CALIBRAÇÃO E REDES

José Carlos dos Santos

josecarlos@krcontrol.com

Luiz Gonzaga Mezzalira

avaliadorluiz@gmail.com

Abstract

The aim of this work is to obtain a better performance in the calibration of measuring instruments and control (transducer / pressure transmitter using as the transmission medium as a communication protocol Hart, Fieldbus, among others ensuring quality measurements and signal through analysis and validation of an industrial network in which it is necessary to do with criteria using tools to check the performance and the use of multimeter, oscilloscope, software configuration Masters and Slaves and diagnostic tools specific network maintaining metrological characteristics in signal transmission to the Supervisory System and SDCD.

Resumo

O objetivo desse trabalho consiste em obter uma melhor performance na calibração de Instrumentos de medição e controle(Transdutor / Transmissor de pressão utilizando como meio de transmissão um protocolo de comunicação como Hart, Fieldbus, entre outras garantindo a qualidade nas medições e do sinal através de analise e validação de uma rede industrial na qual é necessário que se faça com critério através de ferramentas para verificar o desempenho como a utilização de multímetro, osciloscópio, softwares de configuração dos Mestres e Escravos e ferramentas de diagnóstico especificas da rede mantendo as características metrológicas na transmissão do sinal ao Sistema Supervisório e SDCD.

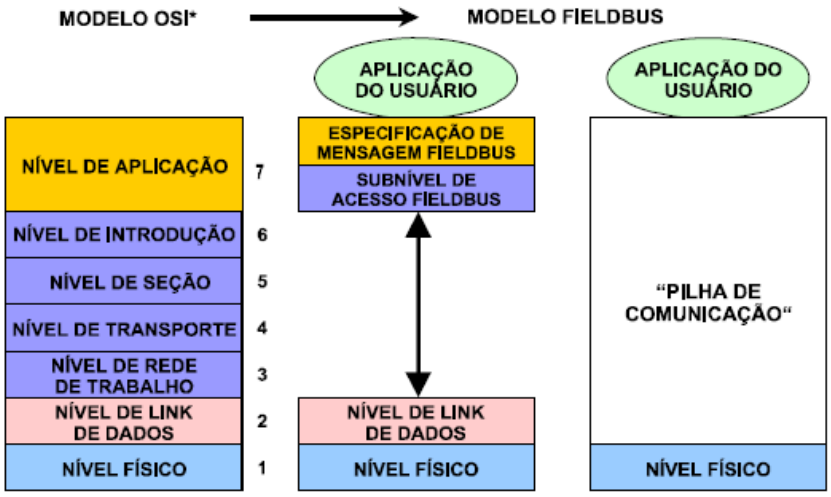
Palavra chaves : Protocolo , Redes, Certificação, Calibração, Transdutor, Transmissor.

1-Introdução

Cada vez mais a indústria, na busca de eficiência, melhoria da qualidade e redução de custos, busca automação de sua produção. Uma das ferramentas de automação que está se destacando é a tecnologia através das redes de comunicação, nas quais podemos exemplificar HART, FIELDBUS, PROFIBUS, DEVICENET entre outras. As aplicações dessa tecnologia é evidenciadas em empresas como : Petróleo e Gás, Plataformas, Siderúrgica, Farmacêuticas e Automobilísticas entre outras.

1.1 Procedimento de analise e certificação de rede

Considerações praticas do modelo o protocolo 3 camadas representado na figura 1 comparado com o modelo OSI - Modelo Básico de Referência OSI / ISO ("Open System Interconnection" / "International Standards Organization") com o modelo Fieldbus , outros protocolos diferem nas camadas de aplicações.
Exemplificação Certificação da rede **Foundation Fieldbus**



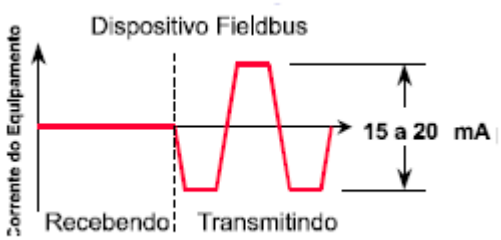
A figura 1 (Sistema Aberto Interconecta (OSI) a Base em um Modelo de Comunicação), mostra a diferenciação das aplicações e utilizações das camadas, na qual são utilizadas somente 3 camadas Física, Enlace de dados e Aplicação.

A base física é OSI nível 1. O Link do nível de dados (DLL) é OSI nível 2. A especificação de mensagem Fieldbus (FMS) é OSI nível 7. A pilha de comunicação é incluída nos níveis de 2 e 7 do modelo OSI.

1.2 Sinalização Fielbus

O dispositivo transmissor entrega + 15 mA à 31.25 kbit/s para uma carga equivalente a 50 ohm para criar uma tensão de 1.0 V pico-a-pico modulada acima da corrente direta (DC) da fonte de tensão. A fonte de tensão DC pode variar de 9 a 32 volts, todavia para aplicações I.S., a fonte de tensão permitida depende da taxa de consumo, para comprimento de transmissão 1900 metros.

A figura 2 apresenta o gráfico sinal de corrente de 15 a 20 mA pico a pico e o nível de transmissão e recebimento.



