

REPARO, MANUTENÇÃO E MELHORIAS NOS NO-BREAKS E CARREGADORES DE BATERIAS DOS ALTOS FORNOS DA CSN¹

*Ricardo Sebastião Nadur Motta*²

*Márcio Wallace da Costa*³

*Robson Monção Cordeiro*³

*Gelson Costa*³

*Laerte da Silva Moura Júnior*⁴

*Amélio Soares Praxedes*⁴

Resumo

Os *No-breaks* e os carregadores de baterias são os sistemas de segurança e emergência em caso de falta de energia elétrica. Eles mantêm os equipamentos da automação e controle de processos, transmissores, relés e outros equipamentos importantes do CCM, centro de controle de motores. Mesmo em situação normal, o bom funcionamento destes equipamentos é imprescindível a produção. A falha destes equipamentos ocasiona perda do controle do processo, acarretando parada de produção. O banco de baterias é outro ponto crítico de manutenção comum a estes equipamentos. Para melhorar as condições dos conjuntos bateria/equipamentos, diversas ações comuns foram implantadas, e uma nova filosofia de manutenção foi adotada. Desenvolveu-se também um método simples para estimar a autonomia destes equipamentos. Os reparos, manutenções e melhorias nos *No-breaks* e carregadores de baterias possibilitaram novas facilidades de manutenção, expansão da autonomia, e maior confiabilidade. Isto se refletiu num menor índice de falha destes equipamentos e, portanto, propiciando uma operação tranqüila sem interferências nos processos e na produção de ferro-gusa nos altos fornos.

Palavras-chave: Alto forno; *No-breaks*; Carregadores de baterias; Baterias.

REPAIR, MAINTENANCE AND IMPROVEMENTS IN NO-BREAKS AND BATTERIES CHARGER AT CSN'S BLAST FURNACES

Abstract

The *No-breaks* and Battery charger are safety systems and emergency in case of power failure. They maintain the automation and control equipments of the processes such as: transmitters, relays and other important MCC equipment (Motor Control Center). Even in normal situation, the good operation of these equipment is crucial for production. The failure of these equipments causes production stop due to loss of the process control. The battery bank is other critical point of maintenance, common to these equipments. To improve battery bank conditions, several common actions have been implanted, and a new maintenance philosophy has been adopted. A simple method to estimate the autonomy of these equipment has been developed. The repairs, maintenance and improvements of *No-breaks* and battery charges facilitated new maintenance methods, autonomy expansion, and greater reliability. That resulted in a smaller failure index of these equipments and, therefore, propitiating a calm operation without interferences to processes and to production of hot metal in the Blast Furnace.

Key words: Blast furnace; *No-breaks*; Battery; Battery charger.

¹ *Contribuição técnica ao 62º Congresso Anual da ABM – Internacional, 23 a 27 de julho de 2007, Vitória – ES, Brasil.*

² *Engenheiro de Manutenção Sênior – Companhia Siderúrgica Nacional - nadur@csn.com.br;*

³ *Técnicos Eletricistas – Companhia Siderúrgica Nacional;*

⁴ *Técnicos de Controle de Processos – Companhia Siderúrgica Nacional.*

1 INTRODUÇÃO

Os *No-breaks* e os carregadores de baterias são os sistemas de segurança e emergência em caso de falta de energia elétrica. Eles mantêm os equipamentos da automação e controle de processos, transmissores inteligentes de vazão, pressão, etc., relés microprocessados e outros equipamentos importantes do CCM, Centro de Controle de Motores. Mesmo em situação normal, o bom funcionamento destes equipamentos é imprescindível a produção, pois sua falha ocasiona perda do controle do processo, acarretando parada de produção.

A filosofia geral de projeto praticada na CSN prevê que a autonomia dos sistemas de *No-break* precisa ser de pelo menos 1 hora, em casos em que o computador promove o salvamento dos arquivos, fechamento dos programas e desligando-se automaticamente. Para casos em que o processo é mais crítico tal como altos-fornos, alguns equipamentos essenciais tem que ser monitorado, e não há sistema de desligamento de segurança automático, a autonomia do *No-Break* tem que ser de pelo menos 4 horas.

Na prática, uma questão pertinente aos sistemas de *Back-up* de energia, é como determinar a autonomia real de um *No-break* ou carregador de baterias em função das cargas atuais. Desenvolveu-se então, um método simples e preciso o suficiente para se obter uma estimativa da autonomia destes equipamentos.

1.1 Carregador de Baterias

O carregador de baterias é basicamente um retificador trifásico industrial alimentando um banco de 10 baterias de 12 Volts. Ele tem a função de prover uma fonte de energia segura no padrão de tensão de 125 [Vcc] para ser usada nos CCMs, principalmente nas bobinas de *Trip* e fechamento dos disjuntores de potência. Além disto, eles mantêm outros equipamentos importantes do CCM, tais como os anunciadores de alarme do sistema elétrico de potência e os relés de proteção microprocessados. A Figura 1 a seguir ilustra seu diagrama em blocos:

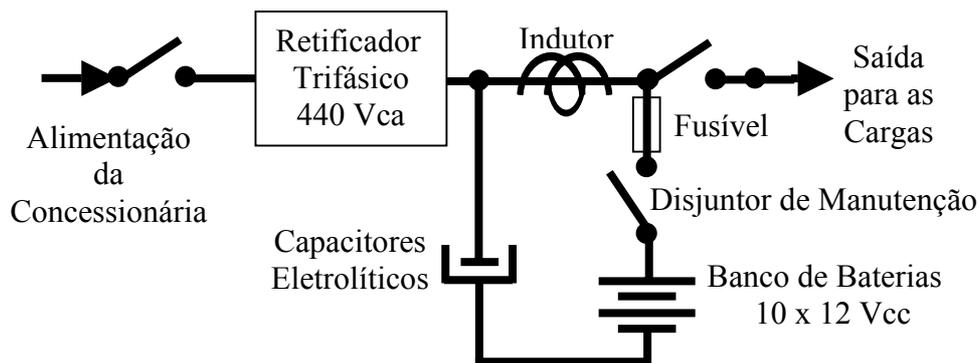


Figura 1 – Diagrama Unifilar de um Carregador de Baterias de 125 Vcc.

1.2 Fonte de Alimentação Ininterrupta: *No-breaks*

Os *No-breaks* também são conhecidos por UPS ou *Uninterruptible Power Supply*, ou seja, um equipamento que fornece uma fonte de energia ininterrupta. Atualmente os *No-breaks* se encontram na sexta geração de desenvolvimento que tem por características básicas o uso de IGBTs no retificador e no inversor com modulação PWM a 12 pulsos, montagem em SMD, microprocessado, display e teclado em IHM - Interface Homem Máquina incorporada etc ... tal como descrito na pág. 13 de Figueira.^[1]

A Figura 2 ilustra o diagrama em blocos unifilar de um *No-Break* estático do fabricante ABB^[2] usado no PCI - Sistema de Injeção de Carvão Pulverizado. Ele é de sexta geração e possui a característica de comutação reversa, tal como descrito na p. 18 de Figueira: ^[1]

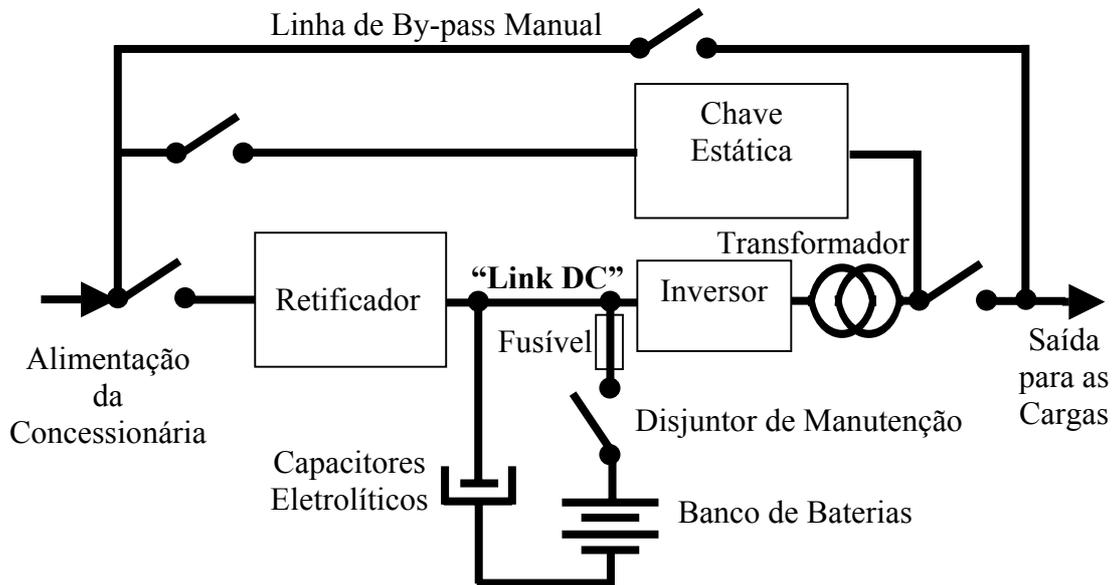


Figura 2 – Diagrama em Blocos Unifilar de um *No-Break* típico.

O *No-Break* industrial geralmente possui uma alimentação trifásica não condicionada da concessionária de energia elétrica. O retificador transforma a corrente alternada em corrente contínua que é filtrada pelo banco de capacitores eletrolíticos. O retificador fornece também a energia para carregar o banco de baterias. O inversor converte a corrente contínua para corrente alternada condicionada, ou seja, com os níveis de tensão controlados e distorção harmônica desprezível. Ele é isolado galvanicamente das cargas pelo transformador. Caso haja uma falha no inversor, a chave estática é acionada automaticamente visando manter a energia condicionada para os consumidores, porém sem reserva de energia auxiliar proporcionada pelo banco de baterias. Para manutenção, pode-se isolar por completo o *No-Break* com o auxílio da chave *By-pass*, ou a comutação reversa manual.

