

Disjuntores ABB para aplicação em corrente contínua

1. Introdução

Corrente contínua, que já foi o meio principal para distribuir energia elétrica, é ainda muito utilizada em plantas elétricas em todo mundo, alimentando aplicações específicas.

Adicionalmente, corrente contínua é usada em sistemas de conversão (instalações onde diferentes tipos de energia são convertidas diretamente em energia elétrica, como o de plantas fotovoltaicas) e, acima de tudo, em aplicações de emergências onde uma fonte de energia auxiliar é necessária para alimentar serviços essenciais, tais como sistema de proteção de subestações, iluminação de emergência, sistemas de alarmes, centros de computação, etc. Acumuladores - por exemplo - constitui-se na fonte de energia mais confiável para estes sistemas, tanto em corrente contínua diretamente, como no fornecimento para no-breaks alimentarem cargas em corrente alternada.

Este Artigo Técnico de Aplicação pretende explicar aos leitores, os principais aspectos das aplicações mais importantes em corrente contínua e, ainda, apresentar soluções através dos produtos ABB SACE.

Conhecer as características elétricas da corrente contínua e suas diferenças em comparação com a corrente alternada, é fundamental para entender como empregar produtos em corrente contínua.

Por definição, a corrente elétrica chamada “contínua” possui uma tendência unidirecional constante ao longo do tempo. As fontes que podem prover corrente contínua são baterias ou dínamos. Além de um processo de retificação, é possível converter de corrente alternada para corrente contínua.

Entretanto, uma corrente contínua “pura”, aquela que não apresenta uma flutuação periódica, é gerada exclusivamente por baterias (ou acumuladores). De fato, a corrente produzida por um dínamo pode apresentar pequenas variações que a fazem não ser constante no tempo, apesar de, do ponto de vista prático, ela ser considerada como corrente contínua. Em sistema CC, respeitar a direção da corrente tem grande importância; logo, é necessário conectar corretamente as cargas em função das polaridades. Pois, em caso de uma má conexão, problemas operacionais e de segurança podem aparecer.

Em resumo, corrente contínua tem as seguintes características:

Pode ser gerada:

- Pelo uso de baterias e acumuladores onde a corrente é produzida diretamente por um processo químico
- Pela retificação eletrônica de uma fonte de corrente alternada (conversão estática)
- Pela conversão de um trabalho mecânico em energia elétrica usando dínamos (produção através de máquinas rotativas)

Na baixa tensão, corrente contínua é usada em diversas aplicações, que são divididas em 4 grandes famílias, incluindo:

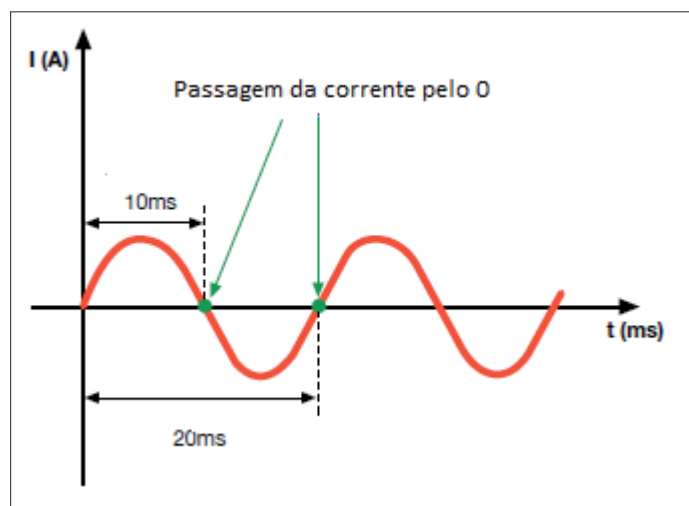
- Conversão em outras formas de energia elétrica (plantas fotovoltaicas, onde acima de tudo bateria acumuladora é largamente utilizada)
- Tração elétrica (trens, metrô, carros híbridos ou totalmente elétricos, etc.)
- Alimentação de serviços auxiliares ou de emergência;
- Aplicações industriais particulares (processos eletrolíticos, automação etc.)

