



XX Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica
SENDI 2012 - 22 a 26 de outubro
Rio de Janeiro - RJ - Brasil

Gilcinea Rangel Pesenti	Light Serviços de Eletricidade S/A	gilcinea.pesenti@light.com.br
Vitor Torquato Arioli	Fundação CPQD - Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicação	varioli@cpqd.com.br
Raul Fernando Beck	Fundação CPQD - Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicação	raul@cpqd.com.br
Rodrigo Samuel Nazari	Fundação CPQD - Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicação	rnazari@cpqd.com.br
Maria de Fatima Negreli Campos Rosolem	Fundação CPQD - Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicação	mfatima@cpqd.com.br
Glauco Ribeiro dos Santos	Fundação CPQD - Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicação	glauco@cpqd.com.br
Paulo Henrique de Oliveira Lopes	Fundação CPQD - Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicação	pauloh@cpqd.com.br

Sistema de Monitoração Remota para Baterias Chumbo-ácidas Estacionárias

Palavras-chave

bateria
condutância
impedância
monitoração remota

Resumo

Este trabalho descreve o desenvolvimento de um sistema de monitoração remota de baterias chumbo-ácidas estacionárias (ventiladas e reguladas por válvula), utilizando como parâmetros básicos de análise a impedância, a tensão e a temperatura. A gestão e análise de todas as medidas foram incorporadas no Software Gestão de Bateria, o qual é fruto do P&D CPqD/Light - 019/2006.

1. Introdução

As baterias são elementos vitais na confiabilidade de uma Subestação, pois é por meio da mesma que toda a supervisão e pontos de controles mantém seu funcionamento numa eventual falha de energia. Para tanto, a bateria deve estar sempre em condição de operação adequada, sendo imprescindível conhecer o seu estado de degradação. Até recentemente a avaliação das baterias em operação era efetuada pelo ensaio de capacidade, que consiste em promover a descarga das baterias durante um tempo não inferior a 3 horas.

Durante este período é necessário a desconexão da bateria do sistema de energia, o que, além de deixar todo o sistema de operação e supervisão da subestação sem reserva de energia durante cerca de 24 horas (devido ao tempo necessário para completa recarga das baterias), também contribui para a diminuição da vida útil da bateria. Toda a execução deste ensaio (descarga/carga) exige acompanhamento de um técnico.

Nos últimos 15 anos observa-se um esforço internacional na busca de metodologias para avaliação do estado de degradação da bateria num curto período de tempo, sem a necessidade de desconectá-las dos equipamentos consumidores, não contribuindo para seu envelhecimento precoce, e com um custo acessível. Uma das metodologias que vem sendo muito pesquisada é a avaliação do valor ôhmico interno da bateria, por exemplo, medições de condutância, impedância e resistência.

Diante deste cenário, desde 2001 o CPqD e a Light, através de projetos de pesquisa e desenvolvimento incentivados pela ANEEL, realizam pesquisas sobre a técnica de medição de impedância ou condutância como alternativa ao teste de capacidade. Conforme publicado em trabalhos anteriores esta metodologia mostrou ser eficiente no acompanhamento do estado de degradação de baterias, e hoje sua utilização é uma realidade nas empresas do Setor Elétrico.

A Light, após a implementação desta metodologia como ferramenta na manutenção das baterias de suas subestações, sentiu a necessidade de dispor de um sistema capaz de realizar a gestão das medições de condutância ou impedância, tensão de flutuação, densidade e teste de capacidade, bem como gerar relatórios cruzando estas e outras informações, de modo a possibilitar a extração de um maior número de informações que venha a auxiliar tanto a operação como a manutenção corretiva e preditiva das baterias, bem como gerenciar a substituição das baterias, comparando o desempenho entre fabricantes, modelos, etc. Desta forma o CPqD e a Light conduziram o projeto de pesquisa e desenvolvimento número 019/2006 para o desenvolvimento de um sistema para Gestão da Operação e Manutenção de Baterias Chumbo-ácidas Ventiladas e Reguladas por Válvulas instaladas em Subestações da Light (GEBAT). A condução desta pesquisa resultou num software onde, por meio das medições de condutância ou impedância dos elementos da bateria, é possível ter uma estimativa do estado de degradação da bateria para os próximos dois anos.