2 PROBLEMAS COMUNS A ESTES EQUIPAMENTOS

Os principais problemas típicos encontrados nos carregadores de baterias e nos *No-breaks*, ocorridos nos Altos-fornos, PCI e EDG, ao longo de 12 anos são:

2.1 Indisponibilidade do Banco de Baterias

O *No-Break* ou carregador de baterias perde a sua função se as baterias estiverem descarregadas. É como se fosse um automóvel sem combustível. Por mais simples que pareça, esta era a **maior causa** de indisponibilidade observada ao longo de nossa experiência de manutenção. Para as baterias do banco, a recomendação é mantê-las de acordo com as instruções do fabricante da mesma. Os problemas observados nos bancos de baterias são:

- A – Baterias com trincas e vazamento de eletrólito;
- B – Condições ambientais inadequadas, ou baterias recebendo luz ou calor;

- C – Baterias sem carga, ou em fim de vida útil;
- D – Falta de disjuntor de manutenção de projeto para o banco de baterias;
- E – Baterias estufadas e com óxidos nos terminais;
- F – Especificação Inadequada: Uso de bateria automotiva e vida útil baixa.

2.2 Equipamento Parcialmente Danificado

Como o *No-Break* é um equipamento modular, onde pode-se efetuar alguns testes simples para verificação das tensões típicas em funcionamento, tal como a seguir:

- A – Verificar a tensão alternada de entrada;
- B – Verificar a tensão do *Link* DC;
- C – Verificar a tensão alternada de saída.

Os defeitos mais comuns de se encontrar nestes equipamentos são:

- A – Bornes, conexões, parafusos, fios etc. desapertados com o tempo;
- B – Inversor danificado;
- C – Retificador trifásico danificado.

2.3 Equipamento Eletrônico Sujo

A **segunda maior causa** de *No-Break* indisponível depois de baterias descarregadas são os equipamentos sujos, visto que a sujeira ocasiona defeitos em longo prazo. Os *No-breaks* trabalham com ventilação forçada acumulando poeira e sujeira nos circuitos, capacitores, chaves, tiristores, IGBTs, fusíveis, módulos eletrônicos, etc...principalmente num ambiente siderúrgico, onde o pó é condutor.

A limpeza é realizada com o equipamento **desenergizado e descarregado**, soprando preferencialmente com jato de ar comprimido seco. Pode-se também usar um aspirador de pó na falta do ar comprimido.

Para a limpeza dos óxidos dos terminais das baterias pode-se usar uma escova seca de cerdas de bronze. Logo após, pode-se utilizar vaselina industrial ou graxa para evitar a oxidação. Porém, isto não é nossa prática, devido a não necessidade e inerente agregamento de sujeira. Os vazamentos de eletrólitos devem ser neutralizados com solução de Bicarbonato de sódio e depois limpos com um pano umedecido com água.

2.4 Ventiladores, Lâmpadas e Fusíveis Danificados

Os ventiladores com eixos apoiados em rolamentos possuem tempo de vida médio de cerca de 20 a 40 mil horas ou de 3 a 5 anos. Porém devido ao seu custo baixo e a importância da ventilação, a cada 6 meses os ventiladores são verificados, e a cada 5 anos trocados. Se o eixo do ventilador for sustentado por buchas, a expectativa de vida varia de 2 a 3 anos, e neste caso, eles sempre são trocados por ventiladores de rolamento.

Os *No-breaks* de quinta geração da década de 80 ainda usavam lâmpadas ao invés de LEDs (Diodos emissores de luz). O principal problema de manutenção com relação a lâmpadas de sinalização de painéis é a falta de padronização dos fabricantes quanto ao tipo da rosca e a tensão de alimentação da lâmpada.

2.5 Capacitores Eletrolíticos em Fim de Vida Útil

O tempo de vida médio dos capacitores eletrolíticos é de cerca de 10 anos. A inspeção periódica do aspecto físico é realizada a cada 6 meses. Procura-se por capacitores estufados ou com vazamento de eletrólito.

3 FILOSOFIA GERAL DE MANUTENÇÃO

3.1 Ações Gerais

A filosofia de reparo e manutenção preventiva geral destes equipamentos consiste principalmente em inspeções e testes periódicos, troca total de baterias, ventiladores e capacitores eletrolíticos, de acordo com a vida útil estabelecida nas referências.^[1-9]

3.2 Ações para o Banco de Baterias

As baterias ou acumuladores de energia são equipamentos em constante evolução a mais de 200 anos.^[8] As baterias de chumbo ácida estacionárias reguladas a válvula, popularmente chamadas de seladas, possuem um válvula reguladora de pressão que abre num determinado valor de pressão afim de eliminar os gases provenientes da parcela não recombinada no ciclo do oxigênio. É uma tecnologia que já se conhecia nos anos 50, porém só entraram comercialmente no mercado nos anos 80 com a popularização da informática. O ambiente de instalação da bateria influencia em sua vida útil e, portanto na confiabilidade do *No-Break* que não pode depender de baterias desgastadas. As ações listadas a seguir resumem a rigidez com relação às das condições ambientais:

- A – Relocação para ambiente com ar condicionado;
- B – Troca parcial de baterias em caso de vazamento de eletrólito;
- C – Eliminação ou atenuação da incidência de Luz solar;
- D – Pré-carga no conjunto de baterias antes da instalação;
- E – Espaçamento de no mínimo 10 -20 [mm] entre baterias;
- F – Ajuste da tensão de flutuação em função da temperatura.

As especificações de aquisição foram corrigidas e a bateria de chumbo ácida estacionária reguladas por válvula de 12 [V] 80 [Ah] com **vida útil projetada de 5 anos foi abandonada**^[4] para os todos estes equipamentos, visando diminuir os custos de manutenção, estoque e aquisição. Definiu-se usar baterias com vida útil projetada de **10 anos ao invés de 5 anos**,^[9] pois apesar de serem em média, 60% mais caras, a relação custo/benefício é mais vantajosa. Portanto, mesmo que mantidas em 25°C, as novas baterias especificadas tem que ser trocadas a cada 10 anos, visto que nesta idade só possuem 80 % da capacidade de retenção de carga, o que compromete o funcionamento do equipamento de energia de emergência. Eliminou-se também o tempo de estoque destas baterias nos depósitos da CSN.

