

Interface microcontrolada para validação do tempo de propagação de comando de abertura em sistemas de proteção

Vitor Albuquerque Brando*
Antônio Ângelo Missiaggia Picorone *
Cristiano Gomes Casagrande*

RESUMO

O objetivo deste trabalho é apresentar um protótipo de um instrumento para medição do tempo de propagação de sinais de teleproteção através de seus respectivos canais de comunicação. A ideia de desenvolver esse protótipo surgiu a partir de uma carência, observada em campo, de ferramentas próprias para esse tipo de medição. Essa mesma carência pode ser também observada em trabalhos na literatura que geralmente não abordam o tema. Os resultados preliminares indicam que o protótipo proposto pode ser visto como uma opção eficiente para validar o tempo de propagação de comandos de abertura em sistemas de teleproteção e pode ser utilizado tanto em testes de comissionamento como em manutenções preventivas/corretivas desses sistemas.

Palavras-chave: Equipamento de medição. Teleproteção. Tempo de propagação. Transfer-trip.

ABSTRACT

The main objective of this project is to present a prototype of an instrument which will measure the time of signal diffusion of teleprotection through its respective communication channels. The idea for this project came from

* Graduando do curso de Engenharia de Telecomunicações do CES/JF.

* Mestrado em Engenharia Elétrica (Sistemas Eletrônicos) na Universidade Federal de Juiz de Fora, especialização em Fundamentos de Matemática e graduação em Ciências com Licenciatura Plena em Matemática pelo Centro de Ensino Superior de Juiz de Fora. Professor do curso de Engenharia de Telecomunicações do CES/JF.

* Mestrado em Engenharia Elétrica com ênfase em Sistemas de Energia Elétrica e graduação em Engenharia Elétrica, ambos pela Universidade Federal de Juiz de Fora. Professor no Centro de Ensino Superior de Juiz de Fora (CES/JF).

a lack of appropriate tools for this kind of measurement, which has been noticed in field. It has also been noticed that most manuals hardly ever deal with this issue. The primary results indicate that the proposed prototype can be considered an efficient option to measure the time of diffusion in teleprotection opening command systems and can be used in commissioning tests as well as in the protecting-correcting maintenance of these systems.

Key-words: Measuring Equipment. Teleprotection. Time of Diffusion. Transfer-Trip.

1 INTRODUÇÃO

O Sistema Elétrico de Potência (SEP) é o conjunto de infraestrutura responsável pela geração, transmissão e distribuição de energia elétrica. O conjunto denominado geração é formado pelas usinas, responsáveis pela conversão de algum tipo de energia em energia elétrica. A transmissão é constituída por linhas de condutores que levam a energia elétrica até os grandes centros. Existem ainda as redes de subtransmissão que recebem a energia das redes de transmissão e a leva para pequenas cidades e consumidores industriais. A distribuição é o segmento do setor elétrico responsável pela destinação da energia elétrica dentro das cidades, entregando-a para que possa ser utilizada pelo consumidor final.

Assim como qualquer sistema, o SEP está sujeito a uma série de situações que podem levar a graves problemas, colocando em risco a vida de pessoas que ali trabalham, assim como o funcionamento de equipamentos. Um exemplo seria a queda de uma das torres de alta tensão que poderia causar prejuízo tanto para a concessionária de energia elétrica quanto para as pessoas próximas à torre e até mesmo para os consumidores.

O SEP brasileiro é praticamente todo interligado pelo Sistema Interligado Nacional (SIN), em que os sistemas de produção e transmissão de energia elétrica são de vários proprietários (ONS – Conheça o sistema). Desse modo, o SEP brasileiro está sujeito à propagação de falhas, ou seja, um problema ocorrido em uma determinada região do SEP pode ocasionar novos problemas em outras. As vulnerabilidades do SEP e, conseqüentemente, as implicações técnicas e econômicas decorrentes, motivaram a criação do Sistema de Proteção. A função do Sistema de Proteção é desligar rapidamente qualquer componente do sistema que esteja operando em condições anormais, evitando, assim, maiores danos ao sistema.

Com o objetivo de tornar o sistema de proteção mais eficiente e integrar as proteções geograficamente distribuídas através do SEP, ou seja,

em subestações distantes, foi criada a teleproteção. A teleproteção é uma técnica que compõe o sistema de proteção baseado na telecomunicação. A finalidade de um sistema de telecomunicações operando em conjunto com um sistema de proteção é permitir a transferência de um sinal de proteção no devido tempo de uma estação para um equipamento similar na estação remota (KINDERMANN, 1999).

