

“APARELHO PARA MEDIÇÃO ONLINE DE CAMPO MAGNÉTICO E MÉTODO E SISTEMA PARA CONTROLE ONLINE DE CAMPO MAGNÉTICO EM USINAS DE BENEFICIAMENTO DE MINÉRIO DE FERRO”

CAMPO DA INVENÇÃO

[001] A presente invenção diz respeito a um aparelho para medição online de campo magnético. Mais particularmente, a presente invenção diz respeito a um método e sistema para controle online de campo magnético em usinas de beneficiamento de minério de ferro.

FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO

[002] Até os dias atuais, um operador, tendo que medir o campo magnético nas usinas de beneficiamento de minério de ferro, deveria se expor aos riscos inerentes da atividade, pois ainda existe a necessidade de se dirigir presencialmente até as bobinas de um separador magnético e realizar a medição por um aparelho portátil denominado gaussímetro. Uma vez que este aparelho não mede diretamente o campo magnético, o feedback continua sendo realizado indiretamente, por meio de inferência - que nem sempre retrata o valor real da variável - com base em informações obtidas pela medição de corrente elétrica.

[003] Ainda, toda vez que o operador tem de efetuar a medição do campo magnético nas usinas de beneficiamento de minério de ferro, faz-se necessário efetuar o bloqueio do separador magnético, devido à exposição aos riscos inerentes da atividade, como acima mencionado. Logo, o período de tempo gasto com bloqueio e depois com desbloqueio do separador magnético é algo indesejável nesta área, e que, idealmente, deveria ser suprimido.

[004] **Fig. 1** ilustra um separador magnético bastante conhecido no estado da técnica, também denominado de concentrador magnético a úmido de alta intensidade ou JONES, que usa propriedade magnética

para fazer a separação das espécies minerais. As partículas magnéticas são atraídas pelo campo magnético formado pelas bobinas do separador e formam o concentrado; e, por outro lado, as partículas não magnéticas são descartadas por arraste hidráulico e gravidade, formando o rejeito.

[005] Em uma configuração particular conhecida no estado da técnica, apenas como exemplo, um separador magnético seria composto de: blocos por rotor, sendo 27 no rotor superior e 27 no rotor inferior; placas de imantação com ranhuras espaçadas em 2,5 mm e 1,5 mm; caixa de alimentação posicionada sobre o campo magnético; caixa de pressão do médio posicionada no final do campo magnético, onde o médio é responsável pelo descarte de partículas mistas por ação entre forças competitivas; caixa de lavagem de concentrado posicionada na zona magnética neutra; filtros de água de concentrado e do médio; 4 bobinas eletromagnéticas; retificador de corrente (cuja saída alimentada com correntes de 300 A é ligada às 4 bobinas do separador magnético na configuração paralelo, e assim cada bobina drena da fonte 75 A em condições normais, como é observado pelo circuito elétrico da **Fig. 2**); e, ventiladores.

[006] Para que o separador magnético separe o minério de ferro da sílica, o mesmo trabalha com ajuste de corrente elétrica próximo de 300 A, e se espera um campo magnético na sua parte central próximo de 9000 GAUSS.

[007] A título de exemplo, o documento ZA 92/3498 diz respeito a um aparelho incluindo uma célula de carga e um ímã permanente que é ligado à célula de carga. Esta célula fica localizada em inúmeros locais selecionados num corpo em teste. Um processador, responsivo à saída da célula de carga, em função da deformação de tal célula, causada por atração magnética entre o ímã e o corpo, proporciona valores indicativos de uma característica magnética do corpo nos locais selecionados. Tal

ímã, por sua vez, é feito de neodímio, boro e ferro. O ímã e a célula de carga são abraçados por um jugo com uma superfície plana, que pode estar apoiada contra uma superfície do corpo em teste e que serve para espaçar o ímã do corpo por uma distância pré-determinada. A superfície plana pressiona contra uma superfície plana do corpo.

[008] O objetivo do documento ZA 92/3498 é o de fornecer um método e aparelho de obtenção de uma indicação de uma característica magnética tal como saturação magnética de corpos magnéticos maiores.

[009] Documento WO-A-2007/053519 diz respeito a um sensor de força de arrasto magnético para medir perda de histerese em chapa elétrica, tendo célula de carga para emissão de sinal indicativo da força de arrasto magnético experimentada, para amostra ferromagnética em movimento relativo ao ímã de medição. Tal sensor tem um elemento de detecção, por exemplo, célula de carga operacionalmente associada a um ímã de medição selecionado de um grupo que consiste de eletroímã e ímã permanente. O elemento de detecção emite um sinal indicativo de força de arrasto magnético experimentada pelo ímã de medição quando da sua exposição, a uma amostra ferromagnética em movimento relativo ao ímã de medição. O seu uso é para medir não só a perda de histerese em material ferromagnético, por exemplo, chapa elétrica, como também a espessura do material, a composição do material ou microestrutura, a carência de homogeneidade ou outros defeitos tais como falhas internas, arranhões superficiais, para determinar a orientação do material e para fins de identificação.

[0010] Em outro aspecto, o documento WO-A-2007/053519 trata de dispositivos de medição de força de arrasto magnético para medir a força de arrasto magnético que não usa sensor que tenha um elemento de detecção operativamente associado ao ímã de medição, mas a um estágio de amostra. Deste modo, a força de arrasto na amostra é medida.

Aqui, tal elemento de detecção emite sinais indicativos de uma força de arrasto magnético experimentada pela amostra ferromagnética depois de exposição a um campo magnético pré-determinado gerado por um ímã de referência ou matriz de ímã de referência espaçada e em movimento relativo à amostra ferromagnética. Em formas de realização preferidas, componentes eletrônicos adicionais são associados ao sensor para que os sinais possam ser processados, analisados, e usados para gerar uma saída significativa. Nestes dispositivos, um tipo de acionamento pode ser usado para mover o ímã de referência proximamente espaçado por certas ou todas de uma ou mais superfícies da amostra. Em operação, força de arrasto magnético é tipicamente medida, deslocando-se um ímã de referência proximamente espaçado, ou matriz de ímã de referência, que propicia um campo magnético de intensidade pré-determinada em relação a um dispositivo de medição de força de arrasto magnético com uma amostra ferromagnética posicionada naquele estágio de amostra, em que o estágio de amostra está operacionalmente associado a um ou mais elementos de detecção de força.

[0011] Note-se que nenhum dos dois documentos mencionados acima preocupa-se com medição e controle online da grandeza campo magnético em usinas de beneficiamento de minério de ferro, e, mais especialmente, nos separadores magnéticos utilizados no processo de beneficiamento de minério de ferro.

[0012] Vale mencionar que outros documentos foram detectados nas buscas prévias, a saber, KR2011044091, EP2910914, JP6134929, GB2180649, JP2011047892, US4866383, CN105983664 e GB2205411, mas nenhum deles foi considerado de particular relevância, por eles não revelarem ou sugerirem o aparelho para medição online de campo magnético, o método e o sistema para controle online de campo magnético em usinas de beneficiamento de minério de ferro.

