



# VI SBQEE

21 a 24 de agosto de 2005  
Belém – Pará – Brasil



Código: BEL 01 7848  
Tópico: Análise, Diagnóstico e Soluções

## ESTUDO DE CASO E PROJETO DE UM DISPOSITIVO RIDETHROUGH

CLAUDIO A. CONCEIÇÃO

PETROBRAS

EDMUNDO GONÇALVES DE JESUS

PETROBRÁS

### RESUMO

Em função do grande número de afundamentos de tensão em uma das refinarias do sistema PETROBRAS, provocados principalmente por ocorrências no sistema elétrico da concessionária local e algumas vezes também por distúrbios internos nos circuitos de distribuição, foi realizado um trabalho na área de qualidade de energia a fim de mitigar efeitos destas ocorrências. Foi desenvolvido um dispositivo para diminuir a sensibilidade dos contadores frente a um afundamento momentâneo tensão.

### PALAVRAS-CHAVE

Afundamentos momentâneos de Tensão, Gerador de Afundamento, dispositivo RideThrough, Refinaria de Petróleo.

### 1.0 INTRODUÇÃO

Em refinarias, as unidades de processamento de petróleo operam continuamente, e tem seu suprimento de utilidades, especificamente energia elétrica, normalmente fornecida por uma Central Termelétrica própria. Afundamentos momentâneos de tensão [1], [2], [3] provocado por curto-circuito, em seus circuitos de distribuição (13,8 kV) para as diversas unidades da planta, ou ocorridos no sistema elétrico da concessionária local, podem levar a parada de unidades ou até mesmo ao colapso total da refinaria devido ao desligamento de equipamentos elétricos importantes para a

continuidade operacional e sensíveis a essas anormalidades.

Essas paradas acabam acarretando grandes problemas operacionais e gerando elevadas perdas financeiras.

Este trabalho foi realizado com objetivo de identificar os equipamentos ou sistemas sensíveis ao afundamento de tensão, bem como desenvolver uma solução que fosse capaz de minimizar essa sensibilidade.

A solução mantém os equipamentos em operação em caso de um afundamento momentâneo de tensão, durante um intervalo de tempo suficiente para suportar estes fenômenos e desta forma manter a continuidade operacional.

### 2.0 GERAÇÃO INTERNA

No objeto deste trabalho, o fornecimento de energia elétrica é feito por um sistema de cogeração composto por dois motos-geradores e um pequeno sistema de recuperação de calor. Estes motores operam com óleo combustível e geram energia elétrica em 13,8kV. A parte elétrica da cogeração é composta por uma barra de geração e distribuição de cargas, de onde partem vários alimentadores independentes para cada uma das unidades de processo, além de um alimentador que interliga com uma segunda barra de distribuição de cargas, a qual esta conectada a concessionária local através de uma subestação transformadora de entrada, como mostrado na Figura 1.

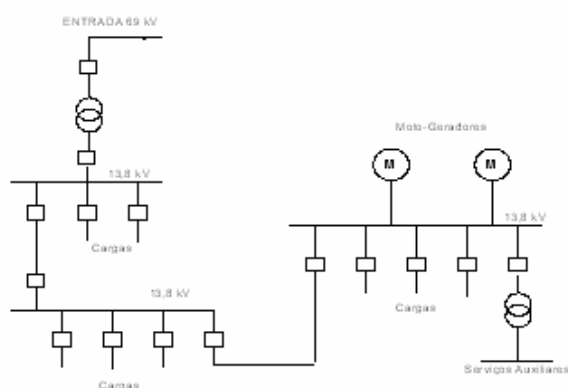


Figura 1 – Sistema elétrico de 13,8kV

Este sistema tem capacidade de atender a demanda atual da refinaria. Entretanto, por filosofia e estratégia, o sistema opera interligado com a concessionária de forma a ter um sistema de backup para situações de emergência em caso de perda de uma das máquinas ou até mesmo para atender o plano de manutenção programada destes equipamentos.

### 3.0 HISTÓRICO

O histórico de ocorrências no sistema elétrico da concessionária que contribuí para um afundamento momentâneo de tensão interno a refinaria é da ordem de seis(6) ocorrências por ano. Após a instalação dos dispositivos RideThrough no início de dezembro de 2004 até a data de 24/06/2005 houve três (3) ocorrências de afundamento momentâneo de tensão, sem que o mesmo afeta-se o processo produtivo interno.

