

DS100: O SINAL ELÉTRICO

Emmanuel M. Pereira

I. Objetivo

O propósito deste artigo é esclarecer aos clientes da Sikuro, usuários do eletroestimulador modelo DS100 (C ou CB), no que se refere ao tipo de onda gerada pelo aparelho. Muitas dúvidas têm sido suscitadas relativas a diversas características do sinal quer sejam quanto à forma, polaridade ou nível DC. Entretanto, para dirimi-las, é mister que alguns conceitos sobre corrente elétrica sejam revistos com um linguajar adequado, uma vez que alguns termos inadequados que fazem parte da cultura acadêmica desta matéria interdisciplinar, podem comprometer o entendimento conceitual do problema.

II. Modelo do Elétron Livre

Os metais caracterizam-se por serem bons condutores de eletricidade. Mas o que os diferenciam dos materiais isolantes? Um átomo de um material qualquer, no caso em questão de um metal, está em equilíbrio elétrico porque o número de cargas negativas (elétrons) é igual ao número de cargas positivas (prótons). Os elétrons orbitam em torno do núcleo, onde se encontram os prótons e os nêutrons (carga nula). De acordo com a Física Quântica, os elétrons ocupam as órbitas em função do seu nível de energia. Podemos então, estabelecer faixas de energia, chamadas de bandas, nas quais se distribuem os elétrons. Quanto maior a energia de um elétron, maior a banda de energia por ele ocupada. A banda mais alta é chamada de banda de valência, que nos metais não é completamente ocupada. Desta forma, os elétrons podem, por agitação térmica, saltar de sua órbita deixando um "buraco" em seu átomo. Passamos a ter então, dois portadores de corrente elétrica: o elétron que se tornou livre e o átomo que agora conta com um próton a mais. Este é o fato que possibilita o surgimento de uma corrente elétrica: a existência de elétrons livres (ou de condução) na banda de valência. Em um material isolante, a banda de valência se encontra completamente preenchida, não permitindo o "passeio" dos elétrons, isto é, não há elétrons livres.

Mas, uma vez que os elétrons estão se deslocando em um metal isolado, ou seja, submetido a um mesmo potencial, este metal "gera" uma corrente elétrica? Não. Os deslocamentos dos elétrons é aleatoriamente orientado, ou seja, em todas as direções, o

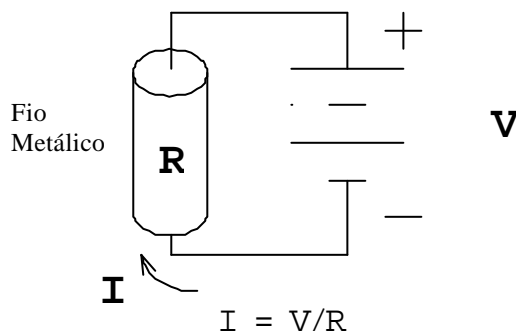
que implica em uma resultante nula. Por outro lado, se aplicarmos uma diferença de potencial (ddp) neste metal através de uma pilha, por exemplo, todos os elétrons da banda de valência sofrerão uma força (força eletromotriz) oriunda do campo elétrico gerado, que os impulsionará para o polo positivo da pilha, dando surgimento a uma corrente elétrica. Ou seja, elétrons se deslocarão em um sentido e os íons positivos (átomos com um próton a mais) no sentido inverso.

III. Polaridade

A corrente resultante no exemplo anterior tem um sentido definido? Depende. Se considerarmos os elétrons, o sentido será do polo negativo da pilha para o polo positivo. Se considerarmos os íons positivos, o sentido será o oposto. No primeiro caso dizemos que se trata do sentido eletrônico ou real da corrente. No segundo caso dizemos ser o sentido convencional da corrente, pois foi o pensamento inicial dos pesquisadores, quando se convencionou (erroneamente) sendo este o sentido real. Mas, como pudemos observar no item anterior, os elétrons é que saltam de suas órbitas, e atingem velocidades da ordem de 1000 Km/s. Portanto, os elétrons são os verdadeiros portadores da eletricidade e responsáveis pela circulação da corrente elétrica nos metais.

