

Capítulo V

História da bateria

*Luis Tossi e Denis Pedro**

Nasce em 1745 Alessandro Volta, na cidade de Camnago, atualmente chamada de Camnago Volta, e morre na mesma região em 1827. Seus primeiros estudos e invenções aconteceram em sua cidade natal, na qual, aos quase 30 anos de idade, ele foi indicado como diretor das escolas públicas. Entretanto, seu nome como cientista, assim como seus conhecimentos científicos, está intimamente ligado à Universidade de Pávia. Volta iniciou o ensino da física experimental em Pávia por volta de 1779 e, alguns anos depois, em 1785, foi eleito reitor da Universidade, ocupando este cargo até o final de sua vida.

A ideia da existência de uma “eletricidade animal” começou a ser difundida na segunda metade do século XVIII, partindo de uma série de observações simples feitas por muitos naturalistas. Era conhecido que, por exemplo, alguns animais, como a enguia, tinham a capacidade de dar choques quando tocados sendo estes comparados a choques elétricos.

Houve uma série de experimentos que se iniciou no ano de 1780, com Luigi Galvani (1737-1798), que observou que, por meio de uma corrente elétrica liberada por um gerador eletrostático, os músculos e os nervos da perna de um sapo sofriam uma contração ou espasmos. Esta contração muscular também era observada quando o músculo era colocado em contato

com dois metais distintos sem que tivesse havido a liberação de eletricidade vinda de fontes externas. A conclusão dada por Galvani indicava que determinados tecidos orgânicos tinham o poder de gerar eletricidade. Estava claro que por intermédio dos músculos do sapo podia-se gerar “eletricidade animal”. A eletricidade gerada por máquinas ou raios era similar à eletricidade animal, julgou Galvani.

Volta repetiu vários experimentos de Galvani na Universidade de Pávia em busca de uma concordância e obteve êxito, mas ainda não estava totalmente convencido da explicação dada por este. Volta concluiu então que o tecido animal apenas servia de conexão, inapropriadamente, aos dois metais.

A primeira bateria foi constituída por Alessandro Volta, formada por apenas dois pedaços de metal distintos, zinco e prata, separados com um pedaço de papelão embebido em uma solução salina (meio ácido), montagem esta denominada célula galvânica. A combinação de várias células iguais formava uma bateria cuja potência se dava em função do número de células conectadas em série.

Hoje, a base de todas as baterias de célula úmida ainda é aquela construída por Volta: descoberta científica importantíssima devido ao fato de ser o primeiro método estudado para geração de uma corrente elétrica contínua.

Volta encontrou ainda uma forma de aumentar a corrente utilizando-se do cobre, zinco e papelão.

Em 20 de março de 1800, Volta comunicava sua invenção à Royal Society of London, entretanto, documentou que sua descoberta se deu ao final de 1799, ano este reconhecido como o ano do nascimento da eletroquímica.

A telecomunicação, mesmo que de forma indireta, foi beneficiada com o avanço dos estudos no campo da eletroquímica na busca por fontes de energia.

A invenção recém-criada de Alessandro Volta, a pilha, ajudou nos estudos sobre a decomposição elétrica e eletrólise da água, decomposição de sais, tais como o isolamento do sódio e do potássio de seus hidróxidos.

Mesmo Alessandro Volta refutando uma teoria química para explicar a origem da diferença de potencial da pilha, tal descoberta ou invenção jamais será invalidada. Mais tarde, em 1813, Michael Faraday pesquisou e elaborou diversas teorias que vieram a constituir os fundamentos da eletroquímica e do eletromagnetismo. Juntamente a estes, o enunciado das leis da estequiometria eletroquímica deu suporte às teorias.

Coube a Plante, em 1859, idealizar uma bateria que acumulava energia elétrica, a qual consistia de duas placas de chumbo enroladas em forma de espiral, separadas por tiras de borracha e mergulhadas em solução de ácido sulfúrico.

Atualmente, tem surgido uma gama de baterias desenvolvidas,

classificadas como baterias primárias, que são conhecidas normalmente como pilhas; secundárias, que se diferem das primárias por se regenerar aplicando uma corrente elétrica para reverter as reações responsáveis pela geração da energia elétrica; e células a combustível, conversores de energia química em elétrica por um processo denominado combustão.

