautomation.com.br

BRAZIL AUTOMATION

26 – Sistemas instrumentados de segurança SIS/SIL

Paulínia (SP)

www.isacampinas.org.br

26 – 9º Encontro Técnico 2015 - Válvulas de Controle Rotativas – Seleção e Aplicação

Porto Alegre (RS)

www.isars.org.br

Dezembro

08 – Jantar de Confraternização Anual da ISA Campinas

Campinas (SP)

www.isacampinas.org.br

Editorial

Projetos Completos

“O Controle Total aumenta a produtividade e a rentabilidade durante todo o ciclo de vida de uma planta”



Em linha com o que acontece de novidade na indústria da automação, a Revista Brazil Automation enfoca em sua matéria de capa o tema “Controle Total”. Cada vez mais, fabricantes de produtos e soluções para a indústria inovam ao entregar ferramentas que não só imprimem mais velocidade nos processos, como também permitem melhor controle de todo o projeto. Tudo isso sempre com o objetivo de reduzir custos e aumentar a rentabilidade. Entrevistamos executivos de grandes empresas que nos explicaram a importância do “Controle Total”, que se trata de uma ferramenta que otimiza a produtividade, a qualidade e a flexibilidade durante todo o ciclo de vida de uma planta.

Faltam cerca de seis meses para a realização da maior feira de automação, sistemas e instrumentação da América Latina, a Brazil Automation, e já temos novidades. Algumas empresas confirmaram presença e em primeira mão, nesta edição da revista, você conhecerá os lançamentos que serão apresentados durante o evento.

Em nossa seção Entrevista, Max Leite, diretor de Inovação da Intel para o Brasil, fala como a empresa lida com os grandes desafios que envolvem a administração de Big Data Industrial, na geração de relatórios analíticos complexos em tempo real. Famosa por seus microprocessadores desde a década de 70, a multinacional norte-americana vem focando nas possibilidades oferecidas pela Internet Industrial.

Outros grandes destaques desta edição são as novidades das seções ISA por todo o Brasil, que já possuem uma programação de cursos e eventos – entre eles, o ISA Expo de Campi-

nas, que conta com o apoio da Revista Brazil Automation. E, por fim, temos nossa tradicional seção de artigos técnicos, que desta vez traz temas como Medição de Pressão e Monitoramento de Motores Industriais.

Boa leitura!

REVISTA **BRAZIL AUTOMATION**



Conselho editorial:

Membros – Augusto Passos Pereira (APP Consultoria e Treinamento); Carlos Liboni (Techind); Claudio Makarovsky (Tripoint Consultoria Treinamento Soluções); Constantino Seixas Filho (Accenture Automation & Industrial Solutions); David Livingstone Vilar Rodrigues (Consultor); Guilherme Rocha Lovisi (Bayer Material Science); Jim Aliperti (UOP do Brasil); João Miguel Bassa (Consultor); José Roberto Costa de Lacerda (Consultor); Lourival Salles Filho (Technip Brasil); Luiz Antonio da Paz Campagnac (GE Energy Services); Luiz Felipe Sinay (Construtora Queiroz Galvão); Luiz Enrique Lamarque (Consultor); Marco Antonio Ribeiro (T&C Treinamento e Consultoria); Ronaldo Ribeiro (Celulose Nipo-Brasileira – Cenibra); Rüdiger Röpke (Consultor); Sidney Puosso da Cunha (UTC Engenharia) e Vitor S. Finkel (Consultor);

EDITOR CHEFE

Fábio Rogério (fabio@mmeditorial.com.br)
MTb 30.656

REPORTAGEM

Fábio Rogério (fabio@mmeditorial.com.br)

EDIÇÃO DE ARTE

Felipe Rariz (felipe@mmeditorial.com.br)

COMERCIALIZAÇÃO

Clarion Events Brasil

David Reyes, Gerente Comercial

(david.reyes@clarionevents.com)

COORDENAÇÃO

Clarion Events Brasil - Sheila Santana

(sheila.santana@clarionevents.com)

PRODUÇÃO

MM Editorial - www.mmeditorial.com.br

FOTOS/ILUSTRAÇÕES

www.sxc.hu - www.openphoto.net -
br.freepik.com

IMPRESSÃO

Mundial

Mercado

Schneider Electric compra Invensys

Especializada em produtos e serviços para distribuição elétrica, controle e automação industrial, a multinacional francesa Schneider Electric comprou no início deste ano a empresa Invensys, companhia de origem inglesa focada em engenharia e tecnologia de informação. A aquisição amplia não só o portfólio como as possibilidades de atuação da nova empresa, conforme explicou André Marino, vice-presidente da unidade de Industry da Schneider Electric, à Revista Brazil Automation. “O impacto (da compra) no mercado global é muito relevante, dado que a Schneider Electric passou a ocupar uma posição única em todos os campos da automação industrial, tanto em manufatura discreta, processos de batelada, processos contínuos e gestão da eficiência produtiva”, diz Marino. Ao ser perguntado sobre quais tipos de inovações tecnológicas o mercado pode aguardar, o executivo destaca, por exemplo, as Soluções de Simulação de Processos 3D e Treinamento de Operadores da marca SIMSCI: “O principal benefício dos softwares da linha SimSci é otimizar todo o ciclo de vida da planta, do projeto à operação”.

Lançamento

Novidades em automação industrial

A Festo acaba de lançar mais dois novos produtos para o mercado de automação industrial. O primeiro é a Válvula VZQA com acionamento pneumático. Com vedação atóxica, a válvula é utilizada em processos que envolvem o envase ou dosagem de produtos diversos na indústria de alimentos e bebidas e cosméticos. O produto possui corpo em aço inoxidável e pode ser encontrado nos tamanhos de ¼” e ½”. O outro lançamento é o transmissor de posição SDAT, que promove um monitoramento constante em aplicações onde são utilizados atuadores pneumáticos, proporcionando alta confiabilidade ao processo. A solução possui saídas digitais e analógicas de corrente, grau de proteção IP65 e IP68, possibilidade de utilização como dispositivo IO-Link, além de diversos modos de operação configuráveis.



Dynamix



Monitoramento integrado

Os equipamentos Allen-Bradley Dynamix Série 1444, da Rockwell Automation, são ideais para monitorar e proteger máquinas, com baixo custo total de propriedade. Utilizados principalmente como sistemas de proteção de máquinas rotativas e alternantes, os monitores Dynamix 1444 supervisionam parâmetros de operação críticos em tempo real. Eles também fornecem informações ao pessoal de operação e manutenção para avaliar a condição atual dos equipamentos e realizar o planejamento de manutenção preditiva.

Energia

Alemanha: Alerta contra “Apagões”

Como posso proteger a minha produção de um “apagão” de energia? A indústria alemã está atenta a esse problema. “Sistemas industriais baseados em Tecnologia de Informação tornam-se cada vez mais comuns no interior das nossas fábricas. No entanto, toda essa integração tornam as instalações mais inteligentes e também mais sensíveis”, diz Marc Siemering, vice-presidente sênior da Hannover Messe, a principal feira alemã da indústria. “Flutuações de tensão e frequência, ou mesmo falhas de energia, são extremamente prejudiciais para computadores e controladores lógicos programáveis”, acrescenta Siemering. De acordo com cálculos do instituto econômico Hamburgisches Welt Wirtschafts Instituts (HWWI), um “apagão” nacional de uma hora pode custar aos alemães quase 600 milhões de euros. O último relatório do governo alemão considerou a segurança do abastecimento energético como “muito alta”. Porém, o risco de variação de frequência, picos de tensão e “blecautes” curtos começam a surgir por conta de energia vinda de fontes renováveis.

Segurança

Vulnerabilidade Crítica

A Symantec alerta para uma vulnerabilidade crítica recém-descoberta que impacta as versões mais recentes do Windows e exige a intervenção ativa de administradores de sistemas para reconfigurar o sistema operacional e aplicar um patch (pacote) da Microsoft. Apelidada de JASBUG, a ameaça afeta principalmente corporações, já que atua em computadores membros de um serviço de Diretório Ativo. Usuários domésticos não correm riscos, já que seus dispositivos não costumam ser configurados desta maneira. Para atuar sobre essa vulnerabilidade, os cibercriminosos convencem as vítimas a se conectar a uma rede controlada por ele. A partir desse acesso, os atacantes conseguem executar códigos de forma remota, o que pode permitir o roubo de dados ou a instalação de malwares no computador. Ao contrário de muitas ameaças, lidar com este problema exigiu a criação de novos recursos de Windows, que vão desde a instalação de um patch já disponibilizado pela Microsoft até a necessária configuração adicional por um administrador de sistema. As versões afetadas do Windows são Vista, Server 2008, 7, Server 2008 R2, 8, 8.1, Server 2012, Server 2012 R2, RT e RT 8.1.

Produto

Acionamentos inteligentes

Os inversores de frequência da Nord Drivesystem possuem tecnologia de ponta e podem ser instalados em painéis, diretamente no motor ou em parede (Sistema Descentralizado). Através desses equipamentos é possível programar tarefas de posicionamento de elevada precisão, aplicações de segurança, funções sofisticadas de sincronização, operação de vários eixos coordenados, controle de bobinagem e faca rotativa. Esses sistemas são significativamente mais econômicos do que as soluções de servo acionamento convencional, uma vez que os custos de compra são muito mais baixos e existe uma variedade muito maior de componentes disponíveis, incluindo um programa de cálculo muito versátil que permite uma ampla gama de configurações específicas para o cliente. A linha NORD de inversores de frequência descentralizados abrange a faixa de potência de até 22 kW, enquanto os inversores de painéis possuem potência de até 160 kW.

Produto

Velocidades aprimoradas

A Seco expandiu sua linha de fresas High Feed com o lançamento das novas Highfeed 2 com diâmetro pequeno e Highfeed 4 com pastilhas bifaciais. As duas famílias incorporam os novos designs combinados com mais dentes por diâmetro a fim de aumentar a produtividade. As duas fresas Highfeed 2 e Highfeed 4 destacam-se pela alta velocidade de corte em materiais endurecidos e dúcteis, especialmente quando realizado em pequenas máquinas com eixo-árvore de alta velocidade/baixo torque. As pastilhas da Highfeed 2 LPO5 contam com duas arestas de corte em diâmetros de até 12 mm e são capazes de usinar materiais dúcteis com eficiência, como aços inoxidáveis, titânio e superligas. Projetado com quatro arestas de corte, o Highfeed 4 LO06 oferece até quatro arestas de corte para usinagem econômica, eficiente e de alto desempenho para materiais comuns quando utilizados diâmetros de 20 mm a 63 mm.



Intralogística

Transporte automatizado

FiFi é o nome do veículo automatizado que será demonstrado na próxima Hannover Messe, evento de automação da Alemanha. O produto é destinado a empresas onde o fluxo de bens e materiais ainda é muitas vezes feito à mão, como normalmente ocorre entre departamentos de indústrias de manufatura. “A principal área de aplicação para o FiFi é a intralogística, o transporte de mercadorias e materiais no interior de estabelecimentos industriais”, diz Andreas Trenkle, do Instituto de Movimentação e Logística (IFL) de Karlsruhe, na Alemanha.

SCADA

Nova versão do Elipse Mobile Server

A Elipse Software acaba de atualizar sua solução que permite acessar qualquer aplicação SCADA via um tablet ou smartphone. A mais recente versão do Elipse Mobile apresenta três grandes novidades em busca de simplificar e conferir mais segurança aos comandos que venham a ser executados pelo usuário. A primeira delas é o DisplayLink, novo controle que mostra um tag e, ao mesmo tempo, serve de link para outra página. Por exemplo, este controle permite visualizar a potência total de um grupo de hidrelétricas monitoradas e, simultaneamente, servir de link de acesso para outra página exibindo as potências assinaladas junto a cada hidrelétrica que compõem aquele mesmo conjunto de usinas.

Iluminação LED

Poupança de energia em áreas perigosas

A Waldenburg - R. STAHL oferece agora encaixes de lâmpadas tubulares compactas à base de LED para utilização em atmosferas explosivas 1/21 e 2/22 que disponibiliza aos utilizadores uma alternativa aos típicos LED lineares. Com um diâmetro de apenas 55 mm, as novas lâmpadas ocupam menos da metade do espaço exigido pelos luminários lineares convencionais, atingindo menos da metade do seu peso. O que é mais impressionante, no entanto, é o design que torna a nova série 6036 extraordinariamente eficiente em termos energéticos: 30 encaixes de lâmpadas tubulares à base de LED com quatro metros de comprimento, por exemplo, garantem uma iluminação de aproximadamente 500 lx, o que normalmente exigiria 35 luminários lineares com duas lâmpadas fluorescentes de 36 W cada - ou, em alternativa, 48 unidades do tipo caixa convencional adaptados com LED. No entanto, as novas lâmpadas da R. STAHL consomem apenas cerca de metade da energia e o consumo de energia específico por 100 lx é de apenas 1,5 W/m².



Seção ISA

Enio Viana é reconhecido como líder voluntário do ano em premiação internacional



Enio Viana (à direita) recebe o prêmio ISA Excellence Awards das mãos de Peggie W. Koon, presidente da ISA.

Com o objetivo de reconhecer os membros da ISA que apresentaram desempenhos extremamente comprometidos com os objetivos de difusão de conhecimento da entidade, bem como aqueles que se destacaram por sua liderança, inovação técnica e contribuições para a educação dos especialistas em automação industrial, a Sociedade Internacional de Automação (ISA) promoveu no segundo semestre do ano passado o ISA Excellence Awards. A premiação é um dos graus mais elevados de reconhecimento da instituição com os engenheiros que re-

alizam contribuições significativas para a área de automação, seja no campo científico, educacional ou de atividades que estimulem a difusão de conhecimento.

Entre os homenageados estava Enio Viana, membro da ISA Distrito 4 que exerceu a vice-presidência da entidade entre 2013 e 2014. O Excellence Awards aconteceu em 10 de novembro de 2014 junto com o 52º Annual ISA Honors, em Kansas City, Estados Unidos. Enio foi premiado dentro da categoria “Líder Voluntário do Ano”, onde o membro da ISA é reconhecido por demonstrar

sua liderança como vice-presidente do Distrito 4.

Com formação acadêmica pela PUC-RS (Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul), Enio Viana tem grande experiência na indústria química, e é especialista em instrumentação na Braskem há 34 anos. Entre suas competências profissionais, destacam-se Controle de Processo, Foundation Fieldbus, Automação de Processos e sistemas SCADA. Viana ingressou na ISA Distrito 4 em 2007, passando pela diretoria de membros e seções até chegar à vice-presidência da associação em 2013. ■

Seção ISA

ISA Campinas realizará o 8º ISA Expo em setembro



A seção ISA Campinas já definiu a data do 8º Seminário e Exposição de Tecnologias em Automação Industrial: 15 de setembro, a partir das 10h, no Ginásio Unisal, em Campinas (SP), na Rua Arthur Paioli, s/n, Entrada pelo Portão 2. Com o apoio da feira Brazil Automation, a ISA Expo Campinas é um evento técnico organizado pela seção, e é voltado à exposição de tecnologias em automação, instrumentação, elétrica e eletrônica, sistemas e controle de processos e equipamentos industriais. Nova-

mente, o foco do evento será demonstrar diversos produtos e tecnologias que possam trazer soluções em automação para as empresas em vários setores. Além da exposição, o seminário técnico exibirá apresentações de grandes empresas do mercado nacional e internacional. As empresas confirmadas para o seminário são Belden, National Instruments, Beckhoff, Baumier, Presys, Finder, Weg, Sense, Murr Elektronik e Novus. Para mais informações, acesse www.isaexpocampinas.org.br

Seção ISA RS define as datas de seus Encontros Técnicos em Porto Alegre

A Seção ISA Rio Grande do Sul fará entre março e novembro de 2015 um Encontro Técnico a cada 30 dias, com a data sendo fixada sempre na última quinta-feira de cada mês. Junto com a apresentação será realizado um coquetel, para que os

participantes possam continuar os debates sobre o tema abordado. O primeiro encontro ocorreu em 26 de março e contou com o patrocínio da empresa Michell Instruments. O próximo evento será em 23 de abril, e terá patrocínio da Altus.

Abertas as inscrições para o curso “Projetos de Instrumentação” em Campinas

A ISA Campinas abriu as inscrições para o curso “Projetos de Instrumentação”, que será realizado entre 15 e 19 de junho em sua sede, localizada na Rua Barão de Paranapanema, 146, Bloco C, Sala 51, Bairro do Bosque, em Campinas (SP). O público-alvo é formado por engenheiros, técnicos e projetistas que necessitam atualizar ou desenvolver seus conhecimentos para elaboração de projetos de instrumentação e automação. É necessário que os interessados já tenham feito algum curso na área de instrumentação. Dentro do conteúdo programático, serão abordados temas como “Competências do Projetista de Instrumentação e Automação” e “Normas - Simbologia ANSI/ISA 5.1”. O professor será Marcílio Antônio Viana Pongitori, mestre em Engenharia Mecânica pela Unicamp e graduado como engenheiro químico pela Universidade Mackenzie (Turma de 1981). Hoje, Pongitori é sócio da empresa Shevat Engenharia e Treinamento e diretor da Dynamis Automação Ltda. Ele também já exerceu os cargos de engenheiro/gerente atuando em projetos de automação de processos industriais na EPC Automação, Total Engenharia, CTMain Engenheiros, Atan Accenture, Siemens, Chemtech, Honeywell e Yokogawa. As inscrições podem ser feitas no site da seção, o www.isacampinas.org.br.

