



PI02108836
PI02108836

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR
INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

CARTA PATENTE Nº PI 0210883-6

O INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL concede a presente PATENTE DE INVENÇÃO, que outorga ao seu titular a propriedade da invenção caracterizada neste título, em todo o território nacional, garantindo os direitos dela decorrentes, previstos na legislação em vigor.

(21) Número do Depósito: PI 0210883-6

(22) Data do Depósito: 03/07/2002

(43) Data da Publicação do Pedido: 16/01/2003

(51) Classificação Internacional: G01R 29/00; G01R 31/06; G01R 35/00; G01D 18/00

(30) Prioridade Unionista: 06/07/2001 US 09/900404

(54) Título: SISTEMA E MÉTODO PARA COMPENSAR ERROS INTRODUZIDOS NOS SISTEMAS DE MONITORAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA POR UMA SEÇÃO DE AQUISIÇÃO DE DADOS DO MESMO

(73) Titular: SCHWEITZER ENGINEERING LABORATORIES, INC., Companhia Norte Americana. Endereço: 2350 Northeast Hopkins Court, Pullman, Washington 99163, Estados Unidos da América (US).

(72) Inventor: DAVID E. WHITEHEAD; GREGARY C. ZWEIGLE

Prazo de Validade: 10 (dez) anos contados a partir de 14/07/2015, observadas as condições legais.

Expedida em: 14 de Julho de 2015.

Assinado digitalmente por:

Liane Elizabeth Caldeira Lage
Diretora de Patentes Substituta



“SISTEMA E MÉTODO PARA COMPENSAR ERROS INTRODUZIDOS NOS SISTEMAS DE MONITORAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA POR UMA SEÇÃO DE AQUISIÇÃO DE DADOS DO MESMO”

Campo Técnico

5 Esta invenção refere-se, de modo geral, e sistemas de monitoração de energia elétrica e, mais especificamente, refere-se a correção de erros de fase e de magnitude introduzidos por certos componentes do sistema de monitoração, em particular os seus componentes de aquisição de dados.

10 Fundamentos da Invenção

 A eficiência operacional de sistemas de energia elétrica tornou-se recentemente de maior importância na indústria de energia elétrica. Produtores e provedores de energia elétrica estão agora tentando usar suas usinas de geração de energia elétrica e linhas de transmissão existentes para
15 uma capacidade elevada, se não máxima, devido ao aumento consistente de demanda de consumidor combinada com pouco ou nenhum aumento de capacidade pelos diversos anos passados.

 De modo a operar com eficiência máxima, os produtores e provedores de energia elétrica devem conhecer como seus sistemas estão
20 funcionando, incluindo a eficiência com a qual seus sistemas transportam energia. Relés de proteção de sistema de energia são usados para monitorar a eficiência, uma vez que ficam tipicamente localizados por todo o sistema de energia e têm a capacidade necessária de medir correntes e tensões sobre a linha elétrica e, depois, determinar como o sistema de energia está operando.

25 A monitoração do sistema de energia para otimizar a operação e, assim, os lucros, requer alta precisão de aquisição e processamento de sinal, dentro de $\pm 1/10$ % ou melhor. Historicamente, porém, relés de proteção, usados no passado para detectar e isolar condições anormais, ou seja, de falha, no sistema de energia poderiam prover resultados satisfatórios para estes

objetivos, com precisão de 2-4%, ou ainda melhor.

Erros são produzidos, tipicamente, na seção de aquisição de dados do relé de proteção. A seção de aquisição de dados obtém quantidades de corrente e/ou tensão elétrica da linha de transmissão de energia em entradas de canal separadas e opera sobre as mesmas para produzir sinais que são, então, processados com um algoritmo de proteção. A seção de aquisição de dados, entretanto, introduz erros tanto de fase como de magnitude nos sinais de corrente e de tensão obtidos da linha de transmissão de força. Os componentes na seção de aquisição de dados responsáveis pelos erros incluem transformadores de corrente e de potencial (TCs e TPs), filtros passa-baixa (LPFs), conversores analógico para digital (conversores A/D) e multiplexadores.

Uma típica seção de aquisição de dados está mostrada na Fig. 1. Ela inclui uma pluralidade de canais de dados analógicos recebendo, por exemplo, as três fases A, B e C de um sinal de energia trifásica (quantidades de corrente e/ou tensão). As três fases da linha de transmissão de força sobre os diversos canais são aplicadas a um elemento de TC ou TP, mostrado em geral por 12, dependendo das entradas serem de correntes ou de tensões, a um filtro passa-baixa 14 e, depois, a um multiplexador 16, juntamente com sinais de outros canais. A saída do multiplexador 16 é aplicada a um conversor analógico para digital (A/D) 18, cuja saída é aplicada a um dispositivo lógico programável que processa os dados digitalizados por algoritmos de proteção para monitorar a operação do sistema de energia.