Em continuidade a esta pesquisa, a Light e o CPqD iniciaram o projeto de P&D 033/2008, cujo objetivo foi desenvolver o protótipo de um sistema de monitoração remota de baterias, constituído de hardware e software, por meio do qual é possível obter em tempo real e automático a tensão e a impedância de cada elemento / monobloco. Toda a parte de gestão e avaliação das medições deste novo sistema foram implementados no Software de Gestão de Baterias desenvolvido no projeto anterior (P&D 019/2006).

O objetivo principal desse projeto foi desenvolver uma ferramenta automática e eficiente para avaliação do estado de degradação das baterias, de modo a aumentar a confiabilidade dos Serviços Auxiliares das Subestações da Light com elevado índice de criticidade, bem como dispor de um sistema automático e remoto para ser instalado em Subestações localizadas em locais de difícil acesso, de maneira a contribuir para a redução dos custos de deslocamento e mão de obra para realização de manutenção das baterias destas localidades.

2. Desenvolvimento

2.1. Arquitetura do Sistema de Monitoração Remota para Baterias

A Figura 1 apresenta a arquitetura do protótipo do sistema de monitoração remota para baterias.

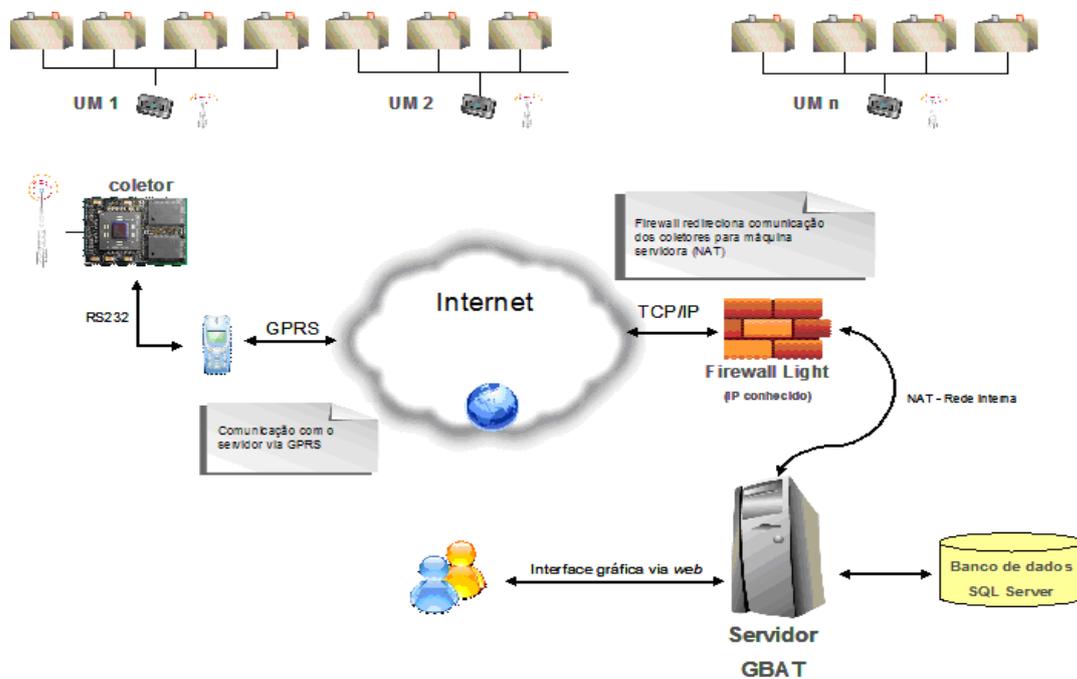


Figura 1: Arquitetura do Sistema de Monitoração Remota

O hardware é composto por Unidades de Medição (UM), Unidade de Medição de Corrente (UMC) e uma Unidade de Controle (UC). Cada UM mede tensão, nível de eletrólito (somente para baterias ventiladas), impedância individual e resistência de interconexão de até quatro elementos / monoblocos, bem como a temperatura de um destes elementos / monoblocos.