A indústria cada vez mais conectada



Max Leite

Diretor de Inovação da Intel
para o Brasil

Conhecida pela fabricação de circuitos integrados como microprocessadores desde a década de 70, a multinacional norte-americana Intel já foca há tempos nas possibilidades oferecidas pela Internet Industrial. Nesta entrevista exclusiva à Revista Brazil Automation, Max Leite, diretor de Inovação da Intel para o Brasil, falou como a empresa trabalha com os grandes desafios que envolvem a administração de Big Data Industrial, como rodar analíticos complexos em tempo real.

”

Por meio de tecnologias que envolvem análise de dados, uma transportadora aérea reduziu em 6% seu consumo de combustível, resultando em uma economia de aproximadamente 4 milhões de galões por ano

Revista Brazil Automation – A Intel é uma empresa com renome internacional na área de microprocessadores para computadores pessoais há décadas. Quando a empresa começou a oferecer seus produtos e soluções para a indústria?

Max Leite – A Intel já oferece produtos e soluções além de microprocessadores há bastante tempo, desde soluções de rede até mesmo produtos de consumo, sendo pioneira em câmeras digitais assim como placas de rede e roteadores. A Intel busca agora atender a

demandas por implementar novos sistemas e conectar sistemas existentes por meio da Internet das Coisas (IoT, na sigla em inglês). Para isso,

a Intel anunciou em dezembro parcerias com empresas como AT&T, GE, Cisco, Accenture, IBM e outros que trabalham junto com a Intel para prover soluções de IoT. As soluções de IoT precisam atender a requisitos de segurança, interoperabilidade e escala. A Intel identificou pontos-chave para o sucesso destas soluções, com foco na segurança e interoperabilidade, que são: a segurança como base, provisionamento e detecção automatizados, ampla análise da estrutura e infraestrutura para tornar o projeto rentável.

RBA – Qual o tamanho do mercado industrial para a Intel? Quanto ele movimenta em dólares por ano? Quais os principais países que utilizam as tecnologias Intel em suas plantas industriais?

ML – Em 2014, a receita do Grupo da Internet das Coisas foi de US\$ 2,1 bilhões, com uma alta de 19%

em relação a 2013. A expectativa é que esse setor deve atingir US\$ 19 bilhões até 2018. Nosso mercado industrial, no entanto, é bastante pulverizado, pois incluem soluções de líderes como GE, IBM, Cisco e AT&T que trabalham com a Intel para criar soluções de IoT em todo o mundo.

RBA – Qual a sua visão sobre o Brasil perante os principais players internacionais?

ML – O Brasil é um mercado industrial bastante relevante para a Intel. Além das oportunidades do setor privado que temos em outros países com as mesmas proporções que o Brasil, aqui temos ainda projetos de âmbito nacional regulados pelo governo em transporte como o SINIAV (identificação eletrônica de veículos), base industrial instalada com necessidade de upgrade para competitividade internacional e áreas de cunho estratégico para o País em Óleo e Gás, Saúde e Educação.

RBA – Com relação à administração da Big Data Industrial, quais têm sido os maiores desafios enfrentados pela Intel e quais foram as soluções encontradas até o momento?

ML – Rodar analíticos complexos em tempo real requer arquitetura de processamento de big data descentralizado, com parte no processamento no dispositivo de ponta, parte no gateway e finalmente parte no Data Center. Soluções abertas de gerenciamento de dados como a distribuição Hadoop da Intel permitem instalar e suportar versões desta arquitetura de forma acessível. Um dos maiores desafios do mercado é o acesso a soluções de analíticos que requerem HPC (computação de alto desempenho) e tendem a ser caras, verticalmente integradas, e pouco flexíveis para sua reutilização em vários cenários. A Intel anunciou em

Entrevista

2014, o seu primeiro centro de inovação para desenvolvimento de computação de alto desempenho como serviço baseado no Brasil para desenvolver soluções de HPC. O objetivo é diminuir a barreira de adoção de médias e pequenas empresas, ou seja, da maioria das empresas brasileiras. A Intel escolheu o Brasil devido ao potencial do mercado para basear sua pesquisa e desenvolvimento nesta área.

RBA – Como a Intel encara os desafios proporcionados pelo Big Data, como a necessidade de um gerenciamento eficiente das informações?

ML– Tanto a capacidade, quanto o custo de processamento, armazenamento e comunicação continuam crescendo, seguindo a lei de Moore. A Intel lançou o Xeon Phi, processador para servidores especializado em computação paralela, crítica para computação de alta performance (HPC). O Intel Xeon Phi combinado com o Intel Xeon compartilhando a Lei de Moore, proporcionando assim um crescimento exponencial de suporte a big data e analíticos.

RBA – Quais são as principais ameaças que a nova Revolução Industrial traz em termos de ataque às redes industriais e à Internet of Things?

ML– A Interconexão de sistemas de automação isolados com TI, traz enorme potencial de incremento de produtividade, mas também pode criar brechas significativas de segurança e, sem dúvida, é uma ameaça para as redes.

RBA – Quais são as soluções de segurança que a Intel tem

desenvolvido para esses novos tempos da revolução tecnológica industrial?

ML– A Intel conta com a segurança embarcada no processador, ou seja, na camada de hardware, através de parceria com a McAfee, não dependendo de segurança em camadas mais expostas e replicáveis a nível de software, rede e aplicativos. A introdução da plataforma IoT da Intel foi também recentemente anunciada com ênfases na segurança do gateway e sua conexão com centro de dados.

RBA – Hoje, existe alguma indústria no mundo que pode ser considerada “State of Art” (altamente avançado e moderna) com relação à aplicação dos produtos Intel? Quais soluções essa indústria possui e quais são as vantagens no processo produtivo que ela possui?

ML– A Intel e a Vnomics têm um projeto chamado “Fleet Management Solution”, que consiste no desenvolvimento de soluções personalizadas para a indústria de transporte e logística para o gerenciamento dos dados de frota. Usando a tecnologia integrada da Intel, a Vnomics reuniu sensores, dispositivos inteligentes e análise de dados em tempo real para ajudar a tornar os caminhões mais eficientes. A Saia Inc., transportadora aérea líder multirregional, tem visto um aumento de 6% na economia de combustível, resultando em cerca de 4 milhões de galões por ano em poupanças, ao ligar 100% de sua frota com gateways Vnomics. ■

”

Usando a tecnologia integrada da Intel, a Vnomics reuniu sensores, dispositivos inteligentes e análise de dados em tempo real para ajudar a tornar os caminhões mais eficientes



SEJA UM EXPOSITOR

NÃO DEIXE DE EXPOR NO MAIOR EVENTO DE AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL DO INTERIOR DE SÃO PAULO!

Se o seu público alvo são as indústrias, você está no evento certo!

Setores Presentes no Evento



60% dos stands vendidos!

Expositores Confirmados

ADVANTECH Enabling an Intelligent Planet	AOKI Tecnologia e resultados	Awattech	BAUMIER Automation	BECKHOFF New Industrial Technology	Bray	DAKOL
DURAG SIENA	EBGE	E-DRIVER Automação e Sistemas	FESTO	finder	GHPC Tecnologia em Produtos Pneumáticos	HARTING
INCAL INSTRUMENTOS	ISTRUCAMP Instrumentos de Medição	Melo	MOXA	MULTIDRIVE	MURR ELEKTRONIK stay connected	NATIONAL INSTRUMENTS
NOVUS Medidores, Controladores, Registradores	OMNI AUTOMAÇÃO	PRESYS	PROCUT Automação e Controle	PYROTEC Automação Industrial	REVIMAQ Automação Industrial e Elétrica	SENSOR DO BRASIL
SMAC Motion	Wii measure it: testo	VAGON DRIVEN BY SAVES	velki	WAGO INNOVATIVE CONNECTIONS	Weidmüller Conexões	WESTLOCK CONTROLS
			YGB			

Realização



Informações

(19) 2519-0527

eventos@isacampinas.org.br

www.isaexpocampinas.org.br

Local

CAMPINAS - SP
Ginásio Unisal
Rua Arthur Paioli

Organização





Capa

A indústria não pode descansar um minuto. Hoje, com a competição global entre as empresas e os mercados cada vez mais unificados, há uma necessidade enorme por mais velocidade nos processos. Os ciclos de inovação estão cada vez mais curtos, as normas legais para a proteção ao meio ambiente estão mais rigorosas, e a demanda por produtos e itens cresce exponencialmente. Por isso, nunca foi tão necessário para engenheiros e operadores de plantas terem uma administração do processo que permita um controle total, do início ao fim de um projeto ou trabalho. O controle é uma ferramenta econômica e estratégica importante, pois otimiza a produtividade, a qualidade e a flexibilidade durante todo o

ciclo de vida da planta inteira.

A Lime Instruments, empresa norte-americana que atua com serviços de instrumentação para o setor de petróleo e gás, é um exemplo sobre as consequências positivas do controle total dos processos. “Por meio de um produto, desenvolvemos nosso software (de monitoramento e análise de bombas de fraturamento para poços de petróleo) muito mais rapidamente do que antes, quando usávamos a linguagem C. O que a maior parte dos programadores leva dois anos para fazer, pudemos realizar em poucas semanas. Podemos usar essa economia de tempo para chegar ao mercado com maior rapidez e capitalizar em cima do atraso de nossos concorrentes”, enfatiza Robert

Stewart, CEO da Lime Instruments.

“O projeto que desenvolvemos para a Lime é um exemplo claro de como as soluções de automação revolucionam processos para atingir uma melhor rentabilidade. Se o mesmo projeto fosse tratado de outra forma, levaria cerca de dois anos para ser desenvolvido – tempo que reduzimos em poucas semanas. Além disso, ao adotar uma plataforma de desenvolvimento aberta, a Lime quase triplicou seu market share e dobrou sua taxa de lucratividade, ao mesmo tempo que reduziu custos de mão-de-obra”, explica André Pereira, gerente de Marketing Técnico para as Américas da National Instruments. E as mesmas ferramentas utilizadas pela Lime estão disponí-



Ferramentas e softwares otimizam a rentabilidade durante todo o ciclo de vida da planta



Solução da National Instruments

veis para o mercado brasileiro.

Um dos desafios do controle total é administrar a Big Data, gerada pela enorme quantidade de dados trocadas pelas máquinas em um ambiente industrial. “Nossas soluções têm foco em gestão de informações, ou seja, por meio de análises e simulações dos dados históricos, elas geram novas informações para os usuários terem a possibilidade de tomar decisões que impactem no aumento de produtividade”, comenta Thiago Oliveira, gerente de Vendas, Operação e Otimização de Softwares da Schneider Electric.

Quando questionado sobre os ganhos reais que as empresas obtêm, Oliveira aponta que tais dados são difíceis de se obter: “No Brasil, há alguma resistência por parte dos clientes em divulgar os ganhos, pois estes estão sempre ligados a detalhes dos seus processos produtivos”.

“Não podemos citar um número único, mas o aumento de eficiência é inegável, principalmente quando a automação atua em áreas como a automotiva, ou em processos como o de petróleo e gás”, fala Pablo Roberto Fava, gerente geral de Sistemas de Automação da Siemens.

“O segredo para obter sucesso é oferecer um produto que promova a integração. Temos em nosso portfólio uma solução de software que integra a gestão dos projetos desde seu início às etapas finais. Assim, engenheiros e operadores – de todos os níveis – podem acessar todos os dados relevantes para o projeto em qualquer momento. Esse fluxo contínuo de informação fornece um banco de dados comum, sempre disponível e essencial para as melhores tomadas de decisão nos processos de toda a fábrica. Essa dinâmica gera a melhoria da competitividade”, resume Fava.

Medição e Controle

Para tornar tudo isso possível, os softwares podem ser implementados individualmente ou empregado como soluções autônomas. Alguns fabricantes de produtos focam principalmente em processos como a medição e controle. “Uma área que temos focado recentemente é o Monitoramento de Condições, que é cada vez mais importante em diferentes áreas da indústria, principalmente energia, petróleo e gás, eólica, transporte e linhas de produção”, diz André Pereira, da National Instruments.

“A manutenção baseada em condição tem sido muito discutida porque é uma forma inovadora e eficaz para reduzir os riscos – e custos – associados a falhas e paradas não programadas. Para atender a esta demanda que tira o sono de muitos engenheiros, desenvol-

Capa

vemos uma solução que visa trazer a qualquer área da indústria um gerenciamento de sistemas, coleta, visualização e análise de dados, além de ferramentas para diagnóstico e tomadas de decisão”, conta Pereira. “Ao adotar uma abordagem baseada em uma plataforma acessível, criamos um cenário onde o reuso de código é maximizado e o aproveitamento de expertise já desenvolvido é realmente visto na prática”, completa o gerente da National Instruments.

Reduzindo custos

Softwares e soluções que oferecem melhorias durante todo o ciclo de vida da planta, do projeto à operação foi o start que levou a Schneider Electric a desenvolver meios de simulação dinâmica que permitem, por exemplo, validar o dimensionamento de diferentes equipamentos. “Desta forma, nossos clientes industriais conseguem reduzir custos na compra de equipamentos superdimensionados”, destaca o gerente da empresa, Thiago Oliveira.

“Por fim, vale destacar que a simulação dinâmica oferece o ambiente ideal para o treinamento de operadores. Isso evita problemas durante os processos e normalmente antecipa as conclusões, levando a planta ao ponto de operação normal mais rapidamente e antecipando a produção. O modelo gerado em fase de projeto, será ferramenta de apoio durante a operação para reciclagem do treinamento de operadores, garantia de que os produtos finais estejam dentro da especificação, verificação de novas malhas de controle e diferentes procedimentos de operação e quaisquer testes desejáveis antes da alteração efetiva na planta real”, completa Oliveira.



Cases de sucesso

O exemplo da Tata Motors, maior montadora de veículos da Índia, e quinto maior fabricante de caminhões do mundo, é emblemático. Ao realizar a validação dos principais componentes eletrônicos de um novo projeto de ônibus movido por um motor híbrido, a empresa indiana decidiu criar uma configuração de teste de uso universal para validar as ECUs (Electronic Control Units, Unidades de Controle Eletrônico) de veículos. Enquanto o design do ônibus era decidido, a empresa utilizou o software da NI para fazer os testes nas ECUs, aumentando a rapidez da fase de elaboração. E, por falar na NI, a empresa possui bons exemplos de como o “Controle Total” dos processos reverte-se em rentabilidade para consulta em seu site (www.ni.com/case-studies/pt).

Outro projeto para a indústria automotiva de destaque ocorreu no Brasil, com a Fiat. Dentro da engenharia experimental da montadora existe o Grupo de Aquisição de Dados e Simulação (GAS), criado para dar suporte às atividades experimentais relacionadas à aquisição de dados e medição. Em um estudo da influência da temperatura e condições climáticas no comportamento térmico de componentes plásticos de um veículo, o GAS mediu 108 pontos de temperatura durante uma viagem de 1.800 quilômetros. Com a ferramenta da NI, a Fiat realizou a análise e pós-processamento de dados off-line, isto porque a extração das informações (a partir da imensa massa de dados obtida durante os testes) foi feita com facilidade.

O Centro de Tecnologia Usiminas (CTU) também se valeu das soluções de automação para seus estudos. Considerado um centro de

referência na pesquisa e desenvolvimento de tecnologias de produção e aplicação de aços, o CTU é o único do Brasil capaz de simular, em escala piloto, as diversas fases do processo produtivo de aço. Em 2010 foi inaugurado, na Usiminas, o equipamento de resfriamento acelerado na Linha de Laminação de Chapas Grossas, que permitiu à empresa desenvolver aços da linha Sincron, caracterizados pela alta resistência mecânica e pelo desempenho superior de soldagem.

Como as plantas industriais para laminação a quente de aços

possuem equipamentos de elevado custo operacional, ensaios e testes em instalações desse porte são onerosos e, às vezes, não trazem resultados que compensem os riscos e custos envolvidos. No laboratório, os níveis de risco e custo são muito mais baixos e, por esse motivo, vários métodos de simulação têm sido utilizados na tentativa de reproduzir o processo industrial. Assim, foi construído um sistema piloto de resfriamento acelerado no CTU, possibilitando a reprodução, em escala piloto, de todo o proces-

so combinado de laminação controlada e resfriamento acelerado. Com a aplicação de software, o CTU realizou seus testes de simulação térmica a um custo infinitamente inferior caso fizesse de maneira tradicional na planta.

Os exemplos descritos acima demonstram com exatidão como o Controle Total é determinante não só para o sucesso dos processos produtivos, mas também para tornarem as empresas extremamente competitivas ao reduzir uma série de custos existentes em processos de gerenciamento anteriores.

Interior do Centro de Tecnologia Usiminas (CTU)



Automation & Power World Brasil Aproveitando o poder da mudança

19 e 20 de agosto de 2015 | São Paulo, Brasil

Reserve sua agenda e programe-se para participar com os especialistas do mercado da Indústria e de Energia do maior evento da ABB que apresenta os produtos, sistemas e soluções mais inovadoras para todos os setores de energia e automação. <http://new.abb.com/br/apwbrasil>

Power and productivity
for a better world™



O grande encontro da Automação na América Latina será em Novembro

Mas, você pode conferir desde já as novidades e lançamentos da 19ª Brazil Automation



Principal evento de automação, a Brazil Automation que acontecerá entre os dias 10 e 12 de novembro de 2015 no Transamerica Expo Center em São Paulo, reunirá fornecedores, profissionais e tendências do setor.

