República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria e do Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial.

(21) **PI0905138-4 A2**

BRPI0905138A2

(22) Data de Depósito: 15/12/2009
(43) Data da Publicação: 02/08/2011
(RPI 2117)

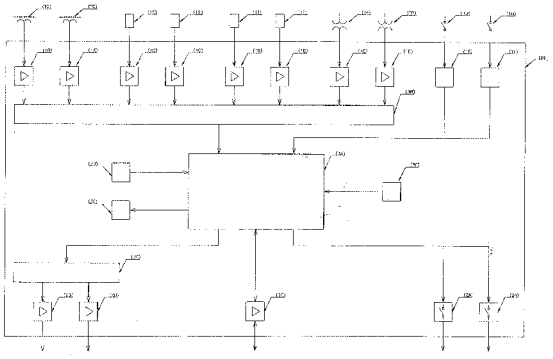
(51) Int.Cl.:
H01F 27/12 2006.01
G05D 23/24 2006.01
G05F 1/10 2006.01

(54) Título: **SISTEMA CONJUGADO PARA MONITORAÇÃO DE TEMPERATURA E REGULAÇÃO DE TENSÃO EM TRANSFORMADORES DE POTÊNCIA, REGULADORES DE TENSÃO E CONGÊNERES EQUIPADOS COM COMUTADORES DE DERIVAÇÕES SOB CARGA**

(73) Titular(es): Eduardo Pedrosa Santos

(72) Inventor(es): Eduardo Pedrosa Santos

(57) Resumo: SISTEMA CONJUGADO PARA MONITORAÇÃO DE TEMPERATURA E REGULAÇÃO DE TENSÃO EM TRANSFORMADORES DE POTENCIA, REGULADORES DE TENSÃO E CONGENERES EQUIPADOS COM COMUTADORES DE DERIVAÇÕES SOB CARGA, notadamente de um sistema que conjuga, em um mesmo equipamento, as funções de monitoração das temperaturas do óleo do tanque principal, do óleo do comutador sob carga e dos enrolamentos e de regulação automática de tensão, controlando para isso o comutador sob carga.



PI0905138-4

"SISTEMA CONJUGADO PARA MONITORAÇÃO DE TEMPERATURA E REGULAÇÃO DE TENSÃO EM TRANSFORMADORES DE POTÊNCIA, REGULADORES DE TENSÃO E CONGÊNERES EQUIPADOS COM COMUTADORES DE DERIVAÇÕES SOB CARGA"

BREVE APRESENTAÇÃO

Trata a presente solicitação de Patente de Invenção de um inédito **"SISTEMA CONJUGADO PARA MONITORAÇÃO DE TEMPERATURA E REGULAÇÃO DE TENSÃO EM TRANSFORMADORES DE POTÊNCIA, REGULADORES DE TENSÃO E CONGÊNERES EQUIPADOS COM COMUTADORES DE DERIVAÇÕES SOB CARGA";** notadamente de um sistema que conjuga, em um mesmo equipamento, as funções de monitoração das temperaturas – do óleo do tanque principal, do óleo do comutador sob carga e dos enrolamentos – e de regulação automática de tensão, controlando para isso o comutador sob carga. Essa combinação, em um mesmo sistema, de funções até então efetuadas de forma distinta, apresenta vantagens extraordinárias a serem descritas ao longo desse relatório.

BREVE INTRODUÇÃO

Os transformadores de potência e reguladores de tensão são equipamentos largamente utilizados em sistemas de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica de média, alta e extra-alta tensão, realizando as funções de alteração de níveis de tensão (por exemplo, de 138 kV para 13,8 kV) e/ou regulação da tensão fornecida às cargas a eles conectadas.

Estes equipamentos frequentemente utilizam como meio isolante e de remoção de calor algum tipo de líquido isolante, que pode ser óleo mineral (derivado do petróleo), óleo vegetal (obtido da soja, girassol ou outro) ou silicone, por exemplo.

Os transformadores e reguladores de tensão possuem enrolamentos, geralmente de cobre, que recebem uma bandagem de papel ao seu redor. Toda a parte ativa – composta de núcleo e enrolamentos – é então imersa no líquido isolante, de forma a impregnar o papel e garantir a isolação elétrica do conjunto, além de proporcionar o resfriamento dos enrolamentos por meio da circulação do líquido em radiadores de calor.