A Unidade de Medição de Corrente (UMC) monitora a corrente da bateria. Todas estas medições são transmitidas via comunicação sem fio (*wireless*) para a UC, que armazena e processa esses dados, enviando-os por meio de modem GPRS ou meio físico (coaxial Ethernet) para um servidor no Centro de Operações ou na TI da Light. Os dados são processados, armazenados e analisados pelo Software de Gestão de Baterias (foram implementados novos módulos no software GEBAT incorporando funcionalidades para a medição remota). O sistema também monitora a bateria quando ocorre uma descarga (falta da energia comercial ou falha no retificador). O protótipo mede o valor ôhmico interno dos elementos / monoblocos por meio da técnica de medição de impedância, utilizando corrente e tensão CA em baixa frequência. As Figuras 2 e 3 mostram a Unidade de Medição e de Controle.



Figura 2: Unidade de Medida



Figura 3: Unidade de Controle

2.2 Validação do Sistema

A nova versão do Software Gestão de Bateria permite manter a gestão dos resultados de medição com os equipamentos comerciais portáteis, que medem condutância ou impedância, bem como com o protótipo desenvolvido.

A fim de validar as medições de tensão e impedância efetuadas pelo protótipo, foram realizados ensaios laboratoriais comparando os valores obtidos a partir do protótipo com os valores obtidos pelos equipamentos comerciais portáteis de medição de condutância e de impedância.

Os ensaios foram conduzidos com seis diferentes modelos de elementos de bateria chumbo-ácida, sendo três ventilados e três regulados por válvula, todos com capacidade nominal de 200 Ah (regime de 10hs, tensão final de descarga de 1,75V e temperatura de 25°C).

Inicialmente, com os elementos em plena carga e na tensão de flutuação, foram realizadas medições de seus parâmetros ôhmicos internos com os três equipamentos (medidor de condutância Midtronics Celltron Advanced, medidor de impedância Megger Bite3 e o protótipo desenvolvido).

Em seguida os elementos foram submetidos a uma descarga no regime de 3 horas. Como durante a descarga da bateria ocorre alteração do valor ôhmico interno, decidiu-se realizar durante todo o período de descarga, além da medição de tensão, as medições do valor ôhmico com os três equipamentos, em intervalos de 20 minutos. A descarga foi finalizada quando cada elemento atingiu a tensão final de 1,75 V.

A Figura 4 apresenta, para um elemento, as variações das medições de condutância e impedância entre os equipamentos portáteis comerciais e o protótipo. Como se pode observar, durante a descarga a condutância diminui e a impedância aumenta. As medições realizadas pelo protótipo durante o período de descarga apresentaram comportamento similar aos equipamentos portáteis de medição de impedância e condutância. A Figura 5 mostra estes valores normalizados para facilitar a análise e a comparação.

Cabe ressaltar que em todos os ensaios os três equipamentos apresentaram resultados similares, conforme apresentado nas Figuras 4 e 5.