No Brasil, todo procedimento que envolva o sistema interligado é gerido pelo Operador Nacional do Sistema (ONS). Esses procedimentos geridos pelo ONS são estabelecidos através de documentos denominados procedimentos de rede. Essa documentação é pública e pode ser consultada através do sítio do ONS na internet.

Em 2012, a recomendação encontrada nos procedimentos de rede do ONS indica que o tempo total de eliminação de faltas no sistema de transmissão elétrica, incluindo o tempo de abertura dos disjuntores de todos os terminais da linha de transmissão (LT), não deve exceder a 100 ms quando a tensão nominal em operação na LT for igual ou superior a 345 kV. Se a tensão nominal da LT for inferior a 345 kV, o tempo total de eliminação de faltas, incluindo o tempo de abertura dos disjuntores de todos os terminais da LT, não deve exceder a 150 ms (ONS – Procedimentos de Rede - Submódulo 2.6. Rev. 2.0). Na antiga resolução, o referido tempo era estratificado e era taxativo ao considerar apenas o canal de comunicação com um tempo que deveria ser inferior a 15 ms (ONS – Procedimentos de Rede - Submódulo 2.6. Rev. 0.3). Essa condição foi retirada na nova resolução. Apesar da atual resolução não definir mais de forma específica o tempo máximo que um sinal deve trafegar através de um canal de teleproteção, o conhecimento desse tempo é importante para que os projetistas dos sistemas de teleproteção possam dimensioná-los de forma a atenderem aos requisitos do tempo total de resposta.

Para analisar o tempo de resposta dos sistemas de teleproteção e, mais especificamente, verificar se os equipamentos a serem adquiridos ou em fase de comissionamento atendem tanto às recomendações do ONS quanto às especificações estabelecidas nos editais de licitação, é de suma importância dispor de um instrumental adequado que colete e trate os sinais pertinentes a essas análises. O uso de osciloscópios digitais seria uma solução viável, entretanto essa solução é deficiente no sentido de oferecer poucos recursos ao técnico operador do sistema de medição. A medição do tempo de canal tem-se tornado cada vez mais indispensável no comissionamento e em análises de ocorrências envolvendo equipamentos de teleproteção, posto que a crescente inserção das teleproteções nas redes de comunicação digital, que são passíveis de roteamentos, acarreta em atrasos diversos no

tempo de canal da teleproteção, dependendo da topologia do sistema em determinados momentos.

Este trabalho procura preencher uma lacuna, posto que a falta de um equipamento próprio para medição do tempo de propagação de sinais de teleproteção no canal de comunicação é um problema enfrentado pelos técnicos de campo, responsáveis pelo dimensionamento dos sistemas de teleproteção. Além disso, é possível notar uma escassez na literatura de trabalhos correlatos que discorrem sobre equipamentos de medida que buscam atender essa demanda.

Além disso, o trabalho está organizado da seguinte forma: Na seção 2 será apresentada a arquitetura do sistema proposto. Nas seções 3 e 4 serão apresentadas as descrições funcionais dos módulos que compõem o sistema. Na seção 5 serão apresentados os resultados da implementação do protótipo do sistema. Finalmente, na seção 6, serão apresentadas as conclusões e sugestões de trabalhos futuros.

2 ARQUITETURA DO SISTEMA

O Sistema para medida do tempo de propagação de sinais em canais de teleproteção, desenvolvido neste trabalho, é composto de dois módulos. O primeiro módulo, chamado de "Interface de medição SIMTEPRO" (SIMTEPRO-IM), é um conjunto de *hardware* microcontrolado, que possui dois tipos de interface, uma para conexões com as portas de entrada e saída de equipamentos de teleproteção (*transfer-trip*) e outra para conexão com um microcomputador (*bluetooth* ou *serial*). A interface de conexão com microcomputador é utilizada para a interação do equipamento de *hardware* com o outro módulo do sistema, chamado neste trabalho de "Interface de controle SIMTEPRO" (SIMTEPRO-IC). A interface de controle é uma camada de *software* que compõe o SIMTEPRO, responsável pelo controle do *hardware* do sistema e visualização de dados coletados pelo equipamento. O SIMTEPRO-IC foi desenvolvido para rodar em computadores com Sistema Operacional Windows (XP, Vista e 7), tendo como pré-requisito a instalação do Microsoft.NET Framework 2.0 ou superior. A Figura 1 ilustra a arquitetura do SIMTEPRO e o fluxo de dados gerados pelo sistema.

Para realizar medições do tempo de propagação dos sinais de proteção através do canal de comunicação, o SIMTEPRO trabalha da seguinte maneira:

- 1 - O equipamento de *hardware* deve ser ligado às respectivas portas de entrada e saída do equipamento de *transfer-trip* local.
- 2 - As portas de entrada e saída do *transfer-trip* remoto devem ser

curto-circuitadas, ligadas em uma configuração de *loop-back*, de modo que o sinal recebido por esse equipamento seja prontamente reinjetado ao canal e transmitido de volta ao *transfer-trip* local.

