

# VANTAGENS ADICIONAIS PARA A EQUIPE DE MANUTENÇÃO COM A UTILIZAÇÃO DE RELÉS MICROPROCESSADOS

Copyright IEEE  
Trabalho nº. PCIC BR 2008 - 26

Eduardo Zanirato  
SEL - Schweitzer Engineering Laboratories, Comercial Ltda.  
R. Ana Maria de Souza, 61 – Campinas-SP  
[eduardo\\_zanirato@selinc.com](mailto:eduardo_zanirato@selinc.com)

*Resumo* – A instalação de relés microprocessados em refinarias da Petrobras tornou-se uma prática comum nos últimos anos. A diminuição dos custos destes equipamentos, alto grau de confiabilidade e a possibilidade de comunicação em redes corporativas são fatores almejados pelos responsáveis dos setores de manutenção e operação das unidades petroquímicas.

Este artigo técnico foca a apresentação de alguns recursos ainda pouco utilizados pelas equipes de manutenção das refinarias com o intuito de aperfeiçoar os trabalhos rotineiros e reduzir custos de manutenção. Algumas funções como monitoramento do desgaste de disjuntores, tensão de alimentação contínua da subestação, supervisões das bobinas de abertura do disjuntor podem ser facilmente habilitadas nos relés digitais.

A vida útil dos motores das refinarias pode ser monitorada em diversos aspectos, simplesmente aquisitando relatórios estatísticos disponíveis nos relés típicos para motores. Tempos de motor em operação e motor parado, tempo de última partida e tempo médio de últimas partidas, correntes de partidas, quedas de tensão são dados que analisados em campo ou remotamente podem decretar a hora adequada para a intervenção nos motores da planta.

Seqüenciais de eventos, oscilografias com formato filtrado e/ou bruto, em formas de ondas senoidais ou forma fasorial são ferramentas que devem ser usadas com o intuito de reduzir o tempo de indisponibilidade dos equipamentos após uma ocorrência de trip.

*Palavras chave* – Relés microprocessados, lógicas, manutenção.

## I. INTRODUÇÃO

Os avanços da tecnologia digital produzindo computadores economicamente viáveis e cada vez mais rápidos, confiáveis e menores fisicamente tornaram possível sua aplicação nos relés de proteção que passaram a agregar não apenas funções de sobrecorrente, sobretensão, etc, porém começaram a atuar para medição, supervisão e controle dos equipamentos do sistema.

A flexibilidade disponível nos relés microprocessados, agora denominados IEDs, Intelligent Equipment Devices, tornou-os semelhantes aos CLPs utilizados para automações de processos industriais, com a vantagem de agregarem em um mesmo hardware funções de proteção, controle e monitoramento do sistema.

A possibilidade de esquemas lógicos de proteção e

controle mais complexos poderem ser implantados dentro dos relés de proteção, proporciona otimização dos projetos e a redução de custos.

Um grande impacto que se percebe com essa nova tecnologia é que as equipes de manutenção estão sofrendo uma reciclagem em suas linhas de atuação, obrigatoriamente capacitando-se em utilizar estes novos equipamentos como ferramentas de apoio em suas atividades rotineiras.

Como a maioria das rotinas e lógicas pode ser feita internamente aos relés, evitando o uso de relés auxiliares, temporizadores, sinaleiros, etc, e tornando desnecessárias modificações de fiações em painéis de comando e proteção já comissionados e operando, os responsáveis das empresas por receberem os projetos previamente concebidos podem ativar algumas lógicas que dificilmente os projetistas mais conservadores fariam.

Lógicas como o monitoramento do desgaste dos disjuntores, supervisão das bobinas de disjuntores, monitoramento da alimentação Vdc do sistema auxiliar, etc poderão alterar completamente a indisponibilidade dos sistemas elétricos dentro de uma indústria, contribuindo assim para a lucratividade do processo inserido em um mundo ferozmente competitivo e globalizado.

