



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) PI 1003877-9 B1



(22) Data do Depósito: 25/10/2010

(45) Data de Concessão: 10/11/2020

(54) Título: TRANSFORMADOR DE DISTRIBUIÇÃO TRIFÁSICO COM MEDIÇÃO INTEGRADA DE ENERGIA ELÉTRICA

(51) Int.Cl.: H01F 27/40; G08C 17/02; G01R 22/10.

(73) Titular(es): COMPANHIA ENERGÉTICA DO MARANHÃO-CEMAR; INSTITUTO DE TECNOLOGIA PARA O DESENVOLVIMENTO - LACTEC.

(72) Inventor(es): MARCELO ANTONIO RAVAGLIO; ANDRE RUBENS DE ALMEIDA; GIORDANO BRUNO WOLANIUK; ANDRÉ EUGÊNIO LAZZARETTI; LUIZ FELIPE RIBEIRO BARROZO TOLEDO; ALEXANDRE ROSA LEMOS; CHRISTIAN SCHULTZ; HEITOR HOGO DIAS MANGUEIRA; JULIO CÉSAR MENDES; AYRTON APARECIDO BARDEJA; MARCIO APARECIDO TARDIVO; EDSON ESTEVÃO DOS SANTOS.

(57) Resumo: TRANSFORMADOR DE DISTRIBUIÇÃO TRIFÁSICO COM MEDIÇÃO INTEGRADA DE ENERGIA ELÉTRICA, descreve-se a presente patente de invenção como um transformador de distribuição trifásico com medição integrada de energia elétrica que, de acordo com as suas características, propicia a formação de um transformador de distribuição trifásico (1) em estrutura própria e específica do tipo eletromecânica que integra em caixa (2) externa e solidária ao tanque do transformador de distribuição trifásico (1) um medidor de energia elétrica (4) e dispositivos eletrônicos de comunicação e transferência dos dados registrados, com vistas a possibilitar uma completa otimização nos procedimentos destinados a medir o consumo total de energia do posto de transformação, impossibilitar o acesso de consumidores ao medidor de energia, identificar e reduzir o número de fraudes na rede de baixa tensão e disponibilizar informações relativas ao monitoramento realizado na rede de baixa tensão, assim como contribuir para reduzir as perdas comerciais na distribuição de energia junto a consumidores urbanos.

“TRANSFORMADOR DE DISTRIBUIÇÃO TRIFÁSICO COM MEDIÇÃO INTEGRADA DE ENERGIA ELÉTRICA”

[001] Refere-se a presente patente de invenção a transformadores de distribuição de energia elétrica em geral, mais especificamente a um transformador de distribuição trifásico com medição integrada de energia elétrica que, de acordo com as suas características gerais, possui como princípio básico propiciar a formação de um transformador de distribuição trifásico em estrutura própria e específica do tipo eletromecânica que integra em caixa externa e solidária ao tanque do transformador de distribuição trifásico um medidor de energia e dispositivos eletrônicos de comunicação e transferência dos dados registrados, com vistas a possibilitar de forma extremamente prática, segura e precisa uma completa otimização no conjunto de procedimentos destinados a medir remotamente grandezas como tensão, corrente, potência e demanda, assim como o consumo total de energia elétrica do posto de transformação, impossibilitar o acesso de consumidores ao medidor de energia elétrica, identificar e reduzir o número de fraudes na rede de baixa tensão de energia elétrica e disponibilizar informações relativas ao monitoramento realizado na rede de baixa tensão incluindo listas de ocorrências registradas e curvas de carregamento dos postos de transformação, assim como contribuir para reduzir as perdas comerciais na distribuição de energia elétrica por parte das concessionárias de energia elétrica junto a consumidores e, tendo como base, um transformador de distribuição trifásico com grande robustez, segurança e versatilidade.

[002] O presente transformador de distribuição trifásico com medição integrada de energia elétrica apresenta design e formato específico, fácil acesso para melhor adaptação e segurança dos técnicos, características de praticidade no manuseio e funcionalidade, custos bastante acessíveis e, devido as suas características gerais e dimensões, é facilmente adaptável a uma vasta gama de redes de distribuição de energia elétrica em baixa tensão, técnicos e localidades em geral, independentes das características que apresentem.

[003] No contexto atualmente conhecido de distribuição de energia elétrica, pode-se definir perda de energia elétrica como a diferença entre a quantidade de energia

elétrica comprada ou gerada e distribuída pela concessionária de energia elétrica e a quantidade de energia elétrica efetivamente faturada aos consumidores, sendo que, estas perdas podem ser de duas naturezas:

- perdas técnicas, volume de energia despendido por efeito Joule durante o processo de distribuição de energia, causado pelas resistências internas dos condutores e equipamentos de distribuição, sendo que, existem regulamentações técnicas que descrevem como esse montante pode ser estimado; e estas perdas podem ser reduzidas através de investimento na construção de novas redes, da correta manutenção e melhor especificação dos equipamentos e da melhoria dos processos de distribuição de energia elétrica; e
- perdas comerciais ou não técnicas, montante de energia elétrica gerado mais o comprado pela concessionária e não faturado aos consumidores, descontadas as perdas técnicas, sendo que, a causa mais comum destas perdas são ligações irregulares, entretanto, erros de medição, erro de leitura, erro de faturamento ou defeito de equipamentos empregados também são possíveis.

[004] Ressalta-se que, estas perdas não técnicas provocam uma grande diminuição de receita para as concessionárias de distribuição de energia elétrica, sendo a redução destas perdas comerciais na distribuição de energia elétrica em consumidores de vital importância para o equilíbrio das concessionárias de energia elétrica. Além disso, ligações irregulares na rede de distribuição de energia elétrica representam um grande risco para a segurança pública, uma vez que alteram em muito as características da rede de energia elétrica e podem causar sérios acidentes e incêndios, por vezes fatais, principalmente os conhecidos gatos - objetos, serviços ou obras realizados sem autorização competente com o objetivo único de desviar energia elétrica, ou seja, consumir energia elétrica sem pagar por este consumo diretamente à concessionária de energia elétrica.

[005] O Comitê de Distribuição - CODI desenvolveu estudo com o objetivo de identificar todas as causas, mesmo aquelas que geram pequenos valores de perdas, de forma que uma concessionária de energia elétrica pudesse atuar, caso fosse de seu interesse, na redução de todas as causas das perdas não técnicas. As causas das

perdas não técnicas que foram identificadas para a elaboração do relatório do CODI são: falta de medição; cargas especiais; erros de medição; erros de faturamento; fraude interna; iluminação pública; desvio; ligação clandestina; e fraude. Dentre estas cabe ressaltar as mais importantes que são:

- erros de medição, erros que podem ocorrer por falha humana, quando da realização das ligações e conexões ou devido a um mau dimensionamento dos componentes de medição, ou então devido a defeitos ou desgastes nos componentes dos equipamentos de medição;
- erros de faturamento, erros que em sua maioria são compensados no mês seguinte, não ocorrendo assim perdas de energia, no entanto, algumas falhas no faturamento podem levar a perdas, como, por exemplo, no faturamento de consumo final onde os erros não poderão ser compensados devido ao encerramento do fornecimento; nas falhas de leitura cuja correção só ocorre após o sexto mês onde a recuperação é limitada e leva a uma perda de energia; e na transição decorrente da troca de medidores onde deficiências de sistema ou de procedimento podem levar a uma perda decorrente da não cobrança do resíduo de consumo do medidor retirado;
- iluminação pública, pode ser significativa, já que por serem faturadas com base em consumo estimado, sem medição, os valores de energia elétrica cobrados pelas concessionárias geram erros expressivos, devido à falta de controle das alterações introduzidas no sistema de iluminação;
- desvios, são em alguns casos de difícil detecção, pois executados com muito cuidado, exigem das concessionárias o desenvolvimento de treinamentos específicos e utilização de equipamentos especiais para facilitar sua identificação. Quando o indício do desvio leva à redução do consumo, pode-se, a partir deste fato, iniciar a verificação de sua existência, no entanto, muitas vezes, o desvio é executado desde o início da ligação, tornando bem mais difícil comprovar a sua ocorrência;
- ligação clandestina, estas ligações realizadas à revelia da empresa podem ser divididas em dois tipos e devem merecer ações de combate específicas, sendo: casos isolados, ocorrem em locais onde a concessionária já possui redes de distribuição e

atende normalmente os consumidores daquele local, sendo que, em função de dificuldades para uma ligação através dos meios normais ou à intenção do consumidor de obter o fornecimento sem o pagamento das taxas e do consumo de energia, é feita a conexão à rede de distribuição e a energia é utilizada sem nenhum registro pela concessionária; e áreas com alta incidência, trata-se de um problema econômico social; e

- fraude, ou furto de energia é o desvio da energia elétrica em pontos localizados antes da medição; adulteração dos mecanismos internos do medidor; alteração dos registros de consumo; interferência na chave de aferição; interferência na fiação dos circuitos dos sistemas de medição indireta; ligação à revelia; religação à revelia; interferência ou avaria provocada nos transformadores para instrumentos; e quaisquer outros atos provocados intencionalmente com o objetivo de diminuir o registro da energia efetivamente consumida na unidade consumidora. A prevenção e combate à fraude ou furto de energia representam um dos fatores importantes para a minimização das perdas comerciais das concessionárias de energia elétrica.

[006] É de amplo conhecimento que o cálculo do valor das perdas não técnicas é uma tarefa bastante difícil de ser realizada, já que, com raras exceções, não é possível precisar onde estão ocorrendo estas perdas e consequentemente, estimar o seu valor. Quanto às perdas decorrentes de ações praticadas pelos consumidores, elas são ainda mais difíceis de serem dimensionadas, já que são realizadas com o cuidado de não serem descobertas pelas concessionárias de energia elétrica.

[007] Ressalta-se que, nos dias atuais, diversos estudos apontam que alguns alimentadores de distribuição de energia elétrica chegam a apresentar até sessenta por cento de perdas comerciais, o que é muito significativo frente os custos operacionais das concessionárias de energia elétrica.

[008] Atualmente, são amplamente conhecidas pelo atual estado da técnica diversas tecnologias destinadas exclusivamente a minimizar e combater às perdas não técnicas, ou seja, auxiliar a fiscalização do consumo de energia elétrica e a redução das perdas comerciais na rede de distribuição de energia elétrica por parte das concessionárias de energia elétrica, entre as quais:

- medidor fiscal, equipamento destinado à medição e registro de energia ativa, possibilitando a verificação de fraudes e a medição de possíveis perdas de energia em linhas de distribuição secundárias. O equipamento é fixado ao poste e conectado ao ramal de alimentação do consumidor, fazendo uma medição paralela com o medidor do cliente (medição comparativa). Possui como vantagens: compacto, sem despertar a atenção do consumidor; fácil instalação e adequado para uso ao tempo, com grau de proteção IP65; conexão do equipamento sem interrupção do sistema; medição em sistemas elétricos de quatro fios;
- detetor de desvio de corrente (caça gato), sistema que realiza medições comparativas a fim de verificar se há desvio de corrente na entrada de serviço do consumidor;
- localizador de cabos embutidos, sistema no qual a corrente desenvolvida em um condutor gera um campo eletromagnético, que é detectado pelo equipamento, sinalizando e permitindo a identificação de desvios embutidos nas paredes da instalação do consumidor;
- lacre eletrônico, equipamento instalado no medidor de energia do consumidor, sinaliza para a concessionária, através de um leitor óptico, caso o lacre eletrônico seja rompido, sendo também um método não-invasivo de detecção de perdas comerciais;
- sonda para eletrodutos, equipamento que localiza fraudes na instalação elétrica de consumidores de baixa tensão, sendo um método invasivo, pois necessita acessar a entrada do eletroduto no ramal de alimentação do quadro de entrada de energia elétrica, para introduzir a sonda e investigar um possível desvio de corrente;
- medição remota, consiste em colocar medidores em pontos estratégicos da rede de distribuição, que registrem o montante de energia elétrica consumida a partir do ponto de instalação, sendo que, os registros são coletados periodicamente pela concessionária e comparados com os dados de faturamento. As vantagens deste método são: redução da inadimplência e diminuição dos valores de DEC e FEC; e
- medição da baixa tensão, baseada no sistema "Rede DAT", que consiste de cruzetas mais longas, com a rede de baixa tensão instalada na mesma cruzeta da

rede de média tensão, utilizando condutores multiplexados, medidor de energia total do posto de transformação e caixa de distribuição ligada e afastada do poste.

