

Copyright 2012, ABRACO

Trabalho apresentado durante o INTERCORR 2012, em Salvador/BA no mês de maio de 2012.

As informações e opiniões contidas neste trabalho são de exclusiva responsabilidade do(s) autor(es).

Implantação de Sistema de Controle e de Monitoramento Remoto de Retificadores de Proteção Catódica

Implementation of Remote Monitoring and Control System in Cathodic Protection Rectifiers

Glaucio Antonio Weigert^a, Saul Renato da Silva^b, Felipe Lustosa Marcondes^c

Abstract

Monitoring the rectifiers electrical parameters, as well as overviewing the ON/OFF potentials is imperative for the success of cathodic protection system. The technology available in the market today to remotely monitor and control the rectifiers has disadvantages and high costs. Also they do not present a complete solution capable of promoting in a single system parameter monitoring as well as execute the Close Interval Potential Survey (CIPS). Due to this, equipment has been developed to reduce significantly the inspection costs of the protection potential and reduce third party costs for CIPS. The rectifiers communication is done through mobile technology and the electrical parameters are displayed on a remote web page, thus it possible to control the rectifiers over the World Wide Web. The rectifiers communication device is synchronized by satellite and configured in ON/OFF intervals of up to 800ms. Using a web page or supervision system it is possible to configure alarms, reports, CIPS parameter adjustments, email or SMS alerts for maintenance teams as well as other functionalities. This project was implemented at the beginning of 2011 and has been presenting good operating results in aspect as management of cathodic protection system and good results also in improvements of electrical protection and communication of modules of GPRS and GPS.

Keywords: Remote Monitoring and Control System, Cathodic Protection Rectifier, CIPS

Resumo

O monitoramento dos parâmetros elétricos dos retificadores, bem como o levantamento do perfil dos potenciais ON/OFF é fundamental para o sucesso do sistema de proteção catódica. Os equipamentos disponíveis no mercado para realizar o controle e monitoramento remoto dos retificadores apresentam algumas desvantagens como o alto custo. Estes equipamentos, também não apresentam uma solução completa, capaz de prover, em um único sistema, o monitoramento dos parâmetros e realizar o chaveamento do retificador para realização dos testes ON/OFF. Neste sentido, desenvolveu-se um equipamento com estas características, permitindo reduzir significativamente o custo de inspeção e de leitura dos potenciais, assim como de contratação de empresas para realização do teste ON/OFF. A comunicação dos retificadores é realizada por GPRS e os parâmetros elétricos são disponibilizados numa página web ou num sistema supervisorio, assim como é possível comandar o chaveamentos dos retificadores pelos mesmos. O chaveamento dos retificadores é sincronizado via satélite e

^a Especialista, Técnico de Operações - COMPAGAS

^b Especialista, Engenheiro de Operações - COMPAGAS

^c Engenheiro, ENSITEC.

configurados em intervalos entre ON e OFF de até 800 milissegundos. Através da página web ou do sistema supervisor é possível a configuração de alarmes, obtenção de relatórios de medição, parametrização de tempos de ON e OFF para retificadores, criação de equipes de supervisão que receberão e-mail ou SMS para qualquer alarme configurado, bem como outras funcionalidades. Este projeto foi implantado no começo de 2011 e apresenta bons resultados operacionais, tanto para o gerenciamento do sistema de proteção catódica, quanto na robustez de proteções elétricas e na comunicação dos módulos de GPRS e GPS.

Palavras-chave: Monitoramento e Controle de Retificadores, Retificador de Proteção Catódica, Teste ON/OFF.

Introdução

Com a tecnologia disponível atualmente, buscou-se desenvolver um equipamento capaz de efetuar o monitoramento e o controle dos 06 equipamentos retificadores da Compagas – Companhia Paranaense de Gás, obtendo os dados de operação dos mesmos e realizar o comando remoto para chaveamento “*on-off*” dos retificadores para executar o teste ON/OFF. Conforme supracitado, as leituras de potenciais “*on-off*” são de extrema importância para avaliação do sistema de proteção catódica em uma rede de dutos.

Necessidades a serem atendidas

Neste sentido, o equipamento de monitoramento deveria apresentar as seguintes funcionalidades:

- Efetuar o monitoramento e o controle de grandezas e transmiti-las para um sistema *web* que possibilitasse o acompanhamento remotamente através de um portal na internet;
- Monitorar a tensão AC de entrada do retificador cuja faixa de operação é de 0 a 280 V;
- Monitorar a tensão DC de saída do retificador cuja faixa de operação é de 0 a 100 V;
- Monitorar a corrente DC de saída do retificador cuja faixa de operação é de 0 a 40 A sob um resistor *shunt* de escala 0 a 60 mV;
- Informar alarmes quando houver algum evento atípico no funcionamento dos retificadores, tais como:
 - Queda de tensão CA de entrada;
 - Queda de tensão CC de saída; e
 - Queda de corrente CC de saída.
- Efetuar o comando remotamente e de forma sincronizada do chaveamento da tensão CC de todos os retificadores.

Concepção do Projeto

O equipamento monitora os dados de medição, em memória não-volátil, para transmiti-los a um sistema web central a cada período de comunicação. É possível, através do sistema web central, configurar os períodos de medição e de comunicação do equipamento. O controle do chaveamento opera interrompendo a corrente fornecida para os anodos do sistema de proteção

catódica. É possível configurar, através do sistema web, os períodos de ON e OFF para este chaveamento.

Para realizar o sistema conforme as diretrizes supracitadas, foi necessário especificar a arquitetura do sistema para possibilitar uma análise criteriosa e assim dividir o projeto em etapas. A arquitetura final do equipamento está apresentada na figura 1, juntamente com as etapas criadas para o seu desenvolvimento.