Resumidamente, em operação, os dados (quantidades de corrente elétrica ou quantidades de tensão da linha de transmissão de energia) em cada canal analógico são periodicamente amostrados, sob controle do dispositivo lógico programável, aplicados a um TC ou TP, conforme apropriado, e depois ao filtro passa-baixa e deste para o multiplexador. O dispositivo lógico programável seleciona os canais a serem amostrados em

uma sequência programada. O conversor analógico para digital 18 converte a informação analógica do multiplexador 16 em dados digitais que são, então, processados pelos algoritmos de proteção no dispositivo lógico programável. Este processo continua até que amostras de todos os canais tenham sido processadas. O ciclo é repetido a intervalos regulares durante um ciclo do sistema de energia, por exemplo, 16 vezes por ciclo ou em uma outra proporção fixada.

Idealmente, os dados de corrente/tensão providos pelo conversor analógico para digital para o dispositivo lógico programável são idênticos ou substancialmente idênticos sob todos os aspectos ao sinal de corrente/tensão obtido da linha de transmissão de energia, no momento correspondente ao da amostragem da quantidade analógica.

É bem sabido que erros são introduzidos no sinal adquirido pelos componentes individuais na seção de aquisição de dados do sistema de proteção. Além disso, os erros introduzidos variam de modo imprevisível de componente para componente, cada canal de recepção no relé tendo, assim, diferentes níveis de erro. Estes erros incluem erros tanto de magnitude como de fase. Alguns componentes, como TCs, introduzem ambos os erros de magnitude e fase, enquanto outros elementos, como os filtros passa-baixa, introduzem apenas uma mudança de fase, dependente da frequência. Adicionalmente, o multiplexador analógico 16 e o conversor analógico para digital podem operar apenas sobre um canal por vez. Desse modo, haverá uma diferença inerente de fase entre os canais sucessivos para a saída do conversor analógico para digital.

Várias tentativas têm sido feitas para compensar os erros de magnitude e retardos de fase na seção de aquisição de dados do relé de proteção. Um método de calibração de magnitude é o de aplicar um sinal conhecido às entradas de TC/TP e compará-lo ao valor digital na saída do conversor analógico para digital. A diferença é então calculada como um fator

de ganho, e este fator de ganho é usado para corrigir a saída do conversor analógico para digital, antes da aplicação do sinal digital como uma entrada ao dispositivo lógico programável.

5 Para correções de mudança de fase, ajustes podem ser feitos aos componentes de hardware individuais para corrigir o erro de fase. Entretanto, isto é caro e exige muito trabalho.

Correção para diferenças de fase entre os canais devido à amostragem seqüencial pode ser realizada por várias técnicas, incluindo rotação de pontos de amostragem ou inversão de seqüência de amostragem,
10 mas estas não corrigem a mudança de fase introduzida pela ação dos próprios componentes individuais.

Desse modo, é desejável, para obter a precisão necessária na monitoração de sistemas de energia modernos, reduzir ambos os erros de magnitude e de fase a uma percentagem muito pequena e considerar todas as
15 fontes de tais erros, incluindo uma mudança no erro à medida que a magnitude do sinal de entrada muda.

Descrição da Invenção

Conseqüentemente, a presente invenção é um sistema e método correspondente para compensar erros introduzidos nos sistemas de
20 monitoração de energia elétrica por uma sua seção de aquisição de dados, que, em operação, é responsiva a quantidades analógicas de uma linha de transmissão de energia elétrica para produzir sinais digitais amostrados que são usados em um algoritmo de monitoração, o sistema compreendendo: uma fonte de teste para aplicar um sinal de entrada de teste senoidal a uma porção
25 terminal frontal da seção de aquisição de dados; um módulo de referência de fase ao qual o sinal de entrada de teste é também aplicado para converter o sinal de teste em um sinal de saída de módulo tendo bordas ascendentes e descendentes correspondentes a transições entre porções positivas e negativas do sinal de teste senoidal; meios para determinar um cruzamento zero do sinal

digital amostrado, onde a mencionada diferença de tempo é representativa da mudança de fase produzida pela seção de aquisição de dados; e um circuito de compensação para ajuste de fase dos sinais digitais amostrados de acordo com a mencionada diferença de tempo.

5 Breve Descrição dos Desenhos

A Fig. 1 é um diagrama das seções principais de um relé de proteção, incluindo a sua seção de aquisição de dados, conhecido pela técnica anterior.

10 A Fig. 2 é um diagrama do sistema da presente invenção para determinar a calibração necessária para corrigir erros introduzidos pelos componentes da seção de aquisição de dados de um relé de proteção.

A Fig. 3 é um diagrama mostrando um sinal de entrada para o seção de aquisição de dados e os dados digitalizados em tempo instantâneo selecionado relativo ao sinal de entrada.

15 A Fig. 4 é um diagrama mostrando a série de etapas do processo no sistema de calibração da presente invenção.

Melhor Modo de Executar a Invenção

A presente invenção é um sistema e método para corrigir erros introduzidos na seção de aquisição de dados de um sistema de monitoração de energia elétrica, especificamente os vários componentes compreendendo a
20 seção de aquisição de dados. Conforme indicado acima, estes componentes incluem ambos TCs e TPs, filtros passa-baixa, um multiplexador, e um conversor analógico para digital. Tipicamente, as quantidades de entrada analógica para a seção de aquisição de dados terão uma frequência de, aproximadamente, 60Hertz e no caso de quantidades de corrente, uma
25 magnitude nominal de, aproximadamente, 5 ampères.