2. CERTIFICAÇÃO :

Pergunta : As redes são calibradas?

Não, são Certificadas !

O procedimento de certificação de redes consiste em realizar uma série de testes e verificações em todas as camadas da rede, garantindo o seu perfeito funcionamento e alto desempenho.

As redes são **Certificadas,** através de ferramentas para analise e diagnósticos. A perfeita integração entre os diversos sistemas de automação e controle de processo depende do correto funcionamento das redes de comunicação de dados. O uso de modernas e poderosas ferramentas de análise e diagnóstico de redes de comunicação de dados permite que técnicos e engenheiros de manutenção efetuem intervenções rápidas e precisas nas redes com problemas, reduzindo o notavelmente “downtime”. As ferramentas de análise e diagnóstico de redes de comunicação de dados também possibilitam aos integradores de sistemas e engenheiros de automação reduzir o tempo de comissionamento e startup de projetos, além de poder otimizar a comunicação de dados. Para garantir a performance do protocolo de comunicação na rede pode ser validados com software específicos e analisadores de rede.

2.1 Certificação de rede industrial

A certificação das redes industriais tem um papel fundamental. Nesta etapa a rede é analisada e testada de acordo com os padrões definidos para cada protocolo. Todas as etapas de análise da certificação devem ser documentadas, visando tornar rastreáveis as informações da rede analisada. Nestes relatórios gerados

constam itens fundamentais para o funcionamento da rede em questão, aprovando ou reprovando a mesma.

2.1.1 Aplicação : Armazenagem de materiais, equipamentos, montagem e Inspeções visual

- Armazenamento dos bobinas de cabos, painéis e instrumentos "Condicionamento e Instrumentação ".
- Verifique se existem curvaturas acentuadas no cabo da rede que ultrapassem o raio de curvatura mínimo recomendado pelo fabricante..
- Assegure que os cabos da rede para interconexão dos dispositivos apresentem comprimento mínimo de um metro, especialmente quando se utiliza dispositivos não certificados ou duvidosos, ou ainda dispositivos certificados que serão utilizados em 12 Mbit/s.

- Verifique se o comprimento do segmento de rede está compatível com a velocidade de transmissão escolhida para operação do barramento.
- Se a blindagem do cabo puder ser vista fora do conector, então a fiação do conector deverá ser refeita.
- Assegure que a blindagem do cabo de rede esteja fazendo contato com a parte metálica interna existente na carcaça do conector.
- Verifique se a blindagem e dispositivo estão aterrados nas extremidades do segmento de rede.
- Assegure que todos dispositivos estejam energizados.
- Caso seja utilizado algum dispositivo da rede que não tenha detecção automática da velocidade da rede, assegurar que esteja configurado para a velocidade de transmissão escolhida para o barramento.
- Verifique o endereçamento de cada dispositivo existente na rede. Geralmente o endereçamento dos Mestres é realizado via software e o endereçamento dos Escravos através de *dip switches*. Confira com o endereçamento especificado no projeto.

2.1.2 Aplicação de Teste Estático

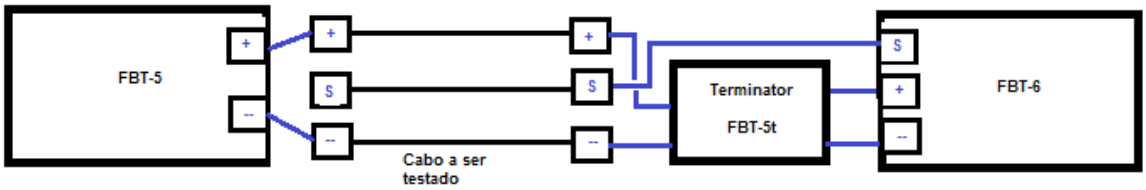
Os testes estáticos (tabela 1) são os realizados no cabeamento antes da energização do sistema. São efetuadas medições nos trechos de cabos da rede analisada (segmentos), avaliando se os valores medidos estão em conformidade com os esperados pela norma referente a cada protocolo. Cada rede possui um relatório com os valores de referência específicos para tornar clara a apresentação dos resultados.

- Instrumentos utilizados no teste estático : Megômetro digital, Multímetro digital, Fieldbus Monitor e Fieldbus Validator mostrados nas figuras 3 e 4
- Rede desenergizada
- Medição da isolação (GΩ)

Figura 3 - **Fieldbus Monitor FBT-6**

Figura 4 - Fieldbus Validator FBT-5

A figura 5 apresenta a ligação do Validador Fieldbus FBT-5, é usado em combinação com o Monitor de Fieldbus, FBT-6, para testar novas ou já existentes fiação de campo para determinar a sua adequação para uso em uma rede Foundation Fieldbus.



A topologia apresentada na figura 5 é um exemplo de aplicação consiste de um único segmento de rede High Speed Ethernet (HSE) para campo ligado a uma caixa de junção JB aos instrumentos transmissores de pressão e a válvulas de controle. Os teste são realizados como foi descrito no item de forma que garante a certificação.