Abaixo é mostrada (Figura 2 e 3) uma oscilografia de uma ocorrência de um afundamento momentâneo de tensão devido a uma descarga atmosférica no sistema de distribuição interno a refinaria, que provocou uma sobretensão nos circuitos de distribuição de 13,8 kV. Este evento ocasionou um curto-circuito em uma chave a óleo acarretando afundamento de tensão em diversos alimentadores, e como consequência, desligamento de contadores e conversores de frequência, parando a produção de várias unidades do processo. (Figura 2 e 3).

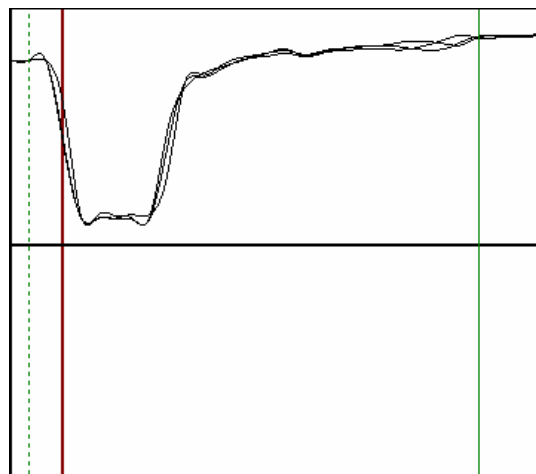


Figura 2 – Afundamento ocorrido devido a um curto-circuito trifásico.

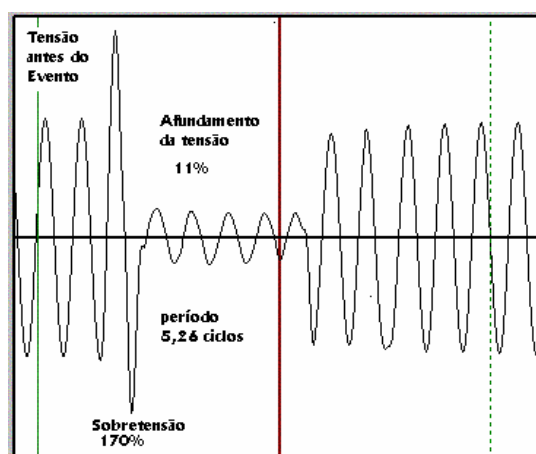


Figura 3 – Afundamento ocorrido devido a um curto-circuito trifásico.

As formas de onda observadas nas (Figuras 2 e 3), foram registradas a partir do evento no rele localizado no barramento de distribuição de 13,8kV. O rele responsável pela medição é de fabricação GE MULTILIN modelo 750PC. Neste evento foi observado um afundamento de 89% com duração de 5,26 ciclos.

A refinaria em estudo está localizada na região norte. Esta região possui um alto índice cerâmico, com isto tanto a concessionária quanto a geração interna, estão sujeitas a constantes afundamentos durante o ano, devido a curtos-circuitos gerados a partir de descargas atmosféricas.

### 3.1 Retorno financeiro

Na ocorrência de um distúrbio que provoque a parada integral ou parcial da Refinaria em questão, geram perdas consideráveis já que cada processo interno tem um tempo de retorno à

produção a plena carga que variam de 8 a 72 horas. A perda financeira por cessação de produção por unidade de processo é da ordem de U\$ 2.500/hora (para uma unidade de processo de uma Refinaria de pequeno porte).

O custo do dispositivo RideThrough é de R\$ 200,00 a unidade, sendo que foram instalados 5 dispositivos na planta industrial. A escolha das cargas que seriam instalados os dispositivos foi realizada após um estudo de cargas críticas para garantia da continuidade operacional.

Considerando o custo total do investimento de R\$ 1.000,00, e analisando as 3 ocorrências potenciais que poderiam levar a parada das unidades de processo no período de 01/12/2004 à 24/06/2005 (período de análise após instalação do dispositivo RideThrough), podemos estimar um ganho médio no período de U\$ 180.000,00 para um retorno de produção a plena carga em 8h.

### 3.2 Estudos das causas

Após diagnosticar a principal causa geradora das falhas e paradas, descargas atmosféricas, procurou-se trabalhar em duas vertentes distintas, porém complementares para a solução da principal fonte geradora do problema. A primeira trabalhou o aspecto da compatibilidade eletromagnética, tornando o sistema mais robusto frente a descargas atmosféricas. A segunda, que é o tema deste trabalho, identificou os equipamentos ou sistemas sensíveis aos afundamentos de tensão, e também no desenvolvimento de uma solução que fosse capaz de minimizar essa sensibilidade. A solução proposta mantém os equipamentos identificados em operação em caso de ocorrência de um afundamento de tensão, durante um intervalo de tempo suficiente para suportar estes fenômenos e desta forma manter a continuidade operacional.