[009] Algumas concessionárias de energia elétrica têm desenvolvido experiências próprias para o monitoramento de alimentadores de distribuição, de modo a obter um maior controle e precisão no cálculo das perdas.

[0010] Aplicando-se os procedimentos definidos no relatório CODI - 19.34, Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica - Minuta do Relatório CODI 19.34 - Cálculo das Perdas Técnicas, por uma das concessionárias, estima-se a perda técnica do alimentador e por diferença, calcula-se a perda comercial. Com estes resultados é possível, no entanto, identificar que o alimentador apresenta um valor de perdas de energia elétrica superior à média da concessionária e que as perdas comerciais são bastante expressivas, indicando a necessidade do desenvolvimento de ações para combatê-las. Através desta metodologia podem ser identificados os alimentadores mais críticos, direcionando a aplicação dos recursos da empresa de forma a obter um melhor aproveitamento. Posteriormente, são feitas inspeções de campo para identificação das perdas comerciais e a confirmação do valor encontrado.

[0011] Nesta linha de atuação, pode-se definir que para um adequado combate das perdas comerciais, é necessário em primeiro lugar o conhecimento detalhado das características técnicas da rede de distribuição de energia elétrica sob concessão, a fim de estimar, com a maior exatidão possível, o montante das perdas técnicas do sistema, incluindo sua variação com a tensão de alimentação e com o ciclo de carregamento de cada posto de transformação. Além do conhecimento das características técnicas de sua rede de distribuição de energia elétrica, a concessionária de energia elétrica deve também possuir o conhecimento do perfil sócio-econômico de seus consumidores, pois áreas com baixos índices sociais apresentam maior probabilidade de fraudes nos sistemas de medição de energia elétrica. Conhecidos os montantes das perdas comerciais e as parcelas que mais contribuem na sua composição, a concessionária de energia elétrica deve buscar métodos eficientes para combatê-las.

[0012] No que se refere a publicações em documentos de patente, diversos dispositivos tais como um transformador trifásico com tanque, um gabinete acondicionador do sistema de medição, uma placa de circuito eletrônico com unidade de processamento, memória de massa e fonte de alimentação, um sensor de temperatura, um medidor digital de energia elétrica, transformadores de corrente, circuitos e um sistema de comunicação, dentre outros elementos, são revelados pelos documentos publicados sob os números WO2010077078A2, CN2829163Y, CN2476864Y e CN201584655U. Entretanto, tais publicações não descrevem nem tampouco sugerem uma solução particular e específica tal como proposta pela presente invenção, por meio de uma integração do tanque do transformador ao gabinete acondicionador, incluindo suportes de fixação, espaçamento em relação ao tanque, placa de montagem interna, bucha de passagem, abertura posterior, dentre outros elementos..

[0013] Desta forma, a concepção geral do presente transformador de distribuição trifásico com medição integrada de energia elétrica, objeto da presente patente, é baseada totalmente na sua estruturação simples e robusta com um mínimo necessário de componentes e funcionamento extremamente simplificado, seguro e otimizado, aliado aos procedimentos de manufatura e manutenção bastante práticos, de modo a gerar uma alternativa totalmente prática, barata e eficiente para os procedimentos de medições do consumo total de energia elétrica dos postos de transformação dispostos junto aos consumidores urbanos em geral de forma remota e registrando os dados diretamente em um equipamento coletor, impossibilitando qualquer tipo de acesso destes consumidores aos medidores de energia elétrica e auxiliando a identificar e reduzir drasticamente o número de fraudes nas redes de baixa tensão de energia elétrica das concessionárias de energia elétrica.

[0014] Deste modo, este transformador de distribuição trifásico indica de forma precisa e segura o consumo total de energia elétrica na rede de baixa tensão atendida em cada posto de transformação, ou seja, a concessionária de energia elétrica poderá então computar os valores mensais do consumo de energia elétrica de todos os consumidores urbanos de baixa tensão atendidos pelo posto de

transformação e comparar o valor calculado com o registrado no mesmo período pelo medidor integrado ao transformador de distribuição trifásico, permitindo, assim, a clara identificação de fraudes na sua rede de distribuição de energia elétrica.

[0015] A patente em apreço caracteriza-se por reunir componentes e processos em uma concepção diferenciada, a qual atenderá as diversas exigências que a natureza da utilização demanda, ou seja, medição do consumo total de energia elétrica dos postos de transformação de forma remota e redução dos números de fraudes nas redes de baixa tensão. Concepção esta que garante um transformador de distribuição trifásico de grande eficiência, funcionalidade, resistência, durabilidade, segurança, versatilidade, inviolabilidade e precisão em razão das excelentes qualidades técnicas agregadas, o que proporciona vantagens e melhoras nos procedimentos de medição do consumo total de energia elétrica e, principalmente redução dos números de fraudes nas redes de baixa tensão e, cujas características gerais, diferem das demais formas e modelos amplamente conhecidos pelo atual estado da técnica.

[0016] A presente patente consiste no emprego de um moderno, eficiente, seguro e funcional transformador de distribuição trifásico com medição integrada de energia elétrica formado por um conjunto de soluções elétricas e mecânicas corretamente incorporadas, compondo um transformador de distribuição trifásico completo e diferenciado com design exclusivo, detalhes de ótimo acabamento e características próprias, que incorpora uma estrutura própria e específica do tipo eletromecânica, de elevada durabilidade e resistência, formato geral paralelepipedal e contendo perfeitamente integrados e simetricamente dispostos entre si e junto ao transformador de distribuição trifásico um gabinete condicionador como elemento de acondicionamento dos dispositivos eletrônicos e de medição do conjunto de medição integrada de energia elétrica; uma placa de circuito eletrônico como elemento de comando do conjunto de medição integrada de energia elétrica; um medidor digital de energia como elemento de medição da energia elétrica consumida; uma bucha de passagem como elemento de acesso aos terminais de tensão e corrente monitoradas do enrolamento de baixa tensão do transformador de

distribuição trifásico; transformadores de corrente tipo bucha como elementos de monitoramento de toda a carga alimentada pelo transformador de distribuição trifásico; e antenas de comunicação como elementos de comunicação via rádio ou Bluetooth, de modo a viabilizar a formação de um conjunto único, completo e seguro, cujas formas e disposições internas e externas possibilitam a perfeita adaptação a uma vasta gama de redes de distribuição de energia elétrica, sendo especialmente projetado para estes fins.

[0017] O presente transformador de distribuição trifásico baseia-se na aplicação de componentes e processos em uma concepção diferenciada, sem, no entanto, atingir um alto grau de sofisticação e complexibilidade, tornando possível solucionar alguns dos principais inconvenientes das demais formas e modelos conhecidos pelo atual estado da técnica e empregados na medição do consumo total do posto de transformação (medição final), assim como na redução das perdas comerciais na distribuição de energia elétrica em consumidores urbanos através da redução do número de fraudes na rede de baixa tensão, que se situam em uma faixa de trabalho na qual as dificuldades de utilização e aplicação, a baixa eficiência e performance e os acidentes são muito frequentes e as formas e/ou modelos são baseadas em simples adaptações, sendo desta forma de relativa insegurança, grande deterioração e fragilidade, possíveis fraudes, pouca durabilidade e resistência, imprecisas, trabalhosa na aplicação, baixo rendimento, irrisória performance, custos superiores e grande desperdício de tempo.

[0018] Os objetivos, vantagens e demais características importantes da patente em apreço poderão ser mais facilmente compreendidas quando lidas em conjunto com as figuras em anexo, nas quais:

[0019] A figura 1A representa uma vista em perspectiva posterior do transformador de distribuição trifásico com medição integrada de energia elétrica.

[0020] A figura 1B representa uma outra vista em perspectiva posterior do transformador de distribuição trifásico com medição integrada de energia elétrica.

[0021] A figura 1C representa uma vista posterior do transformador de distribuição trifásico com medição integrada de energia elétrica.

[0022] A figura 1D representa uma vista lateral do transformador de distribuição trifásico com medição integrada de energia elétrica.

[0023] A figura 1E representa uma vista superior do transformador de distribuição trifásico com medição integrada de energia elétrica.

[0024] A figura 1F representa uma vista lateral em corte do transformador de distribuição trifásico com medição integrada de energia elétrica.

[0025] A figura 1G representa uma vista em perspectiva posterior em detalhe do transformador de distribuição trifásico com medição integrada de energia elétrica demonstrando em detalhe o gabinete acondicionador aberto.

[0026] A figura 1H representa uma vista em perspectiva frontal em detalhe da parte interna do gabinete acondicionador demonstrando a placa de circuito integrado e o medidor digital de energia elétrica.

[0027] A figura 1I representa uma vista em perspectiva frontal do transformador de corrente disposto junto aos terminais do enrolamento de baixa tensão.

[0028] A figura 2A representa uma vista frontal do gabinete acondicionador do transformador de distribuição trifásico com medição integrada de energia elétrica com a tampa aberta.

[0029] A figura 2B representa uma vista lateral do gabinete acondicionador do transformador de distribuição trifásico com medição integrada de energia elétrica com a tampa fechada.

[0030] A figura 3 representa o fluxograma do acesso remoto, via comunicação de curta distância, da totalização da energia elétrica consumida pelo posto de transformação e informações acumuladas na memória de massa do transformador de distribuição trifásico com medição integrada de energia elétrica.

[0031] A figura 4A representa o diagrama esquemático do circuito eletrônico do transformador de distribuição trifásico com medição integrada de energia elétrica.

[0032] A figura 4B representa o diagrama elétrico do circuito eletrônico do transformador de distribuição trifásico com medição integrada de energia elétrica.

[0033] A figura 4C representa o diagrama elétrico do circuito eletrônico do transformador de distribuição trifásico com medição integrada de energia elétrica.

[0034] A figura 4D representa o diagrama elétrico da fonte de alimentação do circuito eletrônico do transformador de distribuição trifásico com medição integrada de energia elétrica.

[0035] A figura 4E representa o diagrama elétrico da memória de massa do circuito eletrônico do transformador de distribuição trifásico com medição integrada de energia elétrica.

[0036] A figura 4F representa o diagrama elétrico das portas de comunicação do circuito eletrônico do transformador de distribuição trifásico com medição integrada de energia elétrica – cabo ótico medidor de energia; adaptador serial - módulo de comunicação Bluetooth; e porta para teste e depuração.

[0037] A figura 4G representa o diagrama elétrico dos sensores de temperatura e presença do circuito eletrônico do transformador de distribuição trifásico com medição integrada de energia elétrica.

[0038] A figura 4H representa o diagrama elétrico do rádio alternativo de 900MHz do circuito eletrônico do transformador de distribuição trifásico com medição integrada de energia elétrica.

[0039] Como se infere nas figuras em anexo que ilustram e integram o presente relatório descritivo da patente de invenção de "Transformador de Distribuição Trifásico com Medição Integrada de Energia Elétrica", na figura (1A) é apresentado o mesmo de um modo geral, compreendido por um transformador de distribuição trifásico (1) completo e de características próprias, que incorpora uma estrutura própria e específica do tipo eletromecânica, de elevada durabilidade e resistência, formato geral paralelepipedal, formas e disposições internas e externas que se adaptam a uma vasta gama de redes de distribuição de energia elétrica, e contendo perfeitamente integrados e simetricamente dispostos entre si e junto ao transformador de distribuição trifásico (1) um gabinete acondicionador (2) de formato geral paralelepipedal e disposto verticalmente, paralelamente e simetricamente centrado na parte inferior da face pósterior-exterior do tanque (1A) do transformador de distribuição trifásico (1) e entre os dois suportes de fixação (1B) do transformador de distribuição trifásico (1) no poste de sustentação através de

parafusos de segurança e a um espaçamento mínimo do tanque (1A) que reduza a transferência de calor gerado no transformador de distribuição trifásico (1); uma placa de circuito eletrônico (3) disposta verticalmente, paralelamente e simetricamente na face latero-interior do gabinete acondicionador (2); um medidor digital de energia elétrica (4) do tipo trifásico, de formato geral retangular e disposto verticalmente, paralelamente e simetricamente à placa de montagem interna (2B); uma bucha de passagem (5) de formato geral cilíndrica e disposta transpassando à abertura posterior (2C) do gabinete acondicionador (2) e a parte posterior do tanque (1A) do transformador de distribuição trifásico (1); e transformadores de corrente tipo bucha (6) de formatos gerais toroidais com relação nominal 600-5A, classe de exatidão 0,3% e dispostos horizontalmente e simetricamente alinhados a partir da extremidade posterior às buchas dos terminais de fase (X1, X2, X3) do enrolamento de baixa tensão e internamente ao tanque do transformador de distribuição trifásico (1); e sendo que, o acesso remoto ao posto de transformação automatizado para leitura remota da energia elétrica deste é realizado via comunicação de curta distância entre a placa de circuito eletrônico (3) e os dois terminais remotos - smartphones do tipo Blackberry (7) e microcomputador do tipo Netbook (8) através de um protocolo de comunicação do tipo sistema mestre-escravo, tendo o smartphones do tipo Blackberry (7) um aplicativo específico baseado em linguagem Java e o microcomputador do tipo Netbook (8) um aplicativo específico baseado na plataforma Windows e utilizando linguagem Visual Basic.net.

