

Prevenção de Problemas de Indução Magnética em Cabos de Comunicação

Jeff Roberts and Mark Weber

INTRODUÇÃO

Corrente de magnitude surpreendentemente elevadas podem circular nos cabos de comunicação metálicos quando os mesmos se encontram próximos a circuitos de alta corrente. Essas correntes elevadas podem causar danos ou mesmo operações irregulares.

A título de exemplo, o Apêndice A mostra como uma corrente primária de 10.000 amperes em uma fase pode induzir 75 amperes no cabo de comunicação. Essa corrente induzida poderia danificar os afetar relés, medidores, ou outros equipamentos. Siga as diretrizes neste documento para minimizar o risco de problemas em instalações novas e existentes.

OPÇÕES DE CABOS DE COMUNICAÇÃO

Fibra Ótica

A cablagem de fibra ótica é imune a indução eletromagnética (EMI). Com esse tipo de cablagem, não há circuitos para a terra ou problemas de elevação do potencial de terra (GPR). Transceptores de baixo custo e fibra são disponíveis para uso dentro de conjuntos de manobra e subestações. Os transceptores SEL são alimentados através da porta para proporcionar aplicações e instalações simples e confiáveis.

Isoladores de Porta

A SEL oferece isoladores de linha de dados para uso com portas EIA-232 e cabos de comunicação metálicos. O Isolador de Porta SEL-2910 também isola entradas de código de tempo IRIG-B na mesma porta de comunicações. Estes isoladores abrem circuitos de terra do cabo e são úteis nas aplicações existentes de cabos metálicos em conjuntos de manobra. Nós não recomendamos o uso de isoladores de porta para circuitos fora da sala de controle. Deverá ser usada a fibra ótica para estas aplicações.

Cabos Metálicos

Cabos metálicos são adequados quando todos os equipamentos estão dentro de um gabinete ou em salas de controle afastadas de campos fortes.

Evite passar cabos de comunicação metálicos na mesma bandeja, conduíte, via de cabo, etc. junto com cabos primários. Também, recomendamos a devida precaução em dispor cabos de comunicação próximo de fiação de TC (transformador de corrente), onde o TC possa fornecer correntes elevadas. Se os seus cabos de comunicação precisam passar dentro desses locais, então use fibra ou pelo menos um isolador de porta.

TABELA 1: Comparação de Cabos de Comunicações RS-232

Cabo	Utilização	Vantagens	Desvantagens
Fibra Ótica	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Qualquer ambiente. Selecione transceptor de fibra ótica para casar as necessidades de distancia e dados 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Maior segurança ▪ Dados seguros contra interferência EMI e RFI. ▪ isolação de circuitos de terra e GPR alta ▪ Separa CC do painel ▪ Maiores distâncias entre dispositivos de comuni-cação. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aumento do custo em relação a cabos metálicos.
Cabos Metálicos com Isoladores de Porta	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Conexões gabinete com gabinete ▪ Ambiente de alta corrente (por exemplo, conjunto de manobra blindado) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Elimina correntes de malha ▪ Melhora proteção contra GPR ▪ Separação de CC do painel 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Interferência poderá corromper dados de comunicação. ▪ Ligeiro aumento de custo em relação a cabos metálicos.
Cabos Metálicos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Todos os equipamentos dentro de um gabinete ▪ Entre dispositivos na sala de controle e afastado de circuitos primários. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Baixo custo 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tensão ou corrente de falta pode entrar no cabo. ▪ Trajeto para correntes circulantes (risco de queima de blindagem, danos no equipamento e maior risco para a segurança). ▪ Limitado a curtas distâncias; isto é, comprimento do cabo < 50 pés.

TABELA 2: Recomendações de Cabo RS-232 em Função do Roteamento

Rota do Cabo	Requisitos do Cabo de Comunicação	Recomendado
De Relé externo para a Sala de Controle	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Não pode oferecer um trajeto para correntes circulantes causadas por tensões induzidas ▪ RFI, GPR e FRMI não devem comprometer a segurança do esquema (ou seja, dados usados para desligamento, bloqueio e controle de alta velocidade). 	Fibra ótica
Entre Dispositivos de Conjunto de Manobra Blindados em diferentes estruturas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Deve possuir isolação de 2500V_{rms} entre dispositivos para assegurar que a estreita proximidade dos cabos de comunicações com barramentos não resulte em corrente circulante. 	Fibra Ótica, Isolador de Porta
Proteção interna e painéis de controle	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Rota dos cabos de comunicações separada da fiação de controle de alta corrente. ▪ Pode tolerar erros de dados ocasionais. 	Fibra Ótica, Isolador da Porta, Cabo Metálico.

