



www.texpi.com.br – End: Rod. Raul de Azevedo Macedo, 10.002

Estr. Bateias, Campo Largo, PR, CEP 83648-000, Tel. 41-3393-2122

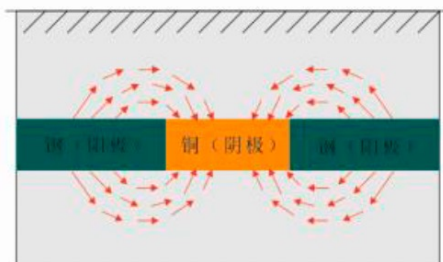
Sistemas de Aterramento Baseados em Grafite

- Resultado de pesquisas na busca de alternativas a aterramentos metálicos que apresentam os seguintes problemas:
 - Corrosão do material:
 - Bimetálica
 - Por stress mecânico (dobra)
 - Termopar (diferença de temperatura)
 - Diferença de concentração salina de solos adjacentes
 - Composição diferente de solos
 - Gradiente de concentração de oxigênio



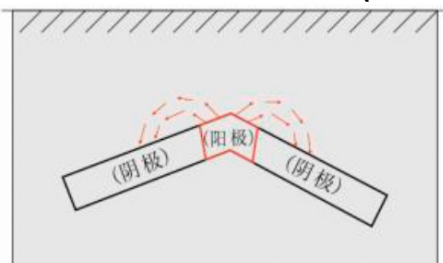
Sistemas de Aterramento Baseados em Grafite

- Bimetálica



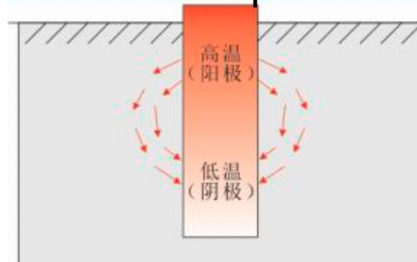
A corrente de corrosão será gerada quando dois metais diferentes estiverem próximos, forem soldados ou introduzidos nos pontos de solda.

- Stress mecânico (dobra)



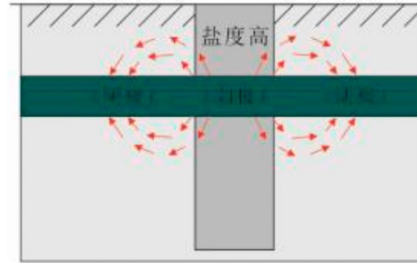
O material, se dobrado, dará origem a um ponto de stress onde correntes corrosivas poderão ser geradas entre a parte dobrada e os locais vizinhos.

- Termo acoplamento



Corrosão por diferença de temperatura (termopar): A diferença entre a temperatura do solo e a temperatura subterrânea do aterramento gera correntes corrosivas em locais com diferentes temperaturas.

- Diferença de concentração salina

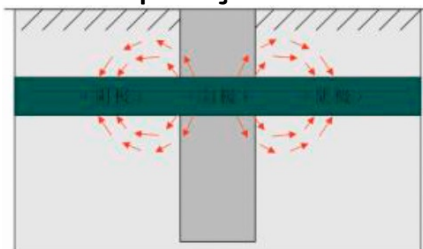


Se dois solos de diferentes salinidades estiverem em contato com o cabo de terra, corrente corrosiva é gerada entre locais de diferentes salinidades.



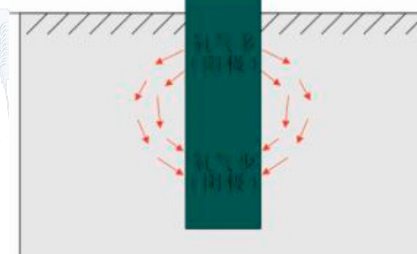
Sistemas de Aterramento Baseados em Grafite

- Composição de solos adjacentes diferentes



Se dois tipos de solo adjacentes com naturezas diferentes estiverem em contato com o cabo de terra, correntes corrosivas são geradas entre os locais com solos diferentes.

- Gradiente de concentração de oxigênio



Grande diferença de concentrações de oxigênio ao longo do eletrodo de aterramento gerará correntes corrosivas entre os locais com diferentes concentrações de oxigênio.

Qualquer tipo de metal seria corroído no solo, particularmente aço, alumínio, etc.