As pilhas (primárias) e os acumuladores chumbo-ácido (secundárias) são empregados geralmente em equipamentos eletroeletrônicos, portáteis ou não. Já as células a combustível têm sido empregadas nas naves espaciais (por exemplo, no ônibus espacial Columbia, foi empregada uma célula a combustível de 7 kW).

Conceito

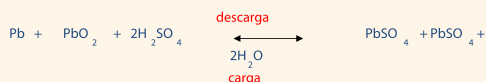
O acumulador chumbo-ácido, também conhecido como bateria de chumbo, foi inventado pelo francês Plante em 1860. É uma associação de pilhas (chamadas de elementos, na linguagem da indústria de baterias) ligadas em série.

A diferença de potencial de cada pilha (elemento) é de aproximadamente 2 volts e as associações em série/paralelo destes elementos são comumente usadas em carros, caminhões, tratores, aviões e em instalações fixas, como centrais telefônicas e aparelhos de PABX. É constituído por dois eletrodos: um de chumbo esponjoso e o outro de dióxido de chumbo em pó, ambos mergulhados em uma solução de ácido sulfúrico, com densidade variando entre 1,210 ~ 1,300 g/dm³ @ 25° C, dentro de uma malha podendo ser

de liga chumbo-antimônio, chumbo-cálcio, chumbo-puro, etc.

Fechado o circuito externo, conectam-se eletricamente os terminais; a bateria entra em funcionamento (descarga), ocorrendo a semirreação de oxidação no chumbo e a de redução no dióxido de chumbo.

No acumulador, o chumbo é o ânodo, enquanto o dióxido de chumbo faz o papel de cátodo; as reações que acontecem durante a descarga são representadas a seguir:



A reação do cátodo e do ânodo produz sulfato de chumbo (PbSO₄) insolúvel que adere aos eletrodos. Quando um acumulador está se descarregando, ocorre um consumo de ácido sulfúrico, assim, diminui a densidade da solução eletrolítica (água e ácido sulfúrico). Deste modo, medindo-se a densidade da solução eletrolítica, pode-se saber qual a magnitude da carga ou da descarga do acumulador (lembre-se que a densidade tem relação com a quantidade de ácido sulfúrico presente na mistura).

Os acumuladores têm a vantagem de poderem ser recarregados. Isso é possível graças aos íons móveis que, ao receberem energia elétrica, invertem a reação química de descarga (reação não espontânea), regenerando os reagentes.

Para o acumulador recarregar faz-se passar corrente contínua do eletrodo de dióxido de chumbo para o de chumbo, o que resulta na inversão das reações. Neste processo, o ácido sulfúrico é regenerado, por isso a porcentagem de ácido sulfúrico indica o grau de carga ou descarga do acumulador.

Durante o funcionamento normal de um automóvel, a bateria fornece eletricidade para dar partida para acender os faróis, ligar o rádio, o limpador, as setas, a buzina, etc., e recebe energia do gerador (dinamo) para se recarregar.

Comparando os acumuladores

Atualmente, existem três tipos distintos de acumuladores chumbo-ácido e qualquer um deles pode ser projetado e construído tanto para descargas profundas (deep cycle) quanto para aplicação em partidas (starting). Estes três tipos são: regulados por válvula ventilados (MF), regulados por válvula gel e os absorvidos em mantas de fibra de vidro (AGM).

Há vários níveis de qualidade disponíveis para cada tipo. O preço é diretamente ligado ao projeto do produto, ao processo e aos custos de produção. Isso inclui a quantidade de chumbo, a pureza da liga, os métodos de empaste, a cura das placas, o grau e o tipo de isolamento entre as placas, a qualidade dos vasos e das tampas, bem como o método de vedação utilizado. Geralmente, altíssima qualidade significa altíssimo custo.

Acumulador chumbo-ácido regulado por válvula ventilado (conforme a Resolução 379 da Anatel)

Os mais velhos tipos de acumuladores chumbo-ácido são os

ventilados, que evoluíram dos modelos em caixas de madeira desde os primórdios de sua existência para os modelos em caixas plásticas regulados por válvula do mercado atual.