Na presente invenção, a correção necessária, tanto em magnitude como em fase, para os erros introduzidos é primeiramente determinada; a correção é, então, aplicada ao dados digitalizados, calibrando,

com efeito, o dispositivo para considerar os erros introduzidos. Como indicado acima, um desafio significativo em qualquer sistema de correção de erro é o fato do erro de fase e, por uma certa extensão, também o erro de magnitude, não permanecer constante, mas variar dependendo da magnitude do sinal de entrada, ou seja, a demanda de força sobre o sistema. Desse modo, o erro de fase e magnitude quando o sinal de entrada de corrente de cinco ampères nominais estiver em um ampère em magnitude será diferente do que quando o sinal de entrada estiver em três ampères. Assim, um sistema de correção de erro (calibração) que satisfaça as exigências de alta precisão ($\pm 0,1\%$) para a monitoração de transmissão de força requer que a mudança em erro como mudança em magnitude do sinal de entrada seja levado em consideração.

O sistema da presente invenção está mostrado na Fig. 2, Esta figura inclui a seção de aquisição de dados de um relé de proteção como na Fig. 1, mas adiciona um módulo de referência de fase 30 e um contador de funcionamento livre 32. A calibração é realizada com uma fonte de teste 34 que aplica um típico sinal de linha de transmissão de força à porção de TC/TP 12 e ao módulo de referência de fase 30. O sinal da fonte de teste 34 emula um sinal de linha de transmissão de força que o relé obteria da linha de transmissão de força durante operação ordinária. A correção de magnitude provida pelo presente sistema é obtida pela determinação da saída do conversor analógico para digital 18, referida como o valor calculado M_{Calc} , e dividindo este valor pela magnitude do sinal de fonte de teste, referido como $M_{Aplicada}$. O resultado é um fator de correção de magnitude M_{Corr} .

Este fator de correção de magnitude é determinado em uma pluralidade de pontos de ajuste de magnitude, também referidos como pontos de calibração. Tipicamente, oito a vinte pontos de calibração são usados, com mais pontos de calibração localizados em direção aos pontos de menor magnitude, uma vez que, em magnitudes mais baixas, os erros mudam mais rapidamente.

Ao mesmo tempo em que a correção de magnitude está sendo determinada, o relé de proteção, especificamente o processador lógico 20, está calculando o retardo/erro de fase criado pelos componentes de aquisição de dados. O retardo de fase é também determinado em cada ponto de calibração
 5 selecionado, uma vez que o retardo de fase também variará, dependendo da magnitude particular do sinal.

A determinação do retardo de fase em cada um dos pontos de calibração também é realizada pelo circuito da Fig. 2. Como indicado acima, o sinal de teste da fonte 34 é aplicado à entrada do módulo de referência de
 10 fase 30. O módulo 30 é um dispositivo convencional que converte o sinal de teste senoidal em uma saída de onda quadrada (entre zero e um valor positivo) tendo retardo de fase negligenciável relativo ao sinal de teste de entrada. A porção positiva da entrada senoidal está representada por uma porção zero da onda quadrada com a porção negativa da senoidal representada por uma porção
 15 positiva da onda quadrada. Os cruzamentos zero da senoidal estão representados pelas transições entre a porção positiva e a porção zero da onda quadrada.

O módulo de referência de fase 30 no modo de realização mostrado compreende um divisor de tensão que atua para rebaixar a senoidal de alta tensão para uma senoidal de baixa tensão, em combinação com um
 20 comparador que converte a senoidal de baixa tensão em um sinal digital de onda quadrada adequado para aplicação aos circuitos integrados digitais.

A saída do módulo 30 é aplicada como uma entrada ao processador lógico 20. A saída do contador de funcionamento livre 32 é também aplicada ao processador 20. Quando a saída do módulo 30 muda de
 25 estado, em particular em uma borda descendente, o instante de tempo correspondente do contador de funcionamento livre é travado e o tempo registrado, o qual será referido adiante como T_{PRM} . A saída do conversor analógico para digital é também monitorada e o cruzamento zero seguinte deste dispositivo é determinado. Isto é feito pela amostragem contínua (taxa

de 8kHz no modo de realização mostrado) da saída do conversor analógico para digital. Estas determinações podem ser feitas com base em canal a cabal ou podem ser feitas por uma passagem de todos os canais, ou podem ser feitas sobre um único canal, com os restos dos canais sendo referenciados a este canal único. No último caso, processamento adicional é necessário para ajustar o valor no contador 32 para os retardos causados pelo multiplexador na seqüência de amostragem dos canais.