### 4.0 GERADOR DE AFUNDAMENTO DE TENSÃO

Uma indústria petroquímica, possui um grande parque industrial constituído principalmente por bombas acionadas a motores elétricos. O demarrador destes motores é constituído principalmente pelos elementos de proteção e acionamento. O contator é o elemento principal em um demarrador e o mais sensível ao afundamento momentâneo de tensão.

Após identificar os equipamentos (motores) de grande importância para a continuidade operacional, há a necessidade de verificar o

quanto os contatores dos mesmos, são sensíveis a um afundamento de tensão. Com isto deve-se levantar a sua curva de sensibilidade. Para o levantamento das curvas de sensibilidade frente ao afundamento momentâneo de tensão, foi utilizado um gerador de afundamento de tensão projetado e construído por um dos autores.

O gerador de afundamento de tensão foi projetado para gerar afundamentos definidos de 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60% e 100% da tensão nominal com duração de ciclos que variam de 0,5 a 5000 ciclos.

O gerador trabalha chaveando os tap's de um transformador construído especialmente para esta finalidade. Tanto os taps como a seleção do tempo de afundamento a ser aplicado, é selecionado digitalmente no gerador de afundamento.

No levantamento da curva de sensibilidade foi utilizado em conjunto com o gerador de afundamento, um osciloscópio para conferir com maior exatidão os tempos de afundamentos gerados pelo equipamento.

Abaixo é mostrado o gerador e uma forma de onda produzida pelo mesmo (Figuras 4 e 5).



Figura 4 – Gerador de Afundamento

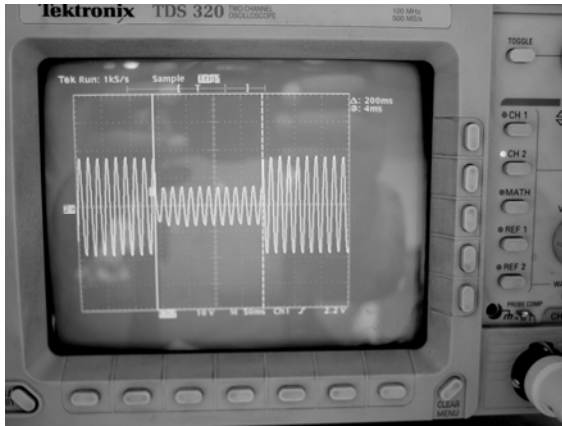


Figura 5 – Forma de onda gerada pelo Gerador

#### 4.1 Curva de Sensibilidade

Ao se levantar a curva de sensibilidade ao afundamento de tensão de um grupo de contadores de fabricantes diferentes, pode-se observar uma grande variação quanto à sensibilidade dos mesmos em relação ao afundamento momentâneo de tensão. Alguns contadores se mostraram bastante robustos, não sendo necessária nenhuma providência para melhoria de sua sensibilidade. Esta verificação por si só, possibilita a melhoria da sensibilidade de um sistema industrial. Porém o custo de material e mão de obra para a troca de componentes de um demarrador é muito alto quando isto envolve escalas industriais. Abaixo é apresentado as curvas de sensibilidade de três fabricantes distintos (Figuras 6, 7 e 8).

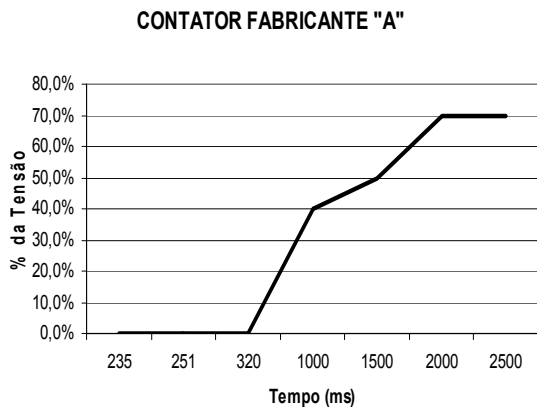


Figura 6 – Curva de Sensibilidade Fabricante "A"

