

1.3.6 Como controlar contatores com um BMS

Tendo explorado os vários requisitos de sensoriamento de um Sistema de Gerenciamento de Bateria (BMS) — a saber, a medição de tensão, temperatura e corrente — agora vamos incorrer responsabilidades de controle do sistema. Especificamente, examinaremos como um BMS deve controlar seus contatores de forma segura e inteligente.

Por segurança, quando um pacote de bateria de alta tensão não está em uso, ele deve ser completamente desconectado eletricamente da carga em seus terminais positivo e negativo. Este isolamento crítico é alcançado usando interruptores liga/desliga de alta corrente, controlados eletronicamente. Em aplicações de alta potência, esses dispositivos são comumente conhecidos como **contatores**. Um contator é essencialmente um relé de alta capacidade; um sinal de controle de baixa tensão e baixa corrente é usado para abrir ou fechar um interruptor capaz de lidar com as correntes muito grandes do pacote de bateria principal.



0 Desafio das Cargas Capacitivas e o Problema da Corrente de Inrush

Conectar um pacote de bateria de alta tensão a uma carga não é tão simples quanto fechar os contatores positivo e negativo simultaneamente. Tal ação pode ser catastrófica devido à natureza de muitas cargas eletrônicas de alta potência.

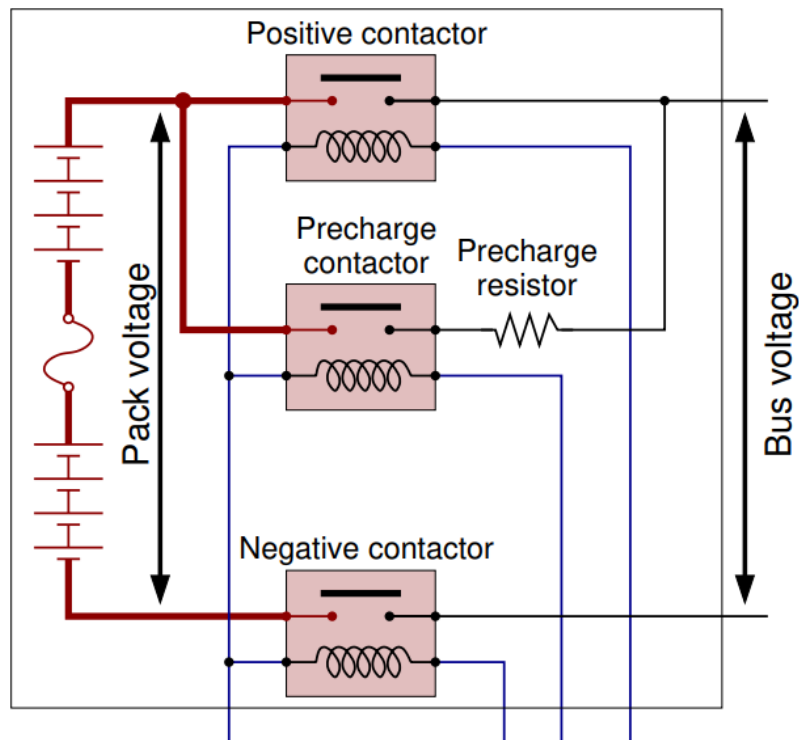
Uma carga comum para um pacote de bateria em um veículo elétrico é o controlador do motor, ou **inversor**. Para suavizar o ruído elétrico de alta frequência gerado durante sua operação, um inversor contém capacitores muito grandes em seus terminais de entrada. Se esses capacitores estiverem inicialmente descarregados (a 0 volts) e forem subitamente conectados a um pacote de bateria de alta tensão totalmente carregado, uma corrente de partida (ou *inrush*) enorme e descontrolada disparará da bateria para os capacitores.

Este pico massivo de corrente pode ter consequências severas:

- **Formação de Arco Elétrico:** A corrente pode criar um arco elétrico nos terminais do contator enquanto eles se fecham, gerando um calor imenso.
- **Soldagem:** Este calor pode soldar fisicamente os terminais do contator, fundindo permanentemente o interruptor na posição fechada e tornando-o inoperante.
- **Falha de Componentes:** A corrente de inrush também pode queimar um fusível de alta corrente dentro do pacote de bateria.

A Solução: O Circuito de Pré-Carga com Três Contatores

Para mitigar os perigos da corrente de inrush, um BMS prático para uma aplicação de alta potência usa um sistema de três contatores, não dois. Isso inclui um contator principal positivo, um contator principal negativo e um terceiro contator menor, de pré-carga. O contator de pré-carga é conectado em série com um resistor de pré-carga. Este circuito fornece um caminho controlado e com corrente limitada para carregar com segurança os capacitores da carga antes que o caminho principal de energia seja acionado.