[0040] O gabinete acondicionador (2) é constituído por uma tampa frontal inviolável (2A) de formato geral retangular e disposta verticalmente e simetricamente centrada na face frontal do gabinete acondicionador (2) através de parafusos adequados que a tornem totalmente inviolável, uma placa de montagem interna (2B) de formato geral retangular e disposta verticalmente, paralelamente e simetricamente centrada na face pósterio-interior do gabinete acondicionador (2), uma abertura posterior (2C) de formato geral circular e disposta verticalmente e simetricamente centrada na extremidade superior da face posterior do gabinete

acondicionador (2) e uma conexão de aterramento disposta simetricamente entre o gabinete condicionador (2) e o tanque (1A) do transformador de distribuição trifásico (1).

[0041] A placa de circuito eletrônico (3) é constituída por uma unidade de processamento (3A), uma memória de massa (3B) com capacidade de armazenamento das informações necessárias por período mínimo de quarenta e cinco dias, uma fonte de alimentação (3C) com dispositivos de proteção contra curtos-circuitos internos e contra distúrbios transitórios na rede de baixa tensão, um sensor de temperatura interna (3D) de avaliação das condições operacionais do circuito eletrônico (3) e garantia da exatidão da medição de energia elétrica do posto de transformação, um sensor de violação da tampa frontal inviolável (3E), um circuito de comunicação de curta distância com tecnologia Bluetooth (3F) através de antena (3G) e utilizando um adaptador Serial – Bluetooth, um circuito de comunicação de curta distância com tecnologia par de rádios (3H) através de antena (3I) e utilizando um dispositivo Dongle de comunicação de curta distância via rádio 900 MHz com interface USB como porta serial a um microcomputador e um programa embarcado (firmware) com as funcionalidades requeridas pelo transformador de distribuição trifásico (1).

[0042] O medidor digital de energia elétrica (4) é constituído por um cabo de comunicação serial óptica interligando o medidor de energia elétrica (4) à placa de circuito eletrônico (3), de modo a realizar a medição direta dos sinais de tensão (X1, X2, X3 e NEUTRO) e a medição indireta dos sinais de corrente das fases nas buchas dos terminais X1, X2 e X3 do enrolamento de baixa tensão do transformador de distribuição trifásico (1).

[0043] A bucha de passagem (5) é constituída por oito terminais isolados, sendo interligados internamente aos quatro sinais de tensão (as três fases X1, X2, X3 e o neutro X0 da rede de baixa tensão) e quatro sinais de corrente (as três fase X1, X2 e X3 e o terminal para o fechamento da ligação em estrela), de modo a dar acesso aos terminais de tensão (X1, X2, X3 e NEUTRO) e corrente X1, X2 e X3 monitoradas do enrolamento de baixa tensão do transformador de distribuição trifásico (1).

[0044] A placa de circuito impresso (3) integrante do transformador de distribuição trifásico com medição integrada de energia elétrica possibilita o perfeito, seguro e preciso monitoramento do consumo de energia elétrica do posto de transformação e a transmissão das informações registradas diretamente para o terminal remoto - smartphones do tipo Blackberry (7) e microcomputador do tipo Netbook (8), através de comunicação via Bluetooth ou alternativamente por rádio.

[0045] O protocolo de comunicação entre o transformador de distribuição trifásico com medição integrada de energia elétrica e seus dois terminais remotos é baseado em sistema mestre-escravo, onde o transformador de distribuição trifásico (1) somente responderá comandos enviados pelos seus terminais remotos - smartphones do tipo Blackberry (7) e microcomputador do tipo Netbook (8), com formatação exclusiva, de modo a evitar acessos impróprios e fraudes na medição da energia elétrica do posto de transformação e nas demais grandezas elétricas supervisionadas.

[0046] O smartphone do tipo Blackberry (7) possibilita apenas a leitura remota periódica da energia elétrica total consumida no posto de transformação monitorado, via um circuito de comunicação de curta distância com tecnologia Bluetooth (3F), com indicações da ocorrência de violação do gabinete acondicionador (2), interrupções do fornecimento de energia elétrica e superaquecimento interno, além das datas da leitura atual e da anterior. Em complemento, deverá ser gerado um arquivo no formato "csv", para facilitar a transferência das leituras remotas realizadas com o smartphone do tipo Blackberry (7) para o sistema de processamento de dados da concessionária de energia elétrica. A cada nova leitura remota, deverão ser reinicializados os estados dos três indicadores monitorados e gravado um evento na memória de massa (3B) da placa de circuito eletrônico (3).

[0047] O microcomputador do tipo Netbook (8) possibilita a transferência dos dados acumulados na memória de massa (3B) da placa de circuito eletrônico (3), além da eventual medição de energia elétrica, em substituição ao smartphone do tipo Blackberry (7), e para o monitoramento em tempo real das grandezas elétricas

disponibilizadas no medidor digital de energia elétrica (4). A transferência dos dados acumulados na memória de massa (3B) é realizada utilizando qualquer uma das duas interfaces de comunicação de curta distância, circuito de comunicação de curta distância com tecnologia Bluetooth (3F) ou circuito de comunicação de curta distância com tecnologia par de rádios (3H). A cada quinze minutos são armazenadas as grandezas elétricas monitoradas pelo medidor digital de energia elétrica (4), incluindo a tensão e a corrente de cada fase do circuito de baixa tensão e a energia elétrica total consumida pelo posto de transformação. Adicionalmente, são armazenados na memória de massa (3B) os eventos indicativos da leitura da energia elétrica, interrupções no fornecimento de energia elétrica e eventuais ocorrências de superaquecimento interno e tentativas de violação do gabinete acondicionador (2).

[0048] O aplicativo específico do smartphone do tipo BlackBerry (7) inclui as funções para identificação do transformador de distribuição trifásico (1), apresentação em sua tela da energia elétrica total consumida e indicação da ocorrência dos eventos monitorados; assim como o aplicativo específico do microcomputador do tipo Netbook (8) inclui todas as funções para permitir a medição remota da energia elétrica, monitoramento de grandezas elétricas em tempo real, transferência dos dados acumulados na memória de massa (3B), configuração e análise de eventos registrados e análise da variação diária das tensões, correntes e energia elétrica do posto de transformação supervisionado.

[0049] O aplicativo específico do microcomputador do tipo Netbook (8) através de seus menus possibilita entre outras funções: iniciar a execução dos procedimentos de configuração dos eventos supervisionados, monitoramento em tempo real, medição remota da energia elétrica e transferência e análise dos registros armazenados na memória de massa (3B) da placa de circuito eletrônico (3), escolher o meio de comunicação a ser utilizado (Bluetooth ou rádio), assim como definir a porta serial do microcomputador do tipo Netbook (8) a ser empregada.

[0050] Cabe ressaltar que, o monitoramento implementado em tempo real pelo presente transformador de distribuição trifásico (1), possibilita uma avaliação do

desempenho da rede de baixa tensão, a partir das grandezas elétricas supervisionadas pelo medidor de energia elétrica utilizado.

[0051] Todo o circuito eletrônico aplicado no transformador de distribuição trifásico com medição integrada de energia elétrica apresenta compatibilidade eletromagnética adequada a sua aplicação como um todo, de modo a não sofrer qualquer tipo de dano durante a ocorrência de transitórios, curtos-circuitos e manobras de distribuição.

[0052] O transformador de distribuição trifásico com medição integrada de energia elétrica permanece adquirindo dados do sistema elétrico e variáveis ambientais e os guarda em memória interna de eventos, sendo um evento gerado a cada 15 minutos. Desta forma, em qualquer instante um terminal remoto - smartphone do tipo Blackberry (7) e microcomputador do tipo Netbook (8) pode se aproximar do transformador de distribuição trifásico (1) e ler estes registros de dados e os dados atuais do sistema.

[0053] Os ensaios de medição de perdas e elevação de temperatura práticos e não restritivos frente ao objeto reivindicado, baseiam-se em um estudo observacional, prospectivo e determinístico com o objetivo de avaliar a eficácia do transformador de distribuição trifásico com medição integrada de energia elétrica, assim como uma perfeita análise e interpretação da aplicação do mesmo junto as de redes de distribuição de energia elétrica em baixa tensão.

[0054] Foram realizados ensaios de medição das perdas em vazio e em curto-circuito no transformador de distribuição com medição de energia integrada, de tensão nominal 13.800-380/220 V, 30 kVA, com cinco derivações internas (13.800, 13.200, 12.600, 12.000 e 11.400). Os resultados destes ensaios são apresentados na tabela abaixo para as derivações 1, 3 e 5.

DERIVAÇÃO	PERDAS EM VAZIO (W)	CORRENTE DE EXCITAÇÃO (%)	PERDAS EM CURTO- CIRCUITO A 75 °C (W)	PERDAS TOTAIS A 75 °C (W)
1	183,5	2,73	542,0	725,5
3	183,5	2,73	569,9	753,4

5	183,5	2,73	606,1	789,6
---	-------	------	-------	-------

[0055] As perdas em vazio medidas são pouco superiores ao valor admissível padronizado pela ABNT NBR 5440 / 1999 (170 W). As demais medições atenderam aos valores admissíveis de perdas totais (740 W) e da corrente de excitação (4,3%), para a derivação de 13.800 V.

[0056] O transformador de distribuição trifásico também foi submetido ao ensaio de elevação de temperatura normalizado para a derivação de maior perda total (11.400 V). Os resultados do ensaio normalizado são apresentados na tabela abaixo, podendo-se observar que os valores de elevação de temperatura são inferiores aos padronizados para o topo do óleo isolante (50°C) e para a média dos enrolamentos (55°C).

ELEVAÇÃO DE TEMPERATURA EM RELAÇÃO AO AMBIENTE (°C)						
TOPO DO ÓLEO	TERM. H1-H2	TERM. H2-H3	TERM. H3-H1	TERM. X1-X0	TERM. X2-X0	TERM. X3-X0
40,4	43,3	46,8	47,0	52,7	51,0	52,8

[0057] Em complemento ao ensaio normalizado, transformador de distribuição trifásico com medição integrada de energia elétrica foi submetido ao ensaio de elevação de temperatura com ciclos de carga residenciais, com fator de carga 0,49 e sobrecarga de 140 %. O ciclo de carga foi simulado pela aplicação de vinte e quatro níveis de corrente aos terminais do enrolamento de alta tensão, com os terminais do enrolamento de baixa tensão curto-circuitados. Não foram aplicadas as perdas em vazio do transformador neste ensaio.

[0058] Na aplicação de ciclos de carga residenciais de 140 %, observa-se que a elevação de temperatura do topo do óleo atinge a máxima de quase 60 °C, ao final da ponta de carga. Neste momento, as elevações de temperatura média dos enrolamentos e do ponto mais quente atingem respectivamente 72 °C e 85 °C. Deve-se notar que a ponta do ciclo de temperatura determinado para o transformador de distribuição é atrasada em relação ao ciclo de carregamento imposto. Mesmo após a redução da carga aplicada, a temperatura do óleo isolante continua em elevação.

[0059] Na verdade, este ensaio foi realizado para avaliar a temperatura interna do gabinete metálico onde serão instalados os circuitos eletrônicos do transformador

proposto neste projeto. Neste caso, observa-se que a elevação de temperatura máxima ocorre após a ponta de carga do ciclo residencial simulado, atingindo o valor de aproximadamente 15 °C. Assim, pode-se estimar que a temperatura interna do gabinete condicionador (2) não ultrapasse aproximadamente 55 °C, mesmo em dias com sol muito forte.