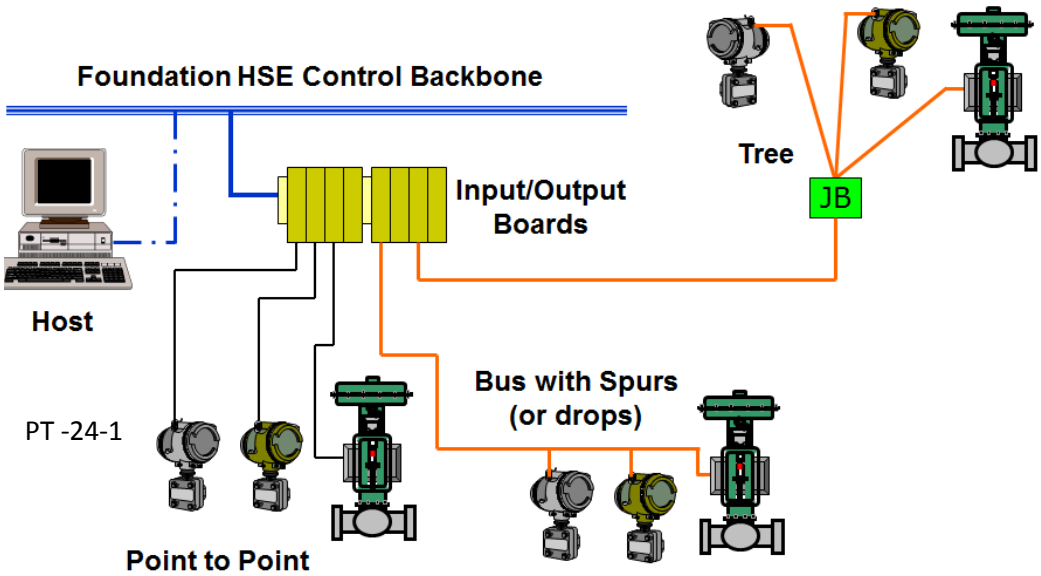


Figura 5 – Apresenta o barramento e os segmentos e derivação da rede e os instrumentos como transmissores e válvulas de controle. A rede apresentada é certificada de acordo com as normas utilizadas e os instrumentos configurados (programados) de acordo com as considerações de projeto.

Exemplo os transmissores pode ser configurado como um controlador (algoritmo PID) atendendo a especificação do projeto.

Tabela 1 – Apresenta o Teste Estático (Parte 1 e Parte 2)

RELATÓRIO DE TESTES DE INSTRUMENTAÇÃO FOUNDATION FIELDBUS - PARTE 1

Unidade : Coqueamento U-098

TESTE ESTÁTICO DO SEGMENTO H1 **SEGMENTO ; 098-H1-089**	**DESCRIÇÃO : FORNO DE COQUE F-098**	**DIAGRAMA DO SEGMENTO : DE-098-FCR-87-C**

Instrumentos padrões :

Tipo	Modelo	N° Certificado	Data da calibração	Validade	Observação
MEGÔMETRO DIGITAL	Megabrás MI 5500e	CALI - 09089	23/10/2012	10/2013	_____
MULTIMETRO DIGITAL	Fluke 289	CAL -87965	23/7/2012	07/2013	----------
FIELDBUS MONITOR	FBT-6	_____	_____	_____	N/A
FIELDBUS VALIDATOR	FBT-5	_____	_____	_____	N/A

CONDIÇÕES DE MEDIÇÕES

Temperatura : 23 °C	Umidade : 64%ur	Duração do teste : 60 s	Procedimento : PR-KR-098, rev1, data 23/5/12	Tensão : 500VAC

MEDIÇÃO DE ISOLAÇÃO (GΩ)

Origem	Destino	(+) e (-)	(+) e shield	(-) e shield	(+) e GND	(-) e GND	Shield e GND	Avaliação	Especificação do cabo
JBF-098	**24-JBF-098 PT-24-1**	**2 GΩ**	**2 GΩ**	**2 GΩ**	**> 10 GΩ**	**> 10 GΩ**	**2 GΩ**	**Aprovado**	Foundation Fieldbus –Tipo A
JBF-098-1 **SPUR1**	**24-JBF-098 / SPUR1 PT-24-1**	**> 10 GΩ**	**> 10 GΩ**	**> 10 GΩ**	**> 10 GΩ**	**> 10 GΩ**	**> 10 GΩ**	**Aprovado**	Foundation Fieldbus – Pt-24-1

Legenda : 1- JBF: JUNCTION BOX FF 2- SPUR: RAMAL (INSTRUMENTO) 3- TAG : PT (Transmissor de pressão)

RELATÓRIO DE TESTES DE INSTRUMENTAÇÃO FOUNDATION FIELDBUS - PARTE 2
Unidade : Coqueamento U-098

ENDEREÇO DE REDE : 098-H1-089	**DESCRIÇÃO : FORNO DE COQUE F-098**	**DIAGRAMA DO SEGMENTO : DE-098-FCR-87-C**

MEDIÇÃO DE IMPEDÊNCIA DE SINAL

1-Resistência entre os terminais (+) e (-)	4-Capacitância entre os terminais (+) e shield, e (–) e shield
2-Resistência entre os terminais (+) e shield, e (–) e shield	5-Capacitância entre os terminais (+) e (–)
3-Resistência entre os terminais (+) e GND, (–) e GND, e shield e GND	6-Capacitância entre os terminais (+) e GND, (–) e GND, e shield e GND
	7-Colocar o FBT-06 com o terminador em uma extremidade do cabo e o FBT-05 na outra extremidade. Ligar o FBT-05 e ver o resultado de "wiring ok" no FBT-06.