SUMÁRIO

A indução magnética pode induzir correntes de alta magnitude nos cabos de comunicação quando estes cabos são aterrados em ambas as extremidades e os cabos estão próximos a circuitos conduzindo correntes de grande magnitude.

A SEL, portanto, recomenda o uso de isoladores de porta, tais como o SEL-2910; ou fibra ótica, tal como a família de transceptores SEL-2800, sempre que a indução magnética for uma possibilidade.

APÊNDICE A: TENSÃO INDUZIDA CAUSA CORRENTE CIRCULANTE

A SEL tem efetuado medições das correntes circulantes em cabos de comunicações localizados dentro de conjuntos de manobra blindados, sob condições de carga normais. Em um caso, 10 amperes de desequilíbrio de corrente do primário resultaram em 0,1 ampere de corrente circulante na blindagem do cabo de comunicação. Portanto, durante uma falta desbalanceada de 10.000 amperes, 100 amperes circulariam no terra do cabo de comunicação. Esse grande fluxo de corrente poderia destruir as blindagens do cabo de comunicação, o aterramento da porta de comunicação na qual o cabo está conectado, etc. A elevada corrente circulante também poderia causar falhas de comunicações ou erros de medições de relés durante grandes correntes de falta.

Figura A.1 ilustra a condição na qual a corrente circulante é induzida a partir de um condutor com alta corrente em um cabo de comunicação metálico paralelo. Suponha que haja uma corrente I circulando em um condutor, tal como uma linha principal de força dentro do conjunto de manobra blindado. Também supomos que o cabo de comunicação que liga os dois dispositivos está aterrado nas duas extremidades. A corrente I que circula no condutor que leva a corrente produz fluxo magnético (Lei de Ampere). A força eletromotriz (fem) é produzida quando uma malha metálica fecha o fluxo magnético (Lei de Faraday). Tendo em vista que a malha é metálica, uma corrente circula na mesma e a magnitude desta corrente é proporcional à fem e à resistência da malha.

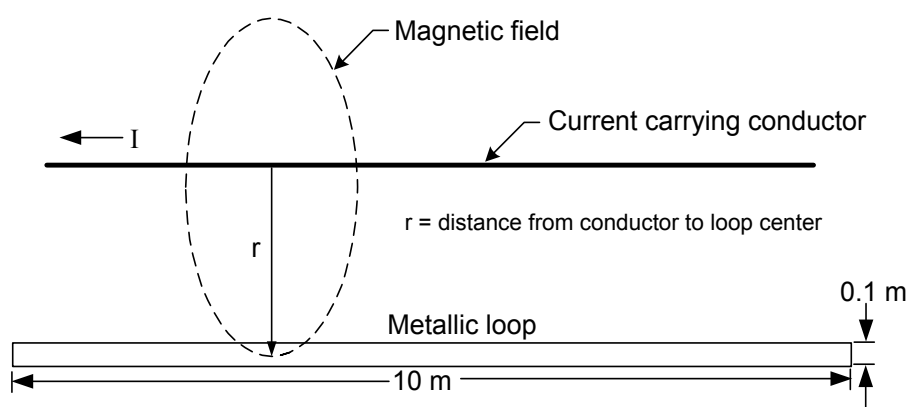


FIGURA A.1 – Corrente em um Condutor Induz Tensão no Circuito Paralelo

A Lei de Ampere declara que o fluxo magnético produzido pelo condutor com a corrente é proporcional à corrente no condutor e inversamente proporcional à distância em relação ao condutor.

$$H = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot r} \quad [A / m] \quad (1)$$

Relacionando a intensidade do campo magnético, H , com a densidade do fluxo magnético, B (onde μ_0 é a permeabilidade do espaço livre);

$$B = \mu_0 \cdot H \quad [Wb/m^2] \quad (2)$$

Substituindo a Equação 1 pela Equação 2, temos:

$$B = \frac{\mu_0 \cdot I}{2 \cdot \pi \cdot r} \quad [Wb / m^2] \quad (3)$$

onde:

