



[ARTIGO TÉCNICO] PROFIBUS - Instalação Avançada - Parte 1

SMAR Equipamentos Industriais <websupport@smar.com>
 Responder a: websupport@smar.com
 Para: alvares@alvarestech.com

25 de agosto de 2011 09:33

[Caso não visualize este e-mail, clique aqui](#)

» Artigos Técnicos
» Blogs
» SYSTEM302 - Sistema de Controle de Processos
» Prêmios e Reconhecimentos
» Medição de Pressão e Vazão
» Medição de Temperatura
» Medição de Densidade
» Medição de Nível
» Posicionadores de Válvula
» Manutenção e Diagnóstico
» Suporte Técnico SMAR
» Junte-se a Nós!
» Suporte
» Notícias
» Treinamento
» Soluções de Indústrias
» Fale Conosco
» Pesquisar
» Unidade Móvel
» PATS
» SMAR Collection

SHARE

PROFIBUS - Instalação Avançada - Parte 1



César Cassiolato
 Diretor de Engenharia de Projetos e Serviços,
 Marketing e Qualidade
 SMAR Equipamentos Industriais Ltda
cesarcass@smar.com.br



Introdução

É notório o crescimento do PROFIBUS em nível mundial e principalmente no Brasil. Decidi escrever este artigo sobre instalação avançada, pois tenho visto na prática muita instalação de forma inadequada, assim como erros básicos e que têm estendido o tempo de comissionamento e startup, e consequentemente gerado uma degradação da qualidade da performance da rede. Dividi este artigo, pela sua extensão e abrangência em 4 partes. Esta é a primeira parte.

Um pouco de história

A história do PROFIBUS começa na aventura de um projeto da associação apoiado por autoridades públicas, que iniciou em 1987 na Alemanha. Dentro do contexto desta aventura, 21 companhias e institutos uniram forças e criaram um projeto estratégico em fieldbus. O objetivo era a realização e estabilização de um barramento de campo bitserial, sendo o requisito básico a padronização da interface de dispositivo de campo. Por esta razão, os membros relevantes das companhias do ZVEI (Associação Central da Indústria Elétrica) concordaram em apoiar um conceito técnico mútuo para manufatura e automação de processos.

Um primeiro passo foi a especificação do protocolo de comunicações complexas PROFIBUS FMS (Especificação de Mensagens Fieldbus), que foi preparado para exigência de tarefas de comunicação.

Um passo mais adiante em 1993 foi a conclusão da especificação para uma variante mais simples e com comunicação mais rápida, o PROFIBUS-DP (Periferia Descentralizada). Este protocolo está disponível agora em três versões funcionais, o DP-V0, DP-V1 e DP-V2.

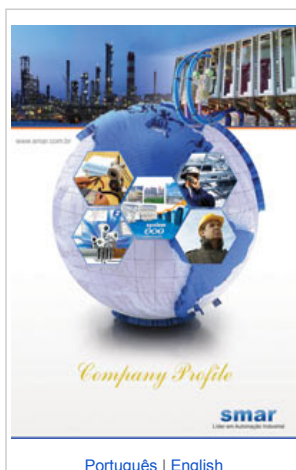
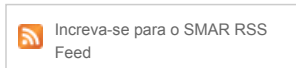
Baseado nestes dois protocolos de comunicação, acoplado com o desenvolvimento de numerosos perfis de aplicações orientadas e um número de dispositivos de crescimento rápido, o PROFIBUS começou seu avanço inicialmente na automação manufatura e desde 1995 na automação de processos com a introdução do PROFIBUS-PA. Hoje, o PROFIBUS é o barramento de campo líder no mercado mundial.

O PROFIBUS é um padrão de rede de campo aberto e independente de fornecedores, onde a interface entre eles permite uma ampla aplicação em processos, manufatura e automação predial. Esse padrão é garantido segundo as normas EN 50170 e EN 50254. Desde janeiro de 2000, o PROFIBUS foi firmemente estabelecido com a IEC 61158, ao lado de mais sete outros fieldbuses. A IEC 61158 está dividida em sete partes, nomeadas 61158-1 a 61158-6, nas quais estão as especificações segundo o modelo OSI. Nessa versão houve a expansão que incluiu o DPV-2. Mundialmente, os usuários podem agora se referenciar a um padrão internacional de protocolo aberto, cujo desenvolvimento procurou e procura a redução de custos, flexibilidade, confiabilidade, segurança, orientação ao futuro, atendimento as mais diversas aplicações, interoperabilidade e múltiplos fornecedores.

PROFIBUS - Cenário Atual

Hoje, estima-se mais de 35 milhões de nós instalados com tecnologia PROFIBUS e mais de 1000 plantas com tecnologia PROFIBUS-PA. São 24 organizações regionais (RPAs) e 35 Centros de Competência em PROFIBUS (PCCs), localizados estrategicamente em diversos países, de modo a oferecer suporte aos seus usuários, inclusive no Brasil, em parceria com a FIPAI na Escola de Engenharia de São Carlos-USP, existe o único PCC da América Latina.

- Mais de 2.800 produtos disponíveis.
- Mais de 1000 produtos nos últimos 3 anos.
- Mais de 1.000.000 instalações - PROFIBUS.
- Mais de 1000 plantas com PROFIBUS PA.
- Mais de 35 Milhões de nós instalados.
- 6 Milhões de nós vendidos nos últimos 3 anos.
- Mais de 3 Milhões de nós PROFINET instalados.



» Próximos Treinamentos

MAIO

TC-127 - Treinamento em Controlador Lógico

TC-211 - Treinamento em Controlador Programável HSE DF75

TC-227 - Treinamento em SYSTEM302 Aplicado à Tecnologia Foundation Fieldbus

TC-228 - Treinamento em SYSTEM302 Aplicado à Tecnologia PROFIBUS

JUNHO

TC-123 - Treinamento em Controle Automático de Processos

TC-210 - Treinamento em SYSTEM302 Manutenção PROFIBUS

TC-212 - Treinamento em SYSTEM302 Visão Geral da Tecnologia PROFIBUS

SMAR Software

Faça o download dos software disponíveis para os produtos SMAR.

SMAR Firmwares

Verifique todas as versões de firmwares disponíveis para os produtos SMAR.

Certificados de Produtos SMAR

Veja a lista completa de Certificados disponíveis para os produtos da SMAR.

Biblioteca de Arquivos de Produtos SMAR

Download os arquivos de DD, DTM e GSD dos produtos SMAR (protocolos HART, FOUNDATION Fieldbus e PROFIBUS PA)

Sempre fornecendo Soluções Confiáveis



Disponibilidade e Competência 24h

- Assistência Técnica
- Instalação e Montagem
- Pré-Comissionamento e Comissionamento
- Testes de Malhas
- Start - Up
- Operação Assistida
- Revisões

- Mais de 880 mil nós PROFIBUS PA.
- Mais de 630 mil nós ProfiSafe.
- Mais de 2000 Fornecedores.
- Brasil: um dos maiores parques instalados!!
- Um extensivo catálogo de produtos pode ser obtido no site www.PROFIBUS.com
- Para referência e suporte na América Latina acesse www.PROFIBUS.org.br

Em termos de desenvolvimento, vale a pena lembrar que a tecnologia é estável, porém não é estática. As empresas-membro do PROFIBUS *International* estão sempre reunidas nos chamados *Work Groups* atentas às novas demandas de mercado e garantindo novos benefícios com o advento de novas características.

PROFIBUS

O PROFIBUS é um padrão de rede de campo aberto e independente de fornecedores, onde a interface entre eles permite uma ampla aplicação em processos e manufatura. Esse padrão é garantido segundo as normas EN 50170 e EN 50254, além da IEC 611158-2 no caso do PROFIBUS PA.

O PROFIBUS DP é a solução de alta velocidade (*high-speed*) do PROFIBUS. Seu desenvolvimento foi otimizado especialmente para comunicações entre os sistemas de automação e equipamentos descentralizados, voltada para sistemas de controle, onde se destaca o acesso aos dispositivos de I/O distribuídos.

O PROFIBUS DP utiliza a RS485 como meio físico, ou a fibra ótica em ambientes com susceptibilidade a ruídos ou que necessitem de cobertura a grandes distâncias.

O PROFIBUS PA é a solução PROFIBUS que atende aos requisitos da automação de processos, onde se tem a conexão em processos com equipamentos de campo, tais como: transmissores de pressão, temperatura, conversores, posicionadores, etc. Esta rede pode ser usada em substituição ao padrão 4 a 20 mA.

Existem vantagens potenciais da utilização dessa tecnologia, onde resumidamente destacam-se as vantagens funcionais (transmissão de informações confiáveis, tratamento de *status* das variáveis, sistema de segurança em caso de falha, equipamentos com capacidades de autodiagnose, rangeabilidade dos equipamentos, alta resolução nas medições, integração com controle discreto em alta velocidade, aplicações em qualquer segmento, etc.). Além dos benefícios econômicos pertinentes às instalações (redução de até 40% em alguns casos em relação aos sistemas convencionais), custos de manutenção (redução de até 25% em alguns casos em relação aos sistemas convencionais) e menor tempo de *startup*, oferece um aumento significativo em funcionalidade, disponibilidade e segurança.

O PROFIBUS PA permite a medição e controle por um barramento a dois fios. Também permite alimentar os equipamentos de campo e aplicações em áreas intrinsecamente seguras, bem como a manutenção e a conexão/desconexão de equipamentos até mesmo durante a operação, sem interferir em outras estações em áreas potencialmente explosivas. O PROFIBUS PA foi desenvolvido em cooperação com os usuários da Indústria de Controle e Processo (NAMUR), satisfazendo as exigências especiais dessa área de aplicação:

- O perfil original da aplicação para a automação do processo e interoperabilidade dos equipamentos de campo dos diferentes fabricantes;
- Adição e remoção de estações de barramentos mesmo em áreas intrinsecamente seguras sem influência para outras estações;
- Uma comunicação transparente através dos acopladores do segmento entre o barramento de automação do processo (PROFIBUS PA) e do barramento de automação industrial (PROFIBUS-DP);
- Alimentação e transmissão de dados sobre o mesmo par de fios baseado na tecnologia IEC 61158-2;
- Uso em áreas potencialmente explosivas, intrinsecamente segura.

As conexões dos transmissores, conversores e posicionadores em uma rede PROFIBUS DP são feitas por um *coupler* DP/PA. O par trançado a dois fios é utilizado na alimentação e na comunicação de dados para cada equipamento, facilitando a instalação e resultando em baixo custo de *hardware*, menor tempo para *startup*, manutenção livre de problemas, baixo custo do *software* de engenharia e alta confiança na operação.

O protocolo de comunicação PROFIBUS PA utiliza o mesmo protocolo de comunicação PROFIBUS DP, onde o serviço de comunicação e telegramas é idêntico. Na verdade, o PROFIBUS PA = PROFIBUS DP - protocolo de comunicação + serviços acíclico estendido + IEC 61158, também conhecida como nível H1.

O PROFIBUS permite uma integração uniforme e completa entre todos os níveis da automação e as diversas áreas de uma planta. Isto significa que a integração de todas as áreas da planta pode ser realizada com um protocolo de comunicação que usa diferentes variações.

No nível de campo, a periferia distribuída, tais como: módulos de E/S, transdutores, acionamentos (*drives*), válvulas e painéis de operação, trabalham em sistemas de automação, através de um eficiente sistema de comunicação em tempo real, o PROFIBUS DP ou PA. A transmissão de dados do processo é efetuada ciclicamente, enquanto alarmes, parâmetros e diagnósticos são transmitidos somente quando necessário, de maneira acíclica.

Este artigo apresenta detalhes de instalações em PROFIBUS-DP e PROFIBUS-PA. Citarei brevemente sobre o padrão RS485-IS.

Sempre que possível, consulte a EN50170 para as regulamentações físicas, assim como as práticas de segurança de cada área.

É necessário agir com segurança nas medições, evitando contatos com terminais e fiação, pois a alta tensão pode estar presente e causar choque elétrico. Lembre-se que cada planta e sistema têm seus detalhes de segurança. Se informar deles antes de iniciar o trabalho é muito importante.