## II. ALGORÍTMO PARA MONITORAÇÃO DAS BOBINAS DE ABERTURA E FECHAMENTO DO DISJUNTOR

O objetivo deste esquema é proporcionar o monitoramento da "saúde" das bobinas de abertura e fechamento do disjuntor. Este tipo de supervisão faz-se necessário quando queremos ter garantia de que no acionamento dos comandos de abertura e fechamento do disjuntor este efetivamente irá se proceder. Sabemos que a recusa de abertura de um disjuntor pode trazer sérios prejuízos tanto social quanto material.

Os relés digitais nos permitem a utilização de entradas físicas as quais estarão energizadas ou não dependendo da posição física em que se encontra o disjuntor.

As associações destas entradas, utilizando equações lógicas disponíveis nos relés digitais, nos permitem monitorar em tempo integral e com total segurança o estado das bobinas do disjuntor.

### A. Diagrama Funcional

A Fig.1 mostra um diagrama funcional típico para a aplicação da lógica.

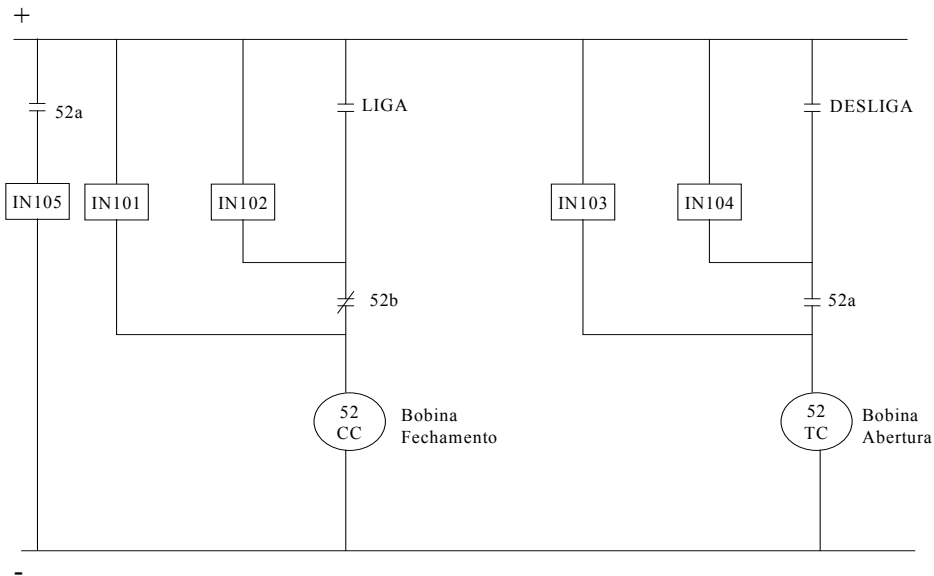
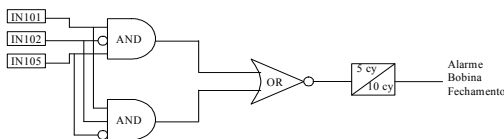


Fig. 1. Diagrama funcional com esquema supervisão bobinas

### B. Diagrama de Blocos



$$\text{ALARME} = \overline{[(\text{IN101} * \overline{\text{IN102}} * \text{IN105}) + (\text{IN101} * \text{IN102} * \overline{\text{IN105}})]}$$

Fig. 2. Lógica de Monitoração da Bobina Fechamento do Disjuntor

Um diagrama de Blocos semelhante deve ser montado de maneira análoga para a bobina de abertura.

### C. Equações Lógicas

A fim de obter-se o diagnóstico do estado da bobina de fechamento, uma análise da equação apresentada na Fig. 2 deve ser realizada em duas situações distintas:

#### C.1. com o disjuntor na posição aberto

	entradas			
	IN101	IN102	IN105	
condição normal	1	1	0	sem alarme
bobina aberta	0	0	0	com alarme
contato 52b emperrado	1	0	0	com alarme

Fig. 3. Tabela resumo das condições da bobina fechamento considerando o disjuntor aberto

#### C.2. com o disjuntor na posição fechado

	entradas			
	IN101	IN102	IN105	
condição normal	1	0	1	sem alarme
bobina aberta	0	0	1	com alarme
contato 52b emperrado	1	1	1	com alarme

Fig. 4. Tabela resumo das condições da bobina fechamento considerando o disjuntor fechado

Uma análise de equações lógicas semelhante deve ser executada para a bobina de abertura.