[0060] Desta forma, o transformador de distribuição trifásico com medição integrada de energia elétrica possui a placa de circuito integrado (3) e o medidor digital de energia elétrica (4) especialmente concebidos para possibilitar a precisa e segura leitura remota de grandezas elétricas monitoradas, através de comunicação de curta distância via interface Bluetooth ou interface rádio. Estes dois dispositivos digitais poderão ser utilizados, indistintamente, para a leitura remota periódica da energia elétrica consumida no posto de transformação, com indicações de eventuais ocorrências de violações do gabinete condicionador (2), interrupções do fornecimento de energia elétrica e superaquecimento interno, além das datas da leitura atual e da anterior. Em complemento é gerado um arquivo no formato "csv" que facilita a transferência das leituras remotas realizadas com esses dispositivos para o sistema de processamento de dados da concessionária de energia elétrica.

[0061] Ressalta-se ainda que, através de qualquer uma das duas interfaces de comunicação de curta distância via Bluetooth ou rádio é possível que o computador portátil ou similar também seja empregado para a configuração dos eventos supervisionados, transferência dos dados armazenados na memória de massa e acompanhamento em tempo real das grandezas elétricas monitoradas pelo transformador de distribuição trifásico com medição integrada de energia elétrica.

[0062] O transformador de distribuição trifásico com medição integrada de energia elétrica, por possuir os seus componentes totalmente integrados entre si, monta-se e desmonta-se com segurança, nada se despreza e nada tem para quebrar ou entortar, alcança-se um alto índice de desempenho e eficiência, aliado a alta durabilidade e absoluta segurança. Depois de totalmente integrados entre si, os componentes ficam presos e coesos, impedindo desta maneira que se soltem sozinhos quando em uso, ficando o conjunto totalmente disponível para as operações de medição do consumo

total do posto de transformação, assim como da redução das perdas comerciais na distribuição de energia elétrica em consumidores urbanos e rurais através da redução do número de fraudes na rede de baixa tensão. Desta maneira, o transformador de distribuição trifásico (1) pode ser utilizado sem preocupação de quaisquer naturezas, principalmente quanto à durabilidade e segurança dos seus componentes.

[0063] Pelo tudo que foi exposto trata-se de um equipamento que será bem recebido pelas empresas concessionárias de energia elétrica e similares em geral, pois o transformador de distribuição trifásico com medição integrada de energia elétrica apresenta inúmeras vantagens, tais como: grande segurança, confiabilidade e agilidade na aplicação; grande rendimento e performance na sua aplicação em virtude de sua concepção geral; elevado conforto, comodidade e segurança aos técnicos; altíssima resistência e durabilidade geral, aliado a um baixo ou nenhum desgaste do conjunto como um todo; custos totalmente acessíveis o que possibilita uma ótima relação custo/benefício; prática e segura utilização por qualquer técnico; grande faixa de alcance; baixíssima e prática manutenção geral; perfeita e direta adaptação aos mais diversos tipos de redes de distribuição de energia elétrica em baixa tensão em geral; elevadíssima precisão operacional; medição remota do consumo total de energia elétrica do posto de transformação; elevada ergonomia operacional; segura e precisa identificação do número de fraudes na rede de baixa tensão de energia elétrica; completa inviolabilidade do conjunto de medição integrada de energia elétrica; impossibilitar de acesso dos consumidores ao medidor de energia elétrica; medição remota do consumo mensal de energia elétrica do posto de transformação; excelente redução das perdas comerciais na distribuição de energia elétrica; e a certeza de se ter um transformador de distribuição trifásico (1) que atenda plenamente as legislações e normas vigentes e as condições básicas necessárias a sua aplicação.

[0064] Todos estes atributos permitem classificar o transformador de distribuição trifásico com medição integrada de energia elétrica, como um meio totalmente versátil, eficiente, prático e seguro para realização da medição do consumo total de

energia elétrica do posto de transformação e redução das perdas comerciais na distribuição de energia elétrica em consumidores urbanos e rurais de uma vasta gama de redes de distribuição de energia elétrica de baixa tensão disposta nos mais diversos tipos de locais, independente das características gerais que estes possam apresentar, sendo ainda de grande facilidade de aplicação e manuseio, aliada a grande performance e excelentes características gerais; contudo as medidas, dimensões e quantidades podem variar de acordo com as necessidades de cada aplicação.

REIVINDICAÇÕES

1.) “TRANSFORMADOR DE DISTRIBUIÇÃO TRIFÁSICO COM MEDIÇÃO INTEGRADA DE ENERGIA ELÉTRICA”, compreendido por um transformador de distribuição trifásico (1), um tanque (1A) do dito transformador de distribuição trifásico (1), um gabinete acondicionador (2) de medidor digital de energia elétrica (4) do tipo trifásico, uma placa de circuito eletrônico (3) com uma unidade de processamento (3A), uma memória de massa (3B) com capacidade de armazenamento das informações necessárias por período mínimo de quarenta e cinco dias, uma fonte de alimentação (3C) com dispositivos de proteção contra curtos-circuitos internos e contra distúrbios transitórios na rede de baixa tensão, e um sensor de temperatura interna (3D) de avaliação das condições operacionais do circuito eletrônico (3) e da exatidão da medição de energia elétrica do posto de transformação, um circuito de comunicação de curta distância com tecnologia Bluetooth (3F) através de antena (3G) e utilizando um adaptador Serial – Bluetooth, um circuito de comunicação de curta distância com tecnologia par de rádios (3H) através de antena (3I) e utilizando um dispositivo Dongle de comunicação de curta distância via rádio 900 MHz com interface USB como porta serial a um microcomputador, um medidor digital de energia elétrica (4), e transformadores de corrente tipo bucha (6), caracterizado por:

o dito transformador de distribuição trifásico (1) incorporar uma estrutura do tipo eletromecânica, de formato paralelepipedal e contendo integrados e simetricamente dispostos entre si e junto ao dito transformador de distribuição trifásico (1) o gabinete acondicionador (2) de formato paralelepipedal e disposto verticalmente, paralelamente e simetricamente centrado na parte inferior da face pósterio-exterior do dito tanque (1A) do transformador de distribuição trifásico (1) e entre os dois suportes de fixação (1B) do transformador de distribuição trifásico (1) no poste de sustentação através de parafusos de segurança e a um espaçamento do tanque (1A) de redução da transferência de calor gerado no transformador de distribuição trifásico (1);

a dita placa de circuito eletrônico (3) ser disposta verticalmente,

paralelamente e simetricamente na face latero-interior do dito gabinete acondicionador (2);

o dito medidor digital de energia elétrica (4) do tipo trifásico, de formato retangular ser disposto verticalmente, paralelamente e simetricamente à uma placa de montagem interna (2B);

uma bucha de passagem (5) de formato geral cilíndrica ser disposta transpassando à abertura posterior (2C) do gabinete acondicionador (2) e a parte posterior do tanque (1A) do transformador de distribuição trifásico (1); e

os ditos transformadores de corrente tipo bucha (6) de formatos toroidais com relação nominal 600-5A, classe de exatidão 0,3% serem dispostos horizontalmente e simetricamente alinhados a partir da extremidade posterior às buchas dos terminais de fase (X1, X2, X3) do enrolamento de baixa tensão e internamente ao dito tanque (1A) do transformador de distribuição trifásico (1); e

sendo que, o acesso remoto ao posto de transformação automatizado para leitura remota da energia elétrica deste é disposto via comunicação de curta distância entre a placa de circuito eletrônico (3) e os dois terminais remotos - smartphones do tipo Blackberry (7) e microcomputador do tipo Netbook (8) através de um protocolo de comunicação do tipo sistema mestre-escravo, tendo o smartphones do tipo Blackberry (7) um aplicativo baseado em linguagem Java e o microcomputador do tipo Netbook (8), e um aplicativo específico baseado na plataforma Windows e utilizando linguagem Visual Basic.net;

sendo que, o dito gabinete acondicionador (2) é constituído por uma tampa frontal inviolável (2A) de formato geral retangular e disposta verticalmente e simetricamente centrada na face frontal do gabinete acondicionador (2) através de parafusos adequados de inviolabilidade, uma placa de montagem interna (2B) de formato geral retangular e disposta verticalmente, paralelamente e simetricamente centrada na face pósterio-interior do gabinete acondicionador (2), uma abertura posterior (2C) de formato geral circular e disposta verticalmente e simetricamente centrada na extremidade superior da face posterior do gabinete acondicionador (2) e uma conexão de aterramento disposta simetricamente entre o gabinete

acondicionador (2) e o tanque (1A) do transformador de distribuição trifásico (1);

a dita placa de circuito eletrônico (3) compreender um sensor de violação da tampa frontal inviolável (3E), e um programa embarcado (firmware) com as funcionalidades requeridas pelo dito transformador de distribuição trifásico (1);

o dito medidor digital de energia elétrica (4) ser constituído por um cabo de comunicação serial óptica interligando o dito medidor de energia elétrica (4) à dita placa de circuito eletrônico (3), de modo a realizar a medição direta dos sinais de tensão (X1, X2, X3 e NEUTRO) e a medição indireta dos sinais de corrente das fases nas buchas dos terminais X1, X2 e X3 do enrolamento de baixa tensão do dito transformador de distribuição trifásico (1); e

a bucha de passagem (5) ser constituída por oito terminais isolados, sendo interligados internamente aos quatro sinais de tensão (as três fases X1, X2, X3 e o neutro X0 da rede de baixa tensão) e quatro sinais de corrente (as três fase X1, X2 e X3 e o terminal para o fechamento da ligação em estrela), de modo a dar acesso aos terminais de tensão (X1, X2, X3 e NEUTRO) e corrente X1, X2 e X3 monitoradas do enrolamento de baixa tensão do transformador de distribuição trifásico (1).