	MEDIÇÃO DE IMPEDÂNCIA E SINAL	TAG do CABO / INSTRUMENTO
	Valor esperado	PT- 24-1
1	> 50kΩ	∞
2	> 20MΩ	∞ /∞
3	> 20MΩ	∞ / ∞ / ∞
4	< 300µF	0,63 nF
5	< 300µF	1,08 nF/ 1,08 nF
6	< 300µF	0,49nF/ 0,49nF/ 0,75nF
7	WIRING OK	OK

Observações : 1 - Cabo para Foundation Fieldbus tipo "A" 300V/105ºC, 31,25 Kbits/segundo, 2 condutores de cobre estanhado na bitola 18Awg, impedância 100 Ohm, frequência 31,25 Khz, capacitância de 8,7pF/m, diâmetro externo 6,43mm, conforme a ***norma IEC 61158-2 (ISA/SP-50).***

Amostra do cabo Fieldbus (Figura 6 e 7)

2 - Todas as medições de capacitância foram realizadas sem terminador na rede FF.

2.1.3 Aplicação de Teste Dinâmico

Após a finalização dos testes estáticos o sistema deve ser energizado para a verificação dos níveis de tensão entre os condutores e os parâmetros de comunicação. A utilização de um osciloscópio digital e de analisadores de rede é essencial para o resultado final dos ensaios realizados. Devem-se efetuar medições com o auxílio de um osciloscópio que, com base na comparação com os valores padrão, indica quais parâmetros estão de acordo com o esperado. Cada um dos parâmetros é apresentado com o valor atual e com o valor mínimo e máximo obtidos num dado intervalo de tempo. Os valores de referência também são apresentados para que o usuário possa confirmar o comportamento do sistema, assim como a forma de onda do sinal. Os parâmetros testados incluem a amplitude do sinal, tensão de polarização, tempos de subida e descida, distorção de fase, distorção do sinal, jitter (variação estatística do atraso na entrega de dados em uma rede), ou seja, pode ser definida como a medida de variação) e níveis de ruído. Com os analisadores de rede podemos efetuar várias análises na comunicação, verificando se alguma anomalia é apresentada. São encontrados analisadores para cada tipo de rede, cada qual com funcionalidades distintas, o que pode levar a uma necessidade de adquirir mais de um tipo de analisador para ter todos os diagnósticos desejados. Os analisadores, de uma forma geral, devem ser interligados a rede a ser analisada em paralelo e sem causar interferências na mesma. A forma com que os dados são disponibilizados pode ser direta, utilizando o analisador conectado a um computador, com as informações sendo mostradas on-line ou podem ser armazenadas no analisador e descarregadas posteriormente em um computador. A tabela 2 evidencia a aplicação do teste dinâmico na qual os valores de referência dos níveis de tensão, frequência são considerados a partir de

documentos normativos. Outra forma de evidencia partir dos documentos normativos são os gráficos 1 e 2 nas medições com Scopemeter sinal tensão e forma de onda do sinal de tensão.

Tabela 2 – Teste Dinâmico

RELATÓRIO DE TESTES DE INSTRUMENTAÇÃO FOUNDATION FIELDBUS				
Unidade : Coqueamento U-098	**Painel :** PN – 098-765	**Segmento :** 098-H1-089	**Descrição :** FORNO DE COQUE F-098	**Diagrama do Segmento :** DE-098-FCR-87-C

Item	Comunicação do segmento	Valor Esperado	Resultado da Medição
1	Nível de tensão DC	25Vdc < V < 29Vdc	26,7V
2	Dispositivo com Menor Sinal de comunicação FF	150 - 1200mV	691mV
3	Endereço do dispositivo de Menor Sinal de comunicação FF	---	29 (1DH)
4	Data/Hora do dispositivo de Menor Sinal de comunicação FF	---	3/12/2011 17:21:56
5	Ruído médio (9-40KHz)	< 75mV	4mV
6	Ruído pico-a-pico (9-40KHz)	< 75mV	12mV
7	Data/Hora Ruído pico-a-pico (9-40KHz)	---	3/12/2011 17:22:45
8	Ruído médio de baixa frequencia (50Hz-4KHz)	< 150mVpp	5mV
9	Ruído pico-a-pico de baixa frequencia (50Hz-4KHz)	< 150mVpp	32mV
10	Data/Hora Ruído pico-a-pico de baixa frequência (50Hz-4KHz)	---	3/12/2011 17:23:36
11	Ruído médio de alta frequencia (90-350KHz)	< 150mVpp	5mV
12	Ruído pico-a-pico de alta frequencia (90-350KHz)	< 150mVpp	24mV
13	Data/Hora Ruído pico-a-pico de alta frequência (90 - 350KHz)	---	3/12/2011 17:22:06
14	Curto-Circuito de Shield	Sem Curto	No Shorts
15	Endereço do LAS	---	16 (10H)
16	Mais Recente Adicionado/Retirado	---	No Devices Added/Dropped
17	Equipamento Adicionado ou Removido	Nenhum	None Added/Dropped
18	Data/Hora Mais Recente Adicionado/Retirado	---	Not Available
19	Número de Equipamentos Ativos	---	10