Quando qualquer bateria chumbo ácida (não importa se é de 5 ou 10 anos) atinge 80% de sua capacidade nominal (por ex.: uma bateria de 100Ah apresenta capacidade de 80Ah) ela entra num estágio de declínio e a partir daí não apresenta mais confiabilidade, podendo apresentar o que chamamos de "morte súbita". Uma boa analogia é experimentar aquela situação de rodar com seu carro o dia inteiro sem nenhuma problema, e no outro dia, na primeira partida, ele simplesmente não consegue nenhum sinal, isso é "morte súbita".

3.3 Definição de Vida Útil de Baterias

O termo “vida útil” de baterias é amplamente utilizado, porém existem dois significados distintos:

A - Vida Projetada ou Vida útil projetada: é o tempo de duração de uma bateria nas condições ideais de operação (temperatura, carga, manutenção etc.), em função da seletividade do material aplicada na construção da bateria e do projeto da mesma;

B - Expectativa de Vida ou Expectativa de Vida útil: é o tempo de duração de uma bateria nas condições em que ela vai ser instalada, mantida, aplicada e operada, isto é, varia de caso a caso.

Um exemplo prático é o caso do óleo do motor de um automóvel: geralmente compra-se um óleo com vida projetada, por exemplo de 5.000 km. Porém existe a necessidade de inspeções periódicas visando verificar o nível e viscosidade e não deixar para ver isso somente quando estiver perto do vencimento, pois a expectativa de vida varia de acordo com as condições do veículo, temperatura, ambiente de rodagem, etc.

3.4 Tensão de Flutuação em Função da Temperatura

Nos equipamentos modernos existe a função de correção da tensão de flutuação em função da temperatura, especialmente para locais de instalação submetidos a temperaturas diferentes da faixa de 16° C a 32°C.

É importante salientar que a cada 10°C acima da temperatura de referência (25°C) a vida da bateria reduz pela metade, assim uma bateria com vida de 10 anos vai durar somente 5 se operada a 35°C.

Os equipamentos geralmente possuem uma faixa de ajuste automática na tensão de flutuação em torno de 2 a 8 mV/°C/elemento. A correção da tensão em função da temperatura que é desempenhada por vários No-breaks tais como o Socomec do AF#3.^[3] Os próprios fabricantes das baterias^[4,8] solicitam que a função de correção da tensão de flutuação ou tensão de saída do retificador seja ligada. A tabela 1 varia de fabricante para fabricante, mas em geral a correção da tensão de flutuação com a temperatura melhora a expectativa de vida em 20%.

Tabela 1 – Expectativa de vida útil para o banco de baterias em função da temperatura ambiente, com e sem correção na tensão de flutuação.

Temperatura °C	Expectativa de vida (Anos)	
	Sem compensação	Com compensação
20	5,0	6,0
25	5,0	5,0
30	2,5	4,0
35	2,0	3,0
40	1,5	2,5
45	1,0	2,0

Fonte: Manual técnico de baterias (Série 12 V) da Newmax do Brasil;

Consultando-se o manual do fabricante da bateria padronizada^[8] obtém-se os valores para utilização cíclica (5 mV/°C/elemento) ou para utilização em flutuação (3,3 mV/°C/elemento), como no caso dos No-breaks e carregadores de baterias. Portanto, o fator de correção para a tensão de flutuação do *No-Break* **tem que ser ajustada igual** à tensão de flutuação da bateria.

3.5 Medições, Testes e Simulações nas Manutenções Preventivas

O principal teste é a simulação de falta de energia, que se faz ao abrir o disjuntor de entrada, ou seja, desliga-se a energia da concessionária. Porém, devido a criticidade do processo, esta operação só pode ser feita na manutenção preventiva dos altos fornos.

A maioria dos equipamentos de quinta ou sexta geração já possui as medições típicas a serem realizadas em sua IHM - Interface Homem Máquina, ou nos indicadores do painel frontal. Segue a lista básica:

Medições a serem executadas:

- A – Tensão de entrada e saída entre fase/neutro;
- B – Leituras das frequências de entrada e saída;
- C – Tensão e corrente do retificador para o *Link DC*;
- D – Tensão e corrente de carga/descarga do banco de baterias;
- E – Leitura das tensões e correntes do inversor.

Os testes e simulações típicas que podem ser executados nos *No-Break* e carregadores de baterias, durante a manutenção preventiva são:

Testes e Simulações:

- A – Falta de energia primária;
- B – Alarme de falha no retificador ou no inversor;
- C – Chave *By-pass* fechada ou com defeito;
- D – Abrir o disjuntor de manutenção do banco de baterias;
- E – Banco de Baterias em descarga.

3.6 Etiqueta de Gerenciamento da Manutenção

Foi confeccionada uma etiqueta de gerenciamento da manutenção contendo as seguintes informações:

- A – Data da última troca do banco de baterias;
- B – Medição da corrente de descarga;
- C – Data da última manutenção preventiva;
- D – Previsão de autonomia em horas segundo a fórmula (3) a seguir.