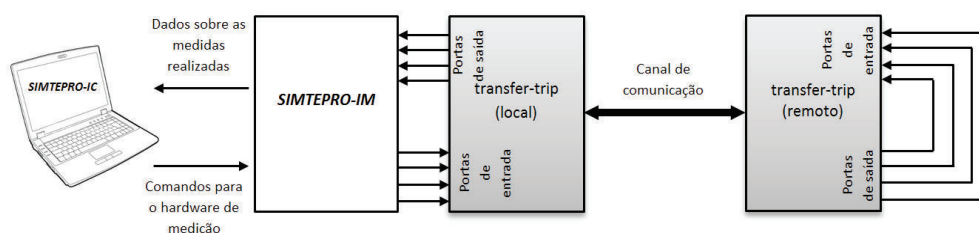
3 - O *software* de controle deve ser executado e conectado ao equipamento de medição através de uma conexão *bluetooth* ou serial.

4 - A partir do *software* de controle, um comando de disparo de *trip* pode ser enviado para interface de medição que, ligada ao *transfer-trip*, irá estimular o envio de um sinal com o comando de proteção e marcar o tempo até que o sinal enviado seja recebido de volta pelo *transfer-trip* local.

5 - O valor do tempo medido pelo equipamento é enviado para a interface de controle, que faz a exibição das informações na tela do computador.

6 - O valor do tempo de propagação do sinal é medido tomando-se como referência o intervalo de tempo entre o disparo do comando e o retorno do sinal de comando ao instrumento de medida através de uma configuração de *loop-back* no equipamento de *transfer-trip* remoto.

Figura 1 - Arquitetura SIMTEPRO



Fonte: O Autor

3 INTERFACE DE MEDIÇÃO SIMTEPRO

O SIMTEPRO-IM é um conjunto de *hardware* microcontrolado responsável pela interface entre o SIMTEPRO e o equipamento de *transfer-trip*, e também pelo controle de disparo de comandos de teleproteção para realização de medidas dos tempos de propagação desses comandos através do canal. Esse conjunto de *hardware* pode ser dividido em três partes principais que são:

1 - Interface de conexão entre o SIMTEPRO-IM e o equipamento de *transfer-trip*;

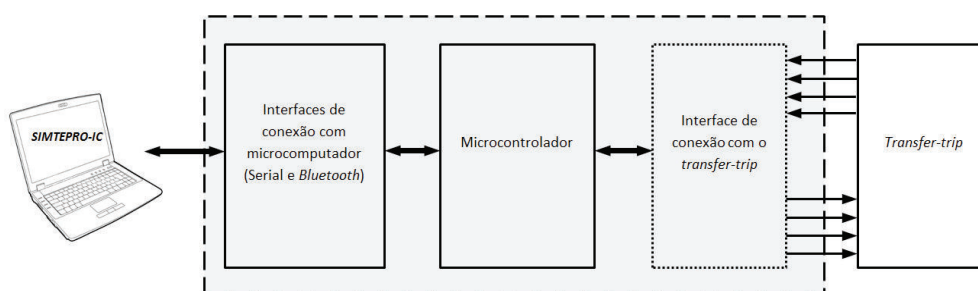
2 - Interface de conexão entre o SIMTEPRO-IM e o microcomputador que esteja executando o *software* de controle;

3 - Microcontrolador, responsável por processar todas as requisições de comandos enviados através do *software* de controle, disparar os

comandos de teleproteção no *transfer-trip*, calcular o tempo entre o disparo do comando e seu retorno e enviar os valores medidos pelo instrumento para que possam ser exibidos no *software* de controle.

A Figura 2 ilustra, através de um diagrama em blocos, cada um dos componentes do SIMTEPRO-IM. A interface de conexão com o equipamento de *transfer-trip* está pontilhada na Figura 2, pois ainda está em fase de desenvolvimento. Essa interface é responsável por compatibilizar as tensões entre o microcontrolador e as tensões do equipamento de *transfer-trip*.