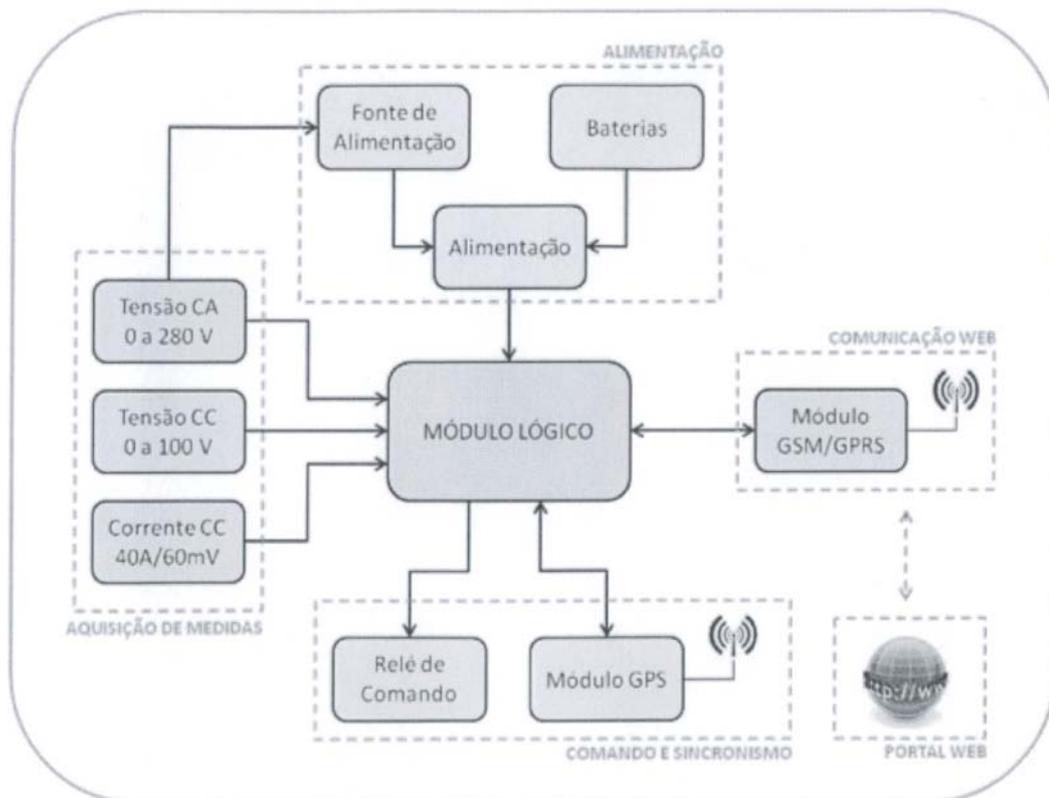


Figura 1 - Arquitetura do Sistema

Metodologia

Conforme figura 1, dividiu-se o projeto em etapas para facilitar a gestão do projeto. Dentro destas etapas, foi necessário especificar os componentes a fim de que todas as necessidades fossem atendidas. As etapas foram divididas conforme os seguintes tópicos:

- Aquisição de medidas;
 - Tensão AC 0 a 280 V;
 - Tensão DC 0 a 100 V;
 - Corrente DC 40A/60mV;
- Comunicação “web”;
 - Módulo GSM/GPRS;
- Comando e sincronismo;
 - Módulo GPS;
 - Relé de Comando;

- Alimentação;
 - Fonte de Alimentação;
 - Baterias;
- Módulo lógico;
- Portal web;

Etapa 1 - Aquisição de Medidas

Abaixo seguem algumas características dos circuitos de aquisição que compõe o hardware:

- Sensor de leitura da tensão AC com escala de 0 a 280 V, precisão de $\pm 5\%$ e saída padronizada 4 a 20 mA ou 0 a 2.5 V configurável conforme a aplicação.
- Circuito de leitura da tensão DC com escala de 0 a 100 V e precisão de 1%.
- Circuito de leitura da corrente de DC com amplificador diferencial de entrada possibilitando a leitura do valor de corrente amostrado no shunt de 40A/60mV.
- Entradas analógicas e digitais isoladas para proteção contra sobre corrente e sobre tensão nas entradas de leitura dos sinais.

Os sinais de tensão e corrente do retificador são convertidos por estes circuitos de aquisição em sinais lógicos que possam ser interpretados pelos canais analógicos do módulo lógico.

Dificuldades Encontradas e Soluções Adotadas

Na etapa de aquisição de medidas, identificou-se um problema relacionado ao *ripple* das grandezas de medição.

Notou-se que as medidas de tensão e corrente CC adquiridas possuíam um “*ripple*” muito alto. Desta maneira o sinal possui praticamente características alternadas e a cada amostragem de corrente e tensão contínuas os valores eram muito diferentes variando em até 30% do maior para o menor valor.

O *ripple* muito alto era devido ao método de retificação empregado da tensão AC de entrada. Diante disto, foi necessário corrigir o valor das medições realizadas por software para se tirar o valor CC correto das grandezas. Inicialmente, optou-se por um método de adquirir as medidas somente conforme o período de medição selecionado. Com isto, verificou-se que havia uma variação muito grande no valor das medidas CC que chegava a 30% entre a maior e a menor medida, conforme já citado anteriormente. Sendo assim, mudou-se a filosofia de aquisição de medidas. Criaram-se, no software, algoritmos para adquirir as medidas minuto a minuto e realizar a média destas medições retirando as maiores e menores medidas reduzindo assim o desvio padrão ocasionado pelo *ripple*.

Com a isolamento das entradas analógicas para proteção dos circuitos digitais em caso de sobre tensão e/ou sobre corrente no equipamento retificador, criou-se um circuito RC de entrada para amostragem. Este circuito opera na topologia *sample and hold*, em que o valor de tensão analógica de entrada é isolado do circuito de aquisição e mantido em um capacitor de amostragem. Este valor analógico presente no capacitor somente passa para a parte lógica de aquisição quando ocorre o comando dos relés de sinal. Com a utilização deste circuito RC, reduziu-se bastante a componente alternada dos sinais CC e obteve-se maior coerência nas medidas das grandezas contínuas de tensão e de corrente.