	Valor Esperado	Linking Device A	Linking Device B	Instrumento
Endereço no Segmento	**----------**	**16 (10H)**	**17(11H**	**PT-24-1**
Nível do sinal FF	**150 – 1200 mV**	**792 mV**	**789 mV**	**786 mV**
Adicionado / Removido	**Nenhum**	**Not Added/Dropped**	**Not Added/Dropped**	**Not Added/Dropped**
N° de Retransmissão	**0**	**0**	**0**	**0**

Gráfico 1 Sinal : Dados do Scopemeter

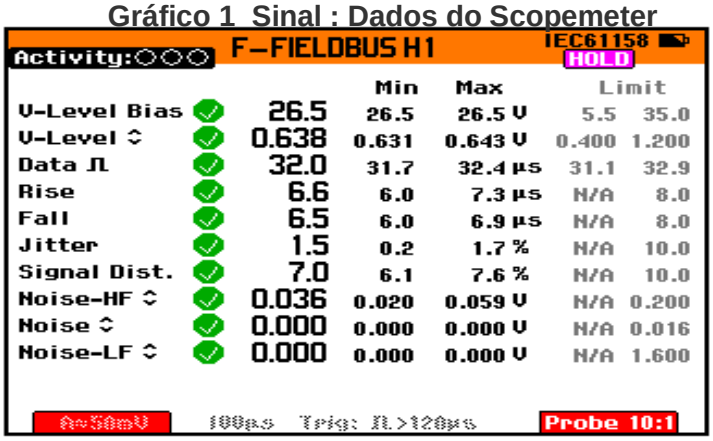
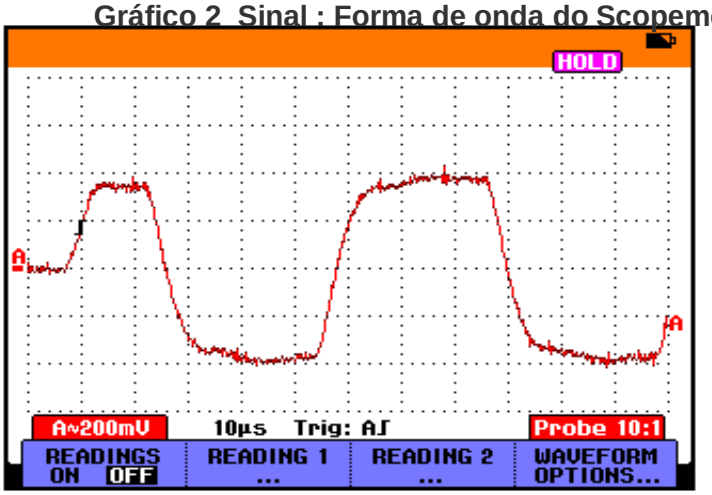


Gráfico 2 Sinal : Forma de onda do Scopemeter



Resultado do Teste para Certificação da rede Foundation Fieldbus : Aprovado

2.1.4 Aplicação de Ferramentas Especiais – Software

Ferramentas de análise de rede do mercado, que possibilitam um diagnóstico rápido e preciso, ferramentas oferecidas pelo fabricante do equipamento. Algumas ferramentas possuem também funções para diagnóstico online da rede.

Figura 8 apresenta o KIT Software para analise e certificação de redes indusdutriais.

3- CALIBRAÇÃO

3.1– **Como calibrar ?**

3.1.1 Aplicação : HART (Highway Addressable Remote Transducer)

Nas instalações do laboratório (Instalações permanentes)

Calibração de um Transdutores / Transmissor saída de sinal elétrico de 4 a 20 mA com Protocolo Hart .

Calibração com padrão de pressão (Balança de Peso Morto), na qual se pode observar que não há medidor elétrico na saída do sinal sendo substituído pelos dados referente ao protocolo Hart . Podendo visualizar no programador os sinais de pressão, corrente e manipular valores como faixa entre outros dados mostrado na figura 9.

Outra opção e calibrar verificando a saída no microcomputador, na qual existe um software adequado a manipulação dos dados do transmissor com faixa de calibração e visualização do valor da pressão aplicada e a corrente através do protocolo Hart.

Observação :

- Considerar de primeiro momento o levantamento do Diagrama Causa e Efeito e as equações usuais para o cálculo de incerteza, fontes de incerteza e a curva de calibração do padrão **y = a + bx.**