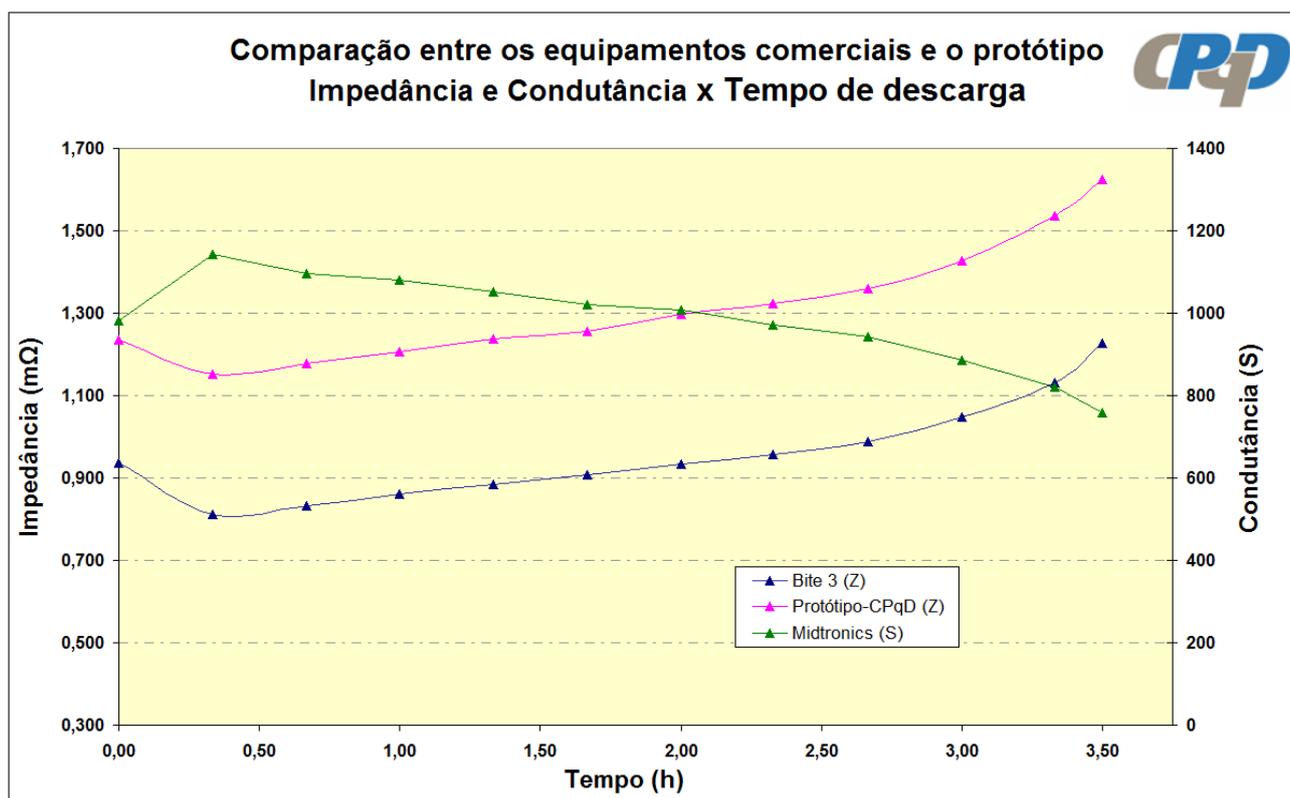


Figura 4: Medições ôhmicas durante a descarga de um elemento de bateria

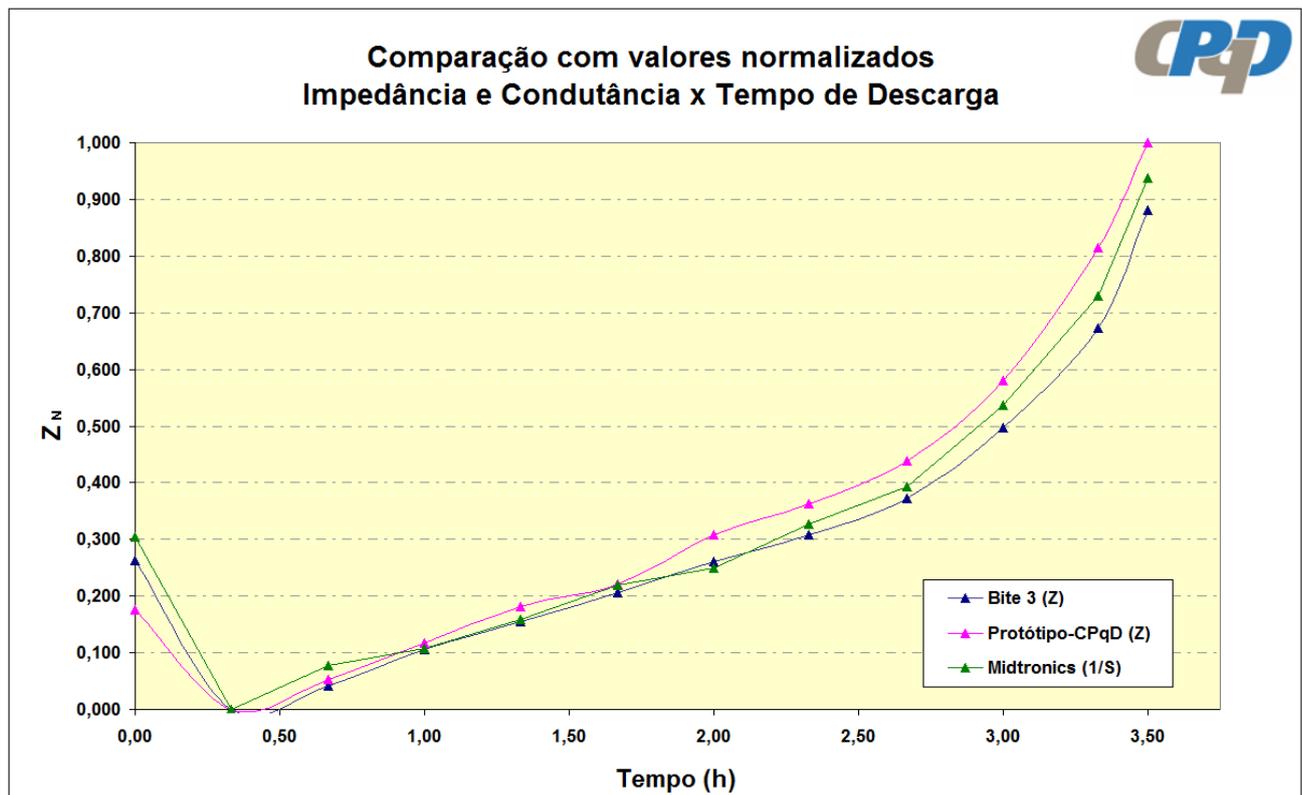


Figura 5: Valores normalizados das medições ôhmicas de um elemento de bateria

2.3 Software Gestão de Baterias (GEBAT)

A nova versão do Software de Gestão de Bateria (GEBAT) foi desenvolvida para ambiente WEB, linguagem DotNet e banco de dados SQL Server. Nesta nova versão foram incorporadas no GEBAT as funcionalidades e controle do protótipo de monitoração remota, como descrito a seguir.

2.3.1 Gerenciamento da Monitoração Remota

Na nova versão do GEBAT foram acrescentadas as seguintes funcionalidades:

- Medição automática da tensão e impedância de cada elemento;
- Implementação de novas medições, tais como nível do eletrólito (alto ou baixo), temperatura do ambiente e dos elementos / monoblocos pilotos, resistência das interconexões dos elementos e corrente da bateria e de ripple, que também são todas realizadas automaticamente;
- Quando a bateria entra em operação (descarga), o sistema mede e armazena a corrente de consumo e a tensão de cada elemento, enviando aviso ao usuário informando que a bateria está em descarga;
- O usuário pode fazer o agendamento das medições de acordo com sua necessidade;
- O usuário pode consultar e solicitar medições em tempo real a qualquer instante (Figura 6);
- Quando as medições alcançam nível crítico (programável) o Sistema apresenta alarme visual para chamar a atenção do usuário;
- Todas as medições são apresentadas em relatórios na forma de gráficos e tabelas.