2. Princípios de interrupção em corrente contínua

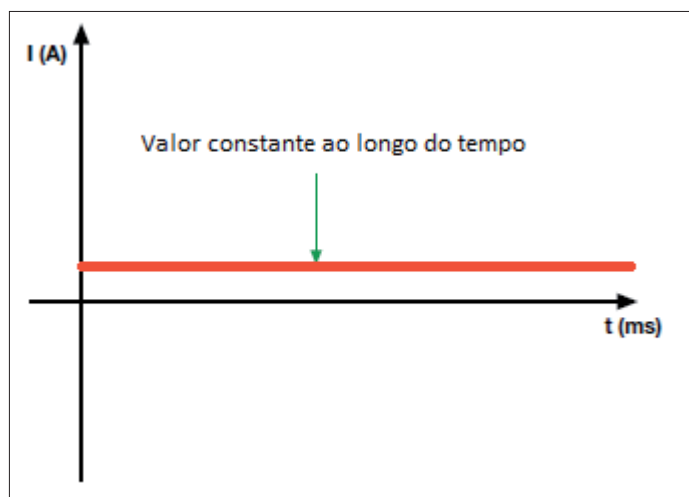
Corrente contínua apresenta problemas diferentes da corrente alternada, do ponto de vista do fenómeno associado pela interrupção de altos valores de correntes, pois, a extinção do arco é extremamente difícil.

A **figura 1** mostra que a corrente alternada tem uma passagem natural pelo zero a cada meio ciclo, sendo este o momento em que o arco eléctrico é apagado. Com corrente contínua isto não ocorre e então, para garantir a extinção do arco, a corrente deve decrescer a zero (forçando sua passagem pelo zero). Isto é feito com a tensão do arco que aparece nos polos do disjuntor, no momento da abertura e distância entre um polo e outro, quando o disjuntor permanece aberto.

Corrente alternada



Corrente contínua



Portanto, para garantir a abertura de uma corrente de curto circuito num sistema CC, é necessário aplicar disjuntores que garantam:

- Abertura rápida com capacidade de interrupção adequada
- Capacidade de limitação de altas correntes
- Redução do efeito de sobretensão que aparece no momento da abertura

Aproveitando-se das características construtivas do disjuntor, abertura rápida e, sempre que necessário, a colocação de polos em série, pode-se gerar uma tensão de arco, interno ao disjuntor, o que ajudará a reduzir a corrente a zero.

3. Tipos de circuitos de corrente contínua

Como explicado anteriormente, para interromper um curto-circuito em CC é necessário conectar os polos do disjuntor de maneira correta. Para realizar isso, é necessário conhecer a forma de aterramento do circuito. Tal informação permite avaliar as condições de uma possível falha e, consequentemente, o tipo de conexão mais adequada, em função das características necessárias ao funcionamento (corrente de curto-circuito, tensão de alimentação, corrente nominal das cargas, etc.).

As páginas seguintes mostram esta informação fundamental para dois tipos de circuito CC:

- Descrição do circuito
- Comportamento das correntes de curto

Rede isolada da terra

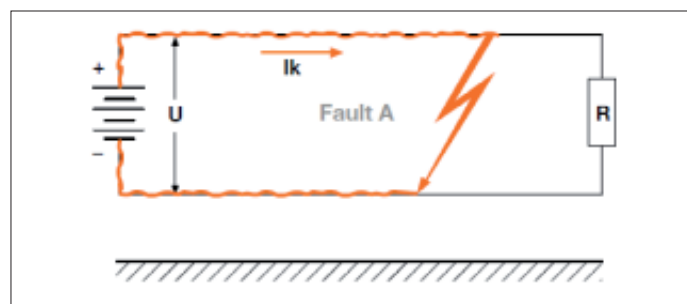
Este tipo de circuito representa a conexão mais fácil de se realizar, pois não é feita nenhuma conexão entre as polaridades e a terra. Este tipo de sistema é largamente usado onde existem dificuldades para realizar o aterramento mas, acima de tudo a continuidade de serviço é imprescindível, mesmo após a primeira falha.

Por outro lado, quando as polaridades são aterradas, esta conexão apresenta risco, pois podem ocorrer sobretensões perigosas entre as partes condutoras expostas e a terra, devido a eletricidade estática (que podem ser limitadas por sistemas de descargas).