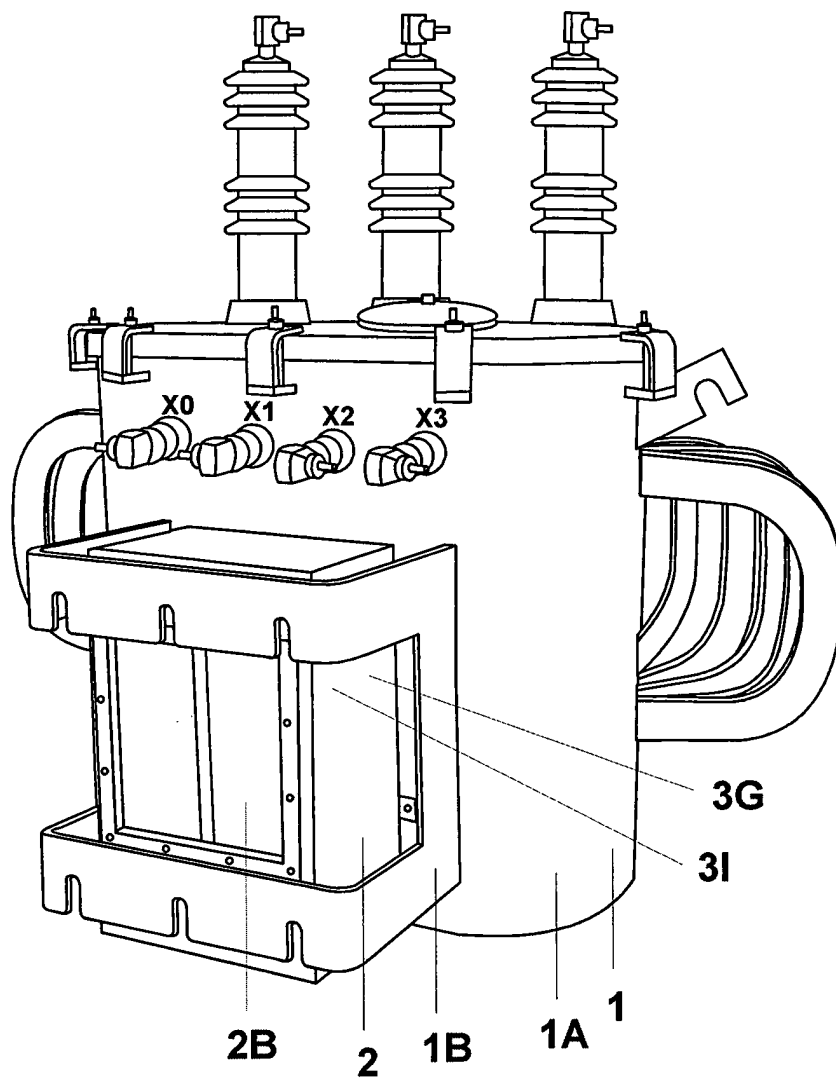


Fig.1A

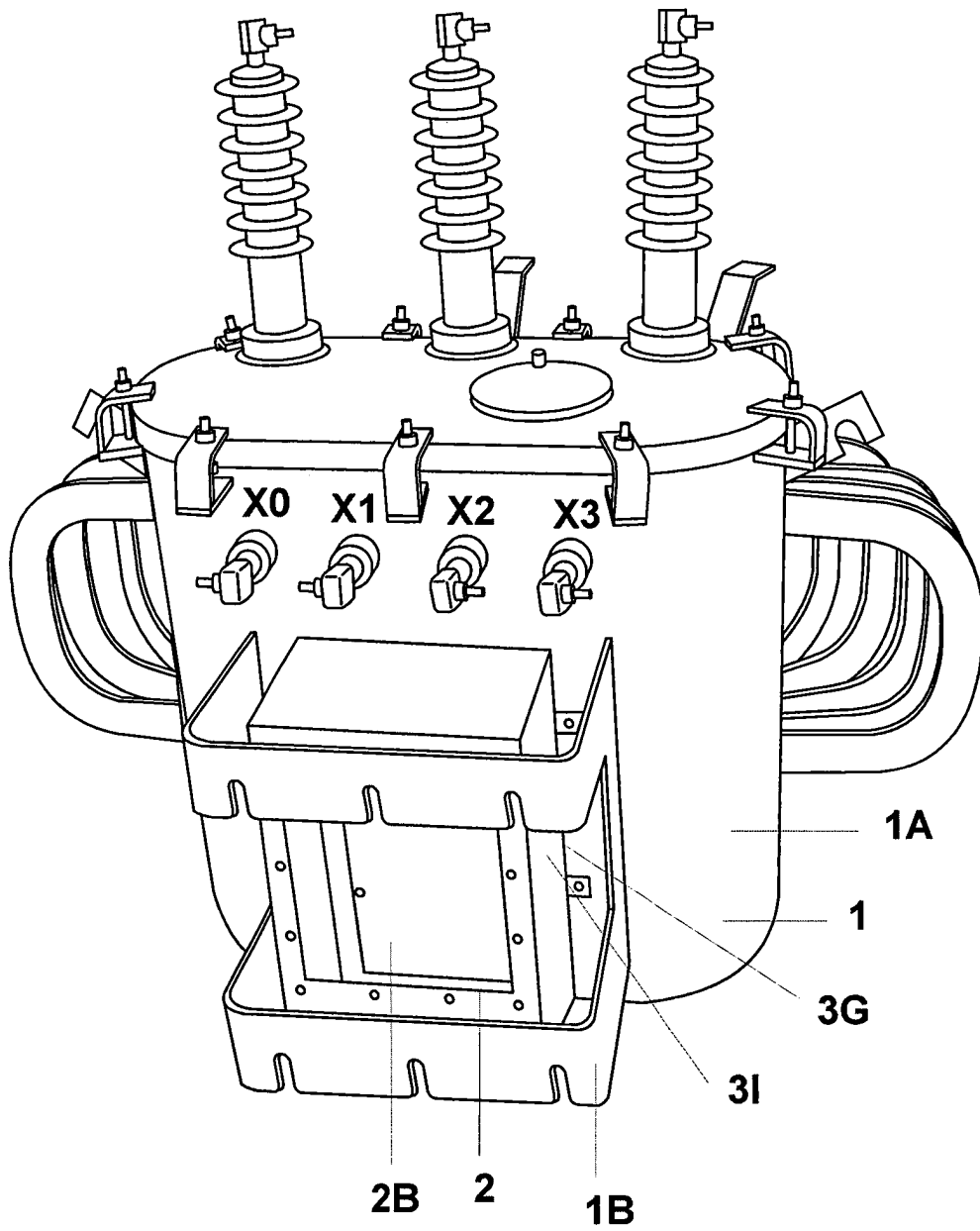


Fig.1B

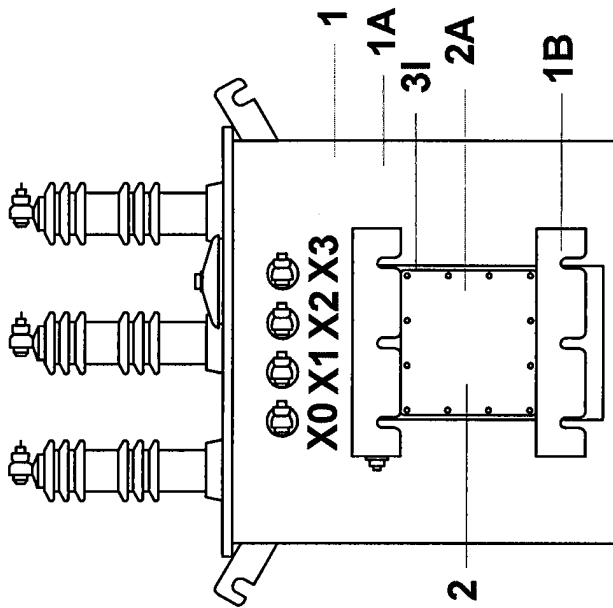


Fig. 1C

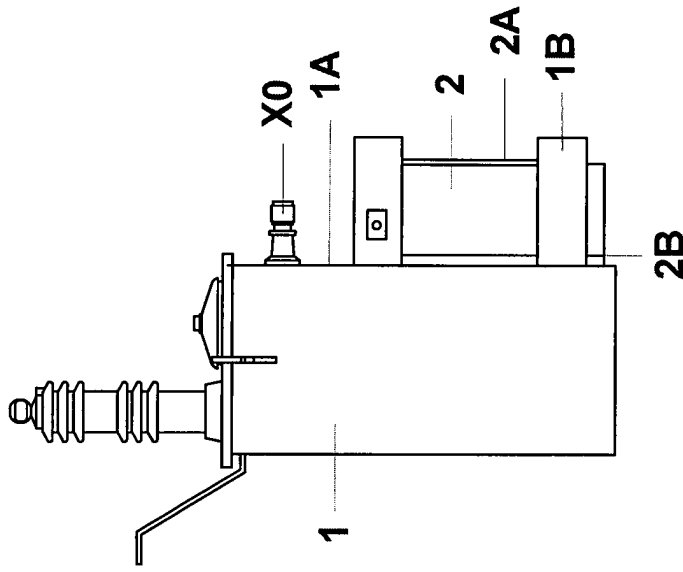


Fig. 1D

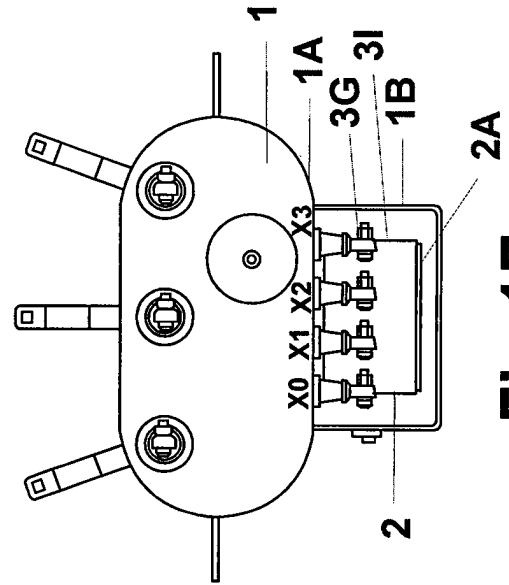


Fig. 1E