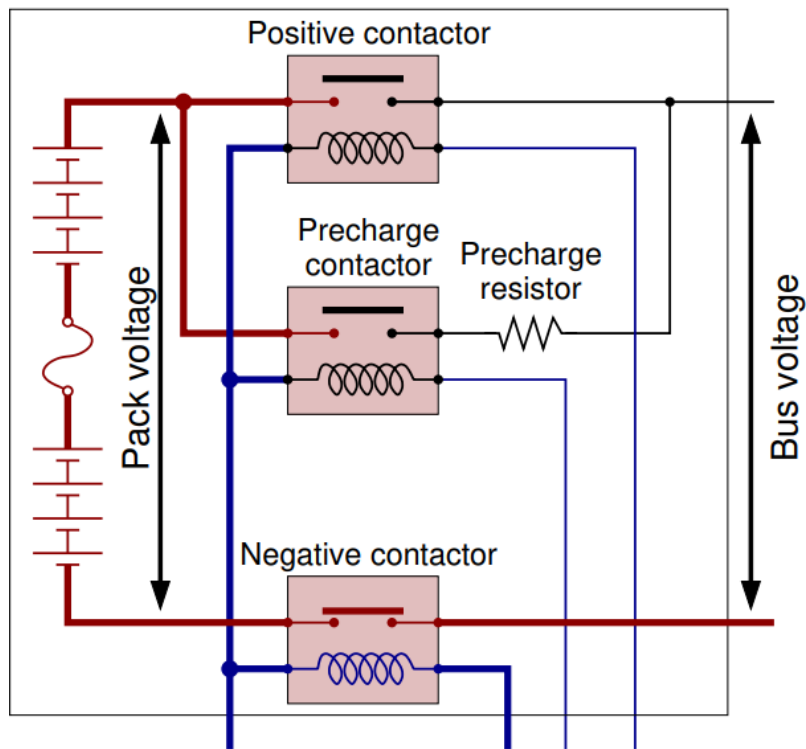


Um Guia Passo a Passo para o Procedimento de Partida Segura

O BMS segue uma sequência de quatro passos cuidadosamente orquestrada para conectar o pacote de bateria à carga com segurança.

Passo 1: Fechando o Contator Negativo

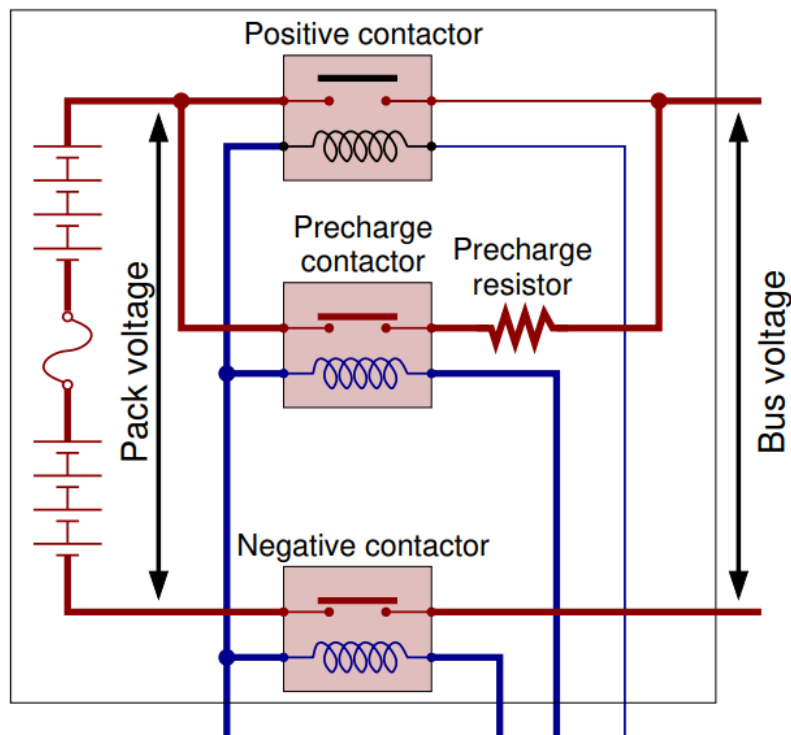
A sequência começa fechando o contator principal negativo. Isso estabelece uma conexão entre o terminal negativo do conjunto de baterias e o terminal negativo da carga. Nesta fase, o lado positivo do circuito permanece completamente aberto.