Como indicado acima, para uma borda descendente (do alto para baixo) do sinal de onda quadrada do módulo de referência de fase 30, o dispositivo lógico programável 20 travará o contador de funcionamento livre 32 e armazenará o valor como T_{PRM} . O cruzamento zero seguinte do sinal amostrado do conversor analógico para digital é, então, calculado para cada canal, usando uma fórmula de interpolação direta. Interpolação é necessária devido ao cruzamento zero real ocorrer mais provavelmente entre amostras sucessivas.

$$T_X = \frac{(T_p - T_{p-1}) \cdot (A_{p-1})}{(A_p - A_{p-1})} - T_{p-1}$$

onde T_X = tempo de cruzamento zero relativo à contagem do contador de funcionamento livre, T_p = tempo da primeira amostra positiva, T_{p-1} = tempo da última amostra negativa relativo à contagem do contador de funcionamento livre, A_p = magnitude da primeira amostra positiva, e A_{p-1} = valor de magnitude da última amostra negativa.

As Figs. 3A-3C mostram a relação entre o sinal de entrada da fonte de teste (Fig. 3A), o sinal de onda quadrada do módulo 30 (Fig. 3B), e os dados amostrados do conversor analógico para digital 18 (Fig. 3C), com a Fig. 3C sendo instantânea a uma magnitude selecionada do sinal de entrada. A Fig. 3C mudará (mudando para a esquerda ou direita) à medida que o sinal de entrada da Fig. 3A muda de magnitude. A uma magnitude mais baixa de sinal de entrada do que a mostrada na Fig. 3, os dados amostrados serão um pouco mudados para a esquerda, resultando em um retardo ligeiramente menor, enquanto à medida que a magnitude do sinal de entrada cresce, a mudança de

fase aumentará, movendo-se um pouco para a direita. A mudança na mudança de fase não é linear. Ela muda de um modo não-linear à medida que a magnitude do sinal de entrada muda. O retardo de fase é a diferença de tempo entre T_{PRM} 39 e o cruzamento zero T_X (41) do sinal amostrado A/D para o canal analógico. Este retardo de fase é o retardo total para todos os componentes entre a fonte de teste e o processador 20, para um canal. Com este retardo conhecido, cada canal analógico pode ser precisamente corrigido (calibrado) para um ponto de referência comum no tempo.

A Fig. 4 mostra o fluxograma de método para realizar a determinação de correção (calibração) explicada acima. Esta correção cobre a mudança de fase total (absoluta) para cada canal. Na etapa 44, é primeiro determinado se ou não a determinação de correção foi feita para todos os pontos de calibração para um ciclo de sinal de entrada único. A rotina da Fig. 4 retorna até que a determinação de correção tenha sido realizada para todos os pontos de calibração. Se qualquer ponto de calibração permanecer pra ser completado, a transição de “1” para “0” (borda decrescente) da onda quadrada do módulo (PRM) 30 é determinada, na etapa 46. A rotina retorna até que uma transição seja reconhecida. Quando a transição ocorre, a contagem de tempo no contador de funcionamento livre 32 é armazenada. O tempo armazenado é referido como T_{PRM} , na etapa 48.

A saída amostrada do conversor analógico para digital do canal analógico é também interrogada, na etapa 50. Se não houver transição de negativo para positivo, ou seja, o primeiro reconhecimento de uma amostra positiva no ciclo, a rotina retorna, na taxa de 8kHz, ou sejam a cada 125 microssegundo, até que um valor positivo seja reconhecido, o que indica que um cruzamento zero ocorreu no sinal amostrado A/D. O cruzamento zero real é calculado na etapa 52. O tempo de cruzamento zero será uma interpolação no tempo entre a contagem da primeira amostra positiva e a contagem anterior. Após o tempo de cruzamento zero ter sido calculado em relação ao

contador de funcionamento livre, a diferença entre o tempo armazenado T_{PRM} da transição do sinal proveniente do módulo e o tempo do cruzamento zero do sinal amostrado proveniente do conversor analógico para digital é determinada, na etapa 54. Este valor de diferença é o retardo de tempo para
5 um ponto de calibração, ou seja, uma magnitude de sinal de entrada particular. Este valor de retardo de fase é, então, armazenado (etapa 55), associado com este ponto de calibração de magnitude.

Como indicado acima, este processo continua até que todos os pontos de calibração selecionados para o sinal de entrada tenham sido
10 completados. Tipicamente, isto será da ordem de oito a vinte pontos de calibração individuais, mas o número pode ser diferente; além disso, os pontos de magnitude selecionados podem ser diferentes.

Após todos os pontos de retardo terem sido determinados, uma tabela é formulada e armazenada na memória, com os tempos de retardo de
15 fase associados a cada um dos pontos de calibração, de modo que uma representação precisa na mudança de retardo de fase relativa à mudança na magnitude de sinal de entrada seja obtida. Quando a rotina da Fig. 4 estiver completada, uma tabela de correção de fase muito precisa terá sido obtida para um canal no sistema de proteção. O mesmo processo é executado para
20 cada canal no relé. A correção variará e canal para canal devido às diferenças nos componentes individuais de cada canal de aquisição de dados.