Etapa 2 – Comunicação GPRS

MÓDULO GSM/GPRS

Abaixo seguem algumas características do módulo GSM/GPRS utilizado no projeto:

- Modem GSM/GPRS modelo GE865.
- Fabricante: TELIT.
- Quadriband: 800-900 MHz e 1800-1900 MHz.
- Auto-band: Detecta a frequência da operadora de telefonia automaticamente.
- Compatível com qualquer operadora de telefonia que opere nas faixas de frequência GSM.
- Alimentação: 3.8 V.

O módulo GSM/GPRS é o responsável por efetuar o tratamento da conexão com a operadora de telefonia correspondente, conforme cartão SIM utilizado, e conseguir um IP de internet para que possa prover ao módulo lógico a comunicação com o sistema portal web.

ANTENA

Abaixo seguem algumas características da antena utilizada no projeto:

- Antena quadriband modelo CM-907.
- Fabricante: Aquario.
- Móvel.
- Quadriband: 800-900 MHz e 1800-1900 MHz.
- Base imantada para fácil fixação em superfícies metálicas.
- Conector TNC macho.
- Cabo coaxial RG 174.

Etapa 3 – Comando

COMANDO DE SAÍDA SINCRONIZADO POR SATÉLITE

Com a necessidade de efetuar o chaveamento do retificador, através da interrupção de corrente do cabo positivo que vai para o leito de anodos, foi necessário efetuar um circuito de comando para o relé de saída. Optou-se por utilizar um relé de pulso e não um relé de contato pois assim não há a necessidade de manter o a bobina energizada para manter o relé em estado de comando. O comando de saída compreende as componentes do GPS para sincronia de tempo do comando e do relé para execução do comando.

A lógica de comando somente é passível de ser habilitada se houver presença de energia AC. Se o equipamento estiver operando sob o regime de backup de baterias, a lógica não é habilitada, o contato é mantido fechado para não interferir na operação normal do retificador e é informado ao servidor “web” central o evento de não habilitação devido à falta de AC. Isto

se faz necessário para que não haja um esgotamento prematuro da bateria com a utilização da lógica de comando, o que ocasiona um consumo de corrente maior com o comando da bobina do relé e a ligação da energia no módulo GPS.

RELÉ DE COMANDO

Para execução do comando utilizou-se um relé com as seguintes especificações:

- Relé de impulso modular.
- Tensão nominal da bobina: 12 V.
- 02 contatos de comando. Um para comando e outro para feedback de estado atual.
- Corrente nominal/máxima comutável: 16A / 30A.
- Tensão nominal/máxima comutável: 250V / 400V.
- Indicador mecânico de estado.
- Duração mínimo-máxima do impulso: 0.1s / 1h.
- Vida útil: 500.000 comandos.

O relé de impulso é comandado através de um impulso de 12 V aplicado durante 200 milissegundos pelo circuito de comando do relé. Quando ocorre o comando deste relé, ele alterna o seu estado de atracado para aberto, deixando a corrente-tensão passar para a carga (leito de anodos) ou impedindo que isto ocorra.

O relé possui 2 contatos. Um dos contatos foi utilizado em série com a saída de tensão DC do retificador que vai para a tubulação com o intuito de fechar e abrir o fornecimento de corrente para a mesma. O outro contato foi ligado internamente no circuito lógico com o propósito de realimentar o circuito lógico sobre o estado de comando do relé. Desta maneira, o circuito lógico tem sempre o controle do estado atual do relé (atracado ou aberto). Com isto, é possível efetuar a identificação de falhas no circuito de comando bem como falhas no relé devido ao desgaste mecânico ocasionado pela alta quantidade de comandos executados. Quando o comando é executado e o relé não vai para o estado esperado, o equipamento informa erro ao sistema web central para que possa ser deslocada uma equipe a campo para verificar o que está ocorrendo e realizar manutenção no equipamento.

A lógica de comando dos relés pode ser ligada e desligada conforme a necessidade de sua utilização. Quando a lógica se encontra desligada o equipamento está constantemente verificando o sinal de realimentação do relé para manter o contato fechado não interferindo na operação normal do retificador. Quando a lógica é ligada, o equipamento efetua o chaveamento da saída, alternando entre aberto e fechado, conforme o período de tempo que foi configurado no portal do servidor web central. Assim, para o caso de se configurar 3 segundos de contato aberto e 12 segundos de contato fechado, o equipamento irá alternar estes estados conforme o relógio calendário interno. É utilizado como referência o segundo 0 do 1º minuto do dia. Desta maneira, para as configurações anteriores, o equipamento irá manter o contato aberto nos segundos: 0, 1, e 2, depois irá fechar o contato nos segundos 3, 4, ... 15, depois irá abrir o contato nos segundos 16, 17 e 18 e assim por diante durante os 86400 segundos presentes no dia, reiniciando o processo no próximo dia caso a lógica ainda continue habilitada.

GPS

Para que o comando pudesse ser executado em sincronia entre todos os retificadores foi utilizado no equipamento um módulo GPS para sincronia de relógio/calendário através satélite. Utilizou-se para tal um módulo GPS com as seguintes especificações:

- Módulo GPS SKG16A, da fabricante SKYNAV.
- Alta sensibilidade: -120 dBm (garantia de recepção mesmo em locais com baixo sinal).
- Baixo tempo para adquirir o sinal de satélite e sincronizar posição e relógio.
- Baixo consumo de corrente: 45 mA.
- Tensão nominal de alimentação: 3.3 V.
- Compatível com protocolo NMEA-0183 (protocolo padrão de comunicação GPS).
- Saída de comunicação serial TTL.