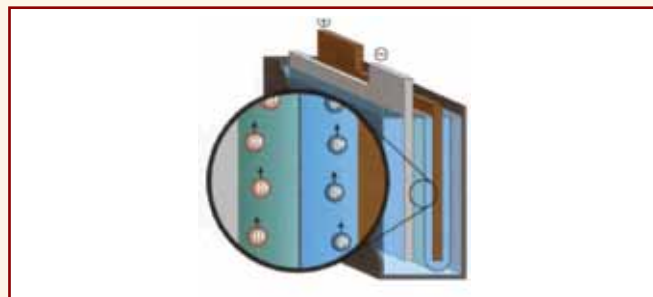


Figura 1 – Ilustração de um acumulador chumbo-ácido regulado por válvula ventilado.

O eletrólito nestes acumuladores é uma solução líquida de ácido sulfúrico. Este material é bastante corrosivo e tem destruído mais do que alguns conjuntos de roupas. Acumuladores chumbo-ácido regulados por válvula ventilados geram e liberam perigosos gases (hidrogênio) explosivos por suas válvulas reguladoras. Estes acumuladores também geram uma “névoa” durante o processo de carga e descarga. Isso leva à corrosão de seus terminais e, na maioria das vezes, danos às superfícies ao redor (veja a bateria do seu carro, por exemplo). Acumuladores de chumbo-ácido regulados por válvulas ventilados devem ser instalados obrigatoriamente na posição vertical, pois o ácido pode vaziar, por isso exige controles sobre a concentração do hidrogênio no ambiente. São os tipos mais baratos disponíveis no mercado e, portanto, a opção de muitos.

Acumulador chumbo-ácido regulado por válvula GEL (conforme a Resolução 394 da Anatel)

Os próximos tipos de acumuladores são os de chumbo-ácido Gel (eletrólito na forma de gel). Eles foram introduzidos no mercado há cerca de 30 anos pela empresa alemã Sonnenschein. Sua introdução e adoção generalizada deram-se pelo fato de estes acumuladores possuírem maior eficiência e características de segurança. O ácido é imobilizado quando da adição da sílica à solução de ácido sulfúrico e em seguida a vedação do acumulador. O acumulador recombina internamente a maior parte dos gases gerados (hidrogênio e oxigênio) durante o processo de carga e, por isso, é livre de manutenção. Os projetos de acumulador do tipo gel são geralmente bastante antigos e há poucas opções de engenharia para melhorá-los. O eletrólito para as baterias do tipo gel é bastante viscoso e, durante os processos de carga e descarga, o gel pode desenvolver falhas (bolsas) ou fissuras quando a corrente for maior. Estas bolsas impedem o fluxo do ácido, resultando em perda de capacidade dos acumuladores. Além disso, a mistura gelificada pode se liquefazer quando da carga, devido à propriedade tixotrópica (mudança de estado). Após o término da carga, pode-se levar até uma hora para o eletrólito retornar ao estado de gel novamente. Durante este tempo, o líquido está em movimento e o acumulador pode apresentar vazamento se houver alguma abertura desenvolvida.

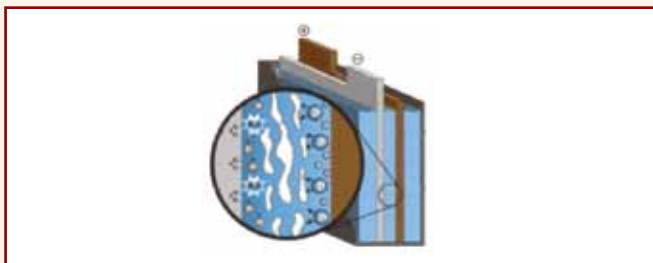


Figura 2 – Ilustração de um acumulador chumbo-ácido regulado por válvula GEL.

Por fim, os acumuladores gel podem armazenar o gás hidrogênio que não tenha recombinado. Quando uma sobrecarga faz as tampas dos acumuladores se abrirem, gases explosivos podem ser ventilados para o compartimento do acumulador. Este hidrogênio que é ventilado tem causado uma série de “falhas rápidas” ou explosão do acumulador.