[0013] Assim, há a necessidade de um aparelho para medição online de campo magnético e de um método e um sistema para controle online de campo magnético que **(i)** possibilite a leitura do campo magnético individual por bobina do separador magnético, **(ii)** identifique a performance do separador magnético e **(iii)** permita controle da variável campo magnético direta e continuamente, sem os problemas oriundos da utilização dos gaussímetros referidos acima.

[0014] Como será descrito em mais detalhes a seguir, a presente invenção visa a solucionar os problemas do estado da técnica revelados acima de forma prática e eficiente.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

[0015] A presente invenção tem por objetivo prover um aparelho para medição online de campo magnético em usinas de beneficiamento de minério de ferro que satisfaça os itens **(i)** a **(iii)** anteriormente mencionados.

[0016] De forma a alcançar o objetivo anteriormente descrito, a presente invenção fornece um aparelho para medição online de campo magnético em usinas de beneficiamento de minério de ferro, que compreende pelo menos um elemento transdutor de força fixo em uma extremidade, e um suporte metálico acoplado ao pelo menos um elemento transdutor de força em outra extremidade, em que o pelo menos um elemento transdutor de força converte esforço mecânico proveniente da força de atração exercida pelo campo magnético sobre o suporte metálico em sinal elétrico representativo do campo magnético.

[0017] De preferência, o elemento transdutor de força é um sensor e, mais preferencialmente, é uma célula de carga.

[0018] Preferencialmente, o elemento transdutor de força está localizado próximo a cada bobina de um separador magnético nas usinas de beneficiamento de minério de ferro.

[0019] Vantajosamente, o elemento transdutor de força está preso no interior do separador magnético em elementos de fixação da caixa da bobina.

[0020] Vantajosamente, o sinal elétrico representativo do campo magnético reflete a força de atração exercida pelo campo magnético sobre o suporte metálico.

[0021] A presente invenção também tem como objetivo adicional prover um método para controle online de campo magnético em usinas de beneficiamento de minério de ferro que satisfaça os itens **(i)** até **(iii)** anteriormente mencionados.

[0022] De forma a alcançar o objetivo anteriormente descrito, a presente invenção fornece um método para controle online de campo magnético em usinas de beneficiamento de minério de ferro, o qual compreende as etapas de: submeter um suporte metálico acoplado a pelo menos um elemento transdutor de força a uma região de campo magnético; converter, por tal pelo menos um elemento transdutor de força, um esforço mecânico que deriva da força de atração exercida pelo campo magnético sobre o suporte metálico em sinal elétrico representativo do campo magnético; enviar o sinal elétrico representativo do campo magnético a controladores para gerar um sinal condicionado; transmitir o sinal condicionado a um Controlador Lógico Programável (PLC) via uma rede de comunicação ou utilizando sinais convencionais de 4 a 20 mA; e ajustar com base no sinal condicionado recebido pelo PLC pelo menos um parâmetro associado com o campo magnético.

[0023] Vantajosamente, o método compreende ainda a etapa de monitorar e controlar pela lógica do PLC um módulo de ventilação que está fixo em cada bobina do separador magnético, tal que a temperatura de cada bobina do separador magnético seja monitorada e controlada; e em caso de detecção de uma condição anormal na bobina, a lógica do

PLC é programada para acionar um alarme ou desligar as bobinas de campo do separador magnético, com isso servindo de proteção adicional para todo o equipamento.

[0024] Vantajosamente, o PLC realiza os ajustes necessários ao monitoramento e ao controle do processo para obter melhor ponto de operação do separador magnético via lógica de controle.

[0025] A presente invenção também tem como objetivo adicional prover um sistema para controle online de campo magnético em usinas de beneficiamento de minério de ferro que satisfaça os itens **(i)** até **(iii)** anteriormente mencionados.

[0026] De forma a alcançar o objetivo anteriormente descrito, a presente invenção fornece um sistema para controle online de campo magnético em usinas de beneficiamento de minério de ferro, o qual compreende: um suporte metálico acoplado a pelo menos um elemento transdutor de força posicionados em uma região de campo magnético, em que o pelo menos um elemento transdutor de força converte esforço mecânico derivado da força de atração exercida pelo campo magnético sobre o suporte metálico em sinal elétrico representativo do campo magnético; controladores adaptados para receber o sinal elétrico representativo do campo magnético a partir do pelo menos um elemento transdutor de força para gerar um sinal condicionado; e PLC adaptado para receber o sinal condicionado via uma rede de comunicação ou utilizando sinais convencionais de 4 a 20 mA, em que pelo menos um parâmetro associado com o campo magnético é ajustado com base no sinal condicionado recebido pelo PLC.

[0027] Tal sistema inclui ainda um meio de monitoramento e de controle de temperatura por meio de um módulo de ventilação fixo em cada bobina do separador magnético, tal que a temperatura de cada bobina do separador magnético seja monitorada e controlada pela lógica

de controle do PLC, tal que seu valor não ultrapasse 120°C; e em caso de detecção de uma condição anormal na bobina, a lógica do PLC é programada para acionar um alarme ou desligar as bobinas de campo do separador magnético, com isso servindo de proteção adicional para todo o equipamento.

[0028] Vantajosamente, o referido alarme é disparado quando a temperatura da bobina atinge um valor de 105°C.

[0029] Vantajosamente, o dito separador magnético é desligado quando a temperatura da bobina atinge um valor de 120°C.

BREVE DESCRIÇÃO DAS FIGURAS

[0030] A descrição detalhada apresentada a seguir faz referência às figuras anexas e suas respectivas referências numéricas.

[0031] **Fig. 1** mostra uma vista em perspectiva de um separador magnético encontrado no estado da técnica.

[0032] **Fig. 2** mostra o circuito elétrico do separador magnético que é ilustrado na **Fig. 1**.

[0033] **Fig. 3** mostra um elemento transdutor de força acoplado a um suporte metálico numa região de campo magnético, de acordo com a concretização preferencial da presente invenção.

[0034] **Fig. 4** é um diagrama de blocos esquemático representativo do método para controle online de campo magnético, de acordo com a concretização preferencial da presente invenção.

[0035] **Fig. 5** é um diagrama de blocos esquemático representativo do trajeto do sinal elétrico quando ele sai do elemento transdutor de força para monitoramento e controle da bobina do separador magnético.

[0036] **Fig. 6** é a representação física do separador magnético da **Fig. 5** e o sentido do fluxo de ar a partir de um módulo de ventilação que está fixo em cada bobina do separador magnético de acordo com uma concretização opcional da presente invenção.

[0037] **Fig. 7** mostra o diagrama esquemático de um circuito de disparo do retificador semi-controlado a tiristores de acordo com uma concretização preferencial da presente invenção.

[0038] **Fig. 7A** mostra uma ponte semi-controlada dos tiristores da **Fig. 7**.