Figura 2 - Diagrama de blocos SIMTEPRO-IM



Fonte: O Autor

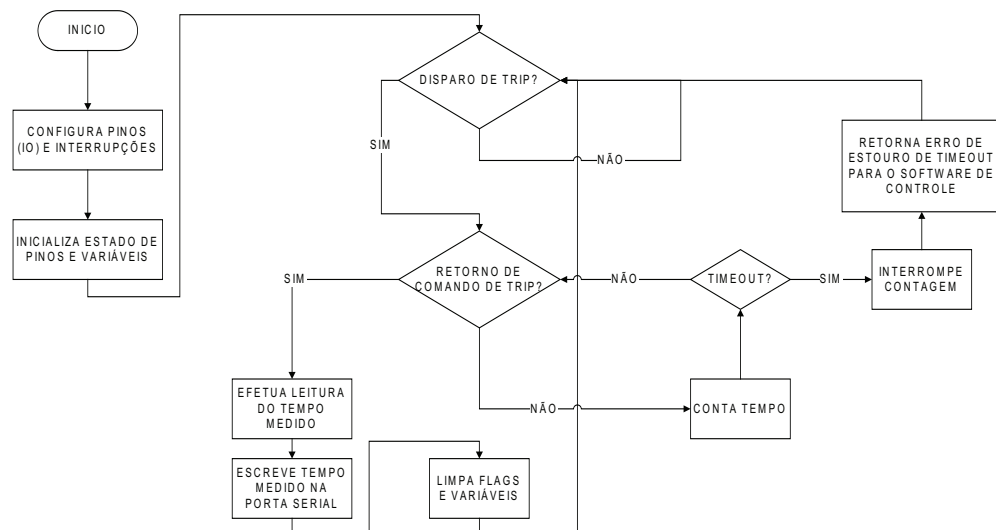
A interface de conexão com o microcomputador oferece duas opções de conexão, sendo uma conexão serial RS-232 e a outra conexão *bluetooth*. Essa interface é responsável pela troca de informações entre o *software* de controle do sistema e o equipamento de *hardware*.

O microcontrolador é responsável por gerenciar todas as informações trocadas entre o *software* de controle e o equipamento de *hardware*, além de comandar toda a interação entre o instrumento e o *transfer-trip*. O programa utilizado pelo microcontrolador opera em um *loop* infinito que aguarda por comandos enviados pelo sistema de controle, efetuando a leitura através das interfaces de comunicação do equipamento com o microcomputador. A Figura 3 apresenta o fluxograma simplificado do funcionamento do programa utilizado pelo microcontrolador do SIMTEPRO-IM.

Ao ser ligado, o SIMTEPRO-IM realiza a inicialização do estado de todos os seus pinos de entrada, de saída e suas variáveis, entrando em seguida em um *loop* para aguardar ordens de comando provenientes do sistema de controle. Ao receber um sinal para disparo de comando de *trip*, proveniente do sistema de controle, o instrumento estimula o *transfer-trip* de modo que o sinal de *trip* seja enviado por este equipamento. A partir de então, o microcontrolador inicia a contagem de tempo de propagação do sinal, aguardando até que o retorno seja identificado através de uma de suas portas de entrada. Quando o retorno do comando de *trip* é identificado,

a contagem do tempo é finalizada e o valor medido é retornado para o *software* de controle para exibição dos dados na tela do microcomputador. Após isso, o programa volta para o *loop* principal e aguarda novas instruções provenientes do sistema de controle. O SIMTEPRO-IM possui também uma proteção de *timeout* para o caso do sinal de *trip* de retorno não chegar corretamente. O valor desse *timeout* atualmente é fixo e está definido em 400 ms. Portanto, caso o retorno do comando de *trip* não seja identificado pelo instrumento em até 400 ms, o microcontrolador aborta a contagem do tempo de propagação do sinal e retorna para o *software* de controle uma mensagem de que houve estouro de *timeout*, como está ilustrado no fluxograma da Figura 3.