“A edição da Brazil Automation será um evento ainda mais representativo, trazendo soluções tecnológicas, além de conteúdo gerencial e técnico ministrado por especialistas do setor, criando assim um ambiente de networking e geração de negócios da automação na América Latina”, fala Sergio Jardim, diretor geral da Clarion Events Brasil, organizadora e promotora do evento.

Entre as empresas que já confirmaram

a participação para a Brazil Automation 2015, destacamos a Branqs Automação, Infaimon, Incal Instrumentos e Fluke.

Fabricante de equipamentos eletrônicos para a área de automação, a Branqs Automação confirma presença na feira deste ano. “Estar em um evento que concentra os maiores e melhores players da área de automação nacional é um dos principais benefícios de participar da Brazil Automation”, disse Fernando José, diretor comercial da empresa. A empresa fabrica CLPs e IHMs para automação de sistemas de grande porte. O equipamento possui I/O distribuído por meio de rede CAN, oferecendo redução de

fiação, facilidade de montagem e extrema repetibilidade (algoritmos em malha fechada).

A Fluke apresentará em seu estande soluções em Metrologia e em Calibração de Processos. “A feira é uma excelente oportunidade para apresentarmos ao mercado os nossos mais recentes lançamentos, bem como estar em contato com o nosso cliente final”, diz a coordenadora de Marketing da empresa, Joana Alvim.

Expositora desde 2009, a Incal Instrumentos acredita no potencial técnico e comercial do evento. “Poder mostrar os lançamentos a um público técnico e alcançar inúmeros clientes em ape-



O RSSI é uma medida de potência de sinal, em dBm, e pode ser utilizado como medida da qualidade da comunicação.

nas três dias de evento são as grandes vantagens oferecidas pela feira. É fundamental mostrarmos a ‘cara’ da empresa e o que temos a oferecer para o mercado”, fala Sandro Jorge Silvestre, diretor comercial da Incal.

A Infaimon participará pela quinta vez e apresentará seus componentes e sistemas de visão, como lentes, câmeras, sensores de visão e placas de captura. Paulo Santos, diretor da empresa, explica a preferência pela Brazil Automation: “Acreditamos na feira pelo seu enfoque no setor de automação e pelo público qualificado que visita a feira. O setor de Automação assume uma posição cada vez mais importante no mercado brasileiro e por esse motivo é fundamental ter uma feira específica sobre o tema”.

Produtos em destaque

Neste ano, a Infaimon destacará três produtos: os sistemas baseados na câmera inteligente Boa (com resoluções de 1024x768 a 1280x960 pixels); os sistemas baseados em inspeção 3D com a câmera Gocator; e o software de processamento e análise de imagens Halcon.

A Incal irá expor o Osciloscópio da Série InfiniiVision 3000T da Série X,

que traz uma tela de toque e o exclusivo recurso de disparo com toque em região. O equipamento fornece detalhes dos sinais e capacidade de descobrir anomalias de maneira ágil. A interface do usuário agora mostra mais detalhes dos sinais, com alvos grandes e fáceis de tocar, assim como em um tablet ou dispositivo móvel.

A Fluke terá três novidades. A primeira é o Calibrador/Controlador de Pressão Modular de Bancada, modelo 6270A, na faixa de 25mBar a 200Bar, com alta performance de medição (até 0,01% da leitura). A segunda novidade é o software Daq

6.0 para acompanhamento em tempo real dos dados capturados pelo Scanner de Temperatura 1586A e o Registrador data-logger 2638A. Por fim, outro software, este para Validação Térmica e que atendendo à norma Anvisa 21 CFR Part 11.

A Branqs Automação apresentará seus IHMs BC06 e BC07. São IHMs de 8 e 15 polegadas, respectivamente, já com I/O integrado e rede CAN. O equipamento poderá receber softwares que eram executados nas IHMs BC02, BC03, BC04 e BC05 da Branqs. Estas novas IHMs serão 100% Touch Screen, destinadas às mais diversificadas áreas da automação. ■



Câmera inteligente Boa, da Infaimon

Medição de pressão

Marco Antonio Ribeiro (marcotek@uol.com.br)



Artigo

1. Introdução

A pressão é uma das quatro variáveis de processo mais comumente medidas, ao lado da temperatura, vazão e nível. É uma variável relativamente fácil de medir, fácil de controlar e fácil de ser calibrada, quando comparada com a temperatura e a vazão. A pressão é controlada e, portanto medida, principalmente por questão de segurança: excesso de pressão pode matar. Ao longo de sua história, há relativamente poucos avanços e novidades em sua medição. Atualmente, por causa dos sistemas digitais de automação, há uma predominância de sensores eletrônicos associados a transmissores inteligentes. Sensores mecânicos estão limitados a medições locais ou quando não se tem energia elétrica disponível.

Na indústria, a pressão é medida pelos seguintes motivos:

1. Segurança pessoal, do meio ambiente e dos equipamentos,
2. Eficiência do processo,
3. Controle de qualidade,
4. Compensação na medição de vazão volumétrica de gases,
5. Medição indireta de outras variáveis (nível, vazão, densidade, temperatura, viscosidade),
6. Movimentação de fluidos em tubulações.

O presente artigo é um tutorial sobre medição de pressão, onde são destacados os principais paradigmas e as maiores confusões encontradas na medição de pressão, quando de nossos cursos e consultorias através do Brasil.

2. Lista de fornecedores típicos:

ABB Instrumentation (www.abb.com/us/instrumentation)
Barton Instruments (www.barton-instruments.com)
Brooks Instrument ([www.brooksinstu-](http://www.brooksinstu-ment.com)

www.dresser-instruments.com)
Dresser Instrument (www.dresser-instruments.com)
Endress + Hauser Inc. (www.us.endress.com)
Foxboro/Invensys/Schneider (www.foxboro.com)
Honeywell (www.iac.honeywell.com)
Moore Industries (www.miinet.com)
Omega Engineering (www.omega.com)
Rosemount/Emerson (www.rosemount.com)
Siemens (www.sea.siemens.com)
United Electric (www.ueonline.com)
Wika (www.wika.com)
Yokogawa Corp. of America (www.yca.com)

A pressão é uma variável relativamente fácil de medir, fácil de controlar e fácil de ser calibrada, quando comparada com a temperatura e a vazão

3. Conceito

Pressão é uma grandeza derivada, intensiva, expressa como força por unidade de área. Pressão é uma transvariável, medida entre dois pontos, tais como tensão e temperatura. Diferentemente, vazão é uma pervariável, que para ser medida em um ponto deve percorrer um circuito fechado, tal como a corrente elétrica.

A pressão do fluido é transmitida com igual intensidade em todas as direções e age perpendicular a qualquer plano.

4. Unidades

A unidade SI para pressão é o pascal (Pa), onde 1 pascal é a pressão de uma força de 1 newton exercida numa superfície de 1 metro quadrado.

O pascal é uma unidade muito pequena. Um pascal equivale à pressão exercida por uma coluna d'água de altura de 0,1 mm. Ela equivale a pressão de uma cédula de dinheiro sobre uma superfície plana. Na prática, usa-se o kilopascal (kPa) e o megapascal (MPa).

A área que causou (e ainda causa) mais confusão na mudança para unidades SI foi a medição de pressão. A

nova unidade de pressão, pascal, definida como newton por metro quadrado é estranha mesmo para técnicos e engenheiros. Assim que o pascal seja aceito e entendido, fica fácil lidar com as pressões extremas de vácuo a altíssimas pressões.

A grande vantagem do uso do pascal, no lugar do psi (lbf/in2), kgf/cm2 e mm de coluna líquida é que o pascal não depende da aceleração da gravidade do local e da densidade do líquido. A gravidade não está envolvida na definição de pascal. O pascal tem o mesmo valor em qualquer lugar da Terra, enquanto as unidades como psi, kgf/cm2 e mm H2O dependem da aceleração da gravidade do local.

O pascal é também usado para expressar a tensão mecânica e o módulo de elasticidade dos materiais. Os altos valores de tensão mecânica são dados em MPa e os valores de módulo de elasticidade em GPa.

É comum se usar altura de coluna d'água ou de mercúrio para expressar pequenas pressões. Dimensionalmente é errado expressar a pressão em comprimento de coluna líquida, mas subentende-se que a pressão de 100 mm H2O significa a pressão igual à pressão exercida por uma coluna de água com altura de 100 mm.

Em Instrumentação ainda se usa psi (pound square inch) como unidade de pressão, às vezes, modificada como psig e psia, para indicar respectivamente pressão manométrica (gauge) e absoluta.

Na borracharia da esquina, a calibração dos pneus é expressa em psi, mas se fala simplesmente libra, que é o modo preguiçoso de dizer libra-força por polegada quadrado. O sugerido pelo SI é pedir ao borracheiro para calibrar o pneu com 169 kPa, em vez de 26 libras.

Não será apresentada aqui nenhuma tabela de conversão de unidades, pois deve-se usar unicamente o pascal, por questão de padronização e legislação brasileira.

As medições de vazão são geralmente classificadas como pressão manométrica, pressão absoluta ou pressão diferencial

5. Tipos de pressão

As medições de vazão são geralmente classificadas como pressão manométrica, pressão absoluta ou pressão diferencial. Para evitar confusão, é conveniente colocar o sufixo modificador logo depois da unidade, para cada tipo de medição: manométrica (g), absoluta (a) ou diferencial (d). Por exemplo, pressão de 200 kPa G significa pressão manométrica de 200 kPa.

5.1. Pressão atmosférica

A pressão atmosférica é a pressão exercida pelos gases da atmosfera terrestre e foi a primeira pressão a ser realmente medida. A pressão atmosférica medida é também chamada de barométrica. A pressão atmosférica depende:

1. Altura do local (muito)
2. Latitude do local (pouco)
3. Condições climáticas
4. Maré alta ou baixa (quando à beira mar).

5.2. Pressão manométrica

A pressão manométrica (gauge) é referida à pressão atmosférica. Ela pode assumir valores positivos (maiores que o da pressão atmosférica) e negativos, menores que pressão atmosférica também chamada de vácuo. A maioria dos instrumentos industriais possui sensores de pressão manométrica, por ser mais barata.

5.3. Pressão absoluta

A pressão absoluta é a pressão total, incluindo a pressão atmosférica e referida ao zero absoluto. Ela só pode assumir valores positivos. Mesmo quando se necessita do valor da pressão absoluta, usa-se o medidor de pressão manométrica que é mais simples e barato, bastando acrescentar o valor da pressão atmosférica ao valor lido ou trans-

mitido. Só se deve usar o medidor com elemento sensor absoluto para faixas próximas à pressão atmosférica; por exemplo, abaixo de 100 kPa Ab.

Pela análise da Fig. 1, conclui-se que:

Pressão absoluta = pressão manométrica + pressão atmosférica

Embora essa expressão seja válida, não se pode definir a pressão absoluta por ela. A pressão absoluta independe da pressão atmosférica. Quando a pressão atmosférica aumenta, a pressão manométrica diminui na mesma proporção, pois as pressões absoluta e atmosférica são independentes entre si. Quando se usa essa expressão como definição de pressão absoluta, poder-se-ia concluir erradamente que a pressão absoluta dependeria da pressão atmosférica.

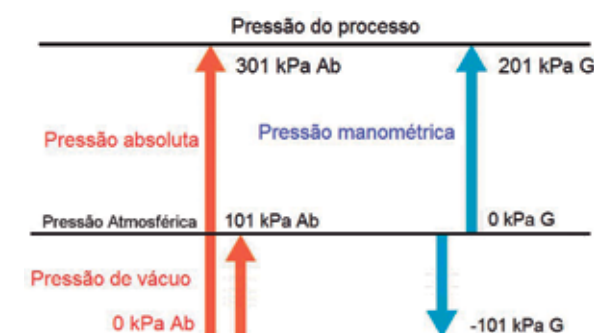


Fig. 1 – Tipos de pressão

5.4. Pressão faixa composta

É aquela que tem pressões de vácuo e pressões positivas em sua faixa de medição. Por exemplo, a faixa de -50 a 500 kPa.

5.5. Pressão diferencial

A pressão diferencial é a diferença entre duas pressões, exceto a pressão atmosférica. O transmissor de pressão diferencial para a medição de vazão e de nível é simultaneamente sensível e robusto, pois deve ser capaz de detectar faixas de pressão diferencial da ordem de centímetros de coluna d'água e suportar pressão estática de até 600 000 kPa.

5.6. Pressão dinâmica

A pressão dinâmica da tubulação é a pressão devida a velocidade do fluido (1/2 ρv^2). Chamada de pressão de impacto.

5.7. Pressão estagnação

A pressão de estagnação é obtida quando um fluido em movimento é desacelerado para a velocidade zero, em um processo sem atrito e sem compressão. Matematicamente, ela é igual a soma da pressão estática e da pressão dinâmica. Tem-se a pressão de estagnação na parte central do medidor de vazão tipo pitot.

5.8. Pressão estática

A pressão estática do processo é a pressão transmitida pelo fluido nas paredes internas da tubulação. Quando a tomada da medição de pressão tiver rebarba e for além da parede da tubulação, mede-se uma pressão maior que a estática.



Fig. 2 – Medição de pressão

5.9. Pressão hidrostática

Pressão hidrostática é a pressão exercida por líquidos no interior de vasos e tanques. Neste caso, a pressão é normal à superfície que contém o líquido. No mesmo plano horizontal, as pressões em um líquido são iguais.

5.10. Pressão de vapor

Quando há evaporação dentro de um espaço fechado, a pressão parcial criada pelas moléculas do vapor é chamada

ISOCAL MCS-XV

produtividade nas calibrações

- Display touchscreen de 5,7".
- Sistema Operacional Windows CE®.

- Até quatro entradas de pressão.

- **e-Connected:**
 - Ethernet
 - Wi-Fi
 - Pen-drive
 - Hart
 - Modbus
 - USB Host/Device

- Opera todos os sinais de Instrumentação / Controle de Processo.
- Tabelas dos mais diversos tipos de termopares.
- Termorresistências 2, 3 e 4 fios. Coeficientes *Callendar-Van Dusen* e ITS-90.

- Aceita programação de ordem de serviço, realiza calibrações automáticas.

- Recebe também ordem de serviço do software Isoplan®.

- Possui capacidade de armazenamento do seu próprio Certificado de Calibração, possibilitando o Upload automático para o software Isoplan® agilizando o trabalho e eliminando erros de digitação.

- Função Data Logger para aquisição e registro de medições e visualização em gráfico.

- Atualização de novas versões de software on-line, via site da Presys, agregando melhorias contínuas.

- Download de vídeos, informes técnicos on-line, via site da Presys.



HART
COMMUNICATION PROTOCOL

PRESYS
Instrumentos e Sistemas

Rua Luiz da Costa Ramos, 260
São Paulo - SP - 04157-020
Tel: (11) 3056.1900
Fax: (11) 5073.3366
<http://www.presys.com.br>
E-mail: vendas@presys.com.br



Empresa Nacional
Tecnologia 100% Brasileira

de pressão de vapor. A pressão de vapor de um líquido ou sólido é a pressão em que há equilíbrio vapor-líquido.

A pressão de vapor depende da temperatura e aumenta quando a temperatura aumenta. Esta função entre a pressão de vapor e a temperatura é a base da medição da temperatura através da medição da pressão de vapor de líquido volátil (classe SAMA II)

5.11. Pressão de referência

A pressão é uma transvariável, medida com uma pressão de referencia. É importante que essa pressão de referencia seja constante e confiável, pois sua variação é uma fonte de erro de medição. No caso da pressão absoluta, a referência é o zero absoluto do vácuo perfeito. Como é impossível se obter o zero absoluto, a câmara de referencia de vácuo pode ter valores diferentes, com diferentes sensores de diferentes fabricantes. Isto significa que o não zero é tratado como zero, o que implica em erro. Outro erro potencial é a possibilidade de um vazamento do ar da câmara de referencia para a atmosfera.

No caso da medição de pressão manométrica, cuja referencia é a pressão atmosférica, a variação da pressão atmosférica ao longo do tempo é uma fonte de erro. Quando a pressão atmosférica variar, a saída do sensor irá variar, mesmo quando a pressão medida for constante. Esse erro é desprezível quando se mede altas pressões, por exemplo, acima de 300 kPa.

O efeito da variação da pressão de referência é crítico quando se tem faixas compostas de pressão, com pressão negativa (vácuo) e positiva. Isso ocorre no controle de pressão em salas seladas (sala limpa de indústria farmacêutica) onde os sistemas de ventilação devem manter a pressão acima ou abaixo da pressão atmosférica e a variação da pressão de referencia é uma fonte de problemas.

O efeito da variação da pressão de referência é crítico quando se tem faixas compostas de pressão, com pressão negativa (vácuo) e positiva

Na seleção dos instrumentos de medição e controle de pressão para estas aplicações, o projetista não pode ignorar a variação da pressão de referencia e deve ou determinar o efeito da variação da pressão barométrica que pode ser desprezível ou deve corrigir esta variação.

6. Sensores de pressão

Vários parâmetros do processo devem ser conhecidos na medição de pressão:

1. Tipo da pressão: manométrica, absoluta ou diferencial,
2. Temperatura do processo
3. Características do fluido do processo, principalmente sua compatibilidade química com os materiais dos sensores de pressão,
4. Faixa de medição: mínima, normal e máxima,
5. Precisão (repetibilidade) requerida,
6. Função: indicação, registro, controle ou alarme.

São disponíveis comercialmente vários elementos sensores de pressão. Os critérios de escolha devem considerar os aspectos econômicos e técnicos do processo.