IV. Corrente Contínua no Tempo

Quando aplicamos uma ddp V constante a um fio condutor metálico, a corrente I resultante também será constante e diretamente proporcional à ddp aplicada e inversamente proporcional à resistência R deste fio.

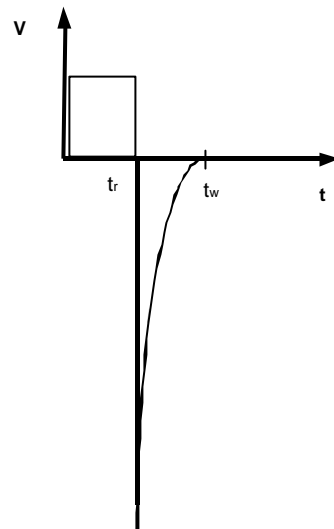
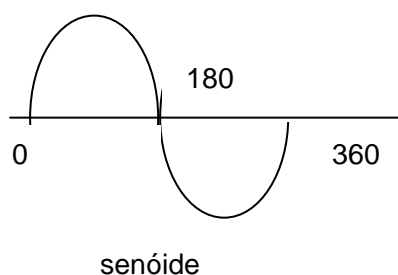


Esta relação é conhecida como Lei de Ohm. Observe que o sentido da corrente I na figura, indica a representação eletrônica, que não é a normalmente utilizada, mas que

é importante que seja mantida para atender ao objetivo deste artigo. Se V não varia com o tempo, que é o caso da pilha considerando um período curto de tempo, I também será constante no sentido mostrado.

V. Corrente Alternada no Tempo

Se, ao invés de ligarmos ao nosso fio condutor uma pilha, o ligássemos a uma fonte de tensão alternada senoidal (a rede elétrica), a corrente resultante também será senoidal. Tal forma de onda caracteriza-se por sua variação no tempo ser função do seno de um ângulo. A senóide caracteriza-se por uma simetria entre suas duas fases: de 0 a 180 graus e de 180 a 360 graus.



O termo fase é ligado a ângulo, portanto, seria inadequado nos referirmos às duas fases como positiva e negativa. Isto porque em uma fase os elétrons se deslocam em um sentido e em seguida, na outra fase, no sentido inverso. Entretanto, apesar da inadequação, é comum a referência às duas fases como semiciclo positivo e semiciclo negativo.

De maneira semelhante, a onda do aparelho DS100 apresenta duas fases. Entretanto, devido à maneira como é gerada, que não está vinculada a movimentos circulares como a senóide, o termo fase também não parece muito apropriado, mas é melhor do que o inadequado positivo/negativo. A definição da onda que considero correta,

considerando-se a assimetria entre os dois semiciclos seria "onda cíclica assimétrica" ou "onda periódica assimétrica". É uma onda mista ou heterogênea (pulsos de geometria distinta), cujo primeiro semiciclo é retangular e o segundo semiciclo é exponencial.

VI. Características da forma de onda do DS100

Face à exposição colocada no item anterior, devemos deixar no passado os termos catodo e anodo que ainda são utilizados em algumas escolas. Estes termos provêm dos termos cátion e ânion que são íons negativos e positivos, respectivamente. Conseqüentemente, catodo seria o emissor de íons negativos (elétrons no caso do metal) e anodo o emissor de íons positivos. No manual do DS100, estes termos foram mantidos em virtude da cultura reinante à época do lançamento do aparelho, em 1998.

Dois outros conceitos, que passaremos a debatê-los, são mais importantes para o nosso estudo. São os conceitos de **amplitude** do sinal e **nível DC** do sinal. O primeiro, de mais fácil compreensão, está associado à idéia de intensidade. Quão maior a amplitude do sinal, mais intenso ele é. No sinal do DS100, claramente se distinguem duas amplitudes: a do pulso retangular e a do pulso exponencial, que é a maior.