Passo 2: Acionando o Circuito de Pré-Carga

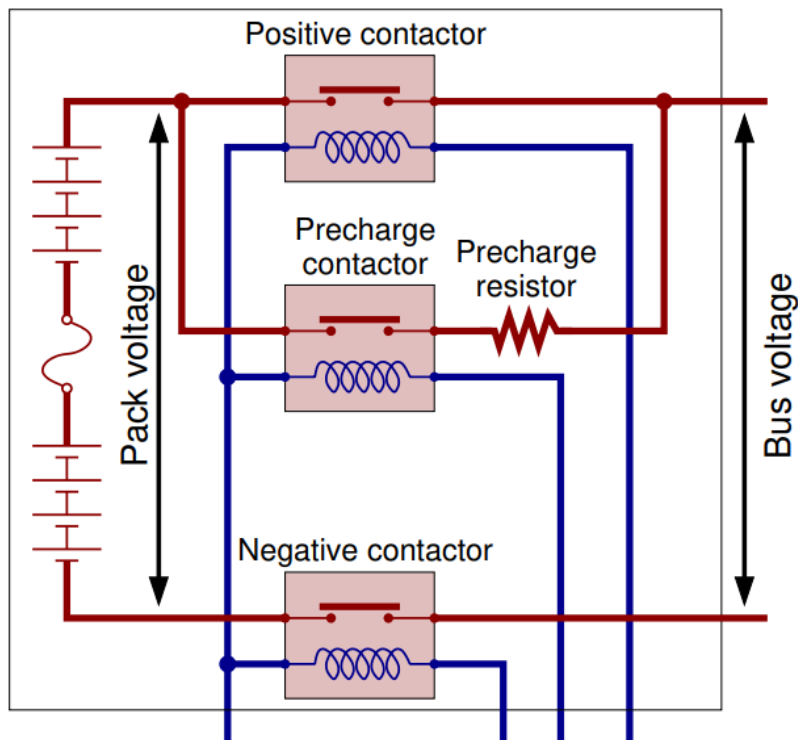
Em seguida, o BMS fecha o contator de pré-carga. Isso completa um circuito do terminal positivo da bateria, através do resistor de pré-carga que limita a corrente, até o terminal positivo da carga. Isso permite que a corrente flua e comece a carregar os capacitores de entrada da carga. O resistor de pré-carga limita a magnitude dessa corrente a um nível baixo e seguro, evitando qualquer formação de arco ou dano.

Durante esta fase, o BMS monitora ativamente o sistema em busca de falhas. Ele pode rastrear a tensão e a corrente do barramento; se a tensão da carga não subir para igualar a tensão do pacote em tempo hábil, ou se a corrente de pré-carga não diminuir gradualmente até zero à medida que os capacitores se enchem, isso pode indicar um curto-circuito na carga. Nesse caso, o BMS abortará a sequência de partida e reabrirá os contadores.



Passo 3: Fechando o Contator Principal Positivo

Uma vez que o BMS verifica que a pré-carga está completa (ou seja, a tensão da carga é quase igual à tensão do pacote), ele fecha o contator principal positivo. Isso cria um caminho robusto e de baixa resistência para a corrente operacional principal. Embora o circuito de pré-carga ainda possa estar fechado, praticamente toda a corrente agora fluirá através do contator principal, contornando o caminho de pré-carga de alta resistência.



Passo 4: Desativando o Circuito de Pré-Carga

Como passo final na sequência de partida, o BMS abre o contator de pré-carga. Isso retira o resistor de pré-carga do circuito, protegendo-o das altas correntes que fluirão durante a operação normal. O pacote de bateria está agora total e seguramente conectado à carga.

0 Procedimento de Desligamento: Desconectando o Pacote com Segurança

O procedimento para desligar o pacote é muitas vezes mais simples do que a sequência de partida. Embora a abertura abrupta de um contator sob uma carga pesada possa potencialmente causar a formação de um arco elétrico, a natureza capacitiva da carga fornece uma solução natural. Quando os contadores principais são comandados a abrir, a energia armazenada nos próprios capacitores da carga pode continuar a fornecer energia à carga pelos poucos milissegundos que leva para os terminais do contator se separarem fisicamente. Isso impede a formação de arco elétrico nos contatos que se abrem. Portanto, na maioria dos casos, um desligamento seguro pode ser alcançado simplesmente abrindo todos os contadores simultaneamente, sem a necessidade de um procedimento elaborado e de múltiplos passos.