Acumulador de chumbo-ácido regulado por válvula AGM (conforme a Resolução 394 da Anatel)

A tecnologia de acumulador mais recente e avançada é a AGM – absorvido em manta de fibra de vidro – que foi desenvolvida para proporcionar maior segurança, eficiência e durabilidade. Em acumuladores do tipo AGM, o ácido é absorvido em uma fina manta de fibra de vidro e mantido no lugar devido à ação capilar. Esta técnica de construção, em coordenação com o projeto de vedação, tem muitas vantagens:

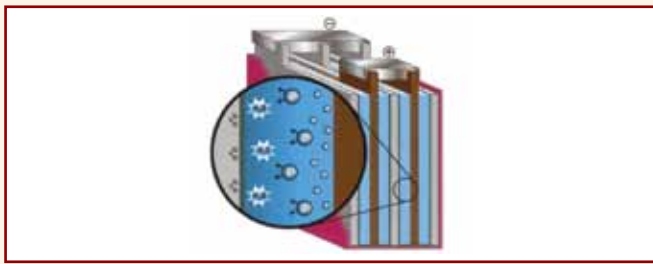


Figura 3 – Ilustração de um acumulador de chumbo-ácido regulado por válvula AGM.

- a) Não existe maneira de fazer o ácido livre espirrar para fora e/ou ao redor, o que permite a instalação em qualquer posição (consultar sempre o manual técnico do fabricante);
- b) Ao mantê-lo úmido com o eletrólito, a recombinação dos gases é mais eficiente (99%), ocasionando menos incidentes com baterias;
- c) Considerando que o material AGM apresenta baixíssima resistência elétrica, o acumulador fornece muito mais energia e eficiência do que outros tipos de acumuladores;
- d) Também propicia maior corrente sem prejudicar a vida útil;
- e) Menos ácido significa um acumulador mais leve;
- f) Acumuladores AGM oferecem um excepcional ciclo de vida, de longe, melhor que qualquer acumulador gel ou regulado por válvula ventilado.

Principais tipos e características

Bateria ventilada

- Eletrólito líquido

- Não pode ser instalada em ambientes compartilhados com equipamentos eletrônicos
- Necessita de reposição de água
- Deve ser instalada na posição vertical
- Boa dissipação de calor
- Vaso transparente
- Vida útil projetada – superior a dez anos

Bateria regulada por válvula (VRLA) – Gel e AGM

- Eletrólito imobilizado
- Pode ser instalada em ambientes compartilhados com equipamentos eletrônicos
- Não necessita de reposição da água
- Pode ser instalada na posição horizontal ou vertical
- Recomendado operar em ambientes com temperatura controlada à 25 °C
- Quando utilizada em ambientes com temperaturas superiores ou inferiores a 25 °C, aplicar a correção da tensão de flutuação em função da temperatura
- Vida útil projetada – superior a dez anos

Bateria alcalina

- Opera em uma larga faixa de temperatura: - 40 °C a + 60 °C
- Necessita de reposição de água
- Vida útil projetada – 20 anos

Bateria de lítio

- Não emite gases
- Não necessita de reposição da água
- Mais resistente à operação em temperaturas elevadas
- Maior densidade energética (baterias de lítio possuem um terço do volume e um quinto do peso de uma equivalente VRLA)
- Baixo tempo de recarga (de três a seis horas)
- Baixo impacto ambiental
- Monitoração automática
- Vida útil projetada – 20 anos

Célula a combustível

- Reagentes: oxigênio e hidrogênio
- Baixa emissão de poluentes
- Subproduto – água
- Focos das pesquisas: geração e reforma do hidrogênio

Conclusões

- Bateria de chumbo-ácido: tecnologia predominante no mercado nacional e mundial
- Bateria de níquel-cádmio: utilizada em determinadas aplicações
- Bateria de lítio: tecnologia em desenvolvimento, com potencial de crescimento
- Célula a combustível: tecnologia em desenvolvimento, com potencial de crescimento

Dimensionamento de baterias para Sistemas Ininterruptos de Energia (UPS)

Dados do sistema

Existem diferenças importantes que podem afetar os cálculos de dimensionamento das baterias, como por exemplo, a quantidade de elementos interligados em série e que determinam a tensão do barramento CC do equipamento.