CPQ Light
Gestão de Baterias

Índice | Alterar Senha | Sair | Ajuda

Importação | Medidas | Manutenção | Relatórios | Cadastros | Configuração | Segurança

Medidas de Impedância Remota - Detalhes

Órgão:
Localidade: baependi
Banco de Baterias: 1
Valor de referência da impedância remota do banco (mOhm): 1.800
Data da medição: 08/05/2011
Média da temperatura do elemento/monobloco piloto (°C): 23.9
Média da impedância remota (mOhm): 1.572
Tensão total (V): 32.806
Corrente CC do banco de baterias (A): 13.2
Ripple de corrente do banco de baterias (A): N/D

Estado	Nº Elemento	Tensão (V)	Imp. remota (mOhm)	Perc. referência (%)	Temp. do elemento/monobloco piloto (°C)
✓	1	1.991	2.036	113.11	23.5
✓	2	2.124	1.867	103.72	23.5
✓	3	2.109	1.872	104.00	23.5
✓	4	2.111	1.815	100.83	23.5
✓	5	1.937	1.138	63.22	23.4
✓	6	2.052	0.835	46.39	23.4
✓	7	2.053	0.865	48.06	23.4
✓	8	2.051	0.944	52.44	23.4
✓	9	1.935	2.036	113.11	24.5
✓	10	2.060	1.867	103.72	24.5
✓	11	2.085	1.872	104.00	24.5
✓	12	2.025	1.815	100.83	24.5
✓	13	1.978	1.728	95.89	24.2
✓	14	2.105	1.453	81.28	24.2
✓	15	2.104	1.486	82.56	24.2
✓	16	2.106	1.511	83.94	24.2

Tecnologia CPQD | Versão 2.0

Figura 6: Tela do GEBAT

O GEBAT apresenta as seguintes funcionalidades no seu Menu Principal:

- Importação das medições (manual ou remota)
- Medidas;
- Manutenção;
- Relatórios;
- Cadastro;
- Configuração;
- Segurança.

No lado esquerdo da tela principal é apresentada uma lista de todas as subestações cadastradas no banco de dados do GEBAT (tipo árvore documental). Através desta lista (menu) o usuário pode acessar todos os relatórios e registros das subestações.

A seguir é apresentada a descrição de outras funcionalidades do GEBAT.

2.3.2 Medidas

Além das medições de impedância e condutância, podem ser inseridas manualmente as medições individuais da densidade dos eletrólitos (no caso de baterias ventiladas), das tensões de flutuação e a tensão dos elementos oriundas de um teste de capacidade.

O GEBAT apresenta também uma funcionalidade onde o usuário acessa de forma rápida um resumo das medições realizadas para cada banco de bateria de cada subestação.

Em geral o resumo apresenta as seguintes informações:

- Data da realização das medidas;
- Valores de referência (condutância e impedância);
- Temperatura;

- Média das medidas;
- Identificação do elemento que apresentou maior valor de condutância ou impedância;
- Identificação do elemento que apresentou menor valor de condutância ou impedância;
- Tensão total da bateria.

Estas informações são apresentadas em formato de tabelas. No lado esquerdo da tabela há uma indicação visual mostrando a condição do estado de degradação da bateria (esta informação é baseada nas medições de condutância ou impedância). O sinal verde indica que a bateria está em bom estado, amarelo está em alerta e vermelho é crítico (neste caso indica que o estado de degradação da bateria está muito avançado).

2.3.3 Relatórios

Os relatórios gerados pelo software são ferramentas importantes para avaliar de forma mais clara o estado de degradação das baterias. Os relatórios apresentam os valores das medições (equipamentos portáteis ou inseridos manualmente, ou SIMBA).