Para minimizar o risco de problemas potenciais relacionados à segurança, é preciso seguir as normas de segurança e de áreas classificadas locais aplicáveis que regulam a instalação e operação dos equipamentos. Estas normas variam de área para área e estão em constante atualização. É responsabilidade do usuário determinar quais normas devem ser seguidas em suas aplicações e garantir que a instalação de cada equipamento esteja de acordo com as mesmas.

Uma instalação inadequada ou o uso de um equipamento em aplicações não recomendadas podem prejudicar a performance de um sistema e conseqüentemente a do processo, além de representar uma fonte de perigo e acidentes. Devido a isto, recomenda-se utilizar somente profissionais treinados e qualificados para instalação, operação e manutenção.

Meio Físico, Cabeamento e Instalação - PROFIBUS DP

→ [Metrologia](#)→ [Treinamento](#)→ [Consultoria em Projetos](#)→ [Plano Diretor de Automação](#)

A transmissão RS 485 é a tecnologia de transmissão mais utilizada no PROFIBUS, embora a fibra ótica possa ser usada em casos de longas distâncias (maior do que 80 km). Vale lembrar que os equipamentos PROFIBUS DP não são alimentados pelo barramento. Seguem abaixo as principais características:

- Transmissão assíncrona NRZ;
- *Baud rate* de 9.6 kbit/s a 12 Mbit/s, único no barramento e selecionável (de acordo com o equipamento que suportar o menor *baud rate*);
- Par trançado com blindagem;
- 32 estações por segmento, máximo de 127 estações;
- Distância dependente da taxa de transmissão (Veja Tabela 1.1);
- Distância expansível até 10 Km com o uso de repetidores;
- Atenuação máxima de 9 dB ao longo de todo o comprimento do segmento;
- 9 PIN, D-Sub conector (mais comum).

O PROFIBUS normalmente se aplica em áreas envolvendo alta taxa de transmissão e instalação simples a um baixo custo. A estrutura do barramento permite a adição e remoção de estações sem influências em outras estações com expansões posteriores e sem nenhum efeito em estações que já estão em operação.

Quando o sistema é configurado, apenas uma única taxa de transmissão é selecionada para todos os dispositivos no barramento.

Há necessidade da terminação ativa no barramento no começo e no fim de cada segmento, conforme apresenta a Figura 1.1, sendo que, para manter a integridade do sinal de comunicação, ambos terminadores devem ser energizados, sendo possível perceber a existência do sinal de Vp. É recomendado utilizá-lo somente para alimentar os terminadores, pois qualquer inadequação neste sinal pode gerar uma situação de falha de comunicação.

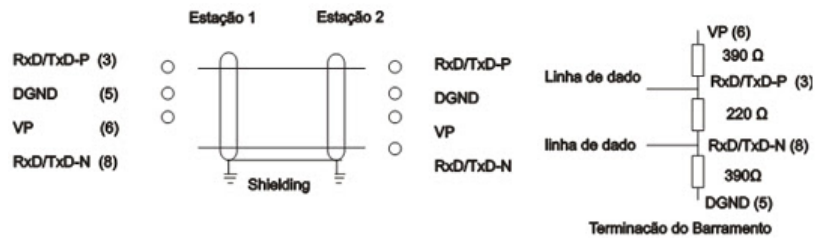


Figura 1.1 - Cabeamento e Terminação para Transmissão RS485 no PROFIBUS

O comprimento da rede é um fator muito importante a ser analisado, pois quanto maior ele for maior pode ser a distorção dos sinais. O terminador é uma impedância que se acrescenta na rede PROFIBUS a fim de evitar este problema, pois este tem a função de casar a impedância da rede, minimizando erros de comunicação por distorções de sinais. Vale a pena lembrar que se não houver um terminador na rede, o cabeamento irá funcionar como uma antena, facilitando a distorção de sinais e aumentando a susceptibilidade a ruídos. A impedância característica é o valor da carga, que colocada no final desta linha, não reflete nenhuma energia. Em outras palavras, é o valor da carga que proporciona um coeficiente de reflexão zero, ou ainda, uma relação de ondas estacionárias igual a um.

Tanto a rede PROFIBUS-DP quanto a rede PROFIBUS-PA exigem terminadores, pois sua ausência causa o desbalanceamento, provocando atraso de propagação, assim como oscilações ressonantes amortecidas, causando transposição dos níveis lógicos (*thresholds*), além de melhorar a margem de ruído estático. No PROFIBUS-DP, os terminadores são ativos, isto é, são alimentados. Veja a Figura 1.2.

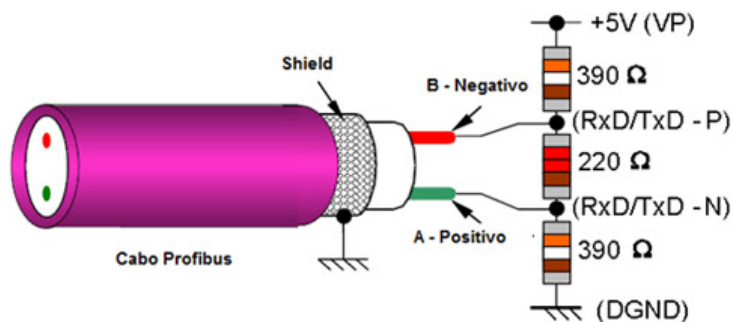


Figura 1.2 - Terminador de Barramento PROFIBUS-DP

Cuidados Necessários com Terminadores na Rede PROFIBUS-DP

Devido ao fato dos terminadores serem ativos, um erro muito comum é colocar como escravo DP as estações de trabalho, onde em uma queda de energia ou *reset* do microcomputador as linhas de alimentação oscilam desbalanceando a rede.

Na Figura 1.3 a terminação ativa na posição incorreta (esquerda) mostra que tanto o nível quanto a forma de onda são degradados. A ativação incorreta do terminador causa descasamento de impedância e reflexões do sinal, uma vez que além do terminador há um cabo com tal impedância.

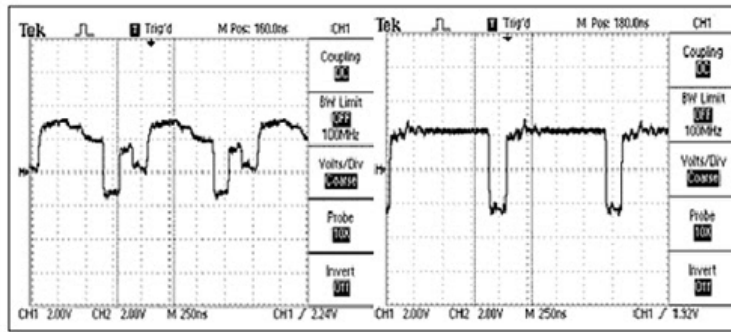


Figura 1.3 - Forma de Onda na RS485 I (PROFIBUS-DP)

A falta de terminação, ilustrada na forma de onda à esquerda da Figura 1.4, promove o não casamento de impedância, fazendo com que o cabo PROFIBUS fique susceptível à reflexão de sinal, atuando como uma antena. Na forma de onda à direita, é possível observar a terminação adequada.

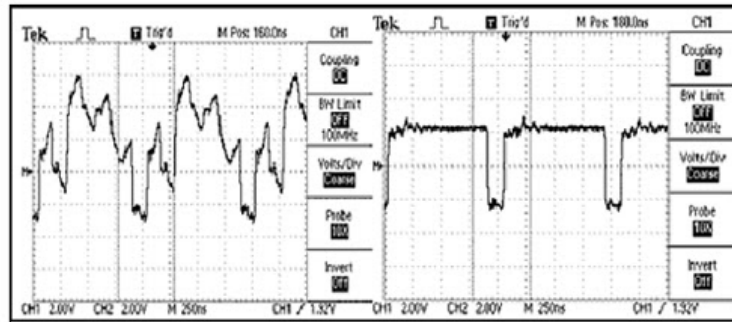


Figura 1.4 - Forma de Onda na RS485 II (PROFIBUS-DP)

Cuidado com cabeamento e lançamento de cabos

Cabos danificados (machucados, mordidos, com a capa de proteção danificada, etc.) podem representar um grande risco. Eles em contato físico podem energizar partes e componentes e, conseqüentemente, produzir o risco de danos pessoais ou no funcionamento da planta. Estes sempre devem ser removidos e substituídos.

Cabos em geral, em plantas ou fábricas, podem estar energizados com tensões e correntes elevadas. Lançar cabos PROFIBUS-DP em paralelo com tais cabos pode resultar em captação de interferência e, conseqüentemente, provocar erros na transmissão de dados.

A interferência pode ser reduzida separando os cabos PROFIBUS-DP da fonte de interferência e também reduzindo ao mínimo o comprimento dos cabos que correm em paralelo com quaisquer outros. Veja a Tabela 1.3.

Mantenha sempre o raio de curvatura mínimo permitido, pois exceder o limite mínimo de curvatura pode ocasionar danos ao cabo PROFIBUS e alterar suas propriedades físicas e elétricas. O raio de curvatura mínimo pode ser encontrado nos manuais dos fabricantes de cabos.

Para curvar o cabo somente uma vez, o raio de curvatura deve ser, no mínimo, de 10 vezes o diâmetro do cabo. Se o cabo precisar ser dobrado várias vezes durante a operação, por exemplo, para a conexão e desconexão de estações PROFIBUS, deve-se considerar um raio maior (tipicamente cerca de 20 vezes o diâmetro do cabo).

Durante a sua instalação, o cabo PROFIBUS pode ser submetido à forças de tração adicionais e sendo assim, durante a montagem deve-se manter um raio de curvatura maior do que aquele da posição final. Puxar cabos PROFIBUS ao redor de cantos-vivos é um problema em particular. Utilize polias (roletes) a fim de evitar qualquer forma de esforço excessivo em curvas acentuadas quando for puxar um cabo PROFIBUS para contornar cantos vivos.

A especificação de raio de curvatura para cabos PROFIBUS chatos (planos) aplica-se somente para curvatura para o lado plano. Para curvar lateralmente tais cabos é preciso adotar um raio de curvatura significativamente maior.

Cabo Utilizado no PROFIBUS-DP

Cabo PROFIBUS DP	Recomendado
Cabo utilizado	A
Impedância (Ω)	135 a 165
Frequência	3 a 20 MHz
Capacitância (pF/m)	< 30
Resistência de Loop (Ω/km)	<110

Seção (mm²)

>= 0.34

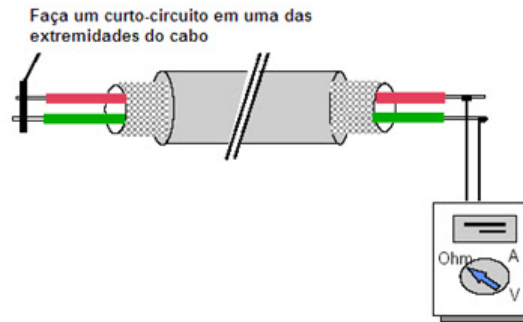
Tabela 1.1 - Cabo PROFIBUS-DP tipo A

Pode-se determinar a resistência de loop da seguinte maneira: faça um curto entre os conectores em uma extremidade do cabo e com um multímetro, meça a resistência entre os dois conectores na outra extremidade e aplique a seguinte fórmula:

Resistência de loop(Rs) (O/km) = Valor Medido (O) * 1000 m / comprimento do cabo tomado como referência (m).

Valor Medido (O) = Rm

O valor Rs deve ser <110 O/Km.

**Figura 1.5 - Medindo a resistência de loop**

Lembre-se que cabos com capacitâncias maiores podem deformar as bordas e formas do sinal de comunicação com a taxa de comunicação e, a comunicação intermitente pode prevalecer. Cabos onde a resistência de loop é muito alta e a capacitância for menor que 30pF/m podem ser utilizados, mas cuidado com a atenuação do sinal deve ser observado. Para o cabo tipo A, a maior distância é 1900m.

O comprimento máximo do cabeamento depende da velocidade de transmissão, conforme a Tabela 1.2.

