

## II SBQEE - SEMINÁRIO BRASILEIRO DA QUALIDADE DA ENERGIA ELÉTRICA

### GERADOR DE VOLTAGE SAGS

C. Alberto Guimarães J. Policarpo Abreu Roger D. F. Ferreira Paulo L. Carvalho

Escola Federal de Engenharia de Itajubá - EFEI

Av. BPS, 1303 - Cep 37500-000 - Itajubá/MG - Brasil

email: polica@iee.efei.rmg.b

**Resumo** - Neste artigo será apresentado o protótipo de um gerador de *Voltage Sags* controlado por um microcomputador, cujo desenvolvimento teve por objetivo propiciar o levantamento da sensibilidade de equipamentos eletro-eletrônicos frente a este tipo de distúrbio. Após um apanhado geral das características dos tipos de geradores já em uso, foi desenvolvido um protótipo, em laboratório, de um gerador de *Voltage Sags*.

**Palavras-Chave** - *Voltage Sag*, QEE - Qualidade da Energia Elétrica, *zero-cross*,

**Abstract** - This paper will present the prototype of a *Voltage Sags* controlled by microcomputer objects to provide a survey of eletro-eletronic equipment to this kind of disturbance. After a summary of the characteristics of the types of generators in use, a prototype of a *voltage sags* generator have been carried out laboratory.

### 1 - INTRODUÇÃO

Dentre as principais áreas de investigação voltadas para o avanço da Engenharia Elétrica, uma das mais expressivas nos dias atuais é a que envolve as questões vinculadas à Qualidade da Energia Elétrica (QEE). Isto ocorre devido ao uso cada vez mais intensivo de equipamentos eletro-eletrônicos, os quais são sensíveis as variações da qualidade da energia recebidas das concessionárias.

Atualmente, processos industriais inteiros são interrompidos devido a ocorrência da depressão de tensão (*Voltage Sags*). Este distúrbio da QEE traz como consequência, na maioria das vezes, perdas de produção, perdas de especificação de produtos, tempo de espera para reiniciar a operação do sistema e retomada plena da produção, e, finalmente, reparos dos equipamentos danificados. Os custos associados a ocorrência deste distúrbio são altos, o que tem despertado grande atenção dos profissionais de engenharia que atuam tanto na indústria como nas empresas de energia elétrica.

*Voltage Sag* é uma redução momentânea da magnitude da tensão rms da ordem de 10 a 90% da tensão nominal e com uma duração entre 0,5 ciclo a 1 minuto [1]. A figura 1 ilustra a forma de onda característica deste distúrbio.

A principal causa das *Voltage Sags* são as faltas ou curtos-circuitos no sistema. Pesquisas, apresentam que a principal causas destes curtos-circuitos são as descargas atmosféricas ocorridas no sistema elétrico [2 a 6]. As *Voltage Sags* também podem ser geradas pelo chaveamento de cargas "pesadas" ou partida de grandes motores [3].

A solução normalmente utilizada para resolver este tipo de problema é buscar fornecer tensão estabilizada para os sistemas de controle, através de condicionadores de energia., ou outro tipo de equipamento que possa prover o sistema de controle de uma tensão adequada durante a ocorrência de *Sags*.

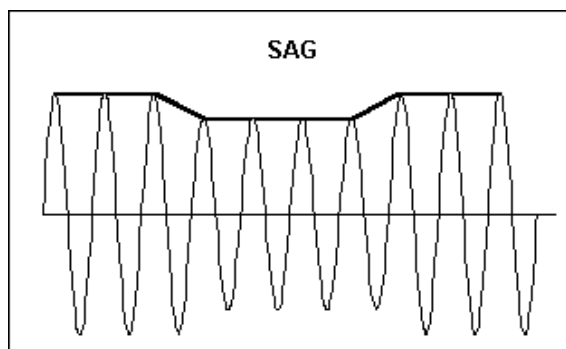


Figura 1 -*Voltage Sags*

### 2 - OBJETIVOS

O desafio é manter em operação o sistema de controle durante a ocorrência de *Sags*, sem comprometer a integridade dos equipamentos envolvidos no processo. Portanto, é necessário o levantamento da sensibilidade dos equipamentos frente a *Voltage Sags*.

Para isso, foi desenvolvido um protótipo de um gerador com o intuito de realizar este levantamento. Este equipamento gerador de *Voltage Sags*, tem como principais objetivos :

- estabelecer meios de gerar sinais senoidais a partir da rede elétrica, que tenham a característica de possuírem para cada fase, a mesma frequência, porém tensão reduzida - *Sag* ;
- controle de temporização via software ;
- controle independente de cada fase ;
- vasta aplicabilidade.

### 3 - FUNCIONAMENTO

O controle do gerador de *Voltage Sags* é feito por microcomputador, necessitando-se apenas de alguns ajustes de *hardware*.