O módulo de GPS pode ser ligado e desligado. Quando a lógica de comando não está habilitada, o módulo é desligado e o sincronismo de tempo é tratado através da comunicação GPRS com o servidor web central. Quando a lógica é habilitada, o sincronismo de relógio pára de ser executado com o servidor web central e passa a ser realizado através do GPS devido à precisão que é necessária para que os comandos sejam executados. Desta maneira, caso o equipamento não esteja com a lógica de comando habilitada não há consumo de energia por parte do módulo GPS, pois o mesmo estará desligado.

O módulo GPS utiliza um protocolo padronizado denominado NMEA-0183. As mensagens contidas neste protocolo são:

- *GGA – Global Positioning system fixed data.*
- *GLL – Geographic Position – latitude/longitude.*
- *GSA – GNSS (Global Navigation Satellite System) DOP and active satellites.*
- *GSV – GNSS satellites in view.*
- *RMC – Recommended minimum specific GNSS data.*
- *VTG – Course over ground and ground speed.*
- *ZDA – Date and Time.*

Foi utilizada a mensagem de ZDA para efetuar a aquisição da informação de data e hora do satélite. Na Figura 2 há um exemplo do frame ZDA enviado pelo GPS para o equipamento:

Name	Example	Units	Description
Message ID	\$GPZDA		ZDA protocol header
UTC Time	023345.000		hhmmss.sss
Day	10		UTC time: day (01 ... 31) dd
Month	04		UTC time: month (01 ... 12) mm
Year	2010		UTC time: year (4 digit year) yyyy
local zone hours	<null>		Local Time Zone Offset Hours (Null fields when it is not Used)
local zone minutes	<null>		Local Time Zone Offset Minutes (Null fields when it is not Used)
Checksum	*50		

Figura 2 - Código ZDA utilizado pelo GPS

O GPS envia um novo pacote de mensagens para o equipamento a cada novo segundo. O início da transmissão dos dados do GPS ocorre exatamente no início de cada novo segundo, ou seja, no milissegundo 0 de cada novo segundo. Diante disto, o equipamento possui um temporizador de milissegundos desde o 1º bit do 1º byte recebido a cada novo envio de pacotes até o

momento exato de atualizar o seu relógio calendário com um novo set de data e horário. Desta maneira, o equipamento consegue efetuar a correção tanto dos segundos quanto dos milissegundos de sincronia com o satélite. Foi necessário realizar o sincronismo desta maneira porque o dado de “UTC Time” informado pelo pacote ZDA do GPS vem sempre com o valor de milissegundos zerado, afinal o evento de envio, para o GPS, ocorreu no primeiro milissegundo de cada segundo e o offset de tempo até o recebimento é consequência da transmissão do pacote através da serial e também do tratamento e validação deste pacote pelo módulo lógico. Todo este procedimento garantiu uma sincronia com precisão de 100 milissegundos entre o relógio calendário dos equipamentos, garantindo assim que o comando do retificador de todos os equipamentos seja realizado de maneira síncrona no tempo.

É possível realizar a identificação de falhas no módulo GPS quanto à comunicação serial e quanto ao nível de sinal do módulo. Se a lógica estiver habilitada e o equipamento não receber nenhuma mensagem do módulo de GPS, o equipamento informa ao servidor web central o evento de falha de comunicação com o GPS. Caso isto ocorra, indica um problema no módulo e deve ser realizada uma manutenção no equipamento. O módulo necessita de uma antena de GPS para que possa ser sensível ao sinal de satélite. Caso haja algum problema de sinal no GPS, as mensagens serão recebidas pelo equipamento, porém não serão válidas, e o equipamento irá informar ao servidor *web* central que há um problema de sinal no GPS. Este evento pode ocorrer a partir do momento que alguém interfira fisicamente na instalação deslocando ou danificando a antena do GPS, alterando assim a sensibilidade de recepção do sinal de satélite.

Para garantir a integridade das medidas de data e horário recebidas do GPS, foram considerados 02 parâmetros básicos que são enviados pelo GPS a cada novo frame de mensagens. Estes parâmetros, que se encontram explicados a seguir, possuem o objetivo de validar que a mensagem recebida dos satélites é válida e precisa o suficiente para garantir a correta sincronia de tempo da mensagem em questão. Os 02 parâmetros considerados foram:

DOP (*Dilution of Precision*) – Parâmetro que é informado nas mensagens de precisão do GPS. Este parâmetro está relacionado ao posicionamento relativo dos satélites que estão sendo utilizados pelo módulo para sua sincronia. Quanto menor for este parâmetro, menor será o erro associado às medidas. A Tabela 1, retirada da *Wikipédia*, demonstra os valores comparativos do DOP com os seus respectivos significados.

Tabela 1 - Índices de aceitabilidade do sinal do GPS

DOP VALUE	RATING	DESCRIPTION
1	Ideal	This is the highest possible confidence level to be used for applications demanding the highest possible precision at all times.
1-2	Excellent	At this confidence level, positional measurements are considered accurate enough to meet all but the most sensitive applications.
2-5	Good	Represents a level that marks the minimum appropriate for making business decisions. Positional measurements could be used to make reliable in-route navigation suggestions to the user.
5-10	Moderate	Positional measurements could be used for calculations, but the fix quality could still be improved. A more open view of the sky is recommended.
10-20	Fair	Represents a low confidence level. Positional measurements should be discarded or used only to indicate a very rough estimate of the current location.
>20	Poor	At this level, measurements are inaccurate by as much as 300 meters with a 6 meter accurate device ($50 \text{ DOP} \times 6 \text{ meters}$) and should be discarded.

O software do equipamento somente aceita as informações de cada frame de dados enviados pelo GPS quando o valor do DOP for inferior a 3. Ou seja, o relógio interno do equipamento é calibrado somente se a precisão do módulo com os satélites estiver em nível excelente.