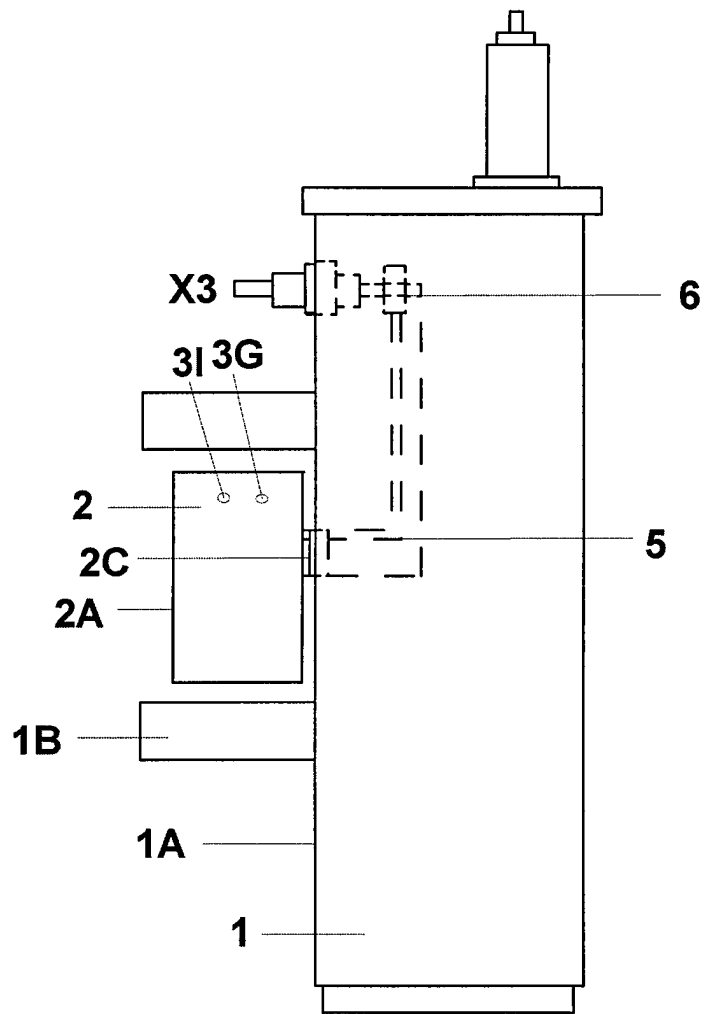


Fig.1F

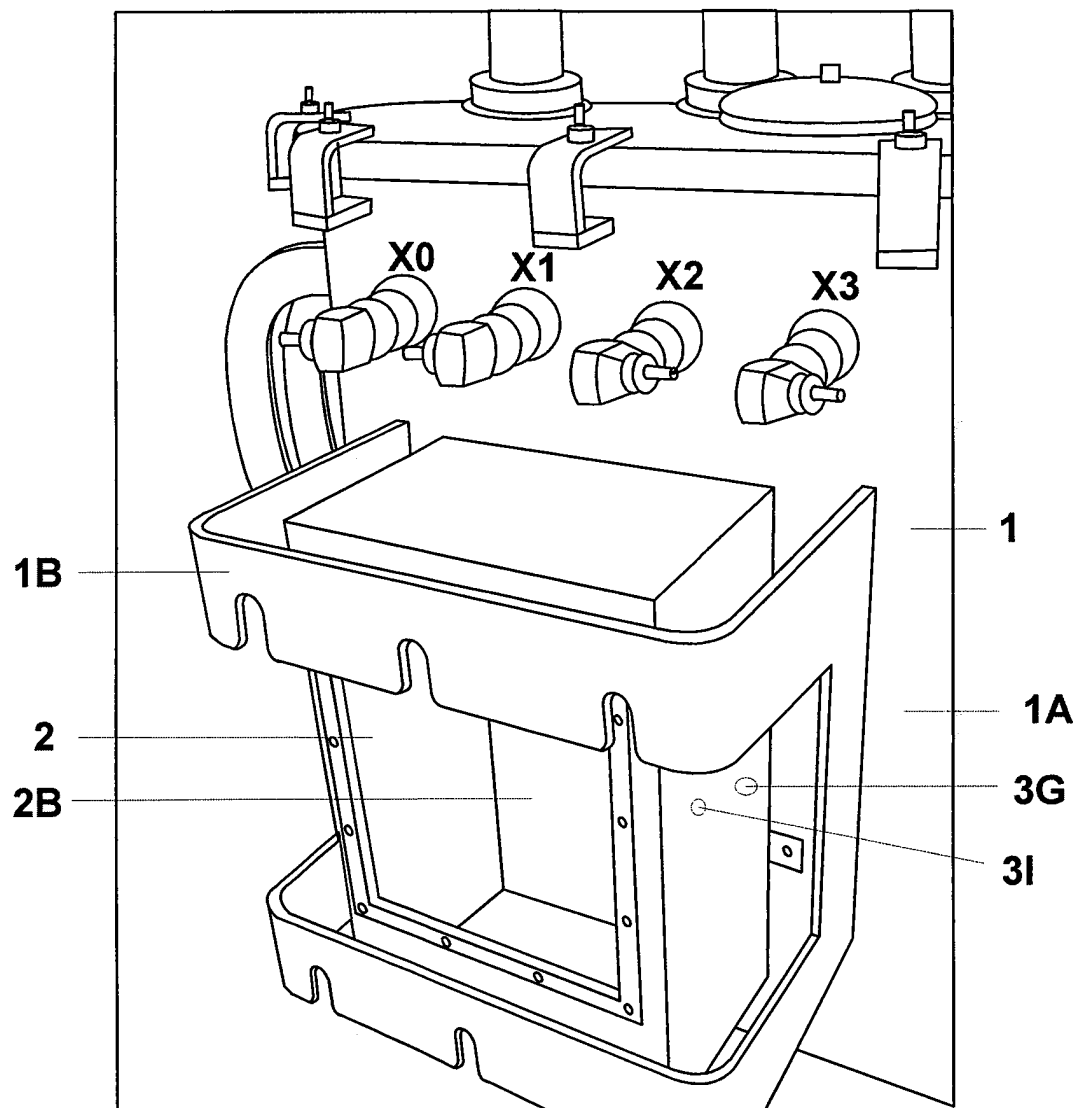


Fig.1G

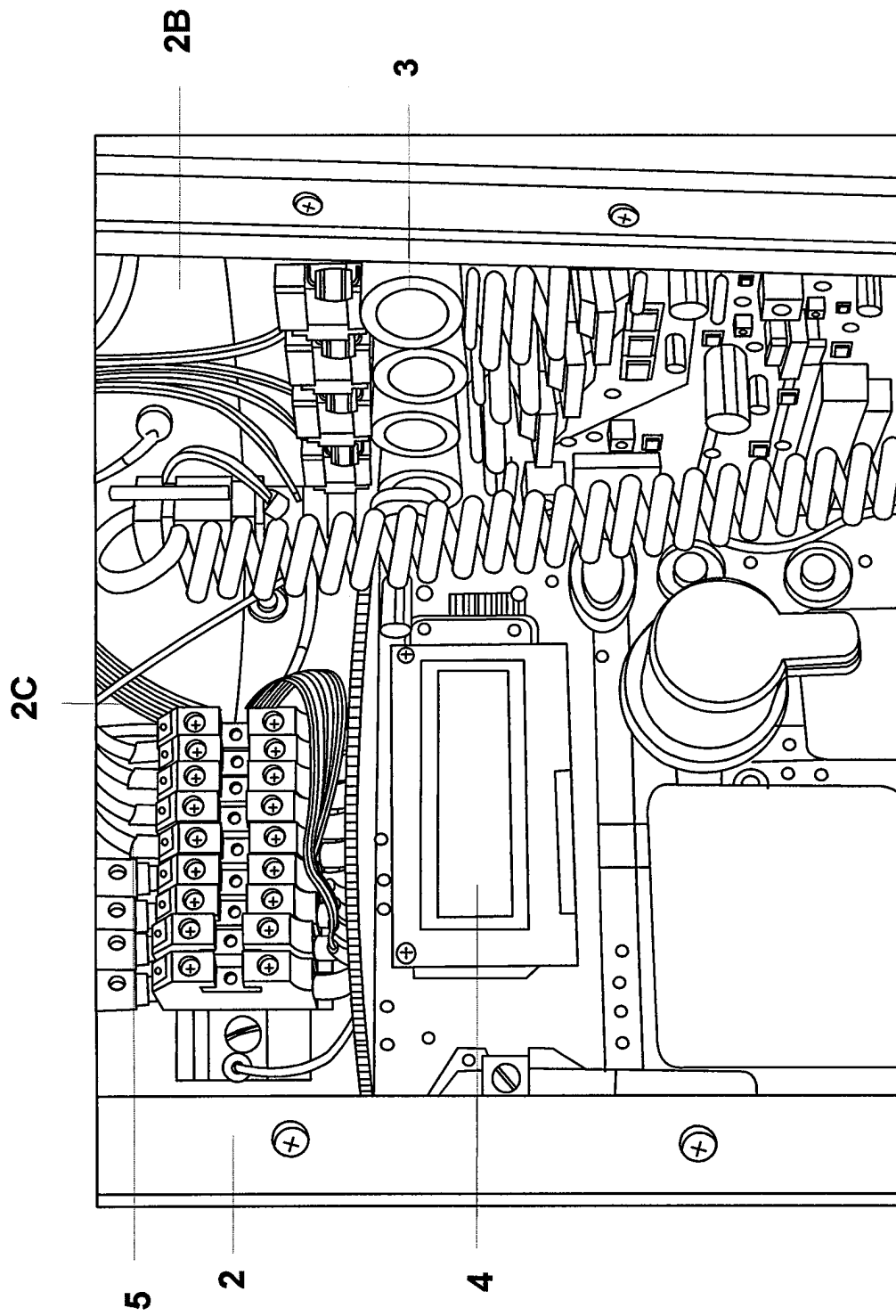


Fig.1H

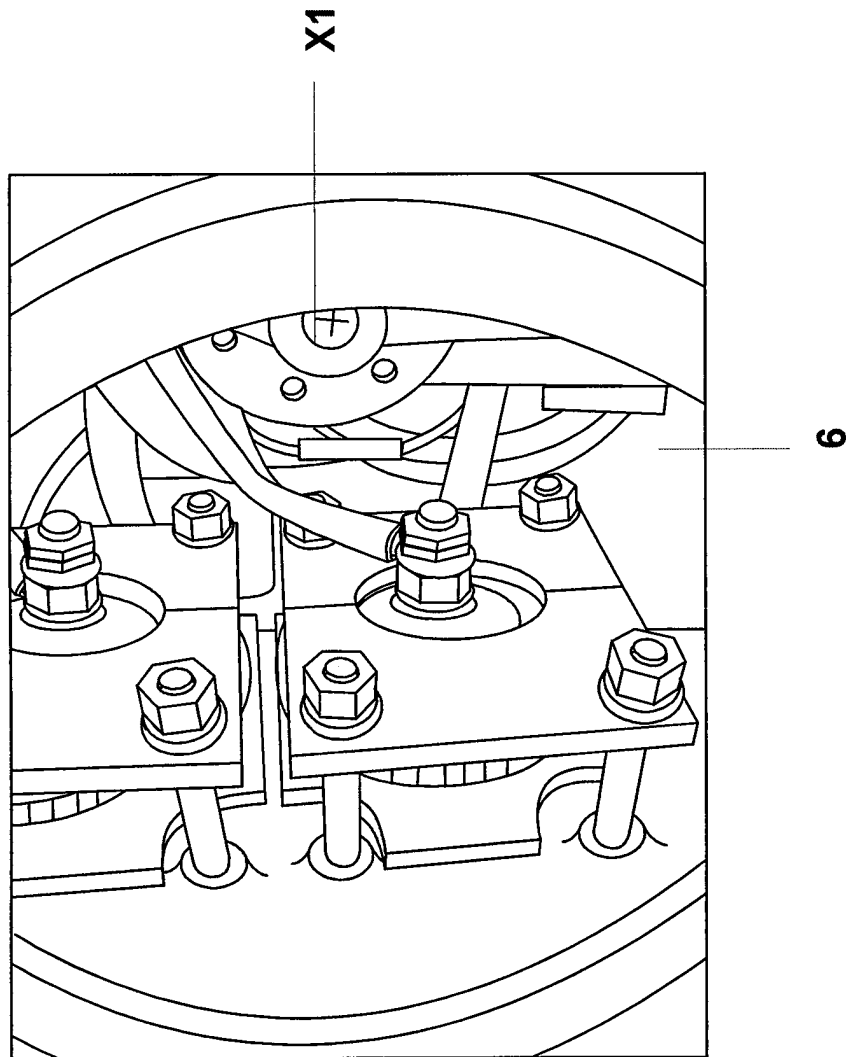


Fig.1I

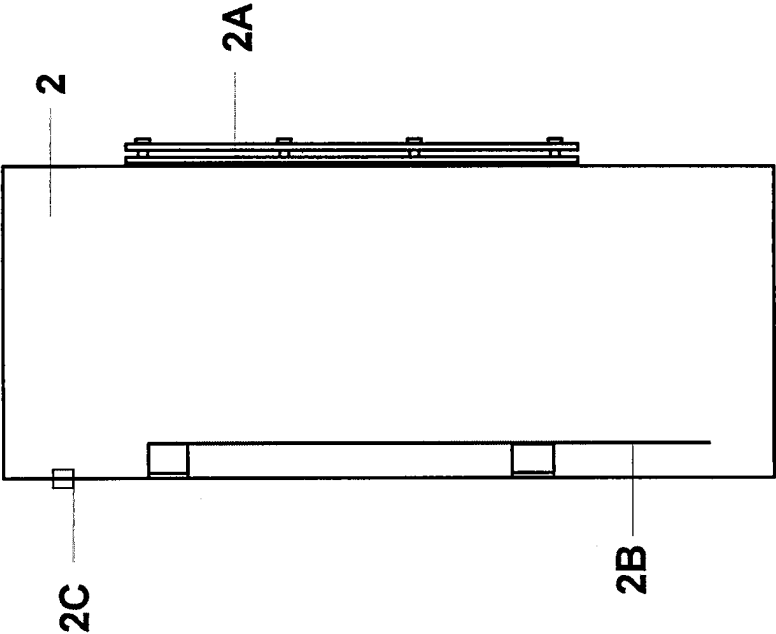


Fig. 2B