[0039] **Fig. 8** mostra a estrutura de rede montada e a quantidade de equipamentos necessários para a interligação entre o separador e a sala de controle, onde o PLC faz ajustes necessários via lógica de controle de acordo com uma concretização preferencial da presente invenção.

[0040] **Fig. 8A** ilustra sinais sendo medidos e enviados ao PLC na sala de controle da **Fig. 8**, onde a referência de tensão pode ser notada.

[0041] **Fig. 9** mostra o diagrama esquemático original de controle da corrente do separador magnético que serve para realimentação de acordo com uma concretização preferencial da presente invenção.

[0042] **Fig. 9A** ilustra uma vista ampliada de parte do circuito da **Fig. 9**, onde são mostrados um resistor 'shunt' e um transdutor.

[0043] **Fig. 10** exhibe onde sensores de temperatura são instalados em cada bobina do separador magnético segundo a invenção.

[0044] **Figs. 11A a 11D** são gráficos que exibem os valores da corrente vs. campo magnético de cada uma das 4 bobinas do separador magnético, de acordo com a concretização preferencial da invenção.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

[0045] Inicialmente, salienta-se que a descrição detalhada que se segue partirá de uma concretização preferencial da invenção. Como será evidente para qualquer técnico versado no assunto, contudo, a presente invenção não está limitada a essa concretização particular.

[0046] **Fig. 3** ilustra o aparelho para medição online de campo magnético em usinas de beneficiamento de minério de ferro, o qual compreende um elemento transdutor de força **10** acoplado a um suporte

metálico **20** em uma região de campo magnético de acordo com a concretização preferencial da presente invenção. Como pode ser notado, o aparelho para medição online de campo magnético em usinas de beneficiamento de minério de ferro de acordo com esta concretização preferencial da presente invenção compreende pelo menos um elemento transdutor de força **10**, preferencialmente uma célula de carga.

[0047] O suporte metálico **20**, que constitui uma cantoneira ou pedaço de metal, realiza um esforço mecânico provocado pela força de atração devido ao campo magnético que atua no local.

[0048] Em uma extremidade do suporte metálico **20** é conectado o pelo menos um elemento transdutor de força **10** que, por sua vez, é fixo próximo a cada bobina de um separador magnético nas usinas de beneficiamento de minério de ferro. De preferência, o pelo menos um elemento transdutor de força **10** está preso no interior do separador magnético em elementos de fixação da caixa da bobina.

[0049] Os elementos de fixação incluem, porém não são limitados a, braçadeiras, parafusos, porcas, presilhas, rebites, solda, pregos, etc.

[0050] A extremidade livre do suporte metálico **20** sofre força de atração devido ao campo magnético exercido pela bobina do separador magnético e, em resposta a esta força, gera um esforço mecânico que é convertido em sinal elétrico no pelo menos um elemento transdutor de força **10**. Como pode ser observado na **Fig. 3**, este sinal elétrico que representa a força do campo magnético reflete a força de atração exercida pelo campo magnético sobre o suporte metálico **20**.

[0051] O campo magnético é a principal variável de um separador magnético, sendo que um campo magnético com valor especificado em manual de fabricante, a saber, de 9000 GAUSS, permite extrair o melhor resultado do equipamento. Isto se deve pelo fato de um campo magnético inferior a 9000 GAUSS não ter força suficiente para segurar as partículas

de ferro e, com isto, há perdas indesejáveis de ferro no rejeito. Por outro lado, um campo magnético próximo a 9000 GAUSS possui seguramente como consequência um elevado teor de ferro e baixo valor de sílica no produto final. Já um campo elevado superior a 9000 GAUSS provoca a retenção de sílica, provocando a elevação da mesma e empobrecendo o produto final. Naturalmente, existem outros separadores magnéticos de potências diferentes. Foi empregado o valor de 9000 GAUSS apenas como exemplo, pelo fato de este ter sido utilizado na presente invenção.

[0052] O aparelho para medição online de campo magnético em usinas de beneficiamento de minério de ferro de acordo com a invenção, aparelho este que passará a ser denominado como GAUSS-DIMAS daqui para a frente, foi desenvolvido para sanar esta lacuna de controle indireto de campo magnético, além dos outros problemas relacionados, conforme mencionados anteriormente.

[0053] O método para controle online de campo magnético em usinas de beneficiamento de minério de ferro de acordo com a invenção é ilustrado nas **Figs. 4 e 5**, tomadas em combinação.

[0054] O método, de acordo com a concretização preferencial da presente invenção, para controle online de campo magnético em usinas de beneficiamento de minério de ferro compreende as etapas de:

- (a) submeter um suporte metálico **20** acoplado a pelo menos um elemento transdutor de força **10** a uma região de campo magnético;
- (b) converter, por tal pelo menos um elemento transdutor de força **10**, um esforço mecânico que deriva da força de atração exercida pelo campo magnético sobre o suporte metálico **20** em sinal elétrico representativo do campo magnético;
- (c) enviar o sinal elétrico representativo do campo magnético a controladores **30** para gerar um sinal condicionado;
- (d) transmitir o sinal condicionado a um PLC via uma rede de

comunicação ou utilizando sinais convencionais de 4 a 20 mA; e

(e) ajustar com base no sinal condicionado recebido pelo PLC pelo menos um parâmetro associado com o campo magnético.

[0055] Conforme exibido na **Fig. 5**, o sinal elétrico originado do esforço mecânico acima mencionado é transmitido a controladores **30** para condicionamento do sinal em sinais aptos a serem enviados a um PLC **40**, via uma rede de comunicação ou usando sinais convencionais de 4 a 20 mA, para monitoramento e controle de cada uma daquelas bobinas do separador magnético.

[0056] Aqui, o termo “controladores” quer dizer todos os módulos, circuitos, dispositivos e aparelhos utilizados para o condicionamento do sinal em sinais aptos a serem enviados para o dito PLC **40** da presente invenção.

[0057] Aqui, a expressão “rede de comunicação” quer dizer toda e qualquer rede conhecida, seja ela com fio, sem fio, via rádio, Internet, Bluetooth, 3G, 4G, etc.

[0058] A representação física do separador magnético da **Fig. 5** e sentido do fluxo de ar de um módulo de ventilação **50** de acordo com uma concretização opcional da presente invenção estão ilustrados na **Fig. 6**, a qual será explicada mais adiante.

[0059] Na concretização preferencial da presente invenção, um circuito de disparo retificado e semi-controlado a tiristores é tal como o disposto na **Fig. 7** e a ponte semi-controlada dos tiristores da **Fig. 7** está exibida na **Fig. 7A**; onde a placa de disparo recebe sinais convencionais de 4 a 20 mA da sala de controle conforme mostrada na **Fig. 8**, converte para a referência de tensão e dispara os semicondutores de potência. Aqueles sinais convencionais de 4 a 20 mA são anteriormente medidos, como mostra a **Fig. 8A**, e enviados ao PLC **40** onde ajustes necessários via lógica de controle são efetuados.