Esta etiqueta é fixada no equipamento ou no banco de baterias ao final de cada manutenção preventiva.

3.7 Novas Diretrizes de Especificação e Compra de Baterias

Para as diretrizes de especificação e compra de baterias utilizadas em *No-breaks* é necessário verificar as características de cada instalação, pois de acordo com o tempo de descarga, existência de grupo gerador, ou outra forma de energia alternativa quando da falta de rede, será necessário a colocação de banco de baterias extra em paralelo para atender as especificações de autonomia, temperatura da sala onde estão instaladas as baterias etc...

Por força de lei, todo fabricante deve garantir as baterias por 1 ano. Alguns fornecedores trabalham com uma garantia maior, por exemplo de 2 anos para garantia total e mais 3 anos de garantia “**pro-rata**”, ou seja, você vai ter um desconto na aquisição de um novo banco de baterias se estas vierem apresentar defeito dentro do período de garantia. Note que, para tal, é necessário obedecer algumas condições para poder exigir esta garantia:

- 1- Ter controle e registro de manutenção periódica de todos os elementos, com as anotações das datas das manutenções;
- 2- Para baterias estacionárias reguladas por válvula, a temperatura de trabalho não deve exceder a 25°C, ou o equipamento (No-break) deve corrigir a tensão de flutuação caso a temperatura venha a apresentar variação para maior ou menor temperatura também, tal como ilustrou o item 3.3 anterior.

Em resumo, é necessário ficar atento a qualidade da bateria, levando em consideração a relação custo/benefício, para assegurar a confiabilidade a sua instalação e reduzir os custos periódicos de manutenção. Em Nife^[9] existe um maior detalhamento das inspeções mensais e anuais a serem feitas, bem como ações preventivas e corretivas para banco de baterias.

4 ESCOPO TÍPICO DE REPARO PARA NO-BREAK COM 10 ANOS DE USO

A seguir tem-se um escopo básico e típico elaborado para as manutenções preventivas em *No-breaks* e carregadores de baterias na área da CSN. Tomou-se como exemplo, a Manutenção preventiva do *No-Break* modelo Compact-plus de 60 [kVA] de sexta geração do fabricante ABB^[2] instalado no início do ano de 1997 no PCI – Sistema de Injeção de Carvão Pulverizado, operando a cerca de uma década.

- A – Verificação das fiações, conectores, bornes e materiais isolantes;
- B – Inspeccionar e operar os disjuntores de entrada no QDG;
- C – Verificar, limpar e operar os disjuntores de entrada, internos e saída;
- D – Limpar e reapertar os barramentos de conexão de cobre do *Link DC*;
- E – Substituição dos ventiladores de refrigeração;
- F – Inspeccionar e limpeza dos fusíveis ultra-rápidos dos retificadores, inversores, baterias e os fusíveis do *By-pass* manual;
- G – Efetuar a troca de todas as baterias reguladas por válvula do banco;
- H – Substituir conectores oxidados, quebrados, ou com isolação rompida;
- I – Efetuar a limpeza do Painel de operação e Display;
- J - Substituição dos Capacitores eletrolíticos de 2200uF/500Vcc do *Link DC* e dos capacitores cerâmicos do Filtro AC 200uF/250Vac;
- K – Trocar a placa eletrônica do Módulo Fonte do Inversor – mod.: IPS-400;
- L – Substituição a placa eletrônica de disparo do Inversor ITD-2.

5 ESCOPO TÍPICO DE REPARO PARA CARREGADOR DE BATERIAS COM ANOS DE USO

Diversos são os fabricantes de carregadores de bateria. Na CSN, os mais modernos são os modelos **CBM8000** do fabricante **ADELCO®**,^[5] que foram adquiridos na reforma do AF#3 em 2001. Em 2006, após 5 anos de operação, efetuou-se a primeira manutenção preventiva destes equipamentos, com a troca total das baterias originais de 50 [Ah] para as padronizadas de 80 [Ah]. Segue o escopo realizado:

- A – Efetuar limpeza e reaperto geral minucioso de todas as placas e componentes do carregador de baterias, principalmente nos circuitos de potência;
- B – Trocar os ventiladores de refrigeração;
- C – Dimensionar, fornecer e instalar disjuntor para o banco de baterias;
- D – Trocar todas as baterias e interligá-las ao carregador;
- E – Efetuar testes a quente verificando o carregador e seu banco de baterias;
- F - Realizar treinamento operacional e de manutenção sobre o carregador de Baterias, durante 4 horas para técnicos e instrumentistas.

6 MÉTODO PARA DETERMINAÇÃO DA AUTONOMIA DE UM *NO-BREAK*

6.1 Medição da Corrente de Descarga do *No-break*

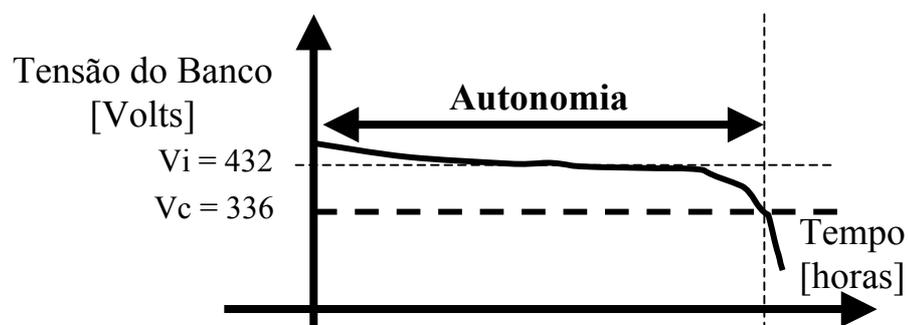
A medição da corrente de descarga do *No-Break* é de fundamental importância para determinar a autonomia do *No-Break* na ausência de alimentação da concessionária. A corrente contínua de descarga é medida com a entrada principal aberta, simulando-se a condição de perda de energia principal. A corrente é obtida com o auxílio de amperímetro tipo *Clamp*, conectado em série com as baterias.