Baud rate (kbit/s)	9.6	19.2	93.75	187.5	500	1500	12000
Comprimento Total (m) ou Segmento (m)	1200	1200	1200	1000	400	200	100
Tronco Máximo (m)	500	500	900	967	380	193.4	100
Spur Máximo (m)	500	500	100	33	20	6.6	0

Tabela 1.2 - Comprimento em Função da Velocidade de Transmissão com Cabo Tipo A

Um problema comum é encontrar na prática comprimentos do tronco máximo e do spur máximo ultrapassando os limites da tabela 1.2 e com isto, adiciona-se capacitâncias aos sinais. Os comprimentos excedentes funcionam como uma antena e as condições de intermitências são favorecidas.

A interferência eletromagnética

A interferência eletromagnética pode ser radiada(via ar), conduzida(via condutores), induzida(normalmente acima de 30MHz) ou combinação das mesmas.

A EMI é a energia que causa resposta indesejável a qualquer equipamento e que pode ser gerada por centelhamento nas escovas de motores, chaveamento de circuitos de potência, em acionamentos de cargas indutivas e resistivas, acionamentos de relés, chaves, disjuntores, lâmpadas fluorescentes, aquecedores, ignições automotivas, descargas atmosféricas e mesmo as descargas eletrostáticas entre pessoas e equipamentos, aparelhos de microondas, equipamentos de comunicação móvel, etc. Tudo isto pode provocar alterações causando sobretensão, subtensão, picos, transientes, etc. e que em uma rede de comunicação PROFIBUS pode ter seus impactos.

A convivência de equipamentos em diversas tecnologias diferentes somada à inadequação das instalações facilita a emissão de energia eletromagnética e com isto podemos ter problemas de compatibilidade eletromagnética (também chamada de EMC, é a habilidade de um equipamento funcionar satisfatoriamente sem interferir eletromagneticamente nos equipamentos próximos e ser imune à interferência externa de outros equipamentos e do ambiente), onde o funcionamento de um equipamento pode afetar o outro. Isto é muito comum nas indústrias e fábricas, onde a EMI é muito freqüente em função do maior uso de máquinas (máquinas de soldas, por exemplo) e motores e em redes digitais e de computadores próximas a essas áreas.

O maior problema causado pela EMI são as situações esporádicas e que degradam aos poucos os equipamentos e seus componentes. Os mais diversos problemas podem ser gerados pela EMI, por exemplo, em equipamentos eletrônicos, podemos ter falhas na comunicação entre dispositivos de uma rede de equipamentos e/ou computadores, alarmes gerados sem explicação, atuação em relés que não seguem uma lógica e sem haver comando para isto e, queima de componentes e circuitos eletrônicos, etc. É muito comum a presença de ruídos na alimentação pelo mau aterramento e blindagem, ou mesmo erro de projeto.

A EMI é muito importante principalmente em sistemas digitais e analógicos onde estamos falando de freqüências de 30 a 300 MHz, ou seja, superiores a VHF. Vale lembrar que estamos falando de pulsos rápidos da ordem de ns e qualquer condutor como, por exemplo, a trilha de uma placa de circuito impresso passa a ser uma antena, sem contar os efeitos por irradiação de sinais e acoplamentos parasitas.

Em geral, em frequências elevadas, os condutores se aproximam ainda mais do comportamento de uma antena, o que nos ajuda a entender porque os problemas de emissão de EMI se agravam em redes que operam em altas velocidades.

E ainda, qualquer circuito eletrônico é capaz de gerar algum tipo de campo magnético ao seu redor e seu efeito vai depender de sua amplitude e duração.

Um exemplo típico de como a EMI pode afetar o comportamento de um componente eletrônico, é um capacitor que fique sujeito a um pico de tensão maior que sua tensão nominal especificada, com isto pode-se ter a degradação do dielétrico (a espessura do dielétrico é limitada pela tensão de operação do capacitor, que deve produzir um gradiente de potencial inferior à rigidez dielétrica do material), causando um mau funcionamento e em alguns casos a própria queima do capacitor. Ou ainda, podemos ter a alteração de correntes de polarização de transistores levando-os a saturação ou corte, ou dependendo da intensidade a queima de componentes por efeito joule.

A eletricidade estática é uma carga elétrica em repouso que é gerada principalmente pelo desbalanceamento de elétrons localizado sob uma superfície ou no ar do ambiente. Este desbalanceamento de elétrons gera assim um campo elétrico que é capaz de influenciar outros objetos que se encontram a uma determinada distância. O nível de carga é afetado pelo tipo de material, velocidade de contato e separação dos corpos, umidade e diversos outros fatores. Quando um objeto é carregado eletrostaticamente, um campo elétrico associado a esta carga é criado em torno dele e um dispositivo sujeito a este campo que não esteja aterrado poderá ser induzido, causando uma transferência das cargas entre os dois corpos. Esta transferência de cargas poderá resultar em falhas que reduzem a vida útil, prejudicam o funcionamento ou até mesmo destroem o dispositivo permanentemente.

Fatores que contribuem para a interferência eletromagnética

Os principais fatores são:

- Tensão
- Frequência
- Aterramento
- Os componentes eletrônicos
- Circuitos impressos
- Desacoplamentos

Existem três caminhos de EMI entre a fonte e o dispositivo a ser influenciado (a vítima):

- Irradiação
- Condução
- Indução

A EMI irradiada se propaga a partir da fonte, através do espaço, para a vítima. Um sinal conduzido viaja através de fios conectados à fonte e a vítima. O meio conduzido pode envolver qualquer cabo de alimentação, entrada de sinal e terminais de terra de proteção. Já a indução ocorre quando dois circuitos estão magneticamente acoplados.

A maioria das ocorrências de EMI se dá através de condução ou combinação de irradiação e condução.

A EMI por indução é mais difícil de ocorrer e o modo de acoplamento vai depender da frequência e do comprimento de onda, sendo que as baixas frequências propagam-se muito facilmente por meios condutivos, mas não tão eficientemente pelo meio irradiado. Já as altas frequências se propagam com eficiência pelo ar e são bloqueadas pelas indutâncias do cabeamento.

As perturbações conduzidas normalmente estão na faixa de 10kHz a 30MHz e se classificam em:

- modo-comum, onde a interferência acontece entre as linhas de sinal e o terra. O ruído é provocado pela resistência existente e comum ao sinal e ao retorno. Os sinais de radiofrequência são fontes comuns de ruído de modo-comum. O ruído em modo-comum é o maior problema em cabos devido a impedância comum entre o sinal e seu retorno.
- modo-diferencial, onde a interferência acontece entre as linhas de sinal.

As perturbações induzidas normalmente estão acima de 30 MHz e dependem das técnicas de aterramento, blindagem e mesmo da posição física em relação a fonte de indução.

A topologia e a distribuição do cabeamento são fatores que devem ser considerados para a proteção de EMI. Lembrar que em altas frequências, os cabos se comportam como um sistema de transmissão com linhas cruzadas e confusas, refletindo energia e espalhando-a de um circuito a outro. Mantenha em boas condições as conexões. Conectores inativos por muito tempo podem desenvolver resistência ou se tornar detectores de RF.

Em geral, quanto maior a distância entre os cabos e quanto menor o comprimento do cabo PROFIBUS que corre paralelamente a outros cabos, menor o risco de interferência (crosstalk).

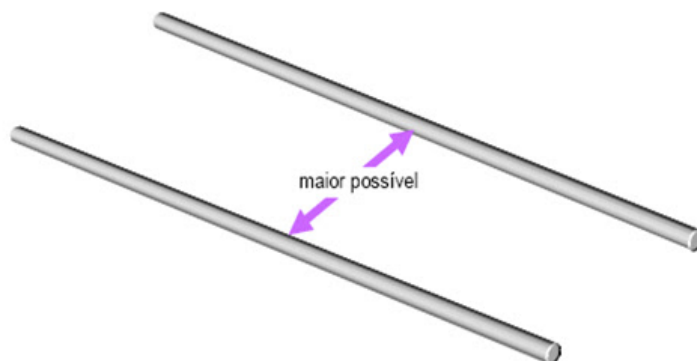


Fig. 1.6 - Espaçamento entre cabos

Os cabos PROFIBUS-DP instalados em canaletas ou dutos podem estar sujeitos a fontes geradoras de perturbações quando são instalados paralelamente com cabos de energia, compartilhando a mesma infraestrutura, tendo como efeito interferências eletromagnéticas indesejáveis como o crosstalk (diafonia). Neste sentido deve-se ter uma maior atenção e cuidado na fase de instalação, objetivando-se adotar medidas para atenuar ou mesmo eliminar seus efeitos. O mercado de equipamentos e acessórios para instalação de redes de campo dispõe basicamente de canaletas e dutos fabricados com os seguintes materiais:

- Plástico - é um excelente isolante elétrico, mas não oferece proteção contra campos eletromagnéticos;

- **Alumínio** - é um bom condutor de eletricidade, mas não oferece proteção elétrica. Porém oferece boa blindagem eletromagnética;
- **Aço (zincado ou pintado)** - não é bom condutor de eletricidade, não oferece proteção elétrica, mas proporciona boa blindagem eletromagnética.

Dentre os tipos apresentados, os acessórios fabricados com alumínio são os que apresentam uma melhor blindagem eletromagnética interna e externa. As canaletas de alumínio são praticamente imunes às correntes de Foucault devido a sua condutibilidade elétrica.

Aterramento

No campo é muito comum se ter problemas devido a EMC (Emissão Eletromagnética), a diferença de potencial de terra e estes geram inconvenientes intermitentes na comunicação e normalmente não são fáceis de se detectar.

Quando se tem o sinal de comunicação PROFIBUS-DP e o cabeamento distribuído entre as diversas áreas, o recomendado é equalizar o terra conforme a figura 1.7. Com isto, elimina-se a possível diferença de potencial entre o aterramento da área 01 e o sinal DP assim como, a diferença de potencial entre o aterramento da área 02.

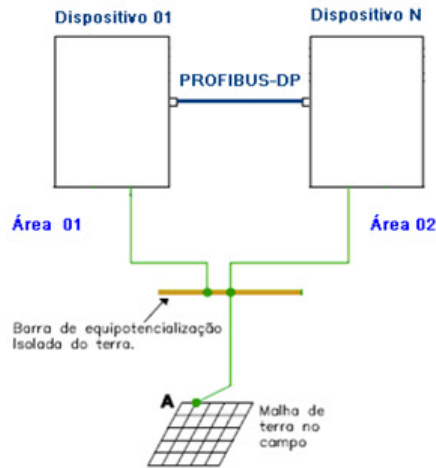


Figura 1.7 - Sistema de aterramento com diferentes áreas em PROFIBUS-DP

O que é terra equipotencial?

A condição ideal de aterramento para uma planta e suas instalações é quando se obtém o mesmo potencial em qualquer ponto. Isso pode ser conseguido com o interligamento de todos os sistemas de aterramento da mesma através de um condutor de equalização de potencial. Essa condição é chamada na literatura técnica de terra equipotencial.

Assim, para qualquer pessoa dentro das edificações, mesmo se houver um aumento das tensões presentes não haverá o risco de choque elétrico, uma vez que todos os elementos estarão com o mesmo potencial de terra.

Existem algumas regras que devem ser seguidas em termos do cabeamento e separação entre outros cabos, quer sejam de sinais ou de potência. Deve-se preferencialmente utilizar bandejamentos ou calhas metálicas, observando as distâncias conforme Tabela 1.3. Nunca se deve passar o cabo PROFIBUS PA ao lado de linhas de alta potência, pois a indução é uma fonte de ruído e pode afetar o sinal de comunicação.

	Cabo de comunicação PROFIBUS	Cabos com e sem shield: 60Vdc ou 25Vac e < 400Vac	Cabos com e sem shield: > 400Vac	Qualquer cabo sujeito à exposição de raios
Cabo de comunicação PROFIBUS		10 cm	20 cm	50 cm
Cabos com e sem shield: 60Vdc ou 25Vac e < 400Vac	10 cm		10 cm	50 cm
Cabos com e sem shield: > 400Vac	20 cm	10 cm		50 cm
Qualquer cabo sujeito à exposição de raios	50 cm	50 cm	50 cm	

Tabela 1.3 - Distâncias de Separação entre Cabeamentos

Quando se fala em *shield* e aterramento, na prática existem outras maneiras de tratar este assunto, onde há muitas controvérsias, como por exemplo, o aterramento do *shield* pode ser feito em cada estação através do conector 9-pin sub D, onde a carcaça do conector dá contato com o *shield* neste ponto e ao conectar na estação é aterrado. Este caso, porém, deve ser analisado pontualmente e verificado em cada ponto a gradação de potencial dos terras e se necessário, equalizar estes pontos. Do ponto de vista funcional, o propósito da blindagem dos cabos é criar uma zona equipotencial de acoplamento capacitivo ao redor do cabo. Mas isso só é verdadeiro se a blindagem for conectada ao referencial de terra equipotencial. Nesta condição, a recomendação é que ambas as extremidades da blindagem dos cabos sejam aterradas.