Dessa forma, é essencial para a operação segura do equipamento que as temperaturas do líquido e dos enrolamentos estejam abaixo de valores limite, evitando assim o envelhecimento acelerado do equipamento e os riscos de falhas e incêndios. Frequentemente são empregados também ventiladores, instalados juntos aos radiadores de calor, de forma a aumentar a eficiência do sistema de resfriamento.

Além disso, para permitir o controle de tensão fornecida à carga, é comum que seus enrolamentos sejam equipados com derivações intermediárias (taps) os quais são conectados a um Comutador de Derivações Sob Carga (CDC ou OLTC – On-Load Tap Changer), que efetua a mudança do tap utilizado com o transformador energizado e com a carga conectada, alterando assim a relação de espiras e, consequentemente, a tensão de saída do transformador ou regulador.

Para realizar a mudança de tap o CDC possui um mecanismo de acionamento motorizado, que é controlado por sinais recebidos em suas entradas, para subir ou baixar o tap.

ESTADO DA TÉCNICA

No atual estado da técnica, os transformadores e reguladores são equipados com um dispositivo denominado relé regulador automático de tensão, ou relé de tensão ou simplesmente "relé 90", cuja função principal é enviar ao

comutador sob carga, sinais de comando para baixar ou elevar a posição de tap, de forma a manter a tensão na carga dentro de limites programados, permitindo a regulação automática de tensão fornecida à carga.

Para efetuar a função de regulação automática de tensão, o relé de tensão efetua a medição da tensão de saída do transformador ou regulador por meio de um transformador de potencial (TP) e da corrente de carga por meio de um transformador de corrente (TC). Com essas medições, o relé de tensão efetua o cálculo da tensão que efetivamente chega à carga, levando em consideração a queda de tensão na linha de transmissão, proporcional à corrente de carga. A tensão calculada na carga é então comparada aos limites superior e inferior programado, determinando assim se há necessidade de mudança no tap do CDC e se a mudança deve ser no sentido de aumentar ou diminuir a tensão.

Freqüentemente o relé regulador de tensão efetua a medição também da posição de tap do comutador sob carga, por meio da leitura de um potenciômetro existente no mecanismo do comutador, cuja resistência é proporcional à posição de tap atual (por exemplo, 0 a 320 ohms correspondendo à posição de tap 1 a 33).

A partir dos valores medidos de tensão, corrente e posição de tap do comutador sob carga, o relé regulador aciona diversos contatos elétricos de saída, tanto para o comando subir/baixar tap do comutador quanto para indicação remota de alarmes por subtensão, sobretensão, sobrecorrente, etc.

O relé regulador de tensão possui também entradas para leitura de contatos de comando externos, que podem ser utilizados para envio remoto de comandos para subir ou baixar tensão, dentre outras funções.

As medições de tensão de saída do transformador, corrente de carga e posição de tap podem ser indicadas também remotamente, por exemplo, na sala de

controle da subestação, por intermédio de saídas analógicas com sinais proporcionais às grandezas indicadas. Por exemplo, podem ser usadas saídas de corrente na faixa de 4 a 20 mA que correspondem a tensão de 0 a 160 V, corrente de 0 a 100 A, tap 1 a 33, e assim por diante.

Para indicação remota de medições, os relés reguladores são freqüentemente equipados também com portas de comunicação serial, por exemplo, RS232, RS485 ou outras, que permitem também a alteração remota de ajustes e o comando do comutador para subir e baixar a tensão na carga.

Tal arranjo pode ser observado, por exemplo, no pedido de Patente PI0601093-8.

Por outro lado, para permitir sua operação segura, os transformadores de potência e reguladores são equipados com um dispositivo para a monitoração de suas temperaturas, com o objetivo de controlar automaticamente o sistema de ventilação forçada, alertar o operador em caso de altas temperaturas e efetuar o desligamento de emergência do transformador em caso de temperaturas extremas. Tal equipamento é comumente denominado "monitor de temperatura", e trata-se de um dispositivo totalmente independente do relé regulador de tensão.