É possível também, a partir de determinadas condições, gerar o relatório do estado de degradação da bateria para os próximos dois anos a partir da última medição. Este menu apresenta as seguintes funcionalidades:

- Relatórios em gráficos ou tabelas de medições de condutância, impedância, tensão de flutuação, nível do eletrólito, resistência da interconexão, tensão durante a descarga (caso haja falta da energia comercial), densidade e teste de capacidade;
- Os relatórios podem ser gerados para um banco de bateria ou de modo individual para um determinado elemento;
- Todos os relatórios na forma de gráfico ou tabela geram um resumo mostrando a avaliação geral da bateria;
- Podem ser gerados relatórios para uma única medição ou comparativamente para várias medições;
- Geração de relatórios da variação mensal das medições de condutância e/ou impedância de um elemento ou um banco de bateria;
- Relatório da projeção de degradação do banco de baterias para os próximos 24 meses (para este relatório são considerados os 6 elementos que estão na pior condição de degradação);
- Relatórios comparativos de diferentes fabricantes, modelos de baterias, localidades, etc.

Todos os relatórios podem ser salvos em arquivos ou enviados para impressão, ou simplesmente podem ser visualizados na tela do computador.

2.3.4 Cadastro

Os seguintes dados podem ser cadastrados no software:

- Fabricantes: este campo identifica o fabricante e/ou fornecedor da bateria, e os seguintes campos devem ser preenchidos: nome, endereço, telefone, e-mail e pessoa de contato;
- Tipo da bateria: este campo identifica a tecnologia da bateria, no caso chumbo-ácida, VRLA (gel e AGM) ou ventilada (chumbo-antimônio e chumbo-cálcio);
- Modelo da bateria: cada fabricante poderá ter diferentes modelos de baterias. Os seguintes campos devem ser preenchidos: nome do modelo, tipo de tecnologia, capacidade nominal, tensão do elemento ou da bateria, tensão de flutuação e valores de referência de condutância e impedância;
- Localidade: é o local da instalação da bateria - neste campo é necessário preencher os seguintes dados: identificação da localidade (depende de cada usuário), endereço e quantidade de bancos de baterias;
- Baterias: este campo identifica as características das baterias instaladas em cada localidade. Os seguintes campos são preenchidos: fabricante e modelo (são inseridos a partir dos outros campos já cadastrados), identificação da bateria, número total dos elementos que compõe a bateria e data de

instalação da bateria;

- Unidade de Controle: é necessário cadastrar o número de série da UC na qual o banco de bateria está vinculado.

2.4 Teste de Campo

Em julho de 2011, o protótipo do Sistema de Monitoração Remota para Bateria foi instalado na Subestação Baependi, da Light, no Rio de Janeiro. O protótipo foi instalado em um banco de bateria chumbo-ácida ventilada, composto por 60 elementos de 2V / 200Ah. A Figura 7 mostra o banco de baterias com o protótipo instalado. Até a presente data o protótipo está operando e alguns ajustes em relação ao envio de informação entre a UC e o servidor estão sendo realizados.



Figura 7: Protótipo instalado no banco de baterias para teste de campo

3. Conclusões

O protótipo do Sistema de Monitoração Remota para Bateria em conjunto com o GEBAT é uma ferramenta que proporciona aos usuários de baterias estacionárias os seguintes benefícios:

- As medições do protótipo são similares aos obtidos com equipamentos comerciais portáteis e, portanto, de mesma eficácia;
- O usuário pode utilizar o mesmo sistema de gestão, independente se o equipamento é portátil ou automático;
- O sistema de monitoração remota aumenta a confiabilidade do sistema de backup de energia, bem como auxilia os usuários a tomar ações mais críticas;
- Possibilita que o usuário obtenha informações da utilização da bateria, ajudando-o a conhecer a autonomia real do sistema de backup;
- Conhecimento antecipado do estado de degradação da bateria para os próximos 24 meses a partir da última medição de condutância e/ou impedância;
- Diagnóstico rápido do estado de degradação da bateria, possibilitando a tomada de ações corretivas e/ou preditivas;
- Geração automática de relatórios técnicos e de gestão;
- Monitoração contínua do estado de degradação da bateria;
- Programação antecipada de ações corretivas e preditivas;