Porém, se a condição de terra equipotencial não for garantida é recomendado aterrar apenas uma das extremidades da blindagem, preferencialmente no lado do sistema. Caso contrário, se a blindagem for conectada em ambas extremidades sem equalização do terra, haverá a circulação de uma corrente parasita pela blindagem que pode provocar problemas funcionais, além de perigo potencial de choques elétricos na extremidade não blindada. Desta forma, recomenda-se o uso de cabo blindado com isolamento extra na blindagem para evitar choques elétricos acidentais por contato.

O sistema de linha equipotencial é usado para nivelar o potencial de terra em diferentes locais da planta de forma que nenhuma corrente circule sobre a blindagem do cabo.

- Use cabos de cobre ou fitas de aterramento galvanizadas para a linha equipotencial no sistema e entre componentes do sistema.
- Conecte a linha equipotencial ao terminal de aterramento ou à barra com uma área de superfície ampla.
- Conecte todas as conexões terra e de blindagem (se existirem) do instrumento ao sistema de linha equipotencial.
- Conecte a superfície de montagem (por exemplo, o painel do gabinete ou trilhos de montagem) ao sistema de linha equipotencial.
- Sempre que possível, conecte o sistema de linha equipotencial das redes ao sistema de linha equipotencial do prédio
- Se as partes são pintadas, remova a tinta do ponto de conexão antes de conectá-lo.
- Proteja o ponto de conexão contra corrosão depois da montagem, por exemplo, com tinta de zinco ou verniz.
- Proteja a linha equipotencial contra corrosão. Uma opção é pintar os pontos de contato.
- Use parafuso de segurança ou conexões de terminal para todas as conexões de terra e superfície. Use arruelas de pressão para evitar que as conexões fiquem frouxas por causa de vibração ou movimento.
- Use terminais nos cabos flexíveis da linha equipotencial. As extremidades do cabo não devem nunca ser estanhadas (não é mais permitido)!
- Faça o roteamento da linha equipotencial o mais perto possível do cabo.
- Conecte as partes individuais de bandejas de cabos metálicas umas as outras. Use anéis de acoplamento (*bonding links*) especiais ou *jumpers* específicos. Certifique-se que os anéis de acoplamento são feitos do mesmo material que as bandejas de cabos. Os fabricantes das bandejas de cabos podem fornecer os anéis de acoplamento apropriados.
- Sempre que possível, conecte as bandejas de cabos feitas de metal ao sistema de linha equipotencial.
- Use anéis de acoplamento flexíveis (*flexible bonding links*) para expansão das juntas. Esses anéis de acoplamento são fornecidos pelos fabricantes de cabos.
- Para conexões entre prédios diferentes ou entre partes de prédios, a rota da linha equipotencial deve ser traçada paralela ao cabo. Mantenha as seguintes seções transversais mínimas, de acordo com a IEC 60364-5-54:
 - **Cobre:** 6 mm²
 - **Alumínio:** 16 mm²
 - **Aço:** 50 mm²

Em áreas perigosas deve-se sempre fazer o uso das recomendações dos órgãos certificadores e das técnicas de instalação exigidas pela classificação das áreas. Um sistema intrinsecamente seguro deve possuir componentes que devem ser aterrados e outros que não. O aterramento tem a função de evitar o aparecimento de tensões consideradas inseguras na área classificada. Na área classificada evita-se o aterramento de componentes intrinsecamente seguros, a menos que o mesmo seja necessário para fins funcionais, quando se emprega a isolamento galvânica. A normalização estabelece uma isolamento mínima de 500 Vca. A resistência entre o terminal de aterramento e o terra do sistema deve ser inferior a 10. No Brasil, a NBR-5418 regulamenta a instalação em atmosferas potencialmente explosivas.

Quanto ao aterramento, recomenda-se agrupar circuitos e equipamentos com características semelhantes de ruído em distribuição em série e unir estes pontos em uma referência paralela. Recomenda aterrar as calhas e bandejamentos.

Um erro comum é o uso de terra de proteção como terra de sinal. Vale lembrar que este terra é muito ruidoso e pode apresentar alta impedância. É interessante o uso de malhas de aterramento, pois apresentam baixa impedância. Condutores comuns com altas frequências apresentam a desvantagem de terem alta impedância. Os *loops* de correntes devem ser evitados. O sistema de aterramento deve ser visto como um circuito que favorece o fluxo de corrente sob a menor impedância possível. O valor de terra recomendado é que seja menor do que 10 Ω.

RS485 -IS

Existia grande demanda entre usuários para apoiar o uso do RS485 com suas rápidas taxas de transmissão em áreas intrinsecamente seguras. O PNO encarou esta tarefa e desenvolveu uma diretriz para a configuração de soluções RS485 intrinsecamente seguras com capacidade de troca de dados simples de dispositivos.

A especificação dos detalhes da interface, os níveis para corrente e tensão que precisam ser aderidos para todas as estações devem assegurar um funcionamento seguro durante a operação.

Um circuito elétrico permite correntes máximas em um nível de tensão específico.

Quando conectar fontes ativas, a soma das correntes de todas as estações não pode exceder a corrente máxima permitida. Uma inovação do conceito RS485-IS é que, em contraste ao modelo FISCO que tem somente uma fonte intrinsecamente segura, *todas* as estações representam agora fontes ativas. Vejamos algumas características:

- **Áreas perigosas (Ex i)**
 - **RS485-IS: cada estação representa fontes ativas**
 - **Tensão de saída máxima (U_o) = 4.2V**
 - **L/R < 15μH/Ω (Cabo)**
 - **S I_o = 4.8A**
 - **Devices, Couplers, Links, Terminadores devem atender à classificação**
 - **A máxima corrente de um device DP-IS: 4.2V/32 = 0.149A**
 - **A corrente restante de 32 mA é reservada para os 2 BTs ativos.**
 - **A resistência limitante da corrente vale: 4.2/0.149 = 28.3 Ω**
 - **Máximo baud rate: 1.5MHz**

Valores Limitantes e elétricos:

Parameter	Description	Value	Remark
<u>Bus system</u>			
Maximum input voltage	U_i [V]	± 4.2	
Maximum input current	I_i [A]	4.8	
Maximum inductance to resistance ratio	L'/R' [$\mu\text{H}/\Omega$]	15	For the whole operation temperature range of the bus system
Number of devices	N_{TN}	≤ 32	
<u>Communication device</u>			
Maximum output voltage	U_o [V]	± 4.2	
Maximum output current	I_o [mA]	149	Total current from wires A, B and supply for bus termination
Maximum input voltage	U_i [V]	$\geq \pm 4.2$	
Maximum internal inductance	L_i [H]	0	
Maximum internal capacitance	C_i [nF]	N/A	Insignificant for safety
<u>External active bus termination</u>			
Maximum output voltage	U_o [V]	± 4.2	
Maximum output current	I_o [mA]	16	
Maximum input voltage	U_i [V]	$\geq \pm 4.2$	
Maximum internal inductance	L_i [H]	0	
Maximum internal capacitance	C_i [nF]	N/A	Insignificant for safety

Tabela 1.4 - Valores Limitantes RS485-IS

Parameter	Description ¹⁾	Value ²⁾	Remark
<u>Communication device:</u>			
1. Minimum idle level	U_{ODidle} [V]	0.50	Only relevant for devices with an integrated or a connectable bus termination
2. Transmission level on the bus connection (peak-to-peak)	U_{ODss} [V]	≥ 2.7	For the worst-case bus configuration and maximum load on the transmitter (see Section 2.6)
3. Positive and negative transmission level on the bus connection	U_{ODhigh} [V]	≥ 1.5	For the worst-case bus configuration and maximum load on the transmitter (see Section 2.6)
	U_{ODlow} [V]	≤ -1.1	
4. Signal level on the receiver input	U_{IDhigh} [V]	≥ 0.8	For the worst-case bus configuration (see Section 2.6)
	U_{IDlow} [V]	≤ -0.4	
5. Data transmission rate	KBit/s	9.6; 19.2; 45.45; 93.75; 187.5; 500; 1500	A field device can be designed with limited data transmission rate
6. Input impedance (receiver)	R_{in} [kOhm]	≥ 12	For a device supplied or not supplied
	C_{in} [pF]	≤ 40	
	L_{in}	≈ 0	
7. Supply voltage RS 485 driver and bus termination	U_i [V]	$3.3 \pm 5\%$	

Tabela 1.5 - Valores Elétricos RS485-IS

A figura 1.8 detalha a terminação para a RS485-IS:

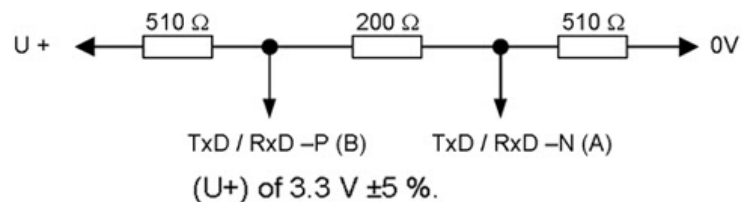


Figura 1.8 - Terminador RS485-IS

A figura 1.9 mostra detalhes as possibilidades de topologia da RS485-IS.

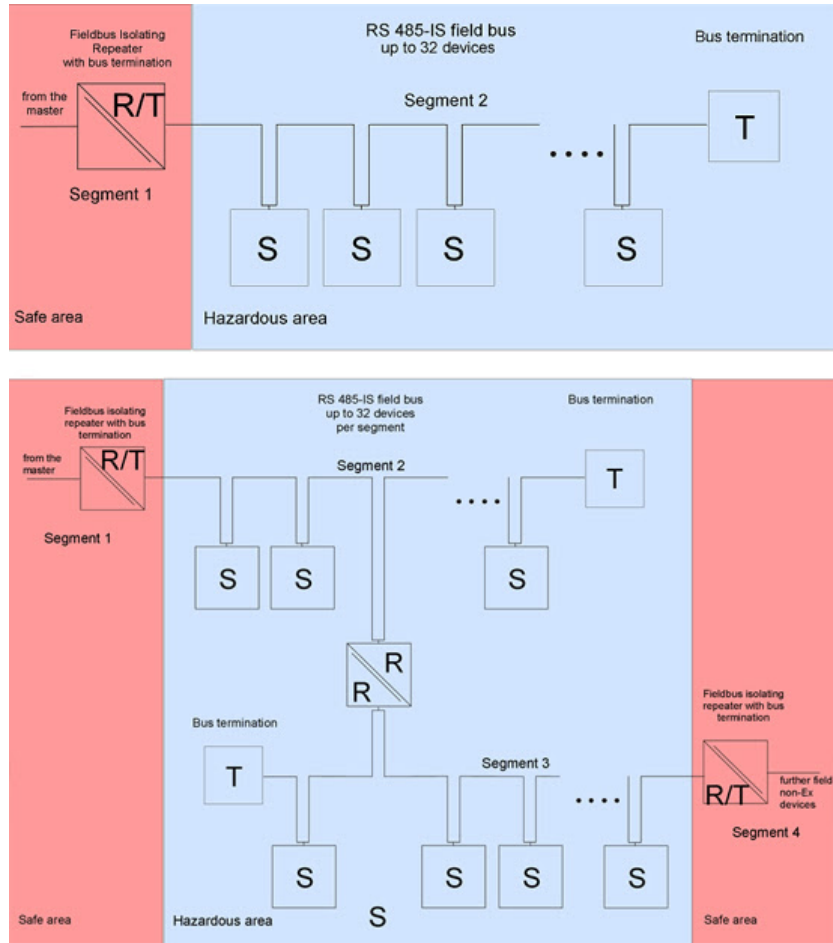


Figura 1.9 - Topologia RS485-IS

A tabela 1.6 mostra o tipo de cabo padrão e os limites de taxa de comunicação:

Parameter	Cable type A	Limiting safety values
Surge impedance (Ω)	135...165 at a frequency of 3...20 MHz	not relevant
Working capacitance (nF / km)	≤ 30	not relevant
Wire diameter (mm)	> 0.64	> 0.1 single wire for a fine-stranded conductor ¹⁾ > 0.35 ²⁾
Core cross-sectional area (mm ²)	> 0.34	> 0.0962 ²⁾
Loop resistance (Ω / km)	≤ 110	not relevant
L/R ratio ($\mu\text{H} / \Omega$)	≤ 15	≤ 15 for the lowest ambient temperature ³⁾

1) In accordance with the installation rules in EN 60078-14. The wire ends of fine-stranded conductors must be protected against separation of the strands, e.g. by means of cable lugs or core end sleeves.