Uma vez feitas as ligações da carga (referir-se à figura 5) e estabelecida a tensão de *Sag* através do autotransformador, executa-se então o programa de controle que dará início ao ensaio, conforme detalhado a seguir :

- a princípio, a interface de tiristores é “resetada” para assegurar o desligamento da carga. Em seguida, através de um menu, define-se o tipo - normal ou interrupção, e a duração - total de ciclos, do ensaio;

- um dado de controle é então enviado pelo programa para habilitar a placa de tiristores, acionando-se a carga com tensão nominal;

Através de um dado de leitura que vem de um detector de passagem por zero - *zero-cross*, o programa detecta o instante em que o sinal senoidal da rede passa pelo zero.

Caso não seja detectado este sinal, o programa exibe uma mensagem de erro alertando o operador para um possível problema, encerrando o ensaio. Senão, é exibida uma mensagem de operação normal, sendo pedida uma confirmação para a execução do ensaio.

A partir daí, é iniciado o ensaio propriamente dito com *Voltage Sag* através de um dado de controle que o programa envia à interface de tiristores “setando” o bit de *Sag*. A temporização é também iniciada, sendo feita através de uma rotina que lê o dado de *zero-cross* e incrementa o tempo (duração) de ensaio de *Voltage Sag*, até que se atinja o tempo pré determinado no início do programa.

Neste instante, o ensaio é finalizado com o envio de um outro dado de controle que “reseta” o bit de *Sag*, retornando à condição de tensão nominal na carga.

Se no decorrer do ensaio o mesmo for interrompido, o programa retorna ao menu principal, restabelecendo as condições iniciais com a interface de tiristores “resetada”.

Outros recursos de sistema são implementados de modo a facilitar e enriquecer o *software*, contudo, nada que afete o funcionamento do gerador de *Voltage Sags*.

É importante salientar que dentre as várias aplicações deste equipamento gerador de *Voltage Sags*, além da própria geração de *Sag*, pode-se destacar :

- a geração de *Swell*, que caracteriza uma elevação da tensão da rede;
- a simulação de transitórios através, por exemplo, de capacitores.

dentre outras, sendo todas estas aplicações de fácil implementação.

O fluxograma da figura 2 ilustra resumidamente a operação do *software* de controle.

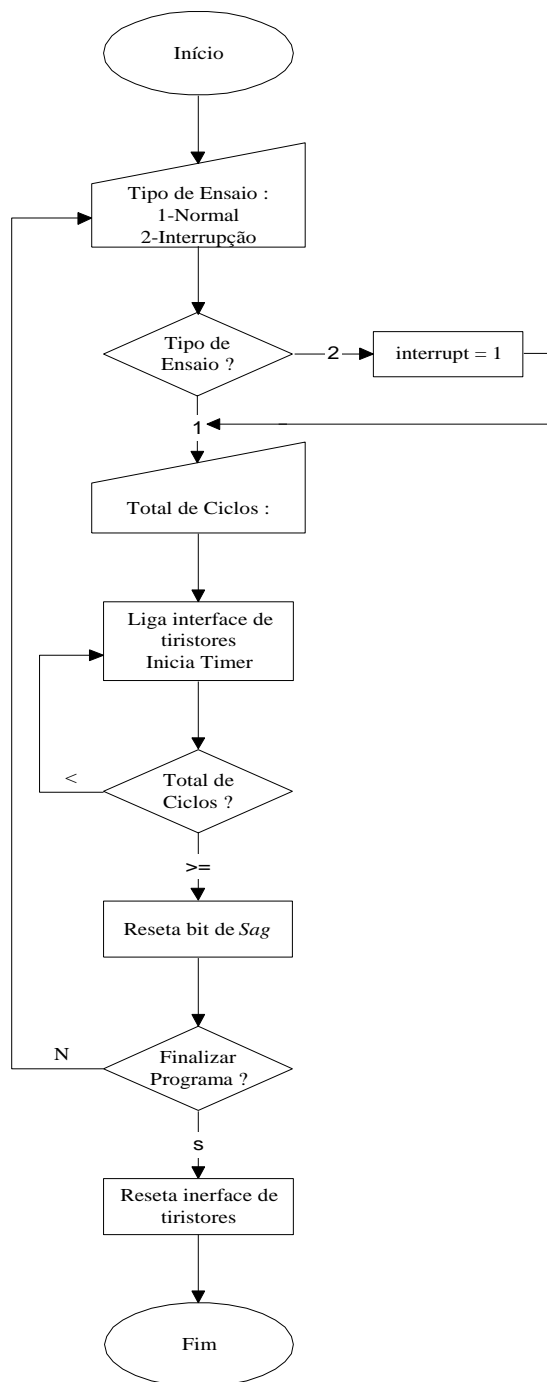


Figura 2 - Fluxograma

## - DIAGRAMA EM BLOCOS

O projeto completo é composto das seguintes partes, conforme diagrama em blocos da figura 3 abaixo :

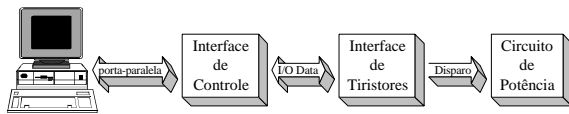


Figura 3 - Diagrama em blocos

### • Computador

O computador foi implementado nesse projeto de modo a otimizar e facilitar o processo de temporização, além das vantagens dos recursos gráficos e práticos que os *softwares* oferecem.