6.2 Curva do Tempo de Descarga do Banco de Baterias

A autonomia de um *No-Break* depende basicamente da autonomia do banco de baterias e não pode ser confundida com a capacidade em [kVA] do equipamento. Os principais fatores determinantes na autonomia de um conjunto de acumuladores são listados por Oliveira^[6] na p. 134, conforme a seguir:

- A – Capacidade do banco de baterias em [Ah];
- B – Temperatura (25°C) e estado de conservação do banco de baterias;
- C – Corrente de descarga do banco de baterias;
- D – Tensão de corte ou tensão final do banco de baterias;
- E – Tempo de instalação em anos ou idade da bateria.

As cargas de saída conectadas ao *No-Break* são refletidas na corrente de descarga do banco de baterias. A Figura 3 ilustra a curva de descarga para o banco de baterias de um *No-Break* trifásico de 440 Vca da ABB,^[2] que também é válida para o *No-Break* da Socomec do AF#3:^[3]



Fonte: SOCOMEC® – Operating instructions of 10 to 130 [kVA] Three-phase Systems;

Figura 3 – Curva de descarga típica das baterias de um *No-break*

A tensão inicial, V_i , típica de um banco de baterias de um *No-Break* trifásico industrial de 440 Vca composto de 32 baterias. Cada bateria chumbo ácida selada de 80 [Ah] possui 6 elementos, totalizando 12 Volts nominais. A tensão inicial do banco é o somatório das tensões de flutuação de cada elemento da bateria, especificada de 2,23 a 2,30 [V], sendo 2,25 e 2,27 os valores típicos de Socomec^[3] e Newmax.^[4] Assim, a tensão inicial ou tensão de flutuação do banco de 32 baterias pode ser obtida em 1:

$$V_i = n \times 6 \times (2,23 \text{ a } 2,30) = (13,38 \text{ a } 13,8) \times n = 428 \text{ a } 441 \text{ volts} \quad (1)$$

No limiar do fim da disponibilidade de energia de emergência, quando a bateria já se encontra em seus últimos momentos, o eletrólito apresenta uma densidade bem baixa, pois grande quantidade de ácido reagiram com o chumbo das placas formando o sulfato de chumbo (sulfatação), o qual não é condutivo e impede a circulação de corrente. Esta sulfatação é reversível com a aplicação de uma nova carga, fazendo com que o ácido volte à solução, quebrando o sulfato produzido nas placas; porém se a condição de descarga continuar abaixo da tensão final de corte especificada, corre-se o risco de se experimentar um processo de sulfatação irreversível.

O limiar de desarme do *No-Break* é justamente projetado para detectar o final de descarga e proteger o conjunto de baterias. Existe um sensor de tensão baixa para detectar a tensão final de descarga, ou tensão mínima do elemento da bateria para que não haja danos irreversíveis. Isto é interessante saber, pois em momentos de crise e emergência é comum medir-se a tensão do banco de baterias. Normalmente, a pergunta que se faz é:

Qual o valor de tensão mínima do banco de baterias em ocorrerá o desligamento das cargas alimentadas pelo No-Break?

Para baterias de Chumbo ácida operando em temperaturas ambientes de 25°C, a tensão mínima do elemento é geralmente cerca de 1,75 a 1,85 [v]. Para a bateria padronizada,^[4] o valor da tensão de corte é 1,75 [v]. Portanto, a tensão final ou tensão de corte do banco pode ser calculada, tal como ilustra a fórmula 2:

$$V_c = n \times 6 \times 1,75 = 10,5 \times n = 336 \text{ volts} \quad (2)$$

Mais uma vez deve-se verificar se a tensão do sensor de final de descarga do *No-Break* está **igual** à tensão de corte das baterias. A tensão final de descarga em alguns *No-Break* pode atingir até 1,70 [v] por elemento. Normalmente 1,75 [v] é utilizado para sistemas estacionário de média intensidade de descarga (ex.: telecomunicações, alto forno etc..). A tensão final de descarga também depende da tensão mínima que é aceita pelos consumidores do sistema.

6.3 Cálculo Prático para Estimar a Autonomia de um *No-Break*

Uma vez mantida as condições ambientais das baterias, a real autonomia de um *No-Break* depende essencialmente da idade da bateria e da corrente contínua fornecida pelo o banco de baterias com a entrada aberta, ou seja, com a fonte de alimentação principal de energia desconectada.

Como as baterias foram padronizadas, a partir do manual da bateria padronizada^[4] foi levantada uma curva com o auxílio do EXCEL em função da tabela de taxa de descarga a 25°C. Esta curva nos forneceu uma equação exponencial com $R^2=0,9975$.