### III. MONITORAMENTO DO SISTEMA DE CORRENTE CONTÍNUA DA SUBESTAÇÃO

Uma característica interessante disponível em alguns IEDs atuais é a possibilidade de monitorar as tensões das baterias das subestações com as próprias entradas de alimentação auxiliar, sem necessidade de fiação ou equipamentos adicionais. Afinal, com a utilização cada vez mais constante de sistemas de comando utilizando-se das entradas digitais que os relés oferecem, a atuação indesejada destas devido a uma sub ou sobretensão do sistema CC da subestação poderão provocar uma atuação indevida de um disjuntor qualquer, interrompendo o fornecimento de energia em partes do sistema elétrica sem a real necessidade para isto.

Os IEDs irão medir e reportar a tensão das baterias da subestação conectadas aos seus terminais de alimentação. Alguns IEDs possuem dois comparadores de limite programáveis e uma lógica associada para as funções de alarme e controle. Por exemplo, se falhar o carregador das baterias, a tensão dc medida cai abaixo do limite programável. O IED pode gerar um alarme informando o pessoal de operações/ manutenção antes que a tensão das baterias da subestação caia para níveis inaceitáveis. Também é possível enviar esta informação ao Sistema Supervisório para gerar mensagens, efetuar chamadas telefônicas ou outras ações.

A tensão dc medida é uma das informações contida nos relatórios de eventos e oscilografias. Através desta coluna, será possível verificar o quanto a tensão das baterias da subestação cai durante a abertura, fechamento e outras operações de controle.

```

=> NET BAT <Enter>
Relay 1                               Date: 03/22/2004 Time: 09:37:10.035
Station A                               Serial Number: XXXXXXXXXXXX

Station Battery                         VDC      VDCPO    VDCNE    VAC
VDC1 (V)                               24.17    11.98    -12.19   0.01
VDC2 (V)                               47.68    23.80    -23.88   0.02

VDC1(V)  Date      Time      VDC2(V)  Date      Time
Minimum  20.12  03/15/2001  14:28:59.172  41.64  03/22/2001  08:46:25.726
Enter L-Zone  03/15/2001  14:28:51.490  03/18/2001  18:46:23.868
Exit L-Zone   03/15/2001  14:29:05.035  03/18/2001  18:47:55.441

Maximum  27.19  03/19/2001  08:34:49.761  50.84  03/22/2001  08:34:55.490
Enter H-Zone  03/19/2001  08:34:27.172  03/22/2001  08:34:27.172
Exit H-Zone   03/19/2001  08:37:01.041  03/22/2001  08:35:00.912

LAST DC RESET: 03/15/2001 12:30:30.492
=>

```

Fig. 5. Exemplo de Relatório de Monitoramento de Tensão Vdc

Complementando o monitoramento dos níveis de tensão Vdc, os IEDs atuais também possuem algoritmos prontos para detecção de falha a terra e ripple no sistema DC que são outros possíveis causadores de atuações indevidas dos elementos dos sistemas de comando ou perdas de comunicação com os sistemas supervisórios.

#### IV. MONITORAMENTO DE DISJUNTORES

Outro ponto importante e ainda pouco aplicado nas indústrias que utilizam relés microprocessados é a possibilidade de redução dos custos de manutenção dos disjuntores a serem monitorados pelos mesmos.

Atualmente, as equipes de manutenção ainda executam serviços de manutenção preventiva em disjuntores de 13,8 kV, baseadas apenas em número de operações e/ou periodicidade entre as intervenções. Assim, não levam em consideração a corrente interrompida pelo disjuntor em cada abertura, fator este que provoca o desgaste do equipamento.