Para a programação, utilizou-se a Linguagem C - Borland, em conjunto com rotinas em *Assembly* [8], uma vez que as mesmas oferecem recursos de tela e facilidades de acesso à porta paralela, respectivamente.

### • Interface de Controle

A “conexão” entre o computador e a interface de tiristores é feita pela interface de controle, que basicamente direciona os dados que são trocados entre a porta paralela e a interface de tiristores, além de prover a isolação das mesmas através de optoacopladores.

### • Interface de Tiristores

O circuito principal que faz o disparo dos pares antiparalelos de tiristores é a interface de tiristores.

Esse circuito se divide em 4 partes, conforme diagrama em blocos da figura 4.

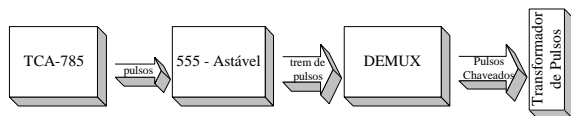


Figura 4 - Diagrama em blocos

• **TCA-785** : este componente de fácil manuseio, possui basicamente uma entrada para o sinal senoidal da rede, gerando em duas saídas sinais digitais que correspondem aos instantes de passagem do sinal senoidal pelo zero - *zero-cross*.

Além disso, o **TCA-785** fornece outros recursos, como a regulagem do ângulo de disparo que pode variar de 0 a 180 graus por semi-ciclo, cobrindo assim todo o sinal senoidal. Dispõem-se ainda de uma entrada que controla a largura do pulso retangular das saídas que pode variar de 0 a 180 graus, além de outros recursos [8].

• **555 - Astável** : esse C.I. foi aqui implementado, em virtude dos sinais retangulares de saída do **TCA-785** não serem suficientes para assegurarem o disparo dos tiristores. Por isso, utilizando-se o C.I. 555 em configuração Astável [9], consegue-se gerar um trem de pulsos em sua saída durante o tempo em que o sinal retangular do **TCA-785** está em nível alto - pois este sinal habilita a saída do 555 enquanto está em nível alto, garantindo assim o disparo dos tiristores.

• **DEMUX 74LS156** : este C.I. que corresponde a um demultiplexador, funciona como uma chave seletora entre a aplicação de tensão nominal à carga e a aplicação de tensão com *Sag* à mesma.

Assim, através de um dado de controle enviado pelo computador, faz-se o envio do sinal gerado pelo 555 ora ao par de tiristores responsável pela aplicação do sinal nominal à carga e ora ao par de tiristores responsável pela aplicação do sinal com *Voltage Sag*, quando da execução do ensaio.

Além disso, o **74LS156** evita o risco de haver a habilitação simultânea dos dois pares de tiristores, o que causaria um curto-circuito danificando os tiristores bem como o Autotransformador.

Em ensaios de interrupção (tensão de carga zero), o demux é colocado em tri-state por um outro dado de controle.

• **Transformador de Pulsos** : funcionando como um isolador entre os sinais aplicados aos tiristores - secundário, e os sinais gerados pelo 555 - primário, este componente é o último passo para o disparo dos tiristores.

### • Circuito de Potência

O Circuito de Potência é formado basicamente pelo circuito da figura 5 abaixo [10]:

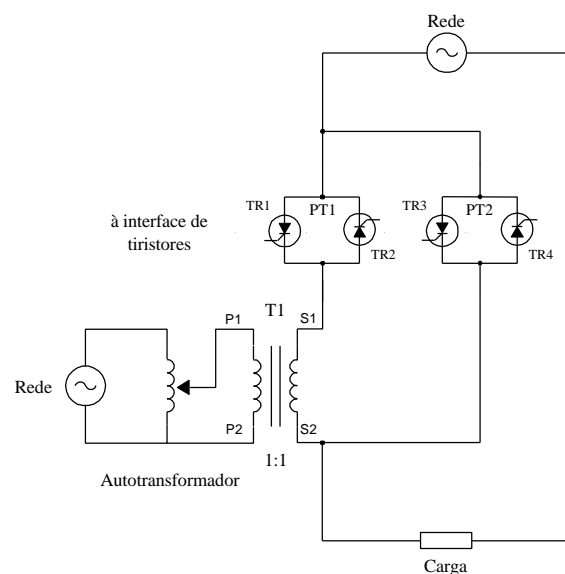


Figura 5 -Circuito de Potência

Através dos pares de tiristores antiparalelos - PT1 e PT2, faz-se a seleção entre tensão nominal e tensão com *Sag* - tensão reduzida.