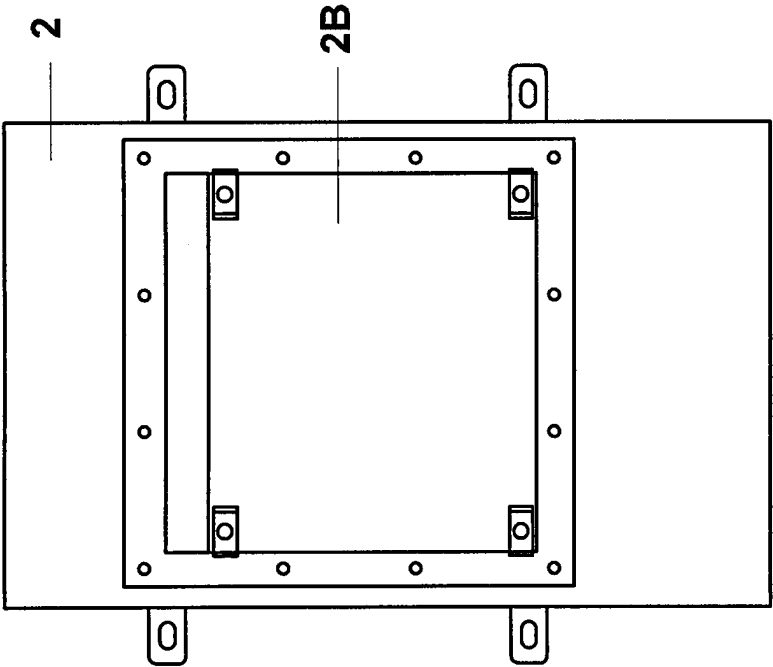


Fig. 2A

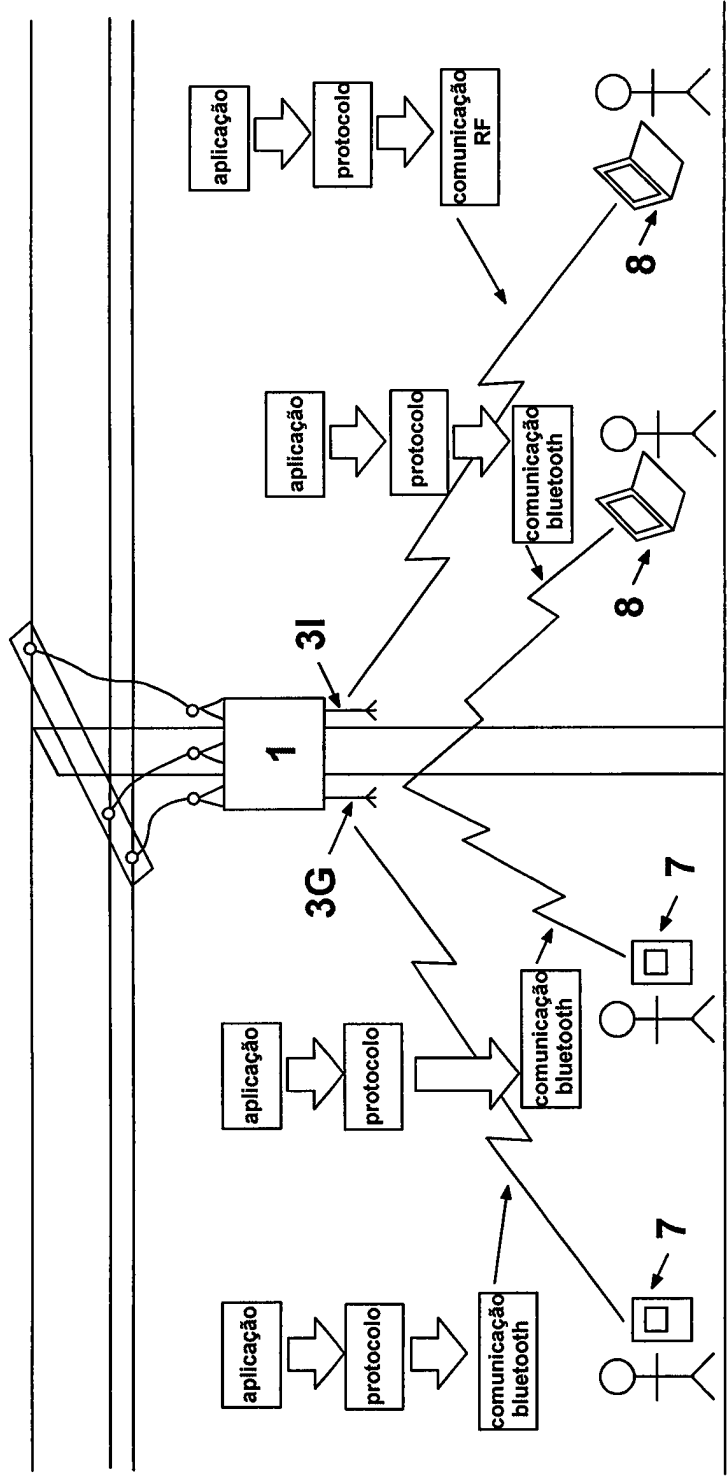


Fig.3

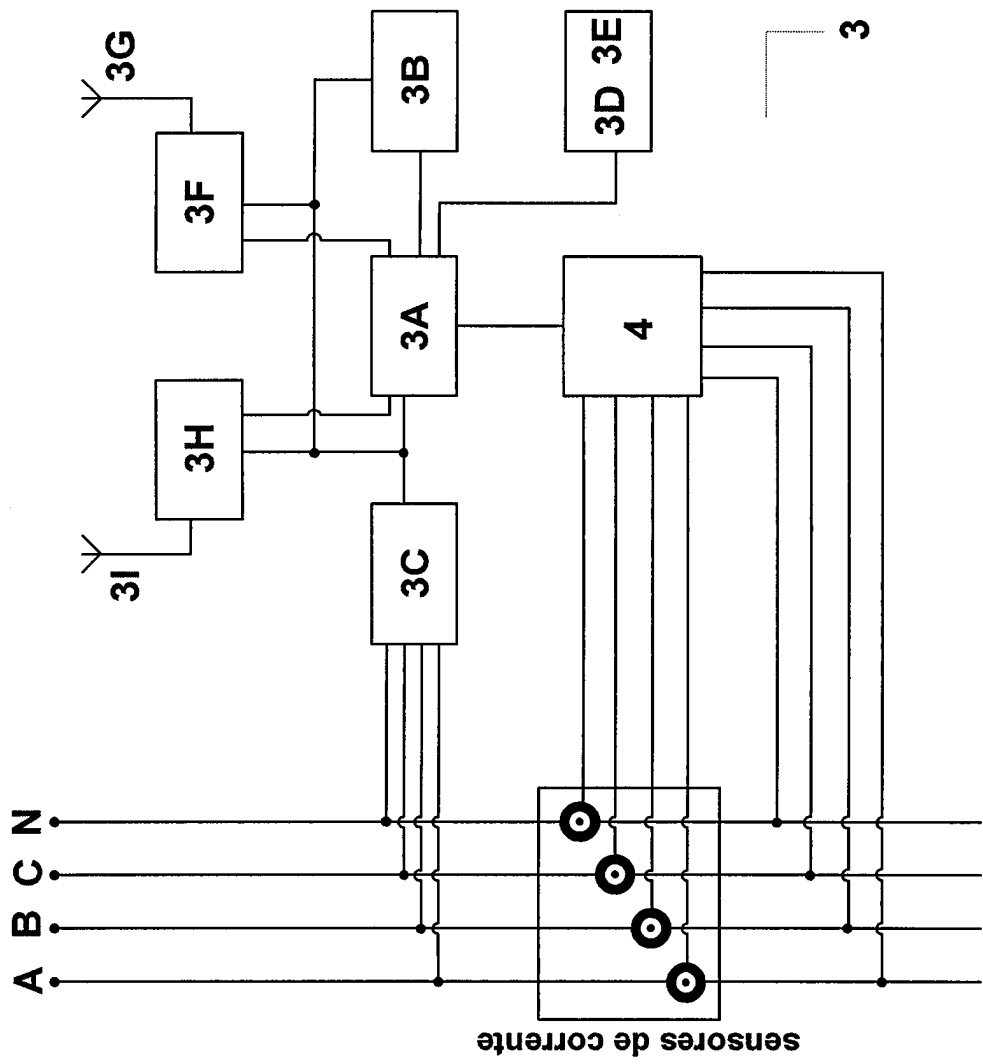


Fig.4A

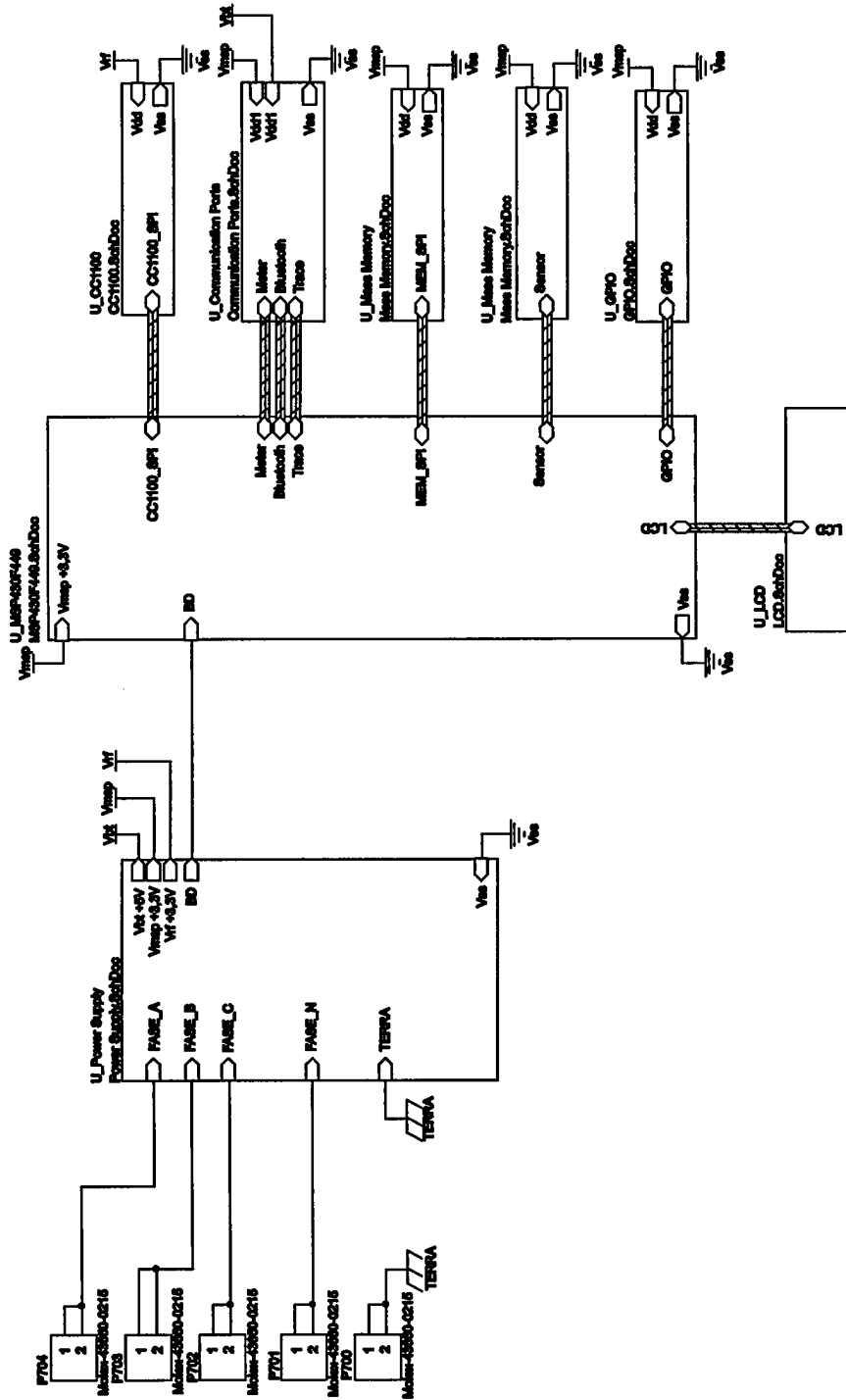


Fig.4B



Fig. 4C

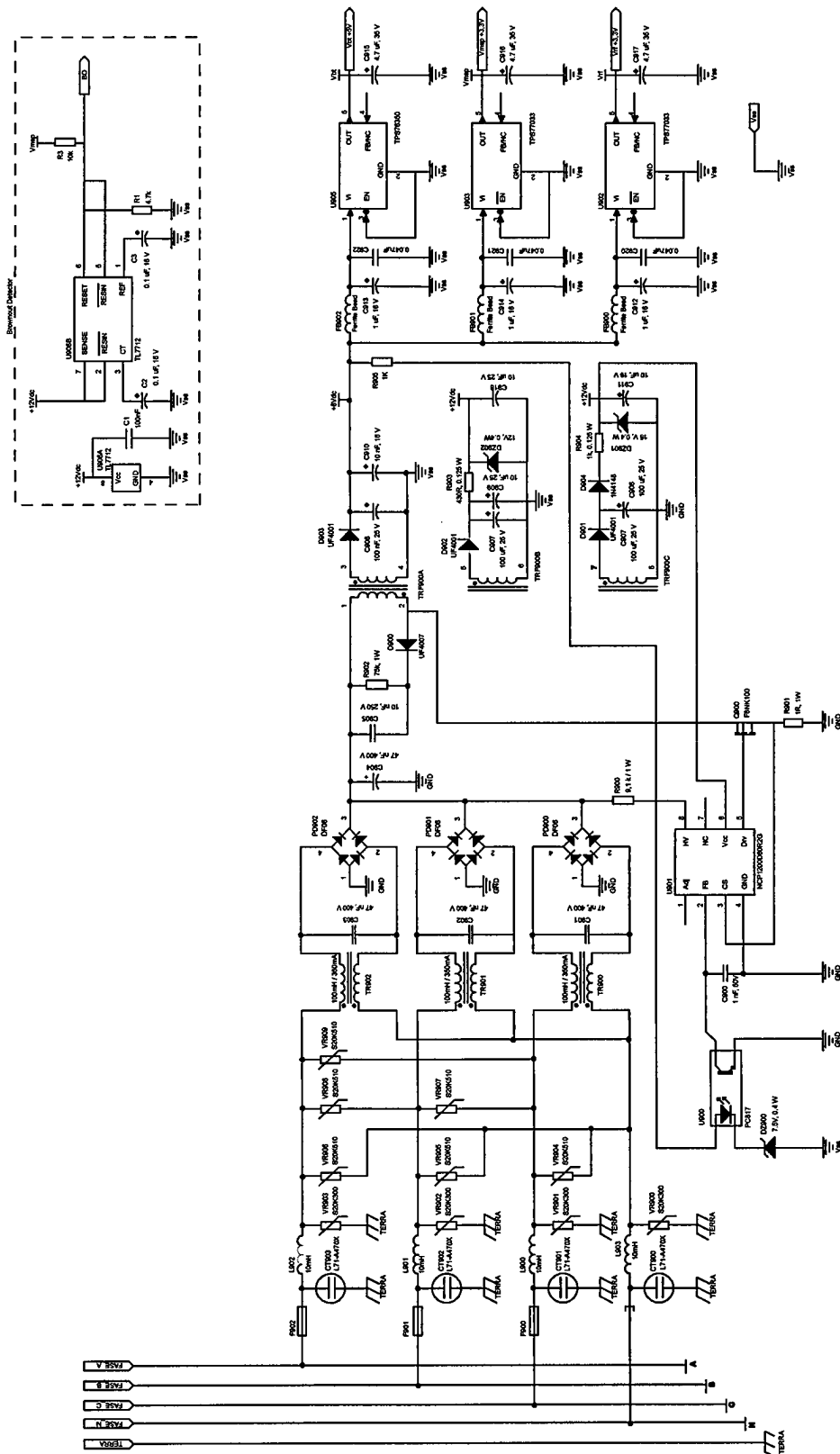


Fig.4D