2) This minimum value applies for a maximum ambient temperature of 40 °C and the temperature class T5 for a total current in the field bus cable of max. 4.8 A. According to EN 50 020 /5/

3) Cable type A fulfils this requirement for an ambient temperature above -40 °C.

data transmission rate (kBit / s)	≤ 93.75	187.5	500	1500
max. segment length (m)	1200	1000	400	200

Tabela 1.6 - Cabo padrão RS485-IS e os limites de taxa de comunicação

Para detalhes de shield e aterramento, veja a figura 1.10

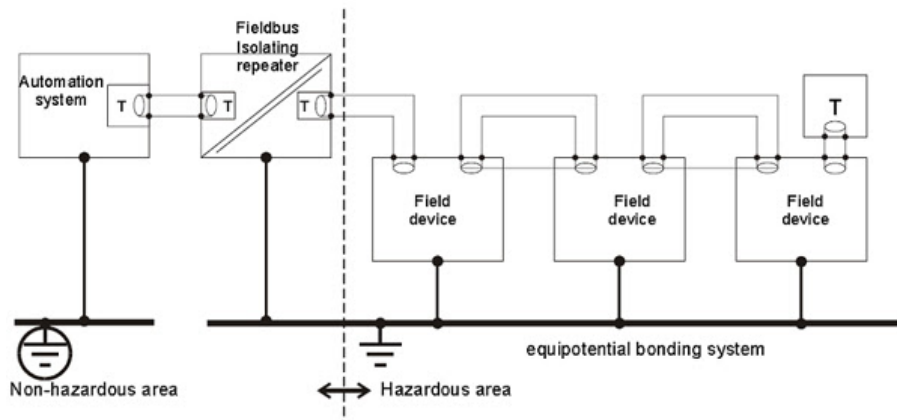


Figura 1.10 - Shield e Aterramento no RS485-IS

Em resumo, o que devemos verificar em termos de RS485-IS:

- Verifique nos manuais de cada dispositivo se estão de acordo com PTB-Mitteilungen/1/
- Verifique se todos os dispositivos estão de acordo com os guias do PNO(Certificado, etc)
- Verifique que o cabo utilizado está de acordo com as especificações do cabo tipo A(IEC 61158/IEC61784 /3/ (L' , C' and R')
- Verifique se o cabo atende as regulações à prova de explosão (EN 50014 /19/, EN 50020 /5/ e EN 60079-14 /7/) em termos de instalação, diâmetro mínimo do condutor, etc.
- Verifique se a máxima corrente de cada device DP-IS é $\leq 0.149A$ e que a corrente para cada BT é $\leq 16mA$
- Verifique o núm. máx. de devices é 32 por segmento
- Verifique se a tensão de saída máxima (U_0) = 4.2V
- Verifique se $L/R < 15\mu H/O$ (Cabo)
- Verifique se $S I_0 \leq 4.8A$
- Verifique se máximo baud rate: 1.5MHz e
- Verifique a distância máxima em função do baud rate.

Minimizando ruídos principalmente gerados por inversores de frequência

Alguns pontos para serem analisados nas instalações e que podem ajudar na minimização de ruídos gerados por inversores de frequência. É muito comum se ter centros de controle de motores operando em PROFIBUS-DP e alguns cuidados são necessários para que a rede não seja afetada por intermitências, causando paradas indesejadas.

Vale sempre lembrar que:

- Em áreas perigosas, deve-se sempre fazer o uso das recomendações dos órgãos certificadores e das técnicas de instalação exigidas pela classificação das áreas.
- Aja sempre com segurança nas medições. Evite contatos com terminais e fiação. A alta tensão pode estar presente e pode causar choque elétrico.
- Lembre-se cada planta e sistema tem os seus detalhes de segurança. Se informe deles antes de iniciar seu trabalho ou de fazer qualquer intervenção.

Boas práticas de aterramento e eliminação dos efeitos dos loops de terra (Ponto Comum)

O Loop de Terra deve sempre ser evitado ou minimizado pois favorece que uma corrente flua através do condutor, criada pela diferença de potencial entre dois pontos de aterramento, como por exemplo, duas áreas conectadas via cabo PROFIBUS-DP, o que é muito comum nas instalações. Deve-se sempre evitar o acoplamento de campos magnéticos em cabos de sinal.

Quando dois dispositivos são conectados e seus potenciais de terra são diferentes, a corrente flui do potencial mais alto para o mais baixo, através do cabeamento PROFIBUS. Se o potencial de tensão for alto o suficiente, o equipamento conectado não será capaz de absorver o excesso de tensão e conseqüentemente será danificado ou poderá responder inadequadamente à comunicação.

Mesmo em situações em que o potencial de tensão não atinja níveis suficientes para causar danos nos equipamentos, o loop de terra pode ser prejudicial para as transmissões de dados, gerando erros, devido a oscilações causadas. Este tipo de intermitência é comum em instalações e muito complicado de ser diagnosticado.

Para evitar os efeitos de loop de terra, pode-se utilizar isoladores ópticos (repetidores) ou links de fibra óptica nas linhas de dados mais longas. Manter todos os pontos de terra vinculados por cabos independentes, garantindo a equipotencialidade dos mesmos.

Aterramento e inversores

Os requisitos de aterramento dependem do tipo de inversor. Inversores com terra verdadeiro (TE) devem necessariamente ter uma barra de potencial 0V separado do barra de terra de proteção (PE). Tem-se duas possibilidades, conectar os barramentos em um único ponto no gabinete da sala elétrica ou levar separadamente estas barras até a malha de terra. Vale sempre consultar os manuais dos fabricantes e suas recomendações.

Layout e Painéis de automação e elétricos

Não aproximar o cabo da rede PROFIBUS com os cabos de alimentação e saída dos inversores, evitando-se assim, a corrente de modo comum. Sempre que possível limitar o tamanho dos cabos, evitando comprimentos longos e ainda, as conexões devem ser as menores possíveis. Cabos longos e paralelos atuam como um grande capacitor.

A boa prática de layout em painéis permite que a corrente de ruído flua entre os dutos de saída e de entrada ficando fora da rota dos sinais de comunicação e controladores:

- Todas as partes metálicas do armário/gabinete devem estar eletricamente conectadas com a maior área de contato. Deve-se utilizar braçadeira e aterrar as malhas (shield) dos cabos.
- Cabos de controle, comando e de potência devem estar fisicamente separados (> 30 cm). Sempre que possível, utilizar placas de separação e aterradas.
- Contatores, solenóides e outros dispositivos e acessórios eletromagnéticos devem ser instalados com dispositivos supressores, tais como: snubbers (RCs, os snubbers podem amortecer oscilações, controlar a taxa de variação da tensão e/ou corrente, e grampear sobreensões), diodos ou varistores.
- Cabos de controle e comandos devem estar sempre em um mesmo nível e de um mesmo lado.
- Evitar comprimentos de fiação desnecessários, assim diminuem-se as capacitâncias e indutâncias de acoplamento.
- Se utilizada uma fonte auxiliar 24 Vcc para o drive, esta deve ser de aplicação exclusiva ao inversor local. Não alimente outros dispositivos DP com a fonte que alimenta o inversor. O inversor e os equipamentos de automação não devem ser conectados diretamente em uma mesma fonte.
- Recomenda-se o uso de filtro RFI e que sempre se conecte o filtro RFI o mais próximo possível da fonte de ruído.
- Nunca misture cabos de entrada e de saída.
- Todos os motores acionados por inversores devem ser alimentados com cabos blindados aterrados nas duas extremidades.
- Um reator de linha deve ser instalado entre o filtro RFI e o drive.
- Sempre que possível utilizar trafo isolador para a alimentação do sistema de automação.

Os reatores de linha constituem um meio simples e barato para aumentar a impedância da fonte de uma carga isolada (como um comando de frequência variável, no caso dos inversores). Os reatores são conectados em série a carga geradora de harmônicas e ao aumentar a impedância da fonte, a magnitude da distorção harmônica pode ser reduzida para a carga na qual o reator é adicionado. Aqui se recomenda consultar o manual do inversor e verificar suas recomendações.

O ideal é ter um indutor de entrada incorporado e filtro RFI/EMC para funcionar como uma proteção a mais para o equipamento e como um filtro de harmônicas para a rede elétrica, onde o mesmo encontra-se ligado.

A principal função do filtro RFI de entrada é reduzir as emissões conduzidas por radiofrequência às principais linhas de distribuição e aos fios-terra. O Filtro RFI de entrada é conectado entre a linha de alimentação CA de entrada e os terminais de entrada do inversor. Deve-se consultar o manual do fabricante do inversor e seguir os detalhes recomendados.

- Os cabos do motor devem estar separados dos cabos da rede. Instalar o inversor e seus acionamentos auxiliares como relés e contatores em gabinetes independentes de outros dispositivos, não misturando cabos de sinais com cabos de controle/comando, principalmente de controladores e mestre PROFIBUS-DP.
- Para atender as exigências de proteção de EMI todos os cabos externos devem ser blindados, exceto os cabos de alimentação da rede. A malha de blindagem deve ser contínua e não pode ser interrompida.
- Separe em zonas diferentes os sinais de entrada de potência, controle/comandos, saída de potência, etc. Utilize blindagem entre as diferentes zonas.
- Certifique-se de que cabos de diferentes zonas estão roteados em dutos separados.
- Certifique-se de que os cabos se cruzam em ângulos retos a fim de minimizar acoplamentos.
- Use cabos que possuam valores de impedância de transferência os mais baixos possíveis.
- Nos cabos de controle recomenda-se, instalar um pequeno capacitor (100 nF a 220 nF) entre a blindagem e o terra para evitar circuito AC de retorno ao terra. Esse capacitor atuará como um supressor de interferência. Mas a orientação é sempre consultar os manuais dos fabricantes dos inversores.