Três maneiras são tradicionalmente utilizadas para evitar que o material de aterramento de metal seja corroído no solo:

1. Proteção catódica do ânodo de sacrifício: Requer alto investimento e custo de manutenção;
2. Revestir a superfície do material de aterramento com metais resistentes à corrosão: a camada de revestimento é fina e vulnerável a danos; o revestimento danificado gerará pares bimetálicos que aceleram a corrosão;
3. Envolver firmemente o material de aterramento com grafite para isolá-lo do solo: o tamanho não consegue ser estendido e mais pontos de soldagem são necessários, o que torna o aumento da resistência à corrosão menos eficaz.



Sistemas de Aterramento Baseados em Grafite

- O grafite não dá origem a nenhum potencial corrosivo:
 - Portanto, "produtos de grafite supercondutores resistentes à corrosão" não apresentam os problemas de corrosão como os listados anteriormente.



Sistemas de Aterramento Baseados em Grafite

- Vantagens:

- 1. O produto resistente à corrosão é feito de grafite exfoliado a cerca de 3.500°C sem reação com água, ácido, sal e álcali. Os metais são embutidos em óleo e plástico filmado para evitar corrosão bimetálica.
- 2. O produto é de fácil aplicação. Duas chaves de boca comuns seriam suficientes para montagem, não requer qualquer soldagem. A tira flexível pode ser dobrada à vontade, é fácil de transportar e aplicável a qualquer forma de terreno.
- 3. O produto possui boa condutividade. A condutividade de eletrodos de baterias é semelhante à dos metais e baterias têm fortes propriedades de absorção de água, o que a torna boa na redução da resistência para ser particularmente aplicável ao aterramento de torres de linhas de transmissão de energia.
- 4. O produto demonstra retorno econômico favorável a longo prazo, desempenho confiável e não requer substituição em trinta anos.



Sistemas de Aterramento Baseados em Grafite

- Especialmente projetado para solos de alta resistividade elétrica ou para redução de resistência de áreas escavadas:
 - Por exemplo, áreas montanhosas, desertos etc...



Sistemas de Aterramento Baseados em Grafite

Item	Barra/Cabo de Aço Galvanizado	Módulo de Aterramento	Aço Revestido de Cobre	Haste de Aterramento de Plasma	Cordoalha de Aterramento de Grafite Resistente à Corrosão
Absorção de água	N / A	Bom	N / A	Bom	Bom
Resistência à Corrosão	Fácil de ser corroído	O aço nas conexões é fácil de ser corroído	Para permitir que o aço plano passe suavemente pelos tubos de cobre, muito óleo lubrificante é aplicado. Portanto, alguma quantidade de resíduos de óleo lubrificante na parede interna formam uma película fina após a instalação. Então, ele se decompõe em substâncias ácidas que corroem internamente e aumentam a resistência.	O metal base é corroído rapidamente na superfície se for aplicado um agente redutor de resistência excessivo	O projeto completo de aterramento de grafite da grade de aterramento é livre de metal e, portanto, nunca corrói.
Condutividade	Resistência maior que o cobre	Bom		Excelente, devido ao agente redutor de resistência excessiva	O grafite tem boa condutividade com baixa resistência, não tão boa como o cobre mas compensa na área de contato
Desempenho Mecânico	Duro, não fácil para dobrar, fácil quebrar a camada de galvanização da superfície ao ser dobrado	Frágil, quebra durante o transporte	Duro, não é fácil de dobrar	Bom	Leve e flexível
Corrosão Bimetálica	Projeto completo em metal, fácil de ser corroído	Fácil de causar a corrosão bimetálica após absorção de água	N / A	N / A	O projeto de aterramento de grafite é livre de metal e, portanto, nunca corrói.