[0060] Adicionalmente, para realimentar o processo, um circuito de realimentação é apresentado na **Fig. 9**, onde um resistor 'shunt' **60** é disposto na saída de um retificador **100** mostrado na **Fig. 8**, tal que ele seja constantemente monitorado por um transdutor **70**, o qual, por sua vez, envia o sinal de feedback ao PLC **40**, de tal maneira que o mesmo realize o ajuste das bobinas do separador magnético sempre buscando o melhor ponto de operação via uma lógica de controle. **Fig. 9A** mostra em detalhes o resistor 'shunt' **60** e o transdutor **70** da **Fig. 9**, bem como suas posições e interligações no referido circuito de realimentação.

[0061] Opcionalmente, o GAUSS-DIMAS, como pode ser inferido da **Fig. 6**, compreende ainda um meio de monitoramento e de controle de temperatura por meio de um módulo de ventilação **50** fixo em cada bobina do separador magnético, tal que a temperatura de cada bobina do dito separador magnético seja monitorada e controlada pela lógica de controle do PLC **40**, tal que a temperatura, que não deve ultrapassar o valor de 120°C, desligue o equipamento em caso de defeito no módulo **50**, conforme o caso. Tal ação evita a queima da bobina do separador magnético por sobre-aquecimento, tendo em vista que a mesma não pode operar sem a presença de ventiladores constantes do módulo de ventilação **50**.

[0062] Em caso de detecção de uma condição anormal na bobina, a lógica do PLC **40** é programada para acionar um alarme ou desligar as bobinas de campo do separador magnético. A este respeito, o alarme disparará quando uma temperatura no valor de 105°C for alcançada; e, o separador magnético desligará quando uma temperatura no valor de 120°C for alcançada.

[0063] O sistema, de acordo com a concretização preferencial da presente invenção, para controle online de campo magnético em usinas de beneficiamento de minério de ferro compreende:

- (i) um suporte metálico **20** acoplado a pelo menos um elemento transdutor de força **10** posicionados em uma região de campo magnético, em que o pelo menos um elemento transdutor de força **10** converte esforço mecânico derivado da força de atração exercida pelo campo magnético sobre o suporte metálico **20** em sinal elétrico representativo do campo magnético;
- (ii) controladores **30** adaptados para receber o sinal elétrico representativo do campo magnético a partir do pelo menos um elemento transdutor de força **10** para gerar um sinal condicionado; e
- (iii) PLC **40** adaptado para receber o sinal condicionado via uma rede de comunicação ou utilizando sinais convencionais de 4-20 mA, em que pelo menos um parâmetro associado com o campo magnético é ajustado com base no sinal condicionado recebido pelo PLC.

[0064] Alternativamente, vale ressaltar que qualquer outro meio de processamento conhecido do estado da técnica pode ser aplicado ao pelo menos um elemento transdutor de força **10** da invenção. Sendo assim, reforça-se que o escopo da presente invenção não está restrito, absolutamente, ao meio de processamento aqui descrito.

[0065] Em formas de realização preferidas, certos componentes eletromecânicos adicionais poderiam ser associados aos componentes acima referidos para que sinais possam ser processados, analisados, e usados para gerar uma saída significativa em termo do campo magnético medido. Outro exemplo de aplicação possível da invenção é o seu uso, por exemplo, para medir campo magnético de extratores de sucata.

[0066] Assim, a presente invenção provê um sistema e método de controle online de campo magnético em usinas de beneficiamento de minério de ferro compreendendo elementos eletromecânicos simples e baratos, dispensando a necessidade de um gaussímetro para tal. Além disso, o GAUSS-DIMAS possibilita medir o campo magnético online, de

tal forma que a separação magnética seja realizada com o máximo de eficácia por meio de uma lógica de controle do PLC **40**.

[0067] Como pode ser ainda notado na **Fig. 10**, o dito módulo de ventilação **50** é monitorado e controlado através de sensores tais como, por exemplo, aqueles do modelo PT100 (a sua aplicação também pode, inclusive, ser vista naquela **Fig. 8 – 2 - Entrada PT100) 80**, instalados em cada uma das bobinas do separador magnético.

[0068] Uso do equipamento como mencionado acima e disposto nas **Figs. 3 a 10**, traz inúmeras vantagens à presente invenção, como pode ser observado em detalhes pelos gráficos das **Figs. 11A a 11D**.

[0069] **Figs. 11A até 11D** exibem os valores da corrente versus campo magnético de cada uma das 4 bobinas, a saber, **CM1-CM4**, que são as bobinas do separador magnético usado na presente invenção.

[0070] Os gráficos são baseados em 5.731 pontos historiados no PI ProcessBook de acordo com a concretização preferida da invenção. Nesse ponto ressalta a alta correlação dos valores de corrente e campo magnético expressos pela variável R^2 . Foram empregadas uma vasta escala de corrente elétrica no conjunto de bobina, variando de 50 a 300 Amperes.

[0071] Destacam-se entre os resultados alcançados por meio da presente invenção os valores da bobina **CM3** -constantes da **Fig. 11C**- referentes aos sinais que apresentaram uma correlação de 94%.

[0072] Com esses resultados e baseado na elevada correlação, a invenção se mostra usual para controle direto do campo magnético e substituição ao sistema anterior de controle indireto.

[0073] Diversas variações que incidem no escopo de proteção da presente invenção são permitidas. Deste modo, salienta-se o fato de que a presente invenção não está limitada às configurações/concretizações particulares acima descritas.

REIVINDICAÇÕES

1. Aparelho para medição online de campo magnético em usinas de beneficiamento de minério de ferro, caracterizado pelo fato de que compreende pelo menos um elemento transdutor de força (10) fixo em uma extremidade e um suporte metálico (20) acoplado ao pelo menos um elemento transdutor de força (10) em outra extremidade, onde o pelo menos um elemento transdutor de força (10) converte esforço mecânico proveniente da força de atração exercida pelo campo magnético sobre o suporte metálico (20) em sinal elétrico representativo do campo magnético.

2. Aparelho para medição online de campo magnético, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de o elemento transdutor de força ser de preferência um sensor, mais preferencialmente, uma célula de carga.

3. Aparelho para medição online de campo magnético, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o pelo menos um elemento transdutor de força (10) está localizado próximo a cada bobina de um separador magnético nas usinas de beneficiamento de minério de ferro.

4. Aparelho para medição online de campo magnético, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o pelo menos um elemento transdutor de força (10) está preso no interior do separador magnético em elementos de fixação da caixa da bobina.

5. Aparelho para medição online de campo magnético, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o sinal elétrico representativo do campo magnético reflete a força de atração exercida pelo campo magnético sobre o suporte metálico (20).

6. Método para controle online de campo magnético em usinas de beneficiamento de minério de ferro, caracterizado pelo fato de

compreender as etapas de:

(a) submeter um suporte metálico (20) acoplado a pelo menos um elemento transdutor de força (10) a uma região de campo magnético;

(b) converter, por tal pelo menos um elemento transdutor de força (10), um esforço mecânico que deriva da força de atração exercida pelo campo magnético sobre o suporte metálico (20) em sinal elétrico representativo do campo magnético;

(c) enviar o sinal elétrico representativo do campo magnético a controladores (30) para gerar um sinal condicionado;

(d) transmitir o sinal condicionado a um PLC via uma rede de comunicação ou utilizando sinais convencionais de 4 a 20 mA; e

(e) ajustar com base no sinal condicionado recebido pelo PLC pelo menos um parâmetro associado com o campo magnético.