No início da operação (primeiros 2 anos) pode até haver um aumento de capacidade por conta da integração de todo material ativo nas reações, mas depois a perda de capacidade vai sendo gradativa, porém não se pode precisar o percentual anual porque há uma aceleração quando se aproxima do final da vida. Apesar deste fato, foi implementada com uma regra de três para a idade em anos da bateria, baseado no fato de que após 5 anos, a bateria só retém 80% da carga. A fórmula (3) resume o resultado deste desenvolvimento:

$$t \cong i^{-0,77} (50 - 2 \times T) \quad (3)$$

Onde:

t = tempo de autonomia estimado em Horas;

i = Corrente de descarga do banco de baterias medida em Ampères;

T = Idade do acumulador de 0 a 5 Anos.

Vale lembrar que a fórmula (3) foi calculada para as baterias originais de 5 anos, 12 [v] e 80 [Ah] [4] que foram substituídas pelas baterias de 10 anos.^[8]

Admitiu-se também que as condições ambientais estão preservadas e a descarga ocorre em 25°C, pois quanto mais quente maior a capacidade de retenção de carga da bateria e, portanto, maior será sua autonomia. Vale lembrar que a vida útil diminuir com o aumento da temperatura ambiente, conforme ilustrou a Tabela 1.

Outro ponto, é que a fórmula (3) somente é válida durante os 5 anos de vida útil das baterias. Contudo, para efeitos de estimativa de operação em condições de emergência, seu cálculo tem se mostrado bastante útil e preciso.

Quando se dimensiona uma bateria para uma determinada autonomia e se deseja esta autonomia até o final da vida útil deve-se aplicar o fator de envelhecimento no cálculo da capacidade final, isto é, se há necessidade de 100 Ah até o final da vida, é necessário iniciar com uma bateria de 125Ah para compensar a perda gradativa até 80% (125 x 0,80 = 100). Com isso, a autonomia vai ser maior no início, mas garantirá a autonomia especificada até o final da vida.

Independente disso, é recomendável um teste de capacidade ou de autonomia a cada 2 anos para acompanhar o grau de degradação da bateria.

7 DESENVOLVIMENTOS REALIZADOS EM EQUIPAMENTOS

Apesar de se tratar de equipamentos modulares e de fabricação industrial padrão, em campo pode haver alguns desenvolvimentos interessantes. A seguir tem-se um breve histórico dos problemas e ações tomadas para três casos de equipamentos:

7.1 No-break da Estação de Dessulfuração de Gusa - EDG

O *No-break* da EDG é de sexta geração conforme Figueira^[1] e foi implantado no ano 2000. Ele é o modelo **1400XL plus Series** de 6 [kVA] do fabricante **Toshiba®**,^[7] e possuía um banco de baterias composto de 18 baterias de 7 [Ah]. Estas baterias têm as dimensões físicas aproximadas de baterias de motocicleta, e estavam instaladas dentro do próprio *No-Break*.

Devido a impossibilidade de manutenção e troca das baterias, o *No-Break* se encontrava demasiadamente sujo e com as baterias esgotadas. O resultado é que a EDG exigia intervenções para restabelecimento dos sistemas SCADA e PLC, em caso de falta de energia, em fins-de-semana.

Para solucionar estes problemas, foi confeccionada e instalada uma prateleira de aço com disjuntor de manutenção e proteções de acrílico para abrigar o novo banco de baterias, fora do equipamento e em ambiente climatizado.

Portanto, o banco de baterias foi transferido para fora do *No-Break*, ou seja, longe das tensões perigosas dos circuitos, possibilitando a troca das baterias sem maiores riscos. Além disto, sua capacidade foi expandida em cerca de 11 vezes, ou

seja, as 18 baterias de 7 [Ah] foram trocadas por baterias de 80 [Ah]. As baterias de 80 [Ah] possuem as dimensões físicas aproximadas de bateria de automóvel. A autonomia do *No-Break* foi expandida de 2 para 20 horas aproximadamente.

Deve-se observar se o carregador aplica corrente suficiente para carregar uma bateria de maior capacidade, portanto é necessário verificar se a corrente de carga está na ordem de 8 a 10% capacidade da bateria, sob pena de se necessitar muito tempo para recarregar a bateria ou, até mesmo, não conseguir recarregá-la.

Além disto, as baterias de pequenas capacidades (até 30 [Ah]) não são fabricadas dentro de um padrão de qualidade estável, sendo que existem centenas de fabricantes e não são classificadas como baterias de 5 ou 10 anos. São muito comerciais e se pode encontrar nos estoques de muitos revendedores.

Outro aspecto verificado na troca da bateria de 7 por baterias de 80 [Ah], foi se o retificador tinha capacidade de carregar uma bateria 11 vezes maior, e somado a isto, foi efetuada uma pré-carga fornecida por um gerador de corrente contínua da oficina de locomotivas, antes da instalação e interconexão com o *No-Break*.

7.2 Chaveamento dos *No-Breaks* do Af#3 e *Stock-House*#3

Uma falha ocorrida no inversor de saída do *No-Break* do *Stock-house*#3, SH#3, do AF#3 levou sua substituição temporária por uma nova fonte de energia ininterrupta. Para tal, foi passado um novo cabo de potência que trazia a alimentação do *No-Break* do AF#3 como alternativa para alimentar as cargas do SH#3.

