

Sistemas de Engenharia -  
Automação e Instrumentação

Grupo 1

2012/2013

Estado da Arte - Carregadores

<versão 1.0>

**Elaborado por:** Rui Marcelino

## Índice

A importância dos carregadores.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Métodos de carga.....	4
Balanceamento de células .....	5
Topologias de carregadores.....	6
Conversor Boost.....	6
Conversor Buck.....	9
Conversor Buck-boost .....	10

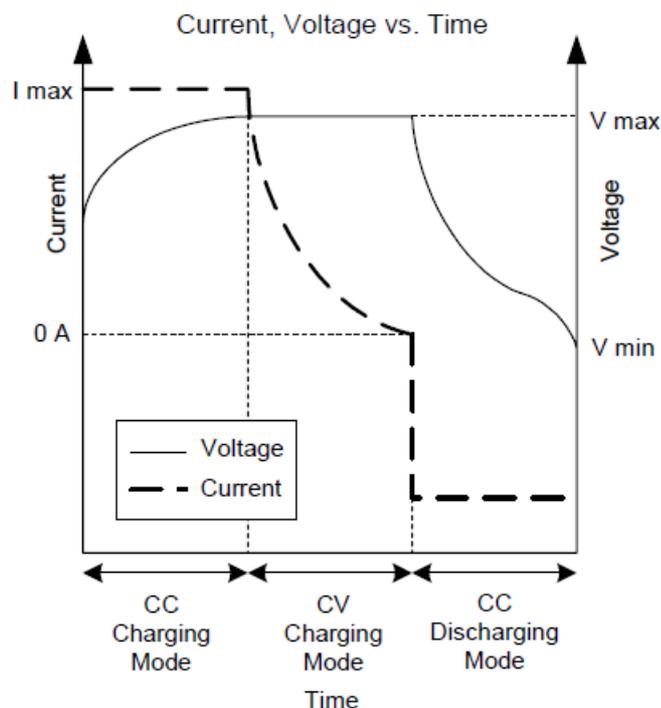
## Introdução

As baterias de lítio têm uma ótima densidade de energia e um longo tempo de vida. De forma a melhorar o sistema estas baterias devem ter uma especial atenção quanto ao carregamento de forma a promover as benesses das mesmas. Trata-se então de um sistema de elevada complexidade, especialmente quando se trata de um sistema de pack's de baterias em serie. Contudo ainda será necessário proteger as baterias contra sobrecarga, uma vez que estas se podem tornar instáveis.

## Métodos de carga

Um dos métodos de carga que iremos abordar será o CC/CV (constant current/constant voltage). Este método está dividido em duas zonas de carga sendo estas de corrente constante e de tensão constante. Quando se inicia a carga das baterias será aplicada uma corrente constante que normalmente será a corrente nominal da bateria, isto é, iremos carregar a bateria a 1C. Após este processo a bateria irá atingir a sua tensão máxima e iremos iniciar o segundo processo de carga. Devo mencionar que neste momento a bateria encontra-se a cerca de 85% da sua carga. Para o segundo processo iremos ter uma tensão constante até atingir a o limite da bateria. Este limite ocorre quando a corrente de carga desce abaixo de 0.1C.

De forma a exemplificar este processo temos um gráfico que ilustra todo o processo de carga da bateria.



Todo este processo deve ser monitorizado em tempo real de forma a proteger a bateria contra sobrecargas.

## Balanceamento de células

O balanceamento de células nas baterias é bastante importante uma vez que normalmente as células encontram-se em serie. Ao contrário das baterias de níquel e de chumbo que estão naturalmente balanceadas, as baterias de lítio necessitam de um balanceamento auxiliar devido a vários fatores. As células podem ter diferentes resistências internas fazendo com que a sua tensão seja variada de célula para célula. Outros fatores como a montagem da célula ou diferentes correntes de carga ou a carga atual da célula podem influenciar o equilíbrio.

Se as células não forem balanceadas existe uma grande limitação ao nível do pack onde podemos contar com uma perda de cerca de 25% da sua capacidade. Isto deve-se ao facto de as células em serie apenas poderem debitar a sua carga até que uma delas esteja descarregada, eliminando toda a serie que hipoteticamente ainda tinha alguma capacidade que poderia ser usada.

Devido a todos estes motivos será importante garantir que as células não entram em sobrecarga tornando todo o processo de carregamento mais eficiente se existir um sistema de balanceamento.