Uma programação inteligente da manutenção do disjuntor leva em consideração os dados publicados pelo fabricante referentes ao desgaste dos contatos versus níveis de interrupção e número de operações. Usando a curva de manutenção do fabricante do disjuntor como dado de entrada, a função de monitoração do disjuntor de alguns IEDs atuais compara esse dado de entrada com a corrente ac medida (não filtrada) no instante do trip e com o número de operações de abertura. Cada vez que ocorre trip do disjuntor, a informação da corrente medida é integrada. Quando o resultado dessa integração exceder o limite da curva de desgaste do disjuntor (ver Fig. 6), o relé gera um alarme via contato de saída, porta serial ou display do painel frontal. Esse tipo de informação permite que a manutenção do disjuntor seja programada de forma oportuna e econômica.

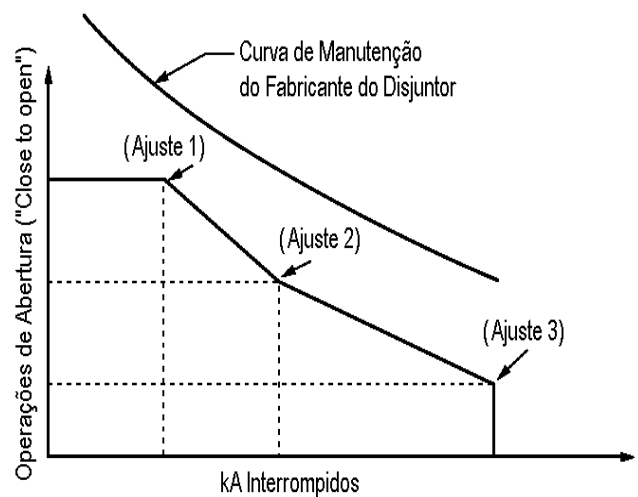


Fig. 6. Curva típica de Manutenção para disjuntor

O monitoramento de disjuntores pode ser completo se a equipe de manutenção levar em consideração as seguintes funcionalidades também presentes em alguns IEDs comercializados atualmente:

- Monitoramento de discrepância de pólos: abertura de fases de um sistema trifásico de potência em tempos distintos por motivos relacionados a manobras do disjuntor pode causar desbalanços consideráveis no sistema geral envolvido;
- Tempos de operação elétrico e mecânico do disjuntor: um aumento deste tempo pode significar o momento de manutenção no sistema de acionamento deste equipamento;
- Tempo de inatividade: uma variável lógica pode ser programada para alarmar sempre que determinado disjuntor não operar por um período de tempo pré-estabelecido.

#### V. FUNÇÃO AVANÇO DE CARGA (LOAD ENCROACHMENT)

A distribuição da energia elétrica dentro de uma refinaria possui diversos níveis e sub-níveis e diferentes tensões de distribuição dentro da mesma planta: 138, 69, 13,8, 4,16, 2,4, 0,48 kV. Apesar de necessárias, esta segmentação torna o trabalho de coordenação das proteções de sobrecorrente do sistema cada vez mais complicado, pois os tempos de coordenação devem ser os menores possíveis e os valores de pick-up de cargas em alguns blocos nem sempre diferem substancialmente dos valores de curto-circuito no mesmo ponto da aplicação.

Após a abertura de um circuito por trip de sobrecorrente, as normas usuais de equipes de manutenção e operação solicitam que uma inspeção minuciosa seja executada antes do religamento do circuito, causando paradas de processos prolongadas e muitas vezes desnecessárias.

Alguns IEDs aplicados na indústria petroquímica possuem uma lógica que evita a atuação indevida dos elementos de sobrecorrente de fase durante condições de carga pesada em alimentadores com ajustes de sobrecorrente baixos, devido a valores baixos de curto-circuito. Essa lógica permite o elemento de sobrecorrente de fase seja ajustado abaixo dos valores de pico da corrente de carga, possibilitando que faltas entre fases na extremidade da linha sejam detectadas em aplicações de alimentadores com carga pesada. A

medição da impedância de seqüência positiva é utilizada para que sejam diferenciadas condições de carga e de falta.