Para cumprir sua função, o monitor de temperatura efetua a supervisão tanto da temperatura do líquido isolante quanto do enrolamento. A temperatura do óleo é obtida por medição direta, por meio de um sensor de temperatura (usualmente uma termoresistência tipo Pt100) instalado na tampa do transformador ou regulador. Já a temperatura do enrolamento, devido à dificuldade de se instalarem sensores nessa região, dado o elevado potencial elétrico do enrolamento em relação à massa, é obtida por meio de cálculo, baseando-se na temperatura do óleo somada a uma elevação ou gradiente de temperatura, que é calculado com

base na corrente de carga do transformador ou regulador. Para obter o valor da corrente de carga, o monitor de temperatura efetua a medição da corrente no secundário de um transformador de corrente (TC) existente no transformador.

Igualmente importante nos transformadores é a monitoração da temperatura do óleo do comutador sob carga, uma vez que o mesmo possui um tanque de óleo separado do óleo do tanque transformador. O valor desta temperatura é obtido pelo monitor de temperatura por meio da medição de um sensor de temperatura, instalado na tampa do tanque de óleo do comutador.

A partir dos valores obtidos para as temperaturas do óleo do tanque principal, do enrolamento e do óleo do comutador sob carga, o monitor de temperatura aciona diversos contatos elétricos de saída que efetuam o comando automático do sistema de resfriamento forçado, acionam sistemas de alarme remotos ou ainda enviam sinal de comando para desligamento de emergência do transformador em caso de alta temperatura.

O monitor de temperatura possui também entradas para leitura de contatos de comando externos, que podem ser utilizados para envio remoto de comandos para ligar e desligar ventiladores, dentre outras funções.

Os valores das diversas temperaturas monitoradas também podem ser indicados remotamente, na sala de controle da subestação, por exemplo, por intermédio de saídas analógicas com sinais proporcionais às grandezas indicadas. Por exemplo, podem ser usadas saídas de corrente na faixa de 4 a 20 mA que correspondem a temperaturas de 0 a 150 °C.

Para indicação remota de medições, os monitores de temperatura são freqüentemente equipados também com portas de comunicação serial, por exemplo,

RS232, RS485 ou outras, que permitem também a alteração remota de ajustes e o comando dos ventiladores.

Tal arranjo pode ser observado, por exemplo, no pedido de Patente PI0700843-0.

Como se pode observar pela descrição do estado da técnica apresentada, os transformadores de potência e reguladores de tensão são equipados com dois dispositivos eletrônicos distintos, o relé regulador de tensão e o monitor de temperatura, que possuem diversos circuitos e interfaces de entrada e saída comuns, quais sejam:

- Entrada para medição de corrente no secundário de um TC do transformador ou regulador, com o objetivo de medição da corrente de carga do mesmo;
- Contatos elétricos de saída para envio de comandos e de alarmes remotamente;
- Entradas para contatos de comando externos, para recepção de comandos remotos;
- Saídas analógicas (por exemplo, 4 a 20 mA) para indicações remotas de medições;
- Portas de comunicação serial (por exemplo, RS232, RS485 ou outras) para indicações remotas de medições, alterações de ajustes e envio remoto de comandos.

Além disso, por se tratarem ambos de equipamentos eletrônicos com funções de proteção e controle de transformadores e reguladores, os dois dispositivos possuem em sua construção diversos outros elementos em comum, tais como:

- Microprocessador ou microcontrolador;

- Teclado e display de interface com o usuário;
- Conversores analógico-digital;
- Conversores digital-analógico;
- Fonte de alimentação, dentre outros.

DESVANTAGENS DO ESTADO DA TÉCNICA

- Maior número de pontos de falha potenciais, o que tende a aumentar o número de falhas que necessitarão de intervenções de manutenção, aumentando com isso os custos de manutenção do sistema;
- Maior impacto ambiental quando do fim de vida dos equipamentos, devido à maior quantidade de material a ser descartado;
- O aumento de custos devido à duplicação desnecessárias de interfaces, circuitos e componentes eletrônicos;
- A elevação de custos devido à duplicação desnecessárias de cabos de interligação de entradas e saídas e aumento do espaço requerido para instalação dos equipamentos nos painéis de controle;
- Maior uso de mão de obra na instalação dos sistemas, com consequente elevação desse custo.