Sob o ponto de vista de custos, devem ser considerados os custos da instalação, da manutenção, da energia, da calibração periódica além do custo inicial do instrumento.

Como critérios técnicos, devem ser considerados a faixa da medição, a aplicação do sistema e as condições do processo O primeiro ponto a esclarecer é qual o tipo da pressão a ser medida, se absoluta, manométrica ou diferencial. Depois os valores máximo e mínimo da faixa (rangeabilidade — turn down - é a relação entre o máximo e o mínimo valor medido com o mesmo desempenho), a amplitude da faixa (span) e finalmente a precisão (repetibilidade) e outros parâmetros associados ao desempenho (line-

aridade, sobrefaixa, histerese).

A escolha do mecanismo básico de medição da pressão depende da aplicação do sistema: indicação local ou remota, controle, monitoração, alarme, intertravamento. Existem elementos sensores que são limitados quanto ao torque mecânico, ao movimento, ao espaço e não podem ser usados em sistemas que requerem transmissão digital remota.

Tipos de sensores favoritos industriais de pressão:

1. Mecânico com deformação elástica
2. Strain gauge (colado, não colado, filme ou fio, semicondutor difuso),
3. Capacitivo,
4. Potentiométrico,
5. Fio ressonante,
6. Piezelétrico,
7. Magnético (indutivo e relutivo),
8. Óptico.

Como o elemento sensor da pressão mecânico fica em contato direto com o processo ou a pressão entra no elemento sensor, é importante considerar o grau de corrosão, toxidez e sujeira do fluido do processo, para a escolha adequada do material de construção do elemento. As vezes, deve-se usar o selo de pressão para isolar o fluido do processo do elemento sensor.

Em muitos processos as variáveis pressão e temperatura são dependentes, e por isso deve-se conhecer a faixa da temperatura na medição da pressão. Quando a temperatura é elevada, exige-se que o instrumento fique afastado do processo, principalmente quando o instrumento é eletrônico. Para resolver este problema, usa-se um tubo capilar de ligação e selagem.

Ainda com relação ao processo, é importante definir a exigência de proteção de sobre faixa (over range). Há elementos sensores que naturalmente apre-

sentam proteção para sobre faixa; eles são especificados para operar em uma faixa normal de trabalho e podem ser submetidos a pressões mais elevadas, durante curtos períodos de tempo de situações anormais.

Os sensores podem ser divididos em duas grandes categorias mecânicos e eletrônicos

1. os sensores mecânicos sentem a variável de processo e geram na saída uma força ou um deslocamento mecânico;
2. os sensores eletrônicos sentem a variável de processo e geram na saída uma militensão ou alteram o valor de um parâmetro passivo, como resistência elétrica, capacitância ou , indutância.

Tabela 1 – Sensore de pressão

Tabela 1 - Sensores de pressão			
Tipo	Faixa	Precisão	Custo (\$US)
Indicador com Tubo bourdon de uso geral	1 a 69 kPa 15 a 10 000 psig	± 2%	\$100
Indicador de teste de alta precisão	Baixo vácuo a 20,7 kPa Baixo vácuo a 3000 psig	± 0,01% a 0,1%	\$300 a \$6 000
Indicador/Registrador com bourdon/espiral	Baixo vácuo a 345 kPa Baixo vácuo a 50 000 psig	± 0,50 %	\$1 200
Registrador com fole e mola	Baixo vácuo a 3,5 kPa Baixo vácuo a 50 psig	± 0,50 %	\$1 600
Indicador com fole baixa pressao	-3 a 3 mm H ₂ O	± 2%	\$2 200
Sensor strain gage , saída de 4 a 20 mA cc	0 a 6,9 kPa 0 a 1000 psig	± 0,25%	\$800
Transdutor piezorresistivo, saída de 4 a 20 mA cc	0 a 36,5 kPa 0 a 5000 psig	± 0,50 %	\$500
Transmissor inteligente com sensor piezorresistivo	0 a 41,4 kPa 0 a 6000 psig	± 0,10%	\$1 200 a \$2 000
Transmissor inteligente com configuração e protocolo digitais	---		\$1 000 a \$3 000
Transmissor com sensor capacitivo	25 mm H ₂ O a 41,4 kPa 25 mm H ₂ O a 6000 psig	± 0,2%	\$1 000

(Fonte: Bela Liptak, Process Measurement and Analysis, 4a. ed., 2005)

6.1. Coluna Líquida

O sistema de balanço de pressão mais simples é o manômetro ou indicador de pressão com coluna líquida. O princípio de funcionamento é simples a pressão criada pela coluna do líquido é usada para balancear a pressão a ser medida. A leitura da coluna líquida dá o valor da pressão desconhecida medida. A pressão exercida num ponto do líquido é igual à densidade do líquido multiplicada pela altura da coluna de líquido acima do ponto. O líquido mais usa-

do no enchimento da coluna é o mercúrio por ter alta densidade e, portanto exigir colunas pequenas. As características desejáveis do líquido são:

1. Quimicamente inerte e compatível com o meio do processo,
2. Interface visível e clara, sem revestir a superfície do vidro,
3. Tensão superficial pequena para minimizar efeitos capilares,
4. Fisicamente estável, não volátil sob as condições de temperatura e vácuo de trabalho,
5. Não congelar em baixas temperaturas,
6. Densidade constante com temperatura e pressão.

Os fluidos usados possuem faixa de densidade relativa entre 0,8 (álcool) e 13,6 (mercúrio).

Dentro da categoria dos manômetros visuais há uma grande variedade de barômetros: tubo-U e tubo inclinado.

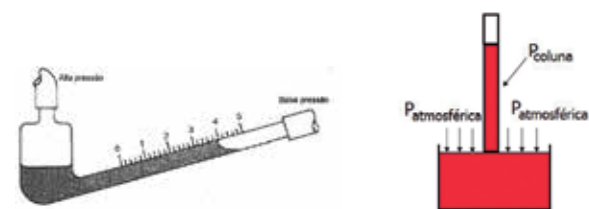


Fig. 3 – Diferentes colunas líquidas

6.2. Sensores Mecânicos

A pressão é determinada pelo balanço de um sensor contra uma força desconhecida. Isto pode ser feito por outra pressão (balanço de pressão) ou força (balanço de força).

Os sensores a balanço de força mais usados são aqueles que requerem deformação elástica, como bourdon, espiral, helicoidal, fole e diafragma. Os sensores a balanço de pressão mais conhecidos são o manômetro de coluna líquida e o detector de peso morto.

Tubo bourdon C

O tubo Bourdon é o mais comum e antigo elemento sensor de pressão,

que sofre deformação elástica proporcional à pressão. Este elemento não é adequado para baixas pressões, vácuo ou medições compostas (pressões negativa e positiva), porque o gradiente da mola do tubo Bourdon é muito pequeno para medições de pressões menores que 200 kPa (30 psig).

Os materiais usados para a confecção dos tubos Bourdon incluem Ni-Span C, bronze, monel, ligas (Be-Cu) e aços inoxidáveis (316 e 304) e sua escolha depende da faixa de pressão a ser medida. Usam-se materiais de Teflon® ou nylon® para minimizar os desgastes e as folgas.

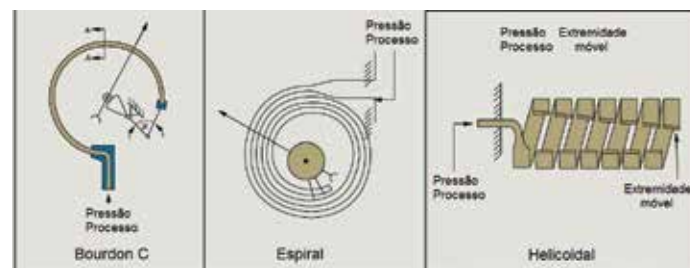


Fig. 4 – Tipos de sensores mecânicos pressão

A pressão de processo a ser medida é ligada na extremidade do tubo através de um soquete enquanto que a outra extremidade é selada hermeticamente. Por causa da diferença entre os raios interno e externo, o tubo Bourdon-C apresenta áreas diferentes para a pressão, logo, as forças exercidas são diferentes e tendem a tornar reto o tubo C. Obviamente, a faixa de pressão medida deve ser conveniente de modo a provocar deformações elásticas reversíveis. Quando se aplica uma pressão excessiva, o tubo se deforma definitivamente e pode haver até ruptura do tubo.

O movimento do tubo C é não linear e deve-se projetar um sistema de acoplamento mecânico para linearizar este movimento com a pressão medida. Isto é conseguido através do sistema do ângulo caminhante, do pinhão, do pivô e de engrenagens ou setores de engrena-

gens (cams).

A precisão dos dispositivos é uma função do diâmetro do tubo Bourdon, da qualidade do projeto e dos procedimentos de calibração. Ela varia de * 0,1% a * 5% da amplitude de faixa, com a maioria caindo na faixa de * 1%.

Os tubos Bourdon podem ser secos ou cheios de algum líquido (e. g., glicerina).

O tubo Bourdon-C pode também ser em um transmissor de balanço de força. A pressão aplicada ao tubo tende a retifica-lo. O tubo transmite a força resultante para a extremidade inferior da barra de força do transmissor. O mecanismo do transmissor de balanço de força pode incorporar um mecanismo de proteção de sobre faixa (over range). Basta colocar um limitador do movimento da barra de força. Há proteção de 150% de sobre faixa.

O formato do tubo Bourdon é também variável e dependente da faixa de pressão medida tipo C, espiral, helicoidal e a hélice de quartzo fundido.

Os elementos sensores do tipo Bourdon C são os recomendados para instrumentos de medição local de pressão no gasoduto e em city gate.

Nos casos em que a pressão máxima do processo possa ultrapassar o limite de sobrepressão do instrumento, estes devem ser fornecidos com limitadores de sobrepressão ajustados para 100 % do valor de fundo de escala.

Os ranges de operação dos instrumentos devem ser escolhidos de maneira que a pressão de operação normal do processo esteja situada no segundo terço desta faixa, observada também a pressão máxima de operação.

Diafragma

Os sensores de pressão cujo funcionamento depende da deflexão de um diafragma são usados, há mais de um século. Nos últimos anos, os efeitos da histerese elástica, atrito e desvio foram reduzidos, conseguindo-se precisões de até * 0,1% da amplitude de

faixa. Novos materiais com melhores qualidades elásticas tem sido usados, como ligas de Berílio-Cobre e com pequenos coeficientes térmicos tais como ligas de Níquel-Span C. Quando se tem duras condições de trabalho, temperaturas extremas e atmosferas corrosivas, os materiais usados são Inconel® e aço inoxidável 304 e 316.

O diafragma é flexível, liso ou com corrugações concêntricas, feito de uma lâmina metálica com dimensões exatas. As vezes, usam-se dois diafragmas, soldados juntos pelas extremidades, constituindo uma cápsula. Fazendo-se o vácuo destas cápsulas, consegue-se a detecção da pressão absoluta.

A sensibilidade da cápsula ou do diafragma aumenta proporcionalmente ao seu diâmetro. Quanto maior a cápsula ou o diafragma, menores faixas e diferenças de faixa de pressão podem ser medidas.

Os diafragmas podem ser usados em unidades de transmissão e controle a base de balanço de movimento e de força. Fole

Em geral, o fole transmite maior força e pode detectar pressões levemente maiores que a cápsula de diafragma. As desvantagens do fole são sua dependência das variações da temperatura ambiente e sua fragilidade em ambientes pesados de trabalho. Como a cápsula de diafragma, o fole pode ser usado para medir pressões absolutas e relativas e em sistemas de balanço de movimentos ou de forças.

6.3. Sensores Elétricos

Os sensores de pressão eletrônicos podem ser de todos tipos distintos ativos e passivos. O sensor ativo é aquele que gera uma miliensão sem necessitar de nenhuma polarização ou alimentação. O sensor eletrônico passivo é aquele que varia a resistência, capacitância ou indutância em função da pressão aplicada. Ele necessita de uma

Os sensores de pressão cujo funcionamento depende da deflexão de um diafragma são usados há mais de um século

tensão de alimentação para funcionar.
Cristal piezelétrico

O cristal piezelétrico é um elemento sensor de pressão eletrônico que gera uma militensão em função da pressão mecânica aplicada. Na prática, ele é pouco usado em medições industriais, por causa de seu alto custo. Ele é tipicamente usado em agulhas de toca-discos.

Strain gauge

O strain gauge é elemento sensor de pressão eletrônico mais usado. Foi Lord Kelvin que primeiro relatou em 1856 que um condutor metálico sujeito a uma pressão mecânica exibe uma variação em sua resistência elétrica. Este fenômeno foi colocado em uso prático em 1930.

O strain gauge é projetado para converter movimento mecânico em sinal eletrônico. Uma variação de capacitância, indutância ou resistência é proporcional à pressão experimentada pelo sensor. Ele varia sua resistência elétrica quando submetido à pressão positiva (compressão) ou negativa (descompressão). O strain gauge pode ser usado para medir torque, peso, velocidade, aceleração, além da pressão. O strain gauge é ligado ao circuito detector clássico da Ponte de Wheatstone, que requer a tensão de polarização em corrente contínua ou alternada.

O strain gauge ideal varia a resistência somente devido às deformações da superfície onde o sensor estiver fixado. Porém, praticamente, a temperatura, propriedades do material, o material adesivo que fixa o sensor à superfície e a estabilidade do material, tudo afeta a resistência detectada. Também a maioria dos materiais não tem a mesmas propriedades em todas as direções, um conhecimento da deformação axial é insuficiente para uma análise completa. Teoricamente, há deformação de Poisson, entortamento e torção e deslizamento afetando a medição correta da pressão.

O strain gauge é projetado para converter movimento mecânico em sinal eletrônico

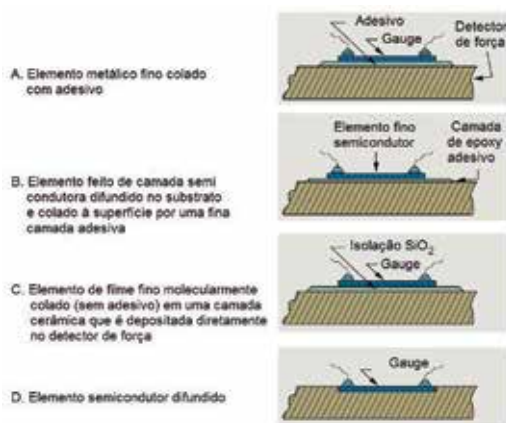


Fig. 5 –Strain gauge

Projetos de sensor

A deformação de um objeto pode ser medida por meio mecânico, ótico, acústico, pneumático e elétrico. Os primeiros strain gauges eram dispositivos mecânicos que mediam a deformação pela medição da variação de comprimento e a comparava com o comprimento original do objeto. Todos os sensores de pressão como fole, diafragma, bourdon C, helicoidal são sensores extensiométricos, ou sejam, se baseiam na deformação linear do sensor. Condicionadores mecânicos amplificam os pequenos deslocamentos, tornando possível a indicação, registro ou transmissão da pressão.

Sensores ópticos são sensíveis e exatos, mas são delicados e não são populares em aplicações industriais, mas estão restritos a laboratórios.

A característica mais utilizada é aquela que varia a resistência elétrica em função da deformação ou pressão mecânica. Embora haja strain gauge associado à capacitância e indutância, eles são menos usados, por causa da susceptibilidade à vibração, da dificuldade de montagem e limitações dos circuitos elétricos.

O primeiro strain gauge metálico, em fio e colocado à superfície, foi desenvolvido em 1938. O strain gauge consiste de um fino fio com uma espessura

de 0,025 mm, enrolado e colado à superfície por uma camada fina de resina de epóxi. Quando uma carga é aplicada à superfície, a alteração resultante no comprimento da superfície é comunicada ao resistor e a deformação correspondente é medida em termos da resistência elétrica do fio, que varia linearmente com a pressão. O diafragma do fio e o agente colante adesivo devem trabalhar juntos para transmitir a deformação, enquanto o adesivo também deve servir como um isolador elétrico entre a grade do fio e a superfície.

Na seleção do strain gauge, deve considerar a característica de deformação, e também sua estabilidade e a sensibilidade com a temperatura. Infelizmente, a maioria dos materiais do strain gauge são também sensíveis à temperatura e tendem a variar a resistência com a idade. Para a medição contínua e de longa duração, deve-se incluir compensação da temperatura e do drift de idade.

Os materiais do strain gauge eram inicialmente de ligas metálicas proprietárias (Constantan, Nichrome V. Na década de 1950, foram usados strain gauges com silício e germânio e na década de 1970 apareceram sensores a semicondutores. Sensores strain gauges a semicondutores são mais sensíveis (100 vezes) e elásticos que os metálicos, embora sejam mais dependentes da temperatura. Atualmente, com as ferramentas computacionais dos microprocessadores (do transmissor), estas limitações de sensibilidade à temperatura e à idade são facilmente resolvidas. Atualmente, os sensores strain gauges a semicondutores são molecularmente colados (sem adesivos) em uma camada cerâmica que é depositada no detector de força ou até são difusos diretamente na superfície, tornando-se mais estáveis e menos susceptíveis às variações de temperatura e à idade.

O estado da arte da medição de pressão é o uso de strain gage com semicondutor difuso, eliminado os agentes de colagem que provocavam deslizamento e histerese.

Resumindo: o strain gauge ideal é de pequeno tamanho e massa, custo baixo, facilmente instalado e altamente sensível à deformação provocada pela pressão e insensível às variações de temperatura, das condições ambientais e da sua idade.