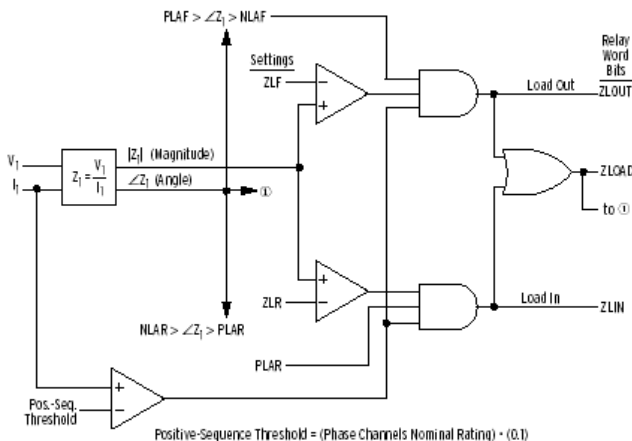


Fig. 7. Diagrama de Blocos da lógica Load Encroachment

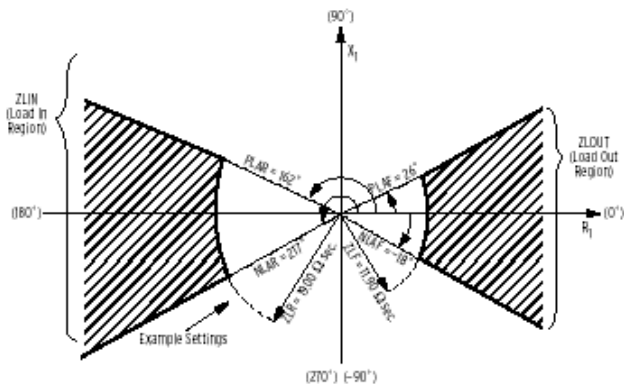


Fig. 8. Figura representativa dos ajustes da função Load Encroachment

## VI. LOCALIZAÇÃO DE FALTAS EM ALIMENTADORES

Essa função contribui para o envio eficaz das equipes de manutenção de linha, bem como para um rápido restabelecimento do serviço. Os IEDs das linhas fornecem a localização da falta, mesmo durante períodos de fluxo de carga substancial.

O localizador de faltas utiliza o tipo da falta, os ajustes da impedância réplica da linha e as condições da falta para efetuar uma estimativa da localização do defeito sem utilizar canais de comunicação, transformadores de instrumentos especiais ou informações de pré-falta.

Em redes de distribuição a localização de falta pode ser utilizada mesmo para alimentadores que possuam variedade de condutores, bastando que seja feito um estudo para definição das impedâncias de cada trecho associadas com as indicações de localização de falta.

Um localizador de defeitos tem maiores condições de oferecer uma boa precisão quando aplicado a circuitos radiais, com o relé localizado no terminal da fonte.

Para circuitos não radiais, com ou sem "infeed", com ou sem influência de circuito paralelo, cuidados devem ser tomados tanto no ajuste do localizador como na interpretação do resultado de localização. Os recursos do algoritmo de localização, que depende do fabricante, devem ser considerados.

## VII. MONITORAMENTO DE CORRENTES DE FALTAS PASSANTES EM TRANSFORMADORES - FALTAS EXTERNAS TAMBÉM PROVOCAM DESGASTES NOS TRANSFORMADORES DE FORÇA

A localização física dos transformadores de força nos sistemas de potência, torna-os caminho obrigatório para a passagem de correntes de faltas na rede de distribuição em geral. Estas sobrecorrentes momentâneas no transformador, causadas pelas correntes de curto-circuitos externas, provocam o envelhecimento prematuro do equipamento, por causa do stress mecânico e do aquecimento adicional gerado pela corrente de falta passante.

O monitoramento destas correntes, em valor e freqüência de ocorrência, auxilia as equipes de manutenção de equipamentos a determinar o momento correto para intervenção no transformador.