Sistemas de Aterramento Baseados em Grafite

Item	Barra/Cabo de Aço Galvanizado	Módulo de Aterramento	Aço Revestido de Cobre	Haste de Aterramento de Plasma	Cordoalha de Aterramento de Grafite Resistente à Corrosão
Dificuldade na Construção	Muita escavação, a proteção contra corrosão dos pontos de solda é necessária nos pontos de soldagem, procedimentos complicados, difícil de construir e caro	Muita escavação, a proteção contra corrosão dos pontos de solda é necessária nos pontos de soldagem, procedimentos complicados, difícil de construir e caro	Muita escavação, a proteção contra corrosão dos pontos de solda é necessária nos pontos de soldagem, procedimentos complicados, difícil de construir e caro	Construção vertical, menos escavação, porém bem mais profunda, difícil para escavar, precisa de solda, bastante trabalhoso	Menos escavação, chaves comuns são suficientes para construção, eficientes e mais baratas
Vida Útil	3-7 anos	4-7 anos	10 anos	3-5 anos	30 anos
Transporte	Grande dimensão, pesado, não é fácil de manusear	Grande dimensão, pesado, não é fácil de manusear	Grande dimensão, pesado, não é fácil de manusear	Precisa de bastante transporte para muitos preenchimentos	Leve, sem quebras durante o transporte
Eficiência Econômica	Baixo custo inicial, expectativa de vida pequena, precisa ser mantido 4-10 vezes em 30 anos, geralmente custo final maior	Baixo custo inicial, expectativa de vida pequena, precisa ser mantido 4-10 vezes em 30 anos, geralmente custo final maior	Custo do material mais elevado, precisa de manutenção, geralmente custo mais alto ao longo da vida útil	Grande investimento, manutenção freqüente, baixa economia e eficiência	Maior custo no primeiro investimento, livre de manutenção por 30 anos, menor custo geral ao longo da vida útil.
Resistência a Altas Temperaturas	Fácil derreter nas soldas entre metais (ponto de fusão do aço: 1.539°C)	Fácil derreter nas soldas entre metais (ponto de fusão do aço: 1.539°C)	Ponto de fusão: 1.083°C	Grande área de aterramento, ponto de fusão de aterramento 1,083°C	Sem metal, sem fusão, resistência a altas temperaturas (grafite derrete a 3,850°C)



Sistemas de Aterramento Baseados em Grafite

• Exemplos:

• Torre 2340 LT 400kVDC Chaila:

- Resistência à terra medida **antes** do reparo: **29,73 ~31,98 ohms**
- Estado do material de aterramento (cabo galvanizado): Completamente corroído
- Resistência à terra **depois** da instalação do sistema de grafite: **2,1~4,68 ohms**



Name of line and tower No.	Chaila Direct-current ±400kV 2340#
Date of completion	Oct. 25, 2015
Material of original earthing grid before modification	Steel rod
Earthing resistance before modification	29.73 – 31.98
Operating status of earthing grid	Corroded, unacceptable earthing resistance
Earthing material after modification	Superconductive corrosion-resistance earthing strip
Manufacturer	HENAN SIDA ELECTRIC POWER EQUIPMENT CO., LTD.
Type of earthing grid	Block + quadrangle (horizontal)
Earthing resistance after modification	2.1 – 4.68 Ω
Resistance reduction rate	60% - 70%
Acceptance	Acceptable



Sistemas de Aterramento Baseados em Grafite

- Exemplos:
 - Torre 2340 LT 400kVDC Chaila:



Sistemas de Aterramento Baseados em Grafite

• Exemplos:

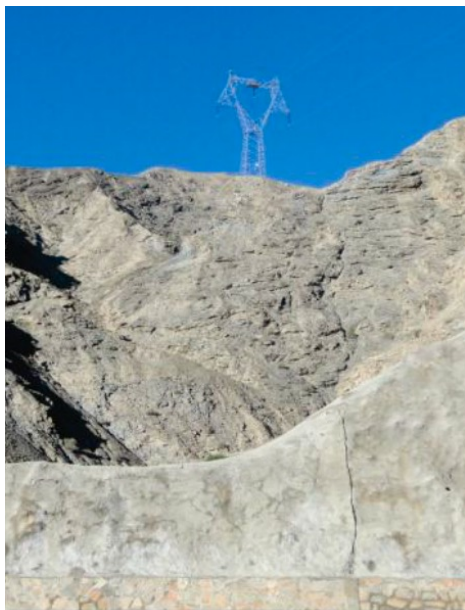
- Torre 113 LT 2 - 220kV
Shijin - Topo de montanha
 - Resistência à terra medida **antes** do reparo: **23 ohms**
 - Estado do material de aterramento (cabo galvanizado): Severamente corroído
 - Resistência à terra **depois** da instalação do sistema de grafite: **2,4~4,3 ohms**
 - 50m de cordoalha e 50m de manta de redução de resistência