Os principais dados do sistema para o cálculo e dimensionamento do banco de baterias são:

- Potência aparente de saída do sistema de potência ininterrupto (VA)
- Fator de potência de saída do sistema (fp)
- Rendimento do inversor (η inv)
- Número de elementos interligados em série (n)

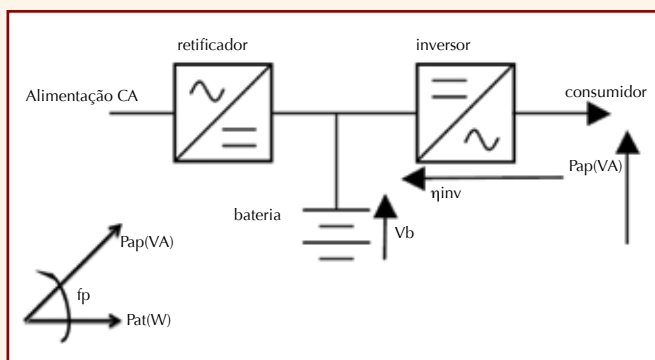


Figura 4 – Cálculo da corrente de descarga da bateria (I_{bat})

$$I_{bat} = \left(\frac{Pap * fp}{\eta \text{ inv} * n * Tf} \right) (I) (Acc)$$

Em que:

Pap – Potência aparente de saída (VA)

η inv – Rendimento do inversor

fp – Fator de potência de saída

n – Número de elementos

Tf – Tensão final de descarga (V_{cc})

Este método é importante para os casos em que a corrente de descarga é constante, o que não é a situação dos sistemas ininterruptos de energia, em que à medida que a tensão da bateria diminui, a corrente aumenta. Sendo assim, é adequado utilizarmos o valor de tensão final de descarga no cálculo, em que a corrente será a maior possível e o banco de baterias terá uma pequena reserva adicional de autonomia.

Determinação da potência ativa por elemento

Se levarmos em consideração um UPS com o processo de descarga feito por potência constante, será este o método recomendado para tal dimensionamento:

$$P_{at} = \left(\frac{P_{ap} * fp}{\eta_{inv} * n} \right) (W/elem)$$

Em que:

Pap – Potência aparente de saída (VA)

η_{inv} – Rendimento do inversor

fp – Fator de potência de saída

n – Número de elementos

Tensão final de descarga – Determinação

Como forma de preservar a integridade do acumulador, este possui limitação na tensão de descarga, a qual deve ser monitorada. Denominamos como tensão final de descarga esta limitação. Na maioria dos casos, os fabricantes de acumuladores permitem uma variação que se inicia em 1,65 VPE (volts por elemento, podendo alcançar 1,90 VPE em função do tempo de autonomia. Podemos afirmar que, quanto menor o tempo de autonomia requisitado, mais profunda será a descarga (Depth Of Discharge).

Todos os parâmetros, impreterivelmente, devem ser solicitados diretamente aos fabricantes dos acumuladores.

Nível de criticidade

Vários fatores influenciam a determinação do nível de criticidade, desde o levantamento das necessidades até a qualidade da energia recebida nas instalações.

Os níveis de criticidade podem ser classificados como:

Alto – exige extrema confiabilidade e disponibilidade de energia para a boa continuidade do sistema com o máximo de autonomia possível (redundância no banco de baterias: 1 + 1);

Média – exige extrema confiabilidade na qualidade de energia (retificada). Caso haja interrupções, estas são permissíveis desde que sejam programadas; a autonomia, neste caso, não é tão grande;

Baixa – exige confiabilidade na qualidade de energia (retificada), as interrupções não geram prejuízos, mesmo

que prolongadas. O consumidor é tipicamente sensível às variações de má qualidade na energia, a autonomia aqui é suficiente para garantir ao sistema uma boa confiabilidade na qualidade da energia.

Bateria em função do nível de criticidade

Os acumuladores de chumbo-ácido estacionários regulados por válvula (VRLA) são uma tendência mundial devido às suas características elétricas e mecânicas, pois, possuem dimensões reduzidas, facilitam as instalações e as manutenções, refletindo em custos menores e atendendo às necessidades de plena forma.