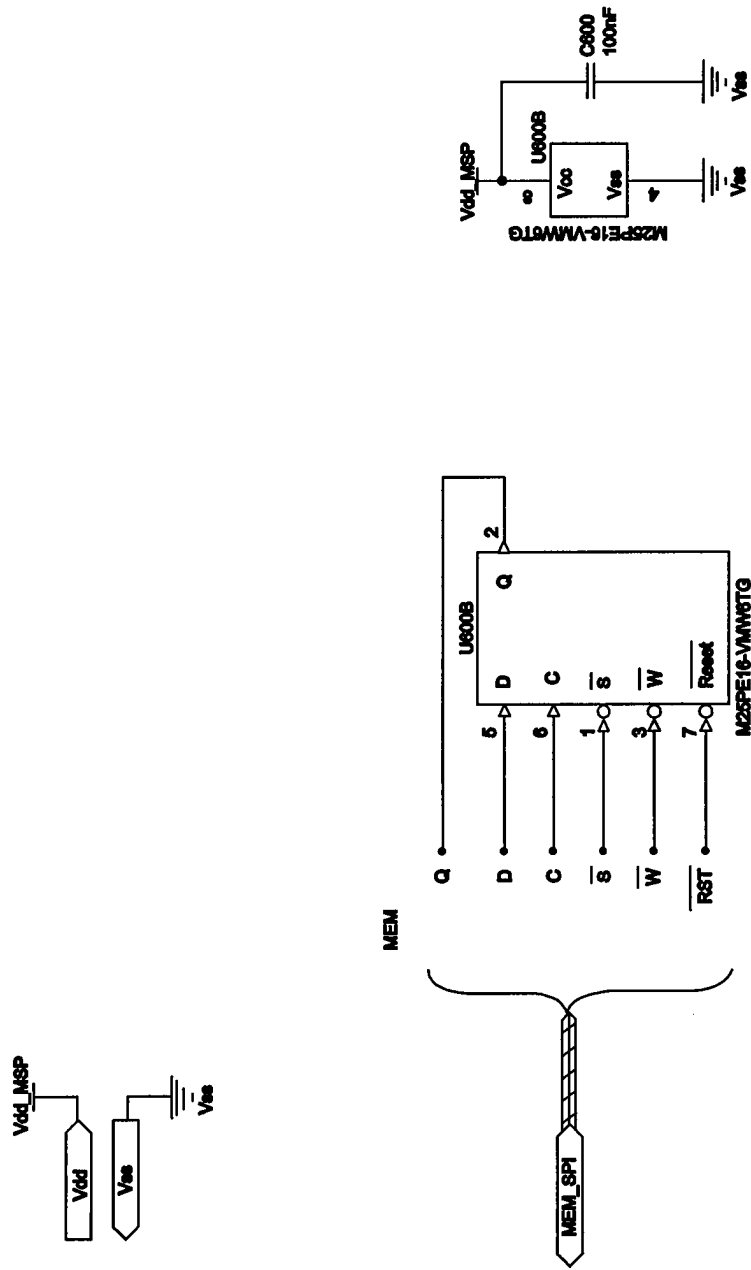


Fig.4E

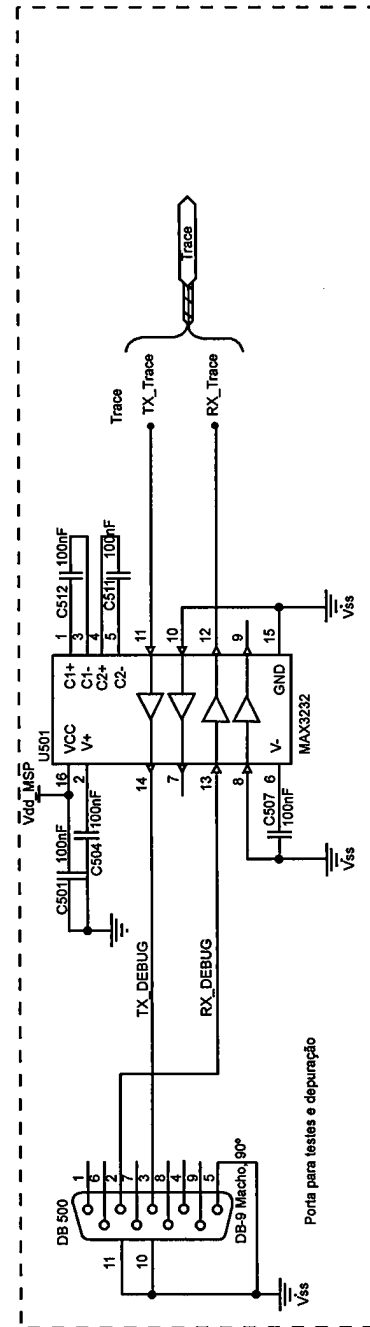
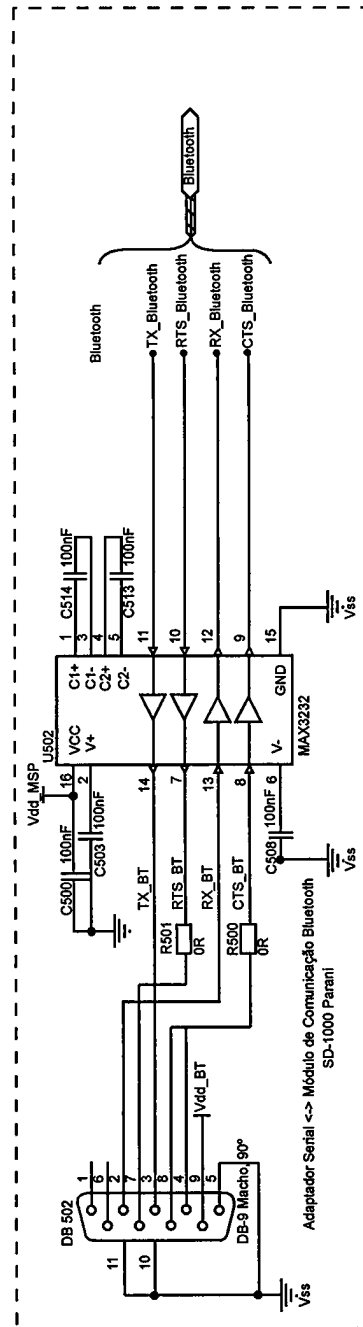
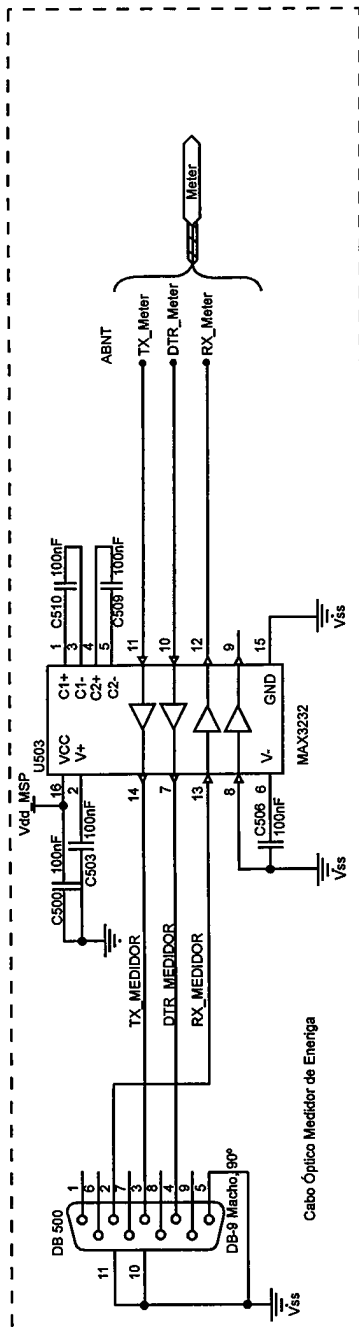
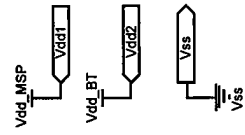


Fig.4F

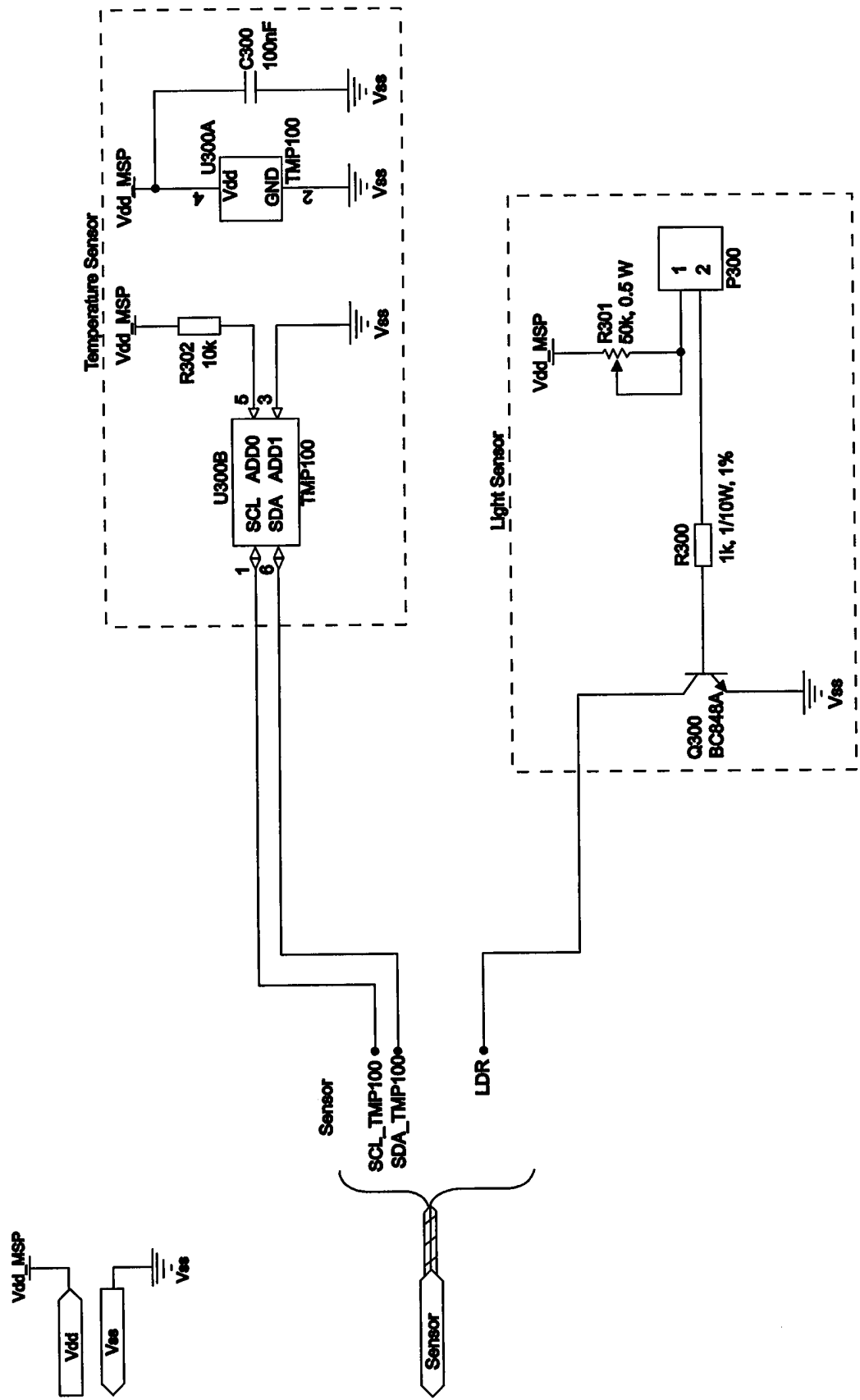


Fig.4G