Após o reparo do *No-Break* do SH#3, construiu-se um painel para chaveamento da fonte de alimentação das cargas do SH#3 que agora pode ser escolhida de dois *No-breaks* distintos.

Como os circuitos das cargas da SH#3 não exigem uma passagem pelo zero da senóide com precisão, o chaveamento foi realizado com contadores e chaves seletoras simples, colocando um voltímetro na entrada de alimentação do *No-Break* do SH#3 e do AF#3 para se assegurar da presença de tensão.

Desta forma, montou-se uma versão mais simples para um sistema de *No-Break* redundantes paralelos, semelhante ao descrito na p.. 21 de Figueira.^[1]

7.3 Sinais de Falha: Carregadores de Baterias da CBR#4 e do PCI

A Casa de Bombas de Recirculação de água do AF#3, CBR#4, possui dois carregadores de baterias CBM-8000 de sexta geração. Estes equipamentos são responsáveis pela alimentação dos relés de proteção inteligentes (GE-Multilin) do sistema elétrico de potência. A falha destes equipamentos causava a parada de todo o CCM e por conseqüência a queimas das ventaneiras e a parada em emergência do AF#3.

Os sinais de falha dos carregadores de baterias foram passados para as entradas digitais do PLC visando promover a visualização dos alarmes e rápida identificação e restabelecimento em caso de *Trip* ou ocorrência de falha.

O PCI - Sistema de Injeção de carvão pulverizado possui um carregador de baterias de quinta geração. A falha deste equipamento causa a parada de injeção nos altos fornos 2 e 3 da CSN. Os sinais de falha dos carregadores de baterias foram ligados nas entradas digitais do SDCD visando promover a visualização dos alarmes.

8 CONCLUSÕES

O gerenciamento e a troca periódica das baterias dos sistemas de energia de emergência bem como as baterias de memória das CPUs dos PLC e SDCDs são de fundamental importância para a coleta de dados dos processos, a manutenção dos sistemas de automação e as manobras de emergência dos CCMs, o que sempre ocorre principalmente nos casos de *Black-out* de energia elétrica.

As condições ambientais são essenciais para a preservação da vida útil das baterias, e os disjuntores de manutenção facilitam as suas trocas. Além disto, as baterias com vida útil projetada de 10 anos se mostraram mais confiáveis e com uma melhor relação custo/benefício de aquisição e manutenção.

As limpezas e os testes periódicos destes equipamentos são a única garantia de seu funcionamento desta família de equipamentos. Somente com um teste real, pode-se verificar o estado de carga do banco de baterias e garantir o funcionamento geral do equipamento.

O método de determinação da autonomia do *No-Break* em horas se mostrou prático e satisfatório para se obter uma estimativa de capacidade para os sistemas de energia de emergência.

Sempre que possível deve-se no projeto inicial da automação prever os sinais de entrada digitais para os sinais de falha dos *No-breaks* e carregadores de baterias para os PLCs e SDCDs dos processos, visando um rápido diagnóstico e ação corretiva pela manutenção.

As equipes de manutenção elétricas têm que ser recicladas nas técnicas e tecnologias destes equipamentos de energia secundária de emergência, bem como nos procedimentos de teste, simulações e medições. Deve-se ter conhecimento de como realizar a troca das baterias com a total segurança exigida pela energia elétrica, conforme NR-10.

As ações e os conhecimentos gerados pelas experiências e manutenções periódicas nos *No-breaks* e carregadores de baterias possibilitaram a geração de novas técnicas manutenção, facilidades para as trocas de baterias, cálculo e expansão da autonomia, maior conhecimento sobre esta classe de equipamentos etc..., além do esperado aumento na confiabilidade operacional dos processos.

O índice de falha destes equipamentos foi reduzido após a implantação deste trabalho, e não há mais ocorrências de interferências nos processos e na produção de ferro-gusa nos altos fornos.

REFERÊNCIAS

- 1 Figueira, A. – Sistemas No-Breaks Estáticos – Antenna Edições Técnicas Ltda.;
- 2 ABB® – No-Break S4000 da linha Compact Plus 20 kVA – Operating/Maintenance Manual - 1995;
- 3 SOCOMEC® – Operating instructions of 10 to 130 [kVA] Three-phase Systems Modelo: A2S3047;
- 4 Manual técnico de baterias (Série 12 V) da Newmax do Brasil: Rua Manuel Pinto de Carvalho, 281 – São Paulo – SP - (011) 3934-5011;
- 5 ADELCO® - Manual de Instalação, Operação e manutenção do Retificador/Carregador de baterias microprocessado série CBM8000;
- 6 Oliveira, S.H.F. – Dissertação de Mestrado da USP - São Paulo – 1997. “Dimensionamento de Sistemas Fotovoltaicos Autônomos: Ênfase na Eletrificação de Residências de Baixo Consumo”;
- 7 TOSHIBA® – UPS – 1400XL plus Series – Operating Manual;
- 8 Franco, F.C. – Baterias: A fantástica história da energia através do tempo – NIFE® Baterias Industriais – Julho de 2006 – Av. Pires do Rio, 4615 – São Paulo – SP;
- 9 NIFE® - Manual Técnico de Baterias Chumbo Ácidas reguladas por válvula - NIFE® Baterias Industriais – Av. Pires do Rio, 4615 – São Paulo – SP.