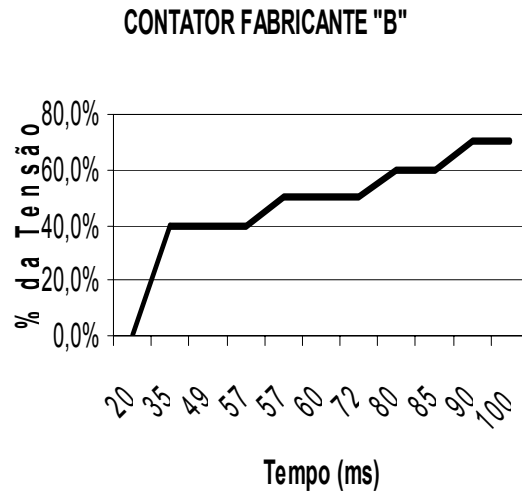


Figura 7 – Curva de Sensibilidade Fabricante "B"

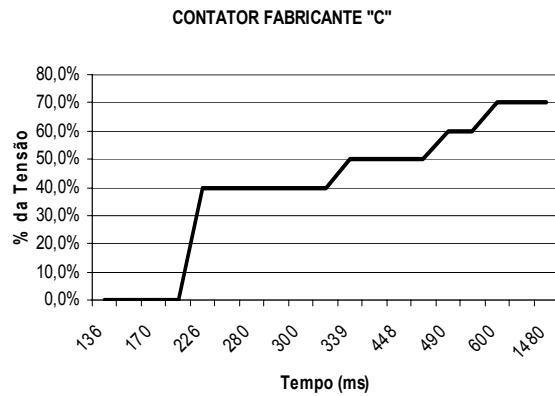


Figura 8 – Curva de Sensibilidade Fabricante "C"

O estudo de sensibilidade ao afundamento de tensão em uma planta industrial, não é tão trivial como se parece. O levantamento das curvas de sensibilidade acima, são realizadas conferindo um determinado ponto várias vezes.

Em um sistema industrial, onde há possibilidade de se ter uma variação considerada de fabricantes, este processo é extremamente demorado. A importância deste procedimento consiste em se aplicar recursos a onde realmente se faz necessário.

#### 5.0 DISPOSITIVO RIDETHROUGH

Para diminuir a sensibilidade dos contadores a um afundamento de tensão, foi criado um dispositivo que, ao ser ligado em série com o contador, altera significativamente sua curva de resposta frente ao afundamento momentâneo de

tensão. O gráfico abaixo (Figura 9) mostra a resposta do CONTATOR FABRICANTE “B”, com o dispositivo Ridethrough.

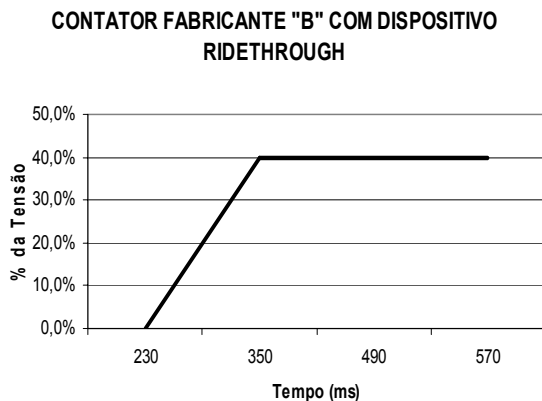


Figura 9 – Curva de Sensibilidade com Dispositivo Ridethrough

O Projeto do dispositivo está baseado em se alimentar um contator CA a partir de uma alimentação CC [4]. Para isto é necessário verificar qual o nível de tensão CC que produzirá a dissipação térmica equivalente quando o mesmo estiver ligado a uma fonte CA.

A partir do circuito equivalente da bobina do contator, onde será determinada a queda de tensão no elemento resistivo, pode-se determinar qual a tensão equivalente CC correspondente à queda de tensão CA no elemento resistivo. A importância desta determinação, está no fato de se ter uma dissipação térmica CC correspondente quando este estiver sendo alimentado em CA.

O modelo abaixo (Figura 10) é um modelo real do contator Fabricante “B” (Potencia de 30HP em 440V), ao qual foi instalado o dispositivo RideThrough. Para este contator, o nível de tensão CC de alimentação é de 5Vcc.



Figura 10 – Modelo Equivalente Real da Bobina do Contator Fabricante “B”

A tensão equivalente CC para manter o contator atracado garantindo uma dissipação de

potência proporcional quando o mesmo estiver operando em CA, é obtida multiplicando a corrente AC pela resistência medida nos terminais da bobina.