As correções de fase e as correções de magnitude serão, então, usadas para ajustar ou corrigir a saída da saída do conversor analógico para digital de cada canal para uso na determinação da condição/eficiência
25 operacional do sistema de energia. Com efeito, isto adiciona ajuste de mudança de fase e magnitude aos dados analógicos amostrados. O retardo causado pelo hardware de aquisição de dados, tanto em fase como em magnitude, é determinado em cada ponto de calibração. O retardo de fase adicionado em cada ponto de calibração produz um efeito líquido de um

retardo de fase constante por todo o ciclo. Todos os canais individuais têm uma mudança de fase individual que, no total, será igual à maior mudança de fase total de qualquer canal individual. Desse modo, os sinais amostrados do conversor analógico para digital para cada canal são réplicas exatas (dentro de 0,1%) do sinal de entrada para a seção de aquisição de dados.

A conversão de um retardo de tempo em retardo de fase real (ângulo) pode ser baseada em um sinal de entrada de 60Hertz. Outras frequências de entrada podem ser usadas. É sabido que a diferença de fase para os componentes analógicos pode ser de avanço ou de retardo para a borda descendente do módulo. Isto é uma função dos TCs/TPs, bem como, da magnitude dos sinais de entrada.

A fórmula de correção geral para a saída dos dados amostrados digitais é:

$$Y = (X[n-S-1] - X(n-S). T + X[n-S] - DC).M,$$

onde Y = magnitude total com valor corrigido de desvio de fase e DC, X = valor não-corrigido amostrado, S = um inteiro positivo na faixa de ≥ 0 , T = um valor na faixa de 0-1, inclusive de 0 e exclusivo de 1, M = fator de correção de magnitude, DC = desvio de DC e n= índice de tempo de amostra.

A correção acima é para um canal apenas e variará de canal para canal. O resultado é um sistema de aquisição de dados calibrados que corrige erros tanto de fase como de magnitude introduzidos pelos vários componentes da porção do sistema de aquisição de dados do relé de proteção. O sistema resulta em um sistema de monitoração onde a transmissão de força pode ser precisamente monitorada dentro de 0,1%, ou ainda melhor.

Embora um modo de realização preferido tenha sido revelado para fins de ilustração, deve ser entendido que várias mudanças, modificações e substituições podem ser incorporadas ao modo de realização sem se afastar do espírito da invenção que está definido pelas reivindicações a seguir.

REIVINDICAÇÕES

1. Sistema para compensar erros introduzidos nos sistemas de monitoração de energia elétrica por uma seção de aquisição de dados do mesmo, que, em operação, é responsivo a quantidades analógicas de uma
5 linha de transmissão de energia elétrica para produzir sinais digitais amostrados que são usados no sistema de monitoração de energia elétrica, o sistema caracterizado por compreender:

uma fonte de teste (34) para aplicar um sinal de entrada de teste senoidal a uma porção terminal frontal (12) da seção de aquisição de
10 dados;

um módulo de referência de fase (30) ao qual o sinal de entrada de teste é também aplicado para converter o sinal de teste em um sinal de saída de módulo tendo bordas ascendentes e descendentes correspondentes a transições entre porções positivas e negativas do sinal de teste senoidal;

15 meios (20) para determinar um cruzamento zero (41) do sinal digital amostrado e para determinar a diferença de tempo (39) entre uma borda do sinal de saída de módulo e o cruzamento zero (41) do sinal digital amostrado, onde a diferença de tempo (39) é representativa da mudança de fase produzida pela seção de aquisição de dados; e

20 um circuito de compensação (20) para ajuste de fase dos sinais digitais amostrados de acordo com a dita diferença de tempo (39).

2. Sistema de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pela diferença de tempo (39) ser determinada em uma pluralidade de pontos de calibração de magnitude de sinal de entrada selecionados.

25 3. Sistema de acordo com a reivindicação 2, caracterizado por incluir meios (20) para determinar a diferença em magnitude entre o sinal de teste e o sinal digital amostrado em cada ponto de calibração e em que a magnitude do sinal digital amostrado é corrigida de acordo com a dita diferença.

4. Sistema de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pela seção de aquisição de dados incluir transformadores de potencial e de corrente (12), filtros passa-baixa (14), um multiplexador (16), e um conversor analógico para digital (18).

5 5. Sistema de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo módulo (30) ser um módulo de referência de fase e o sinal do módulo ser uma onda quadrada, em que uma porção positiva do sinal de teste senoidal é representada por uma porção zero da onda quadrada e em que uma porção negativa do sinal de teste senoidal é representada por uma porção positiva da
10 onda quadrada e em que os cruzamentos zero do sinal de teste senoidal são representados pelas transições entre as porções positivas e zero da onda quadrada.

 6. Sistema de acordo com a reivindicação 2, caracterizado por incluir meios (20) para armazenar a diferença de tempo (39) associada a cada
15 ponto de calibração, e em que os sinais digitais amostrados são ajustados em cada ponto de calibração de acordo com cada diferença de tempo armazenada.

 7. Sistema de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo sistema incluir um contador de funcionamento livre (32), em que o contador de funcionamento livre (32) é travado e a contagem é determinada quando o
20 cruzamento zero (41) ocorrer e quando a borda do sinal de saída do módulo ocorrer.

 8. Sistema de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo cruzamento zero (41) ser interpolado entre a primeira amostra digital positiva e a amostra na contagem anterior.