7. Método para controle online de campo magnético, de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que a região de campo magnético está situada dentro de um separador magnético.

8. Método para controle online de campo magnético, de acordo com a reivindicação 7, caracterizado por compreender ainda a etapa de:

monitorar e controlar pela lógica do PLC (40) um módulo de ventilação (50) que está fixo em cada bobina do separador magnético, tal que a temperatura de cada bobina do dito separador magnético seja monitorada e controlada; e

em caso de detecção de uma condição anormal na bobina, a lógica do PLC é programada para acionar um alarme ou desligar as bobinas de campo do dito separador magnético, com isso servindo de proteção adicional para todo o equipamento.

9. Método para controle online de campo magnético, de

acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que o PLC (40) realiza os ajustes necessários ao monitoramento e controle do processo para obter melhor ponto de operação do separador magnético via lógica de controle.

10. Sistema para controle online de campo magnético em usinas de beneficiamento de minério de ferro, caracterizado pelo fato de compreender:

um suporte metálico (20) acoplado a pelo menos um elemento transdutor de força (10) posicionados em uma região de campo magnético, em que o pelo menos um elemento transdutor de força (10) converte esforço mecânico derivado da força de atração exercida pelo campo magnético sobre o suporte metálico (20) em sinal elétrico representativo do campo magnético;

controladores (30) adaptados para receber o sinal elétrico representativo do campo magnético a partir do pelo menos um elemento transdutor de força (10) para gerar um sinal condicionado; e

PLC (40) adaptado para receber o sinal condicionado via uma rede de comunicação ou utilizando sinais convencionais de 4-20 mA, em que pelo menos um parâmetro associado com o campo magnético é ajustado com base no sinal condicionado recebido pelo PLC.

11. Sistema para controle online de campo magnético, de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato de que a região de campo magnético está situada dentro de um separador magnético.

12. Sistema para controle online de campo magnético, de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de que o PLC (40) realiza os ajustes necessários ao monitoramento e controle do processo para obter o melhor ponto de operação do separador magnético via lógica de controle.

13. Sistema para controle online de campo magnético, de

acordo com a reivindicação 12, caracterizado pelo fato de incluir ainda um meio de monitoramento e de controle de temperatura por meio de um módulo de ventilação (50) que está fixo em cada bobina do separador magnético, tal que a temperatura de cada bobina do dito separador magnético seja monitorada e controlada pela lógica de controle do PLC (40), tal que seu valor não ultrapasse 120°C; e

em caso de detecção de uma condição anormal na bobina, a lógica do PLC é programada para acionar um alarme ou desligar as bobinas de campo do dito separador magnético, com isso servindo de proteção adicional para todo o equipamento.

14. Sistema para controle online de campo magnético, de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de o alarme ser disparado quando a temperatura da bobina atinge um valor de 105°C.

15. Sistema para controle online de campo magnético, de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de o separador magnético ser desligado quando a temperatura da bobina atinge um valor de 120°C.

RESUMO

“APARELHO PARA MEDIÇÃO ONLINE DE CAMPO MAGNÉTICO E MÉTODO E SISTEMA PARA CONTROLE ONLINE DE CAMPO MAGNÉTICO EM USINAS DE BENEFICIAMENTO DE MINÉRIO DE FERRO”

A presente invenção está relacionada a um aparelho para medição online de campo magnético em usinas de beneficiamento de minério de ferro, que compreende pelo menos um elemento transdutor de força (10) fixo numa extremidade e um suporte metálico (20) acoplado ao referido elemento transdutor de força (10) em outra extremidade, onde o elemento transdutor de força (10) converte esforço mecânico proveniente da força de atração exercida pelo campo magnético sobre o suporte metálico (20) em sinal elétrico representativo do campo magnético. Ademais, método e sistema para controle online de campo magnético em usinas de beneficiamento de minério de ferro são providos.

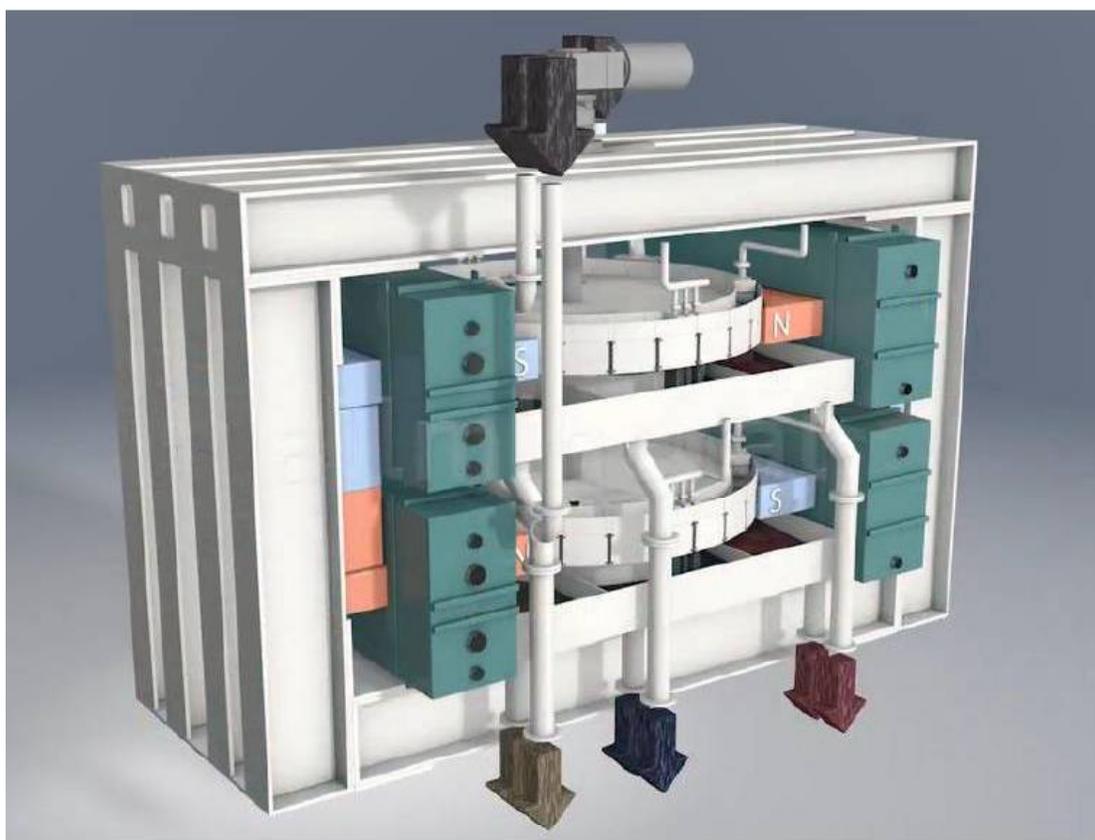


FIG. 1
(Estado da Técnica)