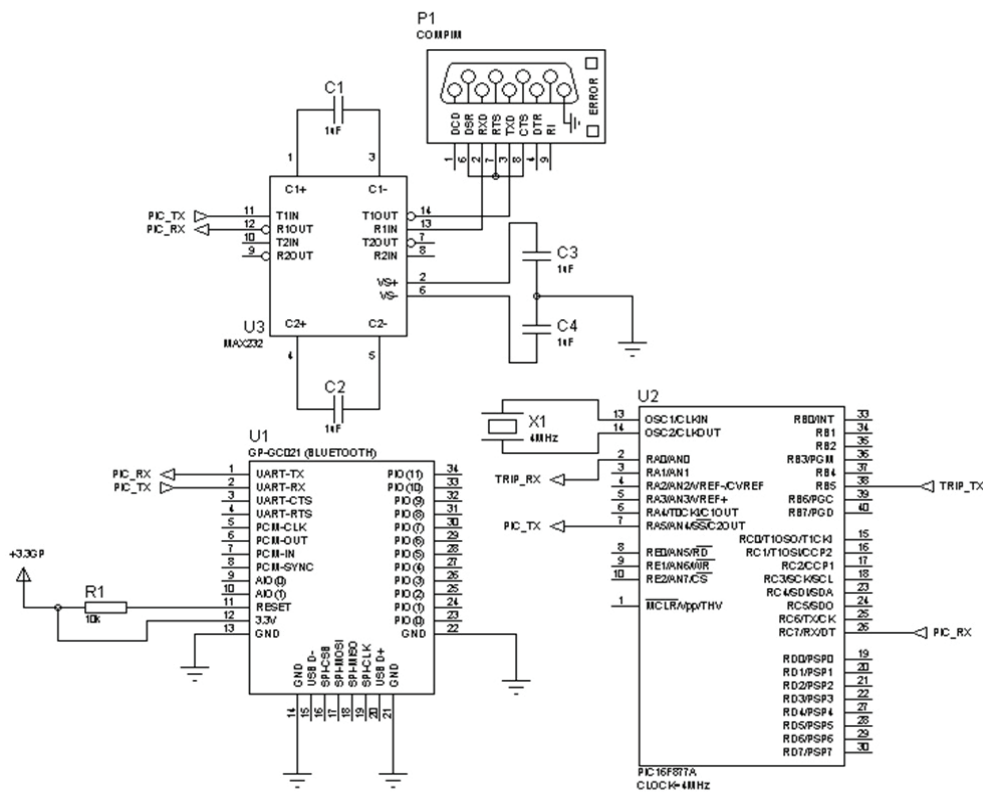
Figura 3 - Fluxograma simplificado do SIMTEPRO-IM



Fonte: O Autor

A Figura 4 ilustra o diagrama eletrônico do SIMTEPRO-IM. A partir desse diagrama é possível identificar os circuitos de interface entre o instrumento e o microcomputador onde o *software* de controle é executado. O circuito de interface *bluetooth* pode ser identificado no diagrama através do componente U1. Essa interface utiliza um circuito integrado GP-GC021 que realiza a conversão de sinais de *bluetooth* para TTL para que sejam inseridas na entrada do microcontrolador. O microcontrolador pode ser identificado através do diagrama pelo componente U2. O microcontrolador utilizado para desenvolvimento do protótipo é o modelo 16F877A da família PIC. O circuito de interface serial, que utiliza um circuito integrado MAX232, pode ser identificado no diagrama através do componente U3.

Figura 4 - Diagrama eletrônico SIMTEPRO-IM



Fonte: O Autor

A interface de conexão do instrumento com o equipamento de *transfer-trip* não está representada no diagrama eletrônico, pois ainda se encontra em fase de desenvolvimento.

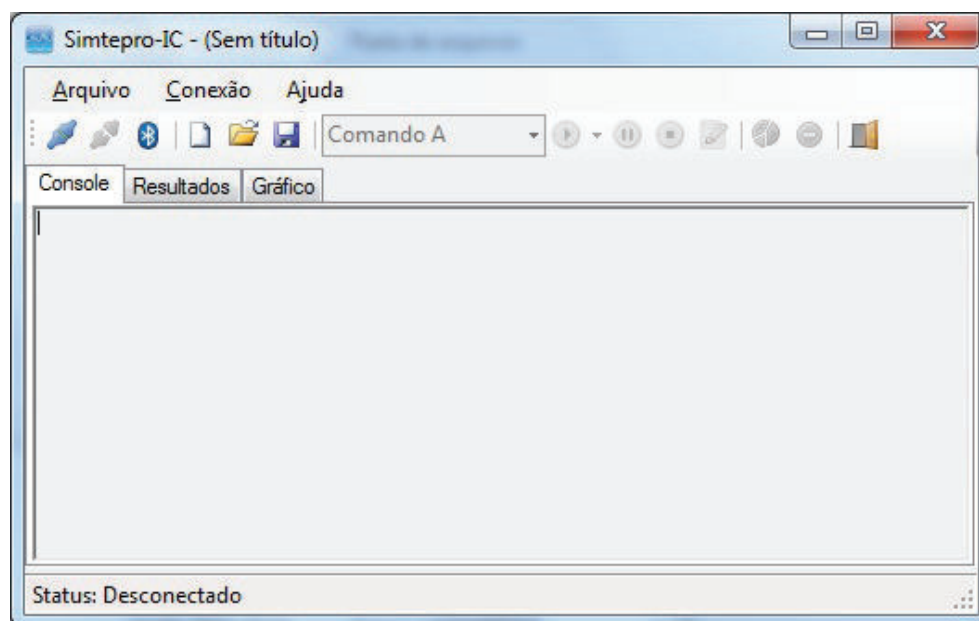
4 INTERFACE DE CONTROLE SIMTEPRO

Para permitir a visualização dos dados medidos através do instrumento de medição, foi necessário desenvolver um *software*, chamado neste trabalho de SIMTEPRO-IC. Esse *software* tem como finalidade se apresentar como a interface homem-máquina do sistema desenvolvido. A adoção de um *software* como interface homem-máquina para o sistema, ao invés de uma solução embarcada, deu-se, principalmente, pelo fato de o *software* rodando em um microcomputador apresentar um leque muito maior de recursos que uma solução embarcada. Isto se dá devido ao fato dos microcomputadores utilizarem microprocessadores que possuem um número muito maior de instruções que um microcontrolador (GODSE, 2008). Além