DA INVENÇÃO

Ciente do estado da técnica, seus inconvenientes e limitantes, o inventor, pessoa atuante no segmento em apreços, após estudos e pesquisas, criou o **"SISTEMA CONJUGADO PARA MONITORAÇÃO DE TEMPERATURA E REGULAÇÃO DE TENSÃO EM TRANSFORMADORES DE POTÊNCIA, REGULADORES DE TENSÃO E CONGÊNERES EQUIPADOS COM COMUTADORES DE DERIVAÇÕES SOB CARGA"** em questão, que vem tornar mais confiável e reduzir os custos associados à monitoração em tempo real de

temperaturas e à regulação de tensão em transformadores, reguladores de tensão e equipamentos afins, preenchidos com óleo isolante e equipados com comutadores sob carga, suprindo as deficiências atuais no que se refere aos inconvenientes fartamente ilustrados no estado da técnica.

VANTAGENS DA INVENÇÃO

- Menor número de pontos de falha potenciais, o que tende a reduzir o número de falhas que necessitarão de intervenções de manutenção, reduzindo com isso os custos de manutenção do sistema;
- Maior confiabilidade dos sistemas de regulação de tensão e monitoração de temperatura, devido ao menor número de pontos de falha potenciais;
- Menor impacto ambiental quando do fim de vida dos equipamentos, devido à menor quantidade de material a ser descartado;
- Redução de custos de aquisição por evitar-se a duplicação desnecessária de interfaces, circuitos e componentes eletrônicos;
- Redução de custos de instalação por evitar-se a duplicação desnecessária de cabos de interligação de entradas e saídas e reduzir-se o uso de mão de obra;
- Redução do custo dos painéis e armários de controle, por reduzir-se o espaço requerido para instalação dos equipamentos de regulação de tensão e monitoração de temperatura.

A seguir explica-se a invenção com referência à figura anexa

DESCRIÇÃO DETALHADA

"SISTEMA CONJUGADO PARA MONITORAÇÃO DE TEMPERATURA E REGULAÇÃO DE TENSÃO EM TRANSFORMADORES DE POTÊNCIA, REGULADORES DE TENSÃO E CONGÊNERES EQUIPADOS COM COMUTADORES DE DERIVAÇÕES SOB CARGA", notadamente de um dispositivo

eletrônico único (D) capaz de simultaneamente monitorar a temperatura e controlar a regulação de tensão em instalações como usina, subestação, rede de distribuição ou outra, para tanto sendo dotado de entradas para sensores e diversas saídas que realizam a interface com o transformador de potência ou regulador de tensão preenchido com óleo isolante e com os sistemas de proteção e controle da instalação.

Mais particularmente, o dispositivo único (D) congrega de forma inédita todos os elementos necessários para desempenhar as funções de monitoração de temperaturas e regulação de tensão, incluindo uma ou mais entradas de medição de corrente de carga (1B), que se conectam a transformadores de corrente (TC) existentes no transformador (não mostrado), uma ou mais entradas de medição de sensores de temperatura (1C), que efetuam a leitura dos sensores de temperatura (1S) instalados no óleo do transformador e do comutador sob carga (não mostrados), uma ou mais entradas de medição de posição de tap (1D), conectadas a sensores de posição (1T) existentes no mecanismo de acionamento do comutador sob carga (não mostrado), uma ou mais entradas de medição de tensão (1E), conectadas a transformadores de potencial (TP) para medição da tensão de saída do transformador (não mostrado), uma ou mais entradas de medição de contatos externos (1F), conectados a contatos de comando externos (1U), diversos contatos elétricos de saída (2A), para comando de ventiladores e comutador sob carga (não mostrados) e para emissão de sinais de alarme e desligamento remotos, saídas analógicas (2B) e portas de comunicação serial (2C) para indicação remota de medições, um ou mais microcontroladores ou microprocessadores (3A), conversores analógico-digitais (3B), conversores digital-analógicos (3C), teclado (3D), display (3E) e fonte de alimentação (3F).

O sistema conjugado exposto permite que uma mesma medição de corrente (1B), referente à corrente de carga do transformador ou regulador, seja usada tanto para o cálculo de temperatura do enrolamento, na função de monitoração de temperaturas, quanto para o cálculo de queda de tensão na linha, na função de regulação de tensão.