Atenuando ruído

- Escolher inversores com toróides ou adicionar toróides (Common mode choke) na saída do inversor. A orientação é verificar o manual do fabricante e suas recomendações.
- Utilizar cabo isolado e shieldado (4 vias) entre o inversor e o motor e entre o sistema de alimentação até o inversor.
- Tentar trabalhar com a frequência de chaveamento a mais baixa possível. A orientação é verificar o manual do fabricante e suas recomendações.
- Conecte a blindagem em cada extremidade ao ponto de aterramento do inversor e à carcaça do motor.
- Sempre aterre a carcaça do motor. Faça o aterramento do motor no painel onde o inversor está instalado ou no próprio inversor.
- Inversores geram correntes de fuga e nestes casos, de acordo com os fabricantes, pode-se introduzir um reator de linha na saída do inversor.
- Ondas refletidas: se a impedância do cabo utilizado não estiver casada com a do motor acontecerá reflexões. Vale lembrar que o cabo entre o inversor e o motor apresenta uma impedância para os pulso de saída do inversor (a chamada Surge Impedance). Nestes casos também se recomenda reatores. A orientação é verificar o manual do fabricante e suas recomendações.
- Cabos especiais: outro detalhe importante e que ajuda a minimizar os efeitos dos ruídos eletromagnéticos gerados em instalações com inversores e motores AC é o uso de cabos especiais que evitam o efeito corona de descargas que podem deteriorar a rigidez dielétrica da isolação, permitindo a presença de ondas estacionárias e a transferência de ruídos para a malha de terras. Outra característica construtiva de alguns cabos é a dupla blindagem que é mais eficiente na proteção à EMI.
- Em termos da rede DP, distancie-a do inversor, onde os sinais vão para os motores e colocar repetidores isolando as áreas. O ideal é usar conectores com indutores de 110 nH em série com os sinais A e B, onde a taxa de comunicação for maior que 1.5Mbit/s. Estes indutores ajudam a evitar em cabos com menos de 1m entre estações DPs o efeito reflexivo proporcionado pelas capacitâncias internas dos equipamentos. Evite deixar conexões sem a proteção do cabo, os chamados stub-lines e que podem favorecer reflexões.
- Deixar sempre mais de 1 m de cabo entre as estações DPs, para que não haja efeito capacitivo entre as estações e a impedância do cabo elimine este efeito.
- Verificar se os inversores possuem capacitores de modo comum no Barramento CC. Verificar as orientações dos manuais do fabricante.
- Colocar repetidores isolando as áreas de inversores das demais áreas em uma rede PROFIBUS.
- Quando se tem OLM (Optical Link Module), verificar a topologia, pois a programação dos mesmos pode afetar a performance da rede gerando timeouts.
- Um ponto muito importante e que pode gerar interferência pela mudança física do cabo PROFIBUS DP é quando se dobra o cabo ou se tem curvatura além da permitida pelo fabricante, isto forma um splice. Isto é muito comum nas instalações. Verifique se existem curvaturas acentuadas no cabo PROFIBUS que ultrapassem o raio de curvatura mínimo recomendado pelo fabricante. Uma curva muito acentuada no cabo pode esmagá-lo, mudando a sua impedância e facilitando a ocorrência de reflexões, especialmente em altas velocidades de transmissão.

Acoplamentos Capacitivo e Indutivo

A convivência de equipamentos em diversas tecnologias diferentes somada à inadequação das instalações facilita a emissão de energia eletromagnética e com isto é comum que se tenha problemas de compatibilidade eletromagnética. Isto é muito comum nas indústrias e fábricas, onde a EMI é muito freqüente em função do maior uso de máquinas (máquinas de soldas, por exemplo), motores (CCMs), redes digitais e de computadores próximas a essas áreas.

A topologia e a distribuição do cabeamento, os tipos de cabos, as técnicas de proteções são fatores que devem ser considerados para a minimização dos efeitos de EMI. Lembrar que em altas frequências, os cabos se comportam como um sistema de transmissão com linhas cruzadas e confusas, refletindo energia e espalhando-a de um circuito a outro. Mantenha em boas condições as conexões. Conectores inativos por muito tempo podem desenvolver resistência ou se tornar detectores de RF.

Veremos ainda neste artigo alguns detalhes sobre os efeitos de acoplamento capacitivo e indutivo, o uso da blindagem em um ponto e em dois pontos, assim como o uso do cabo de par trançados e as técnicas de proteção a EMI.

Inicialmente, veremos alguns detalhes sobre aterramento na instrumentação e automação.

A importância do Aterramento em Instrumentação e automação

De uma forma simples e direta, o aterramento tem os seguintes objetivos:

- Escoar cargas estáticas acumuladas em estruturas, suportes e carcaças;
- Facilitar o funcionamento dos dispositivos de proteção (fusíveis, disjuntores, etc.), através da corrente desviada para a terra;
- Proteger as pessoas e animais contra contatos indiretos;
- Criar pontos de referências adequadas aos sinais e medições;
- Minimizar os efeitos de EMI (Emissão Eletromagnética).
- Etc.

Quando falamos de equipamentos eletrônicos, como os que temos em instrumentação e automação, o sistema de aterramento deve ser visto como um circuito de baixa indutância que favorece o fluxo de corrente ao ponto de referência nula. Além disso, deve ser projetado provendo os melhores benefícios à proteção de EMI.

O sistema de aterramento deve atender a:

- Controle de interferência eletromagnética, tanto interno ao sistema eletrônico (acoplamento capacitivo, indutivo e por impedância comum) como externo ao sistema (ambiente);
- Segurança, sendo a carcaça dos equipamentos ligadas ao terra de proteção e, dessa forma, qualquer sinal aterrado ou referenciado à carcaça ou ao gabinete, direta ou indiretamente, fica automaticamente referenciado ao terra de distribuição de energia;

Vários são os inconvenientes por um sistema de aterramento inadequado, onde podemos citar, dentre outros:

- Falhas de comunicação (intermitências, retries, frames corrompidos, travamentos, etc.);
- Drifts (erros nas medições por deslocamento das referências (offsets), causando um aumento da variabilidade dos processos, custos desnecessários com matéria-prima, etc.);
- Excesso de EMI;
- Aquecimento anormal das etapas de potência (inversores, conversores, etc...) e motores;
- Acionamentos indevidos em lógicas de PLCs;
- Queimas de equipamentos, placas eletrônicas e sem razões aparentes;
- Etc.

Os sinais podem variar basicamente devido a:

- Flutuação de tensão;
- Harmônicas de corrente;
- RF conduzidas e radiadas;
- Transitórios (condução ou radiação);
- Campos Eletrostáticos;
- Campos Magnéticos;
- Reflexões;
- Crosstalk;
- Atenuações;
- Jitter (ruído de fase);
- Etc.

As principais fontes de interferências são:

- Acoplamento capacitivo;
- Acoplamento indutivo;
- Condução através de impedância comum (aterramento): Ocorre quando as correntes de dois circuitos diferentes passam por uma mesma impedância. Por exemplo, o caminho de aterramento comum de dois circuitos.

Acoplamento Capacitivo

O acoplamento capacitivo é representado pela interação de campos elétricos entres condutores. Um condutor passa próximo a uma fonte de ruído (perturbador), capta este ruído e o transporta para outra parte do circuito (vítima). É o efeito de capacitância entre dois corpos com cargas elétricas, separadas por um dielétrico, o que chamamos de efeito da capacitância mútua.

O efeito do campo elétrico é proporcional à frequência e inversamente proporcional à distância.

O nível de perturbação depende das variações da tensão (dv/dt) e o valor da capacitância de acoplamento entre o "cabo perturbador" e o "cabo vítima".

A capacitância de acoplamento aumenta com:

- O inverso da frequência: O potencial para acoplamento capacitivo aumenta de acordo com o aumento da frequência (a reatância capacitiva, que pode ser considerada como a resistência do acoplamento capacitivo, diminui de acordo com a frequência, e pode ser vista na fórmula: $X_C = 1/2\pi fC$).
- A distância entre os cabos perturbador e vítima e o comprimento dos cabos que correm em paralelo
- A altura dos cabos com relação ao plano de referência (em relação ao solo)
- A impedância de entrada do circuito vítima (circuitos de alta impedância de entrada são mais vulneráveis)
- O isolamento do cabo vítima (er do isolamento do cabo), principalmente para pares de cabos fortemente acoplados

A figura 1.11 mostra um exemplo de efeito por acoplamento capacitivo.

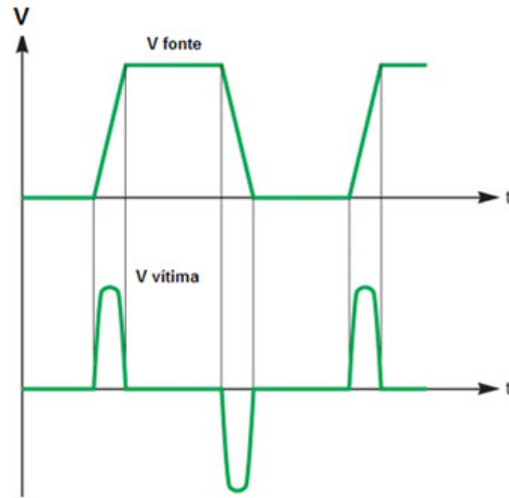


Figura 1.11 - Exemplo de efeito por acoplamento capacitivo

Na figura 1.12 podemos ver o acoplamento e suas fontes de tensão e corrente em modo comum e diferencial.

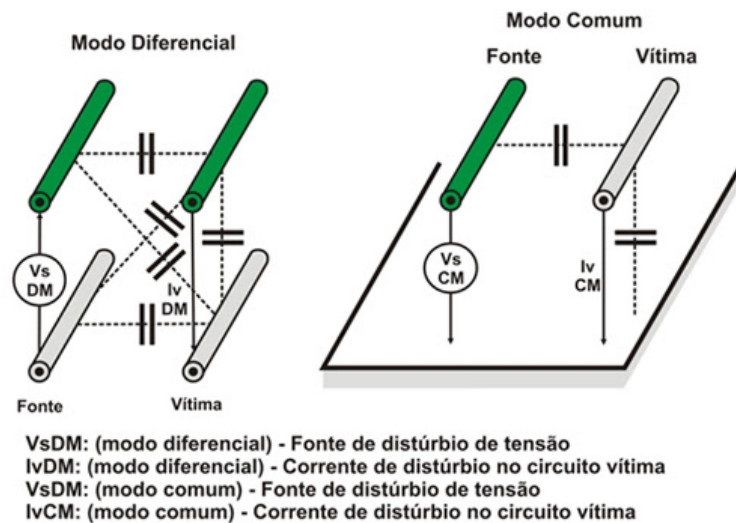


Figura 1.12 - Modo diferencial e modo comum - Acoplamento capacitivo

Medidas para reduzir o efeito do acoplamento capacitivo

- Limite o comprimento de cabos correndo em paralelo
- Aumente a distância entre o cabo perturbador e o cabo vítima
- Aterre uma das extremidades dos shields nos dois cabos
- Reduza o dv/dt do sinal perturbador, aumentando o tempo de subida do sinal, sempre que possível (baixando a frequência do sinal)

Envolva sempre que possível o condutor ou equipamento com material metálico (blindagem de Faraday). O ideal é que cubra cem por cento da parte a ser protegida e que se aterre esta blindagem para que a capacitância parasita entre o condutor e a blindagem não atue como elemento de realimentação ou de crosstalk.

A figura 1.14 mostra a interferência entre cabos, onde o acoplamento capacitivo entre cabos induz transiente (pickups eletrostáticos) de tensão. Nesta situação a corrente de interferência é drenada ao terra pelo shield, sem afetar os níveis de sinais.

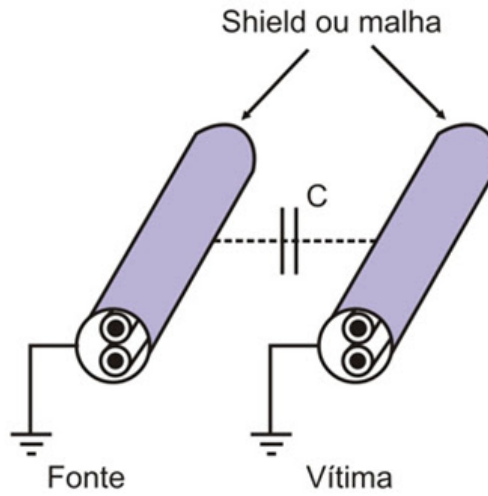


Figura 1.13 - Medidas para reduzir o efeito do acoplamento capacitivo

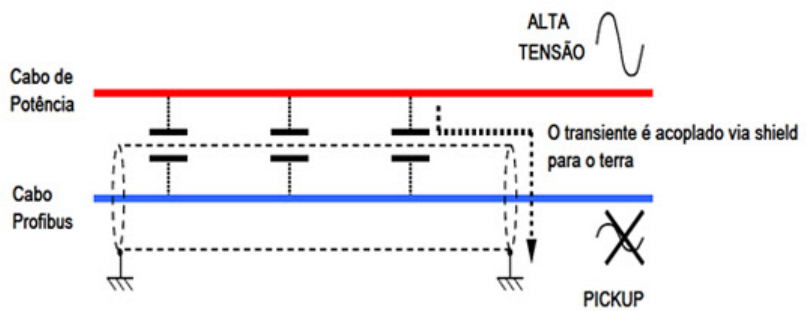


Figura 1.14 - Interferência entre cabos: o acoplamento capacitivo entre cabos induz transiente (pickups eletrostáticos) de tensão

A figura 1.15 mostra exemplo de proteção contra transientes.

