

CÁLCULO PARA ESTIMATIVA DA DURAÇÃO DE CÉLULAS DE ENERGIA NA MONTAGEM DE CIRCUITOS ELETRÔNICOS

Resumo: A evolução tecnológica da sociedade tem proporcionado uma abertura ao envolvimento de cada vez mais pessoas com a robótica. Entre as várias etapas da construção de um robô, está a montagem do circuito elétrico. Todo circuito é alimentado por uma fonte de energia para estar em funcionamento. Destaca-se o uso de baterias como fonte energética mais comum de utilização. Desta forma, a fim de facilitar a determinação do tipo de fonte mais adequado para a realização de um projeto de robótica, foi desenvolvida uma função que tem por objetivo estipular uma duração média da célula energética. Para chegar a fórmula final, aplicou-se conteúdos relacionados ao cálculo diferencial e integral. Após isso, a função foi empregada para dimensionar o tempo de duração de duas baterias de Li-Ion, utilizadas na alimentação de quatro motores DC com faixa de tensão de 3 a 6 volts. Os resultados obtidos mostraram que é possível estabelecer um tempo médio de duração das baterias, provando a validade do estudo realizado.

Palavras-chave: Robótica. Circuito. Célula energética. Fonte energética.

1 INTRODUÇÃO

Ao passo em que ocorre um desenvolvimento tecnológico social, os robôs têm se mostrado importantes ferramentas no exercício de tarefas em setores industriais, comerciais, domésticos, militares, entre outros. Diante disso, observa-se um aumento na disseminação dos conhecimentos do que antes era atribuído a um grupo específico de pessoas. O estabelecimento de contato com a robótica e influencia a formação de pessoas mais conectadas as inovações. Nesse quesito, apesar do Brasil apresentar certas lacunas, o país vem buscando implementar matérias básicas, como matemática e ciências, com a tecnologia.

Geralmente, a iniciação na robótica se dá com a utilização de mais kits práticos e acessíveis, como o Lego e o Arduino, que não necessariamente exigem uma programação muito complicada. A montagem dos circuitos é, em vários casos, uma das etapas mais trabalhosas. Independentemente da função, todo circuito deve possuir uma fonte de alimentação, como baterias, pilhas e etc.

A princípio, parece ser simples estabelecer uma conexão com uma fonte de energia. De fato, pode ser. Porém, o grande problema está em dimensionar a quantidade energia desejada em cada situação, principalmente quando se trata de acionamento de motores. Cada tipo motor atua em uma faixa de tensão específica e tende a puxar uma corrente elétrica com uma certa intensidade. Caso a célula não forneça energia com uma tensão ou corrente adequadas, o funcionamento e a eficiência do motor podem ser prejudicados. A determinação do tipo de bateria a ser utilizada pode ser difícil até para pessoas com experiência, quanto mais para iniciantes.

Baseado nesta questão, o trabalho se propõe a desenvolver uma função envolvendo o estado de carga de uma bateria e sua curva de descarga, com o objetivo de facilitar a realização do cálculo médio de duração dessa bateria, atuando a uma certa tensão em relação a um motor. Para isso, são empregadas aplicações de cálculo diferencial e integral.

METODOLOGIA

Uma bateria de capacidade Q , operando sob uma corrente de descarga constante i , terá uma diminuição em seu estado de carga conforme o tempo passa. O tempo de duração T dessa bateria pode ser equacionado da seguinte maneira:

$$T = \frac{Q}{i} \quad (1)$$

Já o seu estado de carga (razão entre sua capacidade restante e sua capacidade inicial) é dado a seguir:

$$S = \frac{Q - \int_0^t i(t) dt}{Q} \quad (2)$$

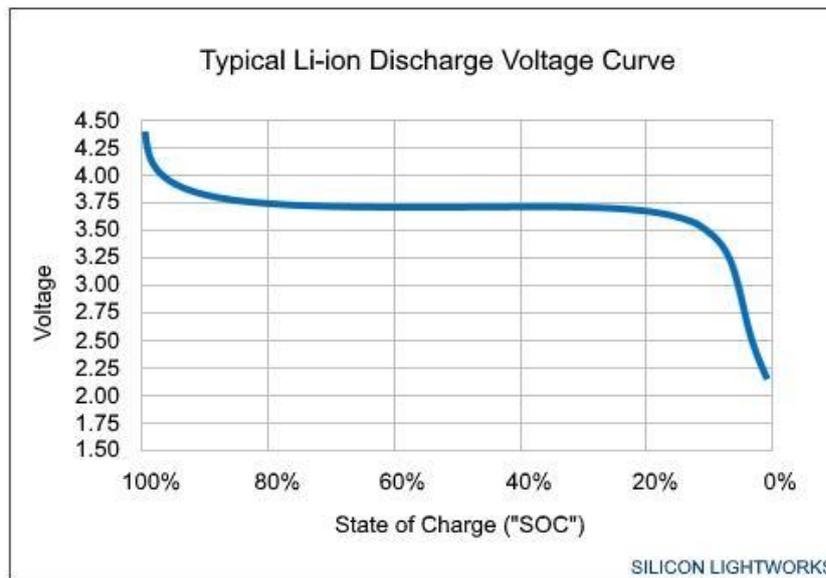
Porém, sabe-se que a corrente de descarga é constante, logo:

$$S = \frac{Q - it}{Q} \quad (3)$$

Através dessa fórmula, é possível determinar a porcentagem de carga restante na bateria após um determinado tempo (basta-se multiplicar o valor de S por 100%).

Neste projeto, foi utilizada uma bateria lítio-íon, cuja curva de descarga se encontra abaixo:

Figura 1 – Típica curva de descarga das baterias de L-ion.



O gráfico representa a tensão de operação da bateria em função de seu estado de carga. Algebricamente:

$$V = f(S) \quad (4)$$

A partir desses dados, é possível estimar a taxa na qual a tensão diminui com o passar do tempo. Pela regra da cadeia:

$$\frac{dV}{dt} = \frac{dV}{dS} \frac{dS}{dt} \quad (5)$$

Pela equação (3):

$$\frac{dS}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\frac{Q-it}{Q} \right) = -\frac{i}{Q} \quad (6)$$

Seja $V'(S)$ a inclinação da curva de descarga apresentada na imagem acima, tem-se que:

$$\frac{dV}{dS} = V'(S) \quad (7)$$

Portanto, pode-se concluir:

$$\frac{dV}{dt} = -V'(S) \frac{i}{Q} \quad (8)$$

O valor de $V'(S)$ pode ser estimado através de um método chamado ‘Coulomb Counting’, utilizado para calcular o estado de carga de uma bateria.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A função desenvolvida foi utilizada para testar um robô desenvolvido com uma placa com micro controlar, chamada Arduino Uno R3, acoplada a um Shield Motor, como a função de estabelecer uma ponte H entre os motores.

Para a alimentação dos 4 motores DC do robô, foram utilizadas 2 células de bateria lítio-íon postas em série. Cada célula possui, individualmente, 3.7 V de tensão nominal, e uma capacidade energética de 900 mAh, logo a capacidade total da bateria será de 1800 mAh. Cada motor consome uma corrente no intervalo de 140 – 160 mA, e os 4, em conjunto, consumirão o quádruplo desses valores. Então, o tempo de duração T estimado da bateria estará no intervalo dado:

$$\frac{Q}{i_1} \leq T \leq \frac{Q}{i_2}$$

$$\frac{1800 \text{ mAh}}{640 \text{ mA}} \leq T \leq \frac{1800 \text{ mAh}}{560 \text{ mA}}$$

$$2,81 \text{ h} \leq T \leq 3,21 \text{ h}$$

Supondo que cada motor irá consumir uma corrente fixa de 150 mA (média aritmética dos extremos), o estado de carga dessa bateria, após ser utilizada por um tempo t , será:

$$S(t) = \frac{Q - it}{Q} = \frac{1800 \text{ mAh} - (600 \text{ mA})t}{1800 \text{ mAh}} = 1 - \frac{t}{3} \text{ h}^{-1}$$

Após 1 h, por exemplo:

$$S(1 \text{ h}) = 1 - \frac{1 \text{ h}}{3} \text{ h}^{-1} = \frac{2}{3} \cong 0,66$$

Isso significa que, após 1 hora, restará aproximadamente 66 % da carga inicial da bateria.