25 9. Sistema de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pela mencionada borda do sinal de saída do módulo ser uma borda decrescente.

 10. Método para compensar erros introduzidos nos sistemas de monitoração de energia elétrica por uma seção de aquisição de dados do mesmo, que, em operação, é responsivo a quantidades analógicas de uma

linha de transmissão de energia elétrica para produzir sinais digitais amostrados que são usados no sistema de monitoração de energia elétrica, o método caracterizado por compreender as etapas de:

- 5 aplicar um sinal de entrada de teste senoidal a uma porção terminal frontal (12) da seção de aquisição de dados;
 - aplicar o sinal de entrada de teste a um módulo de referência de fase (30) que converte o sinal de teste em um sinal de saída de módulo tendo bordas ascendentes e descendentes correspondentes a transições entre porções positivas e negativas do sinal de teste senoidal;
 - 10 determinar (50) um cruzamento zero (41) do sinal digital amostrado e determinar (54) a diferença de tempo (39) entre uma borda do sinal de saída do módulo e o cruzamento zero (41) do sinal digital amostrado, onde a diferença de tempo (39) é representativa da mudança de fase produzida pela seção de aquisição de dados; e
 - 15 ajustar a fase dos sinais digitais amostrados de acordo com a dita diferença de tempo.
11. Método de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pela diferença de tempo (39) ser determinada em uma pluralidade de pontos de calibração selecionados por todo o ciclo de sinal de teste.
- 20 12. Método de acordo com a reivindicação 10, caracterizado por incluir a etapa de determinar a diferença em magnitude entre o sinal de teste e o sinal digital amostrado em cada ponto de calibração e corrigir a magnitude do sinal digital amostrado de acordo com a dita diferença.
 - 25 13. Método de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo módulo (30) ser um módulo de referência de fase e o sinal do módulo ser uma onda quadrada, em que uma porção positiva do sinal de teste senoidal é representada por uma porção zero da onda quadrada e em que uma porção negativa do sinal de teste senoidal é representada por uma porção positiva da onda quadrada e em que os cruzamentos zero (41) do sinal de teste senoidal

são representados pelas transições entre as porções positiva e porções zero da onda quadrada.

- 5 14. Método de acordo com a reivindicação 11, caracterizado
por incluir a etapa de armazenar (55) a diferença de tempo (41) associada a
cada ponto de calibração, e a etapa de ajustar os sinais digitais amostrados em
cada ponto de calibração de acordo com cada diferença de tempo armazenada.