B = Densidade de fluxo [Wb/m²]

$\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$ [H/m]

I = corrente de falta, $I \cdot \sin(2\pi f)$ [A]

r = distância do condutor ao ponto de interesse [m]

A Lei da Indução de Faraday descreve como uma fem induzida é igual à taxa de troca de fluxo dentro de uma área fechada.

$$fem = - \int \frac{dB}{dt} \cdot ds \quad [V] \quad (4)$$

Substituindo a Equação 3 pela Equação 4 e executando as operações de derivada e integral, temos:

$$fem = \frac{\mu_0 \cdot f \cdot I \cdot s}{r}$$

onde:

f = frequência do sistema de potência [Hz]

r = distância do condutor ao centro do raio da malha [m]

s = área da malha [m²]

Para calcular a corrente da malha, divida a fem induzida pela resistência da malha.

$$I_{loop} = \frac{fem}{R_{loop}} \quad [A] \quad (6)$$

Substituindo equação 5 pela equação 6, temos:

$$i_{loop} = \frac{\mu_0 \cdot f \cdot I \cdot s}{r \cdot R_{loop}} \quad [A] \quad (7)$$

Para um sistema de potência em 60 Hz, a Equação 7 se torna:

$$I_{loop} = \frac{7,54 \cdot 10^{-5} \cdot I \cdot s}{r \cdot R_{loop}} \quad [A] \quad (8)$$

A título de exemplo, vamos supor que I = 10 A, f = 60 Hz(f), s = 1 m², r = 1 m, e R_{loop} = 0,01Ω. Para este exemplo, a corrente induzida na malha metálica é 0,0754 A.

Para uma magnitude de corrente de falta de 10 kA e usando a mesma área da malha e distância em relação ao condutor de corrente, i_{loop} = 75 A!

ISOLADORES DE PORTA PARA PREVENÇÃO DE CORRENTE CIRCULANTES

Figura A.2 mostra o par excitador de transmitir (TX) e receber (RX) de uma conexão de comunicação EIA 232 entre dois dispositivos. Observe que tanto TX₁, quanto RX₂ são referenciados à terra. Dando TX₁ e RX₂ a mesma referência através da blindagem (ou fio de aterramento) melhora-se a integridade dos dados com a minimização da área da malha entre o sinal de dados e os fios de aterramento no cabo de comunicação.

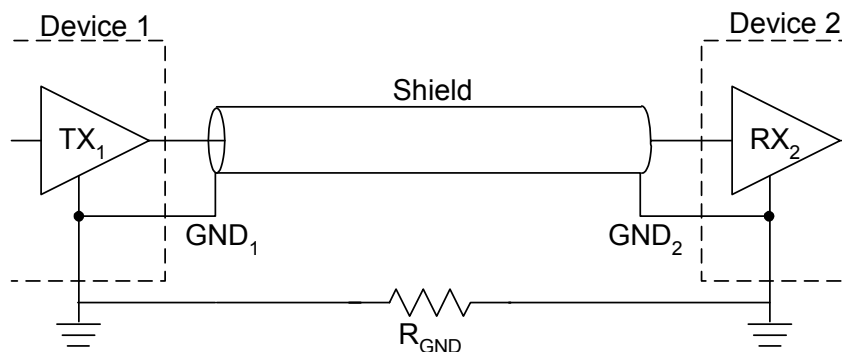


FIGURA A.2: A Remoção do Aterramento do Cabo Aumenta Indesejavelmente a Área da Malha

A partir da discussão acima, vemos que a corrente pode induzir uma pequena tensão em outros circuitos. Como uma solução rápida para o fluxo de corrente circulante em uma instalação existente, pode ser tentador simplesmente cortar a conexão de terra em uma ou ambas as extremidades de um cabo de comunicação EIA-232 – GND₁ e GND₂, respectivamente. Isso reduz a corrente que flui no fio de terra por causa da impedância mais alta, porém o canal de comunicações fica mais suscetível a interferência causada pelo aumento da área da malha, degradando a capacidade dos canais de comunicação de fazer o intercâmbio de dados de maneira confiável.