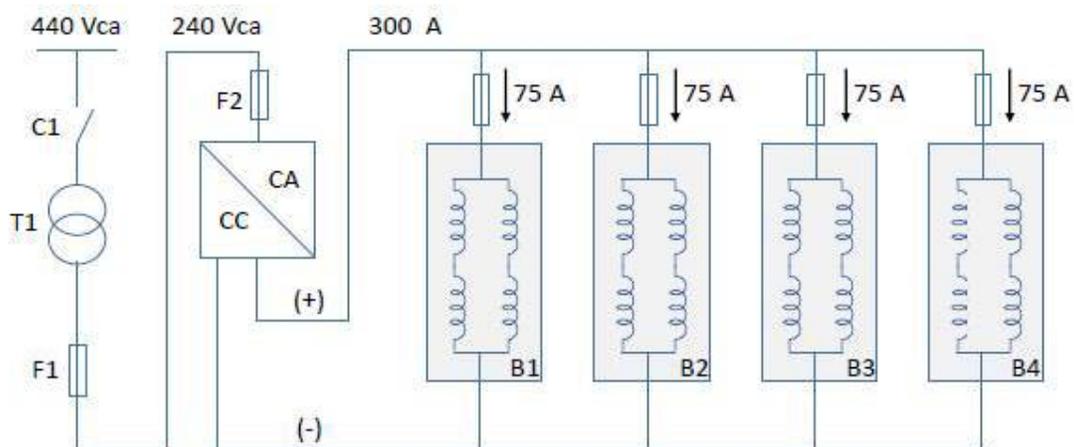


FIG. 2
(Estado da Técnica)