Fix Status: Parâmetro utilizado para saber se o GPS já passou pelo processo de “Time to Fix”. Quando o GPS é inicialmente ligado, demora de 30 a 60 segundos para adquirir o posicionamento de um número mínimo e aceitável de satélites, em geral de 3 a 5. Durante este tempo inicial, enquanto o GPS ainda não possui sincronia com vários satélites, as informações de posicionamento e data/hora continuam sendo enviadas pelo módulo. No entanto, enquanto o GPS não estiver com o mínimo de satélites sob seu alcance, ele não valida o campo de “Fix Status”. Assim, dentro da mensagem de posicionamento, vem um byte de “Fix Status” cujos valores significam:

A = Data valid;

V = Data not valid;

As medidas somente são coletadas e utilizadas para sincronia, levando também em consideração o parâmetro de DOP conforme explicado anteriormente, se o valor deste campo vier como “A”.

Dificuldades Encontradas e Soluções Adotadas

Sincronizar o relógio de todos os equipamentos para que o comando de saída possa ser executado exatamente ao mesmo tempo, com precisão de milissegundos, por todos os

equipamentos. Assim, no momento dos testes, quando o potencial ON for medido, garante-se que todos os equipamentos estarão aplicando corrente na tubulação. Da mesma maneira, quando o potencial estiver OFF, garante-se que o retificador não está injetando corrente na tubulação.

Devido ao alto custo e à complexidade em equipamentos e em logística de efetuar estas medições do potencial ON/OFF, foi adaptado ao retificador um comando para controle da corrente de saída. O requisito único e fundamental do comando da saída dos retificadores era de que o comando de todos os equipamentos deveria ser sincronizado e com precisão de milissegundos.

O medidor já possuía um relógio interno que era calibrado através da comunicação GPRS com o servidor web utilizando um protocolo semelhante ao protocolo SNTP (*Simple Network Time Protocol*). No entanto, como o sistema de comunicação opera com a premissa de reduzir ao máximo o número de pacotes GPRS trocados, o protocolo de rede utilizado para comunicação é o protocolo UDP. Com isto, não há uma garantia de entrega dos pacotes do servidor para o medidor e vice-versa bem como também não há determinismo nestes pacotes por operarem, além do UDP, em uma rede de telefonia utilizando GSM. Assim, mesmo relógio calendário dos equipamentos sendo sincronizado com o servidor “web” a cada nova conexão, a precisão era da ordem de segundos, o que não era suficiente para esta aplicação.

Diante desta alta imprecisão do relógio utilizando sincronia através da rede GPRS, buscaram-se novas alternativas e optou-se pela utilização de um módulo GPS que possui calibração de relógio/calendário efetuado através de satélite. Com isto foi possível atingir os requisitos de tempo especificados no projeto e atingir uma sincronia de milissegundos entre o relógio calendário de cada um dos 06 equipamentos instalados em campo.

Etapa 4 – Alimentação

A alimentação do sistema pode ser fornecida por duas componentes: Fonte de alimentação AC e conjunto de baterias. O hardware é alimentado sempre em energia AC e as baterias operam em regime de backup para quando ocorre uma queda de energia nos pontos de medição. No hardware há um circuito de chaveamento automático da tensão de alimentação da fonte AC para as baterias e vice-versa conforme a presença ou não de energia AC no ponto de instalação. Portanto, caso haja uma queda de energia, o circuito automaticamente alterna a alimentação do hardware para as baterias. Quando a energia retornar, o circuito automaticamente retorna a alimentação do hardware para a fonte AC de alimentação.

FONTE DE ALIMENTAÇÃO

Abaixo temos algumas características da fonte de alimentação utilizada no projeto:

- Fonte de alimentação universal 110V/220V 60Hz.
- Tensão de saída: 7.2V.
- Proteção contra sobre tensão na entrada.
- Proteção contra sobre corrente na saída.

BATERIAS

Abaixo temos algumas características do conjunto de baterias utilizado no projeto:

- 02 baterias de íon-lítio.
- Não recarregáveis.
- Tensão de saída: 7.2 V.
- Alta capacidade de carga para suportar o funcionamento do equipamento por 1 ano.

O hardware possui um circuito de amostragem da tensão da bateria. A informação do valor de tensão da bateria é constantemente enviada ao portal web para que se possa identificar quando a mesma estiver no final de sua vida útil e assim providenciar a sua substituição.

Etapa 5 – Módulo Lógico

O módulo lógico é composto por todos os componentes e circuitos do hardware responsáveis pelo controle de todos os demais módulos e etapas existentes citadas anteriormente. O componente fundamental é o microcontrolador com as seguintes características:

- Microcontrolador da família MSP430 modelo MSP430F248.
- Fabricante: Texas Instruments.
- Arquitetura de 16 bits.
- Baixo consumo de corrente: 5 mA em modo comum. 10 uA em modo *sleep-mode*.
- Alto desempenho: frequência de oscilação de 15 MHz.

Neste microcontrolador existe um firmware, que é um software desenvolvido diretamente para o hardware, responsável por executar todas as operações matemáticas e lógicas que permitem a aquisição de medidas, a comunicação com o módulo de comando, a comunicação com o módulo GSM/GPRS, o envio de todas as informações coletadas e o recebimento das configurações pertinentes ao funcionamento do equipamento.

Resultados e discussão

Através das especificações descritas, da produção dos módulos e da instalação em campo foi possível a realização dos testes e desenvolvimento do portal *web*, a fim de entregar o sistema operacional, conforme segue.

Etapa 6 – Portal web

PORTAL WEB PARA ACOMPANHAMENTO

O sistema é todo operado de forma remota sem a necessidade de visita ao equipamento em campo, salvo quando é necessária alguma manutenção no equipamento para o caso de ocorrer alguma falha.

O sistema denominado de servidor web central é composto de:

- Socket de comunicação: Efetua a comunicação com os equipamentos de campo utilizando protocolo *UDP* com baixo overhead de pacotes evitando o consumo elevado de dados por parte do cartão SIM da operadora.