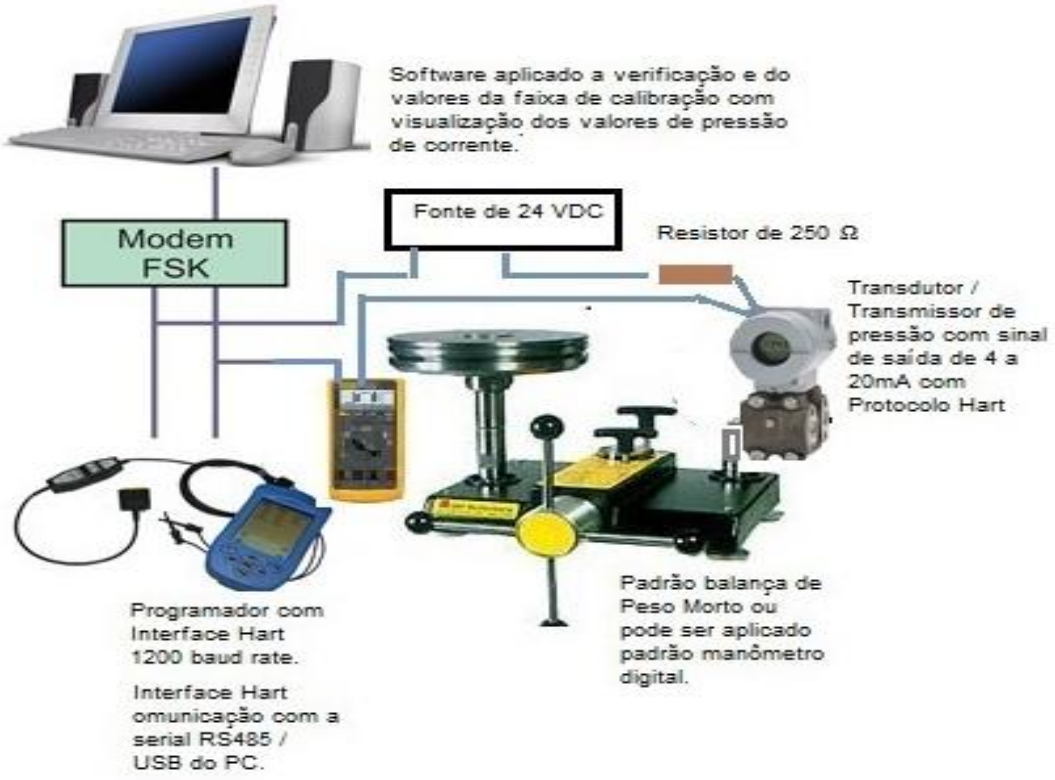


Figura 9 - Calibração Transdutor / Transmissor de Pressão Sinal 4 a 20 mA com Protocolo Hart . O sinal pode ser verificado no próprio protocolo (programador), multímetro ou software adequado sendo comparado com o padrão de pressão a balança de peso morto.

3.1.2 Aplicação: Foundation Fieldbus

Nas instalações do laboratório (Instalações permanentes)

Outra aplicação de calibração pode ser realizada através de um instrumento especifico, isto é, esse instrumento é considerado padrão na qual se pode gerar a pressão e medir através dos protocolos existentes Foundation Fieldbus. De acordo com a figura 10 os valores de pressão e saída referente a mesma é visualizada no calibrador padrão através do sinal de protocolo Foundation Fieldbus.

Observação :

- Verificar quais os blocos que serão utilizados e configurar de acordo com aplicação referente a malha de controle ‘ aplicação em função do fabricante”.
- Considerar de primeiro momento o levantamento do Diagrama Causa e Efeito e as equações usuais para o cálculo de incerteza, fontes de incerteza e a curva de calibração do padrão **y = a + bx.**

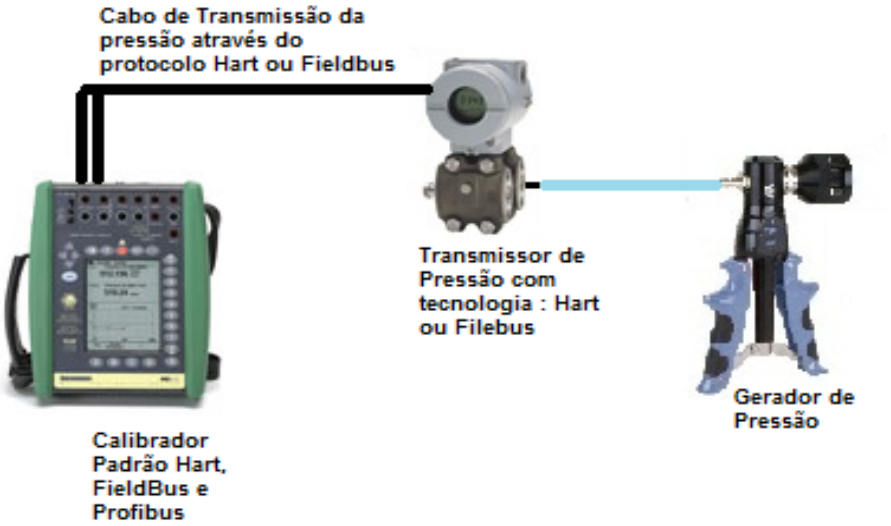


Figura 10 - Mostra a calibração do Transdutor / Transmissor com protocolo Foundation Fieldbus, o padrão considerado e o calibrador que mede diretamente o valor da pressão através do protocolo Foundation Fieldbus.