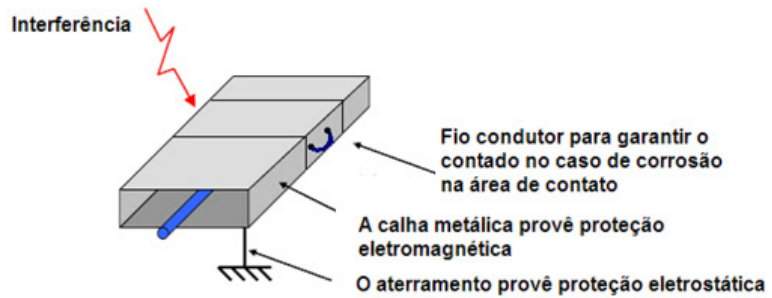


Figura 1.15 - Exemplo de proteção contra transientes (melhor solução contra corrente de Foucault)

Interferências eletrostáticas podem ser reduzidas:

1. Aterramento e blindagens adequadas
2. Isolação Ótica
3. Pelo uso de canaletas e bandejamentos metálicos aterrados

A figura 1.16 mostra a capacitância de acoplamento entre dois condutores separados por uma distância D.

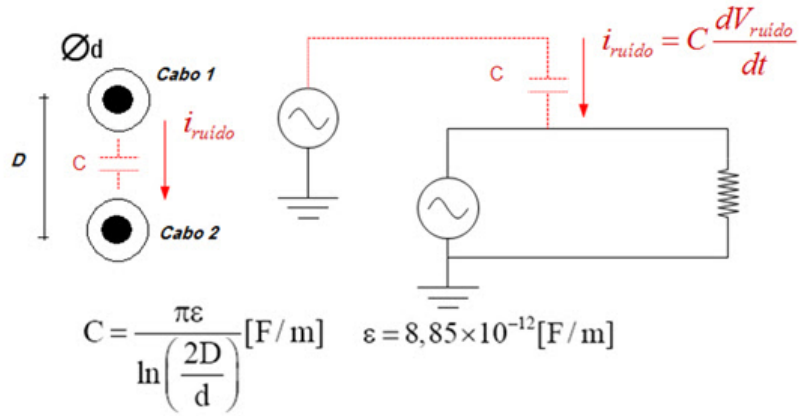


Figura 1.16 - Acoplamento capacitivo entre condutores a uma distância D

Acoplamento Indutivo

O "cabo perturbador" e o "cabo vítima" são acompanhadas por um campo magnético. O nível de perturbação depende das variações de corrente (di /dt) e da indutância de acoplamento mútuo. O acoplamento indutivo aumenta com:

- A frequência: a reatância indutiva é diretamente proporcional à frequência (XL = 2pfl)
- A distância entre os cabos perturbador e vítima e o comprimento dos cabos que correm em paralelo
- A altura dos cabos com relação ao plano de referência (em relação ao solo)
- A impedância de carga do cabo ou circuito perturbador.

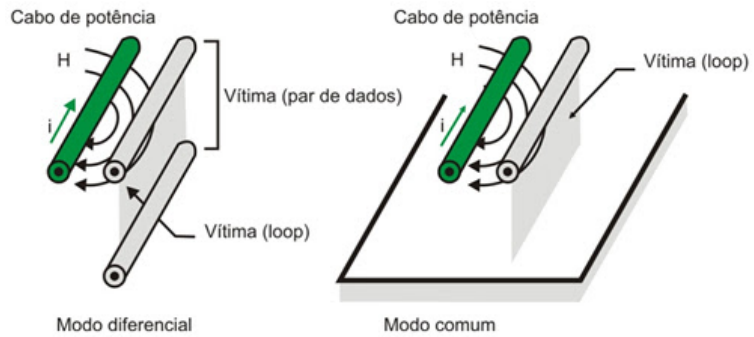


Figura 1.17 - Acoplamento indutivo entre condutores

Medidas para reduzir o efeito do acoplamento indutivo entre cabos

1. Limite o comprimento de cabos correndo em paralelo
2. Aumente a distância entre o cabo perturbador e o cabo vítima
3. Aterre uma das extremidades dos shields dos dois cabos
4. Reduza o dv/dt do perturbador aumentando o tempo de subida do sinal, sempre que possível (Resistores conectados em série ou resistores PTC no cabo perturbador, anéis de ferrite nos perturbadores e / ou cabo vítima)

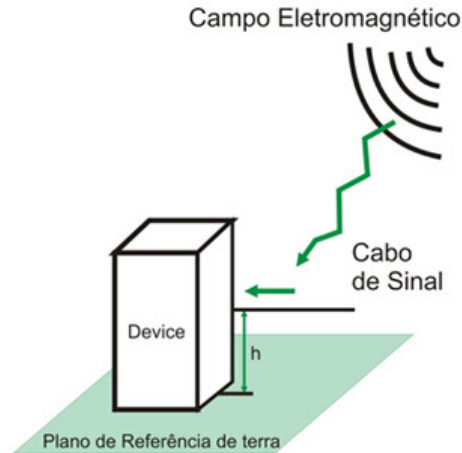


Figura 1.18 - Acoplamento indutivo entre cabo e campo

Medidas para reduzir o efeito do acoplamento indutivo entre cabo e campo

1. Limite a altura h do cabo ao plano de terra
2. Sempre que possível coloque o cabo junto à superfície metálica

3. Use cabos trançados
4. Use ferrites e filtros de EMI

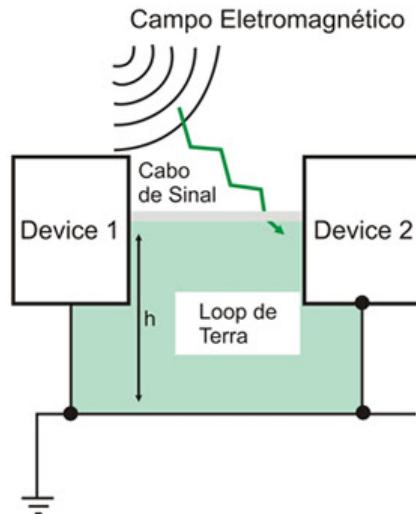


Figura 1.19 - Acoplamento indutivo entre cabo e loop de terra

Medidas para reduzir o efeito do acoplamento indutivo entre cabo e loop de terra

1. Reduza a altura (h) e o comprimento do cabo.
2. Sempre que possível coloque o cabo junto à superfície metálica
3. Use cabos trançados
4. Em altas frequências aterre o shield em dois pontos (cuidado!) e em baixas frequências em um ponto só

	Cabo de comunicação Fieldbus	Cabos com e sem shield: 60Vdc ou 5Vac e < 400Vac	Cabos com e sem shield: > 400Vac	Qualquer cabo sujeito a exposição de raios
Cabo de comunicação Fieldbus		10 cm	20 cm	50 cm
Cabos com e sem shield: 60Vdc ou 25Vac e < 400Vac	10 cm		10 cm	50 cm
Cabos com e sem shield: > 400Vac	20 cm	10 cm		50 cm
Qualquer cabo sujeito a exposição de raios	50 cm	50 cm	50 cm	

Tabela 1.7 - Distâncias entre cabos Fieldbus e outros tipos de cabos para garantir a proteção a EMI

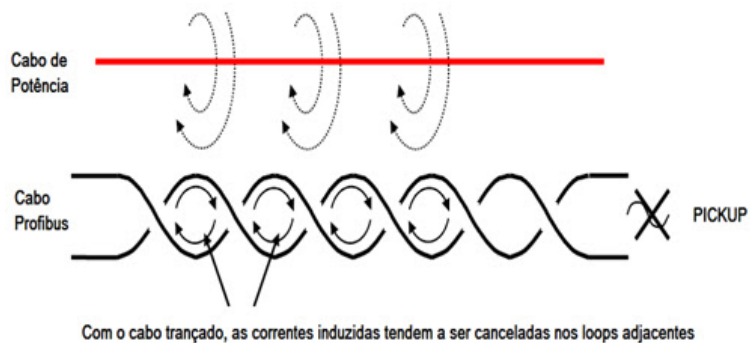
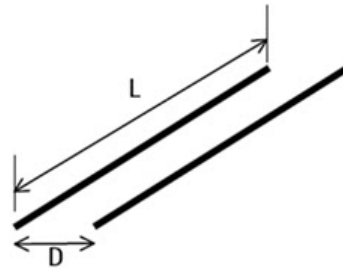


Figura 1.20 - Interferência entre cabos: campos magnéticos através do acoplamento indutivo entre cabos induzem transientes (pickups eletromagnéticos) de corrente

As Interferências Eletromagnéticas podem ser reduzidas:

1. Cabo trançado
2. Isolação Ótica
3. Pelo uso de canaletas e bandejamentos metálicos aterrados



Considerando que a espessura dos fios é desprezível e que $L \gg D$:

$$M \doteq \frac{\mu_0 \cdot L}{2\pi} \left(\ln \frac{2L}{D} - 1 \right) H.$$

Figura 1.21 - Indutância mútua entre dois condutores

Para minimizar o efeito de indução deve-se usar o cabo de par trançado que minimiza a área (S) e diminuem o efeito da tensão induzida V_b em função do campo B, balanceando os efeitos (média dos efeitos segundo as distâncias):

$$V_b = \frac{d}{dt} \int_{loop} \vec{B} \cdot d\vec{S}$$

O cabo de par trançado é composto por pares de fios. Os fios de um par são enrolados em espiral a fim de, através do efeito de cancelamento, reduzir o ruído e manter constantes as propriedades elétricas do meio por toda a sua extensão. O efeito de cancelamento reduz a diafonia (crosstalk) entre os pares de fios e diminui o nível de interferência eletromagnética/radiofrequência. O número de tranças nos fios pode ser variado a fim de reduzir o acoplamento elétrico. Com sua construção proporciona um acoplamento capacitivo entre os condutores do par. Tem um comportamento mais eficaz em baixas frequências (< 1MHz). Quando não é blindado, tem a desvantagem com o ruído em modo-comum. Para baixas frequências, isto é quando o comprimento do cabo é menor que 1/20 do comprimento de onda da frequência do ruído, a blindagem (malha ou shield) apresentará o mesmo potencial em toda sua extensão, neste caso recomenda-se conectar a blindagem em um só ponto de terra. Em altas frequências, isto é quando o comprimento do cabo é maior que 1/20 do comprimento de onda da frequência do ruído, a blindagem apresentará alta suscetibilidade ao ruído e neste caso recomenda-se que seja aterrada nas duas extremidades.

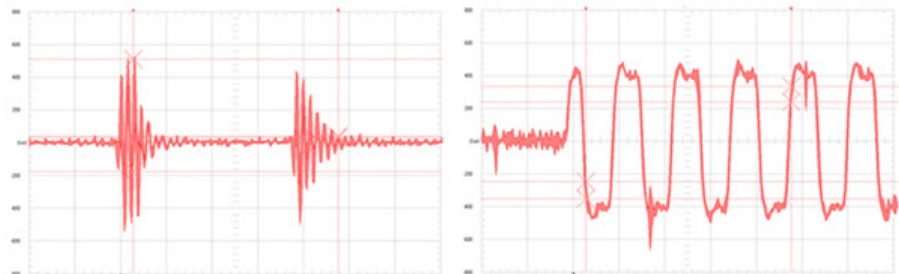


Figura 1.22 - Exemplo de ruído por indução

A figura 1.23 nos mostra o comportamento do sinal em relação à forma de acondicionamento do terra e shield. Perceba que a melhor condição se tem ao aterrar o shield e ainda criar uma área metálica de contato aterrada em uma canaleta metálica.