Condições da falha numa rede isolada para a terra

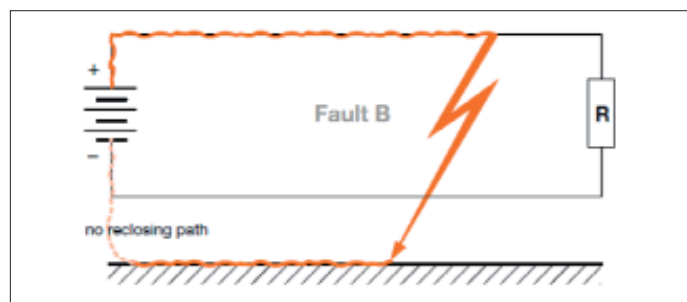
Falha A

Na falha entre as duas polaridades, a corrente de curto é alimentada pela tensão plena U . A capacidade de interrupção do disjuntor deve ser escolhida de acordo com o valor de corrente de curto-circuito relevante a cada falta.



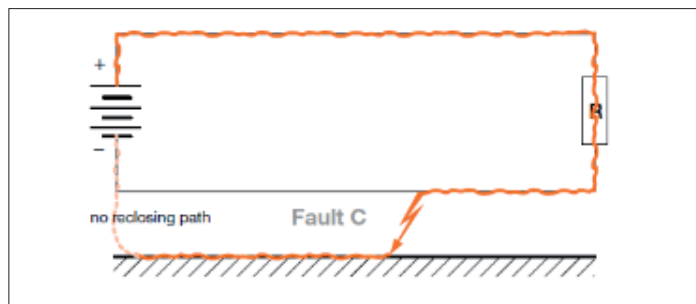
Falha B

Na falha entre uma polaridade e a terra não há consequências do ponto de vista da operação da planta, pois não existe um caminho de retorno para a corrente e, consequentemente ela não circula.



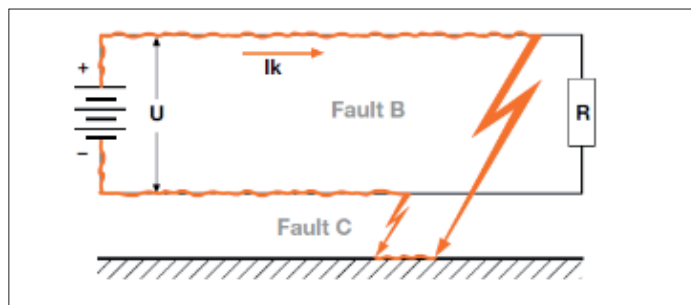
Falha C

Também esta falha (como em B), entre a polaridade e a terra não tem consequências do ponto de vista de operação da planta.



Falha dupla (falha B + falha C)

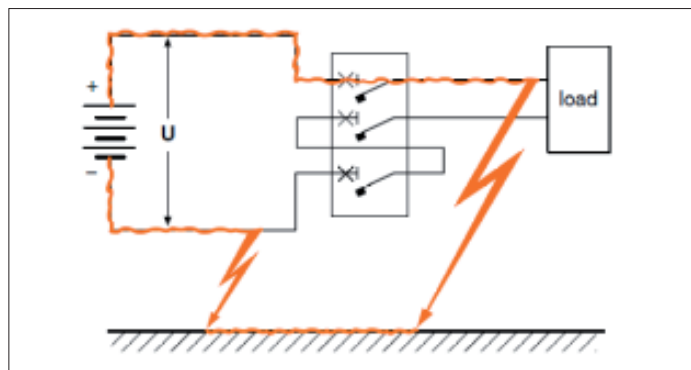
Em caso de falha dupla, como mostrado na figura abaixo, a corrente pode circular e achar um caminho de retorno; neste caso, é aconselhável o uso de um dispositivo de sinalização da primeira falha a terra. Assim, a falha é eliminada ainda no seu início e previne-se a ocorrência de uma segunda falha para a terra vinda da outra polaridade e, consequente parada da planta, devido a abertura do disjuntor, provocada pela corrente de curto-circuito, gerada pela conexão das duas polaridades para a terra.



Cuidados

Neste tipo de rede, a falha que afeta a versão e a conexão dos polos do disjuntor é a falha A (entre duas polaridades).

Numa rede isolada, é necessário instalar um dispositivo capaz de sinalizar a presença da primeira falha a terra (vinda somente de uma polaridade, inicialmente), para que seja eliminada e evitar os problemas gerados por uma segunda falha a terra (vinda da outra polaridade). De fato, no caso da segunda falha a terra, o disjuntor tem que interromper a corrente de curto, mesmo nas piores condições possíveis, com tensão plena aplicada somente num polo e a geração da tensão de arco interno, podendo ser insuficiente para extinguir o arco (veja na figura abaixo).