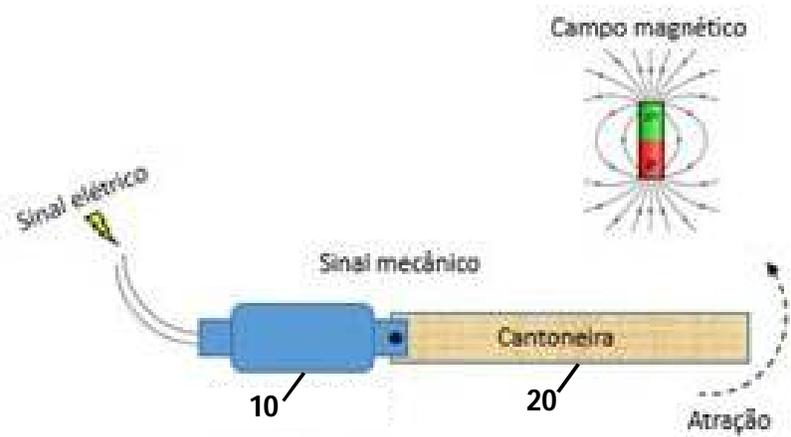


FIG. 3

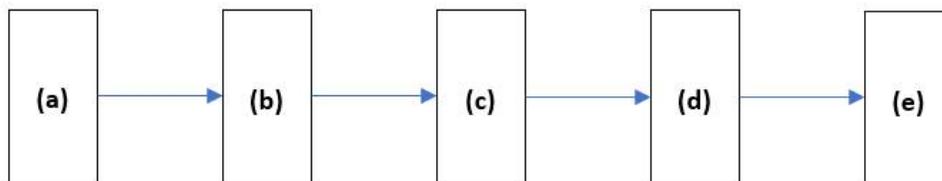


FIG. 4

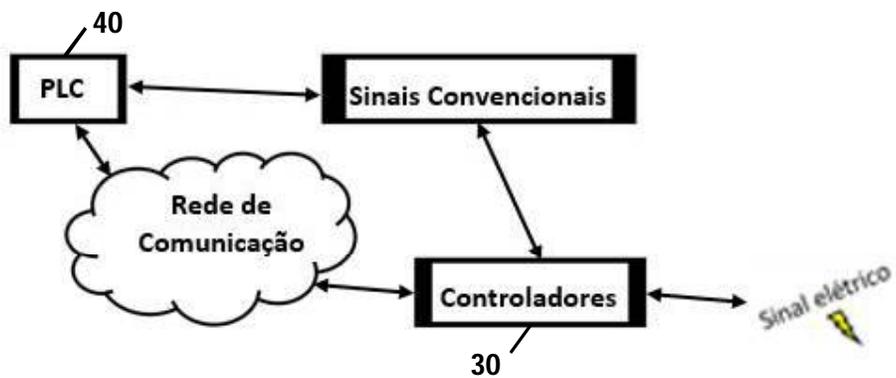


FIG. 5

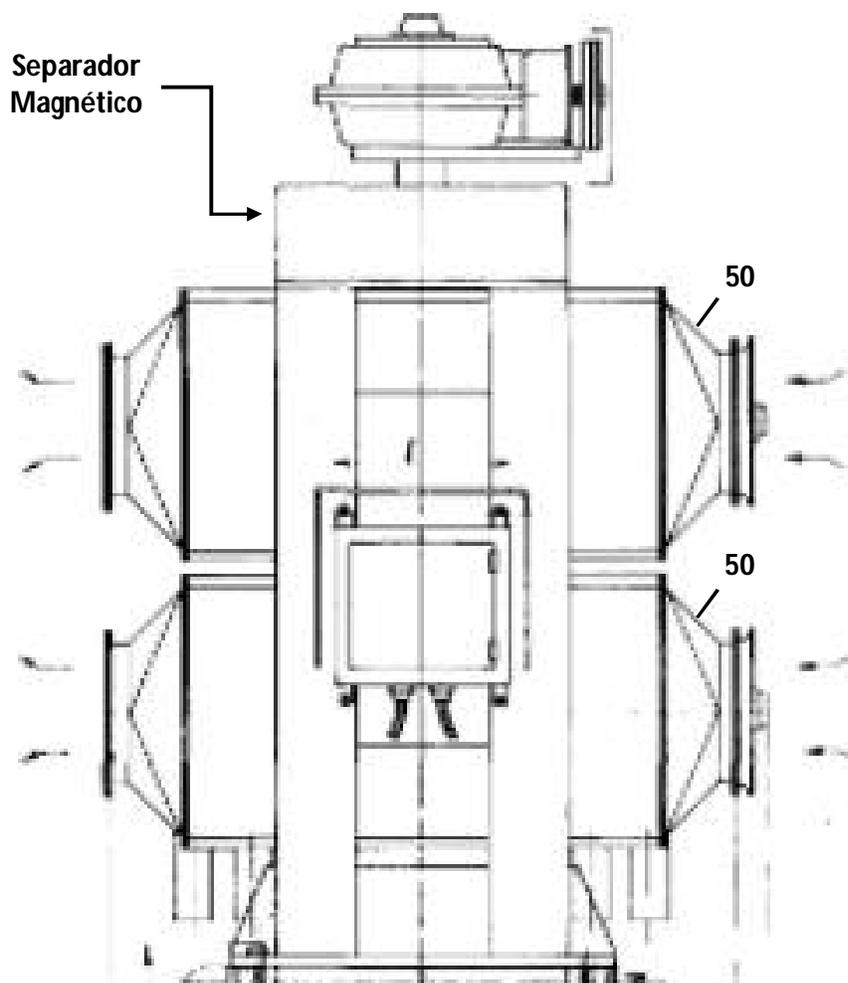


FIG. 6

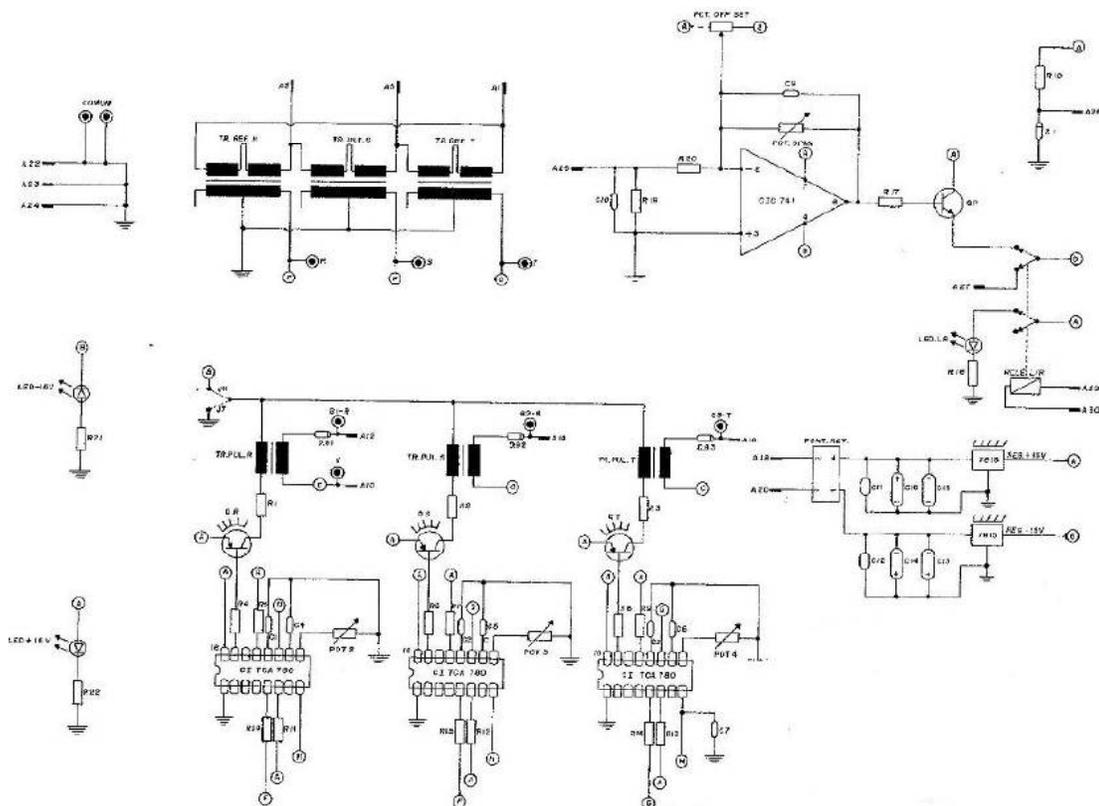


FIG. 7



FIG. 7A

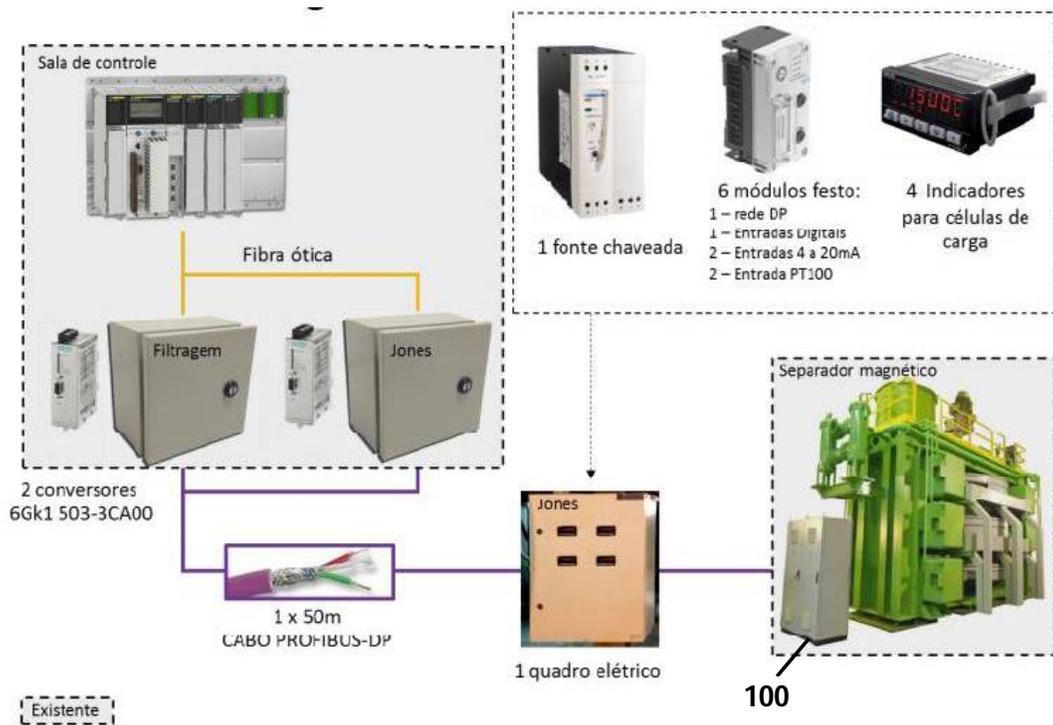


FIG. 8



FIG. 8A