7. Medição de vácuo

O interesse de se medir o vácuo vem de 1600s, quando se notou a incapacidade das bombas elevarem a água mais do que 1 metro. Galileu envolveu-se nesse problema e morreu sem conseguir resolve-lo. Depois da morte de Galileu, em 1642, Evangelista Torricelli continuou as pesquisas e inventou o barômetro de mercúrio, descobrindo que a atmosfera exerce uma força de 101 kPa e que, dentro de um tubo totalmente evacuado, a pressão era suficiente para elevar uma coluna de mercúrio até uma altura de 760 mm. A altura de uma coluna de mercúrio é assim uma medida direta da pressão atmosférica. Em 1644, Blaise Pascal pediu a um grupo de alpinistas para levar um barômetro ao alto do Alpes e provou que a pressão atmosférica diminui com a altitude. Hoje, a unidade de pressão é pascal, em honra a Blaise Pascal, matemático e físico francês. A pressão barométrica média no nível do mar pode balancear a altura de uma coluna de mercúrio de 760 mm de mercúrio e essa pressão é definida como a pressão normal.

Em 1872, McLeod inventou o detector de vácuo, que mede a pressão de um gás medindo seu volume duas vezes, uma vez a uma pressão baixa desconhecida e depois em uma pressão maior de referência. O novo volu-

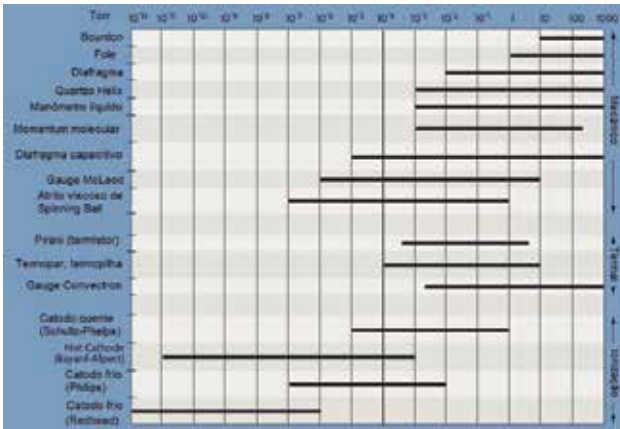
O strain gauge ideal é de pequeno tamanho e massa, tem custo baixo e é fácil de instalar.

Artigo

me pressurizado é então uma indicação da pressão absoluta inicial. Versões do sensor de McLeod ainda são usadas hoje como um padrão para calibrar sensores de vácuo.

Atualmente os sensores de vácuo possuem três tipos: mecânico, termal e de ionização.

Tabela 2 – Medição de vácuo



8. Manômetros

Manômetro é um indicador local de pressão manométrica (referida à pressão atmosférica).

Tag: PI ou PG (pressure gauge)

O manômetro não requer alimentação externa. Erradamente, alguém acha que a pressão é a alimentação do manômetro. A pressão é a variável medida e embora a indicação seja resultado de uma pequena deformação do sensor provocada pela pressão, não há alimentação externa. A escala do manômetro deve ser em kPa.

Todo manômetro deve ser calibrado periodicamente com outro manômetro de melhor precisão (máster) ou por uma bomba de peso morto. O período de calibração é determinado pelo usuário.

Manômetro de precisão

Em instrumentação, é também comum usar manômetros para calibrar outros manômetros. A ANSI, por exemplo, classifica os manômetros em sete classes de precisão.

O manômetro mais preciso (classe ANSI 4A) tem precisão de *0,1% do fundo de escala. Eles têm diâmetro de 12 ou 16". Eles necessariamente devem ter grande tamanho físico, para possibilitar a leitura de 0,1%. Estes manômetros tem compensação de temperatura. Eles devem ser manuseados com cuidado para preservar a precisão. Quando usando manômetros de faixa pequena com líquido como meio de pressão, o efeito da altura líquida entre a fonte de pressão e o dentro do manômetro deve ser considerado. É chamado de Manômetro de Precisão de Laboratório.

O manômetro com classe 3A é calibrado para uma precisão de *0,25% do fundo de escala. Ele tem diâmetro de 6". Geralmente não tem compensação de temperatura e deve ser usado em temperaturas próximas de 23 oC. É chamado de Manômetro de Teste.

O manômetro com classe 2A, com precisão de *0,5% do fundo de escala, também com diâmetro de 4 1/2" e sem compensação de temperatura, é chamado de Manômetro de Processo. É usado para a medição contínua do processo.

Outros manômetros, com classes A, B, C e D, tem precisões respectivas de *1%, *2%, 3-4% e 5% do fundo de escala.



Fig.6 – Uso do manômetro padrão para calibração

Os manômetros devem atender os seguintes requisitos:

1. Mostrador de no mínimo 100 mm de diâmetro;
2. Conexão de 1/2" NPT;
3. Caixa em AISI 304 com grau de proteção IP 55;

Artigo

4. Ponteiro balanceado e com ajuste micrométrico;
5. Disco de ruptura na parte traseira;
6. Material do soquete deve ser o mesmo do elemento sensor, como aço inoxidável AISI 316.

9. Transmissor de pressão

Transmissor de pressão é o instrumento que possui um sensor de pressão, convertendo a pressão em um sinal padrão, pneumático, eletrônico ou digital:

1. Pneumático – 20 a 100 kPa
2. Eletrônico – 4 a 20 mA cc
3. Digital – HART, Foundation Fieldbus, Modbus, Profibus ou protocolo proprietário.

Transmissor digital é também chamado de microprocessado ou inteligente. Há transmissores industriais para medir:

1. Pequena pressão diferencial em alta pressão estática comum (d/p cell ®)
2. Pressão diferencial convencional
3. Pressão absoluta

Transmissor d/p cell® é tipicamente usado na medição de vazão com placa de orifício (ou outro gerador de DP) e na medição de nível a pressão diferencial. A grande vantagem do transmissor d/p cell é sua capacidade de medir pequenas pressões diferenciais e suportar altíssima pressão estática. Mesmo quando o operador faz alguma manobra errada no conjunto distribuidor de válvulas de bloqueio e equalização e uma altíssima pressão é aplicada a apenas uma tomada, o transmissor não se danifica, pois possui uma proteção de sobrefaixa.

O sensor de pressão está quase sempre integral ao transmissor de pressão. Para calculo de incertezas, a incerteza do sensor de pressão está incluída na

incerteza do transmissor.

Quando se usa transmissor de pressão para fazer a compensação da pressão (e da temperatura) da vazão volumétrica de gases, deve-se usar o transmissor de pressão manométrica (acima de 300 kPa) e somar a pressão atmosférica, nominal de 101,325 kPa. As pequenas variações da pressão atmosférica são desprezíveis em face das incertezas envolvidas. Só se deve usar o transmissor de pressão absoluta para compensação quando a pressão estática for menor que 300 kPa, quando as variações da pressão atmosférica afetam a incerteza da medição.

Fig.7 – Folha de especificação (ISA) de transmissor de pressão diferencial (d/p cell), fonte: Technical Report ISA-TR20.00.01-2006



Fig.8 – Diagrama de blocos do transmissor digital de pressão

O grande avanço na medição de pressão está na aplicação de transmissor digitais inteligentes microprocessados. Tal transmissor possui uma tecnologia moderna digital com conversores analógico-para-digital (A/D) e digital-para-analógico (D/A) e com um microprocessador. O microprocessador faz a manipulação de alterar faixa, linearizar, verificar erro e converter a saída para um protocolo digital como HART, FOUNDATION Fieldbus, Modbus, Profibus ou Ethernet. Esta sofisticação ainda pode incluir verificação de sua própria calibração, capacidade de fazer autodiagnóstico, facilidade de configuração remota através de terminais portáteis ou da estação digital de operação do sistema digital

10. Acessórios

Principais acessórios usados na medição de pressão:

- 1. Selo de pressão
- 2. Conjunto distribuidor (manifold)
- 3. Válvula de Bloqueio
- 4. Tubo Sifão
- 5. Amortecedor de pulsação
- 6. Protetor de sobrepressão

10.1. Selo de pressão

Selo é algo que isola dois componentes; por exemplo, o fluido do processo isolado do material do sensor. As funções principais de um selo são as de:

- 1. Proteger o fluido de processo de congelamento e endurecimento devidos às variações da temperatura.
- 2. Isolar materiais de processo venenoso, tóxico, corrosivo, mal cheiroso do sensor de pressão que é de material de construção padrão, não compatível com o fluido do processo.
- 3. Evitar que fluidos viscosos e su-

jos entrem e entupam o elemento detector de pressão.

As características do líquido de selagem devem ser:

- 1. Líquido não-compressível, para transmitir a pressão.
- 2. Pequeno coeficiente de temperatura
- 3. Baixa viscosidade para operar mesmo em baixas temperaturas
- 4. Quimicamente estável, mesmo em altas temperaturas



Fig.9 – Selos de pressão

As três partes principais de um selo padrão são as seguintes

- 1. Recipiente superior, em contato com o líquido de selagem e colocado na atmosfera não corrosiva, de material padrão, não especial. As vezes, possui um parafuso para enchimento do selo.
- 2. Cápsula de diafragma, cheia com líquido de selagem. Está em contato com o fluido corrosivo do processo e por isso deve ser de metal resistente a corrosão ou revestido de Teflon® ou KEL-F®. A parte superior e a cápsula podem ser removidas sem desconectar a parte inferior, possibilitando ao operador limpar o conjunto sem reencher a unidade.
- 3. Recipiente inferior, em contato direto com o fluido do processo, deve ser de metal ou plástico resistente à corrosão. Pode haver uma conexão para permi-

tir a purga contínua ou intermitente do fluido.

Os selos podem ser soldados, aparafusados ou flangeados nas linhas de processo.

10.2. Distribuidor

Conjunto distribuidor ou manifold é um conjunto de três ou cinco válvulas para bloquear, isolar e equalizar as pressões medidas pelo transmissor associado à placa de orifício na medição de vazão. O distribuidor é útil para:

- 1. Bloquear a linha para retirada do transmissor sem parar o processo e sem provocar vazamento.
- 2. Zerar o transmissor abrindo as três válvulas.



Fig.10 – Conjuntos de distribuição com 3 ou 5 válvulas

10.3. Válvula de bloqueio

Válvula de bloqueio isola o fluido de processo do instrumento de pressão permitindo sua retirada para manutenção ou substituição sem parada do processo.

10.4. Sifão

Sifão deve ser usado em linhas de vapor ou líquido cuja temperatura supera o limite de temperatura de operação do instrumento tipicamente de 65 o C.

10.5. Amortecedor de Pulsação

O amortecedor restringe a passagem do fluido de processo para o instrumento de pressão para reduzir ou anular a frequência de pulsação da linha, estabilizando a leitura e evitando desgaste prematuro do instrumento.

Conjunto distribuidor ou manifold é um conjunto de três ou cinco válvulas para bloquear, isolar e equalizar as pressões medidas pelo transmissor

10.6. Protetor de sobrepressão

Protetor de sobrepressão é usado para protege os instrumentos de pressão, instalados em linhas sujeitas a pressões acima da máxima sobrepressão especificada para o instrumento.

Quanto maior a precisão do manômetro, maior é o seu custo, mais cuidado se requer em seu manuseio e maior frequência de recalibração é necessária para manter sua precisão. Os manômetros de pior precisão geralmente são substituídos, quando quebrados, em vez de serem consertados.

O uso de manômetro de alta precisão com bourdon como padrão secundário ou de teste é conveniente e prático. Ele deve ter um certificado indicando o erro real, de modo que se possa aplicar a correção adequada. Porém, ele é sujeito a desgaste e requer calibrações frequentes.

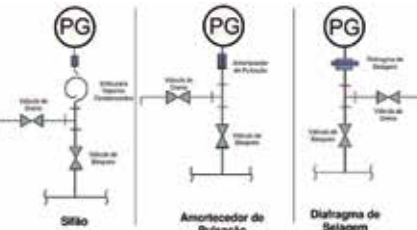


Fig.11 – Aplicações de acessórios

11. Referências bibliográficas

- 1. Considine, D.M., Process Instruments and Controls Handbook, New York, McGraw-Hill, 1993.
- 2. Benedict, R.P., Fundamentals of Temperature, Pressure and Flow Measurements, New York, John Wiley, 1977.
- 3. Doebelin, E.O., Measurement Systems - Application and Design, Singapore, McGraw-Hill, 1990.
- 4. Lipták, B.G., Instrument Engineer's Handbook: Process Measurement, Oxford, Butterworth-Heinemann, 4a. ed., 2005.
- 5. Noltingk, B.E., Instrumentation - Reference Book, 2a. ed., Oxford, Butterworth Heinemann, 1995.

Eng. Marconi Azoubel (marconi.azoubel@ge.com) - GE - Bently Nevada Sales Manager



1. Introdução

Em vários setores, os motores estão presentes em instalações e plantas e acionam alguns dos ativos mais críticos numa planta industrial. Os motores elétricos industriais conduzem muitas das aplicações mais críticas do mundo.

O ativo conduzido pode ser desde um compressor de ar principal numa indústria petroquímica, um compressor de gás úmido em uma refinaria “on-shore”, uma bomba de produtos para exportação em uma plataforma “off-shore”, uma bomba de alimentação da caldeira em uma estação de geração de energia ou um ventilador de ar para um alto forno de uma metalúrgica. Em comum, todos esses ativos são fundamentais para a viabilidade operacional e na sua maioria são movidos por um motor elétrico AC de médio ou grande porte.

"Quando os motores falham, quais as principais causas dessa falha?"



Fig.1 – Falhas típicas em motores AC até 4

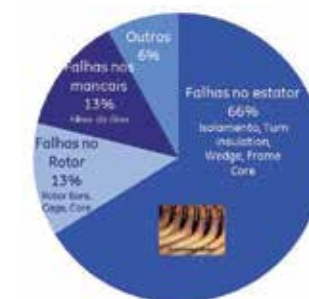


Fig.2 – Falhas típicas em motores AC. Fonte: Allianz 2001 Survey

Temos dois cenários bem diferentes para essa resposta, conforme mostram os gráficos acima (figura 1).

Para motores até 4 kV, mais da metade das falhas ocorrem devido a problemas nos rolamentos, tipicamente rolamentos esféricos e de custo relativamente baixo. No entanto, já percebemos que as falhas no estator desse motor correspondem a 25% do total.

Porem, para motores acima DE 4 Kv, esse cenário é completamente diferente. As falhas relativas ao estator e ao rotor somadas correspondem a quase 75% conforme as estatísticas. Diferentemente da maioria dos outros tipos de ativos rotativos, os motores são aparelhos elétricos que falham, na maioria das vezes, devido a problemas no isolamento do estator ou rotor. Enquanto muitos motores acima de 4 kV possuem sistemas de monitoramento de condições que detectarão falhas do rotor (13%) e falhas de rolamentos (13%), não existia uma tecnologia confiável on-line para detectar o modo de falha principal, ou seja, falha no estator (isolamento), que responde por 66% das falhas.

[illegible]

Fig.3

Os principais Indicadores da saúde de um isolamento de motor são:

- Descargas Parciais.
- Resistência de Isolamento e Índice de Polarização.

Artigo

- Capacitância e Fator de Dissipação.

Esses fatores são muito bem aceitos em normas industriais para avaliar as condições.

A medição da Capacitância e Fator de Dissipação de Isolamento do motor podem facilmente nos indicar as seguintes falhas (figura 4):

Capacitância, C

Indicação de:

- Absorção de Umidade
- Envelhecimento térmico / mecânico

Fator de Dissipação, DF (Tanδ)

Indicação sobre as perdas dielétricas devido a:

- Contaminação do estator
- Absorção de umidade
- Tracking
- Envelhecimento térmico / mecânico

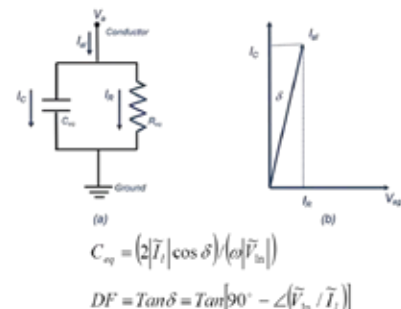


Fig.4

3. Tecnologias disponíveis

Entender como os motores falham nos ajudam a apontar para uma solução. Se existe uma tecnologia que nos permita controlar o degradação do isolamento on-line de forma confiável ao longo do tempo em um motor de médio e grande porte, isso seria uma ferramenta extremamente útil.

As paradas poderiam ser programadas e eventos não planejados poderiam ser evitados, produzindo aumento da confiabilidade e segurança.

Atualmente existem tecnologias para

caracterizar a condição do isolamento do estator do motor. Durante muitos anos os departamentos de manutenção elétrica e confiabilidade têm sido forçados a confiar em uma das duas seguintes tecnologias:

- 1) Instrumentos Off-Line portáteis para testes em motores.

Várias empresas oferecem equipamentos de testes off-line que podem dar uma caracterização razoável do isolamento do estator.

No entanto, para esses testes, os motores devem ser parados e removidos de serviço antes de proceder o teste. E sabemos que esses motores, normalmente, não possuem back-up e muitas empresas não possuem essa disponibilidade.

Testando nestes, às vezes longos, intervalos podem nos trazer poucos benefícios. O motor pode estar perto de falha no momento em que o teste ocorre. Além disso, este teste acontece a temperatura ambiente, sem carga e não dá uma verdadeira caracterização da condição do isolamento.

Pior ainda, vários dos testes off-line usam métodos de baixa corrente e alta tensão, que podem contribuir para falhas precoces no isolamento.