3.1.3 Aplicação : Calibração no Campo aplicação protocolo Hart (Teste de malha)

No fluxograma da figura 11 evidencia os equipamentos de campo transmissor tem a função de controlar e envia o sinal corrigido ao elemento final de controle (válvula de controle) e handhelds (programadores de mão) possuem um modem FSK integrado, onde via porta serial ou USB de um PC ou laptop pode-se conectar uma estação externamente. A figura 2 mostra uma conexão típica HART de campo, na qual verificamos três controles separados controle de medição de vazão 1, controle de medição de pressão e controle de medição de vazão 2 são totalmente independentes se caracterizando a ligação **multidrop** em loop fechado . Cada transdutor/ transmissor de pressão é caracterizado com um endereço e tem a função e um controlador , isto é, contem um algoritmo de controle PID entre outras particularidades.

- Considerar de primeiro momento o levantamento do Diagrama Causa e Efeito e as equações usuais para o cálculo de incerteza, fontes de incerteza e a curva de calibração do padrão **y = a + bx.**

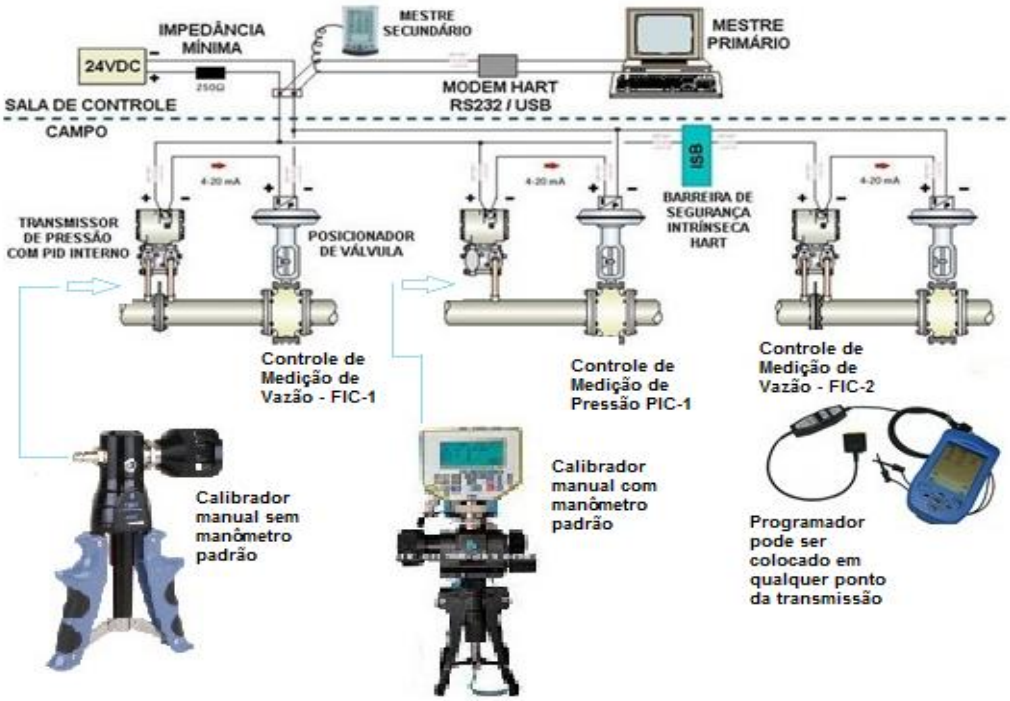


Figura 11 – Apresenta diversas formas de apresentação para calibração com calibrador, calibrador com manômetro padrão em conjunto com programador ou software especiais.

Como exemplo básico : Existem diferentes possibilidades de calibrações em campo

1- No processo de medição de Vazão
2- Fazer o fechamento das válvulas de bloqueios dos transmissores no campo .

2.1 Aplicar pressão na câmara de alta pressão do transmissor verificando o valor da pressão e o sinal de saída de corrente no programador Hart , na qual a faixa calibrada corresponde a vazão.

3- No processo de medição de pressão

3.1 Aplicar pressão na câmara de alta pressão do transmissor verificando o valor da pressão e o sinal de saída de corrente no programador Hart / medidor de corrente..

Nota :Os valores de pressão ou vazão também podem ser verificados no computador Mestre Primário através de um software.

Exemplo: Pactware software dedicado na aplicação Hart, Fieldbus.

3.1.4 Aplicação : Calibração no Campo aplicação Foundation Fieldbus (Teste de malha).

Calibração com padrão de pressão no campo, na qual se pode observar que não há medidor elétrico na saída do sinal sendo substituído pelos dados referente ao protocolo de comunicação.

- Considerar de primeiro momento o levantamento do Diagrama Causa e Efeito e as equações usuais para o cálculo de incerteza, fontes de incerteza e a curva de calibração do padrão **y = a + bx**.

1- No processo de medição de Pressão.

2- Fazer o fechamento das válvulas de bloqueios dos transmissores.

