

O QUE VOCÊ DEVE SABER SOBRE CABOS PARA VARIADOR DE VELOCIDADE

Paulo Eduardo Mota Pellegrino (2009)

Basicamente um variador de velocidade (VV) converte ou retifica a entrada de 60Hz (CA) para corrente contínua (CC). Depois inverte essa CC novamente para uma saída CA mas com uma frequência fundamental variável ou ajustável. Esta saída CA para o motor é modulada por largura de pulso (PWM) na seção do inversor do VV. Isto é feito através de dispositivos de estado sólido IGBT (*insulated gate bipolar transistors*), GTO (*gate turn off*), ou BJT (*bipolar junction transistors*). Os novos IGBT produzem um pulso CC com alta taxa de elevação de tensão. Isto é bom pois permite um controle de velocidade melhor e mais preciso mas que também pode causar problemas no motor ou no cabo que liga o VV ao motor.

Para esses pulsos de alta frequência o motor é visto como uma alta impedância e, portanto, o isolamento pode apresentar falhas, principalmente nas primeiras espiras do estator. Este problema foi verificado por vários anos e foi eliminado pelo uso de motores especificados para funcionar com VV e também pelo uso de reatores e filtros de saída. Os isolamentos dos cabos são vulneráveis a esses picos de tensão além de estar sujeitos a um ambiente de operação agressivo caracterizado por altos níveis de ruído e condições ambientais adversas.

Como os VV produzem milhares de pulsos a cada segundo essa frequência de comutação pode se tornar um problema, principalmente se o cabo entre o VV e motor for maior que 150m.

As correntes e tensões de alta frequência produzidas pelos VV, são da ordem de 2000 a 8000Hz ou mesmo maiores. Essas frequências de comutação as quais são o princípio de operação dos VV causam uma radiação eletromagnética do mesmo modo que as antenas.

Extensivos testes realizados por fabricantes de motores mostram que cabos com comprimento maior que 150m contribuem para produzir descargas de alta tensão que poderão causar falha nos enrolamentos do motor. Os testes também mostraram que se pode esperar picos de 1500 a 2000V ou mais nos terminais de motores de 460V. Isto é causado pelas diferentes impedâncias do cabo e do motor quando, então, parte da energia dos pulsos de onda é refletida dos terminais do motor. Isto é conhecido como tensão refletida.

A relação entre o comprimento do cabo, o isolamento do motor e a taxa de elevação dos pulsos do VV são muito complexos. Cada variável desempenha um papel no efeito corona produzido no qual as altas tensões das descargas parciais se descarregam, ionizando o ar e deteriorando o isolamento. Se uma determinada combinação (motor, VV, e comprimento/tipo de cabo) trabalham bem, modificando-se qualquer variável poderá modificar tudo.

Mesmo que o comprimento do cabo não seja um problema, os motores alimentados por PWM poderão apresentar uma temperatura de 10 a 20 °C maior quando comparado a uma alimentação com ondas senoidais. Essa temperatura mais elevada pode causar deterioração do isolamento e causar uma falha. Deve-se lembrar da regra prática de que a cada acréscimo de 10 °C a vida cai pela metade. Isso significa que se um motor estiver numa temperatura de 20 °C mais elevada, sua vida fica encurtada de ¼ de sua vida normal.

E para piorar o quadro, os VV geralmente funcionam a baixa velocidade e em consequência as *ventoinhas* dissipam menos calor tornando o motor mais quente e levando mais calor para dentro do enrolamento.

Felizmente a maioria das aplicações com VV envolvem motores acionando ventiladores e bombas. Essas cargas centrífugas requerem uma potência que aumenta com o cubo da velocidade. Em baixas velocidades portanto a potência cai significativamente. Esses fatores não necessariamente compensam um ao outro de modo que prever a temperatura do enrolamento é difícil.

Para eliminar ou reduzir os picos perigosos de tensão alguns usuários utilizam filtros de linha para proteger seus motores. Tais filtros dissipam a energia armazenada nos cabos longos. Embora os filtros não sejam muito caros eles são um elemento a mais no sistema e, portanto, sempre que possível, deve-se evitar cabos com comprimentos maiores que 150m.

Os filtros colocados na saída dos VV suavizam a tensão para o motor e removem os componentes irradiados de alta frequência.

Os filtros são inevitavelmente alojados em coberturas condutivas que atuam como escudos de radiação altamente eficazes. Assim a energia de alta frequência removida da tensão e corrente são direcionadas para a terra e não para o motor.

Em geral o comprimento dos cabos para o motor deve ser o menor possível de modo a minimizar a radiação. Isto também tem como vantagem de limitar a corrente de dispersão capacitiva a qual interfere com a operação dos componentes de proteção como os dispositivos de corrente residual. O aterramento dos cabos do motor deve ser feito nos dois extremos, do motor e VV.

Normalmente utiliza-se uma isolamento muito mais espessa e eletricamente mais estável nos condutores. Esta isolamento mais espessa aumenta a distância física entre os condutores, diminuindo a probabilidade do efeito da descarga por efeito Corona.

A distância aumentada entre os condutores também reduz a capacitância entre eles, aumentando a eficiência na transmissão de potência e melhorando a expectativa de vida tanto do motor como do cabo. A capacitância reduzida também ajuda a diminuir a amplitude das ondas estacionárias.