Alguns IEDs possuem a capacidade de monitorar as correntes passantes no transformador devido às faltas externas. Desta maneira, é possível estimar o desgaste acumulado no transformador durante um período do tempo e informar a necessidade de uma eventual manutenção preventiva.

## VIII. AUTODIAGNOSE DE FALHAS INTERNAS

Uma das principais vantagens da proteção digital de tecnologia numérica sobre a proteção convencional (eletromecânica ou estática) é a possibilidade de incorporação de recursos de auto diagnose para falhas internas à proteção e monitoramento contínuo da sua operação, com uma abrangência muito maior que aqueles sistemas que eram aplicados em relés estáticos.

Quanto maior o recurso de auto diagnose e auto monitoramento, menor é a necessidade de manutenção periódica programada na proteção. Em geral, para as modernas proteções digitais, os tipos de manutenção que se aplicam são a preditiva e a corretiva. O ganho econômico com a eliminação da manutenção programada periódica é substancial.

Os recursos de auto diagnose, auto monitoração e até de auto teste dependem do tipo de proteção e até da filosofia do fabricante. Em geral, tais recursos estão em constante evolução e aperfeiçoamento.

## IX. ANALISES DE DISTURBIOS ELÉTRICOS ATRAVÉS DE OSCIOGRAFIAS E SEQUENCIAS DE EVENTOS

A atuação de relés de proteção dentro das áreas indústrias é sempre um momento de grande apreensão para a equipe de manutenção. A necessidade de restaurar o circuito isolado o mais rápido possível de maneira segura e livre de quaisquer defeitos faz com que a rapidez e correta interpretação dos dados seja o diferencial necessário para uma boa equipe de manutenção.

Os relés de proteção tornaram-se uma importante ferramenta neste momento, uma vez que conseguem registrar e disponibilizar os principais pontos críticos do circuito no momento da falta. Alguns destes pontos em destaque são:

- partida da proteção (detecção da condição anormal para a qual a proteção é aplicada);
- Atuação (disparo da proteção, com acionamento previsto em projeto, como o desligamento de disjuntor);

- Grandezas elétricas medidas pela proteção para partida e disparo;
- Sinal de comando no dispositivo comandado (por exemplo, sinal na bobina de abertura de um disjuntor, para comprovar se recebeu o sinal de disparo emitido pela proteção);
- Atuação do dispositivo comandado (por exemplo, contato de abertura do disjuntor, para comprovar a efetiva abertura do disjuntor).

Existem diversas maneiras de analisar as informações que o IEDs armazenam no momento de um distúrbio da rede. A primeira maneira é através de um relatório de eventos, onde os dados são organizados por base de tempo, ou seja, à medida que ocorrem no sistema real, ficam armazenados na memória não volátil do relé de proteção. Um exemplo deste relatório pode ser visto na Fig.9 :

5	01/27/2002	19:16:24.133	STARTING	Asserted
4	01/27/2002	19:16:37.088	49A	Asserted
3	01/27/2002	19:16:37.088	OUT1	Asserted
2	01/27/2002	19:16:39.084	49T	Asserted
1	01/27/2002	19:16:39.084	TRIP	Asserted

Fig. 9. Exemplo de Sequencial de Eventos

Para o caso de relés de motores, por exemplo, existem relatórios estatísticos que podem indicar a provável hora de manutenção destes componentes, uma vez que armazenam diversos indicadores que podem associar-se ao desgaste da máquina:

```

=>MOTOR
MOTOR RELAY
Operating History, elapsed time in ddd:hh:mm Since:
09/24/1999 14:06:34
Running time: > 0:00:36
Stopped time: 0:09:58
Time running: 5.8%
Total MWhr: 2.5
Number of starts: 3

```

	Average	Peak
Starting time:	5.2	5.5
Starting current (A):	2900	3100
Min starting voltage (V):	9360	9400
Starting % thermal capacity:	75	78
Running % thermal capacity:	46.3	48.9
Running current (A):	402.0	403.0
Running kW:	4029.1	7097.1
Running kVARin:	0	0
Running kVARout:	3534.1	8191.1
Running kVA:	8185.6	8192.5