- Banco de dados: Armazena o valor de todas as medições realizadas pelos equipamentos em campo bem como da configuração de todos os equipamentos.
- Portal *web*: Site de internet responsável pela interface do usuário com o sistema para acompanhamento das medidas e alteração da configuração dos equipamentos

CONFIGURAÇÃO DO EQUIPAMENTO NO PORTAL WEB

É possível realizar as seguintes configurações no equipamento de campo:

- Minuto base medida: Minuto base que o equipamento utiliza com referência para cálculo dos períodos de medição. Por default utiliza-se o primeiro minuto do dia, pois o equipamento deve efetuar medições durante todo o dia e não somente a partir de um horário específico. Caso não houvesse a necessidade de o equipamento efetuar medições antes do meio dia, por exemplo, poder-se-ia configurar este registro de configuração para 720 minutos. Desta maneira o equipamento iria efetuar medições conforme o intervalo a partir do minuto 720 do dia, que corresponde às 12:00 horas.
- Minuto base de conexão: Minuto base que o equipamento utiliza com referência para cálculo dos períodos de conexão. Por default utiliza-se o primeiro minuto do dia, pois o equipamento deve se conectar durante todo o dia e não somente a partir de um horário específico. Caso não houvesse a necessidade de o equipamento se comunicar antes do meio dia, por exemplo, poder-se-ia configurar este registro de configuração para 720 minutos. Desta maneira o equipamento iria se comunicar conforme o intervalo a partir do minuto 720 do dia, que corresponde às 12:00 horas.
- Intervalo de medição: Período em que o equipamento deve efetuar a coleta das medições e armazená-las para posterior envio ao servidor *web* central. Pode ser configurado desde o valor mínimo de 1 minuto até o valor máximo de 1440 minutos (somente 1 vez ao dia).
- Intervalo de conexão: Período em que o equipamento deve se conectar com o servidor *web* central para enviar as medidas coletadas e armazenadas. Pode ser configurado desde o valor mínimo de 5 minutos até o valor máximo de 1440 minutos (somente 1 vez ao dia).
- Habilitação do comando: É possível ligar e desligar a lógica de comando. Caso a mesma esteja desligada, o equipamento manterá o contato fechado não interferindo na operação normal do retificador. Caso a lógica seja habilitada, o equipamento dará início ao chaveamento síncrono da saída conforme explicado no item 3 deste documento.
- Tempo fechado do relé: É o período em que, a partir do momento que a lógica de comando estiver habilitada, o controle do comando manterá a saída de corrente do retificador para a tubulação. Pode ser configurado desde um valor mínimo de 1 segundo até um valor máximo de 60 segundos.
- Tempo aberto do relé: É o período em que, a partir do momento que a lógica de comando estiver habilitada, o controle do comando impedirá a saída de corrente do retificador para a tubulação. Pode ser configurado desde um valor mínimo de 1 segundo até um valor máximo de 60 segundos.

A figura a seguir ilustra a interface de configuração dos equipamentos no portal *web*.

Dispositivo	
Nome	Araucária RAR
Instalação	Retificador - Araucária RAR
Tipo de Dispositivo	Medidor Compagás Retificadores
Húmero de Série	10
Valor: 0 - Minuto Base Medida	00:00 <input type="radio"/> Executar uma vez <input checked="" type="radio"/> Executar sempre
Valor: 1 - Minuto Base Conexão	00:00 <input type="radio"/> Executar uma vez <input checked="" type="radio"/> Executar sempre
Valor: 2 - Intervalo Minutos Medida	1 hora <input type="radio"/> Executar uma vez <input checked="" type="radio"/> Executar sempre
Valor: 3 - Intervalo Minutos Conexão	3 horas <input type="radio"/> Executar uma vez <input checked="" type="radio"/> Executar sempre
Valor: 4 - Habilitação do Controle do Relé	Desligado <input type="radio"/> Executar uma vez <input checked="" type="radio"/> Executar sempre
Valor: 5 - Tempo fechado do Relé	12 segundos <input type="radio"/> Executar uma vez <input checked="" type="radio"/> Executar sempre
Valor: 6 - Tempo aberto do Relé	3 segundos <input type="radio"/> Executar uma vez <input checked="" type="radio"/> Executar sempre

Figura 3 - Interface de configuração do equipamento no portal web

ACOMPANHAMENTO DAS MEDIDAS NO PORTAL WEB

No sistema é possível acompanhar as medições através de diversos relatórios e/ou gráficos conforme a necessidade do cliente. Para o caso da Compagás foi criado um relatório em formato de tabela de medidas para acompanhamento de todas as medidas e de todos os equipamentos em somente uma tela.

No relatório, para cada equipamento, existem os seguintes itens de monitoramento:

Data e horário da última conexão GPRS do equipamento com o servidor web central;

Data e horário das últimas medições realizadas pelo equipamento no retificador;

Informe de alarme gerado pelo equipamento pois há alguma condição anormal no retificador;

Últimas medidas de:

- PAC: Presença de AC;
- VAC: Tensão AC de entrada do retificador;
- VDC: Tensão DC de saída do retificador;
- IDC: Corrente de DC de saída do retificador;
- VBAT: Tensão da bateria do equipamento;

- Média das últimas 12 medições realizadas de:
- VAC: Tensão AC de entrada do retificador;
- VDC: Tensão DC de saída do retificador;
- IDC: Corrente de DC de saída do retificador;
- VBAT: Tensão da bateria do equipamento;
- Informação sobre os registradores relacionados à lógica de comando:
- HCR: Habilitação da lógica de controle dos relés;
 - Habilitado;
 - Desabilitado;
- SCOM: Status do relé de comando:
 - Ok;
 - Desligado;
 - Ligado mas sem operar devido à falta de AC;
 - Com problema;
- SGPS
 - Ok;
 - Desligado;
 - Ligado mas sem operar devido à falta de AC;
 - Sem comunicação;
 - Sem sinal;
- TAR: Tempo aberto do contato caso a lógica estiver habilitada;
- TFR: Tempo fechado do contato caso a lógica estiver habilitada;

A Figura 4 ilustra o relatório de monitoramento dos equipamentos no portal web.