Rede com uma polaridade aterrada

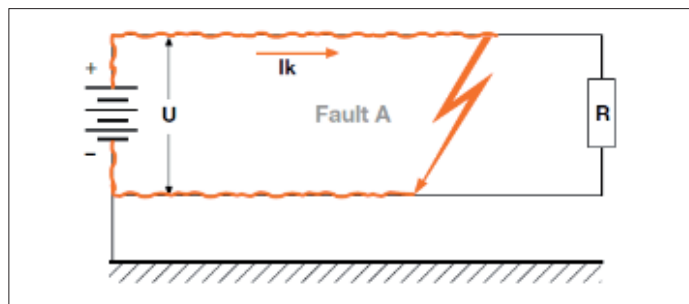
Este tipo de rede é obtido pela conexão a terra de uma polaridade (tanto positiva, quanto negativa). Este tipo de conexão, permite o aparecimento de sobretensões devido a eletricidade estática que se descarregará para a terra.

Condições de falta numa rede com uma polaridade aterrada

(Nos exemplos seguintes a polaridade aterrada é a negativa)

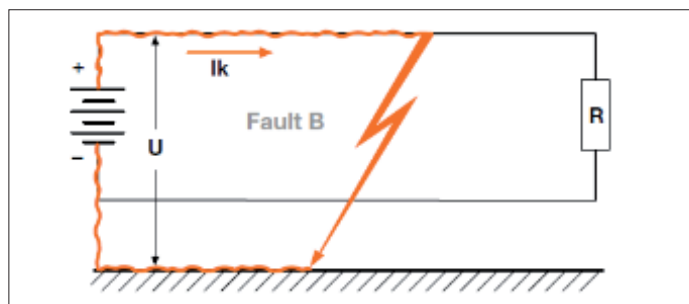
Falha A

Na falha entre as duas polaridades, a corrente de curto é alimentada pela tensão plena U. A capacidade de interrupção do disjuntor deve ser escolhida de acordo com o valor de corrente de curto-circuito relevante a cada falha.



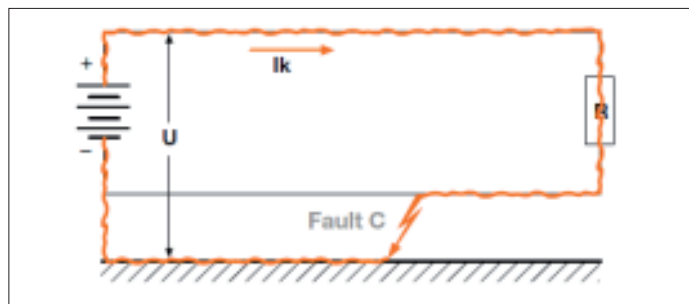
Falha B

Na falha na polaridade não aterrada provoca uma corrente que passa pela proteção de sobrecorrente, cujo valor depende da resistência do solo.



Falha C

Na falha na polaridade não aterrada provoca uma corrente que passa pela proteção de sobrecorrente cujo, valor depende da resistência do solo; tal corrente tem um valor extremamente baixo pois, depende da impedância do solo e a tensão é quase zero (pois, a queda de tensão na carga reduz mais ainda este valor).



Cuidados

Com este tipo de rede, o tipo de falha que afeta a especificação do disjuntor e a conexão dos polos é a falha em A (entre duas polaridades), mas é necessário levar em consideração também, a falta entre a polaridade não aterrada e a terra

propriamente dita (falha B) desde que, como descrito acima, a corrente (com o valor dependendo, também, da impedância do solo e, consequentemente difícil de determinar), possa fluir a tensão plena. Por esta razão, todos os polos do disjuntor necessário para a proteção, devem ser conectados em série na polaridade não aterrada.

4. Escolha dos disjuntores

Para o correto dimensionamento de um disjuntor numa rede de corrente contínua, alguns parâmetros elétricos que caracterizam o próprio dispositivo, devem ser considerados.

Abaixo uma breve descrição destes parâmetros.

Tensão Nominal U_e

Representa o valor da tensão que determina a aplicação do equipamento e, em função dela, todos os outros parâmetros típicos são referidos.

Corrente nominal ininterrupta I_u

Representa o valor de corrente que o equipamento pode suportar por um tempo indefinido. Este parâmetro é usado para definir o tamanho do disjuntor.