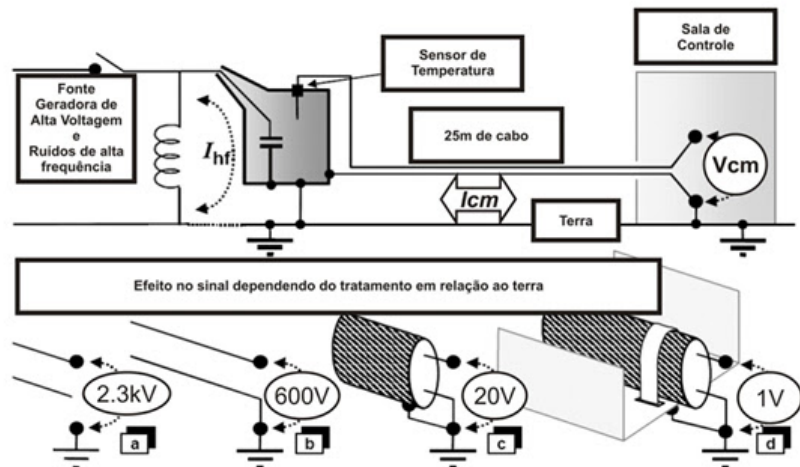


Figura 1.23 - Efeito no sinal dependendo do tratamento em relação ao terra e shield

A figura 1.24 detalha a situação do PROFIBUS-DP e os loops de terra.

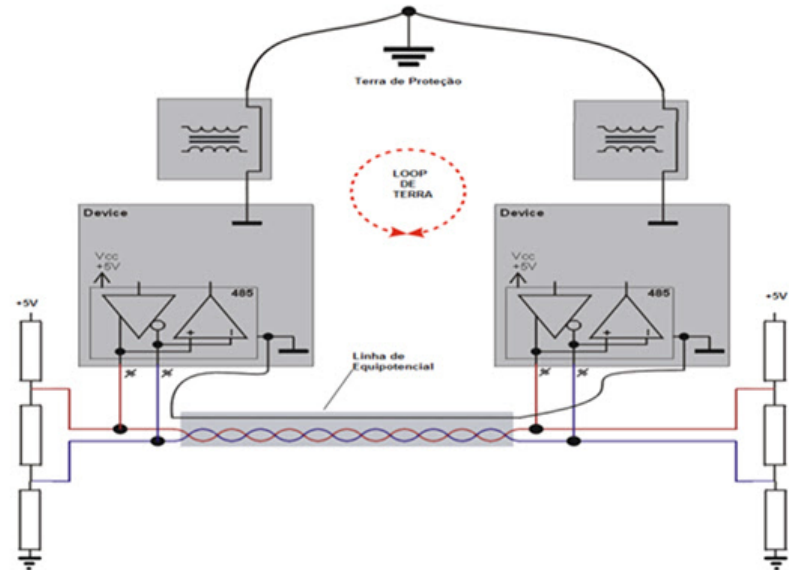


Figura 1.24 - PROFIBUS-DP e os loops de terra.

Uso de Cabos Blindados na minimização de ruídos

Na questão da melhor eficiência de proteção a ruídos, a dupla blindagem (trança e folha) tem sido aplicada com melhora significativa na relação sinal/ruído e podemos comentar que:

- Com dupla proteção com certeza a eficiência é maior. Existem cabos até com mais de 3 proteções. Quanto mais fechada a malha, melhor é a proteção.
- Pode utilizar de o shield (trança) e a folha de maneiras distintas, aplicando-os para baixas e altas frequências.

No caso das baixas frequências pode-se aterrar o cabo em apenas uma das extremidades e espera-se neste caso que nestas frequências a blindagem apresente o mesmo potencial. Com isto teríamos uma maior proteção em ruídos de baixas frequências.

No caso das altas frequências, a blindagem apresentará alta suscetibilidade ao ruído e neste caso, recomenda-se que seja aterrada nas duas extremidades (aqui alguns cuidados devem ser tomados na prática por questões de equipotencialidade e mesmo segurança).

Com esta alternativa da dupla proteção, protegeria a comunicação das baixas e altas frequências, sendo melhor na proteção a EMI.

A eficácia da malha (trança) é geralmente mais eficaz em baixas frequências, enquanto que a folha é mais eficaz em frequências mais altas.

Cabos com shield em espiral precisam ser avaliados, pois podem apresentar efeitos indutivos e serem ineficientes em altas frequências.

Quando se tem o aterramento da malha em um só ponto (vide figura 15), a corrente não circulará pela malha e não cancelará campos magnéticos. Quando se aterra em dois pontos tem dois caminhos da corrente, um para baixas e outro para altas frequências. Vale ainda lembrar que:

- Minimizar o comprimento do condutor que se estende fora da blindagem.
- Garantir uma boa conexão do shield ao terra.

Ocorre uma distribuição das correntes, em função das suas frequências, pois a corrente tende a seguir o caminho de menor impedância. Até alguns kHz: a reatância indutiva é desprezível e a corrente circulará pelo caminho de menor resistência.

Acima de kHz: há predominância da reatância indutiva e com isto a corrente circulará pelo caminho de menor indutância.

O caminho de menor impedância é aquele cujo percurso de retorno é próximo ao percurso de ida, por apresentar maior capacitância distribuída e menor indutância distribuída.

Ao se aterrar o shield em dois pontos:

- Não há proteção contra loops de terra.
- Danos aos equipamentos ativos possivelmente significativos quando a diferença de potencial de terra entre ambos os extremos ultrapassar 1 V (rms) (acima de 1 V (rms) não é recomendado aterrar em dois pontos. Deve-se ter cuidado!).
- A resistência elétrica do aterramento deve ser a mais baixa possível em ambos os extremos do segmento para minimizar os loops de terra, principalmente em baixas frequências.
- Minimizar comprimento da ligação blindagem-referência, pois este excesso de comprimento funciona como uma bobina e pode facilitar a suscetibilidade à ruídos.
- A melhor solução para blindagem magnética é reduzir a área de loop. Utiliza-se um par trançado ou o retorno de corrente pela blindagem.
- A efetividade da blindagem do cabo trançado aumenta com o número de voltas por cm.

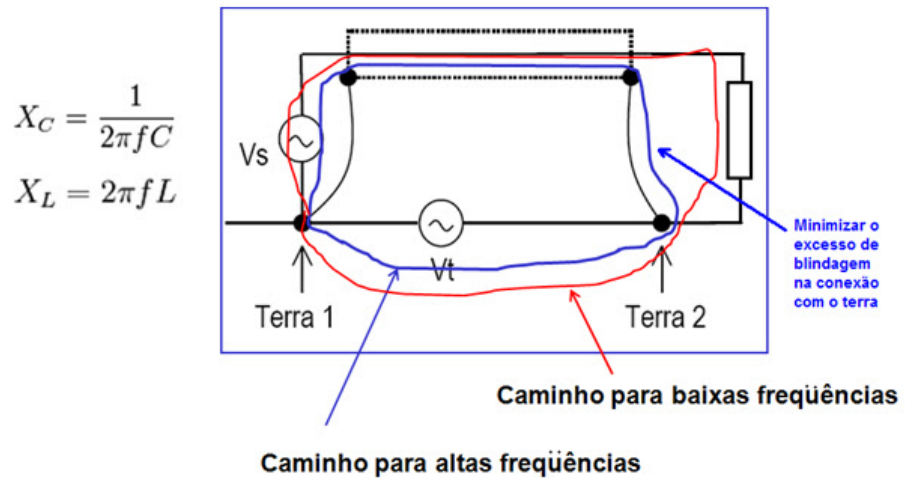


Figura 1.25 - Blindagem em baixa e alta frequência & aterramento em um e dois pontos

Em relação a inversores, que normalmente serão geradores de ruídos, um ponto importante é que a maioria dos inversores possui frequência de comutação que pode ir desde 1.0 kHz a 30 kHz. Além disso, alguns fabricantes de inversores comentam que atendem as normas CE, mas que em instalações envolvendo inversores deve-se:

1. Aterrar adequadamente e segundo os seus manuais (shield aterrado nos dois extremos e as carcaças de motores aterradas são recomendações de fabricantes)
2. Potência de saída, fiação de controle (E/S) e sinal devem ser de cabo blindado, trançado com cobertura igual ou superior a 75%, conduíte metálico ou atenuação equivalente.
3. Todos os cabos blindados devem ter sua terminação num conector blindado apropriado.
4. Os cabos de controle e sinais devem ficar afastados no mínimo 0.3 m fios de força/potência.

Conclusão

Vimos neste artigo vários detalhes importantes. Na próxima parte veremos mais detalhes de instalação. Vale a pena lembrar que o sucesso de toda rede de comunicação está intimamente ligada à qualidade das instalações. Sempre consulte as normas.

A blindagem contra campos magnéticos não é tão eficiente quanto é contra campos elétricos. A blindagem só é eficiente quando estabelece um caminho de baixa impedância para o terra e, além disso, uma blindagem flutuante não protege contra interferências. A malha de blindagem deve ser conectada ao potencial de referência (terra) do circuito que está sendo blindado. Aterrar a blindagem em mais de um ponto pode ser problemático.

Em baixas frequências, os pares trançados absorvem a maior parte dos efeitos da interferência eletromagnética. Já em altas frequências esses efeitos são absorvidos pela blindagem do cabo.

Vale lembrar ainda que se um material não-magnético envolve um condutor faz com que a corrente deste condutor retorne por um outro caminho de tal modo que a área definida pelo trajeto desta corrente é menor do que quando o condutor não é envolvido, então esta proteção será mais efetiva.

Sempre que possível, conecte as bandejas de cabos ao sistema de linha equipotencial.

O seu tempo de comissionamento, startup e seus resultados podem estar comprometidos com a qualidade dos serviços de instalações. Como cliente, contrate serviços de empresas que conheçam e dominam a tecnologia PROFIBUS e que façam instalações profissionais e de acordo com o padrão PROFIBUS.

O conteúdo deste artigo foi elaborado cuidadosamente. Entretanto, erros não podem ser excluídos e assim nenhuma responsabilidade poderá ser atribuída ao autor. Sugestões de melhorias podem ser enviadas ao email cesarcass@smar.com.br. Este artigo não substitui os padrões IEC 61158 e IEC 61784 e nem os perfis e guias técnicos do PROFIBUS. Em caso de discrepância ou dúvida, os padrões IEC 61158 e IEC 61784, perfis, guias técnicos e manuais de fabricantes prevalecem.

Referências:

1. Manuais SMAR PROFIBUS
2. Artigos Técnicos César Cassiolato
3. <http://www.smar.com/brasil2/artigostecnicos/>
4. www.smar.com.br
5. Material de Treinamento e artigos técnicos PROFIBUS - César Cassiolato Especificações técnicas PROFIBUS.
6. Instalações Fieldbus: Acoplamentos Capacitivo e Indutivo - César Cassiolato
7. O uso de Canaletas Metálicas Minimizando as Correntes de Foucault em Instalações PROFIBUS - César Cassiolato
8. Minimizando Ruídos em Instalações PROFIBUS - César Cassiolato
9. Utilização Eficiente de Canaletas Metálicas para a Prevenção de Problemas de Compatibilidade Eletromagnética em Instalações Elétricas", Ricardo L. Araújo, Leonardo M. Ardjomand, Artur R. Araújo e Danilo Martins, 2008, www.emfield.com.br
10. http://www.projetoderedes.com.br/artigos/artigo_interferencias_eletromagneticas.php
11. Manual Inversor WEG
12. Manual Inversor, Drive Siemens
13. Pesquisas na internet
14. http://www.electrical-installation.org/wiki/Coupling_mechanisms_and_counter-measures
15. <http://www.qemc.com.br/>, artigos técnicos Roberto Menna Barreto

* César Cassiolato é Diretor de Marketing, Qualidade e Engenharia de Projetos & Serviços da SMAR Equipamentos Ind. Ltda., foi Presidente da Associação PROFIBUS Brasil América Latina de 2006 a 2010, Diretor Técnico do Centro de Competência e Treinamento em PROFIBUS, Diretor do FDT Group no Brasil, Engenheiro Certificado na Tecnologia PROFIBUS e Instalações PROFIBUS pela Universidade de Manchester.

Siga-nos:



© Copyright 2011 | SMAR Equipamentos Industriais Ltda - todos os direitos reservados - websupport@smar.com

Você está recebendo este informativo da SMAR.com.br devido seu relacionamento com o website ser assinante ou Membro Registrado. Se você deseja ser excluído de futuros e-mails informativos do website SMAR.com.br, por favor [clique aqui](#) e atualize suas preferências.

Este e-mail não pode ser considerado SPAM, pois está em conformidade com o [Código de Ética Anti-Spam e Melhores Práticas de Uso de Mensagens Eletrônicas](#)