Name of line	220kV 2852 Shijin Line 2
Tower No.	113
Landform	Mountain top
Geology	A mountainous area with surface containing small amount of soil gravels
Soil resistivity	2,000Ω
Earthing resistance before modification	23Ω
Original earthing grid	The steel rod earthing was badly corroded by salt with corroded breaks
Material of earthing grid before modification	Superconductive corrosion-resistance earthing strip + graphite resistance reduction cloth (non-corrosive non-metalic material)
Type of earthing grid	As limited by the landform, close-loop + two-angel radioactivity is adopted
Quantity	Earthing strip 50m, resistance reduction cloth 50m
Type of backfilled soil	Crumbled soil with surface containing gravels
Resistance measurement after construction	2.4Ω 3.8Ω and 4.3Ω
Acceptance	Conforming, accepted



Sistemas de Aterramento Baseados em Grafite

- Exemplos:
 - Torre 113 LT 2 - 220kV
Shijin - Topo de montanha



Sistemas de Aterramento Baseados em Grafite

- Exemplos:

- Torre 9 - LT 500kV Changan
 - Resistência à terra medida **antes** do reparo: **27 ohms**
 - Resistividade do solo: 1270 ohms.m
 - Resistência à terra **depois** da instalação do sistema de grafite: **11 ohms**

Certificate of Operation

To: HeNan Sida Electric Power Equipment Co., Ltd.,

As a part of 500KV-220KV Changling grid connection project newly built by State Grid Anshan Power Company, Changan Line Tower 9 was built with the graphite earthing strips (dimension: 4cm*0.5cm, material: braided graphite bandlet) researched and developed by HeNan Sida Electric Power Equipment Co., Ltd. The measured soil resistivity was 1,270 and the 20m-long 4 graphite earthing strips were measured 27Ω and total of the 4 strips was 11Ω. This is in conformity with the 15Ω requirement for line operation.

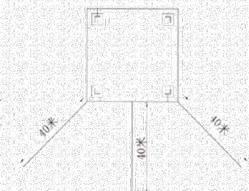
The graphite earthing strips researched and developed by HeNan Sida Electric Power Equipment Co., Ltd. are applicable to conditions with high soil resistivity and poorly-equipped towers and poles in mountainous areas with fine efficiency and trial operation performance.



Sistemas de Aterramento Baseados em Grafite

• Exemplos:

- Torre 063 - LT 330kV Zaokai
 - Resistência à terra medida **antes** do reparo: **135 ohms**
 - Estado do material de aterramento (cabo galvanizado): Completamente corroído
 - Resistência à terra **depois** da instalação do sistema de grafite: **3,4 ohms**
 - 150 m de cordoalha de grafite

The Client	Emergency Repair Center of Ningxia Power Transmission and Transformation Engineering Company		
Soil geology and landform	Desert hills		
Name of line	330kV Zaokai Line I	Tower No.	063
Name of material	Superconductive corrosion-resistance strip	Specification	BJN-D40
Quantity	150m	Date	Nov. 27, 2015
Type of measurement instrumentation	ZC 29B-2	Reference standard	GB/T19749.1-2000
1. Earthing resistance of tower earthing device before modification: The measurement instrument is ZC29B-2 in accordance with Clause 12.1 GB/T19749.1-2000. Where, the measured electrode diameter is 10mm and insertion depth is 0.3m, the distance of the current electrode from earthing lead is 40m and that of potential electrode from earthing lead is 20m, as shown in Fig.1. Earthing resistance measurement was 135Ω, higher than the acceptance criteria. After excavation, the original earthing steel rod was found badly corroded, not in compliance with earthing grid criteria. 2. Layout of new earthing system The tower is located at an area with east, north and west surrounded by sand dunes, so it was decided that the layout should be a square with perimeter 30m and three 40m lines at the south surrounding the tower. The total length of the earthing lead should be 150m (as shown in Fig.2).  In this circumferential quadrangle radioactivity type, the total length L=150m and bury depth is 0.8m. 3. Measurement of earthing resistance new laid-out earthing device: Earthing resistance measurement after modification was R=3.4Ω. suggestion or comments from the client: Easy to install, corrosion resistance, good conductivity.			