Também um mesmo conjunto de entradas de medição de sensores de temperatura (1C), que efetuam a leitura tanto dos sensores de temperatura (1S) instalados no óleo do transformador, para uso na função de monitoração de temperatura do tanque principal do transformador ou regulador (não mostrado), quanto dos sensores de temperatura (1S) instalados no comutador sob carga (não mostrado), para uso na função de regulação de tensão.

De forma similar, um mesmo conjunto de entradas de medição de contatos externos (1F) pode ser usado para comandar remotamente tanto o comutador sob carga, na função de regulação de tensão, quanto os ventiladores, na função de monitoração de temperatura.

Também um mesmo conjunto de contatos elétricos de saída (2A) é utilizado para comando de ventiladores e comando do comutador sob carga e para emissão de sinais de alarme e desligamento para ambas as funcionalidades, assim como as saídas analógicas (2B) e portas de comunicação serial (2C), que são usadas para indicação remota de medições para ambas as funcionalidades.

Tal arranjo permite, ainda, que os mesmos microcontroladores ou microprocessadores (3A), conversores analógico-digitais (3B), conversores digital-analógicos (3C), teclado (3D), display (3E) e fonte de alimentação (3F) sejam empregados para as funcionalidades de regulação de tensão e de monitoração de temperatura.

Como complemento para permitir a realização da função de regulação de tensão, o sistema conjugado exposto possui ainda uma ou mais entradas de medição de posição de tap (1D), conectadas a sensores de posição (1T) existentes no mecanismo de acionamento do comutador sob carga (não mostrado) e uma ou mais entradas de medição de tensão (1E), conectadas a transformadores de potencial (TP) para medição da tensão de saída do transformador.

REIVINDICAÇÕES

1) **"SISTEMA CONJUGADO PARA MONITORAÇÃO DE TEMPERATURA E REGULAÇÃO DE TENSÃO EM TRANSFORMADORES DE POTÊNCIA, REGULADORES DE TENSÃO E CONGÊNERES EQUIPADOS COM COMUTADORES DE DERIVAÇÕES SOB CARGA",** caracterizado por um dispositivo único (D) que congrega todos os elementos necessários para desempenhar as funções de monitoração de temperaturas e regulação de tensão, incluindo uma ou mais entradas de medição de corrente de carga (1B), que se conectam a transformadores de corrente (TC) existentes no transformador, uma ou mais entradas de medição de sensores de temperatura (1C), que efetuam a leitura dos sensores de temperatura (1S) do óleo do transformador e do comutador sob carga, uma ou mais entradas de medição de posição de tap (1D), conectadas a sensores de posição (1T) existentes no mecanismo de acionamento do comutador sob carga, uma ou mais entradas de medição de tensão (1E), conectadas a transformadores de potencial (TP) para medição da tensão de saída do transformador, uma ou mais entradas de medição de contatos externos (1F), conectados a contatos de comando externos (1U) para o comutador sob carga e para os ventiladores, diversos contatos elétricos de saída (2A), para comando de ventiladores e comutador sob carga e para emissão de sinais de alarme e desligamento remotos, saídas analógicas (2B) e portas de comunicação serial (2C) para indicação remota de medições, um ou mais microcontroladores ou microprocessadores (3A), conversores analógico-digitais (3B), conversores digital-analógicos (3C), teclado (3D), display (3E) e fonte de alimentação (3F).

2) **"SISTEMA CONJUGADO PARA MONITORAÇÃO DE TEMPERATURA E REGULAÇÃO DE TENSÃO EM TRANSFORMADORES DE POTÊNCIA, REGULADORES DE TENSÃO E CONGÊNERES EQUIPADOS COM COMUTADORES DE DERIVAÇÕES SOB CARGA"**, de acordo com a reivindicação 1 caracterizado por permitir que uma mesma medição de corrente (1B) seja usada tanto para o cálculo de temperatura do enrolamento, na função de monitoração de temperaturas, quanto para o cálculo de queda de tensão na linha, na função de regulação de tensão.

3) **"SISTEMA CONJUGADO PARA MONITORAÇÃO DE TEMPERATURA E REGULAÇÃO DE TENSÃO EM TRANSFORMADORES DE POTÊNCIA, REGULADORES DE TENSÃO E CONGÊNERES EQUIPADOS COM COMUTADORES DE DERIVAÇÕES SOB CARGA"**, de acordo com a reivindicação 1 caracterizado por um mesmo conjunto de entradas de medição de sensores de temperatura (1C) efetuar a leitura tanto dos sensores de temperatura (1S) instalados no óleo do transformador, para uso na função de monitoração de temperatura do tanque principal do transformador ou regulador, quanto dos sensores de temperatura (1S) instalados no comutador sob carga, para uso na função de regulação de tensão.