- 2) Testes On-line com Descargas Parciais (PD)

Outro método utilizado é a tecnologia de Descargas Parciais on-line. Como isolamento degrada ao longo da vida do motor, as pequenas descargas ocorrem através do isolamento.

O sistema PD "escuta" estas descargas e traça a localização e frequência aproximada das descargas em uma tentativa para prever onde e quando o isolamento irá falhar, e, portanto, quando o motor

Artigo

falha.

A Tecnologia de Descargas Parciais realiza uma medição on-line e baseia-se fortemente em algoritmos complexos e modelagem para o seu diagnóstico.

O método PD possui sucesso limitado devido à falta de confiabilidade dos algoritmos para preverem onde a falha no isolamento irá ocorrer. Muitas vezes, os operadores de equipamentos tiveram diagnósticos de falhas em um motor e o mesmo continua funcionando por muitos anos sem qualquer problema.

Claramente, existia uma necessidade de uma técnica ON-LINE capaz de mo-



Fig.5 Exemplo de um estator em falha em um motor de 12.000 HP, AC, 13,8 kV. Motor industrial usado em um refinador num moinho de papel.

nitorar a qualidade do isolamento total para todas as máquinas e para todos os modos de degradação do isolamento.

Recentemente, uma nova abordagem para avaliar a condição geral de isolamento baseado na medição de corrente diferencial de isolamento tem sido proposto. A viabilidade de medir a capacitância e DF (Fator de Dissipação) on-line em um motor de 100 HP foi avaliada, e foi demonstrado que as alterações no comportamento de isolamento (ou seja, a degradação) podem ser detectadas com grande sensibilidade.

Este trabalho é uma extensão e continuação do trabalho apresentado que conduz ao desenvolvimento do HSCT Sensor (high sensitivity current transformer) Trad: Transformador de Corrente de Alta Sensibilidade).

4. Monitoramento on-line do isolamento do estator - Motor stator insulation monitor (msim)

O "Motor Stator Insulation Monitor" é um sistema de monitoramento on-line contínuo, que é capaz de medir a capacitância direta do estator e a corrente de fuga resistiva e capacitiva, oferecendo atualmente a única medição on-line desse tipo de variável disponível fora de um laboratório. Este sistema patenteado foi desenvolvido ao longo de vários anos em parceria com a GE Global Research Center e tem sido projetado para compatibilidade com o Bently Nevada* 3500 Sistema de Monitoramento/Proteção e software de Otimização e Diagnóstico System 1.

4.1 Visão geral da tecnologia

MSIM consiste em (3) sensores de tensão, (3) sensores de corrente, um monitor no sistema 3500e opcional para conectividade com o System1 da Bently Nevada ou DCS de qualquer fabricante.

De muitas maneiras, a instalação é muito semelhante aos outros sistemas de proteção e diagnóstico. O ponto chave para o funcionamento do sistema é justamente o sensor de alta sensibilidade HSCT (high sensitivity current transformer) (instalação típica mostrado na figura 5). O HSCT mede diretamente qualquer fuga de corrente na escala de miliamperes (mA), mesmo para valores elevados de corrente presentes, tecnologia esta nunca antes disponível para indústria.



Fig.6 HSCT Sensor (high sensitivity current transformer)

4.2 Explicando o HSCT Sensor (high sensitivity current transformer)

Os cabos neutros para cada fase do motor são encaminhados através do HSCT sensor, como mostrado na figura 7 abaixo. O HSCT sensor foi projetado para medir as perdas atuais resistivas e capacitivas. As perdas por defeitos de isolamento não pode ser medida diretamente. Mas encaminhando, tanto a corrente de saída e a corrente de retorno para cada fase por meio de um sensor HSCT, o sensor é capaz de medir a diferença entre as correntes. Este diferencial de corrente é igual à corrente de fuga através de falhas de isolamento. A solução é projetada para detectar os níveis de fuga muito baixas, normalmente tão baixas como 10 mA.

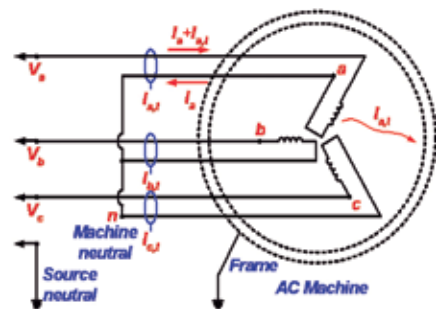


Fig.7

Em um motor ideal, a quantidade de corrente elétrica que flui para dentro e para fora de cada fase do motor deve ser exatamente a mesma. Como parte do processo de fabricação do motor, o enrolamento do estator do motor é revestido com um isolamento. O isolamento no seu estado puro deveria atuar como um dielétrico perfeito. Porém, mesmo em um motor muito novo, sempre haverá alguma corrente de fuga, ou seja, a entrada não é igual a saída. A corrente de fuga tem dois componentes, resistiva e capacitiva. À medida que o isolamento se deteriora, o componente resistivo da corrente de fuga irá tornar-se dominante e o ângulo de fase, delta (δ), entre a corrente e tensão vai ser menor do que 90 graus. A capaci-

tância e Fator de Dissipação podem ser calculados utilizando o ângulo de fase. Estes fatores de medição, capacitância e dissipação, são utilizados para detectar a deterioração no isolamento do enrolamento do motor. Ele também tem sido chamado de "Tangente Delta" e "ângulo de perda". Como o sistema de isolamento degrada, diminui a resistência de isolamento, o que aumenta a corrente de fuga e altera o ângulo de fase entre a corrente e tensão. Em práticas industriais padrão, a medição do fator de dissipação sempre tem sido feita durante o teste de motor fora de linha. Mas medindo o valor de perdas por correntes de defeitos relacionados com resistiva, a dissipação pode ser calculada durante o funcionamento do motor.

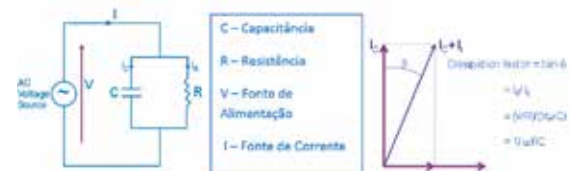


Fig.8 Diagramas de circuito equivalente e High Sensitivity Current Transformer (HSCT)



Fig.9

4.3 Arquitetura de Instalação

O módulo de interface condiciona e converte a sinal do sensor HSCT para a medição direta DF. Além do HSCT, o monitor MSIM utiliza sensores de alta tensão (HVS – High Voltage Sensors) com módulos de interface, juntamente com a temperatura do estator do motor (RTDs ou termopares) como entradas para o sistema, conforme arquitetura da figura 10.

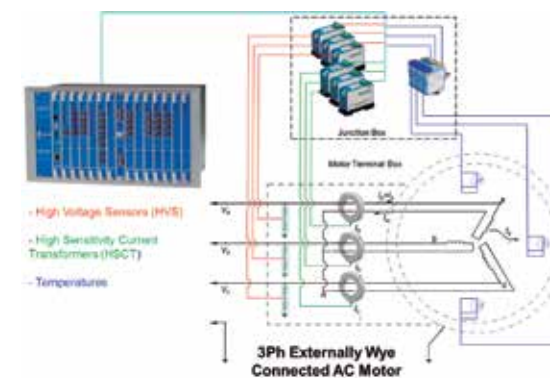


Fig.10

5. Vantagens da medição on-line da capacitância e fator de dissipação (DF)

- Um método simples para a detecção da degradação do isolamento
- Condição de isolamento medida em condições reais de operação on-line
- Manutenção eficiente da frota de máquinas
- Sem necessidade de parada para inspeção
- Maior segurança

6. Validação da solução HSCT

- instalado em motor de 4kV em uma planta de geração
- O ativo acionado é uma bomba de alimentação de caldeira
- Abaixo, fotos do motor e caixa terminal antes e depois da instalação.



Fig.11 Motor de bomba de alimentação de caldeira, 4kV, 694A (FL), 5400hp



Fig.12 Motor Terminal Box antes da instalação do MSIM



Fig.13 Motor Terminal Box depois da instalação do MSIM

MSIM foi implantado com sucesso em vários locais industriais nos EUA. Extensos testes mostraram que a degradação do isolamento do motor pode ser detectada on-line e pela primeira vez deu aos operadores e engenheiros de confiabilidade uma indicação direta para a condição da máquina com alertas de falhas em motores críticos precoce, com uma confiança muito alta.

6. Testes e resultados finais

6.1 Teste de envelhecimento acelerado forçado do estator

- Teste de envelhecimento acelerado por aspersão de água condutora no final do enrolamento do estator.
- A caixa frontal do motor é alterada instalando-se bicos de sprays (mostrado na foto), que estavam ligados a uma bomba de controle remoto operado para aspergir água enquanto o motor estava funcionando.

Artigo

- Este teste foi realizado em uma gaiola experimental especial.
- Por aspersão de água no isolamento do motor, esperamos uma mudança na capacitância do isolamento instantaneamente.
- C e DF foram monitorados com HSCTs on-line e comparados com as medições da ponte off-line

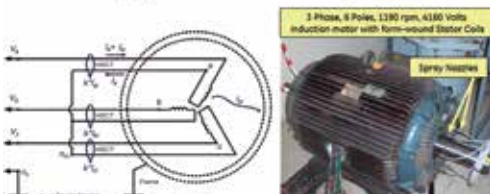


Fig.14 Teste de spray em um motor de alta voltagem (4160V)

- Foto do motor a seco (à esquerda, figura 15) e um motor molhado (à direita, figura 15) após a pulverização
- O primeiro gráfico mostra uma mudança instantânea na corrente de fuga de isolamento logo após o spray de água.
- O gráfico seguinte (figura 16) mostra uma variação líquida na capacitância de isolamento ao longo de um período de tempo. Isso mostra a possibilidade de acompanhar as mudanças no envelhecimento de isolamento devido à contaminação

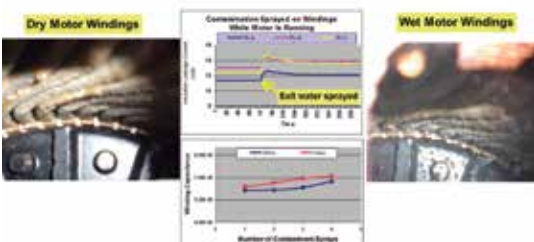


Fig.15

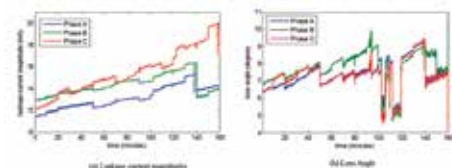


Fig.16 Corrente de fuga e perda do ângulo (DF) tendem a aumentar durante os repetitivos testes de spray.

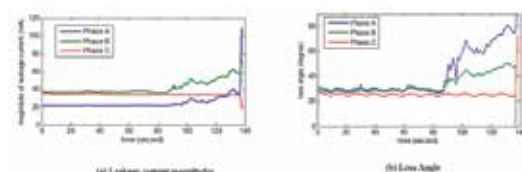


Fig.17 Um aumento muito rápido da corrente de fuga de isolamento e ângulo são observados antes da falha de isolamento.



Fig.18 local da falha do motor entre as fases b e c

7. Conclusão

- O sensor HSCT (High Sensitivity Differential Current Transformer) pode ajudar a realizar o teste de C & DF on-line em motores de corrente alternada
- O HSCT pode monitorar envelhecimento do isolamento - Precursores foram observados antes da falha de isolamento durante os testes de contaminação
- Esta tecnologia pode ajudar a prevenir falhas inesperadas e catastróficas em motores e aumentar a disponibilidade global dos mesmos.

8. Referências bibliográficas

- 1) GE Bently Nevada - Electric Motor Condition Monitoring & Protection Guidelines
- 2) GE Measurement&Control brochure
- 3)GE Global Research Center, Niskayuna, New York - Electric Machines Lab
- 4) GE Energy-OC, Minden, Nevada
- 5) Prabhakar Neti and Brant Wilhelm Presentation - A Novel Scheme for On-line Health Monitoring of Industrial Motor Insulation - HSCT/MSIM – GE Bently Nevada Field Application Engineers

Análise de desempenho de rede autônoma de monitoramento sem fio em subestação de 525kV para smartgrid

Msc. Bruno Neves Amigo (bruno.amigo@ifes.edu.br) Instituto Federal do Espírito Santo – IFES

Msc. Tiago Reinan Barreto de Oliveira (tiago.oliveira@ifes.edu.br) Instituto Federal do Espírito Santo – IFES

Ph.D Marcelo Eduardo Vieira Segatto (segatto@ele.ufes.br) Universidade Federal do Espírito Santo - UFES

Msc. Thiago de Aguiar Caloti (thiago.caloti@ifes.edu.br) Instituto Federal do Espírito Santo - IFES

Sandro Peixoto (sp@eletrosul.gov.br) Eletrosul Centrais Elétricas S.A



Resumo

O ZigBee surgiu como um dos potenciais elementos integradores para as SmartGrids, principalmente por prover a comunicação sem fio de elementos finais, sensores e atuadores. No entanto, ambientes de SmartGrid podem ser bastante severos para a comunicação sem fio, devido a fortes interferências eletromagnéticas naturais destes ambientes. Subestações são ambientes SmartGrids que concentram grande fluxo de energia e, logo, possuem diversas fontes de interferências eletromagnéticas. Os grandes provedores de interferências são os transformadores, a alta densidade de elementos metálicos, as diversas estruturas de concreto e uma grande malha de cabos e condutores energizados.

Este trabalho é a continuação de uma linha de pesquisa para o desenvolvimento de um sistema confiável de monitoramento autônomo e sem fio de subestações e linhas de transmissão, baseado na tecnologia ZigBee e em energia solar. Além do desenvolvimento de um hardware próprio, realizamos, criteriosamente, 3 novos experimentos de desempenho de rede em uma subestação de extra-alta tensão de 525 kV e comprovamos a viabilidade do desenvolvimento desse sistema para o ambiente proposto.

1. Introdução

Nas últimas décadas, a sustentabilidade energética foi, e ainda é, um tema mundialmente explorado e difundido, tanto que no ano de 2011 os investimentos em aplicações sustentáveis e geração de energia superaram em 600% o ano de 2004 [1]. O futuro para a sustentabilidade é o aumento de eficiência energética ou até a autossuficiência de equipamentos, aplicações e processos.

O ZigBee surgiu como um dos potenciais elementos integradores para as SmartGrids, principalmente por prover a comunicação sem fio de elementos finais

Uma das grandes vertentes da sustentabilidade energética é a energia solar. Países como o Brasil possuem grande potencial energético dessa natureza, pois em todo o seu território há um alto índice de incidência de radiação solar. Atualmente, o aquecimento de água e geração fotovoltaica de energia elétrica são os mais explorados no Brasil [2].

A vantagem da energia solar é permitir que haja geração ou microgeração energética em qualquer ambiente ou local que receba radiação solar. Isto permite a autonomia de equipamentos em zonas remotas, onde não há fontes de energia/alimentação, com é o caso do monitoramento climático regional e do monitoramento sem fio de falhas e descargas atmosféricas ao longo de linhas de transmissão de energia elétrica.

Uma das aplicações sem fio que está se destacando com o uso de energia solar fotovoltaica são as SmartGrids baseadas na tecnologia ZigBee [3], devido ao seu baixo consumo, baixo custo, versatilidades, robustez, confiabilidade, segurança, rápida instalação. Outro aspecto importante é permitir a comunicação entre diversos elementos do setor elétrico onde cada um deles pode enviar ao sistema informações importantes sobre o mesmo, contribuindo para seu melhor desempenho, mais segurança, novos recursos, novas aplicações, monitoramentos e automatizações.

Este trabalho é uma segunda etapa de uma linha de pesquisa [4] para o desenvolvimento plataforma confiável de monitoramento autônomo e sem fio de subestações e linhas de transmissão, baseado em energia solar e na tecnologia sem fio ZigBee. Por meio desta realizamos, criteriosamente, 3 novos experimentos de desempenho de rede em uma subestação de extra-alta tensão de 525 kV, e cada experimento avaliou uma determinada condição ou característica da rede ZigBee. Os resul-

tados foram bem promissores e validaram nossa plataforma de hardware e o ZigBee para o ambiente em questão.

2. Radiação solar no Brasil

O Brasil, por ser um país localizado na sua maior parte na região inter-tropical, possui grande potencial de energia solar durante todo ano. Segundos dados da Agencia Nacional de Energia Elétrica (Aneel) [2] as regiões que possuem maior capacidade de conversão fotovoltaica da radiação solar em energia elétrica são as Sul, Sudeste e Nordeste. Dessas, a Sul possui a menor capacidade, como observado na Figura 1.



Fig.1 Média Anual de Insolação Diária no Brasil (kWh/m²/dia). Fonte: Solarpaces.org

A subestação em que foram realizados os testes de campo deste projeto possui uma média anual de 5 horas de insolação diária [2] e é localizada no estado de Santa Catarina (SC).

3. Smartgrid baseado na tecnologia sem fio ZigBee

Classificada como rede WPAN (Wireless Personal Area Network) o padrão ZigBee é desenvolvido pela ZigBee Alliance, associação composta por diversas empresas tais como Freescale, Philips, Texas Instruments, Intel, Digi, entre outras. Padronizado pelo IEEE como IEEE 802.15.4 tem por objetivo o desenvolvimento contínuo desse padrão de baixo custo, baixo consumo

Por convenção a tecnologia ZigBee opera na frequência ISM (Industrial, Scientific and Medical) e não requer licença de operação

e que proporciona confiabilidade e segurança. Alguns desenvolvedores possuem protocolos de comunicação particulares, como é o caso do Digi-Mesh, da empresa Digi, para redes em malha.