O conceito de nível DC (do inglês *direct current* ou corrente contínua) está ligado ao de valor médio. Além disso, o sentido é definido, ou seja, há uma polaridade definida neste caso. Por definição, o valor médio de uma função periódica é a área de um ciclo da função (curva) dividido pela base. O ciclo do sinal do DS100 é composto por duas funções concatenadas distintas: o pulso retangular, cuja função é $f_r(t) = V_r$, e o pulso exponencial cuja função é $f_e(t) = -V_e \cdot e^{-kt}$,

onde

$V_r \rightarrow$ amplitude do pulso retangular;

$V_e \rightarrow$ amplitude do pulso exponencial;

$k \rightarrow$ constante de tempo característica do aparelho;

$t \rightarrow$ tempo.

Temos então, que o nível DC do sinal é a soma algébrica das áreas das duas funções dividido pela duração total do sinal. Digo soma algébrica, porque o sentido resultante se dará do eletrodo que emitir o sinal elétrico correspondente à função de maior área para o de menor área. Consideraremos para efeito de cálculo, que a área da função

acima do eixo das abscissas é positiva e abaixo do eixo é negativa. Se tivermos os parâmetros t_w , t_r , V_r e V_e (vide figura do capítulo V), podemos calcular V_{DC} . Se o resultado for positivo, o V_{DC} situa-se acima da referência (eixo das abscissas). Caso contrário, abaixo da referência. Em qualquer dos casos será diferente de zero.

A área da primeira função é obtida multiplicando-se os lados do retângulo. Um dos lados é a amplitude do pulso (V_r) e o outro lado é a duração (t_r). A área da segunda função obtém-se integrando a função exponencial, cuja amplitude inicial é V_e . Então,

$$V_{DC} = (V_r \cdot t_r + \int_{t_r}^{t_w} - V_e \cdot e^{-kt} dt) / t_w$$

$$V_{DC} = (V_r \cdot t_r - \int_{t_r}^{t_w} V_e \cdot e^{-kt} dt) / t_w$$

$$V_{DC} = V_r \cdot t_r / t_w - V_e \cdot (-1/k \cdot e^{-k.t} \Big|_{t_r}^{t_w}) / t_w$$

para a onda do DS100 temos $k = 2500$, $V_e = 3,5 \cdot V_r$, $t_r = 0,6$ ms, $t_w = 2,6$ ms:

$$V_{DC} = 0,2308V_r + 0,5385V_r \cdot (e^{-2500,0,0026} - e^{-2500,0,0006})$$

$$V_{DC} = 0,2308V_r + 0,5385V_r \cdot (e^{-6,5} - e^{-1,5})$$

$$V_{DC} = 0,2308V_r + 0,5385V_r \cdot (-0,2216)$$

$$V_{DC} = 0,1114V_r$$

ou seja, o nível DC representa 11,14% da amplitude do pulso retangular.

VII. Conclusão

Tentamos mostrar neste artigo algumas das principais características de um sinal elétrico qualquer. Após uma breve explanação sobre a corrente elétrica e suas origens

apresentamos o sinal do eletroestimulador DS100. Discutimos a nomenclatura utilizada na área de eletroacupuntura, propondo termos que são corriqueiramente utilizados pelos eletrônicos. No capítulo VI calculamos o nível DC da onda do DS100 em função da amplitude do pulso retangular.

Esperamos que após a leitura deste artigo, os profissionais da área de saúde que usam o DS100, possam ter clareza sobre como se comporta a corrente elétrica na forma da onda estudada, concluindo que o **fio branco** do cabo integrante do aparelho emite elétrons durante o pulso retangular e, portanto, o nível DC do sinal migra elétrons desse eletrodo para o **fio colorido** na proporção de 11,47% da amplitude do pulso retangular aplicado.

Convido os leitores a enviarem suas críticas e comentários a este artigo para o e-mail sikuro@sikuro.com.br, bem como os estimulo a publicarem em nosso *site* suas experiências clínicas e os resultados com o uso do eletroestimulador DS100.