disso, um microcomputador já possui todos os periféricos de entrada e saída necessários para inserção e leitura de dados no sistema, e uma solução embarcada exigiria a implementação desses periféricos.

Para desenvolver o SIMTEPRO-IC foi escolhida a plataforma Microsoft .NET com o C# como linguagem de programação. Essa escolha se deu ao fato do C# ser uma linguagem de fácil aprendizado e que possui raízes em linguagens como C, C++ e Java, adaptando os melhores recursos de cada linguagem e acrescentando novas capacidades próprias (DEITEL, 2003). Além disso, o C#/.NET já implementa todos os recursos necessários para a troca de informações através do protocolo de comunicação serial e permite a construção de interface gráfica de forma rápida e simples através de seu ambiente de desenvolvimento integrado (IDE). A Figura 5 ilustra a tela principal do SIMTEPRO-IC.

Figura 5 - Tela principal do SIMTEPRO-IC

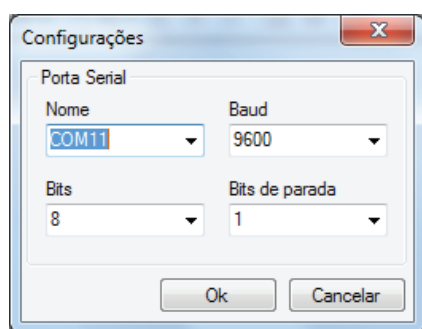


Fonte: O Autor

O SIMTEPRO-IC possui em sua interface funções para conexão com o equipamento de *hardware*, permitindo configurar os parâmetros das configurações de conexão. Para realizar a conexão entre o equipamento de hardware e o SIMTEPRO-IC, é necessário realizar as configurações dos parâmetros da conexão, que são: Nome da Porta, Baud Rate, Número de Bits e Quantidade de Bits de Parada. A Figura 6 ilustra a tela de configuração dos parâmetros necessários para a comunicação entre as interfaces.

Após conectado ao equipamento de *hardware*, o SIMTEPRO-IC habilita as funções de disparo de comandos de teleproteção para realização de medições dos tempos de propagação dos sinais. O *software* permite que sejam disparados diferentes tipos de comandos suportados pelos equipamentos de teleproteção. Esses comandos podem ser disparados de forma única, ou seja, um disparo e uma leitura, ou então em uma sequência de disparos, em que é possível determinar quantos disparos de comandos seguidos devem ser efetuados pelo equipamento. Para cada disparo de comando é efetuada a leitura do tempo de propagação do sinal através do canal de proteção.