Por convenção a tecnologia ZigBee opera na frequência ISM (Industrial, Scientific and Medical) e não requer licença de operação. A frequência de operação pode variar conforme a região, sendo de 868 MHz (1 canal) na Europa, 915 MHz (10 canais) nos Estados Unidos e ainda 2,4 GHz (16 canais) em outras regiões.

Destinado a aplicações que não necessitem de alta taxa de transferência, de até 250 Kbps, o ZigBee tem se constituído cada vez mais na escolha padrão na automação industrial e de rede de sensores. Redes ZigBee oferecem excelente imunidade contra interferências eletromagnéticas, suportam até 65.536 nós, taxa de transferência de 20 Kbps a 250 Kbps e alcance de 100 m a 14,5 km dependendo do modelo. Neste projeto utilizamos o rádio XBee-PRO da empresa Digi [5], que possui taxa de 250 Kbps, frequência de operação de 2,4 GHz e alcance, segundo o fabricante, de 1,5 km em visada direta. Existem na rede ZigBee dois tipos de dispositivos:

1. Full Function Device – FFD: Dispositivos FFD podem atuar como Dispositivo Terminal, Roteador ou Coordenador e, portanto podem se conectar a qualquer outro nó da rede. São dispositivos multi-função microcontrolados com capacidade de armazenar dados tais como tabelas de configuração da rede e de rotas.

2. Reduced Function Device – RFD: São dispositivos terminais microcontrolados (End Devices), usados para conexão entre os sensores/atuadores com dispositivos FFD, porém possuem recursos de rede limitados.

Tais dispositivos atuam como os seguintes elementos de rede, coordena-

Artigo

dor, roteador e terminal. E podem se distribuir em três tipos de configuração de rede (Figura 2):

1. Estrela: É a topologia mais simples em qualquer tipo de rede. Possui um nó Coordenador, e diversos nós terminais (Figura 2a).

2. Árvore: Essa topologia também conhecida como cluster, inclui todos os elementos, ou seja, coordenador, roteador e terminal, sendo o coordenador uma espécie de ponte entre redes com topologia estrela (Fig. 2b).

3. Malha: Essa topologia é semelhante à de Árvore, com exceção que nós terminais se conectam a todos os roteadores e coordenadores dentro do seu alcance. Essa característica possibilita vários encaminhamentos para o fluxo dos dados e isso é feito de forma otimizada pela própria rede, assim como a adição ou a remoção de novos dispositivos (Figura 2c).

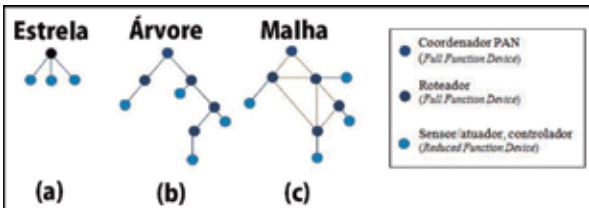


Fig.2 Configuração de redes ZigBee disponíveis. (a) Topologia Estrela; (b) Topologia Árvore; (c) Topologia Malha

4. Visão geral do hardware deste projeto

A arquitetura de hardware está baseada em dispositivos autônomos que permitam o monitoramento sem fio de temperatura ambiente em pontos específicos da subestação de energia elétrica. Esses dispositivos de monitoração irão operar em ambiente extremamente hostil sob o ponto de vista de interferências eletromagnéticas e climáticas variadas.

Os dispositivos deverão ser autossuficientes, aproveitando a energia solar disponível por meio de células fotovoltaicas de 2 W, também conhecidas como painéis solares, em conjunto

com uma bateria selada, de 1200 mAh de tensão nominal de 3,7 V, para o armazenamento de energia. Entretanto, alimentar o elemento Coordenador da rede ZigBee apenas por painéis solares é arriscado devido as adversidades climáticas, pois o mesmo concentra e armazena todos os dados que fluem pela rede, nele adicionamos uma alimentação DC provida pela subestação para assegurar a ininterruptão dos nossos testes. Como pode ser observado na Figura 3, além da alimentação especial, o Coordenador possui alguns componentes que o diferenciam dos demais elementos de rede, como é o caso do SD-Card (cartão de memória) e o RTR (relógio de tempo real) onde suas funções serão discutidas mais a frente.

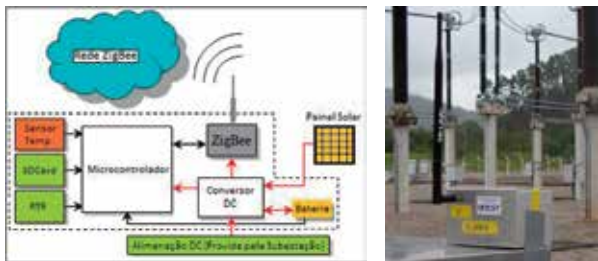


Fig.3 Diagrama de Blocos do elemento: Coordenador da rede ZigBee (esquerda); Visão externa de dispositivo instalado em campo (direita)

O XBee/ZigBee está conectado via interface serial com o microcontrolador para o recebimento e transmissão de pacotes. O XBee/ZigBee possui uma antena externa que está parafusada na caixa metálica, conforme a Figura 3, a conexão entre o XBee/ZigBee e a antena é feita por um cabo U.FL-RP/SMA. Esta configuração foi escolhida para que todo o hardware fosse protegido eletromagneticamente por uma caixa metálica e apenas a antena seria posicionada fora da caixa para permitir a comunicação do XBee/ZigBee.

5. Experimento 1: Sobrevivência em ambiente SmartGrid

Inicialmente foi necessário testar a sobrevivência de uma rede ZigBee em

Artigo

uma subestação de 525 kV, pois havia o receio de não ocorrer comunicação entre os módulos devido à presença de um intenso fluxo magnético, comparado, por exemplo, com outros ambientes industriais voltados à automação. Além disso, não só o sinal de rádio frequência poderia sofrer interferências, mas também a eletrônica e a blindagem eletromagnética dos módulos poderiam não ser suficientes. Tais questionamentos foram levantados e foi iniciado o primeiro teste na subestação.

O objetivo principal é analisar perdas de pacotes para uma aplicação bem comum no mundo da automação que é uma comunicação entre dispositivos na forma mestre-escravo, onde um elemento mestre solicita ao escravo, de tempos em tempos, uma determinada informação referente à leitura de um sensor presente no escravo. Neste caso, a informação que era trocada pelo módulos foi a temperatura no interior das caixas metálicas.

5.1. Metodologia

A distribuição dos elementos da rede na subestação sob teste é dada pela Figura 4. O Coordenador da rede ZigBee foi posicionado e abrigado na casa de controle. Um elemento roteador foi posicionado no pátio de 525 kV da subestação e outro semelhante no pátio de 230 kV, ambos com objetivo de rotear o tráfego de dados provenientes dos elementos terminais (E1, E2), que por sua vez foram posicionados de forma que seus sinais de comunicação tivessem que transpor a maior quantidade de elementos metálicos possíveis para serem roteados.

A Figura 5 apresenta o Roteador R1 posicionado em cima de um disjuntor no pátio de 525 kV. Observe que o hardware está encapsulado em caixa metálica, o que garante imunidade a campos eletromagnéticos externos, e, para uma melhor distribuição do si-

nal de comunicação foi inserida externamente uma antena omnidirecional com ganho de 8 dBi. Vale ressaltar, que construções externas à área da subestação estão fora do alcance dos módulos XBee-PROs, reduzindo ou até inibindo os efeitos de reflexão dos sinais de comunicação. Outra observação importante é que não há visada direta entre os elementos da rede.

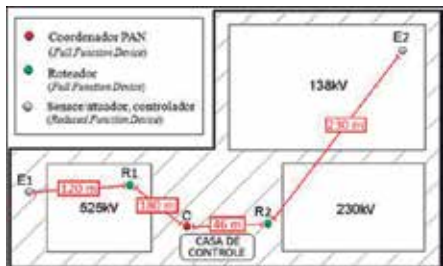


Fig.4 Distribuição dos elementos de rede pela subestação.



Fig.5 Roteador R1 posicionado no pátio de 525kV

Após a instalação dos módulos pela subestação, demos início a transferência de dados pela rede ZigBee. O Coordenador (mestre) por sua vez envia solicitações de dados de forma sequencial para cada elemento da rede (Roteadores e End Devices (escravos)), em média, a cada 26 segundos. Esse período de interrogação para uma rede ZigBee é relativamente alto. Em outros trabalhos desta natureza este tempo é dado em até dezenas de minutos [6]. Propositamente, causamos um estresse na rede para avaliar seu comportamento nestas condições e tentar correlacionar as possíveis falhas na comunicação por eventos ocorridos na subestação ou por manobras programadas que são re-

alizadas periodicamente pela operação da subestação.

O sistema foi programado para seguir uma topologia de rede em Árvore, onde E1 seria roteado por R1 e E2 por R2 (Figura 4) em que a taxa máxima de dados era uma rajada de 47 bytes, incluindo dados e cabeçalho dos pacotes de rede, a cada 6,5 segundos. Lembrando que o modelo XBee-PRO utilizado consegue enviar, aproximadamente, 31 KBytes/s de nó a nó. O sistema foi mantido em operação durante 18 dias na subestação, onde todos ZigBees deveriam permanecer ativos na rede.

O hardware do Coordenador possui um cartão de memória e um RTR que fornece as medições em data/hora específicas, permitindo avaliar a cronologia dos eventos. Quando uma resposta a uma solicitação de dados é recebida pelo Coordenador, o mesmo os armazena em pacotes contendo as seguintes informações: data/hora do evento, temperatura dos sensores presentes nos escravos e o endereço de rede do módulo ZigBee que originou os dados e seu respectivo RSSI (Received signal strength indication). O RSSI é uma medida de potência de sinal, em dBm, do último pacote recebido pelo Coordenador, e pode ser utilizado como medida da qualidade da comunicação.

5.2. Resultados

Primeiramente iremos analisar o comportamento dos Roteadores (R1 e R2) da rede. Os resultados estão em forma de gráfico para facilitar a análise, conforme ilustra a Figura 6. Ambas as características da medida de RSSI obtidas com os dados dos testes são semelhantes para esses dois módulos. As perdas de pacotes são apresentadas por círculos vermelhos na curva do RSSI. Uma perda de pacotes pode ser classificada como Offline ou NoResponse, quando o elemento está desligado ou não responde as solicitações do Coordenador.

O RSSI é uma medida de potência de sinal, em dBm, e pode ser utilizado como medida da qualidade da comunicação.

Os gráficos do RSSI se mantiveram comportados durante os momentos onde os Roteadores estavam ativos e possuem uma média de -85 dBm para R1 e R2. Algumas perdas de comunicação foram contabilizadas e analisadas. Entretanto, não houve nenhuma atividade como acionamentos de motores ou arcos elétricos na subestação que pudessem causar algum distúrbio eletromagnético significativo durante tais perdas, o que nos leva a crer que foi um comportamento natural do canal de comunicação (ar) ou a influencia de fatores eletromagnéticos que serão descritos mais a frente

Quando um elemento está roteado, seu RSSI será idêntico ao do Roteador conectado com o Coordenador. Observe na Figura 7 que em alguns instantes o gráfico de RSSI passa por mudanças rápidas de valor, de aproximadamente -85 dBm para -90 dBm para E1. O gráfico de E2 não é apresentado neste trabalho. No entanto, é equivalente ao de E1, exceto que o RSSI de E2 passou por mudanças rápidas de valor de -85 dBm para -95 dBm. Este fenômeno ocorreu quando os Roteadores foram desligados por alguns instantes e a rede automaticamente se restabeleceu e os End Devices não perderam a comunicação com o Coordenador. Mesmo assim poucas perdas de pacote foram contabilizadas.

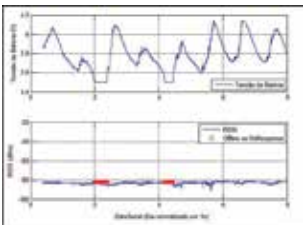


Fig.6 Curvas de tensão da bateria e RSSI para o roteador R1 e R2.

O desligamento dos Roteadores não foi intencional. Como o recarregamento das baterias estava por conta do painel solar, havia uma grande dependência de radiação solar. Todavia, durante o experimento, a região onde se encontra a su-

bestação (Biguaçu-SC) sofreu bastante com chuvas e tempo nublado, causando uma insuficiência de radiação solar diária, que acarretou descarregamento das baterias nos roteadores. Observe a Figura 6 e perceba que no início do dia 2 e 4 houve um descarregamento momentâneo da bateria dos Roteadores (o descarregamento ocorre quando a bateria chega em 3,5 Volts). Observe na Figura 7 que não houve descarregamento dos elementos End Devices. A justificativa é que os Roteadores gastam mais energia que os End Devices, pois além de rotearem os elementos End Devices eles são mais complexos em matéria de firmware e exigem bem mais energia para cumprir suas funções.

O experimento realizado comprovou que é possível utilizar uma rede ZigBee no ambiente proposto. O XBees-PRO teve um desempenho satisfatório, mesmo operando próximo ao seu limite de sensibilidade (-102 dBm) e em condições extremas. Como um todo o sistema não apresentou perda significativa de pacotes para nossa aplicação, 97,56% deles foram recebidos e armazenados com sucesso, lembrando que não foi utilizado ACKs nem outra forma de confirmação de recebimento de pacotes ou retransmissão. Caso não fossem contabilizadas as perdas quando os Roteadores foram desativados, a percentagem de perda de pacotes seria inferior a 0,01%, o que os levou a investigar melhor as perdas de pacotes na subestação, pois havia uma expectativa da subestação degradar muito mais a comunicação dos módulos XBees/ZigBees.

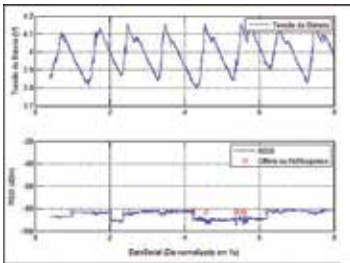


Fig.7 Curvas característica da medida de RSSI para o EndDevice E1

O experimento realizado comprovou que é possível utilizar uma rede ZigBee no ambiente proposto

6. Experimento 2: Interferência Distribuída

Segundo [7], existe alta ocorrência de pulsos eletromagnéticos em uma subestação que pode degradar a qualidade do canal de comunicação para elementos de rádio frequência, incluindo a faixa de trabalho do XBee-Pro de 2,4 GHz. Porém, com o experimento anterior, suspeitamos que estes pulsos podem até possuir componentes de frequência na faixa do XBee mas não possuem energia suficiente para interferir numa comunicação XBee e/ou os módulos XBee são capazes de processar e identificar fielmente seus sinais de comunicação. Por motivos de segurança, não foi possível levar equipamento de análise espectral para a subestação. Isto será feito futuramente em um próximo trabalho.

Neste experimento degradamos as condições de trabalhos dos módulos XBee/ZigBee com um estresse maior da rede e exposição dos módulos a fortes campos indutivos/eletromagnéticos. Exploramos também um fator importante que é o nível de RSSI entre os módulos. Esperamos que com a diminuição do RSSI, um maior estresse da rede e a exposição mais intensa de campos eletromagnéticos o nível de sinal entre os módulos reduza e as possíveis interferências causadas pela subestação se intensifiquem.

6.1. Experimento preliminar

Apenas para realizar um levantamento de perdas fora da subestação, realizamos uma bateria de testes com os XBee-PRO/ZigBees para avaliar suas perdas naturais de pacotes. A metodologia do experimento consiste em um ambiente controlado, o mais longe possível de outros dispositivos que trabalham na faixa de 2,4 Ghz, como roteadores Wi-Fi ou dispositivos Bluetooth, transmitir pacotes numerados entre

dois elementos, um Coordenador e um Roteador, em um link rápido.

Como desejamos preencher o meio físico com o maior número de pacotes possível, precisamos descobrir qual o limite de envio de pacotes que o XBee-PRO/ZigBee pode transmitir por segundo. Existem duas variáveis envolvidas que é a escolha do tamanho do pacote e a cadência de envio de pacotes. O ideal seria o maior pacote possível e o menor intervalo possível entre pacotes. Entretanto devemos ser criteriosos na escolha de tais variáveis, pois queremos verificar a perda de pacotes em uma situação plausível para uma rede ZigBee e não uma situação propensa a perdas de pacote. Optamos por nos aproximar mais de uma aplicação real de redes de sensores sem fio, onde os pacotes são pequenos e a cadência de envio de pacotes pode ser alta dependendo da situação. Há ocasiões, por exemplo, como emergências, onde o sistemas supervisórios podem exigir uma frequência maior de leitura de sensores que estão presentes na subestação e acabando por exigir mais da rede de sensoramento. Aproveitamos para definir o tamanho de um pacote e escolhemos 10 Bytes, que é equivalente a transmitir a leitura de 5 sensores simultâneos com 2 Bytes de resolução ou 10 sensores com 1 Byte de resolução, o que é suficiente para atender a um equipamento na subestação em questão.