Atualização de página a cada 1 hora. Última atualização: 19/10/2011 12:01:17																	
Medidor	Data e Horário		Alarme	PAC	Últimas Medidas				Média Últimas 12 medidas				Registradores de Comando				
	Última Conexão	Última Medida			VAC	VDC	IDC	VBat	VAC	VDC	IDC	VBat	HCR	SCOM	SGPS	TAR	TFR
Araucária RAR	19/10/2011 09:05:39	19/10/2011 09:05:42	N	S	221,57 V	8,88 V	5,47 A	6,55 V	221,27 V	8,61 V	5,44 A	6,55 V	Desabilitado	Desligado	Desligado	3,00 s	12,00 s
Araucária UEG	19/10/2011 09:04:54	19/10/2011 09:04:59	S	S	233,92 V	32,48 V	2,08 A	6,63 V	232,89 V	31,92 V	2,06 A	6,62 V	Desabilitado	Desligado	Desligado	3,00 s	12,00 s
Campo Largo	19/10/2011 09:05:06	19/10/2011 09:05:10	N	S	222,47 V	9,01 V	4,40 A	6,60 V	222,02 V	9,13 V	4,36 A	6,60 V	Desabilitado	Desligado	Desligado	3,00 s	12,00 s
Curitiba	19/10/2011 09:05:13	19/10/2011 09:05:17	N	S	216,76 V	14,01 V	1,32 A	6,52 V	216,54 V	14,05 V	1,34 A	6,52 V	Desabilitado	Desligado	Desligado	3,00 s	12,00 s
Ponta Grossa	19/10/2011 09:04:53	19/10/2011 09:04:58	N	S	221,71 V	50,05 V	1,82 A	6,54 V	222,57 V	49,71 V	1,83 A	6,54 V	Desabilitado	Desligado	Desligado	3,00 s	12,00 s
São José dos Pinhais	19/10/2011 09:05:03	19/10/2011 09:05:08	N	S	218,96 V	6,17 V	1,56 A	6,58 V	218,82 V	6,06 V	1,51 A	6,58 V	Desabilitado	Desligado	Desligado	3,00 s	12,00 s

Figura 4 - Relatório de monitoramento dos equipamentos no portal web.

CENTRAL DE ALARMES

O portal web oferece uma central completa de alarmes com a possibilidade de cadastro dos “setpoints” superior e inferior para cada ponto analógico presente no sistema, como as tensões e corrente, bem como para mudança de estado das variáveis digitais como a presença de AC.

É possível cadastrar diversas equipes e associá-las a grupos de acesso e aos alarmes de todos os pontos ou somente a determinados pontos conforme a base operacional de cada equipe a que pertence o equipamento.

Os alarmes gerados podem ser verificados através do portal web e também através dos eventos de envio de e-mail e SMS para os encarregados das equipes relacionados ao alarme dos pontos em questão.

A Figura 5 exemplifica um alarme ocorrido em um dos equipamentos da Compagás em que houve queda na tensão AC alimentação do retificador.

Filtro							
Status do Alarme <input type="text" value="Em Andamento"/>							
Atualização de página a cada 10 minutos. Última atualização: 19/10/2011 13:42:24							
Id	Data de Geração	Instalação	Dispositivo	Ponto	Medida	Limite/Descrição	Ação
60	15/10/2011 15:05:01	Retificador - Araucária UEG	Araucária UEG	Presença de AC (PAC)	0,00	Estado Digital Desligado '0' (0) / Queda de AC - Retificador Araucária UEG	<input type="button" value="Resolver Alarme"/> ⓘ
61	15/10/2011 15:05:01	Retificador - Araucária UEG	Araucária UEG	Tensão Contínua do Retificador (VDC)	10,42	15.0 / Queda de Tensão DC - Retificador Araucária UEG	<input type="button" value="Resolver Alarme"/> ⓘ

Figura 5 - Relatórios de alarme do equipamento no portal web

Quando ocorre o evento de queda de tensão AC o equipamento possui a programação de imediatamente se conectar ao servidor web central, independentemente do período de conexão configurado, para informar este evento de alarme. Da mesma maneira, quando a presença de AC é normalizada com a volta da tensão AC de entrada no retificador, o equipamento imediatamente se conecta para informar este evento ao usuário.

EQUIPES E OPERADORES

O portal “web” permite o cadastro de operadores e equipes para recebimento dos eventos de alarme acusados para o sistema.

O sistema permite o cadastro de diversos operadores e de diversas equipes. Cada equipe possui um ou mais operadores cadastrados e cada ponto do sistema, com alarme cadastrado ou não, está associado a uma equipe no sistema. Portanto, toda vez que ocorrer um evento de alarme no ponto PAC do retificador Curitiba, por exemplo, os operadores da equipe associada a este evento irão receber a notificação de alerta de alarme através de e-mail e/ou SMS conforme o cadastro dos operadores em questão.

Como citado anteriormente, o sistema pode informar os eventos de alarme através de e-mail e/ou SMS. Para isto, é necessário que no cadastro dos operadores estas opções sejam ativadas e que sejam cadastrados o e-mail e o telefone para o envio dos alertas.

As Figura 6, Figura 7 e Figura 8 exemplificam as telas do portal com o cadastro dos operadores e equipes bem como a associação dos pontos a uma determinada equipe.