O circuito é projetado para atender a uma faixa larga de potência. O ajuste da tensão CC de forma inadequada acarretará uma dissipação excessiva de potência na bobina ou em um aumento da sensibilidade do contator a um afundamento de tensão.

A tensão CC para manter o contator atracado, não é suficiente para acionar o mesmo. O dispositivo possui um circuito de disparo que garante o atracamento no comando de partida.

A capacitância interna do circuito não influencia no tempo de desligamento da carga originado por um comando direto. Haverá contribuição das mesmas, somente frente a um afundamento de tensão.

O circuito é de fácil instalação, e a modificação que o mesmo necessita para ser inserido no circuito de comando do contator é mínima. Caso haja necessidade de retorno às condições originais do comando, o mesmo é realizado em poucos minutos. O dispositivo é montado em superfície para ser instalado em trilho. Abaixo (Figura 11) é mostrado o esquema de ligação do dispositivo .

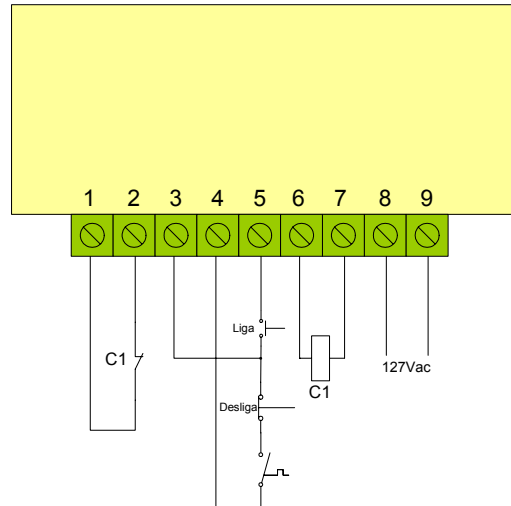


Figura 11 – Esquema de Ligação da Placa

Abaixo (Figura 12) é mostrada a foto da placa de circuito impresso do dispositivo. A dimensão da mesma é de 6,5cm X 9cm. Para garantir uma maior confiabilidade no projeto do dispositivo, o mesmo foi realizado dimensionando a curva térmica dos componentes eletrônicos (Temperatura de Trabalho) bem abaixo de sua tolerância máxima. O sobredimensionamento dos

dispositivos eletrônicos em baixa potencia, não representa um custo final significativo.

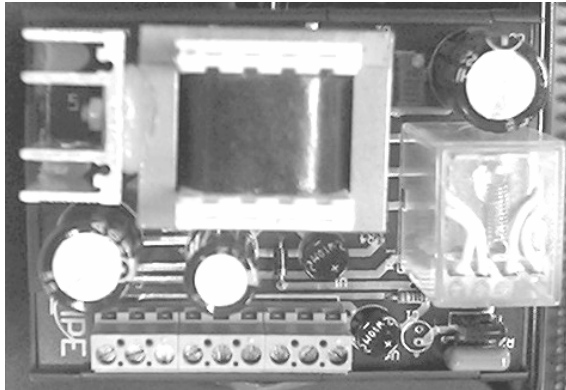


Figura 12 – Foto do Dispositivo Ridethrough

## 6.0 CONCLUSÃO

O estudo dos fenômenos da qualidade da energia ganha importância fundamental no cenário nacional. Neste artigo é apresentado o desenvolvimento de um trabalho sendo comprovada na prática, a eficiência da solução aplicada. Após a instalação do dispositivo, foram registradas uma série de afundamentos de

tensão, porém sem a consequência dos desligamentos indevidos. Com isto obteve-se estabilidade operacional, redução de perdas e retorno financeiro.

## 7.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] IEEE Std 1159-1995, *IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality*.
- [2] L.A.F.Valle, D.A.R.Lopes, E.G.Jesus, "Afundamento Momentâneo de Tensão: Minimização das Paradas das Unidades de Refino de Petróleo" V SBQEE Seminário Brasileiro sobre Qualidade da Energia Elétrica, Aracaju, Sergipe, Brasil, 2003.
- [3] L.A.F.Valle, D.A.R.Lopes, E.G.Jesus, "Maintaining the Continuity of Process Operation After Voltage Sag or Power Interruption" IEEE Petroleum and Chemical Industry Committee, September, São Francisco, USA, 2004.
- [4] K.Arthur, Cavaroc.J, Ledford.J, Vassalli.L, "Voltage Regulator for Contactor Ridethrough" IEEE Transactions on industry applications vol. 36 NO. 02 march/april 2000.