Pela análise da curva de descarga, a partir de 20 %, a tensão começa a decrescer rapidamente, e, quando se aproxima de 5 %, ela já está abaixo do recomendado para utilização (3V), pois isso pode ocasionar em danos permanentes em suas células. Isolando t na equação (I), temos o tempo de uso necessário para que isso aconteça:

$$t = \frac{Q(1 - S)}{i} = \frac{(1800 \text{ mAh})(1 - 0,05)}{600 \text{ mA}} \cong 2,85 \text{ h}$$

Portanto, quando o tempo de uso da bateria se aproximar desse valor, deve-se interromper a alimentação imediatamente, seguida pelo recarregamento de sua carga.

Utilizando a mesma corrente de descarga do cálculo acima, o decaimento da tensão da bateria nessa situação será:

$$\frac{dV}{dt} = -V'(S) \frac{i}{Q} = -V'(S) \frac{640 \text{ mA}}{1800 \text{ mAh}} \cong -0,35 V'(S) \text{ h}^{-1}$$

2 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos permitem afirmar a validade do trabalho, pois, o objetivo principal de construir a função foi alcançado. O teste realizado pôde apresentar o método de aplicabilidade da fórmula. Neste sentido, constata-se que o trabalho desenvolvido é capaz de atender ao problema sugerido, propondo a estimativa média de duração gasto energético da fonte e sua duração. Isso pode facilitar que pessoas inexperientes evitem erros na hora de selecionar a célula de energia que será utilizada na construção de um circuito. Vale ressaltar que não existem muitas funções similares disponíveis comumente.

É importante inferir como o cálculo diferencial e integral desempenha um grande papel na solução de vários problemas, principalmente os que envolvem a alternância de variáveis que são dependentes de outras, como foi mostrado no trabalho, no qual se pode calcular o decaimento de tensão em relação ao tempo.

REFERÊNCIAS

Battery University. Mesuring State-of-Charge. Disponível em:

http://batteryuniversity.com/learn/article/how_to_measure_state_of_charge. Acesso em: 03 mar. 2018.

PEIXOTO, Rafael Lima. **Monitoramento da descarga de bateria com o uso de Microprocessador ARM**. 2012. 70 f. Monografia – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

PERES, Luiz Artur Pecorelli; SILVA, Thayse Cristina Trajano da. Avaliação do estado de carga de baterias utilizando um modelo híbrido das equações de Peukert e Shepherd. In: X Congresso Brasileiro de Energia, 2004, Rio de Janeiro. **Anais**. Rio de Janeiro, 2013.

Silicon Lightworks. **Li-ion Voltage Analysis**. Disponível em:

<https://siliconlightworks.com/li-ion-voltage>. Acesso em: 03/03/2018.

CALCULATION FOR THE ESTIMATION OF DURATION OF ENERGY CELLS IN THE ASSEMBLY OF ELECTRONIC CIRCUITS

Abstract: The technological evolution of the society has provided an opening to the involvement of more and more people with robotics. Among the various steps of building a robot, there is the assembly of the electric circuit. Every circuit is powered by a power source to be in operation. Of particular note is the use of batteries as the most common source of energy. Thus, in order to facilitate the determination of the type of source most suitable for the

realization of a robotics project, a function has been developed that aims at stipulating a mean duration of the energy cell. In order to arrive at the final formula, we apply contents related to differential and integral calculus. After that, the function was used to measure the duration of two Li-Ion batteries, used to power four DC motors with a voltage range of 3 to 6 volts. The results showed that it is possible to establish an average duration of the batteries, proving the validity of the study.

Keywords: Robotics. Circuit. Energy cell. Energy source.