Figura 6 - Tela para configuração de parâmetros de conexão do SIMTEPRO-IC

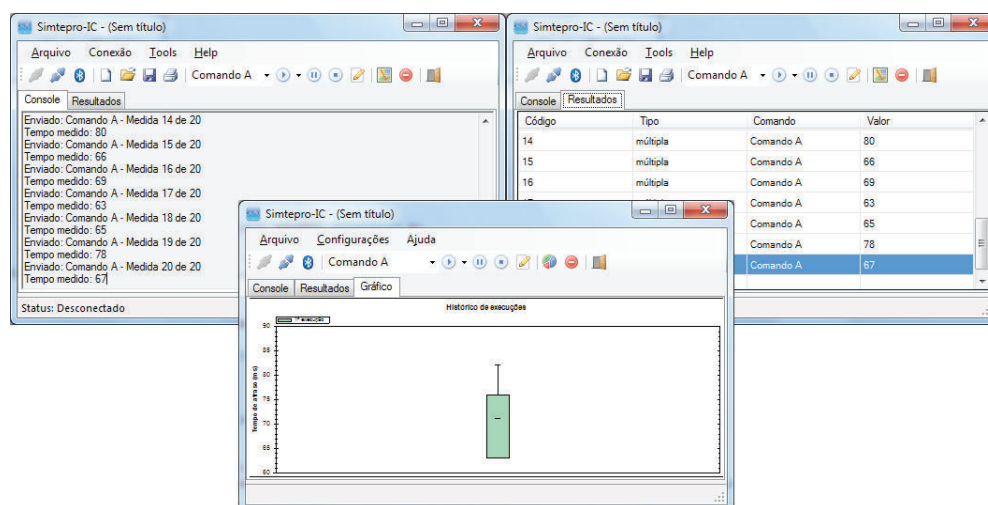


Fonte: O Autor

As leituras dos tempos de propagação medidos pelo sistema podem ser visualizadas através do SIMTEPRO-IC através de três diferentes modos de visualização. Os três modos de visualização suportados pelo SIMTEPRO-IC são: saída através de console, tabela e gráfico de *box-plot*, que permite visualizar a estatística dos tempos medidos em vários disparos de comandos em um mesmo canal. O gráfico de *box-plot* é um modo de visualização que só é habilitado quando o modo de disparo do sistema é configurado para disparo múltiplo, já que para a geração do gráfico é necessário que haja no mínimo três amostras de medição. As três formas de visualização suportadas pelo SIMTEPRO-IC são ilustradas na Figura 7, em que a imagem da esquerda representa o modo de visualização *console*, a imagem central representa o modo de visualização em gráfico *box-plot* e a imagem da direita representa o modo de visualização em tabela.

O SIMTEPRO-IC conta ainda com uma opção que permite salvar e recuperar os históricos de execuções em arquivos no microcomputador.

Figura 7 – Modo de visualização de medições SIMTEPRO-IC



Fonte: O Autor

5 RESULTADOS

Todos os ensaios e testes realizados com o SIMTEPRO foram realizados em laboratório. Como não havia a disponibilidade de um sistema de *transfer-trip* real para realização dos ensaios, foi necessária a implementação de um artifício para que fosse possível submeter o protótipo a testes. O artifício utilizado foi a criação de outro sistema eletrônico composto por um microcontrolador e um display de LCD. Esse sistema recebe os sinais de *trip* disparados pelo SIMTEPRO-IM, gera aleatoriamente um atraso, exibe no display o atraso gerado e retorna o sinal para o equipamento de medição. Desse modo é possível validar o tempo gerado para o atraso desse sinal e o tempo medido pela interface de medição, comparando-os.

Com o intuito de validar a exatidão do equipamento, os ensaios realizados consistiram em medir o tempo de duração do comando de *trip* disparado pelo instrumento de medição com um osciloscópio digital (modelo MO-2250DC fabricado pela Minipa) e comparar esses valores com os valores apresentados na tela do *software* de controle do instrumento (SIMTEPRO-IC).

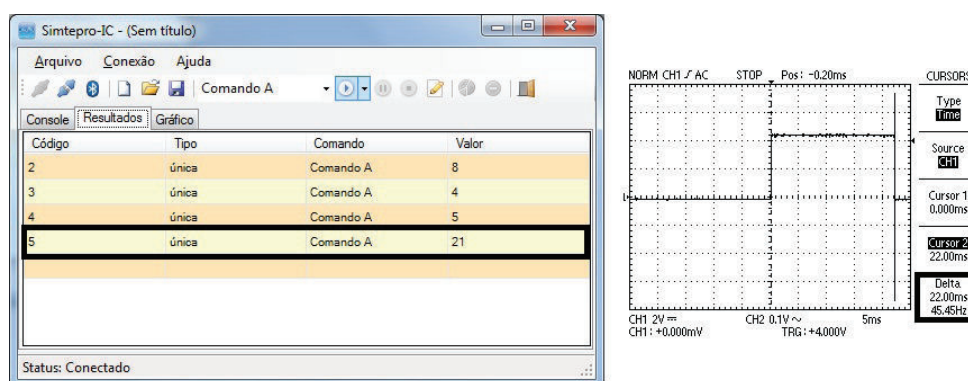
Durante os ensaios laboratoriais, foi possível verificar uma pequena diferença entre os valores medidos com o osciloscópio digital e os valores medidos com o SIMTEPRO. A diferença máxima de valores medidos entre os dois equipamentos não ultrapassou a casa de 1 ms. Essa diferença máxima notada nas medidas realizadas com os dois equipamentos pode ser atribuída a um erro inerente ao SIMTEPRO. Esse erro se dá devido ao fato de a contagem do tempo pelo instrumento ser feita com uma resolução de 1 ms, o que implica em que o instrumento não é capaz de medir valores

intermediários dentro de um intervalo de 1 ms.