A segunda característica construtiva exclusiva dos cabos para Inversores de Frequência é sua eficiente blindagem dupla.

Você sabia que é possível proteger os seus PLCs contra os efeitos nocivos da EMI/RFI (interferências causadas pela emissão de sinais eletromagnéticos) simplesmente utilizando cabos elétricos para Inversores de Frequência com dupla blindagem?

Quando se utilizam cabos sem a dupla blindagem nas instalações de Inversores de Frequência, estes cabos acabam funcionando como uma antena que concentra e capta os ruídos eletromagnéticos, trazendo-os para dentro das instalações.

Devido à própria natureza de sua operação, os Inversores de Frequência constituem, por si só, em um ponto gerador de ruídos eletromagnéticos. Contudo, este problema pode ser sensivelmente atenuado quando se utilizam os cabos elétricos adequados e projetados para esta aplicação - ou seja, os cabos de dupla blindagem.

A dupla blindagem é composta por uma malha associada a uma folha aluminizada. A malha apresenta propriedades que barram as interferências de baixa frequência, enquanto que a folha aluminizada é muito eficiente para atenuar as interferências de alta frequência. Ou seja: utilizando a dupla blindagem, você obtém um espectro maior de bloqueio das interferências - em todas as frequências.

Os cabos elétricos convencionais, isolados em PVC apresentam um grave inconveniente quando aplicados aos Inversores de Frequência: a menor capacidade de isolamento elétrica. Normalmente aplicados em ambientes industriais, os cabos operam expostos a vapores e temperaturas elevadas; e o isolamento PVC costuma absorver estes vapores, tornando os cabos elétricos mais suscetíveis ao chamado *efeito corona*, ou seja, é mais suscetível a falhas devido aos picos de tensão e ondas refletidas.

Os cabos para Inversores de Frequência são fabricados com outro material em sua isolamento: o polietileno reticulado (XLPE) por apresentar melhor capacidade de isolamento que o PVC. Normalmente os cabos são construídos com espessura de isolamento maior que a necessária especialmente no caso do polietileno reticulado (XLPE) o qual apresenta alta resistência dielétrica. Os cabos com isolamento XPLE e com um recobrimento ou blindagem metálica apropriados apresentam menor capacitância. Portanto podem ser usados em comprimentos longos embora a diferença entre as impedâncias e tensões refletidas ainda irão ocorrer.

Alguns anos atrás um fabricante de VV conduziu um estudo para verificar qual a melhor construção que um cabo deveria ter para uso em VV. Para isso oito diferentes tipos de construção de cabos foram usados num mesmo VV. Seis desses cabos eram de especificação UL e os dois restantes de especificação IEC. A montagem do conjunto foi feita de maneira a representar uma instalação industrial real porém equipamentos de medição foram instalados de modo a medir os dados elétricos que seriam utilizados para comparação. Foram definidos cinco objetivos para os testes a serem realizados:

- a) selecionar um cabo que minimizasse as correntes de terra induzidas para um VV
- b) selecionar um cabo que minimizasse as correntes de modo comum
- c) selecionar um cabo que minimizasse a tensão na carcaça do motor e consequentemente a corrente nos mancais
- d) selecionar um cabo que minimizasse as interferências com os cabos adjacentes
- e) selecionar a melhor conexão elétrica entre bainhas/blindagem e terra

Os resultados dos testes bem como as considerações econômicas para os cinco casos acima foram tabelados utilizando *fatores de ponderação* baseados na sua importância. Nenhum cabo foi avaliado como o melhor em todas as categorias e o melhor de todos eles não foi o melhor em mais categorias que os sete cabos restantes, mas na contagem total da ponderação ele foi o melhor.

Dos oito cabos estudados o melhor deles foi aquele com três condutores isolados com XLPE, com condutores de aterramento, uma bainha contínua de alumínio e uma cobertura total. O XLPE é reconhecido como um excelente material isolante e com elevado valor de ruptura por tensão de impulso.

Questões que afetam a seleção de um cabo	
INTERFERÊNCIA ELETROMAGNÉTICA (EMI) (ver nota)	Corrente/Tensão induzida em cabos adjacentes
	Perturbação de equipamentos e/ou processos
	Perigo potencial: equipamento desenergizado pode ser ativado por acoplamento eletromagnético/eletrostático enquanto estiver em manutenção
CORRENTES DE TERRA	Correntes são induzidas no Terra de Proteção
	Perturbação dos circuitos de controle: quando os circuitos de potência e controle dividem o mesmo sistema comum.
CORRENTES DE MODO COMUM	Causada por correntes introduzidas por um desequilíbrio entre o VV e o cabo de potência
	Correntes de fuga retornando para o inversor via mancais do motor causando falha no mancal
ONDAS REFLETIDAS	Também conhecido como Efeito de Linhas de Transmissão ou Ondas Estacionárias: devido a diferença de impedância entre o cabo e os terminais do motor
	O cabo sente um pulso de tensão até 195% do pico da RMS

Nota: Ruído Irrradiado – o cabo entre o inversor e o motor funciona como antena
 Ruído Conduzido – sinais elétricos circulando pelos cabos e malha de terra

NÃO DEIXE DE LER:

Inversor de Frequência Técnicas e Cuidados na Aplicação

<http://www.tecnaut.com.br/old/utilidades/Tecnicas%20e%20cuidados.pdf>