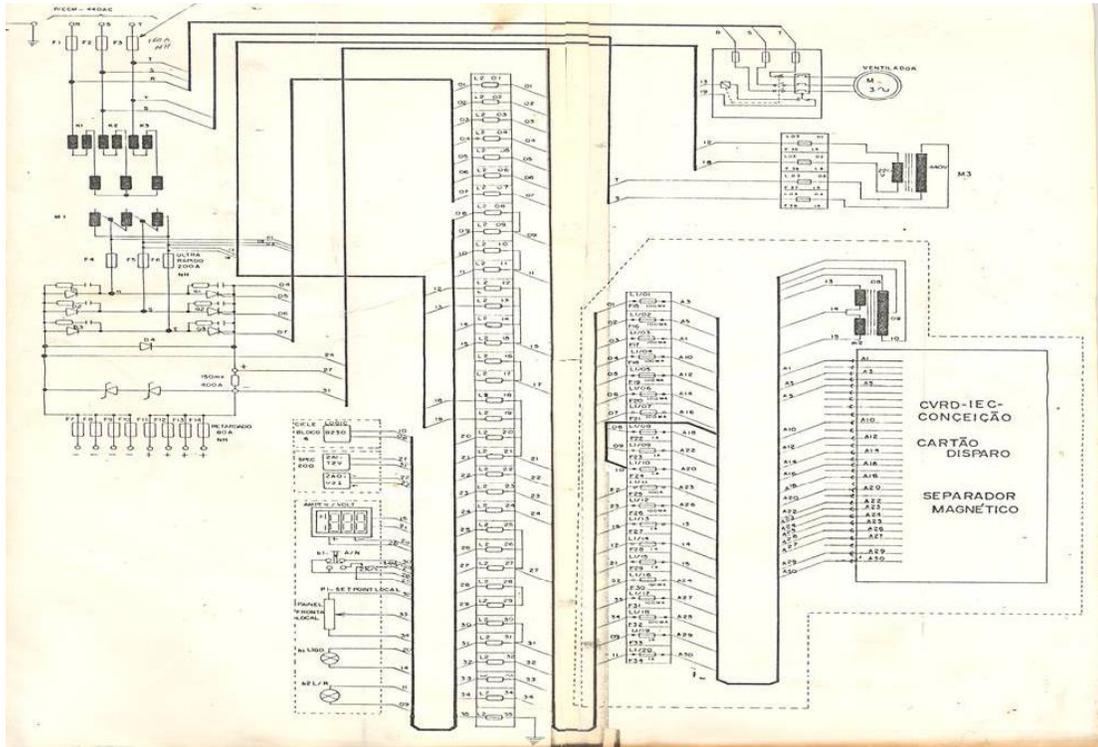


FIG. 9

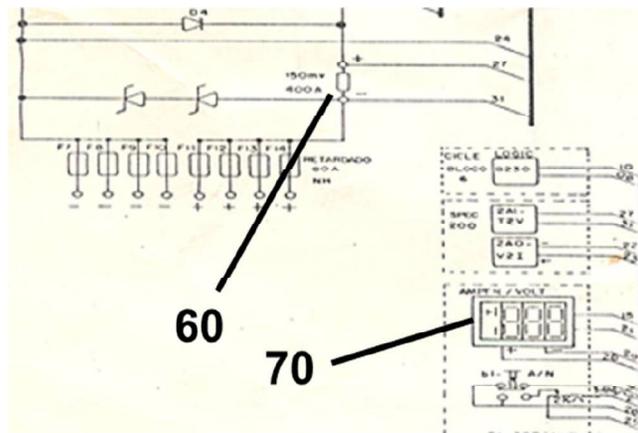


FIG. 9A

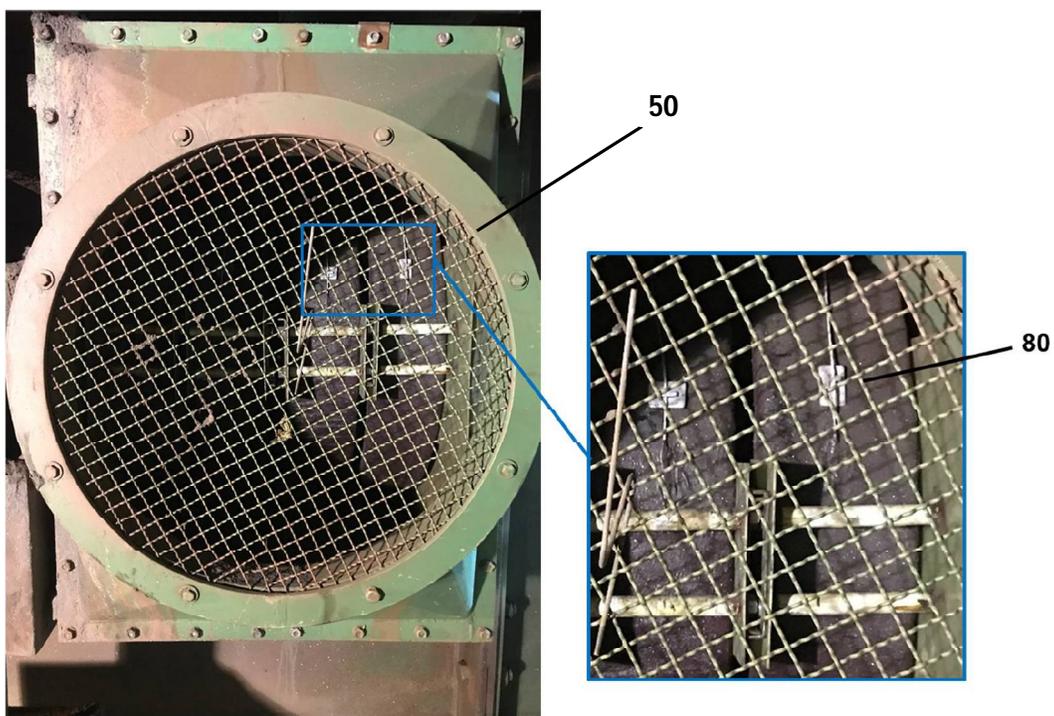


FIG. 10

FIG. 11A

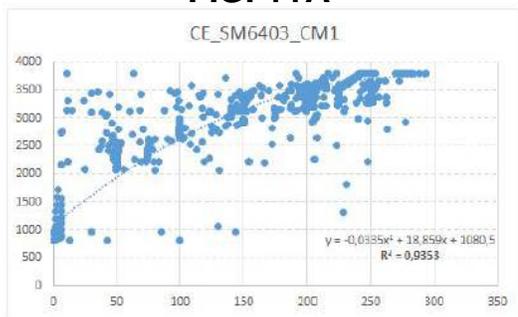


FIG. 11B

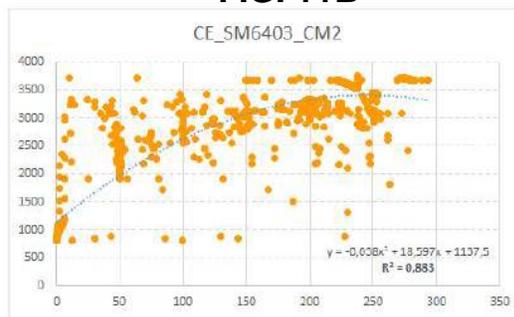


FIG. 11C

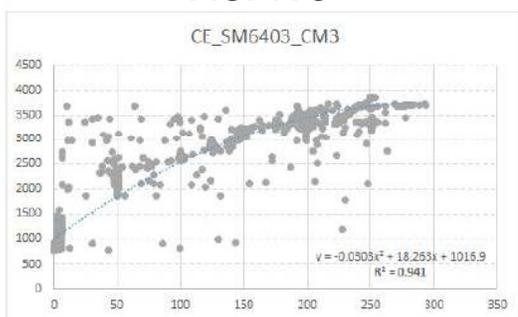


FIG. 11D