Fig. 10 – Relatório estatístico de acompanhamento de motor

Um segundo relatório que auxilia a equipe de manutenção para prevenção de problemas em motores é o relatório de tendência de partidas do equipamento. Ao

longo dos períodos analisados e armazenados pode se observar que o aumento das correntes de partida ou mesmo do tempo de partida pode significar uma falta de lubrificação dos mancais do equipamento ou alterações nas características da carga que pode estar sobre dimensionada ao ponto de provocar maiores danos no motor que possui o seu ajuste de proteção térmico mal calculado.

Date: 07/21/1999 Time: 17:12:57.882  
MOTOR START TEST

Record Number	Began on Date	Number of Starts	Arcual Time (s)	Starting % Thermal Capacity	Maximum Current (A pri)	Minimum Voltage (VL-L pri)
1	07/20/1999	25	9.8	344	3002	10011
2	---	----	-----	---	----	----
15	---	----	-----	---	----	----
16	---	----	-----	---	----	----
17	---	----	-----	---	----	----
18	---	----	-----	---	----	----

Fig. 11. Relatório de Tendência de Partida em Motores

Um ponto positivo em relação a análise de oscilografias pela equipe de manutenção é a possibilidade de checar se o trabalho de manutenção executada foi bem sucedido ou apresentou desvios significativos que impactam na instalação. Um exemplo comum de análise de dados durante retorno de equipamentos ao sistema após uma parada para manutenção é o caso de transformadores que possuem relés de proteção diferencial. Como deve ser do conhecimento de todos, os relés diferenciais dependem das conexões dos transformadores de correntes de ambos os lados do transformador para diferenciar adequadamente a existência de faltas na região do trafo. Caso uma conexão apenas de TC possua polaridade invertida, a proteção diferencial poderá atuar indevidamente assim que o transformador comece a assumir carga e ultrapasse o valor de ajuste inicial.

Se a equipe de manutenção não observar através de uma oscilografia (por exemplo) que existem conexões invertidas, esta atuação de proteção poderá paralisar uma reenergização do processo durante sua etapa mais crítica de pós-falta. Os relés diferenciais possuem relatórios gráficos fáceis de analisar possíveis inversões. Um exemplo, é o relatório com diagrama fasorial das correntes de todas as fases conectadas ao relé.

Dentro do grupo de equipamentos do sistema elétrico que pode aproveitar-se das ferramentas e relatórios disponíveis com o uso de relés microprocessados não podemos deixar de mencionar os geradores elétricos.

Estes equipamentos normalmente são projetados para trabalhar uma alta quantidade de horas dentro da frequência industrial (60 Hz no Brasil). Caso a frequência do sistema oscile fora do valor nominal teremos uma redução significativa na perspectiva para manutenção preventiva deste equipamento.

Existem relés microprocessados para proteção de geradores que fornece um relatório estatístico incluindo a informação de quantas horas acumuladas o gerador trabalha fora de frequência industrial, facilitando a equipe de manutenção a antecipar uma nova intervenção neste equipamento.

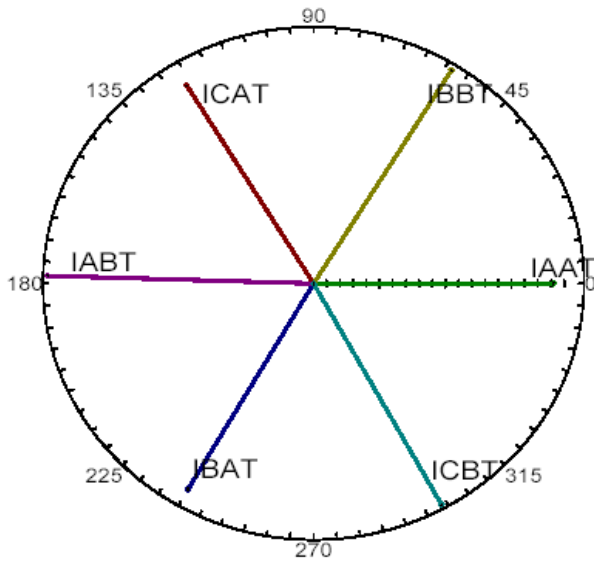


Fig. 12. Diagrama fasorial de correntes para um relé de proteção diferencial de transformador