Assim, inicialmente a carga é alimentada com a tensão nominal da rede, através do par PT2, sendo o *Sag* aplicado através do par PT1.

Quando PT1 ativa, a tensão de *Sag* estabelecida no Autotransformador e isolada da rede elétrica pelo transformador T1, é subtraída ou somada à tensão nominal da rede, caracterizando uma redução ou um aumento da tensão na carga, ou tecnicamente, a ocorrência de um *Sag* ou *Swell*, respectivamente.

#### 4 - SUGESTÕES

Como extensão do projeto, pode-se fazer o ensaio de cargas trifásicas, sendo necessário uma interface de tiristores para cada fase.

A interface de controle já foi desenvolvida para controlar até três interfaces de tiristores, dispondo de seis bits de saída - dados, e três de entrada - leitura, possibilitando assim o ensaio de cargas trifásicas, uma vez que cada interface de tiristores necessita de dois bits de dados - controle, e um bit de leitura - sinalização *zero-cross*.

Além disso, tanto a interface de controle e principalmente a interface de tiristores, podem ser aplicadas em vários outros projetos que utilizem tiristores e sejam controlados por computadores, abrangendo uma vasta gama de aplicações.

#### 5 - CONCLUSÕES

O gerador de *Voltage Sags* aqui apresentado, representa um importante passo para o crescente setor da QEE. Devido aos crescentes problemas surgidos principalmente nas indústrias em virtude da má qualidade do sinal recebido, torna-se necessário a pesquisa e o desenvolvimento de novos equipamentos que sejam menos sensíveis a esses distúrbios elétricos.

A fim de cumprir este propósito, foi desenvolvido o gerador de *Voltage Sags*, um equipamento relativamente simples e versátil que utiliza componentes e peças de fácil obtenção e custo reduzido, com excelente desempenho monitorado por computador.

Deste modo, é possível a realização do ensaio de vários equipamentos para os quais se queira determinar a sensibilidade frente a *Voltage Sags*, possibilitando assim encontrar soluções de modo a tornar esses equipamentos seguros e confiáveis para o concorrido mercado consumidor.

#### 7 - REFERÊNCIAS

- [1] ABREU, J. P.G; ARANGO, H; OLIVEIRA, J. C; BUENO, A. M; SILVA, S. R. "Reflexões sobre Qualidade da Energia". I - SBQEE, junho de 1996.
- [2] LAMORRE, J; VINETT, P; JONES, W; and SAMOTYJ, M. "Voltage Sag Analysis Case Studies". IEEE Transactions on Industry Applications, Vol 30, nº4 July/August 1994.
- [3] WAGNER, V; GREBE, T; KRETSCHMANN, R; MORGAN, L; and AL PRICE. "Power System Compatibility Process Equipment". IEEE Industry Application Magazine, pag 11- 15, Jan/feb 1996.
- [4] SARMIENTO, H. G; ESTRADA,E. "A Voltage Sag Study in an Industry with Adjustable Speed Drives". IEEE Industry Application Magazine, pag 16 - 19, Jan/Fev 1996.
- [5] GUNTHER, E. W and MEHTA, H. "A Survey of Distribution System Power Quality Preliminary Results". IEEE Transaction on Power Delivery, vol 10, nº1 Jan 1995.
- [6] MACGRANAGHAN, M. F; MUELLER, D. R; and SAMOTYJ, M. J. "Voltage Sags in Industrial Systems". IEEE on Industry Applications, vol 29, nº2, March/April 1993.
- [7] PAPPAS, CHRIS H.,1953,"Turbo C++ completo e total",Chris H. Pappas, William H. Murray, Tradução Mário Moro Fecchio; revisão técnica José Eduardo Maluf de Carvalho : - São Paulo : Makron, Mc Graw-Hill, 1991
- [8] SIEMENS, "Conheça o Controle de Fase TCA785 (SIEMENS)", Saber Eletrônica, nº 281 pp. 69 a 74, 1996.
- [9] MALVINO, A. P. ,Eletrônica/Albert Paul Malvino, tradução Aracy Mendes da Costa; 1ª ed. Rodrigo Araês Caldas Farias - São Paulo : Mc Graw-Hill,1987
- [10] WAGNER, V. E.; ANDESHAK, A. A.; and STANIAK, J. J. P. "Power Quality and Factory Automation". IEEE Transactions on Industry Applications, volume 26, nº 4, July/Aug,1990.