Corrente nominal I_n

Representa o valor de corrente que caracteriza a unidade de desarmamento montada no disjuntor e determina como funciona a proteção do próprio disjuntor, de acordo com os ajustes disponibilizados na unidade de desarmamento.

Esta corrente é frequentemente referida como a corrente nominal da carga protegida pelo disjuntor.

Capacidade de interrupção de curto-circuito em serviço I_{cs}

A capacidade de interrupção de curto-circuito de um disjuntor é a maior corrente de falha que o disjuntor pode desligar em três operações de abertura e fechamento de acordo com uma sequência pre-determinada (O-t, CO-t, CO), numa tensão operacional (U_e) e constante de tempo especificados (para corrente contínua). Após esta sequência, o disjuntor deve ser capaz de suportar sua corrente nominal.

Corrente nominal de curta duração admissível I_{cw}

É a corrente que o disjuntor deve suportar, passando na posição fechada durante um período de tempo determinado e em condições pré-estabelecidas de uso e comportamento. O disjuntor deve ser capaz de suportar esta corrente durante a presença de um curto-circuito e, seu tempo de desligamento promovido por outro disjuntor, para garantir a seletividade entre os dois dispositivos em série.

Dimensionamento de disjuntor

As características principais do disjuntor foram definidas como necessárias para a escolha correta do disjuntor, para garantir a proteção elétrica da instalação.

Para proceder com o dimensionamento, é necessário conhecer as seguintes características da rede:

- O tipo de rede que define a conexão dos polos do disjuntor de acordo com as possíveis condições da falha
- A tensão nominal da instalação (U_n), para definir a tensão de operação (U_e) que dependerá da conexão dos polos, verificando a relação: $U_n \leq U_e$

- A corrente de curto-circuito da instalação no ponto onde será colocado o disjuntor (I_k), para definir a versão do disjuntor (dependendo da conexão dos polos), verificando a relação $I_k \leq I_{cu}$ (na tensão de operação de referência U_e)
- A corrente nominal absorvida pela carga (I_b), para definir a corrente nominal (I_n) do disparador termo magnético dos dispositivos eletrônicos, sempre verificando a relação $I_b \leq I_n$

5. Oferta ABB

ABB SACE oferece a seguinte gama de produtos para proteção e desconexão para redes CC:

Disjuntores automáticos

Disjuntores automáticos, que tem a função de proteção contra sobrecorrentes e são divididos em três famílias:

Minidisjuntores

Para uso em corrente contínua. Tanto os minidisjuntores da série S280 UC, bem como da série S800S UC e S800 PV, estão disponíveis.

Minidisjuntores da série S280 UC estão de acordo com a norma IEC 60947-2 e diferem das versões padrões, pois tem elementos magnéticos permanentes nas câmaras de extinção de arco. Tais elementos permitem que o arco elétrico seja quebrado em tensões equivalentes a V cc.

A presença destes elementos magnéticos permanentes estabelece uma polaridade no disjuntor (positiva ou negativa); como consequência, sua conexão deve ser feita de acordo com a polaridade indicada no produto. Uma conexão incorreta de polaridade poderá danificar o disjuntor.

Disjuntores da série S280 UC, versão especial para aplicações em corrente contínua estão disponíveis nas curvas B, C, K e Z



Para verificar as opções de conexão dos polos em função do tipo de rede e tensão de alimentação, deve ser consultada as tabelas no "ABB Technical paper nr 5, disponível na internet.

Diferente do S280 UC, o minidisjuntor da série S800S UC pode ser conectado com qualquer polaridade (+/-).

Para a série de disjuntores S800S UC as curvas disponíveis são a B e a K e ambos tem correntes até 125 A e capacidade de interrupção de 50 kA.

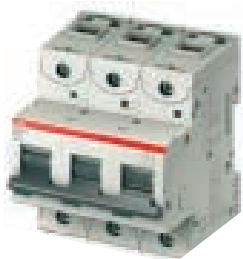


Para verificar as opções de conexão dos polos em função do tipo de rede e tensão de alimentação deve ser consultada as tabelas no “ABB Technical paper nr 5”, disponível na internet.

A série de produtos S800 PV inclui dispositivos que podem ser usados em circuitos CC em altas tensões, típicos de plantas fotovoltaicas (na seção entre os painéis solares e o inversor CC/AC).

O S800PV-S comprova máxima segurança, mesmo no evento de uma polarização reversa. O S800PV-S pode oferecer alta performance num tamanho reduzido. Os terminais intercambiáveis (para conexão de cabos ou barras), torna a instalação mais fácil. Adicionalmente, barramentos estão disponíveis para facilitar a conexão serial entre os polos.