4) **"SISTEMA CONJUGADO PARA MONITORAÇÃO DE TEMPERATURA E REGULAÇÃO DE TENSÃO EM TRANSFORMADORES DE POTÊNCIA, REGULADORES DE TENSÃO E CONGÊNERES EQUIPADOS COM COMUTADORES DE DERIVAÇÕES SOB CARGA"**, de acordo com a reivindicação 1 caracterizado por permitir que um mesmo conjunto de entradas de medição de contatos externos (1F) seja usado para comandar remotamente tanto o comutador

sob carga, na função de regulação de tensão, quanto os ventiladores, na função de monitoração de temperatura.

5) **"SISTEMA CONJUGADO PARA MONITORAÇÃO DE TEMPERATURA E REGULAÇÃO DE TENSÃO EM TRANSFORMADORES DE POTÊNCIA, REGULADORES DE TENSÃO E CONGÊNERES EQUIPADOS COM COMUTADORES DE DERIVAÇÕES SOB CARGA",** de acordo com a reivindicação 1 caracterizado por permitir que um mesmo conjunto de contatos elétricos de saída (2A) seja utilizado para comando de ventiladores, comando do comutador sob carga e para emissão de sinais de alarme e desligamento para as funcionalidades de regulação de tensão e de monitoração de temperatura.

6) **"SISTEMA CONJUGADO PARA MONITORAÇÃO DE TEMPERATURA E REGULAÇÃO DE TENSÃO EM TRANSFORMADORES DE POTÊNCIA, REGULADORES DE TENSÃO E CONGÊNERES EQUIPADOS COM COMUTADORES DE DERIVAÇÕES SOB CARGA",** de acordo com a reivindicação 1 caracterizado por permitir que um mesmo conjunto de saídas analógicas (2B) e portas de comunicação serial (2C) sejam empregados para indicações remotas de medições, ajustes de parâmetros e comandos para as funcionalidades de regulação de tensão e de monitoração de temperatura.

7) **"SISTEMA CONJUGADO PARA MONITORAÇÃO DE TEMPERATURA E REGULAÇÃO DE TENSÃO EM TRANSFORMADORES DE POTÊNCIA, REGULADORES DE TENSÃO E CONGÊNERES EQUIPADOS COM COMUTADORES DE DERIVAÇÕES SOB CARGA",** de acordo com a reivindicação 1 caracterizado por permitir que os mesmos microcontroladores ou microprocessadores (3A), conversores analógico-digitais (3B), conversores digital-analógicos (3C), teclado (3D), display (3E) e fonte de alimentação (3F) sejam

empregados para as funcionalidades de regulação de tensão e de monitoração de temperatura.

8) **"SISTEMA CONJUGADO PARA MONITORAÇÃO DE TEMPERATURA E REGULAÇÃO DE TENSÃO EM TRANSFORMADORES DE POTÊNCIA, REGULADORES DE TENSÃO E CONGÊNERES EQUIPADOS COM COMUTADORES DE DERIVAÇÕES SOB CARGA",** de acordo com a reivindicação 1 caracterizado por possuir uma ou mais entradas de medição de posição de tap (1D), conectadas a sensores de posição (1T) existentes no mecanismo de acionamento do comutador sob carga, e uma ou mais entradas de medição de tensão (1E), conectadas a transformadores de potencial (TP) para medição da tensão de saída do transformador, para uso na função de regulação de tensão.