Sistemas de Aterramento Baseados em Grafite

- Exemplos:
 - Torre 063 - LT 330kV Zaokai

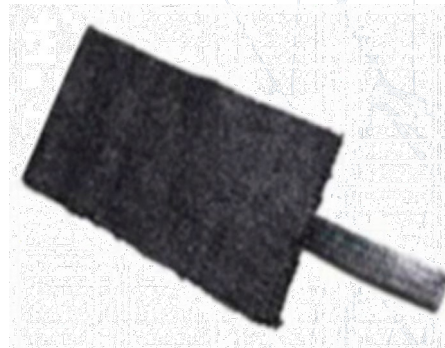


Sistemas de Aterramento Baseados em Grafite Q&A

- Por que os produtos de grafite são mais caros do que o custo de construção de com cabos de aço galvanizados comuns?
 - As tiras de aterramento supercondutoras resistentes à corrosão são fabricadas com materiais condutores não metálicos em um processo de fabricação especial. Os produtos apresentam boa condutividade e nunca corroem. Comparado com os produtos tradicionais, o custo do material é maior, porém a relação custo-benefício geral é menor. Uma vez colocados em uso, os produtos de grafite não exigem substituição dos dispositivos de aterramento, nenhum investimento é repetido em recursos humanos e materiais. Em uma palavra, o custo do produto é o mais baixo no ciclo de vida útil.
- Quais são os pontos fortes dos produtos?
 - As cordoalhas de aterramento supercondutoras resistentes à corrosão são livres de íons corrosivos e resistentes a ácidos, álcalis e sais. As cordoalhas permanecem estáveis em suas características de resistência à corrosão e podem efetivamente estender o ciclo de vida do sistema de aterramento;
 - A condutividade elétrica dos produtos depende principalmente da condução eletrônica com contato próximo entre as cadeias de elétrons. Diferente da condução iônica, a condução eletrônica não depende de íons com solução aquosa e apresenta excelente condutividade;
 - A disponibilidade condutiva dos material com base em carbono é maior que 80% sem apresentar efeito pelicular em alta frequência, não é magnético e tem estrutura tecnológica especial;
 - A grande área de contato e seção plana permitem expandir em muitas vezes o contato com a terra para fornecer a necessária eficiência de redução de resistência ôhmica final, além de reduzir a área escavada diminuindo o custo de movimentação de terra;
 - Flexível para puxar, torcer, dobrar, comprimir e rolar, com superfície áspera devido à malha, com grande área de contato ao solo e fácil de lançar sobre o solo, além da afinidade ao solo sem formação de interfaces de ar;
 - Fácil de construir, sem necessidade de soldagem elétrica e outros dispositivos especiais durante a construção, escava em forma de S conforme a condição do relevo;
 - Fácil de instalar com ferramentas gerais, maior eficiência de instalação, trabalhadores comuns sabem como operar, sem necessidade de equipe especializada;
 - Proteção ambiental: os produtos não se degradam na terra, não são tóxicos, livres de poluição, seguros e ecologicamente corretos, se adaptam à maioria dos climas.
- A condutividade mais baixa do que os metais pode atender ao requisito de aterramento?
 - A resistividade do cobre é 10^{-8} enquanto a do grafite é 10^{-6}
 - A resistividade do próprio material é responsável por apenas 1% a 2% da resistência total do aterramento, o que é insignificante. A resistência de contato entre o material de aterramento e o solo é responsável por 20% a 60% da resistência total em solo comum. Como tal, a resistência de aterramento está amplamente relacionada à afinidade entre o material e o solo. Os produtos de grafite são flexíveis e têm grande área superficial de contato com diversos pontos nas malhas para fazer contato à terra, com afinidade favorável ao solo e sem formação de interfaces de ar sem contato direto. Isso reduz efetivamente a perda de resistência de contato devido à baixa afinidade entre o material e o solo melhorando a resistência de aterramento final.



Sistemas de Aterramento Baseados em Grafite



www.texpi.com.br – End: Rod. Raul de Azevedo Macedo, 10.002

Estr. Bateias, Campo Largo, PR, CEP 83648-000, Tel. 41-3393-2122



www.texpi.com.br – End: Rod. Raul de Azevedo Macedo, 10.002

Estr. Bateias, Campo Largo, PR, CEP 83648-000, Tel. 41-3393-2122