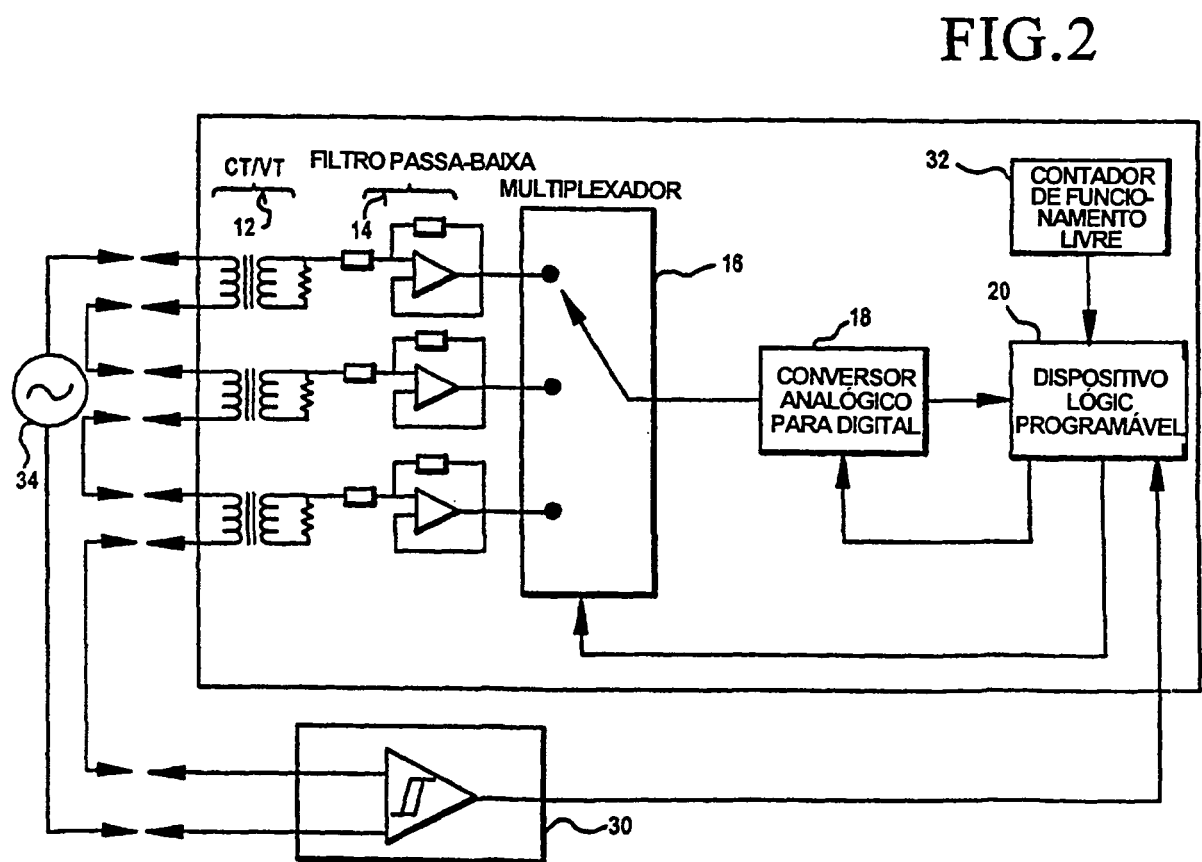
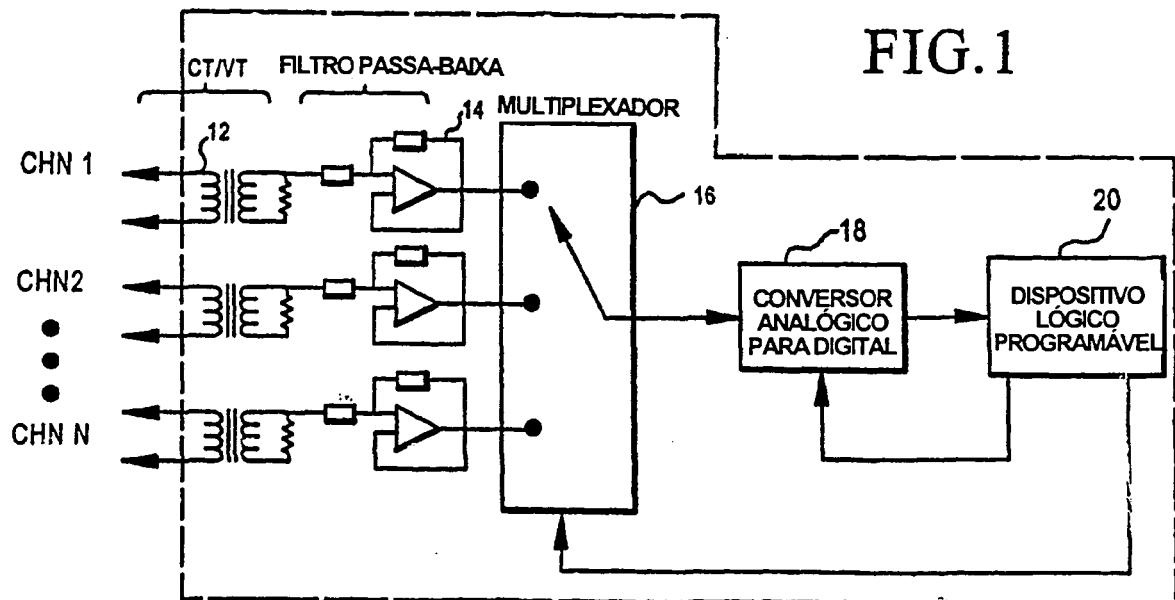


FIG.3A

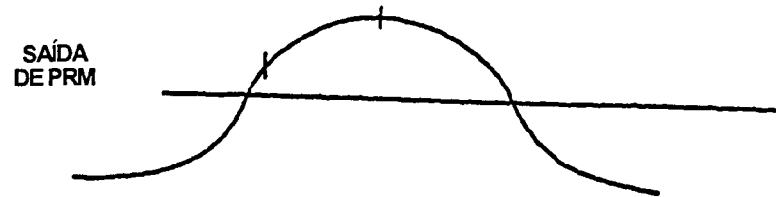


FIG.3B

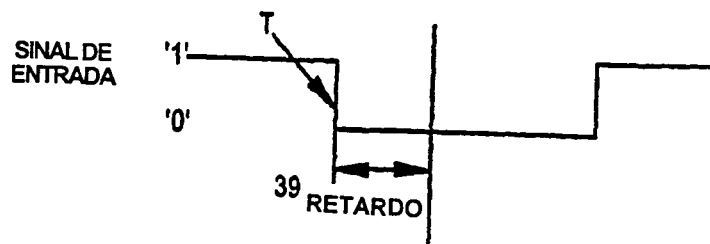
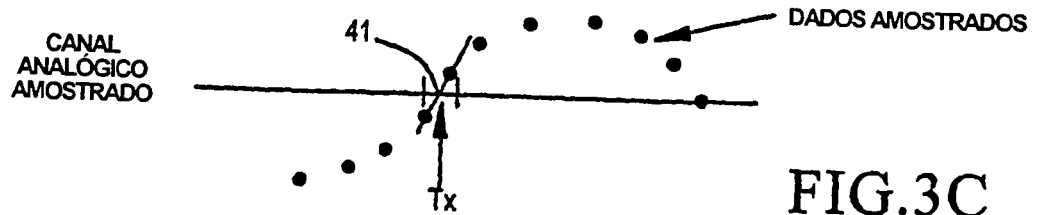