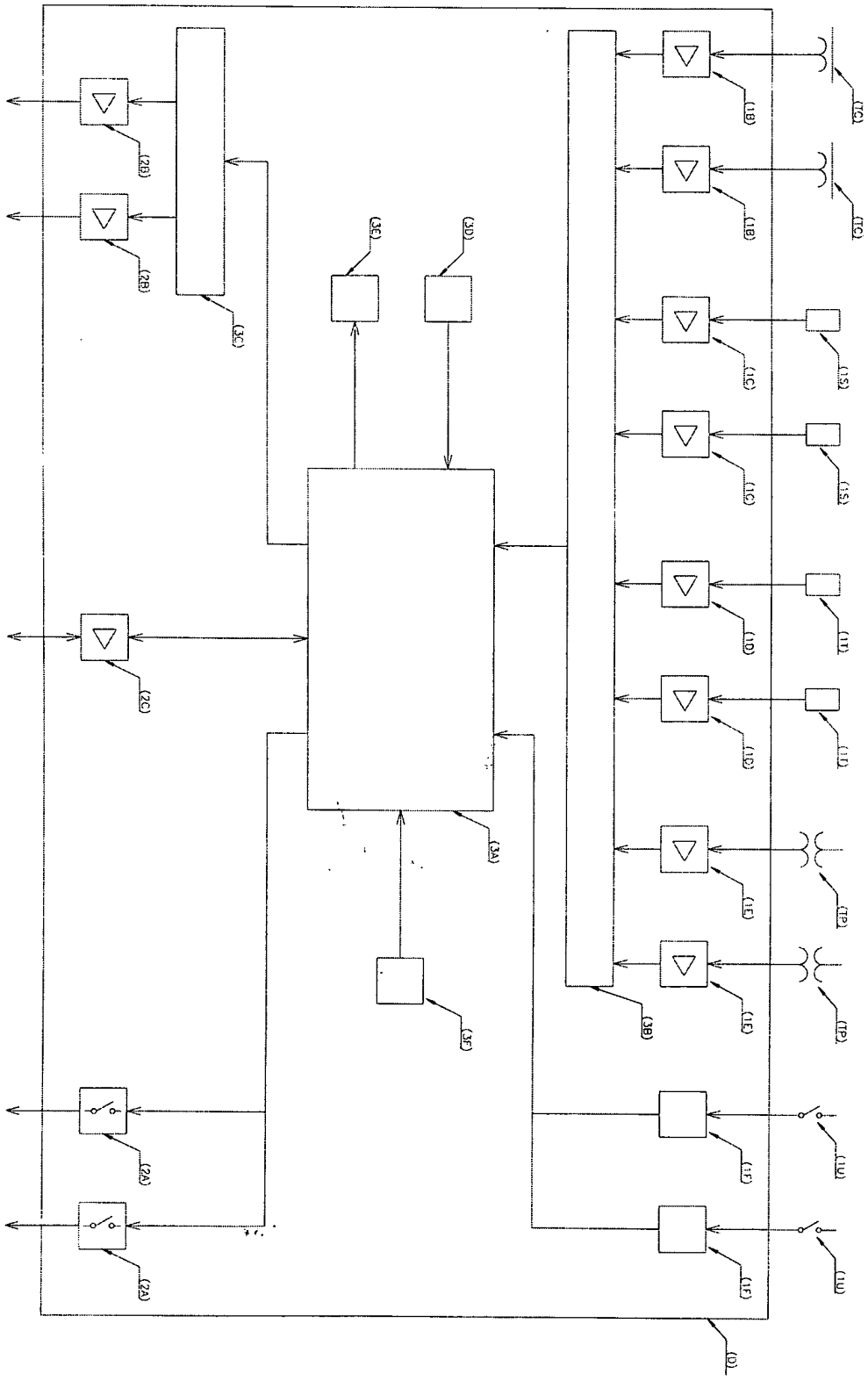

(1A)
(1B)
(1C)
(1D)
(1E)
(1F)
(1G)
(1H)
(1I)
(1J)
(1K)
(1L)
(1M)
(1N)
(1O)
(1P)
(2A)
(2B)
(2C)
(3A)
(3B)
(3C)
(3D)
(3E)
(3F)
(3G)

FIGURA 1

PI 0905132-4

RESUMO

"SISTEMA CONJUGADO PARA MONITORAÇÃO DE TEMPERATURA E REGULAÇÃO DE TENSÃO EM TRANSFORMADORES DE POTÊNCIA, REGULADORES DE TENSÃO E CONGÊNERES EQUIPADOS COM COMUTADORES DE DERIVAÇÕES SOB CARGA", notadamente de um sistema que conjuga, em um mesmo equipamento, as funções de monitoração das temperaturas do óleo do tanque principal, do óleo do comutador sob carga e dos enrolamentos e de regulação automática de tensão, controlando para isso o comutador sob carga.