Como já havíamos fixado o tamanho do pacote, precisávamos descobrir qual a taxa máxima de envio de pacotes do XBee PRO/ZigBee. Realizamos um experimento simples onde variamos o taxa de envio de pacotes, buscando o menor tempo possível entre envios, sem que haja perdas devido às camadas XBee-PRO/ZigBee ou a capacidade de gravação de dados no cartão de memória pelo microcontrolador presente no Coordenador. A Figura 8 apresen-

Concluimos que em ambientes longe das interferências eletromagnéticas o nosso hardware composto pelo XBee consegue enviar pacotes de 10 Bytes a cada 110 ms sem que haja perda de pacotes

ta os resultados, sendo que para cada tempo de envio o experimento teve duração de 8 horas.

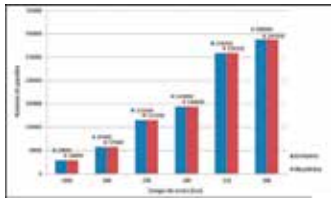


Fig.8 Envio de pacotes e recebimentos de pacotes por tempo de envio (ms) divididos em experimento de 8 horas

Concluimos que em ambientes longe das interferências eletromagnéticas o nosso hardware composto pelo XBee consegue enviar pacotes de 10 Bytes a cada 110 ms sem que haja perda de pacotes devido à fila, camadas ou protocolos XBee/ZigBee ou pelas limitações do microcontrolador, conforme Figura 8. Em outros experimentos, utilizamos um computador para receber dados e encontramos um limite de 90 ms para que haja perdas de pacotes. Estamos então bem próximos do limite do XBee e com uma margem de segurança de 20 ms para que as perdas de pacotes não estejam relacionadas aos hardwares.

6.2. Metodologia

Neste experimento distribuímos 5 redes XBee (Coordenador + End Device) operando em canais diferentes em pontos específicos da subestação. Utilizamos como base o experimento preliminar a este, onde os End Devices enviam a cada 110 ms pacotes de 10 Bytes numerados para os Coordenadores. Os Coordenadores por sua vez recebem os pacotes e os salvam em um cartão de memória juntamente com a data e o horário da chegada dos mesmos. Cada rede recebeu um marcador (A, B, C, D e E) e cada uma delas é composta de um Coordenador e um End Device.

As redes A e B foram posicionadas de cada lado de um transformador de grande porte (>100 MW) e foram expostas às fortes variações de indução no local (Figuras 9 e 10).



Fig.9 Posicionamento da Rede A



Fig.10 Posicionamento da Rede B

O Coordenador da rede C foi posicionado próximo a um transformador de grande porte (>100 MW) e o End Device C foi posicionado em cima do equipamento CS 1031, localizado a, aproximadamente, 85 metros do Coordenador, conforme mostra a Figura 11. Neste conjunto não há visada direta entre os elementos e estão localizados no pátio de 525 kV.

A rede C é apenas uma variação da A e da B. Neste caso, afastamos, na medida do possível, os elementos do conjunto justamente para reduzir o RSSI entre eles e elevar a chance de perdas de pacote.



Fig.11 Posicionamento da Rede C.



Fig.12 Posicionamento da Rede D.

A rede D foi localizada no pátio de 230 kV, próxima às chaves seccionadoras. Existem cabos de 230 kV estão a menos de 8 metros do End Device, como mostra a Figura 12. O End Device D está posicionado onde existe uma alta densidade de elementos metálicos

e estruturas de concreto, tal que esta quantidade de elementos refletiu diretamente no valor de seu RSSI. Perceba que mesmo com os elementos do conjunto D estando mais próximos um do outro o seu RSSI é inferior em relação ao da rede C, conforme Tabela 1.

Tabela 1 - Resumo da Distribuição das Redes

Rede	Coordenador	End Device	Distância do Par	RSSI	Visada direta?
A	C 2F58	E C875	<5 metros	-30 ~ -42 dBm	Sim
B	C 2F4F	E 0C54	<5 metros	-40 ~ -41 dBm	Sim
C	C 2A72	E C8B2	85 metros	-54 ~ -55 dBm	Não
D	C 0C30	E C877	70 metros	-63 ~ -64 dBm	Não
E	C D804	E D697	334 metros	-79 ~ -81 dBm	Não

Já na rede E, o elemento End Device E foi posicionado no centro do pátio de 525 kV e o Coordenador E está posicionado no pátio de 138 kV, ao lado do transformador (Figura 13). Neste caso, a distância entre os elementos é suficiente para degradar significativamente o RSSI. Devido à densidade de elementos presentes na subestação não há visada direta entre os módulos. A rede E apresenta uma das piores situações para uma rede XBee imersa na subestação em questão.



Fig.13 Posicionamento da Rede E

6.3. Resultados

O sistema permaneceu ativo durante um período de 15,5 horas no total. A compilação de todos os dados é apresentada na Tabela 2. Cada elemento End Device deveria enviar uma quantidade de 504.000 pacotes para o Coordenador durante o experimento. Para o melhor entendimento da Tabela 2, segue a explicação de cada coluna:

1. Expectativa de Pacotes: Esta expectativa é a quantidade pré-definida de pacotes que deveria ser enviada pelo End Device e recebida pelo Coordenador durante o tempo de experimento. Caso não houvessem perdas de pacotes o número de pacotes en-

viado seria idêntico ao valor da Expectativa de Pacotes. Tanto o End Device que faz o envio dos pacotes pode sair da rede inesperadamente e interromper o envio de pacotes, quanto o Coordenador pode sair da rede e interromper o recebimento dos mesmos. Na nossa plataforma é possível identificar quais dos elementos interromperam o envio de pacotes.

2. Pacotes Recebidos: Representa a quantidades efetiva de pacotes recebidas pelo Coordenador.

3. Perdas Instalação: Quantidade de pacotes perdidos durante a movimentação e manipulação dos módulos quando foram instalados. Classificamos como Perdas Instalação as perdas que ocorram na primeira hora do experimento.

4. Perdas Efetivas: Representa a quantidade de perdas de pacote que ocorreram da primeira hora do experimento até a retirada dos módulos da subestação.

5. Perdas Mal Funcionamento: Quantidade de pacotes perdidos devido ao mal funcionamento dos hardwares dos módulos, seja por cartão de memória corrompido, descarregamento da bateria, desenergização da alimentação, saída inesperada dos XBee/ZigBees da rede ou por travamento do microcontrolador.

Tabela 2 - Tabela de Resultados Compilados

Rede	Expectativa de Pacotes	Pacotes Recebidos	Perdas Instalação	Perdas Efetivas	Perdas Mal Funcionamento
A	30000	18025	0	0	21975
B	30000	30000	0	0	0
C	30000	30000	0	0	0
D	30000	30000	0	0	0
E	30000	30000	14	0	0

Apenas a rede A teve um registro de mal funcionamento. O conjunto sofreu uma interrupção por um descarregamento inesperado da bateria do Coordenador. As outras redes se comportaram muito bem e suportaram as 15,5 horas de operação sem ocorrência de falhas por hardware.

Neste experimento as perdas de pacotes ocorreram durante o processo de instalação dos equipamentos (primeira hora de experimento). As perdas por influencia da subestação, para to-

dos os conjuntos, foram nulas. Estes resultados corroboraram com as conclusões do experimento anterior e sustentaram a robustez do XBee às interferências eletromagnéticas do meio de comunicação. Nem com a redução do RSSI entre os módulos as perdas de pacotes se manifestaram, o que nos leva a suspeitar que em experimentos semelhantes e a longo prazo, os resultados provavelmente não irão se alterar demasiadamente.

7. Experimento 3: Longo Prazo

No experimento anterior, os módulos XBees foram expostos a um ambiente bastante agressivo para sinais de rádio frequência e tiveram um desempenho melhor que o esperado. No entanto, o tempo de exposição foi consideravelmente curto e um experimento mais prolongado foi necessário. Em uma subestação de extra-alta tensão é comum a ocorrência de manutenções, desligamentos e religamentos de equipamentos. Estas operações podem causar interferências em módulos RF, seja por perturbações no sistema elétrico local e/ou por arcos elétricos no chaveamento de equipamentos ou na abertura de chaves seccionadoras.

7.1. Metodologia

A metodologia seguida aqui é semelhante à dos experimentos anteriores. Distribuímos 3 redes XBee operando em canais diferentes em pontos específicos da subestação. Cada rede recebeu um marcador (A, B, C). Cada uma delas é composta de um Coordenador e um End Device. Os End Devices enviam a cada 110 ms pacotes de 10 Bytes numerados para os Coordenadores. Os Coordenadores por sua vez recebem os pacotes e os salvam em um cartão de memória juntamente com a data e o horário da chegada dos mesmos.

Devido ao período de análise dos ex-

perimentos, bem como a ausência de supervisão, utilizamos a mesma configuração de hardware dos experimentos anteriores, exceto que neste caso não utilizamos componentes que implicam em riscos para a subestação. Por exemplo: baterias e painéis solares - foco de incêndios, caixas metálicas – ausência de indices de proteção adequados.

Alimentamos os módulos diretamente das tomadas de baixa tensão que se encontram no pátio de 525 kV. Todos os módulos foram posicionados apenas no pátio de 525 kV, a Tabela 3 mostra as distância entre os dispositivos e se há ou não visada direta entre os pares.

Tabela 3 - Tabela de Resultados Compilados I

Rede	Coordenador	End Device	Distância do Par	Visada direta?
A	C1D604	E1D607	102 metros	Não
B	C2A72	E1C812	92 metros	Não
C	C1C030	E1C034	64 metros	Sim

7.2. Resultados

O experimento de longo prazo durou, aproximadamente, 136 horas (5 dias , 15 horas e 55 minutos) e apresentou um resultado semelhante aos experimentos anteriores, onde a perda de pacotes foi nula, exceto para as perdas classificadas como mau funcionamento dos módulos. Neste experimento as perdas por mau funcionamento estão relacionadas com a operação da subestação, avaliando o cronograma de manobras na subestação e percebemos houve desligamento do fornecimento de energia de baixa tensão que alimentava os módulos durante os experimentos. Os resultados deste experimento estão compilados na tabela 4.

Tabela 4 - Tabela de Resultados Compilados II

Rede	Expectativa de Pacotes	Pacotes Recebidos	Perdas Instalação	Perdas Efetivas	Perdas Mal Funcionamento
A	430000	430000	0	0	0
B	430000	430000	0	0	0
C	430000	430000	0	0	0

Mesmo com tantos problemas de alimentação, pudemos avaliar a rede em regime de troca de pacotes. Pela análise feita com os dados salvos nos cartões de memória dos módulos Coordenadores, notamos mais uma vez a robustez e invulnerabilidade do XBee às interferências eletromagnéticas do

meio. Lembrando que não foram utilizados ACKs, nem nenhuma outra forma de confirmação de pacotes.

8. Considerações finais

As novas mudanças do setor elétrico, as SmartGrids (Redes Inteligentes), estão trazendo novas tecnologias para atender às novas demandas de otimização do setor, melhorias de segurança, novos recursos, novas aplicações, monitoramento e automatizações. Os desenvolvedores e pesquisadores que desejam desbravar o campo das SmartGrids devem se preocupar com os equipamentos utilizados, principalmente se estes estão aptos a operarem nestes ambientes.

O ZigBee em menos de uma década tornou-se uma referência em comunicação de baixo custo, baixo consumo e de baixa transferência de dados. Muitos pesquisadores estão utilizando estes módulos para diversas aplicações, inclusive em aplicações para ambientes de SmartGrid. No entanto, não é apresentada uma real preocupação que, em um ambiente real de SmartGrid, a distribuição física, quantidade de elementos e principalmente a localização dos rádios ZigBee pode interferir em seu desempenho.

Até então, não havia um trabalho que investigasse melhor o comportamento do XBee/ZigBee numa aplicação real de SmartGrid, ainda mais para um ambiente tão agressivo para os comunicadores XBee/ZigBee que é uma subestação. Subestações são ambientes SmartGrids que concentram grande fluxo de energia e, logo, possuem diversas fontes de interferências eletromagnéticas. Grandes provedores de interferências são os transformadores, a alta densidade de elementos metálicos, as diversas estruturas de concreto e uma grande malha de cabos e condutores energizados.

A fim de desenvolver um sistema de monitoramento autônomo e sem fio de subestações e linhas de transmissão, foi proposto um sistema baseado na tecno-

O ZigBee em menos de uma década tornou-se uma referência em comunicação de baixo custo, baixo consumo e de baixa transferência de dados

Artigo

logia ZigBee e em energia solar. Neste trabalho, avaliou-se o desempenho dessas tecnologias em uma subestação de extra-alta tensão (525 kV). Os experimentos realizados comprovam que é possível utilizar uma rede de sensores autônoma desta natureza no ambiente proposto.

Observamos que o maior problema foi à insuficiência de radiação solar na Região Sul durante o curto período de testes. Para contornar tal problema, devemos reduzir a taxa de tráfego da rede, de forma a economizar mais bateria, ou aumentar a capacidade de armazenamento da mesma ou utilizar painéis solares de maior potência.

Como foi visto nos experimentos descritos anteriormente, o ZigBee teve um desempenho satisfatório, mesmo operando próximo ao seu limite de sensibilidade (-102 dBm) e em condições extremas o sistema não apresentou perda significativa de pacotes para nossa aplicação. De fato, já esperávamos bons resultados dos rádios XBee/ZigBee, graças ao seu método de modulação e espalhamento espectral, bastante robustas quanto às interferências eletromagnéticas externas, e as suas pilhas de rede que são estáveis. No entanto, sua confiabilidade superou nossas expectativas. Concluímos aqui, que a nossa plataforma de hardware e os módulos XBee/ZigBee estão aptos a serem aplicados em ambientes SmartGrids, tanto para novas simulações como aplicações de monitoramento ou automatizações.

Futuramente esperamos investir na robustez da alimentação, realizar testes com diferentes configurações, medir a luminosidade e umidade ambiente e manter o sistema em funcionamento durante um período mais longo.

9. Referências bibliográficas

[1] Organização das Nações Unidas (ONU), "Energias" Rio+20, www.onu.org.br/rio20/temas-energia/, visualizado em

10/12/2013;

[2] Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), "Energia Solar", Atlas de Energia, www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/, visualizado em 10/12/2013;

[3] ZigBee Alliance, Site Oficial ZigBee Alliance, www.zigbee.org/, visualizado em 10/12/2013;

[4] Amigo. B. N., de Paula P. H. O., Segatto M. E. V., Garcia A. S., Peixoto S., Marsola V. J., Kamizaki S., "Implementation of an autonomous monitoring network in a 525kV substation using ZigBee technology". IEEE PES Conference on Innovative Smart Grid Technologies (ISGT Latin America), 2013;

[5] DIGI, Site Oficial DIGI, www.digi.com, visualizado em 10/12/2013;

[6] Hainan Long, Leyang Zhang, Jiao Pang, Caixia Li, Tierui Song, "Design of Substation Temperature Monitoring System Based on Wireless Sensor Networks", Advanced Computer Control, vol. 1, pp. 127-130, Mar. 2010;

[7] Shan, Q. Tem horn antenna for detection of impulsive noise. International Symposium on Electromagnetic Compatibility - EMC, n. 6, p. 1-6, 2008.

[8] GUTIERREZ, J. Low-Rate Wireless Personal Area Networks: Enabling Wireless Sensors With IEEE 802.15.4. New York, EUA: The Institute of Electrical and Electronic Engineers, 2011.

[9] Gungor V.C., B. L.; HANCKE, G. Opportunities and challenges of wireless sensor networks in smart grid. IEEE Transactions on Industrial Electronics, v. 57, n. 10, 2010.

[10] Shan, Q. Estimation of impulsive noise in an electricity substation. IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, v. 53, n. 11, p. 653-663, 2011.

[11] Shan Q., I. G. Performance of zigbee in electricity supply substations. Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, v. 1, n. 4, p. 3871-3874, 2007.

[12] Sikora, A. Wireless for Industrial and Process Automation-Trends, Challenges, and Protocol. 2009.

***Futuramente
esperamos investir
na robustez da
alimentação, realizar
testes com diferentes
configurações, medir
a luminosidade e
umidade ambiente
e manter o sistema
em funcionamento
durante um período
mais longo***

Membrana TempC



A revolução em selos diafragma para medição de Pressão e Nível

A Endress+Hauser trouxe ao mercado a célula cerâmica Ceraphire, o sensor Contite resistente à condensação e o inovador transmissor de pressão diferencial eletrônico sem capilares para a medição de nível. A membrana TempC é a inovação desse portfólio. Com a característica de compensação de temperatura e baixo efeito térmico garante maior estabilidade e precisão na medição de pressão e nível, trazendo maior segurança e confiabilidade ao processo e minimizando erros.

- Movimentação assimétrica, ao contrário das membranas rígidas convencionais, o que preserva muito mais o sensor;
- Melhor desempenho em tanques e tubulações que precisam ser esterilizados sob altas temperaturas.

A rápida recuperação térmica do selo diafragma permite menores tempos de parada e, assim, maior disponibilidade da planta.

www.br.endress.com

Endress+Hauser Cont. e Aut. Ltda.
Av. Ibirapuera, 2.033 - 3.º andar
Moema - Cep 04029-901
São Paulo - SP - Brasil

Telefone: (11) 5033 4333
Fax: (11) 5033 4334
info@br.endress.com
www.br.endress.com

Endress+Hauser 
People for Process Automation

BRAZIL AUTOMATION

10-12 de novembro de 2015

Transamerica Expo Center | São Paulo/SP



A TECNOLOGIA QUE MOVE O MUNDO

Contate nosso time comercial:

David Reyes

(11) 3893-1309 | david.reyes@clarionevents.com

Patrocínio Ouro

Realização

Organização

PRESYS

ASA
Associação Sul-Americana
de Automação

CLARION
EVENTS

www.brazilautomation.com.br