Operating History, elapsed time in dd:hh:mm:ss		Since: 09/21/02 09:28		
Running hours:	122:03:32:48			
Stopped hours:	> 2:11:22:15			
Full load hours:	60:19:07:31			
Time running:	99.8%			
Accumulated I <sup>2</sup> t (A <sup>2</sup> s):	100.2			
Average power		Since: 09/21/02 09:28		
MW out:	14.54			
MVAR out:	0.98			
MVAR in:	0.60			
Power factor:	0.98 LAG			
Operating Freq (Hz), elapsed time in dd:hh:mm:ss		Since: 09/21/02 09:28		
40.0	40.1	40.2	40.3	40.4
0:00:00:00	0:00:00:00	0:00:00:00	0:00:00:00	0:00:00:00
.....				
60.0	60.1	60.2	60.3	60.4
24:11:51:35	22:18:53:28	15:03:44:55	7:19:45:13	3:11:51:27
.....				
69.5	69.6	69.7	69.8	69.9
0:00:00:00	0:00:00:00	0:00:00:00	0:00:00:00	0:00:00:00

Fig. 13. Relatório Estatístico de Tempo de Operação de Geradores

## X. CONCLUSÕES E RESULTADOS

Atualmente, os relés microprocessados fazem parte das novas subestações tanto para as concessionárias quanto para as áreas industriais. Fatores como a multifuncionalidade, não ser necessário aferição periódica, custo reduzido em comparação aos relés eletromecânicos que são dedicadas a apenas uma função, capacidade de serem integrados em rede, tornaram a escolha por este tipo de equipamento óbvia em relação aos equipamentos eletromecânicos e estáticos anteriormente adotados.

Devido a facilidade do acesso às informações e manuseio de ferramentas de análise, as equipes de manutenção devem estar adequadamente preparada para assimilar novas tecnologias e contribuir para a resolução de questões problemáticas do parque elétrico na indústria.

Analisando adequadamente as informações, os ganhos serão obtidos em diversas maneiras:

- Redução dos tempos gastos com manutenções de equipamentos em periodicidades equivocadas;
- Redução nos tempos de restabelecimento dos sistemas após falhas nos circuitos monitorados pelos relés microprocessados;
- Aumento da vida útil dos equipamentos de potência, uma vez que as faltas são eliminadas cada vez mais rápidas ( utilização de seletividade lógica e algoritmos que tratam sinais de saturação de tcs), diminuindo a energia de curto-circuito que anteriormente se extinguia em tempos próximos de 01 segundo para diversos casos;
- Eliminação da necessidade de aferição periódica dos relés microprocessados, que não possuem interferências em sua atuação por falta de pressão de molas, ausência de lubrificações, poeiras acumuladas , etc;
- As informações que os relés microprocessados obtém do sistema elétrico podem ser distribuídas para diversos centros de controle ao mesmo tempo.

## XI. CURRÍCULO

**Eduardo Zanirato**, engenheiro eletricista pela Escola Federal de Engenharia de Itajubá, Brasil. Desde 2005, trabalha na Equipe de Engenharia da Schweitzer Engineering Laboratories. Sua experiência inclui proteção e controle de sistemas elétricos industriais. Fornece suporte técnico para os clientes da SEL Brasil em aplicações envolvendo proteção e controle e treinamentos sobre relés de proteção microprocessados. Atuou como coordenador técnico do projeto de Modernização de 30 Subestações da Elektro envolvendo a Norma IEC 61850. Atualmente é Consultor de Aplicação na Área Industrial, com atenção especial para o setor petroquímico.