A chave desconectora S800PV-M é usada como a principal chave para sistema fotovoltaicos – todo o lado CC pode ser isolado com segurança, tanto localmente, quanto remotamente. O dispositivo tem características próprias para aplicações de segurança. O desconector suporta até 125A numa temperatura ambiente de até 60°C. S800PV-M garante chaveamento seguro sob carga e é habilitado para uso internacional.



Para verificar as opções de conexão dos polos em função do tipo de rede e tensão de alimentação deve ser consultada as tabelas no “ABB Technical paper nr 5”, disponível na internet.

Disjuntores caixa moldada

Disjuntores de caixa moldada da série SACE Tmax XT, conforme a norma IEC 60947-2 e equipado com unidade de desligamento termomagnética. Estão divididas em quatro tamanhos básicos, com aplicações variando entre 1.6A a 250A e capacidade de interrupção variando entre 16 kA a 100 kA (em 250V CC com dois polos em série).

Os disjuntores caixa moldada disponíveis são:

- SACE Tmax XT tipo XT1, XT2, XT3 e XT4 equipados com disparador TMD termomagnético com ajuste térmico ($I_1 = 0.7 \dots 1 \times I_n$) e magnético fixo ($I_3^* = 10 \times I_n$)
- SACE Tmax XT tipo XT2 e XT3 equipados com disparador TMG termomagnético com baixo ajuste magnético, para proteção de cabos longos, provendo ajuste térmico ($I_1 = 0.7 \dots 1 \times I_n$) e ajuste magnético fixo ($I_3^* = 3 \times I_n$) ou ajustável ($I_3^* = 2.5 \dots 5 \times I_n$)
- SACE Tmax XT tipo XT2 e XT4 com disparador TMA termomagnético com ajuste térmico ($I_1 = 0.7 \dots 1 \times I_n$) e ajuste magnético ($I_3^* = 5 \dots 10 \times I_n$)

Os disjuntores na versão tripolar XT2, XT3 e XT4 podem ser equipados com disparador magnético somente tipo MF ou MA.



Para verificar as opções de conexão dos polos em função do tipo de rede e tensão de alimentação, deve ser consultada as tabelas no “ABB Technical paper nr 5”, disponível na internet.

Disjuntores a Ar

A série de disjuntor a ar Emax, que atende a norma IEC 60947-2, equipado com os disparadores de corrente contínua, são divididos em quatro tamanhos, com aplicação entre 800A (com disjuntor E 1.1) a 5000A (com disjuntor E 6.1) e capacidade de interrupção variando entre 35 kA a 100 kA (em 500 VCC.).

Graças a sua exclusiva tecnologia, os disparadores eletrônicos desenvolvidos pela ABB SACE, permitem cobrir qualquer necessidade de instalação e realizar funções de proteção previamente exclusivas de aplicações CA.

Os disjuntores da série Emax para corrente contínua não têm dimensões alteradas e usam os mesmos acessórios mecânicos que a linha Emax para aplicações CA.



Para verificar as opções de conexão dos polos em função do tipo de rede e tensão de alimentação, deve ser consultada as tabelas no “ABB Technical paper nr 5”, disponível na internet.

6. Conclusões

Cada vez mais, o uso de corrente contínua tem se tornado importante nas instalações elétrica, principalmente em áreas de segurança e fotovoltaicas. Por isso, a correta aplicação de um sistema de proteção se torna fundamental. O conhecimento, por parte dos técnicos, de como dimensionar adequadamente, poderá tornar estes sistemas mais confiáveis e garantir o bom fornecimento de energia elétrica para o utilizador.

Para tal, se torna necessário que o técnico aprenda as diferenças entre o sistema CA e o CC, a maneira de como se comporta uma rede CC e como acontecem suas eventuais falhas, para dimensionar corretamente os disjuntores.

Este artigo pode ser tomado como uma leitura inicial, a ser complementado com os detalhes necessários para a correta aplicação.

Contato

ABB Ltda

Produtos para Eletrificação

Avenida do Anastácio, 740

05119-900 - São Paulo - SP

Contact center: 0800 0 14 9111

abb.atende@br.abb.com

Dúvidas sobre produtos, serviços e contatos ABB.

www.abb.com.br

BRCC-10/15

Power and productivity
for a better world™