Para ilustrar este erro do instrumento, foi realizado um outro ensaio que consistiu na realização de medições interligando diretamente a entrada na saída do SIMTEPRO. O valor medido através do osciloscópio foi de 120 μ s, porém, o SIMTEPRO mediu neste caso 1 ms. A partir desses resultados, foi possível perceber que o atraso causado pelos componentes da interface do equipamento é da ordem de microssegundos, e, por isso, pode ser ignorado, dado que o instrumento trabalha com uma resolução da ordem de milissegundos. Sendo assim, não foi preciso realizar qualquer tipo de compensação em *hardware* ou *software* para minimizar efeitos de atraso ocasionados pela interface do instrumento. Dessa forma, uma vez que, se for considerada a antiga norma do ONS, que limitava o tempo de propagação do sinal no canal de comunicação em 15 ms (ONS – Procedimentos de Rede - Submódulo 2.6. Rev. 0.3), o erro máximo medido no instrumento será menor que 10% desse valor, e, se for considerada a atual norma que define o tempo total para eliminação de falhas, e que gira em torno de 100 ms e 150 ms (ONS – Procedimentos de Rede - Submódulo 2.6. Rev. 2.0), esse percentual de erro ficará em torno de 1% ou menos. Portanto, pode-se considerar o erro máximo medido do instrumento aceitável.

Na Figura 8 são apresentados alguns dos valores medidos durante o ensaio com o SIMTEPRO e com o osciloscópio digital.

Figura 8 - Comparativo de medidas realizadas pelo SIMTEPRO e pelo osciloscópio digital



Fonte: O Autor

No lado esquerdo da Figura 7 é possível verificar a tela do SIMTEPRO-IC exibindo o valor medido pelo instrumento em 21 ms. Do lado direito da Figura 7 é possível verificar a mesma medição realizada através de um osciloscópio digital que mediu 22 ms para o tempo de propagação do sinal.

A partir desses resultados é possível verificar um erro máximo de 1 ms entre as medidas realizadas pelos dois equipamentos.

6 CONCLUSÕES

O objetivo deste trabalho foi apresentar um protótipo microcontrolado para um instrumento capaz de medir o tempo de propagação de comandos de teleproteção através de canais de comunicação. Apesar de o protótipo ainda não ter sido submetido a testes em campo, acredita-se que as principais bases necessárias para o funcionamento do instrumento foram desenvolvidas e testadas com êxito.

Os resultados experimentais dos ensaios realizados em laboratório mostraram que o protótipo desenvolvido possui um índice de exatidão aceitável para a aplicação proposta. Esses resultados servem de base para o desenvolvimento de funcionalidades mais complexas para este mesmo instrumento em trabalhos futuros.

Como sugestões para trabalhos futuros, destacam-se:

Finalização da interface de conexão do instrumento com o equipamento de *transfer-trip*, a fim de permitir a realização de testes do equipamento em campo;

Implementar nessa interface opções de ajustes nas amplitudes da tensão de saída para permitir que o instrumento apure a sensibilidade dos diversos tipos de equipamento de *transfer-trip*;

Permitir que os comandos de trip suportados pelos equipamentos sejam executados simultaneamente, já que atualmente é necessário executá-los de forma individual, pois apenas uma interface foi implementada até o momento;

Implementar novas interfaces de comunicação entre o instrumento e o microcomputador como USB, por exemplo;

Embarcar as funcionalidades de disparo de comandos que hoje são feitas por software diretamente no instrumento;

Permitir a alteração do tempo de *timeout* suportado pelo instrumento através de configurações realizadas pelo operador;

Implementar no software uma opção de geração de relatório impresso contendo os valores registrados através de medições realizadas pelo equipamento.

Artigo recebido em: 31/5/2012

Artigo aceito para publicação em: 20/8/2012

REFERÊNCIAS

DEITEL, H. M.; DEITEL, P. J.; LISTFIELD, J.; NIETO, T. R.; YAEGER, C.; ZLATKINA, M. **C#**: Como Programar. 1. ed. São Paulo: Pearson Education, 2003.

GODSE, A. P; GODSE, D. A. **Microcontrollers**. 1. ed. Pune: Technical Publications Pune, 2008.

KINDERMANN, G. **Proteção de Sistemas Elétricos de Potência**. Florianópolis: Geraldo Kindermann, 1999. V. 2.

ONS. O que é o SIN – Sistema Interligado Nacional. In: CONHEÇA o sistema. Disponível em: <<http://www.ons.org.br>>. Acesso em: 01 maio 2012.

ONS. Requisitos mínimos para os sistemas de proteção e de telecomunicações. Rev. 0.3. **Procedimentos de rede**. Disponível em: <<http://www.ons.org.br>>. Acesso em: 01 maio 2012.

ONS. Requisitos mínimos para os sistemas de proteção e de telecomunicações. Rev. 2.0. **Procedimentos de rede**. Disponível em: <<http://www.ons.org.br>>. Acesso em: 01 maio 2012.