De acordo com o Guia EUROBAT, temos as seguintes classificações de acordo com a expectativa de vida útil projetada:

Padrão comercial – 3 a 5 anos – Este grupo é destinado a aplicações standby e consumidor final, é popular em pequenos equipamentos de emergência;

Uso geral – 6 a 9 anos – Este grupo é empregado normalmente em casos em que as condições operacionais são mais severas.

Alta performance – 10 a 12 anos – Este grupo é destinado para situações em que alta potência, vida útil prolongada e alta segurança são solicitadas.

Vida longa – acima de 12 anos – Este grupo é destinado para aplicações em que mais longa vida útil e mais alta segurança são solicitadas.

O fabricante deve indicar o método pelo qual a vida útil do acumulador foi determinada, e apresentar evidências ao “usuário” quando solicitado.

Dimensionamento

Tendo em mãos toda a necessidade levantada com o cliente, vamos ao cálculo:

- a) Potência aparente de saída (Pap): 200 kVA
- b) Rendimento no inversor (η_{inv}): 95%
- c) Fator de potência de saída (fp): 0,9
- d) Número de elementos (n): 240

TABELA I – DESCARGA EM WATTS (POTÊNCIA)

TENSÃO FINAL DE DESCARGA (VPE)	ALTA INTENSIDADE DE CORRENTE				MÉDIA INTENSIDADE DE CORRENTE							
	5MIN.	10MIN.	15MIN.	30MIN.	1H	2H	3H	4H	5H	8H	10H	20H
1,60	5509	3756	3040	2043	1080	641	476,7	375,0	312,7	223,5	202,1	110,0
1,70	5522	3543	2988	2039	1063	642	482,5	377,9	314,8	222,3	201,7	107,5
1,75	5462	3229	2665	1956	1054	630	473,8	374,4	312,6	221,5	199,2	108,4
1,80	5408	3085	2500	1815	1024	621	467,7	372,0	307,3	217,3	198,1	107,2
1,85	5283	2903	2332	1638	1000	611	455,4	365,2	302,3	213,6	191,1	103,0

$$P_{at} = \left(\frac{200.000 * 0,9}{0,95 * 240} \right) \text{ (W/elem)}$$

$$P_{at} = 789,47 \text{ W/elem}$$

Considerando um UPS para um equipamento médico, que requer disponibilidade e continuidade de energia para 100% do tempo, classificaremos como ALTA criticidade. Indicamos baterias de alta integridade, autonomia desejada de três horas e redundância no banco de baterias.

Temos:

$$Pat = 789,47 / 2 = 394,73 \text{ W/elem.}$$

Quando verificamos a coluna referente a 3h de autonomia, observamos que o acumulador de 2 Vcc 1000 Ah fornece desde 473,8 W/elem. a uma tensão final de descarga até 1,75 VPE, ou seja, o modelo escolhido atende com plena segurança ao solicitado.

Sendo assim, para o equipamento acima descrito, utilizaremos dois bancos de acumulador em paralelo, cada qual composto por 240 elementos de 2 Vcc 1000 Ah/10h. Lembrando apenas que a autonomia inicial será maior que três horas.

Conclusões

Para o correto dimensionamento de um banco de baterias, é impreterivelmente necessário conhecer bem as reais necessidades do consumidor, as características das baterias e principalmente as características técnicas do UPS.

Este é um método simples e prático para o correto dimensionamento do banco de baterias, porém, quanto maior o nível de criticidade do sistema ininterrupto de energia e complexidade, deve-se procurar sempre os respectivos fabricantes para elucidar eventuais dúvidas.

***LUIS TOSSI é engenheiro electricista e diretor-geral da Chloride Brasil. Atua na área de condicionamento de energia e aplicações de missão crítica há 23 anos, com larga experiência em produtos, aplicações e tecnologias de ponta.**

DENIS PEDRO é engenheiro e membro do Cobei. Atua na área de energia, no desenvolvimento de acumuladores chumbo-ácido estacionários há mais 15 anos, com experiência em infraestrutura, produtos, aplicações e tecnologias de ponta.

Continua na próxima edição

Confira todos os artigos deste fascículo em www.osetoreletrico.com.br
Dúvidas, sugestões e comentários podem ser encaminhados para o e-mail redacao@atitudeeditorial.com.br