## Topologias de carregadores

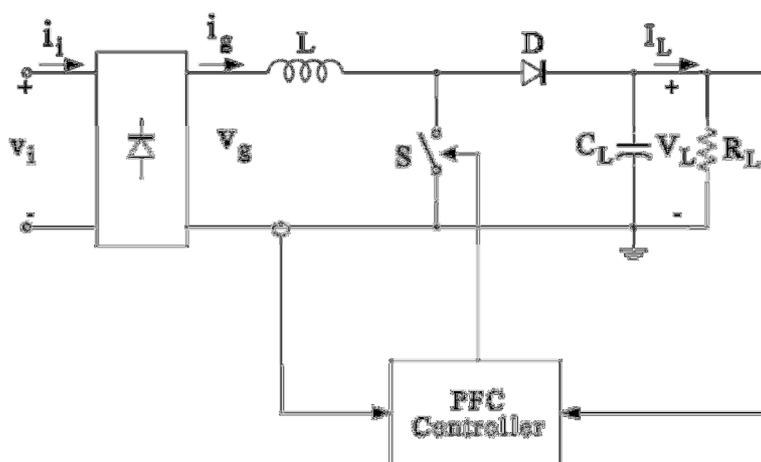
Tendo em mente que será usada a rede (AC) e para carregar as baterias será necessário um barramento contínuo (DC), será necessário um conversor AC/DC.

Existem várias topologias de conversores AC/DC com diferentes objetivos, dependendo da gama de tensão que se pretende na saída assim como da potência associada, a topologia a adotar varia assim como a sua complexidade.

### Conversor Boost

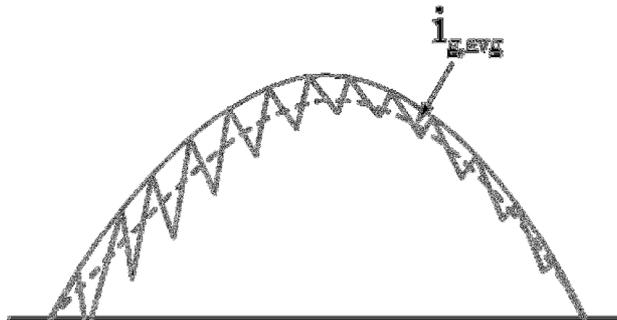
O conversor Boost é um conversor bastante simples e que proporciona correntes de entrada com pouca distorção tendo em conta diferentes tipos de controlo.

Na figura seguinte é possível ver o circuito típico de um conversor AC/DC boost:



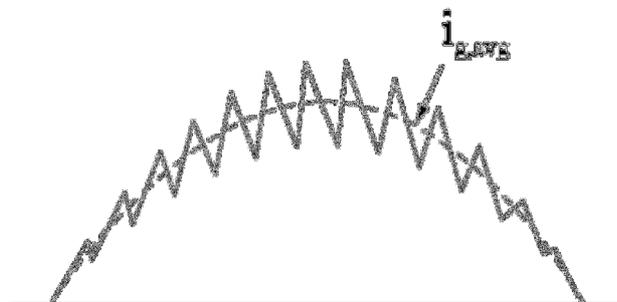
Existem vários tipos de controlo com o objetivo de tornar este conversor boost um PFC os mais utilizados são descritos seguidamente:

- No **controlo de corrente de pico** o transístor é ligado a frequência constante por um sinal de relógio e desligado quando a soma entre a rampa positiva da corrente na bobine e uma rampa externa atinge um valor de referencia sinusoidal de corrente. Na figura seguinte é possível ver a forma de onda da corrente associada a este controlo:



As desvantagens deste tipo de controlo são por um lado a necessidade de uma rampa de compensação para duty cycles superiores a 50% e por outro lado é um controlo muito sensível a ruído de comutação.

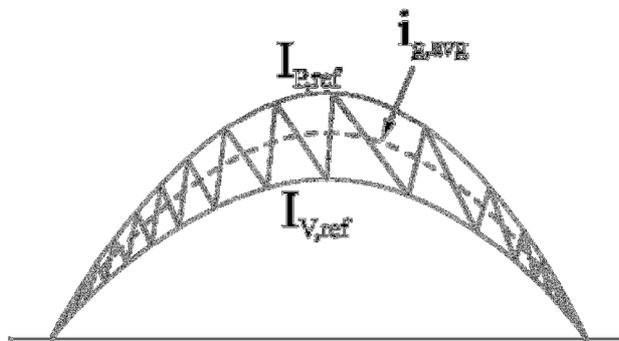
- No **controlo de média de corrente** a corrente na bobine é medida e filtrada por um amplificador de erro que controla um modulador PWM, assim, o ciclo da corrente de entrada tende a minimizar o erro entre a média da corrente de entrada e a referencia, é possível ver a forma de onda da corrente deste tipo de controlo na figura seguinte:



Este tipo de controlo permite uma melhor forma de onda da corrente de entrada, no entanto possui a desvantagem de se ter de medir a corrente

na bobine assim como a necessidade de se utilizar um amplificador de erro que deve ter em conta os pontos de operação durante cada ciclo.