Nós podemos prevenir a corrente circulante no cabo de comunicações com o uso de uma barreira de isolamento ótica. Com essa abordagem, cada TX e RX é referenciada ao terra local. É importante saber como as suas portas de comunicação são configuradas e aterradas. Por exemplo, os sistemas de comunicações mostrados nas Figuras A.3 e A.4 ilustram instalações que requerem um isolador de porta no Dispositivo 1. Na Figura A.4 observe que enquanto TX1 e RX1 são isolados, os sinais de terra do chassis e remoto ainda estão conectados no Dispositivo 1. O sistema mostrado na Figura A.5 não requer um isolador de porta, uma vez que o terra do chassis do Dispositivo 1 é isolado do terra do Dispositivo 2.

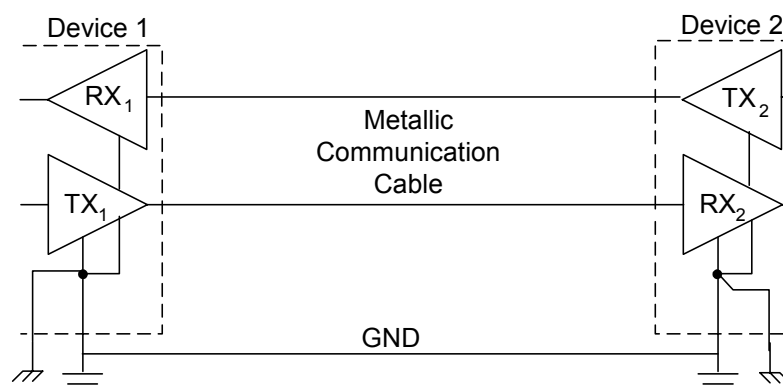


Figura A.3: Dispositivo 1 (ou 2) Requer um Isolador da Porta

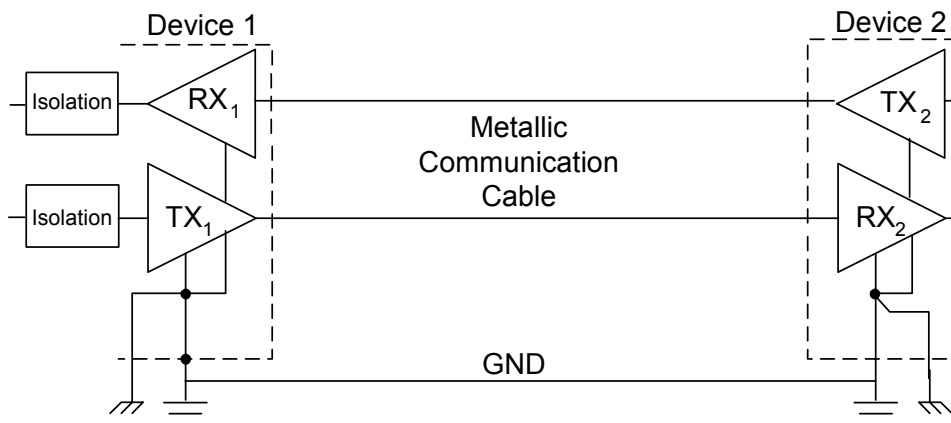


Figura A.4: Dispositivo 1 Ainda Requer um Isolador da Porta

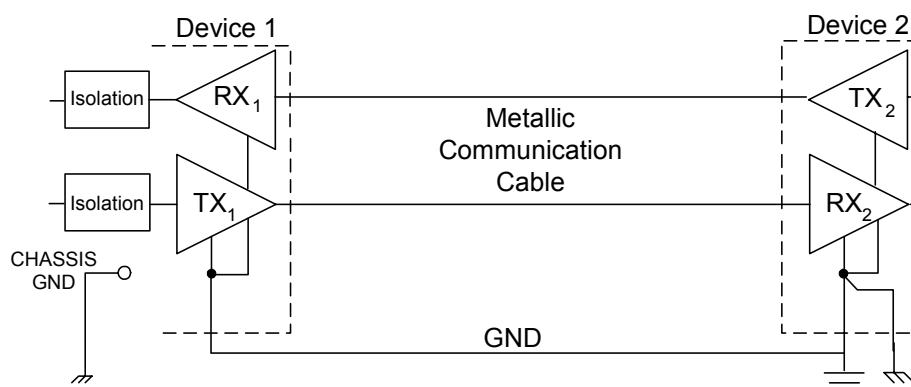


Figura A.5: Isolação Completa no Dispositivo 1 Previne Fluxo de Corrente Circulante