FIG.3C



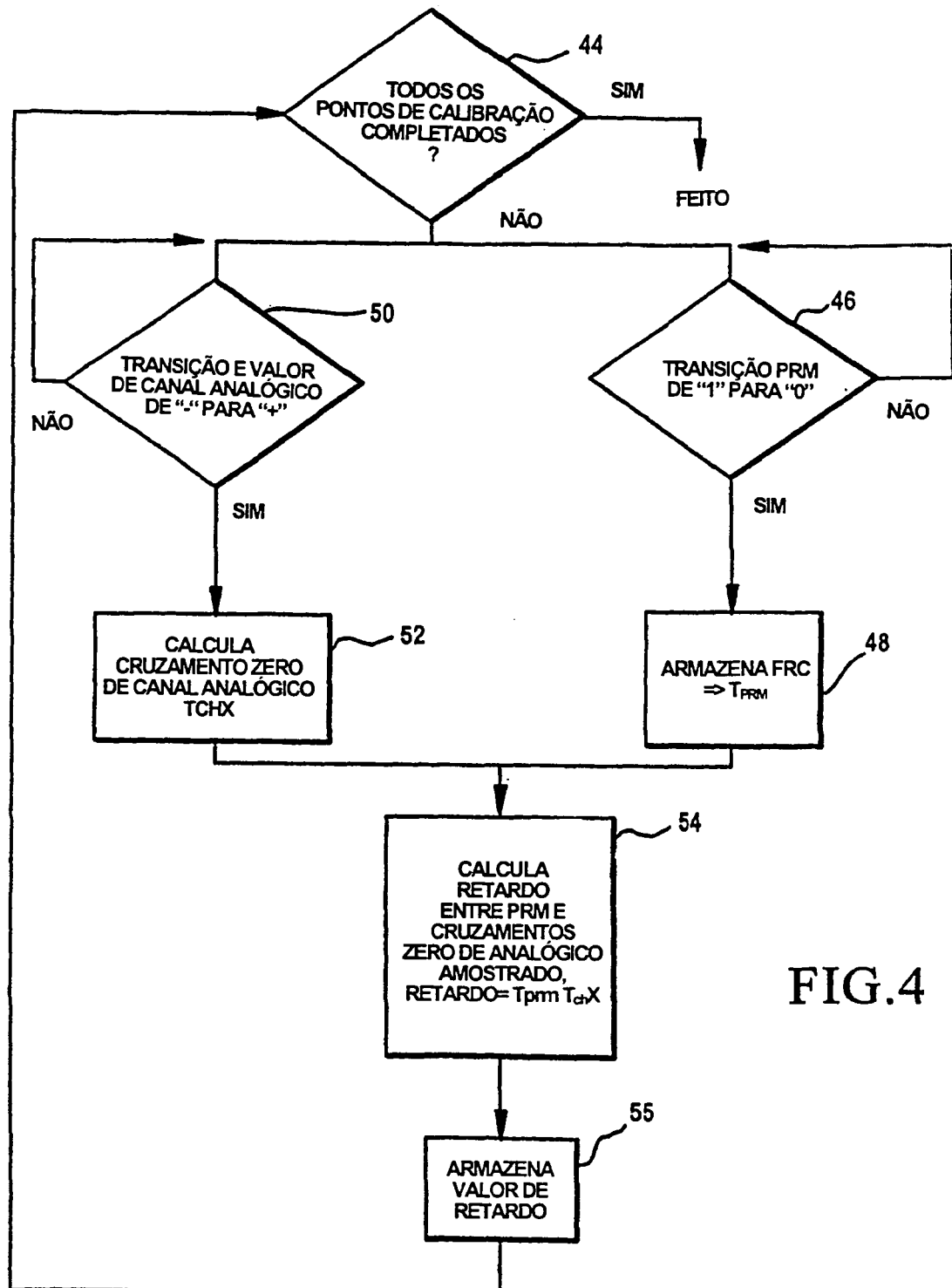


FIG.4

RESUMO

“SISTEMA E MÉTODO PARA COMPENSAR ERROS INTRODUZIDOS NOS SISTEMAS DE MONITORAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA POR UMA SEÇÃO DE AQUISIÇÃO DE DADOS DO MESMO”

5 O sistema e método de compensação de erro é usado em sistemas de monitoração de energia elétrica, por exemplo, relés de proteção, e inclui uma fonte de teste para aplicar um sinal de teste à extremidade frontal de uma seção de aquisição de dados do sistema de monitoração de energia elétrica e um módulo de referência de fase que converte o sinal de teste em
10 uma onda quadrada tendo bordas ascendentes e descendentes correspondentes a transições entre as porções positivas e negativas do sinal de teste. Um dispositivo lógico programável determina os cruzamentos zero do sinal digital amostrado do sistema de aquisição de dados e, depois, determina a diferença de tempo entre uma borda descendente do sinal de saída do módulo e o
15 cruzamento zero do sinal digital amostrado. A diferença de tempo é representativa da mudança de fase produzida pelos componentes de aquisição de dados. Um circuito de compensação ajusta os sinais digitalmente amostrados com a quantidade da mudança de fase determinada.