Operadores: 7 resultado(s)

Nome	Telefone	E-mail	Ação
Alfredo	(41) 9985-1010	alfredo@compagas.com.br	<input type="button" value="Editar"/> <input type="button" value="Remover"/>
Felipe	(99) 9999-9999	felipemarcondes@ensitec.com.br	<input type="button" value="Editar"/> <input type="button" value="Remover"/>
Glaucio Antonio Weigert	(41) 9655-0786	glaucio@compagas.com.br	<input type="button" value="Editar"/> <input type="button" value="Remover"/>
João	(41) 1234-5678	joao@email.com	<input type="button" value="Editar"/> <input type="button" value="Remover"/>
Pedro	(11) 8527-4136	webk2@andre.com	<input type="button" value="Editar"/> <input type="button" value="Remover"/>
Saul Renato	(41) 9698-0594	saul.renato@compagas.com.br	<input type="button" value="Editar"/> <input type="button" value="Remover"/>
Sérgio	(41) 9876-5432	aaa@com.net	<input type="button" value="Editar"/> <input type="button" value="Remover"/>

Figura 6 - Cadastro dos integrantes da equipe.

Equipes: 4 resultado(s)

Nome	Operador(es)	Ação
Equipe Compagás	Alfredo Glaucio Antonio Weigert Saul Renato	<input type="button" value="Editar"/> <input type="button" value="Remover"/>
Equipe Felipe	Felipe	<input type="button" value="Editar"/> <input type="button" value="Remover"/>
Equipe Local	João	<input type="button" value="Editar"/> <input type="button" value="Remover"/>
Equipe Técnica	Pedro Sérgio	<input type="button" value="Editar"/> <input type="button" value="Remover"/>

Figura 7 - Cadastro das equipes no portal web.

Help	
Configuração do Ponto: Presença de AC (PAC)	
Fórmula *	1.*=
Unidade *	u
Equipe *	Equipe Compagás
Equipamento	Padrão / Modelo Compagás / (Cliente:)
Instalação *	Retificador - Araucária RAR
Dispositivo *	Araucária RAR
Registrador *	0 - Presença de AC
Disparar Alarme Digital 1?	<input type="radio"/> Sim <input checked="" type="radio"/> Não
Enviar E-mail para Alarme Digital 1?	<input type="radio"/> Sim <input checked="" type="radio"/> Não
Enviar SMS para Alarme Digital 1?	<input type="radio"/> Sim <input checked="" type="radio"/> Não
Disparar Alarme Digital 0?	<input checked="" type="radio"/> Sim <input type="radio"/> Não
Enviar E-mail para Alarme Digital 0?	<input checked="" type="radio"/> Sim <input type="radio"/> Não
Enviar SMS para Alarme Digital 0?	<input checked="" type="radio"/> Sim <input type="radio"/> Não
Descrição do Alarme Digital 1	
Descrição do Alarme Digital 0	Queda de AC - Retificador Araucária RAR
Qual icone para este ponto deseja que apareça na Página de Equipamentos?	<input type="radio"/> Chave Horizontal <input type="radio"/> Chave Vertical <input checked="" type="radio"/> Lâmpada
* campo(s) requerido(s)	
<input type="button" value="Salvar"/> <input type="button" value="Cancelar"/>	

Figura 8 - Configuração no equipamento da equipe de atendimento.

COMPATIBILIDADE DO SISTEMA

O sistema *web* é composto dos seguintes componentes:

- Banco de dados – responsável por armazenar as configurações e medidas do sistema.
- *Socket* de comunicação – Responsável por efetuar a comunicação com os equipamentos de campo, alterando as suas configurações e realizando a coleta de medidas.
- Portal *web* – Interface do sistema com o usuário. Permite a visualização das medidas, alarmes, configurações, etc.

O sistema pode ser utilizado com somente estes componentes ou pode ser inserido um componente extra de integração entre outros supervisórios e sistemas SCADA comerciais.

- *Software* de integração – *Software* responsável por sincronizar as medidas do banco de dados com outro sistema supervisório qualquer utilizando para isto um protocolo

padrão como *Modbus TCP*, *OPC Server*, etc. Como exemplos de sistemas supervisórios que podem ser integrados estão:

- *Eclipse Scada*.
- *Vijeo Citect da Schneider Electric*.
- *OASyS Scada da Telvent*.

Conclusões

O desenvolvimento do projeto, bem como a implementação do sistema de monitoramento remoto e chaveamento ON/OFF atendeu plenamente as expectativas da Compagas atingindo os objetivos propostos no início do desenvolvimento:

- Prover um melhor acompanhamento dos retificadores em campo;
- Possibilitar a medição dos potenciais ON/OFF na RDGN através do chaveamento dos retificadores;

Com a implantação deste sistema, as medições ON/OFF ficaram mais práticas sendo possível fazer o chaveamento remotamente e em tempos programados. Outro fator de sucesso na implantação do sistema foi à redução de custos para a medição ON/OFF, pois não existe mais a necessidade de contratar uma empresa terceirizada para tal.

O sistema pôde ser completamente personalizado pela Compagas e é possível a alteração ou de desenvolvimento de novas tecnologias.

Referências bibliográficas

Monografias (livros, folhetos, separatas, dissertações, etc.) – Consideradas no todo

- (1) ASM - AMERICAN SOCIETY FOR METALS. **Corrosion handbook**. 9. ed. Ohio: Materials Park, 1987. v. 13. 3237 p.

Seriados (revistas, jornais, etc.) – Considerados no todo

- (1) GPS. Site do Fabricante do GPS: < <http://www.skylab.com.cn/product.html>>. Acesso em: 08 de Fevereiro de 2011.
- (2) RELÉ DE IMPULSO. Site de informação do relé: < <http://www.findernet.com/pt/products> >. Acesso em: 24 de Fevereiro de 2011.
- (3) SCADA. Site WIKIPÉDIA para informação sobre sistema SCADA: < <http://en.wikipedia.org/wiki/SCADA>>. Acesso em: 16 de Março de 2011.

Normas

- (1) NORMA PETROBRAS N-2801 – Inspeção de Sistemas de Proteção Catódica de Dutos Terrestres.
- (2) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Projeto de Revisão NBR ISSO 15589: Proteção Catódica para Sistemas de Transporte de Dutos – Parte 1: Dutos Terrestres. Rio de Janeiro, 2010.