- Outro tipo de controlo para o AC/DC boost é **o controlo por histerese** com recorrência a duas referências de correntes sinusoidais. Neste caso, o transístor é ligado quando a corrente na bobina cai para baixo do valor de referência mínimo e é desligado quando esta corrente atinge o valor de referência máximo, assim a forma de onda deste controlo é a seguinte:

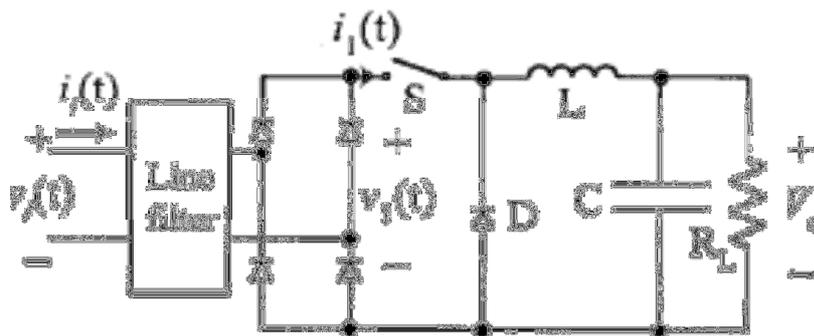


Esta tipologia de controlo proporciona formas de onda da corrente de entrada com pouca distorção, mas a frequência variável na atuação dos transístores, assim como a necessidade de medir a corrente na bobine constituem duas desvantagens.

O conversor boost possui um bom desempenho no que toca à correção do fator de potência quando associado a técnicas de controlo como as descritas acima, no entanto só poderá ser utilizado como carregador de uma bateria de um VEC caso a tensão das baterias seja superior à tensão de pico proporcionada pela rede, caso seja necessária uma tensão abaixo desse valor outras tipologias devem ser utilizadas.

## Conversor Buck

O conversor Buck é uma solução para o caso em que a tensão das baterias seja inferior à tensão de pico da alimentação AC. A topologia deste conversor é a seguinte:

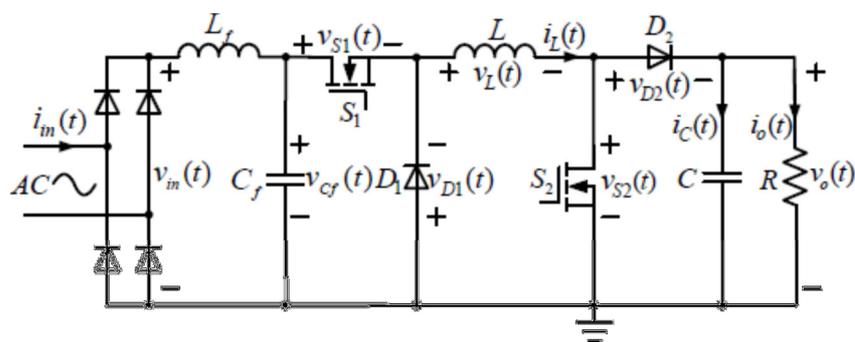


Assim como no caso do conversor boost, é necessário que o controlo seja projetado com o objetivo de integrar um PFC. Caso contrário esta topologia por si só não tem boas performances nesse sentido.

Um controlo utilizado nesta situação passa por minimizar o erro de tensão através da produção de um sinal de controlo á saída de um controlador PI. A referência de corrente é proporcional à saída do PI multiplicada pelo sinal da tensão com o objetivo de se obter uma referência sinusoidal. Por último a referência é comparada com o valor de corrente na bobine, e o sinal de erro é compara com um dente de serra de frequência variável com o objetivo de se gerar uma onda PWM para controlo dos transístores.

## Conversor Buck-boost

Este conversor é constituído por um conversor buck e um conversor boost em cascata, o faz dele um conversor bastante versátil uma vez que permite uma grande gama de tensões na saída, estas podendo ser inferiores ou superiores à tensão de pico da alimentação AC. A topologia do conversor buck-boost é visível na seguinte figura, com a particularidade de este possuir dois transístores para um controlo mais eficaz.



Neste caso são utilizados dois ciclos de controlo independentes, uma para a corrente e outro para a tensão, o ciclo de controlo de tensão é utilizado para regular a tensão de saída do conversor e o ciclo de controlo de corrente é utilizado para controlar a referência da corrente na bobine, de modo a moldar a forma de onda sinusoidal e em fase com a tensão de modo a obter o fator de potência unitário.

Existem ainda mais conversores que podem ser utilizados com correctores do factor de potência como é o caso do Flyback, do Cuk e do Sepic. Estes conversores são eficazes mas bastante mais complexos, uma vez que permitem a bi-direcionalidade. No entanto, uma vez que os conversores acima descritos respondem à partida à necessidade de alimentação das baterias de um veículo elétrico e a correção do fator de potência pode ser bastante próxima da unitária, qualquer dos conversores acima descritos é uma escolha aceitável nesse sentido, uma vez que a bi-direcionalidade é uma característica não necessária neste caso. A única questão que os diferencia poderá ser apenas a gama de tensão de saída que será necessário obter.