- Centralização e automatização dos dados gerados da manutenção da bateria;
- Todos os dados de manutenção e operação da bateria são guardados eletronicamente, não sendo perdidos devido à troca de equipe de manutenção, ou outro tipo de ocorrência;
- Auxilia na solicitação de garantia pro-rata da bateria, pois é uma prova da realização de manutenção;
- Geração automática de alarmes;
- Auxilia o planejamento de aquisição de novas baterias;
- Possibilita a comparação de desempenho de baterias de diferentes fabricantes e/ou modelos.

O protótipo está sendo avaliado no teste de campo a fim de se realizar as correções e ajustes adequados para futura implementação num projeto cabeça de série.

3.1 Agradecimentos

Este artigo é fruto de um projeto que foi realizado com o suporte financeiro do programa de P&D da Aneel.

4. Referências bibliográficas

Souza, F.S.; Silva, J.R.A. & Rosolem, M.F.N.C. Medidas de Impedância como Método de Avaliação de Baterias Chumbo-Ácidas Reguladas por Válvulas. CININTEL '97 – Fortaleza.

Rosolem, M.F.N.C.; Beck, R.F. & Júnior, M.G.R. Evaluation Tools for Batteries Employed in Outdoor Cabinets - An Experience of a Brazilian Telecom Company. INTELEC 2000 - Phoenix/EUA.

Rosolem, M.F.N.C.; Beck, R.F. & Soares, L.A. Failure Detection of Stationary Lead-acid Batteries in Service in Various Regions of Brazil. INTELEC 2002 - Montreal, Canadá .

Rosolem, M.F.N.C.; Beck, R.F.; Tenorio Jr.J. & Roza, P.M. Metodologias Alternativas para Avaliação de Baterias: Uma Experiência na Light. SNPTEE 2003, Uberlandia, 2003.

Rosolem, M.F.N.C.; Beck, R.F.; Cardoso, P.E.; Soares, L.A. & Yamaguti, F. Stationary VRLA Battery Evaluations: Internal Measurements and Capacity Test - Experience at- an the Claro Celular Mobile Company. BATTCON 2004 - Florida, USA.

Rosolem, M.F.N.C.; Beck, R.F.; Cardoso, P.E; Soares & L.A. Evaluation of the Relationship Between Conductance and Capacity Measurements of VRLA Batteries in Brazil. INTELEC 2004 - Chicago, USA.

Pena, M; Trajano, C.A; Rosolem, M.F.N.C; Beck, R.F.; Cardoso, P.E.R. & Souza, L.S. Metodologia Alternativa para Determinação da Expectativa de Vida Útil de Baterias Chumbo-Ácidas. XVII Sendi - 2006 - Belo Horizonte, Brasil.

Rosolem, M.F.N.C; Beck, R.F.; Cardoso, P.E.R & Soares, L.A. Avaliação de Baterias por Resistência Interna: 10 anos de Pesquisas e Resultados. I SESIE - 2006 - Campinas/SP, Brasil.

Rosolem, M.F.N.C; Beck, R.F.; Cardoso & Soares, Luiz.A. Sistema de Monitoração Remota de Bateria Chumbo-Ácida. XIX SNPTEE - 2007 - Rio de Janeiro/RJ, Brasil.

Rosolem, M.F.N.C.; Pessenti, G.R.; Beck, R.F.; Junior, L.E.F.D.; Ribeiro, G.S.; Arioli, V.T.; Frare, P.T & Lopes, P.H.O. Stationary Lead-Acid Batteries Maintenance Management System. INTELEC 2010 – Orlando, USA.

Berndt, D. Maintenance-Free Batteries - A Handbook of Battery Technology, 3rd edition, 2001.

Bode, H. Lead Acid Batteries, 1nd ed, John Wiley & Sons, 1977.