2.1 Aplicar pressão na câmara de alta pressão do transmissor verificando o valor da pressão no computador Host.

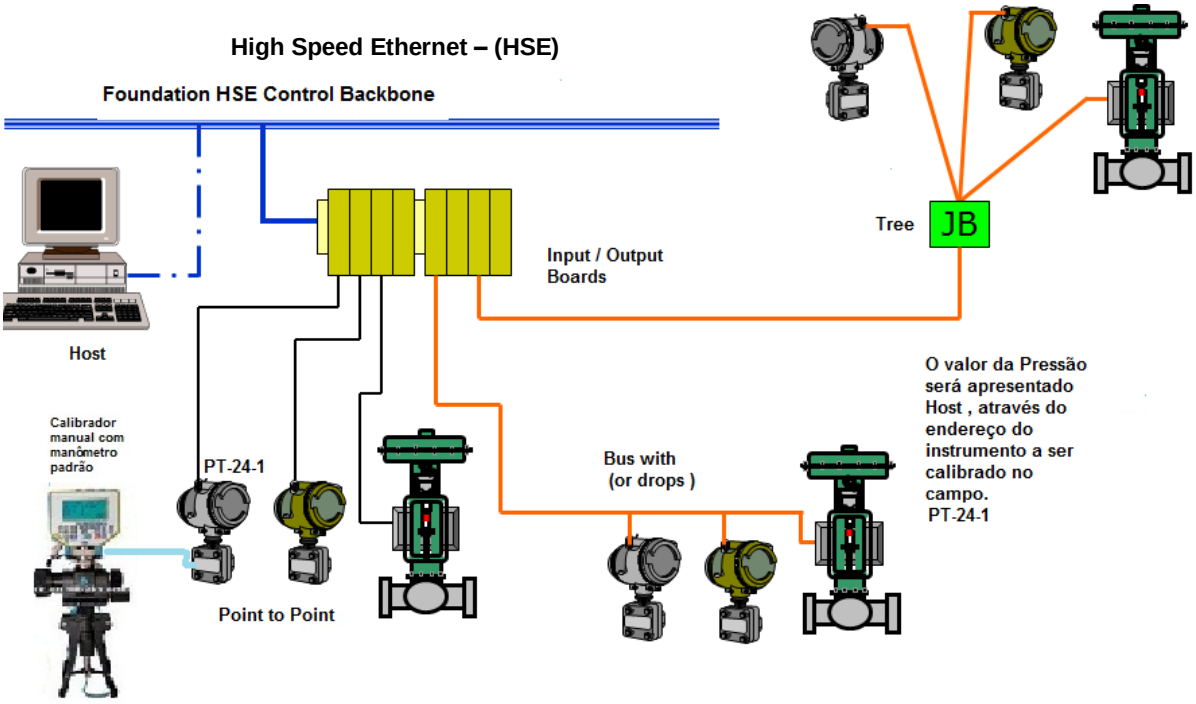


Figura 12 – Devemos considerar de primeiro momento todo o processo de certificação da rede Fieldbus e apresentação do instrumento PT-24-1 (transmissor de pressão 24-1), mostra o calibrador (gerador de sinal) e o manômetro padrão inserindo o valor da pressão na câmara de alta pressão do transmissor e o sinal resultante será observado no computador Host .

4- Conclusão :

A ideia da apresentação referência não só o processo de calibração do Transdutor / Transmissor de Pressão com Saída com Protocolo de Comunicação em rede industriais essa aplicação vale também para área de temperatura, vazão entre outras variáveis. O fato que não é definir os Protocolos de comunicação e sim a pratica de fazer a Certificação da rede e calibração dos instrumentos envolvidos.

As redes são sistemas na automação industriais totalmente abertos e se integram com as redes administrativas para analises de resultados dos valores obtidos nos processos industriais.

Vantagens nas aplicações são considerados como diagnósticos em linha em qualquer ponto, redução de cabeamento, atualização de firmware, alimentação pelo mesmo cabo de sinais, redução de erro nas medições entre outros detalhes.

Foi exemplificado a rede Fundation Fieldbus, com uma leve comparação com protocolo Hart mais pode ser aplicado a outra redes industriais com Profibus, Divicenet entre outras sempre aplicando as normas ou referências aplicadas pelos fabricantes e comitês.

Rede industriais não são calibradas simplesmente são Certificadas, através das boas praticas no comissionamento, montagem e testes de medições dos valores referenciais normalizados .

Quanto o processo de calibração dos instrumentos com tecnologia aplicado a rede industriais são totalmente programáveis, adaptação plug & play na rede. Os procedimentos são adequados a cada aplicação de malhas criticas ou malhas não criticas considerando a classe de exatidão e as fontes de incerteza utilizadas no cálculo da incerteza de medição.

A garantia do sinal da rede na transmissão de dados esta na certificação, na qual não são neste momento levado em consideração como fonte de incerteza para combinação com as outras fontes.

Outro detalhes importante são os técnicos envolvidos no processo de certificação das redes e calibração dos instrumentos, na qual devem ser treinados para garantir a qualidade do bom funcionamento e das medições.

5- Referências Bibliograficas :

**** FOUNDATION™ Fieldbus System Engineering Guidelines (AG-181) Revision 2.0 e (AG-181) Revision 3.2.1**

Referências :

IEC 61158-1: Introductory Guide
IEC 61158-2: Physical Layer Specification and Service Definition
IEC 61158-3: Data Link Layer (DLL) Service Definition
IEC 61158-4: Data Link Layer (DLL) Protocol Specification
IEC 61158-5: Application Layer Service Specification
IEC 61158-6: Application Layer Protocol Specification
IEC 61158-7: System Management
IEC 61158-8: Conformance Testing

Manuais de instrumentos de fabricantes Foudation Fieldbus e Hart

Agradecimentos Prof. Paulo Roberto Teixeira